



REGIONE SARDEGNA  
COMUNI DI VILLANOVAFORRU, SARDARA, SANLURI E  
FURTEI (SU)

PROGETTO

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica  
di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW

TITOLO

**Rel.09 - Disciplinare descrittivo e prestazionale**

PROPONENTE



ENGIE TREXENTA S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:

Via Chiese 72  
20126 Milano (MI)  
PEC: [engietrexenta@legalmail.it](mailto:engietrexenta@legalmail.it)

PROGETTISTA



SCM ingegneria S.r.l.  
Via Carlo del Croix, 55  
Tel.: +39 0831-728955  
72022 Latiano (BR)  
Mail: [info@scmingegneria.com](mailto:info@scmingegneria.com)

Dott. Ing. Daniele Cavallo



Scala	Formato Stampa A4	Cod.Elaborato EOMRMD-I_Rel.09	Rev. 01	Nome File EOMRMD-I_Rel.09-Disciplinare descrittivo e prestazionale	Foglio 1 di 55
-------	----------------------	----------------------------------	------------	--	-------------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/04/2023	Emesso per iter autorizzativo	L. Maculan	D. Cavallo	D. Cavallo
01	13/10/2023	Emesso per iter autorizzativo	L. Maculan	D. Cavallo	D. Cavallo

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	5
2	DATI GENERALI .....	6
2.1	DATI DEL PROPONENTE .....	6
2.2	LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL’INTERVENTO .....	6
2.3	DESTINAZIONE D’USO .....	6
3	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO .....	7
4	DISCIPLINARE DELLE OPERE CIVILI.....	10
4.1	OPERAZIONI PRELIMINARI .....	10
4.2	SCAVI E MOVIMENTI TERRA.....	10
4.2.1	Norme generali .....	10
4.2.2	Scavi di sbancamento .....	11
4.2.3	Scavi a sezione obbligata .....	12
4.2.4	Trivellazione Orizzontale Controllata TOC (Horizontal Directional Drilling) .....	12
4.3	RIPORTI, RIEMPIMENTI E COLMATE.....	13
4.3.1	Norme generali .....	13
4.3.2	Preparazione del piano di posa dei rilevati.....	13
4.3.3	Formazione del rilevato.....	14
4.3.4	Prove di controllo sul piano di posa .....	16
4.3.5	Geotessile tessuto non tessuto .....	17
4.4	MISTO GRANULARE NON LEGATO PER FONDAZIONE .....	18
4.4.1	Descrizione .....	18
4.4.2	Caratteristiche dei materiali da impiegare.....	18
4.4.3	Studio preliminare.....	19
4.4.4	Modalità esecutive .....	19
4.5	CALCESTRUZZI .....	21
4.5.1	Requisiti dei materiali da impiegare, contenuto d'acqua .....	21
4.5.2	Leganti .....	21
4.5.3	Inerti.....	21
4.5.4	Classe di resistenza a compressione dei calcestruzzi .....	22
4.5.5	Calcestruzzi magri e di riempimento.....	22
4.5.6	Determinazione Classe di resistenza a compressione dei calcestruzzi.....	22
4.5.7	Calcestruzzo preconfezionato .....	23
4.5.8	Modalità esecutive dei getti di cls.....	24
4.5.9	Benestare ai getti.....	24
4.5.10	Calcestruzzi gettati fuori opera.....	25

4.5.11	Predisposizione di fori, tracce, cavità.....	25
4.6	CASSEFORME PER OPERE IN CALCESTRUZZO.....	25
4.7	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.....	26
4.8	TUBAZIONI PER CAVIDOTTI.....	26
4.9	TUBI P.V.C. INSERITI IN OPERE DI CALCESTRUZZO.....	26
4.10	POZZETTI.....	27
4.10.1	Pozzetti realizzati in opera.....	27
4.10.2	Pozzetti prefabbricati.....	27
4.11	CHIUSINI E GRIGLIE PER POZZETTI.....	27
4.12	RECINZIONE TEMPORANEA DI DELIMITAZIONE.....	28
4.13	TRASPORTO E COLLOCAZIONE DEI MATERIALI DI RISULTA A DISCARICA.....	28
4.14	MANUFATTI IN LAMIERA ZINCATA.....	28
4.15	STRADE E VIABILITÀ.....	29
4.15.1	Generalità.....	29
4.15.2	Materiali impiegati.....	29
4.15.3	Modalità e fasi di Costruzione.....	34
5	COMPONENTI ELETTROMECCANICHE DELL' IMPIANTO.....	37
5.1	TORRI DI SOSTEGNO.....	37
5.2	ROTORE.....	37
5.3	NAVICELLA.....	37
5.4	SISTEMA DI IMBARDATA.....	38
5.5	SISTEMA DI CONTROLLO.....	38
5.6	TIPOLOGIA AEROGENERATORI E TURBINE.....	39
5.7	QUADRO DI CAMPO MT.....	40
5.8	CAVI DI COLLEGAMENTO MT.....	40
5.9	MESSA A TERRA DELLO SCHERMO DEI CAVI MT.....	41
5.10	RETE DI TERRA.....	41
5.11	RETE DI TERRA AEROGENERATORI.....	42
5.12	STAZIONE ELETTRICA 150/30 kV UTENTE.....	42
5.12.1	Quadro MT.....	42
5.12.2	Trasformatore MT/AT.....	43
5.12.3	Apparecchiature AT.....	44
5.12.4	Trasformatore ausiliario.....	47
5.13	SISTEMA DI PROTEZIONE E COMANDO/CONTROLLO.....	47
5.14	GRUPPI DI MISURA E PUNTI DI CONSEGNA.....	51
5.15	STALLO CONDIVISO.....	51
5.16	ELETTRODOTTO AT 150 KV.....	52
5.16.1	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO.....	52

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42  
MW denominato “*Marmilla*”  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



5.17 AREE POTENZIALMENTE IMPEGNATE .....54

## 1 INTRODUZIONE

La presente revisione del progetto presentato in richiesta di autorizzazione si è resa necessaria a valle dell'identificazione di interferenze con il progetto di un impianto eolico da 55,8 MW presentato dalla società Asja Serra e localizzato nella medesima area, come evidenziato nella comunicazione E-SERRA/FG/SC/sa/227/23 presentata al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) in data 15/06/2023.

Al fine di risolvere tali interferenze si è rivisto il progetto presentato in prima revisione andando a ridurre il numero di aerogeneratori, da 7 a 5, e il modello degli stessi, da 7,2 MW ciascuno invece di 6 MW, risultando in una riduzione di potenza totale di impianto da 42 MW a 36 MW.

Le modifiche principali di layout rispetto alla revisione precedente del progetto sono visivamente evidenziate nell'elaborato grafico EOMRMD-I\_Tav.36 - Planimetria comparativa layout impianto eolico.

Il presente documento è parte integrante del progetto di una centrale di produzione di energia da fonte eolica, con una potenza nominale di 36 MW che la società ENGIE TREXENTA S.R.L. (di seguito “la Società”) intende realizzare nei Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU).

La società ha acquisito l'iniziativa, inclusa della proposta di connessione da parte di Terna, dalla società RENEWABLES CIRCULAR DEVELOPMENT S.R.L. in data 25/05/2022.

La Società RENEWABLES CIRCULAR DEVELOPMENT S.R.L. ha presentato a Terna S.p.A. (“il Gestore”) la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 42,0 MW; alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202100406.

In data 19/07/2021, il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), formalmente accettata in data 17/11/2021.

Lo schema di connessione alla RTN, descritto nella STMG, prevede che l'impianto eolico debba essere collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto alla Società di condividere lo stallo RTN nella nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV con altri produttori.

## 2 DATI GENERALI

### 2.1 DATI DEL PROPONENTE

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	ENGIE TREXENTA S.R.L.
Indirizzo sede legale	Via Chiese 72 – 20126 Milano (MI)
Codice Fiscale/Partita IVA	12367510968
Numero REA	MI - 2657279
Capitale Sociale	10.000,00
Socio Unico	ENGIE ENERGIES ITALIA S.R.L.
PEC	<a href="mailto:engietrexenta@legalmail.it">engietrexenta@legalmail.it</a>

*Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente*

### 2.2 LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto eolico oggetto del presente documento sarà realizzato nei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri (SU).

Il cavidotto MT relativo allo stesso impianti interesserà invece i comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU).

Le opere Utente e di Rete saranno infine realizzate interamente nel comune di Sanluri (SU).

### 2.3 DESTINAZIONE D'USO

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

### 3 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la costruzione di una centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica nei comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU) e delle opere indispensabili per la sua connessione alla RTN, nel comune di Sanluri (SU).

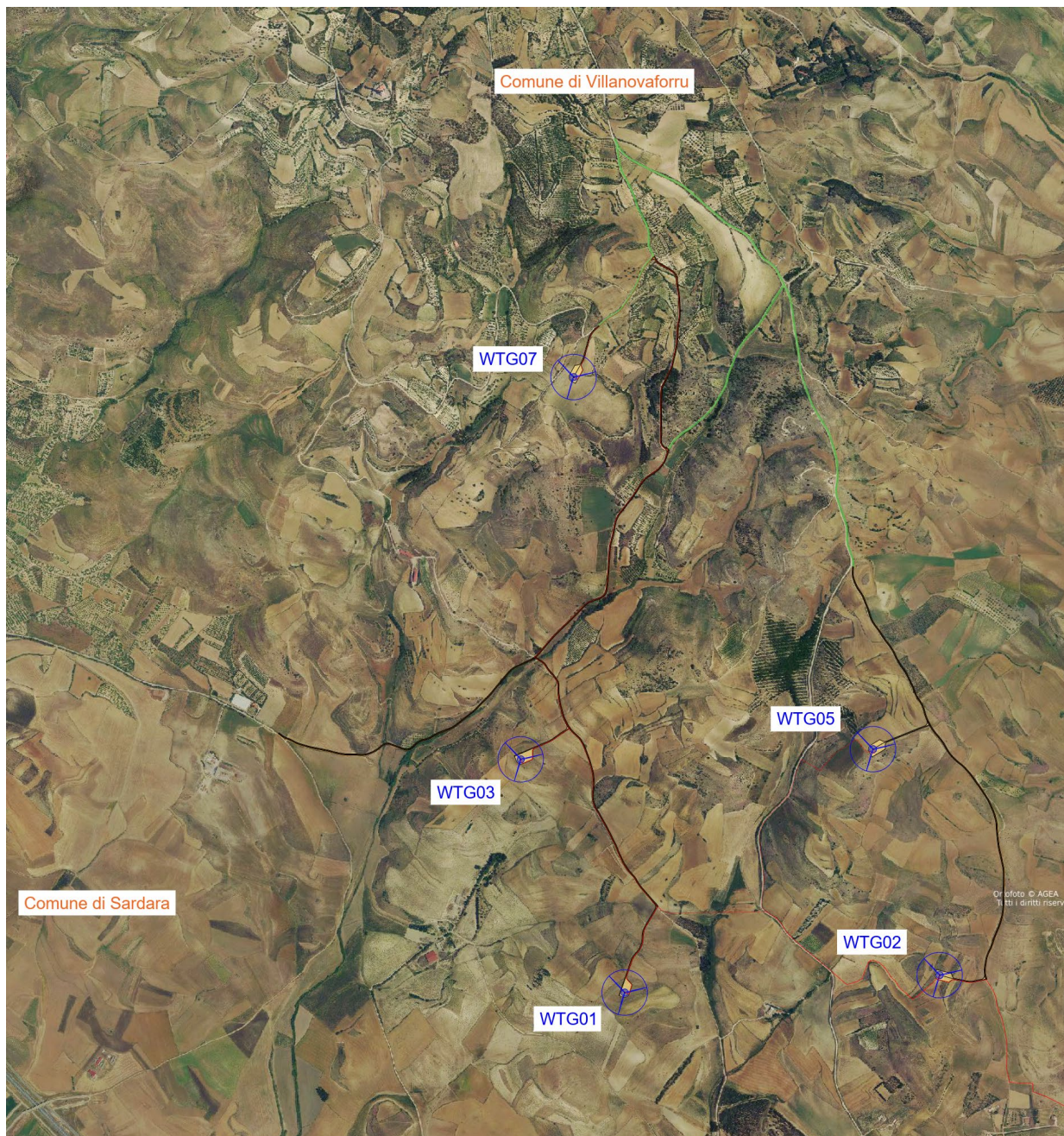


Figura 3-1 – Inquadramento generale da ortofoto – impianto eolico



Figura 3-2 – Inquadramento generale da ortofoto – opere di connessione

La centrale di produzione, anche detta “parco eolico”, è costituita da n.5 aerogeneratori della potenza unitaria pari a 7,2 MW, interconnessi da una rete interrata di cavi MT 30 kV (in fase di realizzazione tale tensione di distribuzione potrebbe essere aumentata fino ad un massimo di 36 kV, in funzione di aspetti successivi inerenti eventuali opportunità legate alla connessione). Le opere di connessione, invece, prevedono la costruzione di una stazione elettrica di trasformazione MT/AT, anche detta “stazione utente”, di proprietà del soggetto produttore e delle infrastrutture brevemente descritte di seguito.

Il progetto complessivamente prevede la realizzazione delle seguenti opere:

1. Parco eolico composto da 5 aerogeneratori, della potenza complessiva di 36.000 kW, ubicati nei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri (SU)
2. Elettrodotta in cavo interrato, in media tensione, per il vettoriamento dell’energia prodotta dagli aerogeneratori verso la stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV;
3. Nuova Stazione di Utenza 30/150 kV;
4. Opere Condivise dell’Impianto di Utenza (Opere Condivise), costituite da sbarre comuni, dallo stallo arrivo linea e da una linea in cavo interrato a 150 kV, condivise tra la Società ed altri operatori, in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”;
5. Nuovo stallo utente da realizzarsi nella nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Le opere di cui ai precedenti punti 1) e 2) costituiscono il cosiddetto Impianto Eolico.

Le opere di cui ai precedenti punti 3) e 4) costituiscono il cosiddetto Impianto di Utenza per la connessione.

Le opere di cui al precedente punto 5) costituiscono il cosiddetto Impianto di Rete, e non sono



Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato “Marmilla”

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



oggetto della presente relazione tecnica.

La STMG prevede che l’impianto eolico debba essere collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Nel preventivo di connessione TERNA informa che al fine di razionalizzare l’utilizzo delle strutture di rete sarà necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione.

Di seguito viene illustrato il layout delle opere di connessione e delle opere di rete.



Figura 3-3 – Ubicazione opere di connessione su ortofoto

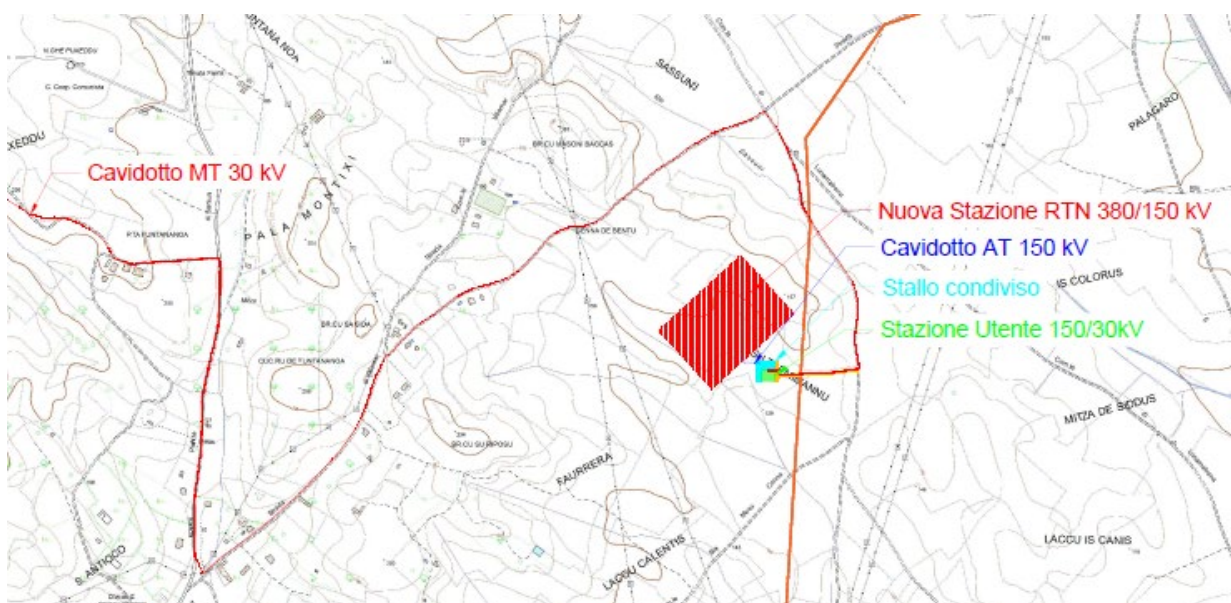


Figura 3-4 – Opere di connessione e di rete - Estratto di inquadramento generale da CTR

## 4 DISCIPLINARE DELLE OPERE CIVILI

Le opere civili in progetto riguardano la costruzione di:

- fondazioni degli aerogeneratori;
- piazzole nella configurazione per costruzione
- strade e viabilità di parco;
- aree di cantiere, logistiche e di stoccaggio temporaneo;
- dorsali MT per l'interconnessione degli aerogeneratori;
- messa in ripristino delle piazzole nella configurazione di esercizio;
- opere di regimentazione idraulica.

### 4.1 OPERAZIONI PRELIMINARI

Prima dell'inizio lavori, l'appaltatore è tenuto a effettuare la picchettazione delle aree interessate dalla costruzione delle opere sopra elencate; dovranno essere identificati i limiti degli ingombri delle aree di scavo e/o rilevato, anche nelle configurazioni temporanee, e si dovrà verificando che in nessun caso vadano ad insistere su aree che non sono nella disponibilità del proponente.

L'Appaltatore è integralmente responsabile dei tracciamenti che deve eseguire sul terreno per l'esecuzione delle opere appaltate. I tracciamenti devono rispettare dimensioni, proporzioni, allineamenti, quote, orientamenti planimetrici e spaziali di quanto contenuto nel Progetto.

Una volta terminate le operazioni di tracciamento, si potrà procedere alla preparazione delle aree, mediante una serie di scavi/riporti che consentono la riprofilatura del terreno dallo stato di fatto allo stato di progetto; le lavorazioni principali consistono in:

- scotico superficiale del terreno e accantonamento presso aree di deposito temporaneo (il terreno proveniente da scotico verrà riutilizzato per la rinaturalizzazione delle scarpate);
- scavi e/o rilevati per modellare i profili esistenti ai profili di progetto, oltreché, durante la fase di cantiere, consentire il transito dei mezzi d'opera delle macchine operatrici;
- modellamento delle scarpate per favorirne la rinaturalizzazione già in fase di esecuzione delle opere.

### 4.2 SCAVI E MOVIMENTI TERRA

#### 4.2.1 Norme generali

È prevista l'esecuzione di scavi di vario genere e di qualsiasi forma e dimensione, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, secondo le sagome di progetto e/o quelle richieste dalla D.L.

Ove indicato in progetto, la sequenza delle fasi esecutive e l'estensione delle aree di scavo costituiscono vincolo tecnico prioritario su ogni altra esigenza operativa e logistica e pertanto debbono essere scrupolosamente osservate e poste in essere.

L'Appaltatore è tenuto a porre in atto, di propria iniziativa ed impiegando i mezzi più idonei, ogni accorgimento affinché gli scavi vengano eseguiti in condizioni di sicurezza; di conseguenza è

tenuto ad eseguire - non appena le circostanze lo richiedano - le puntellature, le armature, ed ogni altro provvedimento atto a prevenire frane, scoscendimenti o smottamenti, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione dei terreni franati.

I fronti degli scavi devono essere sistemati e rifiniti secondo le sagome e pendenze prescritte; da essi devono essere asportati tutti gli elementi smossi od alterati. Le eventuali superfici rocciose, prima di iniziare eventuali getti, devono essere pulite con soffiature d'aria e acqua a forte pressione.

È fatto divieto all'Appaltatore di dare inizio alle operazioni di getto di cls., così come alla costruzione di rilevati, prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accertato i piani di appoggio.

Prima di iniziare le operazioni di scavo l'Appaltatore deve provvedere al taglio di piante, arbusti e cespugli, accatastando il legname ridotto in elementi trasportabili nel luogo prossimo al cantiere indicato dal Committente o previsti in progetto.

L'Appaltatore deve provvedere al convogliamento ed all'allontanamento delle eventuali acque presenti negli scavi, qualsiasi origine e provenienza esse abbiano, anche mediante aggettamento per mezzo di pompe, l'intubamento, l'imbrigliamento, la canalizzazione, ed altri artifici del genere.

I materiali di risulta provenienti da attività di scavo, ove non siano riutilizzabili, devono essere collocati a sistemazione definitiva, ossia conferiti a discarica autorizzata.

Sono a carico dell'Appaltatore anche gli oneri per l'eventuale accatastamento in cantiere del materiale scavato prima del suo riutilizzo nella formazione di rilevati o di riempimenti.

In ogni caso i materiali devono essere depositati a sufficiente distanza dallo scavo e non devono risultare di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti sulla superficie.

#### 4.2.2 Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intendono gli scavi per il raggiungimento dei piani di posa delle pavimentazioni stradali e delle piazzole, nonché il fondo scavo dei plinti degli aerogeneratori;

Sono da considerare “assimilabili” a quelli “di sbancamento” gli scavi da effettuare per la gradonatura dei piani di posa dei rilevati, per la regolarizzazione della superficie della pista, per la preparazione dei piani per la realizzazione di gabbionate, per la bonifica di superfici piane od inclinate negli spessori già previsti in progetto e/o richiesti dalla D.L., anche se sottostanti il “piano di sbancamento” prima definito od a questo non strettamente correlabili, anche se eseguiti in fasi successive.

Sono inoltre da considerarsi “assimilabili” a quelli “di sbancamento” gli scavi per l'allargamento e la riprofilatura necessari al transito degli automezzi per il trasporto al sito delle attrezzature, della carreggiata della strada esistente e per la formazione di cassonetti.

Gli scavi di sbancamento e assimilabili devono essere eseguiti con mezzi meccanici e rifiniti a mano, in modo tale da ottenere i piani e le sagome previsti dai disegni di progetto ovvero ordinati in loco dalla D.L.

#### 4.2.3 Scavi a sezione obbligata

Con questa dizione si intendono gli scavi per la costruzione di trincee, cavidotti, fognature, drenaggi, gabbionate, etc.

Quando non diversamente richiesto dalla D.L., le pareti di detti scavi sono da prevedersi con inclinazione indicata nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento.

Previo benessere da parte della D.L. e del Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione (C.S.E.), quando non diversamente possibile, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti verticali; in ogni caso l'Appaltatore è tenuto a porre in atto, di propria iniziativa ed impiegando i mezzi più idonei, ogni accorgimento affinché vengano eseguiti in condizioni di sicurezza, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione dei terreni franati.

In tutti i casi - salvo diversa e motivata disposizione della D.L. - la valutazione della quantità di scavo viene eseguita considerando gli scavi con pareti verticali e non viene compensato né il maggior volume di scavo eseguito, rispetto a quello a pareti verticali, né il rinterro con idonei materiali o il riempimento con murature del maggior vano creatosi.

Nel caso di scavi per drenaggi è esplicitamente richiesta l'esecuzione a brevi tratti.

A scavo ultimato, il relativo fondo deve risultare sgombro dai materiali di risulta dello scavo stesso, ed in particolare, nel caso degli scavi per cavidotti, le pareti dello scavo devono risultare il più possibile verticali e regolari.

Se non diversamente disposto dalla D.L. il materiale di scavo, nel caso di scavi a sezione obbligata, si intende da riutilizzare nell'ambito del cantiere.

Per l'esecuzione degli scavi in situazione ove la presenza di roccia e la sua disposizione spaziale impongono la individuazione di tecniche e/o mezzi d'opera di particolare natura, la scelta da operare al riguardo deve essere concordata tra l'Appaltatore e la D.L. in modo da ottimizzare le attività sia sotto il profilo della compatibilità temporale sia sotto quello della economicità generale dell'intervento.

#### 4.2.4 Trivellazione Orizzontale Controllata TOC (Horizontal Directional Drilling)

È una tecnologia che consente la posa di tubazioni interrato evitando la costruzione di trincee a cielo aperto; i tubi sono generalmente in polietilene o acciaio, funzionali alla successiva posa dei cavi elettrici. La trivellazione è guidata elettronicamente dal punto di ingresso a quello di arrivo, e può essere effettuata con avanzamento coadiuvato da getto fluido costituito da acqua e bentonite, secondo le seguenti fasi di lavorazione:

- realizzazione di un foro pilota mediante l'introduzione nel punto di ingresso di una colonna di aste, con un utensile di perforazione posto in testa; tali aste sono guidate alla quota e nella direzione voluta;
- allargamento del diametro del foro fino a raggiungere le dimensioni utili alla posa dei tubi previsti, mediante utilizzo di un opportuno alesatore montato sulla testa di perforazione;
- ripristino finale dei punti di ingresso e di uscita.

La TOC è dotata di un sistema di guida e manovra al fondo foro per il controllo ed il direzionamento della perforazione nel sottosuolo, secondo qualsiasi traiettoria.

### 4.3 RIPORTI, RIEMPIMENTI E COLMATE

#### 4.3.1 Norme generali

Gli scavi di fondazione in genere, di fognature, di cavidotti, di canalizzazioni etc., che non sono occupati da strutture o rinfianchi di sorta, ad opera ultimata devono essere riempiti (rinterrati), fino alla quota prevista dagli elaborati di progetto, utilizzando i materiali provenienti dagli scavi, se vengono considerati idonei dalla D.L.; solo in casi particolari la D.L. può disporre l'esecuzione dei rinterri con materiale diverso da quello proveniente dagli scavi, precisandone tipo e provenienza.

Il materiale per i rinterri deve essere steso a strati orizzontali di spessore non superiore a 25 cm di altezza e compattato, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso la zona di compluvio, e/o sia profilato secondo quote e pendenze longitudinali e trasversali previste in progetto o disposte in loco dalla D.L. Si deve evitare la formazione di contropendenze, di sacche e ristagni.

L'Appaltatore non può sospendere l'esecuzione delle colmate senza che siano state date alle stesse configurazioni tali da assicurare lo scolo delle acque meteoriche.

#### 4.3.2 Preparazione del piano di posa dei rilevati

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati l'impresa dovrà provvedere allo scotico superficiale dell'area di ingombro degli stessi, includendo il taglio delle piante, l'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc., e al suo allontanamento presso l'area di deposito temporaneo.

Dopo la fase di scotico, secondo le direttive impartite dal Direttore dei Lavori, potranno essere avviate le operazioni di costruzione dei rilevati (stradali e di piazzole)

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; la quale potrà richiedere ulteriori scavi di approfondimento e/o bonifica di eventuali strati di terreni di consistenza particolarmente scadente.

Laddove una maggiorazione di scavo sarà da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'Impresa o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla D.L., l'Impresa eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con idonei materiali, a sua cura e spese.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato se ritenuto idoneo nella sistemazione a verde delle scarpate; quello in eccesso dovrà essere immediatamente rimosso e portato nelle zone di discarica autorizzate.

Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità precedentemente autorizzate dalla Direzione Lavori; l'accumulo di detti materiali dovrà comunque consentire il regolare deflusso delle acque e dovrà risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sarda, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



Quando siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa in accordo con la Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

### 4.3.3 Formazione del rilevato

I rilevati devono essere costruiti con materiali appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 della classificazione delle terre di cui alla norma C.N.R. - UNI 10006, di cui si illustra tabella.

**CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE - TABELLA C.N.R. - UNI 10006**

Classificazione generale	Terre ghiaio-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 < 35%						Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri A8						
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7								
Gruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6						
<b>Sottogruppo</b>																		
<b>Analisi granulometrica</b>																		
Frazione passante al setaccio																		
2 UNI 2332 %	≤ 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	≤ 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35					
<b>Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332</b>																		
Limite liquido	--	--	--	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40					
Indice di plasticità	≤ 6	--	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	IP ≤ 1.1.-30	IP > 1.1.-30	IP > 1.1.-30					
<b>Indice di gruppo</b>	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20							
<b>Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo</b>	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa			Limo poco compressibile	Limo fortemente compressibile	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre						
<b>Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo</b>	Da eccellente a buono						Da mediocre a scadente						Da scartare come sottofondo					
<b>Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo</b>	Nessuna o lieve			Media			Molto elevata		Media	Elevata	Media							
<b>Ritiro o rigonfiamento</b>	Nullo			Nullo o lieve			Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato							
<b>Permeabilità</b>	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla								
<b>Identificazione del terreno in sito</b>	Facilmente individuabile a vista	Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	Aspri al tatto ad occhio nudo	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo			Aspri al tatto			Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla			Reagiscono alle prove di scuotimento *	Non reagiscono alla prova di scuotimento *	Tenaci allo stato asciutto	Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido	Fibresi di colore bruno o nero	Facilmente individuabili a vista

\* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi e le argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

*Tabella 4-1 – Classificazione delle terre - Norma C.N.R. - UNI 10006*

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo.

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90% della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO modificata.

Potranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto; il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale previa sovrapposizione ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di densità e la percentuale di umidità secondo cui costipare i rilevati formati con materiale

dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Impresa e sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori.

Quanto sopra allo scopo di contenere a limiti minimi, ritiri e rigonfiamenti di materiali.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

La stesura dei materiali dovrà essere eseguita per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo pendenze trasversali non inferiori al 2%.

In presenza di paramenti di rilevati in terra armata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e delle finalità del rilevato.

Comunque, tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, o con rocce frantumate;
- 40 cm per rilevati in terra armata;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ( $\pm 1,5\%$  circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHTO Mod.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore all'ottimo Proctor, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se, invece, dovesse risultare inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione, con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; nelle fasi iniziali del lavoro, l'Impresa dovrà adeguare le proprie modalità esecutive in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quell'adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare, si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra armata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti si dovrà eseguire la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

Il cemento potrà essere del tipo I, II, III, IV, V 32,5 o 32,5R ed in ragione di 25÷50 kg/m<sup>3</sup> di materiale compattato.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento da utilizzare, in funzione del materiale da impiegare e delle condizioni operative da affrontare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della densità max AASHTO Mod. procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezoidale avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesura di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta l'Impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

Nell'esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

#### 4.3.4 Prove di controllo sul piano di posa

Il numero minimo delle prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati o della fondazione delle pavimentazioni sia in trincea che in rilevato è messo in relazione alla differenza di quota (S) fra i piani di posa del rilevato e della fondazione della pavimentazione:



	S=0-1 m	S=1-2 m	S>2 m
prove di carico su piastra: una ogni	1500 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	3000 m <sup>2</sup>
prove di densità in sito: una ogni	1500 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione ecc.).

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 10 ogni 1000 m<sup>3</sup>. Le prove di controllo sono tutte a totale cura e spese dell'Impresa.

#### 4.3.5 Geotessile tessuto non tessuto

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene o poliestere, di peso non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup>. Il geotessile dovrà avere le caratteristiche di cui all'art. 2, delle presenti Norme.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate a spese dell'Impresa presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

Descrizione	Valore
peso (UNI 5114)	≥ 300 g/m <sup>2</sup>
resistenze a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)	≥ 18 kN/m
allungamento (UNI 8639)	≥ 60%
lacerazione (UNI 8279/9)	≥ 0,5 kN/m
punzonamento (UNI 8279/14)	≥ 3 kN
permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI 8279/13)	≥ 0,8 cm/s
dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile	≤ 100 μm

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita sarà rifiutata e l'Impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati, restando a carico dell'Impresa il relativo onere.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

#### 4.4 MISTO GRANULARE NON LEGATO PER FONDAZIONE

##### 4.4.1 Descrizione

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

La fondazione potrà essere formata da materiale d'apporto idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore della fondazione deve essere conforme agli elaborati di progetto.

##### 4.4.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- L'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- Granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
Crivello 70	100
Crivello 40	75-100
Crivello 25	60-87
Crivello 10	35-67
Crivello 5	25-55
Setaccio 2	15-40
Setaccio 0,4	7-22
Setaccio 0,075	2-10

- Rapporto tra il passante al setaccio UNI 0,075 mm ed il passante al setaccio UNI 0,4 mm inferiore a 2/3.

- d) Perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso.
- e) Equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4: compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo di scuotimento meccanico). Tale controllo deve anche essere eseguito sul materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia "65" potrà essere modificato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35 la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso d'elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R. di cui al successivo comma.
- f) Indice di portanza C.B.R. (CNR-UNI 10009 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra) dopo quattro giorni d'imbibizione in acqua, eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm, non minore di 50.

È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento. Se le miscele contengono oltre il 60% in peso d'elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, d, e, salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia un equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

#### 4.4.3 Studio preliminare

Le caratteristiche suddette devono essere accertate dalla Direzione Lavori mediante prove di Laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti d'approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che sarà impiegata.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio dell'esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

I requisiti d'accettazione saranno inoltre accertati con controlli della Direzione Lavori sia in cava, sia preliminarmente sia in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non corrispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

#### 4.4.4 Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale sarà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta d'acqua, per raggiungere l'umidità

prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso d'umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento d'ogni strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 0,18. Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso d'elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta sarà corretta in base alla formula:

$$dr = \frac{di Pc (100 - x)}{100 Pc - x di}$$

dr = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in Laboratorio

di = densità della miscela intera

Pc = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

X = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso d'elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40%. In tal caso nella stessa formula, al termine x, deve essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione Md, accertato secondo le modalità previste dalle Norme, nell'intervallo compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm<sup>2</sup>, non deve essere inferiore a 1.000 daN/cm<sup>2</sup>.

Il modulo elastico dinamico reale calcolato tramite il programma "PASTREV" della Società dai valori rilevati in opera con prove dinamiche tipo F.W.D. effettuate sullo strato di fondazione, sarà il riferimento prestazionale.

La media dei valori di modulo in daN/cm<sup>2</sup> ricavata da misure effettuate ogni 100 m e riferite a tratti omogenei del lavoro di almeno 400 m di lunghezza deve risultare superiore a 1.850 daN/cm<sup>2</sup>. Per valori inferiori, al misto si effettuerà una detrazione del 10% sul prezzo dello strato e del pacchetto di strati ad esso sovrapposti.

La superficie finita non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato per mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

## 4.5 CALCESTRUZZI

### 4.5.1 Requisiti dei materiali da impiegare, contenuto d'acqua

I materiali che sono usati per la preparazione dei calcestruzzi devono essere perfettamente idonei ed approvati dalla D.L.

In ogni caso tutti i materiali devono corrispondere a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche" approvate con Decreto Ministeriale del 14.01.2008 al quale si fa riferimento per il tipo ed il numero dei controlli e le prove sui materiali da eseguire, salvo quanto diversamente specificato nel presente Capitolato Tecnico.

Il rapporto acqua/cemento deve essere scelto opportunamente (vedi UNI EN 206-1) in modo da consentire la realizzazione di calcestruzzi di elevata impermeabilità e compattezza e da migliorare la resistenza alla carbonatazione ed all'attacco dei cloruri; deve essere comunque utilizzato un rapporto acqua/cemento non superiore a:

- 0,45 per tutti gli elementi strutturali in c.a.
- 0,50 per tutti gli altri elementi.

Il controllo di quanto sopra prescritto viene effettuato, su richiesta della D.L., verificando sia la quantità di acqua immessa nell'impasto sia l'umidità degli inerti (metodo SPEEDY TEST).

### 4.5.2 Leganti

I leganti da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla Norma UNI EN 206-1 e UNI ENV 197-1.

Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanico.

Il dosaggio minimo di cemento per m<sup>3</sup> di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro massimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981 - Parte 2<sup>a</sup> sulla durabilità del calcestruzzo, il tutto come riportato negli elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

### 4.5.3 Inerti

Gli inerti possono provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e possono essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Devono essere accuratamente vagliati e lavati, privi di sostanze terrose ed organiche, provenienti da rocce non scistose né gelive, opportunamente miscelati con sabbia di fiume silicea, aspra al tatto, di forma angolosa e granulometricamente assortita.

Gli aggregati da utilizzare nella confezione dei calcestruzzi devono soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale del 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre senza pericolo di segregazione (UNI 9858), ed in particolare:

- D15 per spessori di calcestruzzo minori o uguali a 15 cm;
- D30 per spessori di calcestruzzo maggiori di 15 cm.

La conformità degli inerti e delle miscele di inerti a quanto prescritto dalle Norme sopra citate deve essere comprovata da apposite prove condotte da un Laboratorio Ufficiale, il quale ne deve rilasciare attestato mediante Relazione Tecnica che deve essere esibita alla Committente dall'Appaltatore, cui ne compete l'onere.

Per getti particolari, a discrezione della D.L., è a carico dell'Appaltatore provvedere allo studio dei più idonei dosaggi dei vari componenti in base ad apposite ricerche condotte da un Laboratorio Ufficiale.

#### 4.5.4 Classe di resistenza a compressione dei calcestruzzi

Tutte le strutture per fondazioni, platee, pozzetti, muri ecc. devono essere realizzate con calcestruzzo della classe specificata sugli elaborati progettuali per ogni singola opera e/o indicata dalla D.L. (di norma classe di resistenza minima Rck 25 N/mm<sup>2</sup>).

I getti di sottofondazione, rinfilanco ed allettamento nonché eventuali getti per finiture stradali vengono realizzati utilizzando calcestruzzo confezionato con classe di resistenza minima Rck 20 N/mm<sup>2</sup>).

Lo slump deve essere costantemente controllato nel corso del lavoro dall'Appaltatore mediante il cono di Abrams e non può mai superare i valori prescritti dalla D.L. per ogni classe, mentre detti valori possono essere ridotti quando sia possibile ed opportuno per migliorare la qualità del calcestruzzo.

La classe di resistenza minima non dovrà in alcun modo essere inferiore ai valori indicati nel Decreto Ministeriale del 14/01/2008.

#### 4.5.5 Calcestruzzi magri e di riempimento

I cls. magri per getti di pulizia di fondazione (magroni di sottofondazione), per appoggio di drenaggi e scogliere, etc., debbono essere dosati con q.li. 1,5-2,0 di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm<sup>2</sup>) per ogni m<sup>3</sup> di impasto.

In casi particolari la D.L. può richiedere l'impiego di calcestruzzo magro dosato con q.li 0,50 di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm<sup>2</sup>) e con inerti dalla dimensione massima di 10 mm, per la realizzazione di riempimenti. Il calcestruzzo deve essere preparato con una consistenza tale da non richiedere interventi manuali per lo stendimento (autolivellante).

#### 4.5.6 Determinazione Classe di resistenza a compressione dei calcestruzzi

Per ogni singola classe di calcestruzzo, durante la posa in opera, vengono effettuati prelievi dagli impasti in ragione di almeno un prelievo in media ogni 50 m<sup>3</sup> di getto, e in numero maggiore ove specificato, e comunque in numero non inferiore a 2 prelievi di tre cubetti per ogni diversa fase di getto, al fine di accertare la rispondenza del calcestruzzo secondo le modalità indicate dal D.M. del 14/01/2008.

I provini prelevati dall'Appaltatore su ordine della D.L., datati e contrassegnati in modo indelebile con riferimento al manufatto cui si riferiscono, sono conservati a cura del Committente che provvede a trasmetterli ad un Laboratorio ufficiale affinché siano sottoposti alle prove di schiacciamento. Il Committente stesso trasmette i risultati delle analisi alla D.L. per le opportune

valutazioni.

L'onere del prelievo dei provini e del costo per le prove di schiacciamento presso il Laboratorio Ufficiale è a carico dell'Appaltatore.

La determinazione delle Classi viene eseguita separatamente:

- per ogni singola opera di volume superiore o uguale a 100 m<sup>3</sup>
- per singole e/o gruppi di opere che vengono definite dalla D.L. in cantiere.

Qualora dalle prove di Laboratorio riferite a manufatti singoli, si ottenesse una Classe inferiore a quella prescritta, la D.L. la Committente può rifiutare l'opera realizzata con tale anomalia. In questo caso, resta all'Appaltatore l'onere di demolire e ricostruire, a sue spese, ogni opera alla quale si riferiscono i prelievi le cui prove hanno dato risultati insufficienti.

In questo caso, resta all'Appaltatore l'onere di demolire e ricostruire, a sue spese, ogni opera alla quale si riferiscono i prelievi le cui prove hanno dato risultati insufficienti.

Durante la ricostruzione delle opere in discorso vengono effettuati nuovi prelievi, secondo le modalità sopra stabilite, i cui risultati devono dimostrare l'appartenenza del cls. alla Classe richiesta.

Tuttavia, la Committente - a suo insindacabile giudizio - può accettare, in luogo della demolizione che l'Appaltatore esegua a sua cura e spese, quelle opere di rafforzamento delle strutture che tecnicamente potessero ritenersi idonee e che consentissero alle strutture in questione di raggiungere una resistenza equivalente alla prescritta.

Tale idoneità ed equivalenza debbono essere esplicitamente accertate ed approvate dalla D.L. e quindi dalla Committente; in questo caso detti manufatti vengono esclusi dalla determinazione statistica della Classe del calcestruzzo.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Appaltatore se le resistenze caratteristiche dei provini di calcestruzzo risultassero maggiori di quelle previste negli elaborati progettuali.

#### 4.5.7 Calcestruzzo preconfezionato

La Committente, a seguito di motivata richiesta scritta dall'Appaltatore, può autorizzare lo stesso ad approvvigionarsi di cls. preconfezionato presso impianti di betonaggio della zona, purché in detti impianti si seguano le prescrizioni del D.M. 14.01.2008 e della UNI 9858.

L'Appaltatore resta comunque l'unico responsabile nei confronti della Committente per l'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere oggetto della presente fornitura e si obbliga a rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali (inerti, leganti, ecc.) sia per il confezionamento e trasporto in opera del conglomerato dal luogo di produzione al cantiere.

L'Appaltatore deve, con sufficiente anticipo sull'inizio dei getti, effettuare le indagini necessarie a definire in dettaglio la provenienza e le caratteristiche dei materiali da impiegare, che devono essere sottoposte alla autorizzazione della Committente, il quale può richiedere la esecuzione di getti di prova e le conseguenti prove di laboratorio, il tutto a carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore inoltre assume l'obbligo di consentire che il personale della Committente, e della D.L. abbiano libero accesso al luogo di produzione del conglomerato per poter effettuare in contraddittorio con il rappresentante della fornitura i prelievi ed i controlli dei materiali, previsti nei paragrafi precedenti, il tutto a carico dell'Appaltatore.

È cura e onere dell'Appaltatore fornire alla D.L. idonea certificazione relativa alla composizione del cls proveniente dalla centrale di betonaggio.

#### 4.5.8 Modalità esecutive dei getti di cls.

Oltre a quanto previsto nel D.M. 14.01.2008 e nella UNI 9858 si precisa che il cls. deve essere posto in opera, appena confezionato, in strati successivi fresco su fresco, possibilmente per tutta la superficie interessata il getto, convenientemente pistonato e vibrato con vibratori meccanici ad immersione o percussione, evitando accuratamente la segregazione degli inerti; si precisa che non possono essere eseguite interruzioni nei getti di cls se non previste nei disegni di progetto, ovvero preventivamente concordate con la Committente.

Le eventuali riprese di getto da fase a fase debbono avvenire previa opportuna preparazione delle superfici di ripresa, che devono essere scalpellate e pulite con getti di aria ed acqua in pressione.

I basamenti non aventi armatura metallica devono essere gettati in unica fase affinché il getto stesso risulti monolitico.

Per necessità logistiche od esecutive, in accordo con la D.L., i getti potranno essere effettuati con l'ausilio di pompa da calcestruzzo, naturalmente a cura e spese dell'Appaltatore, evitando nel contempo la caduta libera dell'impasto da altezze superiori a 1,5 m.

Tutte le superfici orizzontali dei getti di cls che rimarranno in vista devono essere rifinite e lisciate a fratazzo fine, in fase di presa del getto.

È vietato porre in opera i calcestruzzi a temperatura inferiore a zero gradi centigradi.

I getti di cls devono essere eseguiti con una tolleranza massima di errore geometrico di  $\pm 0,5$  cm, errori superiori devono essere eliminati, a cura e spese dell'Appaltatore, e solo con le modalità che la D.L. riterrà opportune.

Al momento del getto, fermo restando l'obbligo di corrispondere alla Classe di resistenza a compressione prescritta, il calcestruzzo deve avere una Classe di consistenza tale da permettere una buona lavorabilità e nello stesso tempo da limitare al massimo i fenomeni di ritiro, nel rispetto del rapporto acqua/cemento sopra definito; tutti i getti dovranno comunque essere mantenuti convenientemente bagnati durante la prima fase della presa (almeno tre giorni) e protetti con sacchi di juta inumiditi.

Il trasporto del calcestruzzo fresco, dall'impianto di betonaggio alla zona del getto, deve avvenire mediante l'utilizzo di mezzi e con metodi idonei al fine di evitare la separazione degli inerti e di assicurare un approvvigionamento continuo del calcestruzzo per ogni fase di getto. L'intervallo di tempo tra l'esecuzione dell'impasto e la messa in opera del calcestruzzo non deve superare un ora avendo cura, per tutto il suddetto periodo, di mantenere la miscela in movimento. Particolare cura deve essere rivolta al controllo delle perdite di acqua per evaporazione durante il trasporto a mezzo di autobetoniere; a questo scopo, deve essere controllata la consistenza o la plasticità del calcestruzzo con prelievi periodici (slump), a giudizio della D.L.

#### 4.5.9 Benestare ai getti

L'Appaltatore non può iniziare alcun getto di calcestruzzo senza aver prima ottenuto dalla D.L. apposito e specifico benestare.

Inoltre, l'Appaltatore, almeno 10 g. prima dell'inizio del primo getto, deve presentare alla



Committente la Relazione Tecnica sulla granulometria degli inerti, riportante pure la provenienza e la qualità degli stessi, integrandola con le notizie sulla marca ed il dosaggio del cemento e le quantità d'acqua che intende impiegare per la confezione del cls. di ciascuna Classe di resistenza, anche in relazione alle additivazioni previste che devono essere analiticamente descritte.

#### 4.5.10 Calcestruzzi gettati fuori opera

Per il completamento di alcuni manufatti possono essere richiesti manufatti in cls. armato gettato fuori opera, con classe di resistenza a compressione minima di  $R_{ck} 25 \text{ N/mm}^2$  e comunque non inferiore ai valori indicati nel Decreto Ministeriale del 14/01/2008.

I manufatti devono essere realizzati in forme e dimensioni diverse; le lastre di copertura devono essere tali da potersi sistemare ad incastro nelle opere già predisposte per riceverle.

#### 4.5.11 Predisposizione di fori, tracce, cavità

L'Appaltatore ha a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o viene prescritto di volta in volta in tempo utile dalla D.L., per la realizzazione di fori, cavità, incassature, sede di cavi, parti di impianti, etc.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte negli elaborati progettuali e dalla D.L. sono a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni e le ricostruzioni di opere di spettanza dell'Appaltatore stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte di fornitori.

### 4.6 CASSEFORME PER OPERE IN CALCESTRUZZO

Per l'esecuzione dei getti in cls. si devono costruire casseri con l'esatta forma e dimensione prevista dai disegni di progetto, atti a resistere al peso della struttura, agli urti, nonché alle vibrazioni prodotte durante la posa del cls. Ove necessario le cassetture debbono essere supportate da specifiche strutture di sostegno adatte ai volumi di cls da contenere e dalla quota in elevazione da raggiungere. La superficie dei casseri deve essere accuratamente pulita e, se necessario, trattata opportunamente per assicurare che la superficie esterna dei getti risulti regolare e perfettamente liscia.

Per le fasi e le tecniche di disarmo si rimanda, in ogni caso, alle Norme Tecniche cui al D.M. 14.01.2008 e alla UNI 9858. Dopo il disarmo l'Appaltatore, a sue spese, deve curare l'asportazione di tutte le sbavature, tagliare tutti i tiranti metallici a 3 cm sotto la superficie del getto ed effettuare i rappezzi necessari, secondo quanto confacente al caso, previa approvazione da parte della D.L. delle modalità esecutive e delle malte da utilizzare. In funzione dell'opera da realizzare, le cassetture possono essere realizzate con pannelli metallici, con pannellature di legno, e/o con l'impiego di tavole di abete dello spessore minimo di cm 2,5. Particolare cura è richiesta per la preparazione della cassaforma esterna di eventuali muri di retta, onde ottenere opere esteticamente apprezzabili.

Qualora previsto in progetto, o richiesto dalla D.L., la cassetture di talune strutture può essere realizzata in carpenteria metallica a perdere (con barre di armatura premontate) a cura dell'Appaltatore.

#### 4.7 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

L'acciaio e la rete elettrosaldata devono corrispondere alle caratteristiche specificate dalle Norme Tecniche cui a D.M. 14.01.2008.

Le dimensioni della maglia, il diametro del filo e la misura base dei pannelli della rete elettrosaldata sono stabiliti dal progetto costruttivo.

L'Appaltatore deve fornire i certificati di controllo, come prescritto dalla normativa succitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale e copia conforme all'originale ai sensi dell'Art. 14 della Legge n. 15 del 4/01/1968. La D.L. provvede, in cantiere, al prelievo dei vari spezzoni da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche, coerentemente a quanto disposto nel D.M. citato; detti spezzoni vengono inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'Appaltatore al quale spettano anche gli oneri relativi alle prove stesse.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera devono effettuarsi secondo le prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in c.a. L'armatura deve essere posta in opera nelle casseforme, secondo le posizioni assegnate dai disegni di progetto, facendo particolare attenzione che le parti esterne di detta armatura vengano rivestite del prescritto spessore di calcestruzzo (copriferro).

Si richiama l'attenzione sulla necessità di provvedere alla prefabbricazione e al premontaggio delle armature relative alle principali strutture in c.a.; si fa inoltre presente che la suddetta tecnica di premontaggio deve, ove possibile, essere applicata nel modo più generalizzato anche alle altre opere, previa approvazione da parte della D.L. dei sistemi di attuazione.

L'Appaltatore deve provvedere al reintegro delle connessioni, mediante saldatura elettrica, dei fili di orditura dei pannelli eventualmente dissaldatisi durante i trasporti o nella posa in opera. I pannelli di rete devono essere mantenuti distanti dalle murature, casseri, roccia od altro, a mezzo di appositi distanziatori e devono essere legati o saldati alle armature eventualmente esistenti.

#### 4.8 TUBAZIONI PER CAVIDOTTI

Tutte le forniture di tubazioni e pezzi speciali in PEAD devono essere esclusivamente conformi alle prescrizioni di seguito riportate.

Le Aziende produttrici dei tubi e dei pezzi speciali dovranno essere munite di un Sistema Qualità conforme ai requisiti della Norma UNI EN ISO 9001/2008 (SQP/IIP).

#### 4.9 TUBI P.V.C. INSERITI IN OPERE DI CALCESTRUZZO

Devono essere impiegati tubi corrugati in PVC (tipo 300 - UNI EN 1329-1) con giunti saldati a mastice, nei vari diametri e con spessore standard, dotati di apposita certificazione sia sul tipo di materiale che sui metodi di impiego.

I suddetti tubi devono essere scelti con dimensione interna maggiore o uguale a quanto indicato sui disegni ed in accordo con la D.L.

I tubi devono essere forniti ed inseriti, prima dei getti, nelle opere di calcestruzzo semplice ed armato (cordoli, briglie, muri, etc.) in qualunque forma e dimensione, con le pendenze e le altre prescrizioni di progetto o definite in loco dalla D.L.; durante la posa in opera dei suddetti tubi, i raggi di curvatura devono rispettare le prescrizioni del costruttore e le modalità di posa dei cavi da contenere; detti raggi di curvatura, non devono comunque essere inferiori a 5 volte il diametro

della tubazione stessa o secondo quanto specificato negli elaborati progettuali.

Per la loro giunzione, devono essere utilizzati esclusivamente i giunti previsti dalla ditta produttrice.

#### 4.10 POZZETTI

È prevista la realizzazione di pozzetti in calcestruzzo per canalizzazioni elettriche e idrauliche, per ispezione di dispersori di terra, etc., secondo i disegni di progetto e le disposizioni impartite in loco dalla D.L.; la loro profondità è legata a quella delle relative canalizzazioni e, qualora ubicati in terreni agricoli, devono sporgere di circa 40 cm per impedire il transito su di essi di macchine agricole.

Può essere richiesto, oltre alla esecuzione del pozzetto e relativa copertura attrezzata, il solo completamento di pozzetti esistenti fino alla quota definitiva del piano campagna mediante rialzamento delle pareti ed installazione di chiusini, griglie, lastre di copertura, oppure la esecuzione parziale di pozzetti ed in questo caso si deve provvedere all'apposizione di chiusure provvisorie atte, comunque, ad evitare danni ed infortuni.

##### 4.10.1 Pozzetti realizzati in opera

Debbono essere costruiti in calcestruzzo con classe di resistenza minima Rck 25 N/mbm<sup>2</sup>, con pareti di spessore 15 o 20 cm, con fondo in calcestruzzo di tipo e spessore pari alle pareti o con fondo drenante costituito da cm 25÷30 di ciottoli di fiume o di cava, con armatura in FeB38K nel cordolo portatelaio. Debbono avere dimensioni nette interne di cm 50x50, 70x70, 80x80, 100x100 con lunghezza variabile, secondo disegni di progetto. Lo spessore delle pareti e del fondo è previsto di 20 cm solo per pozzetti con dimensioni interne superiori a 80x80 cm.

##### 4.10.2 Pozzetti prefabbricati

Debbono essere forniti e posti in opera pozzetti in c.a.v. di dimensioni nette interne da cm 40x40 a cm 100x100, compatibilmente con le disposizioni previste nei disegni di progetto o quelle impartite dalla D.L., sia del tipo ad elemento unico con profondità standard e sia del tipo ad anelli. I pozzetti debbono essere provvisti di lapidino in c.a.v. con relativo chiusino e debbono essere allettati su sottofondo in calcestruzzo con classe di resistenza minima Rck 20 N/mm<sup>2</sup> dello spessore minimo di 10 cm. I pozzetti con dimensioni interne maggiori di 50x50 cm debbono avere spessore delle pareti non inferiore a 10 cm. I pozzetti prefabbricati vengono generalmente impiegati in zone non carrabili sia per la raccolta e il raccordo di pluviali, sia per scarichi civili, sia per la derivazione ed il raccordo delle vie cavi.

#### 4.11 CHIUSINI E GRIGLIE PER POZZETTI

Debbono essere forniti e posti in opera, secondo le indicazioni fornite dal D.L. se non espressamente riportate in progetto, chiusini e griglie in ghisa del tipo unificato e conforme alle normative vigenti. I chiusini debbono avere coperchio antisdrucchiolevole con nervature portanti, piani di chiusura rettificati, telaio bullonato smontabile, ed essere adatti al carico di transito di 6 ton. per asse; debbono essere dati in opera, completi di verniciatura con due mani di vernice

bituminosa nera. I chiusini debbono avere dimensioni tali da poter essere posti direttamente sulle pareti sia dei pozzetti aventi dimensioni interne di cm 50x50 sia di quelli aventi dimensioni interne di cm 70x70; per pozzetti con dimensioni interne superiori la posa dei chiusini richiede l'esecuzione di apposito cordolo in calcestruzzo armato solidale con le pareti. I chiusini in ghisa per pozzetti con dimensioni interne cm 70 x 70 possono pure essere richiesti nella versione ermetica. Infine, possono essere richiesti chiusini prefabbricati in cemento armato vibrato (spessore minimo 10 cm) per pozzetti ubicati fuori delle aree di transito pesante (autocarri).

L'Appaltatore deve farsi approvare dalla D.L. il tipo e relativo peso di ciascun elemento in ghisa che intende porre in opera, pena la rimozione e la sostituzione dei manufatti. Nell'effettuare la posa in opera dei telai metallici si deve aver cura di collegare gli stessi al cordolo in c.a. dei pozzetti e di mantenerne la parte superiore allo stesso livello del piano finito della strada o del piazzale, come risulta dai particolari dei disegni di progetto.

#### 4.12 RECINZIONE TEMPORANEA DI DELIMITAZIONE

Va realizzata con paletti di legno duro decorticati con diametro 15÷17 cm ed altezza m 2,55 -di cui almeno m 0,50 infissi nel terreno - posti ad interasse di m 2,50; fra i paletti deve essere tesata una rete di acciaio, dell'altezza di m 1,02, sormontata da 2 o 4 ordini di filo di ferro spinato - come sopra descritto - per costituire rispettivamente recinzione di altezza 1,5 o 2 m.

Ove richiesto dal Committente debbono essere pure realizzati dei cancelli in legno, rete e filo spinato c.s., ad ante di larghezza 2÷3 m ed altezza eguale alla recinzione.

#### 4.13 TRASPORTO E COLLOCAZIONE DEI MATERIALI DI RISULTA A DISCARICA

Deve essere convogliata alla discarica reperita dall'Appaltatore parte dei materiali di risulta prodotti dal cantiere.

Si ribadisce che nella scelta delle aree di discarica, l'Appaltatore deve impegnarsi a dare priorità a quelle individuate o già predisposte allo scopo dall'Amministrazione Comunale, a parità di prezzo contrattuale.

#### 4.14 MANUFATTI IN LAMIERA ZINCATA

Ove previsto in progetto o richiesto dalla D.L. si deve provvedere alla fornitura e posa in opera di manufatti portanti in lamiera zincata, generalmente ondulata, costituiti da elementi prefabbricati e componibili in opera mediante ganci o bullonatura, secondo determinate forme standard, tipo Armco Finsider o Fracasso o equivalenti. La scelta dei manufatti da utilizzare e lo spessore delle lamiere deve essere preventivamente concordato con la D.L.

Devono essere utilizzati elementi tubolari in lamiera zincata per condotte portanti (singole o affiancate) in tombamenti o attraversamenti stradali di corsi d'acqua, in tombini stradali, e per condotte drenanti (del tipo microfessurato od a giunti aperti, in vari diametri); possono eventualmente essere utilizzati anche per cassettonatura di scavi a pozzo (disposti con asse verticale) e per eventuali altri usi richiesti dalla D.L.

## 4.15 STRADE E VIABILITÀ

### 4.15.1 Generalità

Le strade interne, i parcheggi e le strade di accesso agli aerogeneratori sono progettate per un carico di 150 kN per ogni asse.

Le strade saranno generalmente "bianche" (sterrate) e avranno finitura in asfalto o in calcestruzzo armato solo per i casi nei quali sia previsto il ripristino dell'esistente.

In generale le strade saranno dimensionate in accordo alla seguente tabella:

	<b>Nuove strade</b>	<b>Strade esistenti</b>
Larghezza	1 corsia 5.0 m	1 corsia 5.0 m (minimo o come esistente)
Ingombro	5 m	5m (minimo o come esistente)
Raggio di curvatura (sull'asse strada)	5-8 m	5-8 m (minimo o come esistente)
Pendenza trasversale	0-2% per le corsie 2% - 4% per le banchine	
Pendenza longitudinale	max. 20 %	

Tabella 4-2 – Dimensionamento strade parco eolico

Le strade saranno progettate come pavimentazioni flessibili, in genere costituite dai seguenti strati:

1. Sottofondo: la parte dell'opera sulla quale è posata la fondazione in misto granulare;
2. strato di fondazione: la parte di strada che giace tra il sottofondo e lo strato di base bituminoso. La sua funzione è quella di ripartire i carichi sul sottofondo;
3. strato bituminoso di base: la parte di strada che si trova tra la fondazione in misto granulare e lo strato di usura; ha la funzione di assorbire la maggior parte delle sollecitazioni flessionali indotte dai carichi;
4. strato di usura: la parte di strada che costituisce la superficie di rotolamento e ricopre lo strato bituminoso di base.

### 4.15.2 Materiali impiegati

#### 4.15.2.1 Sottofondo

Il sottofondo costituisce lo strato di posa dell'opera stradale, pertanto deve possedere buone

caratteristiche di portanza e di resistenza all'azione dell'acqua e del gelo. La pulizia e lo scotico saranno in accordo alla specifica di preparazione delle aree e movimenti di terra. Lo scavo nelle aree delle strade sarà eseguito sino alla quota indicata sui disegni di progetto. Nel caso si dovesse incontrare terreno soffice ed inutilizzabile anche al di sotto della quota fondo scavo indicata, questo dovrà essere rimosso e sostituito da materiale compattato.

Il fondo scavo sarà scarificato per una profondità di 20 cm e bagnato o essiccato fino a  $\pm 2\%$  del contenuto ottimo di umidità, definito in laboratorio in accordo alla norma ASTM D 1557.

Il grado di compattazione sarà non minore del 95% della densità massima del Proctor Modificato (ASTM D 1557).

#### 4.15.2.2 *Fondazione in Misto Granulare*

Lo strato di fondazione in Misto Granulare sarà ottenuto con la combinazione di ghiaia e/o pietrisco frantumato con sabbia, limo e argilla e sarà privo di sporcizia, materiale organico, stratificazioni ed ogni altro materiale dannoso.

La granulometria del materiale sarà la seguente:

Setaccio Standard ASTM	% Passante in peso
2" (50 mm)	100
1 1/2" (37.5 mm)	90 - 100
N° 4 (4.75 mm)	30 - 60
N° 200 (0.075 mm)	0 - 12

Tabella 4-3 – Granulometria strato di fondazione

La granulometria è basata su aggregati di peso specifico uniforme e la percentuale passante al vaglio potrà essere soggetta a modifica da parte della Direzione Lavori nel caso si usino aggregati con differenti pesi specifici.

#### 4.15.2.3 *Strato Bituminoso di Base*

L'aggregato minerale per lo Strato Bituminoso di Base sarà costituito da aggregato grosso, aggregato fine e "filler", se necessario, che soddisfino ai seguenti requisiti:

##### Aggregato grosso

L'aggregato grosso sarà costituito da ghiaia o pietrisco frantumato.

Dovrà essere pulito, duro e libero da pietra decomposta, materiale organico, stratificazioni, argilla ed ogni altro materiale dannoso. L'aggregato sarà privo di parti piatte e allungate (in ogni caso non oltre il 10% del totale)

La granulometria dell'aggregato grosso sarà la seguente:

Granulometria	% Passante in peso
---------------	--------------------

1 1/2 " (37.5 mm)	100
1 " (25.0 mm)	95-100
1/2 " (12.7 mm)	25-60
N° 4 (4.75 mm)	0-10
N° 8 (2.36 mm)	0-5

Tabella 4-4 – Granulometria strato aggregato grosso

#### Aggregato fine

L'aggregato fine sarà costituito da quella parte di aggregato che passa attraverso il vaglio N°4 (ASTM) e dovrà soddisfare alle caratteristiche fisiche dell'aggregato grosso.

La granulometria dell'aggregato fine sarà la seguente:

<b>Granulometria</b>	<b>% Passante in peso</b>
3/8 " (9.5 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	85-100
N° 100 (0.15 mm)	10-30

Tabella 4-5 – Granulometria strato aggregato fine

#### "Filler"

Quando la granulometria dell'aggregato grosso e fine è carente di materiale passante il vaglio N°200, deve essere aggiunto del materiale minerale di riempimento ("filler"), costituito da polvere di pietra, cemento o altro materiale approvato dalla Direzione Lavori.

La granulometria del "filler" sarà la seguente:

<b>Granulometria</b>	<b>% Passante in peso</b>
0.075 mm	100
0.050 mm	70-100
0.020 mm	35-65
0.005 mm	10-22

Tabella 4-6 – Granulometria strato filler

#### Combinato con parte grossa e fine

La granulometria della combinazione di materiale grosso e fine sarà la seguente:

<b>Granulometria</b>	<b>% Passante in peso</b>
1 1/2 " (37.5 mm)	100
1/2 " (12.7 mm)	60-80
N° 4 (4.75 mm)	25-60
N° 8 (2.36 mm)	15-45
N° 50 (0.30 mm)	3-18
N° 200 (0.075 mm)	1-7

*Tabella 4-7 – Granulometria strato combinato*

#### Legante bituminoso per lo strato Bituminoso di Base

Il legante bituminoso sarà in accordo a UNI EN 12591, grado 50-70, sarà impiegato in percentuale del 4-8% del peso secco totale della miscela di aggregati.

#### *4.15.2.4 Strato di Usura*

L'aggregato minerale per lo strato di usura sarà composto da aggregato grosso, aggregato fine e "filler", se necessario, che soddisfino ai seguenti requisiti.

#### Aggregato Grosso nello Strato di Usura

L'aggregato grosso, che è il materiale trattenuto dal vaglio ASTM N° 4, sarà costituito da roccia o ghiaia frantumata.

Dovrà essere pulito, duro e libero da pietra decomposta, materiale organico, stratificazioni, argilla ed ogni altro materiale dannoso. L'aggregato sarà privo di parti piatte e allungate (in ogni caso non oltre il 10% del totale).

La quantità di pietrisco o ghiaia sarà tale per cui almeno il 90% in peso del materiale ritenuto dal vaglio ASTM N°4 consista in pezzi con almeno una faccia fratturata meccanicamente.

#### Aggregato Fine nello Strato di Usura

L'aggregato fine è quella parte di aggregato totale che attraversa il vaglio ASTM N°4. L'aggregato fine ottenuto per frantumazione di ghiaia sarà prodotto come specificato e per frantumazione di almeno 85% in peso del materiale passante il vaglio ASTM N°4 e trattenuto dal vaglio ASTM N°8, e dovrà essere composto da pezzi con almeno una faccia fratturata meccanicamente

Nel caso che materiale naturale passante il vaglio ASTM N°4 sia incluso nella miscela, la quantità sarà limitata in modo tale che la miscela di aggregato fine conterrà non meno del 50% in peso di parti frantumate.

#### "Filler" nello Strato di Usura

Quando la granulometria combinata di aggregato grosso e fine è carente in materiale passante il vaglio N°200, deve essere aggiunto del "filler" minerale, consistente in polvere di pietra, cemento o altro materiale approvato dalla Direzione Lavori.

Il "filler" sarà privo di irregolarità, grumi e sarà in accordo alla seguente granulometria:



<b>Granulometria (ASTM D 422)</b>	<b>% Passante in peso</b>
0.075 mm (N° 200)	100
0.05 mm	70-100
0.02 mm	35-65
0.005 mm	10-22

*Tabella 4-8 – Granulometria strato filler*

#### Combinato con parte grossa e fine

La granulometria della combinazione di materiale grosso e fine sarà la seguente (ASTM C 136 46):

<b>Setaccio Standard ASTM</b>	<b>% Passante in peso</b>
3/4 " (19.1 mm)	100
1/2" (12.7 mm)	90-100
N° 4 (4.75 mm)	45-70
N° 8 (2.36 mm)	25-55
N° 50 (0.30 mm)	5-20
N° 200 (0.075 mm)	2-9

*Tabella 4-9 – Granulometria strato combinato*

#### Legante bituminoso per lo strato di usura

Il legante bituminoso sarà in accordo a UNI EN 12591, grado 50-70, sarà utilizzato in una percentuale del 6-9 % del peso secco totale della miscela di aggregati.

##### *4.15.2.5 Asfalto*

Il legante bituminoso per miscele a caldo sarà in accordo alla norma UNI EN 12591.

##### *4.15.2.6 Sorgente dei materiali*

Tutti gli aggregati utilizzati nei lavori saranno ottenuti da sorgenti approvate dalla Direzione Lavori (cave o depositi).

##### *4.15.2.7 Test sui materiali*

Al fine di accertare le proprietà di tutti i materiali dello strato di fondazione e del "binder", il Contrattista dovrà sottomettere per approvazione i risultati dei test eseguiti da un laboratorio designato, per tutti i materiali che si intendono utilizzare nei lavori, prima di iniziare l'approvvigionamento.

Campioni rappresentativi per i test devono essere prelevati dal Contrattista in presenza della Direzione Lavori e un duplicato dei campioni deve essere consegnato a quest'ultimo per qualsiasi riferimento futuro.

Tali test non priveranno la Direzione Lavori della facoltà di richiedere ulteriori successivi test.

L'approvazione di una specifica sorgente di materiale non significa approvazione del materiale se questo non sarà opportunamente trattato, accumulato e posato come richiesto.

Tutti gli aggregati minerali, asfalto e miscele bituminose saranno campionati e testati con frequenza stabilita dalla Direzione Lavori.

Materiali senza i risultati delle prove di laboratorio, non dovranno essere scaricati e mischiati a materiali già approvati.

Se la granulometria e la qualità del materiale ottenibile in cantiere non sarà in accordo con quanto richiesto, la Direzione Lavori si riserva il diritto di rigettare il materiale o di richiedere siano eseguiti ulteriori test.

#### 4.15.3 Modalità e fasi di Costruzione

##### 4.15.3.1 Sottofondo

Il sottofondo è definito come parte dell'opera sulla quale è posata la fondazione in misto granulare.

Un rullo di dimensioni e tipo adeguato sarà utilizzato per ottenere il grado di compattazione richiesto. Il grado di compattazione sarà non minore del 95% della densità massima del Proctor Modificato. La compattazione sarà approvata dalla Direzione Lavori in tutte le fasi del lavoro e l'Appaltatore dovrà ripetere quelle parti del lavoro necessarie fino ad ottenere la compattazione richiesta.

Le prove saranno in accordo a quanto indicato nella specifica di preparazione delle aree e movimenti terra, con un modulo di deformazione  $M_d \geq 20$  MPa.

##### 4.15.3.2 Fondazione in Misto Granulare

Il valore minimo di CBR richiesto sarà 8.

##### Contenuto di umidità

Il contenuto di umidità degli aggregati dovrà essere regolata prima della compattazione con mezzi opportuni (bagnatura o asciugatura), in modo tale da compattare alla densità richiesta.

La densità secca sarà controllata con il "sand cone method" (ASTM D 1556).

##### Posa

Gli aggregati dovranno essere posati sullo strato di sottofondo in strati non eccedenti i 20 cm di spessore sciolto, fino ad ottenere lo spessore richiesto.

La posa degli aggregati sarà eseguita solo mediante mezzi meccanici adeguati.

Gli aggregati saranno posati sul sottofondo evitando la segregazione della parte grossa e fine.

##### Compattazione

Gli aggregati saranno compattati con mezzi adeguati, passando uniformemente dai lati verso il centro e sovrapponendo le passate. La compattazione dovrà continuare fino a che ogni strato sarà compattato al minimo 95% della densità massima del proctor modificato (ASTM D 1557).

Durante la compattazione, l'intera superficie di ogni strato sarà opportunamente sagomata e rifinita con un "motor-grader", per ottenere una superficie uniforme e liscia in accordo alle quote richieste.

Le aree inaccessibili saranno compattate per mezzo di compattatori meccanici fino all'ottenimento di una compattazione soddisfacente.

#### Livellamento dello strato di fondazione

Immediatamente prima della posa del primo strato dello strato di base bituminoso (binder), lo strato finale dello strato di fondazione sarà rifinito secondo la quota e la pendenza trasversale richiesta. Al fine di ottenere ciò, durante la posa può venire spruzzata dell'acqua sulla per rimodellare lo strato di sottofondo.

#### *4.15.3.3 Test*

Il Contrattista sarà responsabile dell'esecuzione dei tests su tutto il materiale sia di provenienza del sito sia importato per garantire la conformità alla granulometria, densità e consistenza richieste.

Come minimo dovranno essere eseguiti i seguenti tests:

- una analisi al vaglio standard e un test Proctor modificato con la relativa curva proctor dovranno essere eseguiti ogni 1000 m<sup>3</sup>. Se si evidenzia una ampia variazione nell'analisi, dovranno essere eseguiti test più frequenti
- test in sito di densità e di contenuto di umidità sul terreno compattato di sottofondo stradale e sullo strato di fondazione in misto granulare, uno ogni 200 m<sup>3</sup>. Almeno un test di densità deve essere eseguito per ogni strato e non si deve procedere con ulteriore posa di materiale fino al raggiungimento della densità richiesta. Il numero dei test sarà aumentato nel caso che l'ispezione visiva riveli un contenuto di umidità non uniforme o un grado di compattazione variabile.
- Prove su piastra in accordo a quanto indicato nella specifica di preparazione aree e movimenti terra per i sottofondi stradali con un modulo di deformazione  $M_d \geq 60$  MPa.

#### *4.15.3.4 Strato Bituminoso di Base ("binder")*

Lo strato bituminoso di base avrà spessore minimo pari a 10 cm.

Il materiale sarà bitume miscelato a caldo, grado 50/70.

#### *4.15.3.5 Strato di Usura*

Lo strato di usura avrà spessore minimo pari a 4 cm realizzato con bitume miscelato a caldo, grado 50/70.

Tolleranze dello Strato di Usura

Lo spessore effettivo dello strato di usura non differirà più del \* 15% dello spessore previsto.

La superficie sarà controllata mediante una livella di lunghezza 4 m in posizioni determinate. La variazione della superficie tra il bordo della livella a contatto della superficie da controllare con due qualsiasi punti di contatto non deve eccedere 4 mm se posizionata parallelamente e 3 mm se posizionata perpendicolarmente all'asse della strada.

I rilievi o gli avvallamenti eccedenti la tolleranza indicata saranno corretti rimuovendo materiale o apportandone di nuovo.

#### *4.15.3.6 Condizioni Ambientali*

##### Pioggia

Il materiale bituminoso non potrà essere posato su superfici umide.

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42  
MW denominato “Marmilla”  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



In seguito a pioggia, le operazioni di posa dovranno essere interrotte immediatamente e potranno riprendere solo dopo la cessazione della pioggia e quando le superfici saranno asciutte.

Bassa temperatura

In genere, il materiale bituminoso non potrà essere posato con temperature dell'aria inferiore ai 10 °C.

La posa potrà essere consentita solo dietro esplicita autorizzazione della Direzione Lavori e adottando particolari accorgimenti come il pre-riscaldamento delle superfici, automezzi di trasporto isolati e mezzi per compattazione ad alto rendimento (es. rulli vibranti, ecc).

## 5 COMPONENTI ELETTROMECCANICHE DELL' IMPIANTO

### 5.1 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 115 m. La struttura è realizzata in acciaio, è di forma tronco-conica. La torre è divisa in quattro tronchi, prodotti in officina e trasportati singolarmente in cantiere dove verranno assemblati. 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.

### 5.2 ROTORE

Le pale della macchina sono collegate a un mozzo e formano il rotore. Le pale hanno una lunghezza pari a 83,33 m realizzate in materiale composito formato da fibre di vetro in matrice epossidica.

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 con colore RAL 7035, una delle tre avrà una colorazione diversa per ridurre l'effetto “motion smear”. È previsto un sistema parafulmine integrato che protegga le pale dalle scariche atmosferiche.

Considerando quindi un'altezza della torre di 115 m e un rotore di diametro 170 m, l'altezza totale dell'aerogeneratore raggiunge i 200,00 m.

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.

### 5.3 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.

#### 5.4 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 imbardata 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.

#### 5.5 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.

## 5.6 TIPOLOGIA AEROGENERATORI E TURBINE

Il modello di turbina previsto dal progetto è del tipo Vestas V172 con potenza massima di 7.2 MW.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche, certificate inoltre dal costruttore:

### Technical specifications

<b>POWER REGULATION OPERATIONAL DATA</b>		Pitch regulated with variable speed	
Standard rated power	7,200kW		
Cut-in wind speed	3m/s		
Cut-out wind speed	25m/s		
Wind class	IEC S		
Standard operating temperature range	from -20°C* to +45°C		
*High wind Operation available as standard			
<b>SOUND POWER</b>			
Maximum	106.9dB(A)**		
**Sound Optimised Modes available dependent on site and country			
<b>ROTOR</b>			
Rotor diameter	172m		
Swept area	23,235m <sup>2</sup>		
Aerodynamic brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders		
<b>ELECTRICAL</b>			
Frequency	50/60 Hz		
Converter	full scale		
<b>GEARBOX</b>			
Type	two planetary stages		
<b>TOWER</b>			
Hub heights*	114 m (IEC S), 150 m (IEC S), 164 m (DIBt), 166 m (IEC S), 175 m (DIBt) and 199 m (DIBt)		
*Site specific towers available on request			
<b>SUSTAINABILITY</b>			
Carbon Footprint	6.4g CO <sub>2</sub> e/kWh		
Return on energy break-even	6.9 months		
Lifetime return on energy	34 times		
Recyclability rate	86.6%		
Configuration: 166m hub height, Vavg=7.4m/s, k=2.48. Depending on site-specific conditions. Metrics are based on an internal streamlined assessment. An externally reviewed Life Cycle Assessment will be made available on vestas.com once finalised.			

Tabella 5-1 – Caratteristiche tecniche aerogeneratore

Gli aerogeneratori sono stati progettati per operare in condizioni di umidità relativa del 100%, a temperature variabili tra -40°C e +50°C e sono dotati di una protezione contro la corrosione nel rispetto della norma ISO 12944-2.

Corrosion Protection	External Areas	Internal Areas
Nacelle	C5-M	C3
Hub	C5-M	C3
Tower	C5-I	C3

Tabella 5-2 – Classe di protezione corrosione aerogeneratore

## 5.7 QUADRO DI CAMPO 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, in funzione della posizione dell’aerogeneratore all’interno del sistema elettrico di produzione secondo quanto previsto nello schema elettrico unifilare di progetto, al fine di minimizzare la lunghezza della linea MT e di migliorare la continuità di servizio.

Le tipologie di quadro MT da installarsi sono le seguenti:

- Quadro MT tipologia 1: scomparto arrivo trafo e scomparto uscita linea MT;
- Quadro MT tipologia 2: scomparto arrivo trafo, scomparto uscita linea MT e scomparto arrivo linea MT;
- Quadro MT tipologia 3: scomparto arrivo trafo, scomparto uscita linea MT e doppio scomparto arrivo linea MT;

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del quadro MT a bordo aerogeneratore:

Descrizione	Valore
Tensione nominale	30 kV
Corrente nominale	630 A
Corrente nominale ammissibile di breve durata (1s)	16 kA
Corrente nominale alle sbarre	630 A
Tipo di interruzione	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sezionatore sotto carico (on/off)</li><li>• Sezionatore di terra (on/off)</li></ul>
Cablaggio compartimento cavi	Resistenti all’ arco elettrico
n. 3 terminali (passaggio cavi/sbarre)	630 A

Tabella 5-3 – Caratteristiche quadro di campo MT

Si evidenzia che il valore di tensione di esercizio 30 kV riportato negli elaborati è puramente indicativo: la società proponente si riserva la possibilità di aumentare tale livello di tensione fino ad un massimo di 36 kV, in funzione di aspetti successivi inerenti eventuali opportunità legate alla connessione.

## 5.8 CAVI DI COLLEGAMENTO MT

Per cavi di collegamento si intendono quelli in uscita dal parco eolico, deputati al vettoriamento dell’energia prodotta dagli aerogeneratori fino al quadro MT della cabina elettrica sita nella stazione utente, all’interno della quale verrà eseguita l’elevazione di tensione necessaria alla connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale a 150 kV, il tutto come indicato dal preventivo di connessione ricevuto (STMG).

Il cavo selezionato per il trasporto dell’energia prodotta è del tipo unipolare per applicazioni in



media tensione, che presenta le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Tensione di isolamento  $U_0/U/U_{MAX} = 18/30/36$  kV;
- Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio;
- Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE);
- Guaina in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2).

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2. Il cavo in oggetto verrà posato direttamente all'interno del terreno, in apposito scavo. Ogni circuito di media tensione sarà caratterizzato da una disposizione a trifoglio composta di tre cavi unipolari MT posati a una profondità di 1,2 m. Nel caso di più circuiti posati all'interno dello stesso scavo di media tensione, la distanza tra gli stessi (distanza asse trifoglio - asse trifoglio) sarà pari a 20 centimetri.

Il dimensionamento dei suddetti circuiti è stato realizzato in conformità alla norma IEC 60502-2, nel rispetto dei criteri posa e verifica della portata dei circuiti di media tensione col metodo della massima caduta di tensione ammissibile. Quest'ultima, data dalla somma di tutte le c.d.t. parziali sulle diverse sezioni d'impianto, è stata considerata pari all'3% della tensione nominale del sistema, nelle condizioni nominali di tutti gli aerogeneratori.

## 5.9 MESSA A TERRA DELLO SCHERMO DEI CAVI MT

Lo schermo dei circuiti di media tensione va collegato a terra ad entrambe le estremità.

Per collegamenti di grande lunghezza è preferibile mettere a terra il rivestimento metallico anche in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. Per collegamenti corti, normalmente non superiori al km, è tuttavia ammessa la messa a terra del rivestimento metallico in un solo punto purché vengano adottate le opportune cautele indicate nella norma CEI 11-17 al par 5.3.2 (CEI 20-89).

La norma, tuttavia, consente di collegare a terra lo schermo di un cavo, lungo fino a 1 Km, ad una sola estremità nei casi in cui:

- Lo schermo, se accessibile, sia considerato a tensione pericolosa all'estremità non collegata a terra e nelle giunzioni
- La guaina di materiale isolante che ricopre lo schermo sopporti la tensione totale dell'impianto di terra al quale è collegata l'altra estremità.

Nel caso di impianti eolici poiché gli aerogeneratori sono dotati del proprio impianto di terra è consigliabile collegare allo stesso entrambe le estremità del cavo al fine di realizzare una globale equipotenzialità in caso di guasto a terra.

## 5.10 RETE DI TERRA

L'impianto di terra sarà dimensionato in modo da rendere le tensioni di passo e contatto, all'interno e nelle vicinanze delle aree su cui insistono gli impianti, inferiori ai valori prescritti dalle Norme di riferimento (CEI EN 50522). Inoltre, l'impianto di terra garantirà la protezione di impianti ed apparecchiature contro l'elettricità statica.

L’impianto di terra e l’impianto di protezione contro le scariche atmosferiche, sarà dimensionato per resistere anche alle sollecitazioni meccaniche ed alla corrosione; particolare cura sarà posta nella realizzazione delle connessioni e delle saldature tra le varie parti dell’impianto di terra, al fine di garantire l’adeguata continuità metallica dell’intero dello stesso.

Le specifiche tecniche per la realizzazione dell’impianto di terra devono seguire le indicazioni previste dalla seguente normativa di riferimento:

- Norma CEI EN 50522 “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”
- Norma CEI 99-5 “Guida per l’esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.”
- Norma CEI 11-62 “Stazioni del cliente finale allacciate a reti di terza categoria”
- Norma CEI EN 61936 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. e 1,5 kV in c.c.”
- Norma CEI EN 60909 “Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata”
- Norma CEI EN 61660 “Correnti di cortocircuito negli impianti ausiliari in c.c. nelle centrali e nelle stazioni elettriche”
- Requisiti delle stazioni elettriche di Terna con tensioni superiori a 120 kV.

Per un corretto dimensionamento della rete di terra è necessario richiedere all’ente distributore le correnti di guasto monofase e bifase a terra e i relativi tempi di intervento delle protezioni al fine di poter coordinare il sistema di protezione del distributore (TERNA) con quello dell’utente. Nel seguito, si dettaglia quella che è stata sviluppata come prima ipotesi di rete di terra globale delle diverse sezioni di impianto, seguendo le norme precedentemente descritte.

## 5.11 RETE DI TERRA AEROGENERATORI

All’interno della canalizzazione per la posa dei cavi di media tensione interrata per il collegamento “entra - esci” fra gli aerogeneratori, verrà posato un ulteriore cavo di rame nudo di sezione non inferiore a 95 mm<sup>2</sup> per la connessione tra le diverse reti di terra degli aerogeneratori.

## 5.12 STAZIONE ELETRICA 150/30 kV UTENTE

La stazione elettrica utente ha il compito di elevare la tensione proveniente dall’impianto eolico (MT 30 kV) e portarla al livello di tensione alla quale verrà vettoriata alla stazione RTN (150 kV). I cavi MT provenienti dall’impianto entrano all’interno della stazione e si attestano sotto il quadro MT dell’edificio di comando; da qui viene convogliata al trasformatore e successivamente alle apparecchiature AT ed alle sbarre condivise, dalle quali viene poi vettoriata verso lo stallo RTN.

### 5.12.1 Quadro MT

Lo scomparto MT possiede le caratteristiche tecniche seguenti:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo di isolamento	SF6
Tensione nominale/massima	30/36 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale di tenuta frequenza industriale	70 kV
Tensione di tenuta ad impulso	170 kV
Corrente nominale in uscita	1250 A (preliminare)
Corrente nominale ammissibile di breve durata (1s)	≥ 16 kA (preliminare)
Corrente alle sbarre	1250 A (preliminare)
Unità funzionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sezionatore a vuoto (sbarre)</li> <li>• Interruttore SF6</li> <li>• Sezionatore di terra</li> </ul>
Sistema di protezione lato MT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonde di temperatura</li> <li>• Protezione di back-up della turbina</li> <li>• Soglie intervento <math>I &gt;, I &gt;&gt;, I &gt;&gt;&gt;</math> (CEI 0-16)</li> </ul>
Tensione ausiliari elettrici	230 V
Classificazione d'arco interno	IAC AFLR 16 kA – 1s
Categoria di perdita di continuità di servizio	LSC2A
Numero di cicli di operazioni	1000

Tabella 5-4 – Caratteristiche quadro MT in Stazione Utente

### 5.12.2 Trasformatore MT/AT

Per la trasformazione di tensione 30/150 kV sarà utilizzato un trasformatore da esterno trifase, con avvolgimenti immersi in olio, munito di variatore di rapporto sotto carico (150 kV +/- 12x1,25%), con neutro ad isolamento pieno verso terra, gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra, ma comunque accessibile e predisposto al collegamento futuro se necessario e/o richiesto. Il trasformatore avrà le seguenti caratteristiche:

DESCRIZIONE	VALORE
Potenza nominale	42/47 MVA
Tipo di raffreddamento	ONAN/ONAF
Rapporto di trasformazione	150/30 kV

DESCRIZIONE	VALORE
Tensione massima	170/36 kV
Tensione di tenuta nominale ad impulso atmosferico	750/170 kV
Tensione di tenuta nominale a frequenza industriale	325/70 kV
Impedenza di corto circuito	10% (rif. 33 MVA)
Commutatore sotto carico sull'avvolgimento AT	$\pm 12 \times 1,25\%$
Gruppo vettoriale	YNd11
Isolamento degli avvolgimenti	uniforme

Tabella 5-5 – Caratteristiche trasformatore MT/AT

Il trasformatore, in accordo allo standard TERNA, sarà dotato almeno delle seguenti protezioni:

- 26Q: sovratemperatura olio, con soglia di allarme e di scatto;
- 99Q: livello olio, con soglia di allarme;
- 63Q: pressione olio, con soglia di scatto;
- 97T: Relè Buchholz di trasformatore, con soglia di allarme e scatto;
- 97VSC: Relè Buchholz di variatore sotto carico, con soglia di scatto;
- 99VSC: livello olio nel variatore sotto carico, con soglia di allarme.

Dovrà essere inoltre previsto il dispositivo di controllo e comando del variatore sotto carico (90TR).

### 5.12.3 Apparecchiature AT

#### 5.12.3.1 Interruttore

DESCRIZIONE	VALORE
N. Poli	3
Tensione nominale	170 kV
Livello di isolamento nominale:	
• tensione di tenuta a impulso atmosferico	750 kV
• tensione di tenuta a frequenza industriale	325 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale	$\geq 1250$ A
Durata nominale di corto circuito	1 s

DESCRIZIONE	VALORE
Corrente nominale di breve durata:	
• valore efficace	31,5 kA
• valore di cresta	80 kA
Sequenza di manovra nominale	O-0,3s-CO-1min-CO
Gas	SF6

Tabella 5-6 – Caratteristiche interruttore AT

L'interruttore sarà corredato di un armadio di comando unico per i tre poli, predisposto per l'interfacciamento con il Sistema di Protezione e Controllo della stazione.

#### 5.12.3.2 Sezionatore

DESCRIZIONE	VALORE
N. Poli	3
Tensione nominale/massima	150/170 kV
Corrente nominale	≥ 1250 A
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale di breve durata:	
• valore efficace	31,5 kA
• valore di cresta	80 kA
Durata ammissibile della corrente di breve durata	1 s
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
• verso massa	650 kV
• sul sezionamento	750 kV
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
• verso massa	275 kV
• sul sezionamento	325 kV

Tabella 5-7 – Caratteristiche sezionatore AT

Il sezionatore, corredato di un armadio unico per i tre poli, predisposto per l'interfacciamento con il Sistema di Protezione e Controllo della stazione, sarà provvisto sia di meccanismi di manovra a motore che manuali e di interblocco AREL con gli altri sezionatori della stazione, inclusi quelli del quadro MT.

Il comando delle lame di terra, solo ed esclusivamente normale, è combinato nello stesso armadio delle lame principali. Il sezionatore sarà dotato di un dispositivo di interblocco meccanico diretto che consente la manovra del sezionatore di terra solo con sezionatore aperto e viceversa.

### 5.12.3.3 Trasformatore di corrente

DESCRIZIONE	VALORE
Tensione nominale/massima	150/170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Rapporto di trasformazione nominale	200/5 A
Numero di nuclei	3
Corrente termica nominale permanente	1,2 Ip
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	1,5 Ip
Corrente dinamica nominale (Idyn)	2,5 Ith
Corrente termica di corto circuito	≥ 31,5 kA
Prestazioni e classi di precisione:	
• misura	30 VA/0,2
• protezione	30 VA/5P30
Tensione di tenuta a frequenza industriale	325 kV
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	750 kV

Tabella 5-8 – Caratteristiche trasformatore di corrente AT

### 5.12.3.4 Trasformatore di tensione induttivo

DESCRIZIONE	VALORE
Tensione primaria nominale	150/√3 kV
Tensione secondaria nominale	100/√3 V
Numero avvolgimenti secondari	1
Frequenza nominale	50 Hz
Prestazioni nominali e classi di precisione:	
• secondario di misura	50 VA/0,2
• secondari di protezione	---
Tensione massima per l'apparecchiatura	170 kV
Tensione di tenuta a frequenza industriale	325 kV
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	750 kV

Tabella 5-9 – Caratteristiche trasformatore di tensione induttivo AT

#### 5.12.3.5 Trasformatore di tensione capacitivo

DESCRIZIONE	VALORE
Tensione primaria nominale	150/ $\sqrt{3}$ kV
Tensione secondaria nominale	100/ $\sqrt{3}$ V
Numero avvolgimenti secondari	3
Frequenza nominale	50 Hz
Prestazioni nominali e classi di precisione:	
• secondario di misura	50 VA/0,2
• secondari di protezione	100 VA/3P
Tensione massima per l'apparecchiatura	170 kV
Tensione di tenuta a frequenza industriale	325 kV
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	750 kV

Tabella 5-10 – Caratteristiche trasformatore di tensione capacitivo AT

#### 5.12.4 Trasformatore ausiliario

Il trasformatore ausiliario, isolato in olio, sarà dimensionato per alimentare tutti i servizi ausiliari della Stazione Utente ed avrà le seguenti caratteristiche preliminari:

DESCRIZIONE	VALORE
Potenza nominale	160 kVA
Tipo di raffreddamento	ONAN
Tensione nominale	30/0,42 kV
Tensione massima	36/1 kV
Impedenza di corto circuito	5%
Commutatore a vuoto sull'avvolgimento MT	$\pm 2 \times 2,5\%$
Gruppo vettoriale	Dyn11
Classe ambientale e climatica	E1 – C1
Classe di comportamento al fuoco	F1

Tabella 5-11 – Caratteristiche trasformatore ausiliario

### 5.13 SISTEMA DI PROTEZIONE E COMANDO/CONTROLLO

Compito del sistema sarà quello di garantire la protezione dell'impianto contro tutti i possibili guasti interni ed il distacco dello stesso dalla rete per guasti o anomalie su di essa. Il sistema sarà

inoltre chiamato a garantire la massima affidabilità di esercizio per la sicurezza delle persone e dell'impianto. Esso provvederà alla sicura ed efficiente gestione sia dei singoli componenti che dell'impianto visto nel suo insieme, garantendone in ogni istante le proprietà di controllabilità, osservabilità e raggiungibilità.

Il disegno del complessivo elettromeccanico e gli schemi saranno da prodursi a cura del quadrista in sede di progettazione esecutiva.

Le caratteristiche del sistema di controllo succitate, quali la controllabilità, l'osservabilità e la raggiungibilità vengono di seguito dettagliate.

- La controllabilità consiste nella possibilità di analizzare in tempo reale o differito lo stato dell'impianto, attraverso la conoscenza delle variabili acquisite (stati, misure, allarmi, eventi, trasferimento di file).
- L'osservabilità definisce la possibilità di estrarre informazioni dall'impianto stesso.
- La raggiungibilità implica la possibilità di poter interagire con l'impianto (tramite comandi e regolazioni).

Le suddette proprietà consentiranno l'espletamento delle seguenti attività:

- A. Conduzione: attuazione delle manovre di esercizio normale e di emergenza avvalendosi della conoscenza in tempo reale dello stato dell'impianto;
- B. Teleconduzione: remotizzazione totale o parziale dell'attività di conduzione;
- C. Telecontrollo: invio al sistema di controllo centralizzato del cliente di informazioni in tempo reale (stati, eventi, allarmi, misure) o in tempo differito;
- D. Manutenzione: operazioni ed interventi atti a conservare, migliorare o ripristinare il livello di efficienza dell'impianto

Per sistema di comando e controllo si intende il complesso degli apparati e circuiti predisposti a fini di comando degli organi di protezione, di registrazione locale, di misura, di rilevazione di segnali di stato, di anomalia, di perturbazione, di sintesi degli stessi, di segnalazione sui quadri locali di comando, di interfacciamento con gli apparati di comando e controllo remoti. La Norma CEI EN 61936-1 indica alcuni requisiti generali del sistema di protezione, comando e controllo riferito ai seguenti aspetti:

- A. Funzionali (es. funzioni di protezione, manovre elementari, sequenze logiche, controlli ed interblocchi, grandezze processate, segnalazioni visive, etc.);
- B. Di configurabilità, parametrizzazione e taratura (campi di regolazione, parametri regolabili, I/O, etc.)
- C. Di precisione;
- D. Di autodiagnostica, monitoraggio interno ed interfaccia uomo-macchina (MMI);
- E. Di compatibilità, in termini di interfacce e comunicazione, con altri sistemi.

Il sistema di comando, di tipo modulare e di facile espandibilità, avrà di base la seguente filosofia:

- A. dovrà ottimizzare l'uso dello stallo minimizzando il numero di manovre nel massimo rispetto della sicurezza;
- B. dovrà permettere quante più manovre possibili (al limite tutte) anche dalla centrale di controllo remota, condizionando tali manovre con opportuni interblocchi hardware e software, di modo che la teleconduzione avvenga in massima sicurezza, evitando manovre



con personale presente in stazione o addirittura in campo.

La teleconduzione da centro remoto sarà verificata e subordinata a effettive condizioni di sicurezza per il personale addetto. Più in generale la possibilità di diverse modalità di comando impone un coordinamento tra di esse: non sarà possibile la presenza contemporanea di due modalità di comando ed eventualmente sarà definito un livello di priorità.

Le manovre devono essere condizionate da interblocchi che evitino sequenze pericolose per il personale, dannose per gli organi stessi o comunque incompatibili per il loro stato;

Il comando interruttori proveniente dalle protezioni utilizzerà una via diretta e indipendente dalle altre: a prescindere dalla possibilità di comando remoto, le apparecchiature saranno predisposte per poter governare l'impianto in locale a livello di stallo. La conduzione locale avverrà da opportuno pannello di comando installato all'interno del locale comando e controllo dell'edificio utente.

In pratica il comando e controllo dell'impianto avverrà su tre livelli:

- A. livello di stallo;
- B. livello di stazione;
- C. livello remoto.

Le funzioni di acquisizione dati, monitoraggio locale e comando, interblocchi, protezione, sono collocati a livello di stallo. Le funzioni di supervisione, monitoraggio, comando, registrazione di eventi e allarmi, reporting storico, diagnosi sono collocate a livello di stazione. I due livelli comunicheranno fra loro tramite opportuno sistema. Tipicamente la connessione fisica avviene tramite porta seriale, tra il pannello del livello di stallo e il computer server del livello di stazione.

Tale computer server sarà collegato tramite rete geografica (ADSL) al livello remoto in cui saranno collocate le stesse funzioni del livello di stazione ovvero le funzioni di supervisione, monitoraggio, comando, registrazione di eventi e allarmi, reporting storico e diagnosi.

Il livello di stallo è fisicamente rappresentato da un pannello di controllo (componente di classe secondaria) direttamente collegato con gli organi di manovra, TA e TV (componenti di classe primaria), installato nel locale comando e controllo.

Il livello di stazione sarà fisicamente rappresentato da un computer server, in cui saranno installati opportuni software che permetteranno di acquisire i dati provenienti dal livello inferiore, elaborarli ed impartire comandi ai dispositivi di livello inferiore stessi.

Anche il livello remoto sarà fisicamente rappresentato da un computer server con gli opportuni software di acquisizione ed elaborazione dati e per l'invio di segnali di comando, è sarà installato nella centrale di controllo remota.

Gli apparati a livello di stallo sono di classe primaria (apparecchi di manovra, TA e TV) e classe secondaria (componenti dedicati alla protezione e controllo dei componenti primari).

Ciascun componente di classe primaria dovrà essere “accessoriato” con componenti di classe secondaria. Tali componenti dovranno “dialogare” fra loro e con il livello superiore (livello di stazione), che comprende l'apparecchiatura di supervisione e monitoring. Il protocollo di interfaccia dovrà essere tale da assicurare la comunicazione con il PC-server del livello di stazione.

Pertanto, l’accesso all’intera stazione avviene attraverso le apparecchiature a livello di stallo di “classe secondaria”, intendendo per accesso l’acquisizione di dati e la possibilità di impartire comandi.

Le principali funzioni che genericamente sono denominate di “protezione e controllo” sono:

- A. Protezione
- B. Misure
- C. Monitoring
- D. Supervisione
- E. Controllo

I dispositivi a livello di stallo (dispositivo di controllo e supervisione, relé di protezione, trasduttori), sono fisicamente installati in un unico pannello installato nel locale di comando e controllo.

Il dispositivo a livello di stallo dovrà assicurare almeno le seguenti funzioni base:

- A. Monitoraggio locale
- B. Comando
- C. Ordini di apertura/chiusura
- D. Interblocchi
- E. Richiusura automatica unipolare, tripolare, uni-tripolare
- F. Clock interno
- G. Informazioni su data e ora (leggibili a livelli superiori)
- H. Gestione di eventi e allarmi
- I. Funzioni di controllo

Pertanto, oltre ad acquisire ed elaborare i segnali binari di ingresso provenienti dai dispositivi di misura e protezione, detto pannello di stallo, sarà equipaggiato con un modello di comando per inviare gli ordini di apertura/chiusura all’apparecchiatura di manovra.

I dispositivi a livello di stallo per il controllo e la supervisione dell’apparecchiatura primaria, acquisiranno direttamente i dati delle apparecchiature primarie stesse, tipicamente con tecnologia convenzionale, cioè fili e contatti.

Funzioni software, normalizzate o adattate alle esigenze del cliente, quali il comando degli apparecchi AT, gli interblocchi, la richiusura automatica, saranno effettuate a livello di stallo con lo stesso hardware del pannello di controllo.

Il sistema così progettato con un livello di stallo rappresentato da un terminale di controllo (componente di classe secondaria) direttamente collegato con gli organi di manovra, TA e TV (componenti di classe primaria), assicurerà anche nel caso di perdita della comunicazione tra i due livelli (livello di stallo e livello di stazione):

- A. Funzionalità della protezione
- B. Controllo dell’apparecchiatura primaria

- C. Monitoraggio dello stato dell'apparecchiatura primaria
- D. Visualizzazione degli allarmi più importanti a livello di stallo.

Si provvederà affinché opportune sicurezze evitino manovre da remoto in concomitanza di presenza di operatori in campo.

Le soluzioni realizzative proposte dovranno essere individuate nel rispetto dei seguenti requisiti:

- A. Aderenza agli standard internazionali tecnici e di mercato (MMI, importazione/esportazione dei dati, protocolli di commutazione);
- B. Interoperabilità, al fine di minimizzare lo sforzo di integrazione tra apparati di costruttori o serie costruttive diversi;
- C. Remotizzazione delle funzioni diagnostiche e di configurazione degli apparati;
- D. Modularità ed adattabilità delle apparecchiature a diverse configurazioni/espansioni di impianto;
- E. Gestione flessibile degli aggiornamenti (scalabilità);
- F. Affidabilità;
- G. Adeguatezza delle prestazioni;
- H. Conformità alla normativa internazionale di riferimento in termini di compatibilità elettromagnetica, immunità, caratteristiche elettriche e meccaniche;
- I. Compatibilità con il sistema di controllo del Cliente;

#### 5.14 GRUPPI DI MISURA E PUNTI DI CONSEGNA

Il sistema di misura dell'energia prodotta sarà fondamentalmente costituito da:

- Trasformatore di misura di corrente (TA);
- Trasformatore di misura di tensione (TV);
- Apparecchiatura di misura (ADM) principale;
- Apparecchiature di misura addizionali;
- Dispositivo di comunicazione.

Saranno installati dei contatori anche per misure addizionali, ovvero un contatore per ogni singola linea proveniente dal parco e collegante i gruppi di aerogeneratori e un contatore per la misura dell'energia assorbita dai servizi ausiliari.

#### 5.15 STALLO CONDIVISO

Il Sistema Sbarre e lo Stallo Condiviso garantiscono il collegamento a 150 kV della Stazione Utente in antenna sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Il Sistema Sbarre e lo Stallo Condiviso sono principalmente costituiti da:

- Un sistema sbarre a 150 kV per il collegamento della Stazione Utente allo Stallo Condiviso, eventualmente comune ai futuri produttori;

- Uno Stallo Condiviso tra più produttori con apparecchiature a 150 kV (sezionatori, interruttori, ecc.);
- Collegamento in cavo 150 kV allo Stallo Utente nella Stazione Elettrica RTN;
- Un edificio tecnologico dedicato al cui interno saranno installati i necessari pannelli elettrici e sistemi di alimentazione elettrica dei servizi ausiliari, di protezione e controllo.

Lo Stallo Condiviso consentirà di disalimentare le sbarre per eventuali interventi di manutenzione o per interventi automatici del sistema di protezione, comando e controllo senza interessare in alcun modo lo stallo arrivo produttore in Stazione Elettrica RTN.

Le sbarre comuni avranno altezza dal suolo di 7,5 m e saranno affiancate lungo l'intero sviluppo da una viabilità interna per l'accesso a mezzi di manutenzione.

I componenti di alta tensione avranno le medesime caratteristiche dei componenti della stazione Utente descritti ai paragrafi precedenti.

## 5.16 ELETTRODOTTO AT 150 KV

Il collegamento tra lo stallo condiviso e lo stallo arrivo produttore dell'Impianto di Rete nella Stazione Elettrica RTN sarà realizzato in cavo interrato AT (terna di cavi a 150 kV), per un tracciato di lunghezza totale pari a circa 100 m.

L'opera in questione si configurerà con la posa di una terna di cavi XLPE (polietilene reticolato), posti ed interrati in unica trincea della profondità di circa 1,50 m.

### 5.16.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO

L'elettrodotto in cavo interrato, della lunghezza di 100 m circa, sarà costituito da una terna di cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura metallica e guaina esterna in termoplastica. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione preliminare di 1200 mm<sup>2</sup>, da confermarsi durante il progetto esecutivo dell'impianto.

#### 5.16.1.1 Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del cavidotto sono le seguenti:

DESCRIZIONE	VALORE
Materiale del conduttore	alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	alluminio
Guaina esterna	PE
Tensione nominale (U <sub>o</sub> /U/U <sub>m</sub> )	87/150/170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Sezione	1200 mm <sup>2</sup>
Portata di riferimento in condizioni nominali	755 A
Portata in condizioni di posa	658 A

DESCRIZIONE	VALORE
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale	658 A

Tabella 5-12 – Caratteristiche cavo AT

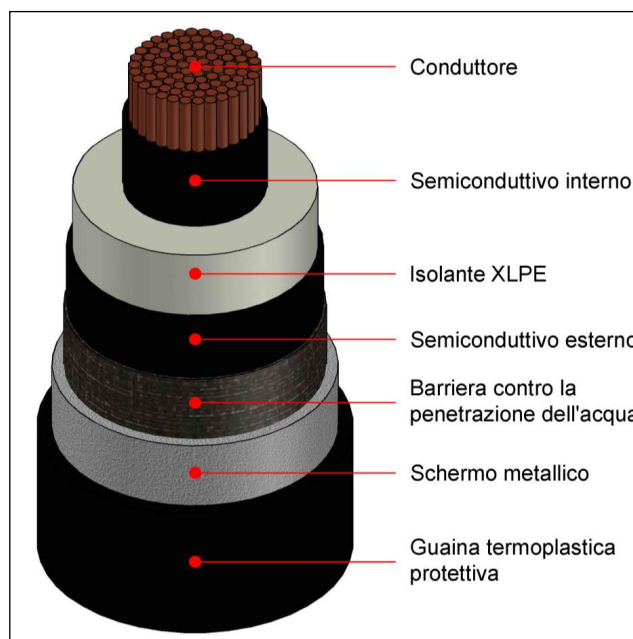


Figura 5-1 – Sezione trasversale cavo AT

#### 5.16.1.2 Modalità di posa

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità media di 1,50 m, con disposizione delle fasi a trifoglio/in piano. Le profondità reali di posa saranno meglio definite in fase di progetto esecutivo dell’opera.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento ‘mortar’. Saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore minimo di 5 cm. Altre soluzioni particolari, quali l’alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici, come indicato nella tavola “EOMRMD-U\_Tav.12 - Planimetria del tracciato del cavidotto AT 150 kV e sezioni tipo”.

Le condizioni di posa considerate sono riassunte nella seguente tabella:

DESCRIZIONE	VALORE
Posa cavo	Direttamente interrato / in tubo
Profondità di posa	1,50 m / profondità > 2,0 m dal fondo del manufatto esistente
Formazione	Terna singola a trifoglio

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia del letto di posa	Sabbia a bassa resistività termica o cemento magro
Spessore del letto di sabbia/cemento	Minimo 0,50 m (da fondo scavo)
Copertura con piastre di protezione in CA (solo per letto di sabbia)	Spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimenti scavo	Terra di riporto vagliata
Temperatura terreno	20 °C
Resistività termica terreno	1,2 K m/W

Tabella 5-13 – Condizioni di posa cavo AT

### 5.16.1.3 Giunti

Data la brevità del percorso in cavo, non sono previsti giunti unipolari.

### 5.16.1.4 Terminali arrivo cavo

Lo schema di elettrodotto in cavo prevede l’installazione sia nello stallo condiviso che nella stazione Elettrica RTN di nuovi terminali per cavo XLPE 150 kV.

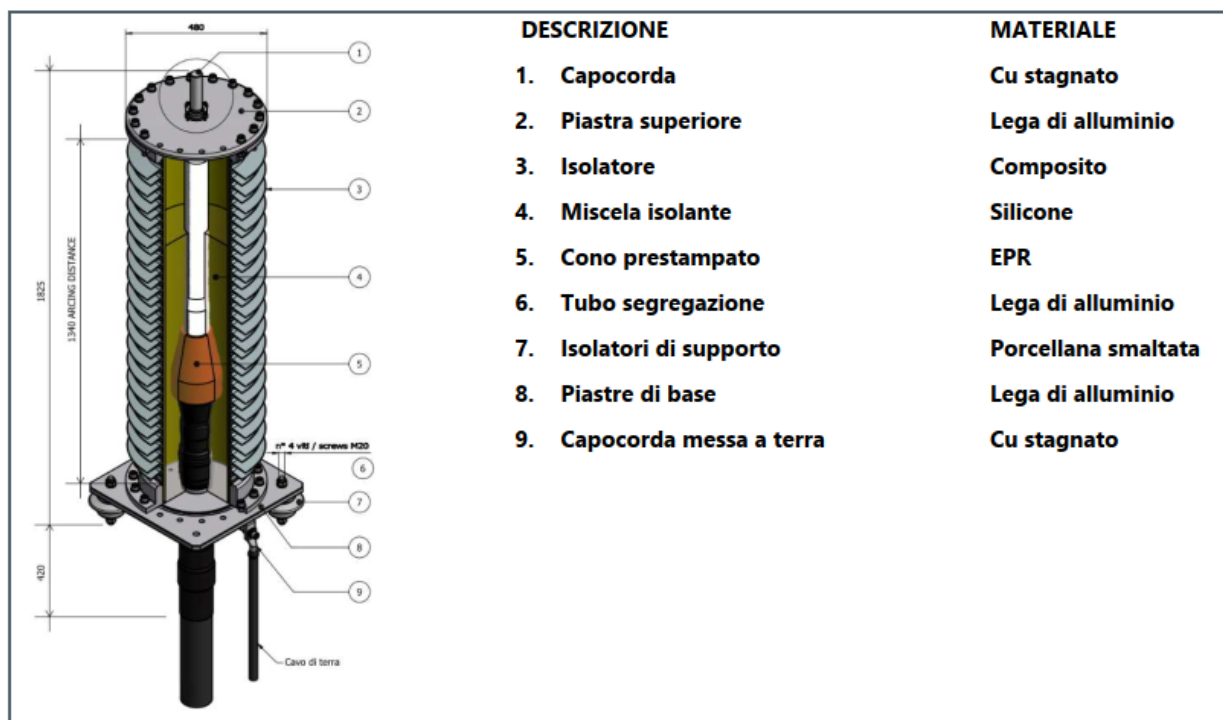


Figura 5-2 – Terminale cavo AT tipico

## 5.17 AREE POTENZIALMENTE IMPEGNATE

La normativa vigente prevede che il vincolo preordinato all’esproprio relativo alle linee elettriche, sia aree che in cavo interrato, venga normalmente apposto sulle “aree potenzialmente impegnate”

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42  
MW denominato “*Marmilla*”  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



(previste dalla L. 239/04), equivalenti alle “zone di rispetto” di cui all’articolo 52 quater, comma 6 dello stesso testo unico (come integrato dal Decreto Legislativo 27 dicembre 2004, n. 330), all’interno delle quali poter inserire eventuali modeste varianti al tracciato dell’elettrodotto, senza che le stesse comportino la necessità di nuove autorizzazioni.

Nel caso specifico il tragitto del cavo interrato a 150 kV all’esterno delle aree delle stazioni elettriche è già stato incluso nel piano particellare di esproprio, come da tavola “EOMRMD-U\_Tav.05 - Piano particellare di esproprio grafico - Impianto di Utenza”.