

Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato "Luras"

Progetto definitivo

Oggetto:

**LUR.46 – Disciplinare descrittivo e prestazionale
degli elementi tecnici**

Proponente:



LURAS WINDFARM
ENERGY & INFRASTRUCTURE

Luras Windfarm
Via Dante 7
20123 Milano (Milano)

Progettista:



Stantec S.p.A.
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	23/02/2023	Prima Emissione	V. Gionti	M. Carnevale	P. Polinelli
Fase progetto: Definitivo					Formato elaborato: A4

Nome File: **LUR.46.00 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli
elementi tecnici.docx**

Indice

1	CONTENUTI DELLA RELAZIONE	4
2	PIAZZOLE, SCAVI, RINTERRI E VIABILITÀ.....	5
2.1	PIAZZOLE AEROGENERATORI	5
2.2	SCAVI DI FONDAZIONE.....	6
2.3	SCAVI PER VIE CAVO	7
2.4	RINTERRI	8
2.5	VIABILITÀ INTERNA.....	9
2.6	CONTROLLI	10
3	OPERE IN CALCESTRUZZO.....	11
3.1	SPECIFICHE RELATIVE ALLA FORNITURA DEL CALCESTRUZZO.....	11
3.2	SPECIFICHE RELATIVE ALLA POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO.....	12
3.3	CASSEFORME	15
3.4	STAGIONATURA DEL CALCESTRUZZO.....	17
3.5	TIPOLOGIA STRUTTURALE E CLASSIFICAZIONE CALCESTRUZZO DA FORNIRE...	20
3.6	PLINTO DI FONDAZIONE.....	20
3.6.1	CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO	20
3.6.2	CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI DEL CALCESTRUZZO.....	21
3.6.3	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DEL CALCESTRUZZO	22
3.7	PALI DI FONDAZIONE.....	25
3.8	APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONE.....	25
3.8.1	CABINA SOTTOSTAZIONE.....	25
3.8.2	TRASFORMATORE	26
3.8.3	CARATTERISTICHE DEL MAGRONE.....	28
3.8.4	CARATTERISTICHE DEL BASAMENTO	28
3.8.5	CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI E CONTROLLI.....	28
3.9	BESS - INVERTER E BATTERIE.....	28
4	ARMATURE IN ACCIAIO.....	30
4.1	CLASSIFICAZIONE DEGLI ACCIAI.....	30
4.2	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELL'ACCIAIO	30
5	OPERE DI DRENAGGIO	32
6	MATERIALI GEOSINTETICI.....	34

6.1	GEOTESSUTI.....	34
6.2	GEORETI	35
6.3	GEOGRIGLIE.....	35
6.4	GEOSTUOIE.....	36
6.5	GEOCELLE.....	36
6.6	GEOCOMPOSITI.....	37
7	AREA DI CANTIERE	38
8	CAVIDOTTI	41
9	AEROGENERATORE	46
10	SISTEMA DI CONTROLLO.....	48
10.1	INSTALLAZIONE DEL SISTEMA SCADA.....	48
11	IMPIANTO DI TERRA.....	49
12	SOTTOSTAZIONE UTENTE.....	50
12.1	Cabina di raccolta	50
13	SISTEMA BESS.....	52

Indice delle figure

Figura 3-1: Sezione di posa 1A su strada asfaltata. Per maggiori dettagli riferirsi all'elaborato 'LUR.66.00 - Tipico di posa cavidotti e risoluzione delle interferenze.....	8
Figura 4-1: Pianta fondazione trasformatore.....	27
Figura 4-2: Sezione fondazione trasformatore.....	27
Figura 8-1: Area cantiere 1.	38
Figura 8-2: Aree cantiere 2.	39
Figura 8-3: Area cantiere 3.	39
Figura 9-1: Sezioni di posa cavidotti su strada di progetto.	43
Figura 9-2: Sezioni di posa cavidotti su strada asfaltata.	44
Figura 10-1: Schema di aerogeneratore.	47

1 CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Il presente elaborato costituisce il disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici per il nuovo impianto eolico denominato "Luras" e illustra i contenuti prestazionali degli elementi costruttivi presenti nel progetto.

La relazione è suddivisa in capitoli come di seguito indicato:

- Il capitolo 2 riguarda la realizzazione di piazzole, viabilità e l'esecuzione di scavi e rinterrì;
- Il capitolo 3 riguarda la realizzazione di opere in calcestruzzo;
- Il capitolo 4 riguarda l'impiego di armature in acciaio;
- Il capitolo 5 riguarda le opere di drenaggio;
- Il capitolo 6 riguarda l'utilizzo di materiali geosintetici;
- Il capitolo 7 riguarda l'area di cantiere;
- I capitoli successivi riguardano gli elementi elettrici ed elettromeccanici: il
 - Il capitolo 8 è dedicato ai cavidotti;
 - il capitolo 9 all'aerogeneratore;
 - il capitolo 10 al sistema di controllo;
 - il capitolo 11 all'impianto di terra;
 - Il capitolo 12 alla sottostazione utente;
 - Il capitolo 13 al sistema BESS.

Per informazioni dettagliate riguardo al proponente dell'iniziativa e il progetto proposto, si rimanda all'elaborato "LUR.00 - Presentazione del proponente e dell'iniziativa".

2 PIAZZOLE, SCAVI, RINTERRI E VIABILITÀ

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi alla esecuzione delle piazzole, della viabilità di impianto, delle opere di scavo e rinterro relative ai cavidotti, alla realizzazione alla sottostazione utente a servizio dell'impianto eolico in oggetto e infine del sistema BESS.

Le attività in oggetto comprendono, oltre che la costruzione, anche la necessaria manutenzione ordinaria e straordinaria di piste, piazzole e vie cavo, fino all'ultimazione dei lavori di installazione dell'impianto eolico e la smobilitazione del cantiere.

Sono altresì comprese tutte le necessarie opere d'arte di salvaguardia geomorfologica ed idrogeologica eseguite per la formazione di piazzole, strade di servizio (cunette, canali di scolo, fossi di guardia, tubi di attraversamento, pozzetti, opere di contenimento) e qualunque altro intervento si renda necessario alla messa in sicurezza dei luoghi oggetto dei suddetti interventi (recinzioni, segnaletica, barriere di segnalazione e sicurezza).

2.1 PIAZZOLE AEROGENERATORI

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore è prevista la realizzazione di una piazzola con superficie pressoché piana o in debole pendenza verso il perimetro (1-2%) della stessa in direzione dei canali di scolo delle acque piovane. Tale piazzola avrà dimensioni variabili in funzione delle caratteristiche del sito di installazione di ogni singolo aerogeneratore, poiché si è cercato di conciliare la progettazione alle esigenze di bilanciamento dei volumi di scavi e riporti e della limitazione delle interferenze con l'ambiente sito specifico.

Funzione principale dell'area in oggetto sarà lo stazionamento dei mezzi necessari al sollevamento delle componenti dell'aerogeneratore; durante l'esercizio dell'impianto, una parte di tali piazzole sarà mantenuta al fine di permettere lo svolgimento delle operazioni di manutenzione.

La piazzola sarà realizzata mediante scotico del terreno vegetale per uno spessore minimo di 30 cm, comprensivo dell'estirpazione di eventuali ceppaie, radici e arbusti che, saranno movimentati e accatastati in luogo opportuno. Anche il terreno di scotico, se ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori (D.L.) potrà essere accatastato nell'ambito del cantiere in modo da poter contribuire alla formazione delle scarpate artificiali, al riempimento delle vie cavo e alla formazione di rilevati. Successivamente saranno effettuati gli scavi di sbancamento in terra o roccia a sezione libera ed il materiale di risulta sarà selezionato e riutilizzato per il livellamento della piazzola fino alla quota di progetto. Prima della realizzazione del sottofondo della piazzola dovrà essere effettuata una compattazione del materiale movimentato.

Il fondo della piazzola sarà realizzato con misto di cava secco e parzialmente frantumato (sabbia grossa e ghiaia) con compattazione eseguita a strati successivi.

La D.L. potrà prescrivere la posa di uno strato drenante/anticapillare realizzato con materiale compattato avvolto in geotessile. In tale caso si intende che la posa di suddetto materiale è inclusa nelle attività. La piattaforma così realizzata dovrà essere in grado di sostenere una pressione al di sotto delle piastre di distribuzione dei carichi delle gru di sollevamento variabile in funzione delle caratteristiche degli aerogeneratori in progetto.

Al termine del montaggio degli aerogeneratori, per tutta la durata della gestione dell'impianto, l'area attorno all'aerogeneratore, per una superficie pari a quella indicata come piazzola definitiva nell'elaborato *LUR.13 - Tipico piazzole aerogeneratore*, dovrà rimanere carrabile per permettere l'ordinaria manutenzione all'interno degli aerogeneratori, mentre la restante area della piazzola verrà ricoperta con circa 30 cm di terra vegetale, rinverdita e rivegetata, al fine di consentire le eventuali operazioni di manutenzione straordinaria dell'aerogeneratore che necessitano dell'utilizzo della gru.

All'interno dell'area interessata dalla piazzola, troverà collocazione la torre di sostegno dell'aerogeneratore con la relativa fondazione, i dispersori di terra e le necessarie vie cavo. Ad ultimazione del getto in calcestruzzo armato del plinto di fondazione, l'appaltatore effettuerà il riempimento dello scavo fino alla quota del sottofondo della piazzola o del piano di campagna con materiale derivante dagli scavi, previa la verifica dell'idoneità di quest'ultimo al riutilizzo, adeguatamente compattato.

2.2 SCAVI DI FONDAZIONE

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore dell'impianto eolico in progetto è prevista l'esecuzione di uno scavo atto ad accogliere il plinto di fondazione in terreno compatto. Lo scavo di fondazione fino alla profondità prevista potrà essere o del tipo in roccia sciolta (argilla, sabbia, ghiaia, pozzolana, lapillo, terreno vegetale e simili) oppure in roccia compatta (roccia da martellone e/o da mina), ed il materiale di risulta potrà essere selezionato e riutilizzato per il riempimento dello scavo, a seguito dell'esecuzione del plinto, fino alla quota di progetto, ovvero destinato a compenso per altre opere previste in progetto.

Si intende inclusa la profilatura delle scarpate derivanti dagli scavi di sbancamento e la demolizione e/o movimentazione di trovanti rocciosi.

I trovanti di roccia di volume superiore a 0,5 m³ devono essere ridotti di dimensione fino a consentirne il trasporto alla discarica, qualora non siano ritenuti idonei per il reimpiego.

Massi erratici rinvenuti all'interno dello scavo che non raggiungono il volume di 0,5 m³ non sono considerati trovanti.

Analogamente non sono considerati trovanti i blocchi di roccia, di volume anche superiore a 0,5 m³, derivanti da eventuali precedenti operazioni di frantumazione meccanica di banchi di roccia.

Come indicato nel precedente paragrafo, a seguito della realizzazione della fondazione in c.a., l'appaltatore effettuerà il riempimento dello scavo fino alla quota del sottofondo della piazzola con materiale proveniente dagli scavi, adeguatamente compattato e rifinito con la realizzazione del fondo come sopra descritto.

Comunque, se sarà necessario, a protezione degli operatori, saranno adottate idonee sbadacchiature e puntellature in legname o altro materiale che dovranno realizzarsi con tavoloni e puntelli di adeguata sezione, nel rispetto delle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni. Esse saranno mantenute in buono stato fino all'esecuzione dei casseri per il getto di calcestruzzo.

È inoltre necessario mettere in atto le iniziative volte ad evitare scoscendimenti o smottamenti e frane: l'Appaltatore è responsabile per la sicurezza dei versanti e per la rimozione di eventuale materiale franato. L'Appaltatore dovrà inoltre mantenere asciutte le aree oggetto di scavo ed evitare il ristagno di acqua negli scavi stessi.

2.3 SCAVI PER VIE CAVO

Il trasporto di energia avverrà tramite cavi unipolari con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene di tipo XLPE, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di alluminio e rivestimento esterno in poliolefine tipo DMZ1, aventi sigla ARE4H5E tensione di isolamento 18/30 kV mentre la trasmissione dei segnali tra gli aerogeneratori avverrà attraverso l'uso di vie cavo interrato in HDPE.

Lo scavo, dove verranno posati sia i cavidotti sia i cavi adibiti alla trasmissione dei segnali, avrà larghezza variabile in funzione dei cavi, del numero di cavidotti e tubi corrugati che si intende posare ed una profondità pari a circa 1,2 m dal piano campagna. Si intendono compresi giunzioni, curve, manicotti, cavallotti di fissaggio ecc., da porsi in opera conformemente alle norme tecniche vigenti in materia (Norma CEI 11-17).

Lo scavo a sezione obbligata sarà eseguito in terreni sciolti o roccia frantumata o compatta e dovrà seguire i percorsi individuati nel progetto definitivo e/o esecutivo e confermati dalla D.L.

Il fondo dello scavo sarà adeguatamente pulito da roccia frantumata e sostanze organiche, nonché liberato da eventuali accumuli o ristagni di acqua prima della posa degli stessi cavi.

I cavi saranno posati all'interno di uno strato di sabbia vagliata avente spessore di 30 cm circa, e successivamente rinfiancati con materiali provenienti dagli scavi (previa rimozione degli inerti a maggiore granulometria) compreso il livellamento ed il costipamento degli stessi sino al ricoprimento dello scavo.

Tali materiali saranno posti in opera per strati successivi adeguatamente compattati; nei tratti di cavidotto su terreno vegetale l'ultimo strato sarà composto dallo stesso terreno vegetale. La posa dei cavidotti include l'onere delle giunzioni che, saranno realizzate entro buche di dimensioni tali da consentire l'agevole operatività degli addetti e per le quali saranno predisposti appositi elementi in resina per la protezione meccanica dei cavi. Per la successiva individuazione delle giunzioni le stesse verranno segnalate con le Ball Marker e/o eventuali cippi di segnalazione in CLS secondo le indicazioni della D.L.

Infine, ad una profondità di 40 cm circa dal piano di campagna, sarà posato un nastro monitor riportante la dicitura "cavi elettrici" o simile, lungo tutto il percorso delle vie cavo. Tutte le lavorazioni dovranno rispettare quanto previsto nel progetto definitivo e/o esecutivo e dovranno essere approvate dal D.L., così come l'eventuale riutilizzo dei materiali e la consistenza dei materiali impiegati per rinterrati.

Al fine di meglio chiarire come verranno eseguite le attività oggetto del presente paragrafo, di seguito viene mostrato un esempio di tipico di scavo per via cavo.

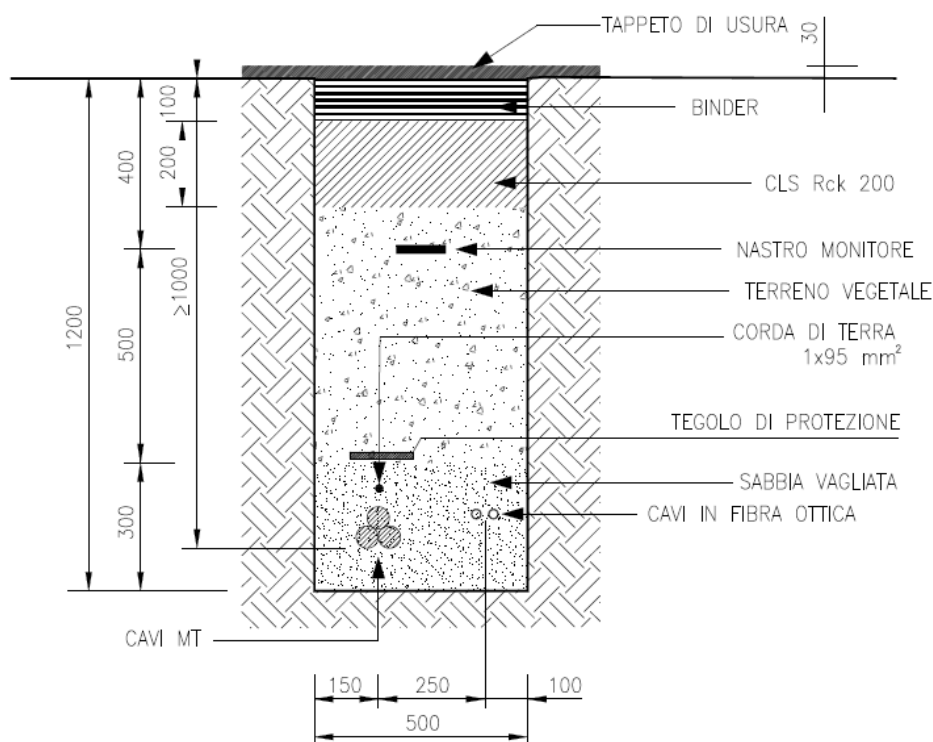


Figura 2-1: Sezione di posa 1A su strada asfaltata. Per maggiori dettagli riferirsi all'elaborato 'LUR.66.00 - Tipico di posa cavidotti e risoluzione delle interferenze.

2.4 RINTERRI

Gli scavi che non sono occupati da strutture o rinfianchi di sorta, ad opera ultimata devono essere riempiti fino alla quota prevista dagli elaborati di progetto, utilizzando i materiali provenienti dagli

scavi, se 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.

I rinterri si distinguono in:

- **Rinterri con compattazione.** Tale attività prevede la posa e compattazione del terreno in strati in uno scavo, in accordo con quanto riportato nei paragrafi precedenti, con idonei materiali di scavo o materiali di cava forniti dall'Appaltatore e in conformità alla normativa vigente, agli standard applicabili, o come definito dal proponente in fase di progettazione esecutiva.
- **Rinterri senza compattazione.** Questa attività prevede il posizionamento del terreno riempiendo un'area scavata senza compattazione e lasciandola stabilizzare sul proprio peso. Lo scarico dei materiali deve avvenire in modo da evitare fratture nel suolo sottostante. La differenza di elevazione tra le aree di lavoro adiacenti e la pendenza di riempimento devono essere in accordo alla normativa vigente, dagli standard applicabili e di quanto concordato con il proponente in fase di progettazione esecutiva.
- **Rinterri di scavi precedenti (backfilling).** Questa attività riguarda il posizionamento e la compattazione del terreno in strati per ripristinare l'area scavata secondo quanto stabilito nella documentazione progettuale. Il materiale per il riempimento può essere lo stesso di quello scavato purché soddisfatti i requisiti di progettazione come da normativa vigente, dagli standard applicabili e di quanto concordato con il proponente. In fase di progettazione esecutiva i controlli del materiale di riempimento devono essere eseguiti in conformità con la documentazione di progetto o come richiesto dal proponente. Per le fondazioni di turbine eoliche, la compattazione sulle fondazioni deve essere eseguita dopo 7 giorni dal getto del calcestruzzo o una volta raggiunto il 70% della resistenza a compressione del calcestruzzo.

2.5 VIABILITÀ INTERNA

La viabilità interna all'impianto eolico sarà costituita da viabilità realizzata ex-novo o da viabilità esistente che, pertanto, dovrà essere oggetto di ammodernamento.

La viabilità esistente sarà oggetto di interventi di manutenzione straordinaria in maniera da consentire l'agevole accesso dei mezzi d'opera; ove necessario dovrà essere integrata da nuovi tratti di viabilità di servizio in maniera da assicurare l'agevole accesso alle piazzole degli aerogeneratori.

Per l'esecuzione dei nuovi tratti di viabilità interna e per l'allargamento della viabilità esistente si effettuerà uno scotico del terreno vegetale che, se ritenuto idoneo dal D.L., potrà essere accatastato nell'ambito di tutto il cantiere (identificato con la realizzazione di tutto il parco eolico) in maniera da contribuire alla formazione delle scarpate artificiali ove necessarie.

Successivamente, ove necessario, saranno effettuati gli scavi di sbancamento in terreno o in roccia frantumata necessari per realizzare il sottofondo stradale. Il materiale di risulta sarà selezionato e riutilizzato per il livellamento delle strade stesse nell'ambito di tutto il cantiere. Il sottofondo sarà quindi adeguatamente compattato con rullo statico e livellato con pendenza trasversale dell'1- 2% a partire dal margine stradale verso i canali di scolo che saranno eseguiti su entrambe i lati della carreggiata mediante scavo a sezione ristretta.

Il sottofondo relativo ai nuovi tratti di viabilità interna e all'allargamento della viabilità esistente sarà realizzato con misto di cava secco e parzialmente frantumato (sabbia grossa e ciottoli) stabilizzato con legante naturale, con compattazione per strati successivi, compresa l'eventuale fornitura dei materiali di apporto o la vagliatura per raggiungere la idonea granulometria.

Ove in buone condizioni il fondo della viabilità esistente sarà mantenuto, salvo essere trattato come un tratto di viabilità nuova su indicazioni della D.L.

Su richiesta della D.L., per punti circoscritti della viabilità di progetto o esistente da ammodernarsi, oggetto di più transiti, la parte superiore delle piste potrà essere rifinita innanzitutto con materiale idoneo di recupero degli scavi oppure da uno strato di usura in misto di cava stabilizzato e livellato, compresa l'eventuale fornitura dei materiali di apporto o la vagliatura per raggiungere la idonea granulometria. Eventuali rilevati dovranno essere realizzati utilizzando il materiale idoneo di recupero degli scavi ovvero utilizzando materiale arido fornito franco cantiere, steso a strati e compattato con rullo statico, prevedendo altresì la profilatura delle scarpate e dei bordi dei rilevati stessi.

La D.L. potrà prescrivere con idoneo preavviso l'esecuzione di piste più larghe, rispetto a quelle in progetto.

2.6 CONTROLLI

Tutte le lavorazioni dovranno rispettare quanto previsto nel progetto definitivo e/o esecutivo e dovranno essere approvate dal D.L. così come il riutilizzo dei materiali e la consistenza dei materiali impiegati per rinterri, rilevati ecc. Particolare attenzione dovrà essere posta al contenuto d'acqua del materiale da compattare. In caso di presenza di materiale di risulta ad alto contenuto d'acqua, la D.L. potrà prescrivere la sospensione delle attività di rinterro o di esecuzione dei rilevati fino all'essiccamento del materiale stesso, oppure il miscelamento con materiale arido.

Durante l'esecuzione delle lavorazioni la D.L. potrà altresì disporre prove di carico su piastra, ovvero rullatura e compattazione secondo modalità diverse da quanto sopra indicato, al fine di verificare il grado di resistenza e/o consistenza del rilevato.

3 OPERE IN CALCESTRUZZO

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi all'esecuzione delle fondazioni di sostegno dei seguenti componenti:

- Aerogeneratori;
- Cabina sottostazione;
- Trasformatore sottostazione;
- Inverter e batterie del sistema BESS.

Sono comprese nell'appalto tutte le necessarie opere d'arte di salvaguardia geomorfologica ed idrologica eseguite per la realizzazione delle fondazioni e ogni intervento necessario per la messa in sicurezza dei luoghi oggetto degli interventi.

3.1 SPECIFICHE RELATIVE ALLA FORNITURA DEL CALCESTRUZZO

Nel seguito viene descritta la specifica cui l'appaltatore dovrà attenersi nell'esecuzione dei lavori relativi al presente progetto.

Il trasporto del calcestruzzo dal luogo del confezionamento a quello d'impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi e attrezzature idonee a evitare la segregazione dei costituenti l'impasto o il deterioramento dello stesso. Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- la data e le ore di partenza dall'impianto, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di resistenza caratteristica;
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- il tipo, la classe e, ove specificato nell'ordine di fornitura, il contenuto di cemento;
- il rapporto a/c teorico;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi nominali trasportati.

A richiesta il personale dell'Appaltatore dovrà esibire detti documenti agli incaricati del Direttore dei Lavori. Comunque, alla fine di ogni getto, copia di detta documentazione dovrà essere consegnata al D.L. o al suo incaricato.

L'Appaltatore dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare la struttura cui ciascun carico è stato destinato. La consistenza dell'impasto dovrà essere controllata contestualmente a ogni prelievo di materiale per le prove di resistenza, di massa volumica e del rapporto a/c. Tutte le prove dovranno essere eseguite sullo stesso materiale di prelievo, in contraddittorio tra le parti interessate alla fornitura.

3.2 SPECIFICHE RELATIVE ALLA POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

La posa in opera del calcestruzzo comprende le operazioni di movimentazione e getto del materiale nelle apposite casseforme. Per assicurare la migliore riuscita del getto, si eseguiranno una serie di verifiche preventive, oltreché sulle casseforme e i ferri d'armatura, anche sull'organizzazione e l'esecuzione delle operazioni di getto, di protezione e di stagionatura del calcestruzzo.

Per la movimentazione del calcestruzzo dal mezzo di trasporto al punto di messa in opera sarà utilizzata la pompa. All'estremità della tubazione metallica di pompaggio sarà inserito un tubo atto a facilitare la distribuzione del calcestruzzo entro le casseforme. Si dovrà evitare, tuttavia, di sottoporre la tubazione flessibile a curve strette, ponendo attenzione ai possibili repentini scuotimenti dovuti ad aumenti della pressione di pompaggio. Per evitare pericolose espulsioni di calcestruzzo dovute a cedimenti delle tubazioni in pressione, dovrà essere verificato sistematicamente lo stato delle stesse e, in modo particolare, il loro stato di usura, nonché il corretto fissaggio degli elementi di congiunzione. Prima di iniziare il pompaggio, la superficie interna della tubazione dovrà essere lubrificata con boiacca cementizia o apposito additivo compatibile con il calcestruzzo. Affinché l'operazione di pompaggio possa procedere in modo soddisfacente, l'impasto dovrà essere alimentato in modo continuo così che il calcestruzzo risulti uniforme, di buona qualità, omogeneamente mescolato e correttamente dosato, con aggregati di adeguato assortimento granulometrico. Nel caso in cui, a seguito delle esigenze di posa in opera, sia necessario interrompere il pompaggio, per impedirne l'intasamento, l'operatore della pompa dovrà operare brevi ed alterni movimenti di spinta ed aspirazione del calcestruzzo; ove tale interruzione si protragga oltre 10÷20 minuti, in relazione alla temperatura dell'ambiente, sarà necessario effettuare la pulizia del sistema. La pompa dovrà essere disposta, specialmente in condizioni di clima caldo, il più possibile prossima al sito di messa in opera. Il mezzo idoneo allo scarico deve essere scelto tenendo in considerazione le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco, la distanza tra il punto d'arrivo del mezzo e quello di getto, le condizioni climatiche, la conformazione delle casseforme e del cantiere, le attrezzature di compattazione disponibili e la velocità d'avanzamento prevista.

Nel caso di calcestruzzo pompato, la consistenza dovrà essere misurata prima dell'immissione del materiale nel getto.

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori abbia verificato:

- preparazione e rettifica dei piani di posa;

- pulizia delle casseforme;
- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e dei copriferri;
- posizione delle eventuali vie cavi corrugate;
- posizione degli inserti (concio di fondazione, giunti, ecc.).

Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

La geometria delle casseforme dovrà risultare conforme ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive. In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento; in tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immediato ripristino. Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti, mentre, i ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo.

Salvo specifica autorizzazione del Direttore dei Lavori, è esclusa la possibilità di qualunque aggiunta d'acqua al calcestruzzo al momento del getto. Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione.

Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali di spessore, misurato dopo la vibrazione, comunque non maggiore di 50 cm. È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere compattato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso.

Il calcestruzzo dovrà essere compattato fino ad incipiente rifluimento della malta, in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze. Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti. Per getti in pendenza dovranno essere predisposti cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua l'Appaltatore dovrà:

- adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento o alla deviazione dell'acqua o, in alternativa, adottare per l'esecuzione dei getti miscele con caratteristiche antidilavamento preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori.

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione.

Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di effettuare la ripresa, la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di speciali adesivi per riprese di getto.

Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua.

Il clima si definisce freddo quando la temperatura dell'aria è minore di + 5°C: in tal caso valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981. La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di + 5 °C. Prima del getto ci si dovrà assicurare che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo siano a temperatura di alcuni gradi sopra lo zero. La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dai casseri, dalle armature e dal sottofondo e, per evitare il congelamento, tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto.

I getti all'esterno dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di - 5°C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o nel caso vengano predisposti opportuni accorgimenti, approvati dal Direttore dei Lavori. Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi. Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del Calcestruzzo e dell'ambiente.

Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, conformi alle norme UNI EN 934

preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori. Il calcestruzzo dovrà essere compattato in modo da assicurare che una eventuale carota estratta dal getto in opera presenti una massa volumica non inferiore al 97% della massa volumica del calcestruzzo compattato a rifiuto prelevato per la preparazione dei provini cubici o cilindrici in corso d'opera. Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 3 giorni dal getto e comunque per il tempo necessario, in funzione delle varie condizioni ambientali.

La durata del periodo di stagionatura sarà valutata in funzione delle condizioni ambientali e meteorologiche in cui avviene; per il magrone di sottofondazione dovrà essere pari ad almeno 2 giorni (48 ore) prima della posa del concio di fondazione. Il calcestruzzo sarà gettato in opera per livelli successivi aventi spessore di circa 20 ÷ 30 cm con l'ausilio di vibratori (almeno un vibratore per 10 m³/h di getto) e da personale qualificato. Ogni strato di calcestruzzo fresco dovrà saldarsi con quello sottostante, pertanto, nel corso della compattazione, il vibratore sarà immerso per ca. 15 ÷ 20 cm nella massa di cls per essere ritirato lentamente in modo che il cemento si fonda e il foro creatosi si richiuda rapidamente. Fra uno strato di cls ed il successivo sarà opportuno attendere circa un'ora per permettere la perfetta ricompattazione della massa.

Particolare attenzione sarà posta nell'esecuzione del getto a ridosso del concio di fondazione avendo cura di verificare la perfetta aderenza fra lo stesso e la massa di cls.

3.3 CASSEFORME

Le casseforme dovranno essere rigide e a perfetta tenuta, per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia. Nel caso di cassetta a perdere inglobata nell'opera si dovrà verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa per l'estetica o la durabilità, o se è elemento accessorio. I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano comunque pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo indurito. Si dovrà far uso di prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866, disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie a vista del calcestruzzo. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto. È vietato usare come disarmanti lubrificanti di varia natura o oli esausti.

Se sono impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo o sotto forma di emulsioni pastose in quantità controllata; la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

I giunti tra gli elementi di cassaforma dovranno essere realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature. Se prescritto nel progetto, tali giunti dovranno essere evidenziati e le riprese del getto sulla faccia a vista dovranno essere realizzate

secondo linee rette; dovranno eventualmente essere marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm.

I dispositivi che mantengono in posizione i casseri, quando attraversano il calcestruzzo, non dovranno risultare dannosi a quest'ultimo. Gli elementi dei casseri saranno fissati nella posizione prevista unicamente mediante fili metallici liberi di scorrere entro tubi di pvc stabilizzato o simili che dovranno rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo e siglati in entrambe le estremità con tappi a tenuta.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare l'adozione di altri sistemi di fissaggio dei casseri, se proposti dal Progettista, prescrivendo le cautele da adottare a totale carico dell'Appaltatore. È vietato l'utilizzo di fili o fascette d'acciaio inglobati nel getto. È vietato l'impiego di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi distanziatori non deformabili in plastica, ma ovunque possibile dovranno essere usati quelli in malta o pasta cementizia. La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma dovrà essere la più piccola possibile e tale da garantire il copriferro previsto nel progetto.

L'Appaltatore avrà l'onere di predisporre durante l'esecuzione dei lavori tutti i fori, tracce, cavità e incassature previsti negli elaborati costruttivi per permettere la successiva posa in opera di apparecchi accessori quali: giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, conci di fondazione ecc. Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le resistenze indicate dal Progettista e comunque non prima dei tempi indicati nei decreti attuativi della Legge n° 1086. Eventuali irregolarità o sbavature di calcestruzzo o pasta cementizia, dovute anche a modeste perdite dai giunti dei casseri, qualora ritenute non tollerabili dal Direttore dei Lavori, dovranno essere asportate mediante bocciardatura; i punti difettosi dovranno essere ripristinati, immediatamente dopo il controllo del Direttore dei Lavori.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti dovranno essere tagliati almeno 10 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione. Dopo la scasseratura dovranno essere adottati i provvedimenti previsti del presente capitolato al fine di evitare il rapido essiccamento delle superfici ed il loro brusco raffreddamento. Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme:

- il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe;
- la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava e avere granulometria e composizione costante;
- il contenuto d'acqua e la classe di consistenza delle miscele di calcestruzzo dovranno rientrare strettamente nei limiti fissati dal Progettista;

- si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'Appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.

Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse. Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica. Si dovranno evitare macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; prendendo i dovuti provvedimenti per evitare che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

3.4 STAGIONATURA DEL CALESTRUZZO

Per stagionatura si intende l'insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente e durevole.

I metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire:

- la prescritta resistenza e durabilità del calcestruzzo indurito;
- la limitazione della formazione di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

Nella Tabella 1 sono riportate le durate minime di stagionatura, in giorni, per strutture esposte nelle classi di esposizione X0, XC4 e XF3:

Tabella 1: Durata minima della stagionatura protetta (giorni)

Velocità di sviluppo	Rapido			Medio			Lento		
Temperatura di calcestruzzo (°C)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Condizioni ambientali durante la stagionatura									
I) Non esposto ad insolazione diretta; Umidità relativa UR dell'aria circostante 80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
II) Insolazione diretta media o vento di media velocità o UR >50%	4	3	2	6	4	3	8	5	4

III) Insolazione intensa o vento di forte velocità o UR <50%	4	3	2	8	6	5	10	8	5
--	---	---	---	---	---	---	----	---	---

La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo è indicata in Tabella 2.

Tabella 2: Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo

Velocità di sviluppo della resistenza	Rapporto a/c	Classe di resistenza del cemento
Rapida	$\leq 0,45$	42,5 R
Media	$\leq 0,55$	42,5 R 32,5 R – 42,5 N
Lenta	$\leq 0,60$	32,5 N
Molto lenta	In tutti gli altri casi	

Le durate di stagionatura di Tabella 1 dovranno essere adeguatamente aumentate per condizioni ambientali più gravose di quelle corrispondenti alle classi X0, XC4 e XF3. Le indicazioni sopra riportate relative alle condizioni di stagionatura per conseguire una adeguata impermeabilità dello strato superficiale non prendono in considerazione gli aspetti della sicurezza strutturale in relazione ai quali potrà essere stabilito un tempo minimo di stagionatura per raggiungere la resistenza voluta alla rimozione dei casseri. Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell'aria con valori minori di 5°C o maggiori di 35°C, l'Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti. Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 48 ore dopo il getto mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo conformi alle norme UNI ovvero continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi. Qualora il prodotto filmogeno venga applicato su una superficie di ripresa, prima di eseguire il successivo getto si dovrà procedere a ravvivare la superficie. Durante il periodo di stagionatura protetta si dovrà evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. I metodi di stagionatura proposti dal Progettista dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei Lavori.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero.

Anche se non è possibile stabilire esatti limiti per le differenze di temperatura accettabili nelle sezioni trasversali in fase di indurimento, poiché esse dipendono dalla composizione dell'impasto, dalle

caratteristiche di sviluppo della resistenza, dalla forma geometrica dell'elemento strutturale e dalla velocità con la quale il manufatto, dopo la rimozione dei casseri, raggiunge l'equilibrio termico con l'ambiente, per limitare le tensioni di origine termica dovranno essere rispettati i limiti seguenti:

- una differenza massima di 20°C sulla sezione durante il raffreddamento dopo la rimozione dei casseri;
- una differenza massima di 15°C attraverso i giunti di costruzione e per strutture con sezioni di dimensioni molto variabili.

La maturazione accelerata con trattamento termico dei calcestruzzi gettati in opera è normalmente esclusa; essa sarà permessa solo qualora siano state condotte indagini sperimentali sul tipo di trattamento termico che si intende adottare.

Dovranno comunque essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la durata di pre-stagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non dovrà essere minore di tre ore (in genere dalle 4 alle 5 ore);
- i gradienti termici non dovranno superare il valore di 20°C/ora durante il riscaldamento e 10 °C/ora durante il raffreddamento; essi dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
- la temperatura all'interno del calcestruzzo non dovrà superare in media i 60 °C, con valore puntuale massimo non superiore a 65°C;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del calcestruzzo e quella alla superficie non dovrà superare 20 °C;
- durante tutta la procedura di maturazione forzata e durante il raffreddamento il calcestruzzo sarà protetto contro le perdite di umidità.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termoigrometriche della struttura, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6127.

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento.

La superficie esterna dei getti in calcestruzzo dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza sia ai fini della durabilità che dell'aspetto estetico dell'opera. Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati in precedenza.

3.5 TIPOLOGIA STRUTTURALE E CLASSIFICAZIONE CALCESTRUZZO DA FORNIRE

L'appaltatore dovrà eseguire o far eseguire le prove e i controlli previsti dalle norme tecniche applicabili, nonché dalla presente specifica, così come quelli integrativi richiesti dalla D.L. o dal Collaudatore in base a motivate esigenze tecniche.

Le prove saranno normalmente eseguite in contraddittorio tra le parti interessate alla fornitura. Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione di quanto sopra descritto si intendono compresi nelle voci di capitolato.

3.6 PLINTO DI FONDAZIONE

3.6.1 CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il getto di magrone posto al fine di realizzare il piano di posa dei plinti è realizzato con calcestruzzo di classe di resistenza C12/15 che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E_{cm} = 27000 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.20;$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa};$$

$$f_{cd} = 6.8 \text{ MPa } (0.85f_{ck}/1.5)$$

Il calcestruzzo previsto per la realizzazione del basamento di fondazione è di classe di resistenza C32/40 che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E_{cm} = 33300 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.20;$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$f_{ck} = 32 \text{ MPa};$$

$$f_{cd} = 18.13 \text{ MPa } (=0.85f_{ck}/1.5)$$

Classe di consistenza: S4 (slump tra 16 e 21 cm)

Classe di esposizione: XC4 (Bagnato, raramente asciutto)

Dimensione massima aggregati: 20 mm

Il calcestruzzo previsto per la realizzazione del colletto del plinto di fondazione è di classe di resistenza C35/45 che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$E_{cm} = 34077 \text{ MPa}$;

$\nu = 0.20$;

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$;

$f_{cd} = 19.83 \text{ MPa} (=0.85f_{ck}/1.5)$

Classe di consistenza: S4 (slump tra 16 e 21 cm)

Classe di esposizione: XC4 (Bagnato, raramente asciutto)

Dimensione massima aggregati: 20 mm

Le caratteristiche sopra elencate verranno rivalutate nuovamente in fase di progettazione esecutiva.

3.6.2 CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI DEL CALCESTRUZZO

Cemento

I cementi prescritti devono essere conformi alla UNI-EN 197/1, controllati e certificati secondo la normativa vigente.

Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo devono risultare conformi alle caratteristiche previste dalla norma UNI 8520 parte 2. Per la struttura in oggetto si dovranno impiegare aggregati naturali o frantumati con diametro massimo secondo le indicazioni del progetto esecutivo. Le classi granulometriche dovranno essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Acqua

L'acqua dell'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma UNI EN 1008.

Additivi

Gli additivi dovranno essere conformi a quanto prescritto dalla norma UNI 7101. In fase esecutiva si potrà prescrivere l'impiego di Additivo Superfluidificante.

3.6.3 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto, secondo le disposizioni tecniche di cui all'All. 2 del D.M. 09/01/96 e ss.mm.ii.

Qualora le variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, è obbligo del Direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee al momento della posa in opera nei casseri ed è costituito da due provini; la media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo".

In funzione del quantitativo di conglomerato accettato, si distinguono:

- controlli tipo A;
- controlli tipo B.

CONTROLLO TIPO A

È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Premesso che R_c è il valore di resistenza di prelievo, ovvero il valore medio fra i valori di resistenza dei due provini di uno stesso prelievo, il Controllo di Tipo A è ritenuto accettabile se, per un numero di prelievi uguale a 3, sono verificate entrambe le disuguaglianze:

1. $R_{c,\min} \geq R_{ck} - 3,5$;
2. $R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$;

dove:

- $R_{c,\min}$ è il valore di resistenza di prelievo R_c minore fra i tre prelievi;
- R_{cm28} è il valore medio fra i tre valori di resistenza di prelievo; il termine 28 indica che i valori considerati sono quelli ottenuti da prove sui provini eseguite a 28 giorni di stagionatura;
- R_{ck} è il valore caratteristico di resistenza di progetto.

Nelle costruzioni con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

CONTROLLO TIPO B

Nelle costruzioni con più di 1500 m³ di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m³ di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m³.

Il Controllo di Tipo B è ritenuto accettabile se, per un numero di prelievi non minore di 15, sono verificate entrambe le disuguaglianze:

1. $R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$;
2. $R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48*s$;

dove s è lo scarto quadratico medio.

Qualora la quantità di miscela omogenea da impiegare nell'opera sia maggiore di 1500 m³, ai fini del controllo si consiglia la seguente procedura:

- 1) in prima fase, si esegue il controllo sul primo gruppo di 15 prelievi (30 provini);
- 2) successivamente, si esegue il controllo sul secondo gruppo di 15 prelievi;
- 3) contestualmente si esegue anche il controllo su tutti i prelievi disponibili (in questo caso 30);
- 4) si prosegue con la medesima procedura per i successivi gruppi di 15 prelievi, ovvero prima sull'ultimo gruppo di 15, poi sulla somma di tutti i precedenti;
- 5) qualora l'ultimo gruppo disponibile sia inferiore a 15 prelievi, questi si aggiungono al precedente gruppo.

I requisiti prestazionali più stringenti, adottati per i controlli di Tipo B, sono finalizzati a garantire la costanza prestazionale della miscela. In tal senso viene anche precisato che non possono essere accettati calcestruzzi con coefficiente di variazione (s/R_m) superiore a 0,3, dove s è lo scarto quadratico medio e R_m è la resistenza media dei prelievi (N/mm²). Inoltre, con coefficiente di variazione superiore a 0,15 saranno necessari controlli più accurati, integrati con prove complementari.

Il Direttore dei Lavori dovrà procedere direttamente al prelievo dei campioni necessari per le prove di accettazione che dovranno essere effettuate da laboratori accreditati. Il Laboratorio provvederà alla maturazione ed alla conservazione dei provini per la determinazione della resistenza a compressione allo scadere del tempo previsto dal Direttore dei Lavori, secondo quanto stabilito dalla norma EN 12390. Nel corso del prelievo dei provini sarà redatto apposito verbale e disposta l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali dovrà riportare espresso riferimento a tale verbale.

I certificati emessi dai laboratori dovranno obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e dati di emissione) su ciascuna pagina;
- l'identificazione del committente i lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

Per la preparazione e la stagionatura dei provini di conglomerato vale quanto indicato nella UNI 6127 così come revisionato dalle successive UNI EN 12390: "Prova sul calcestruzzo indurito".

In sintesi, dovranno rispettarsi le seguenti indicazioni:

- prelievo in cantiere al momento del getto;
- utilizzo di stampi di dimensioni e tolleranze specificate dalla UNI-EN 12390-1;
- riempimento degli stampi e compattazione degli stessi a rifiuto per l'eliminazione dell'aria nell'impasto;
- conservazione dei provini in ambiente a temperatura e umidità controllata ($T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; U.R. > 95 %); nel caso in cui il getto sia eseguito in periodo freddo, potrà essere opportuno, per

esigenze di cantiere, specificare un valore caratteristico a compressione su provini maturati a temperatura diversa da 20 °C;

- maturazione per 28 giorni (in accordo alla UNI-EN 12390-2);
- alla scadenza del periodo di maturazione effettuazione di prove di schiacciamento in accordo alla UNI-EN 12390-3 e 4.

Per quel che riguarda la centrale di betonaggio, l'appaltatore dovrà attenersi alla normativa tecnica applicabile (L. 1086/71, norme tecniche UNI EN 206-1 e UNI 11104).

3.7 PALI DI FONDAZIONE

Si ipotizza come tipologia di opera fondazionale, una fondazione di tipo indiretto, costituita da un plinto su pali.

Il calcestruzzo previsto per la realizzazione dei pali di fondazione è di classe di resistenza C25/30 che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$E_{cm} = 31500 \text{ MPa}$;

$\nu = 0.20$;

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$;

$f_{cd} = 14.17 \text{ MPa} (=0.85f_{ck}/1.5)$

Classe di consistenza: S5

Classe di esposizione: XC2

Dimensione massima aggregato: 20 mm

Le caratteristiche sopra elencate verranno rivalutate nuovamente in fase di progettazione esecutiva.

3.8 APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONE

3.8.1 CABINA SOTTOSTAZIONE

Gli apparecchi elettrici quali quadri elettrici, server, scada, UPS-batterie sono posizionati all'interno di una cabina prefabbricata in cls con vasca sottostante poggiante su una platea di dimensioni 21x11x0.3 m.

Il piano di imposta della fondazione è a quota -1.35 m dal piano campagna. Al di sotto della fondazione verrà posato uno strato di calcestruzzo magro di spessore pari a 0.10 m.

In fase esecutiva si provvederà a verificare ed eventualmente aggiornare il dimensionamento effettuato.

3.8.2 TRASFORMATORE

La fondazione del trasformatore ad olio è costituita da una platea di fondazione in calcestruzzo armato gettata in opera di dimensioni in pianta 10 x 7.3 m ed altezza 0.40 m. A distanza di 2.55 m dall'estremità della platea si predispongono due travi di base 0.60 m ed altezza 1.40 m sulle quali verranno installati i binari su cui poggerà il trasformatore. Si delimitano in questo modo tre vasche per la raccolta dell'olio che potrebbe fuoriuscire dal trasformatore. A chiusura delle vasche verrà posato un grigliato elettrosaldato ricoperto da ciottoli.

Il piano di imposta della fondazione è a quota -1.70 m dal piano campagna. La fondazione verrà realizzata in modo tale da emergere di soli 0.10 m al di fuori del piano di calpestio. Al di sotto della fondazione verrà posato uno strato di calcestruzzo magro di spessore pari a 0.10 m.

In fase esecutiva si provvederà a verificare ed eventualmente aggiornare il dimensionamento effettuato.

Di seguito si riporta una pianta e una sezione della fondazione.

PIANTA FONDAZIONE
SCALA 1:50

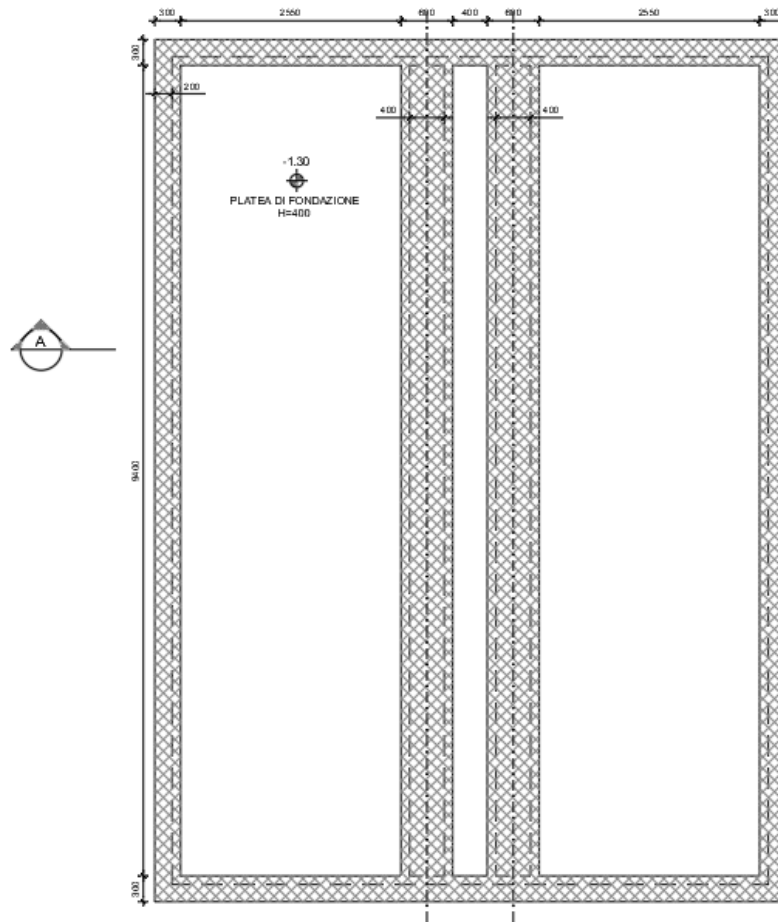


Figura 3-1: Pianta fondazione trasformatore.

SEZIONE A-A

SCALA 1:50

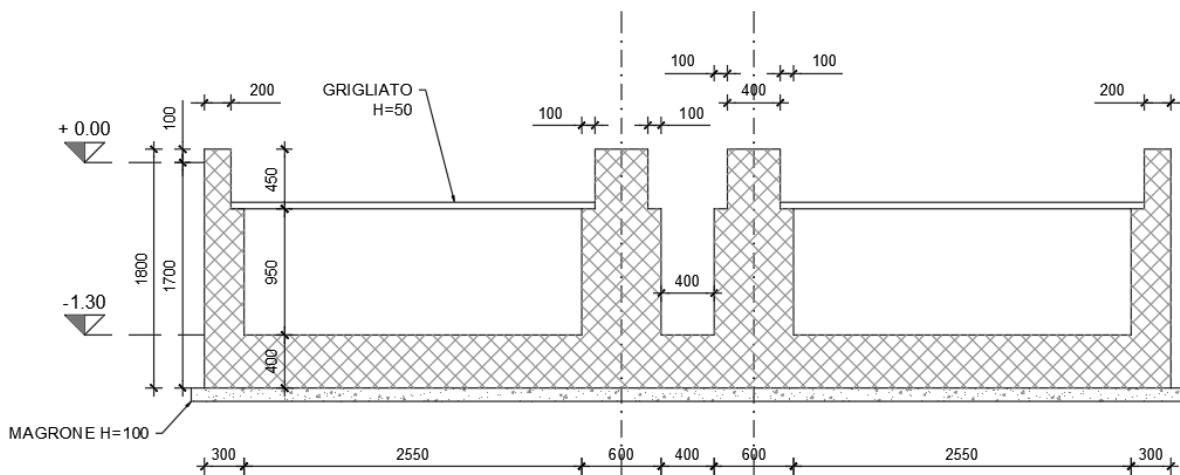


Figura 3-2: Sezione fondazione trasformatore.

3.8.3 CARATTERISTICHE DEL MAGRONE

Il getto di magrone posto al fine di realizzare il piano di posa dei plinti è realizzato con calcestruzzo di classe di resistenza C12/15 che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$E_{cm} = 27000 \text{ MPa}$;

$\nu = 0.20$;

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;

$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$;

$f_{cd} = 6.8 \text{ MPa} (0.85f_{ck}/1.5)$

3.8.4 CARATTERISTICHE DEL BASAMENTO

Il calcestruzzo previsto per la realizzazione del basamento di fondazione è di classe di resistenza C25/30 che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$E_{cm} = 31500 \text{ MPa}$;

$\nu = 0.20$;

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$;

$f_{cd} = 14.17 \text{ MPa} (=0.85f_{ck}/1.5)$

Classe di consistenza: S3

Classe di esposizione: XC2

Dimensione massima aggregato: 20 mm

3.8.5 CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI E CONTROLLI

Per quanto riguarda le caratteristiche dei costituenti del calcestruzzo e i controlli che dovranno essere effettuati, si rimanda ai contenuti proposti nei paragrafi analoghi relativi al plinto di fondazioni degli aerogeneratori, paragrafi 3.6.2 e 3.6.3

3.9 BESS - INVERTER E BATTERIE

Ciascun inverter è posizionato su una platea di dimensioni pari a 14x3.5x0.3m. In totale sono presenti 3 inverter. Ciascuna batteria è posizionata su una platea di dimensioni pari a 7x3.5x0.3m. In totale sono presenti 12 batterie.

Al di sotto della fondazione verrà posato uno strato di calcestruzzo magro di spessore pari a 0.10 m.

In fase esecutiva si provvederà a verificare ed eventualmente aggiornare il dimensionamento effettuato.

4 ARMATURE IN ACCIAIO

Per quel che riguarda l'esecuzione delle armature in acciaio, di cui sarà trasmessa idonea certificazione relativa ai controlli in stabilimento con marchio di identificazione, l'appaltatore dovrà attenersi alla normativa tecnica e disposizioni legislative applicabili (EN 100021, EN 10080, UNI 564, UNI 6407-69, D.M. 09/01/1996, D.M. 14/09/05).

L'appaltatore dovrà eseguire o far eseguire le prove e i controlli previsti dalle norme tecniche applicabili, così come quelli integrativi richiesti dalla D.L. o dal Collaudatore in base a motivate esigenze tecniche. Le prove saranno normalmente eseguite in contraddittorio tra le parti interessate alla fornitura.

4.1 CLASSIFICAZIONE DEGLI ACCIAI

L'acciaio impiegato per le armature di strutture in C.A. deve essere di tipo B450C controllato in stabilimento e presentare le seguenti caratteristiche:

$E = 210000 \text{ MPa}$;

$\nu = 0.30$;

$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$;

$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$;

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$;

$f_{uk} = 540 \text{ Mpa}$

Le caratteristiche sopra elencate verranno rivalutate nuovamente in fase di progettazione esecutiva.

4.2 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELL'ACCIAIO

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati entro 30 gg dalla data di consegna del materiale, a cura di un Laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. 380/2001.

Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare il riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato

deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

I valori minimi della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo con quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2 da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono i seguenti:

Tabella 3: Valori Limite di Accettazione.

Caratteristiche	Valore limite
fy nom	450 N/mm ²
ft nom	540 N/mm ²
Agt	$\geq 7,5\%$
Rottura/snervamento	$1,15 \geq (ft/ft_k) < 1,35$
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche

5 OPERE DI DRENAGGIO

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi alle opere di drenaggio da realizzarsi a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

Quale che sia la tipologia di opera di drenaggio in oggetto, è compito dell'Appaltatore assicurarsi che tale opera sia realizzata mediante materiali compatibili con il terreno in sito.

In generale, il sistema di drenaggio deve essere conforme alla normativa vigente e a quanto concordato con il proponente durante la fase di progettazione.

Di seguito le diverse opzioni di opere di drenaggio:

- **Opere di drenaggio verticali** – Dreni in sabbia. Si tratta di scarichi verticali costruiti con tecniche di palificazione mediante vibropiling ed estrazione di tubo/mandrino di rivestimento con l'intercapedine riempita simultaneamente con sabbia di dimensioni adeguate. Prima dell'installazione è necessario verificare la verticalità del mandrino. I mandrini che non rispettano le tolleranze verticali devono essere rimossi. Il mandrino deve essere estratto gradualmente per ottenere la corretta distribuzione del materiale drenante lungo l'asse verticale senza discontinuità.
- **Drenaggio superficiale.** La realizzazione del drenaggio superficiale consiste di quattro fasi: Scavi di trincee; Posizionamento di geotessile; Posizionamento tubo di drenaggio (ove applicabile); Riempimento della trincea.

L'efficienza dei sistemi di drenaggio deve essere verificata periodicamente agli impianti di scarico. Per drenare lo strato superficiale quando il fondo della trincea è già stato ricoperto di geotessili, può essere installato un tubo per raccogliere e convogliare l'acqua che defluisce in uscita. Le dimensioni del tubo di drenaggio devono essere conformi alla documentazione di progetto. Deve essere mantenuta la continuità della pendenza di scarico, senza contropendenze e / o sporgenze tra sbarre consecutive.

- **Fossi di drenaggio lato strada e bacini di raccolta.** Lungo le strade devono essere costruiti fossati di drenaggio e bacini di raccolta. L'Appaltatore dovrà soddisfare schemi, dimensioni, profili di sezione trasversale e tipi di materiali come da progetto. Per quanto riguarda la preparazione dei sottofondi e delle sezioni trasversali mediante rimozione del terriccio, attività generali di scavo e relativo smaltimento dei materiali del terreno di scavo, si deve far riferimento alle prescrizioni contenute nella sezione riguardante gli scavi e a quanto concordato con il proponente nella fase di progettazione esecutiva.
- **Tubi drenanti.** I tubi di drenaggio possono essere installati a coppie in un geotessile non tessuto che funge da filtro fabbricato, o prefabbricati dal produttore del tubo. Devono essere evitati danni durante il trasporto, il carico e lo scarico dei tubi di scarico in PVC. Questi devono poi

essere conservati al riparo dalla luce solare diretta in cantiere. Infine, l'installazione deve avvenire secondo i requisiti progettuali. La scelta della tipologia di tubo verrà effettuata in base alla normativa vigente e a quanto concordato con il proponente durante la fase esecutiva della progettazione. Infine, per quanto concerne la realizzazione degli scavi, la rimozione del materiale e lo smaltimento del terreno che non verrà riutilizzato, si rimanda al paragrafo contenente le prescrizioni sugli scavi.

6 MATERIALI GEOSINTETICI

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli eventuali materiali geosintetici utilizzabili a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

I materiali geosintetici devono essere consegnati in cantiere nella loro confezione originale con etichette, secondo le normative ASTM D4873 / EN ISO 10320 insieme alle schede tecniche del produttore indicanti le principali specifiche e le istruzioni per una corretta installazione.

Il proponente può richiedere certificati rilasciati da laboratori di prova autorizzati per confermare le proprietà fisiche, meccaniche, idrauliche e di durabilità dichiarate nelle schede tecniche. Il proponente può richiedere ulteriori test di laboratorio.

I materiali devono essere immagazzinati in cantiere nella loro confezione originale ed essere protetti dalle intemperie e deve essere evitata l'esposizione alla luce solare diretta.

Indipendentemente dal tipo di terreno, la superficie di contatto deve essere livellata senza ondulazioni che potrebbero danneggiare il geosintetico o produrre concentrazioni di sollecitazioni.

L'Appaltatore dovrà fornire le specifiche del materiale per l'approvazione del proponente prima di procedere con il lavoro.

6.1 GEOTESSUTI

I geotessili devono essere costituiti da tessuto in fibra di polipropilene (PP) o tessuto non tessuto in fibra di poliestere con fili continui uniti meccanicamente, senza l'utilizzo di adesivi o componenti chimici.

I materiali utilizzati dall'Appaltatore devono essere preventivamente approvati dal proponente sulla base di documentazione dettagliata e certificazione tecnica. I geotessili permeabili (tessuti e non tessuti) non devono decomporsi e devono essere atossici. Se vengono utilizzate fibre sintetiche, devono avere una buona resistenza alla temperatura, agli agenti chimici e ai raggi UV.

Il tipo, il materiale, il peso (massa per unità di superficie (peso)), le proprietà fisiche, meccaniche e idrauliche del materiale geotessile devono essere conformi alla documentazione progettuale.

La giunzione tra lastre di geotessile può essere ottenuta per sovrapposizione, cucitura o con strisce adesive, graffette (in ogni caso graffe antiruggine), collanti (incollaggio) o hot melt e legatura.

L'Appaltatore può unire le lastre per sovrapposizione se la continuità del geotessile è richiesta solo dal punto di vista idraulico e in condizioni di lavoro particolari (sottostrato omogeneo e scarsamente deformabile), oppure mediante cucitura quando è richiesta continuità meccanica o il terreno è altamente deformabile.

Il tipo di filo utilizzato e la lunghezza del punto devono essere compatibili con il tipo di geotessile e consentire prestazioni simili a quelle del geotessile integrale.

A seconda della funzione che il geotessile assumerà in sito, si concorderanno le proprietà minime che i materiali dovranno garantire, nel rispetto della normativa vigente e degli standard applicabili.

6.2 GEORETI

Per quanto riguarda le georeti la permeabilità nel piano e la capacità devono essere come da progetto. L'Appaltatore dovrà fornire al proponente le schede delle specifiche dei materiali con le proprietà di resistenza.

Le georeti devono essere fornite in rotoli o fogli piani e non devono decomporsi. Inoltre, le georeti devono essere atossiche, a prova di roditori e microrganismi, chimicamente inerti e stabili ai raggi ultravioletti (UV).

Le georeti installate a parete dovranno essere fissate con pistole sparachiodi o tasselli ad espansione mentre per fissarle al suolo dovranno essere utilizzati ancoraggi metallici.

Le specifiche delle georeti dovranno essere conformi alla normativa vigente, ai codici applicabili e a quanto concordato con il proponente nella fase esecutiva della progettazione.

6.3 GEOGRIGLIE

Nell'applicazione delle geogriglie, la giunzione tra due file deve essere parte integrante della struttura e non ottenuta tessendo o saldando singole file.

Le geogriglie non devono decomporsi e devono essere atossiche, resistenti ai roditori e ai microrganismi, chimicamente inerti e stabili ai raggi ultravioletti (UV).

Le geogriglie vengono tagliate per ottenere strisce della larghezza richiesta preservando l'integrità del materiale locale. Dispositivi specifici suggeriti dal produttore della geogriglia devono essere utilizzati per fissare le geogriglie al suolo.

Gli impieghi ammessi per le geogriglie sono come rinforzo per riempimenti di argini, dighe in terra, sezioni rocciose disgiunte, sezioni in calcestruzzo e costruzione di materassi per riempimenti su terreni organici e morbidi per aumentarne la stabilità.

Le geogriglie devono essere installate come da progetto. Se necessario, dovranno essere adeguatamente fissati ad altre strutture (gabbioni, pannelli prefabbricati, ecc.) E dovranno essere adeguatamente ancorate al suolo.

Allungamento, movimento e trasmissione di carichi eccessivi devono essere evitati in ogni momento quando si utilizza la geogriglia sotto la superficie del suolo. Le attrezzature da cantiere (come escavatori e gru) non devono viaggiare direttamente sulle geogriglie.

L'Appaltatore dovrà garantire che il materiale della geogriglia sia conforme ai requisiti di progettazione. L'Appaltatore dovrà sottoporre le specifiche del materiale geogriglia al proponente per approvazione. Inoltre, il proponente può chiedere all'Appaltatore di eseguire ulteriori test.

6.4 GEOSTUOIE

Le stuoie non si decompongono e devono essere atossiche, resistenti ai roditori e ai microrganismi, chimicamente inerti e stabili ai raggi ultravioletti (UV).

Possono essere utilizzate per differenti finalità:

- Geostuoie per il drenaggio: possono essere impiegate per consentire il drenaggio planare di una superficie dietro i muri, come monconi o all'interno di argini e lavori simili oltre ad altri geosintetici destinati a scopi diversi dal drenaggio. La geostuoia utilizzata dietro muri sotterranei, fondazioni e strutture simili, deve essere fissata con pistole sparachiodi o tasselli ad espansione.
- Geostuoie come elementi di protezione: quando utilizzate per questa finalità, la superficie di installazione deve essere livellata, liberata da radici, rocce sporgenti, ecc. E con intercapedini riempite per ottenere una superficie di installazione stabile e compatta. Le geostuoie devono essere installate dalla sommità del pendio e fissate al suolo con dispositivi specifici dimensionati per adattarsi alla consistenza del suolo. I giunti devono sovrapporsi per almeno 10 cm. Quando sono in posizione, le geostuoie devono essere ricoperte con terriccio adatto a riempire i vuoti della geostuoia e una miscela di semi di erba selezionata per fornire una copertura erbosa. Una volta che la semina è terminata, deve essere coperto e compattato adeguatamente e fertilizzato per la crescita dell'erba. L'irrigazione sistematica deve essere eseguita utilizzando sprinkler di acqua dolce a bassa portata e pressione nominale almeno per 10 giorni dopo la germinazione. Dopo la copertura dell'erba, le superfici devono essere modellate in modo uniforme e avere lo spessore determinato dal progetto. In alternativa è possibile l'idrosemina.

6.5 GEOCELLE

Le geocellule possono essere realizzate in polietilene a bassa densità o in geotessile di poliestere e vengono fornite al cantiere imballate in pannelli.

I pannelli dovranno essere posati in pendenza o in trincea e devono essere fissati secondo quanto contenuto nei documenti progettuali e in accordo con le schede tecniche fornite dal produttore.

Le geocelle devono essere riempite dall'alto verso il basso con sabbia selezionata e compattate. Le geocelle dovranno essere fissate al suolo con appositi dispositivi opportunamente sagomati dal produttore delle stesse. Il manto erboso può essere di semina o di idrosemina.

La superficie di installazione dovrà essere livellata, liberata da vegetazione e radici, rocce sporgenti, ecc., le intercapedini devono essere riempite per ottenere una superficie di installazione stabile e compatta.

Le geocelle devono essere installate dalla sommità del pendio e fissate al suolo con dispositivi specifici dimensionati in base alla consistenza del terreno. Devono essere interrati o collegati a costruzioni in alto e in basso.

L'Appaltatore dovrà garantire, attraverso prove di laboratorio e in cantiere, che le geocelle selezionate soddisfino i requisiti di progettazione. L'Appaltatore deve fornire la documentazione di questi test.

6.6 GEOCOMPOSITI

I geocompositi devono essere non biodegradabili, non tossici, a prova di roditori e microrganismi e devono avere una buona resistenza alla temperatura, agli agenti chimici e ai raggi ultravioletti.

Essi si distinguono in:

- **Geocompositi per il drenaggio superficiale.** Per le applicazioni di drenaggio superficiale i geocompositi vengono installati ai piedi del pendio, all'interno di scavi di fondazione, su superfici piane o a bassa pendenza o dietro muri sotterranei verticali come muri di supporto o spalle di canale.
- **Geocompositi per il drenaggio sub-superficiale.** Lo scopo del tipo geocomposito è quello di creare uno strato drenante tra formazioni rocciose e rivestimenti in calcestruzzo, malta o altro. I requisiti minimi del geotessile/georete composito devono essere conformi alla documentazione di progetto e a quanto concordato con il proponente nella fase di progettazione esecutiva.
- **Geocompositi per il rinforzo.** In pendii, argini fluviali, canali, argini e simili, i geocompositi vengono utilizzati per il rinforzo per migliorare la distribuzione del carico sul terreno migliorando la costruibilità. Su superfici inclinate e verticali i geocompositi devono essere fissati al suolo con dispositivi metallici a forma di U. Quando posti al di sotto degli strati di terreno, i geocompositi non devono essere allungati e devono essere evitati carichi eccessivi dovuti al traffico edilizio.

7 AREA DI CANTIERE

Durante la fase di cantiere, sarà necessario approntare delle aree da destinare a site camp. Sono state individuate tre aree di cantiere:

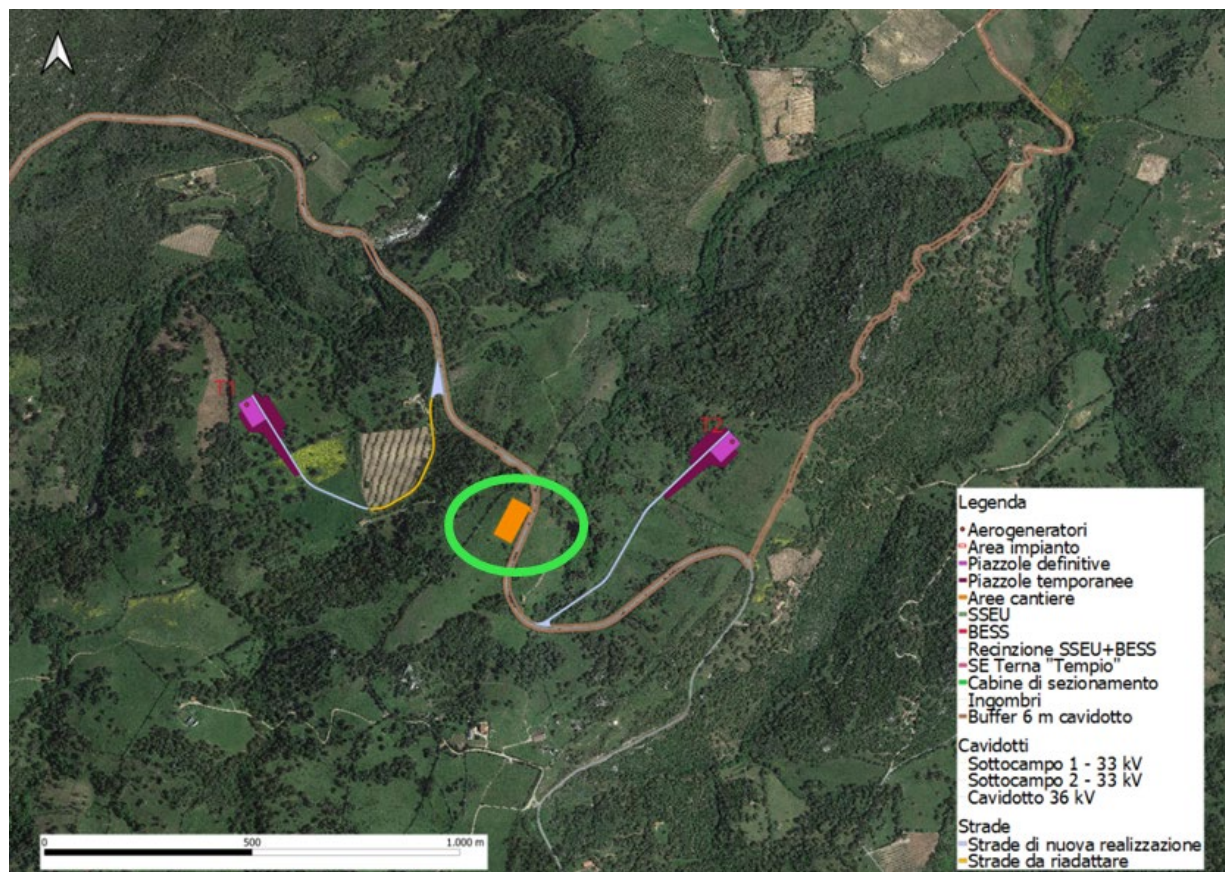


Figura 7-1: Area cantiere 1.

Area cantiere 2: Dimensione 5190 m²

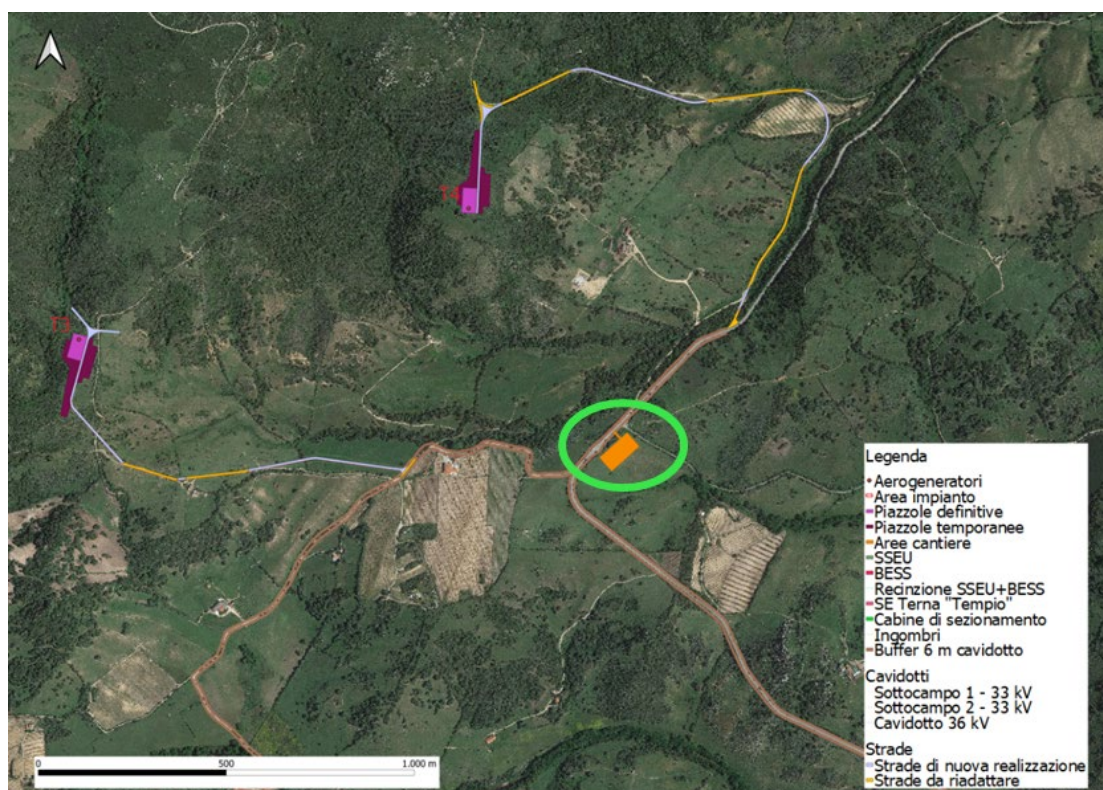


Figura 7-2: Aree cantiere 2.

Area cantiere 3: Dimensione 5114 m²

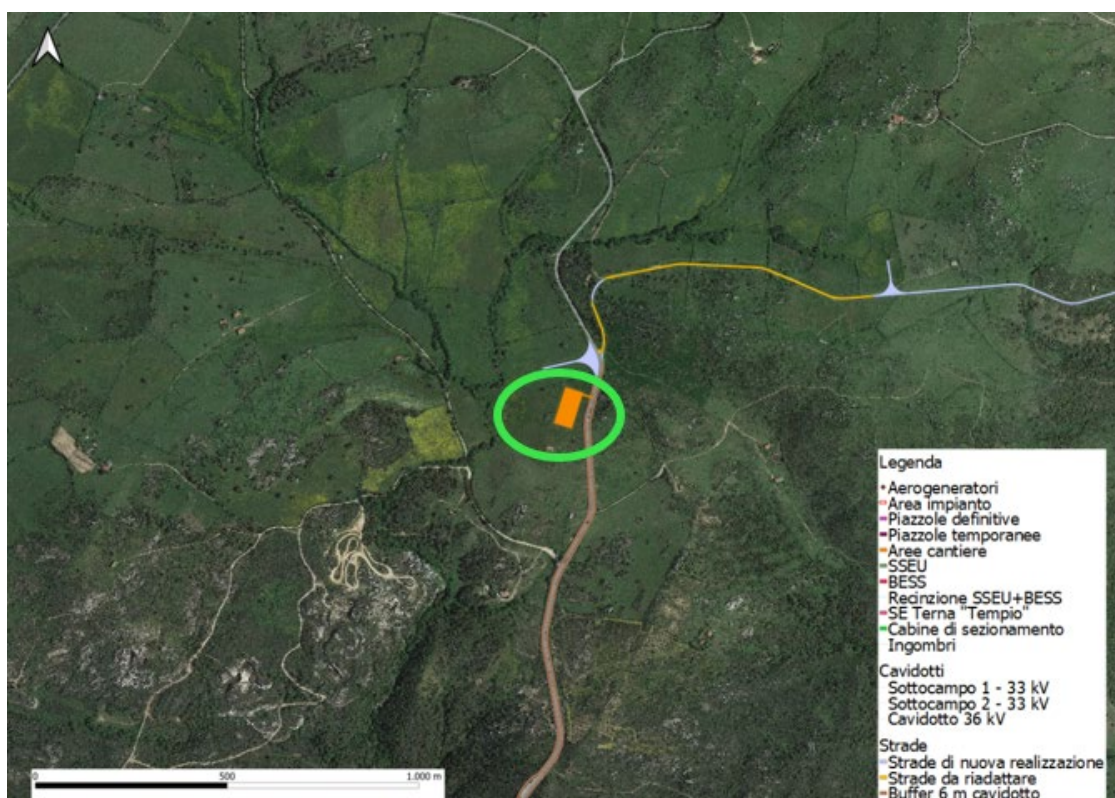


Figura 7-3: Area cantiere 3.

Le aree cantiere, nella loro totalità, comprenderanno:

- Baraccamenti (locale medico, locale per servizi sorveglianza, locale spogliatoio, box WC, locale uffici e locale ristoro);
- Area per stoccaggio materiali;
- Area stoccaggio rifiuti;
- Area gruppo elettrogeno e serbatoio carburante;
- Area parcheggi.

L'utilizzo di tali aree sarà temporaneo; al termine del cantiere verrà ripristinato agli usi naturali originari.

Infine, in questa fase non è prevista l'identificazione di aree aggiuntive per stoccaggio temporaneo di terreno da scavo in quanto sarà possibile destinare a tale scopo le piazzole delle turbine dismesse a mano a mano che si renderanno disponibili ed il piazzale sottostazione elettrica e BESS. In ogni caso, quando verrà predisposto il Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo in una fase successiva della progettazione, verranno valutate maggiormente nel dettaglio le aree da adibire al deposito temporaneo dei materiali.

8 CAVIDOTTI

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi alla fornitura in opera del cavidotto da realizzarsi lungo strade comunali esistenti e strade di nuova realizzazione, a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

Per raccogliere l'energia prodotta dal campo eolico e convogliarla verso la stazione di trasformazione sarà prevista una rete elettrica costituita da tratte di elettrodotti in cavo interrato aventi tensione di esercizio di 33 kV e posati direttamente nel terreno in apposite trincee che saranno realizzate lungo la viabilità dell'impianto, lungo tratti di strade poderali e per brevi tratti in terreni agricoli.

Il parco eolico sarà suddiviso in n. 2 sottocampi composti da 2 e 3 aerogeneratori collegati in entrata con linee in cavo e connessi al quadro di media tensione installato all'interno del fabbricato della sottostazione di trasformazione.

Pertanto, saranno previsti n. 2 elettrodotti che convoglieranno l'energia prodotta alla sottostazione di trasformazione e 4 linee MT che collegano il sistema BESS alla sottostazione di trasformazione:

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante [A]	Cdt%
T05	T01	7070	1x300	120,53	0,7192
T01	T02	2615	1x300	241,06	0,5320
T02	QMT-SS	15500	1x630	361,59	2,7648
					4,0161

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante [A]	Cdt%
T04	T03	4375	1x300	120,53	0,4451
T03	QMT-SS	12820	1x630	241,06	1,5245
					1,9696

Linee impianto BESS

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante [A]	Cdt%
MV ST-1	QMT-SS	25	1x150	69,98	0,0029
MV-ST-2	QMT-SS	60	1x150	69,98	0,0070
MV-ST-3	QMT-SS	82	1x150	69,98	0,0096
TAC-1	QMT-SS	48	1x150	21,87	0,0018

I cavi saranno interrati direttamente, con posa a trifoglio, e saranno provvisti di protezione meccanica supplementare (lastra piana a tegola).

La posa dei nuovi cavidotti, fino a 1,2 m di profondità, cercherà di avvenire il più possibile sfruttando il tracciato già esistente e la viabilità di progetto. Sarà prevista una segnalazione con nastro monitore posta a 40-50 cm al di sopra dei cavi MT.

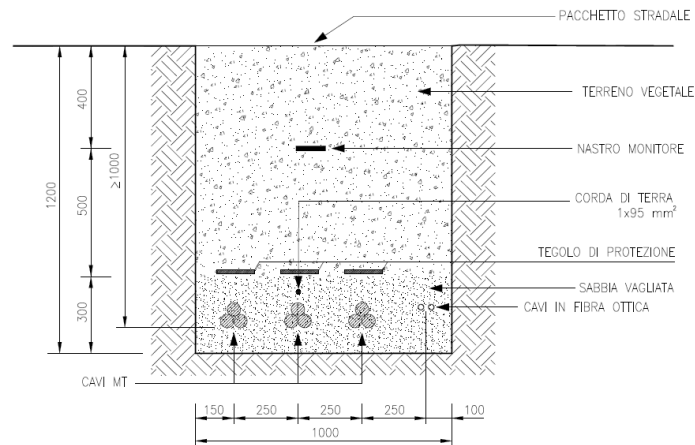
All'interno dello scavo per la posa dei cavi media tensione saranno posate anche la fibra ottica e la corda di rame dell'impianto di terra.

L'installazione dei cavi soddisferà tutti i requisiti imposti dalla normativa vigente e dalle norme tecniche ed in particolare la norma CEI 11-17.

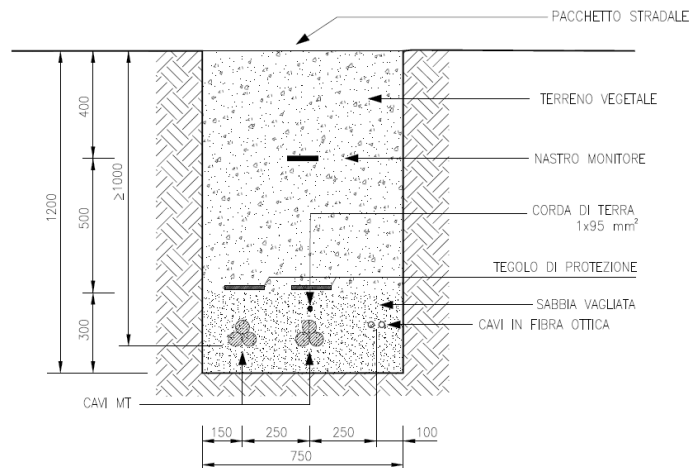
Saranno impiegati cavi unipolari con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene di tipo XLPE, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di alluminio e rivestimento esterno in poliolefine tipo DMZ1, aventi sigla ARE4H5E tensione di isolamento 18/30 kV.

Si riportano di seguito dei tipologici di trincea che verranno utilizzati lungo il tracciato del cavidotto a seconda che sia interessato da uno, due o tre circuiti secondo lo schema in Figura 8-1 e Figura 8-2. Per dettagli migliori fare riferimento all'elaborato "*LUR.66 – Tipico di posa cavidotti e risoluzione delle interferenze*".

**SEZIONI TIPICHE VIE CAVO SU STRADA DI IMPIANTO
SEZIONE DI POSA "3V"**



**SEZIONI TIPICHE VIE CAVO SU STRADA DI IMPIANTO
SEZIONE DI POSA "2V"**



**SEZIONI TIPICHE VIE CAVO SU STRADA DI IMPIANTO
SEZIONE DI POSA "1V"**

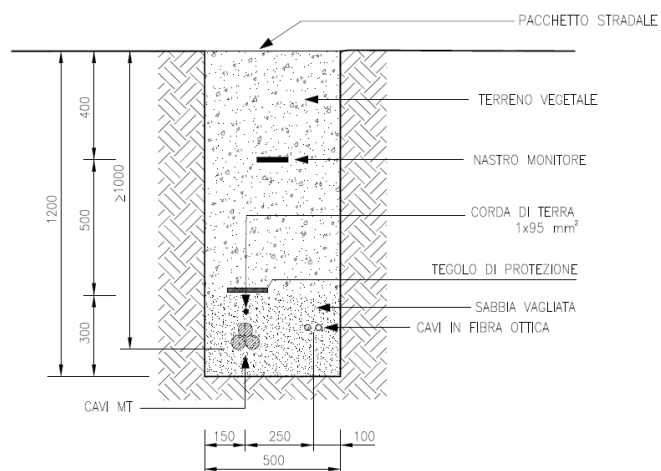
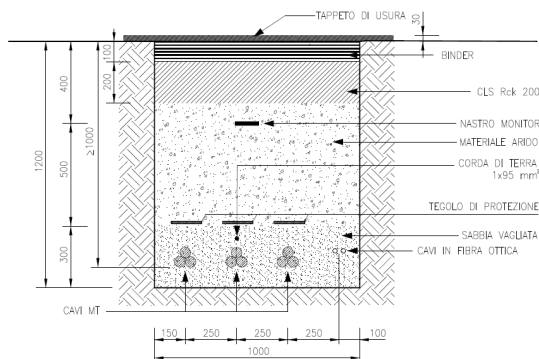
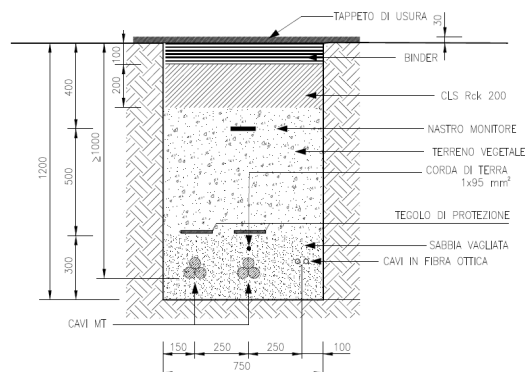


Figura 8-1: Sezioni di posa cavidotti su strada di progetto.

**SEZIONI TIPICHE VIE CAVO SU STRADE ASFALTATA
SEZIONE DI POSA "3A"**



**SEZIONI TIPICHE VIE CAVO SU STRADE ASFALTATA
SEZIONE DI POSA "2A"**



**SEZIONI TIPICHE VIE CAVO SU STRADE ASFALTATA
SEZIONE DI POSA "1A"**

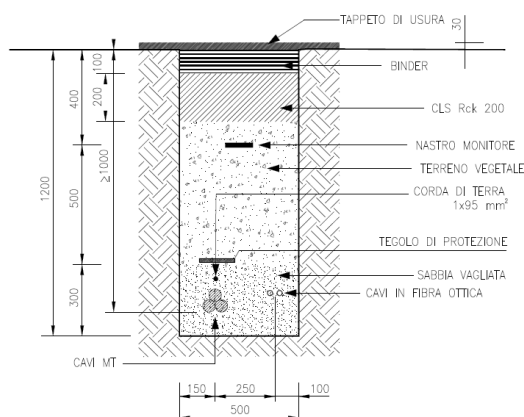


Figura 8-2: Sezioni di posa cavidotti su strada asfaltata.

I cavidotti seguiranno il tracciato previsto in sede di progettazione esecutiva ed autorizzato dalle Amministrazioni competenti, nonché confermato dalla D.L. fiancheggiando e, ove previsto, attraversando le strade interessate al di fuori del piano viabile o sotto lo stesso. In tal senso, le modalità realizzative di tali fiancheggiamenti ed attraversamenti, dovranno attenersi scrupolosamente alle prescrizioni fornite dall'Ente gestore della viabilità interessata, precisando, altresì, che il fondo dello scavo sarà adeguatamente pulito da roccia frantumata e sostanze organiche, nonché liberato da eventuali accumuli o ristagni di acqua prima della posa dei cavi.

Il reale posizionamento del cavidotto rispetto alla sede stradale dovrà essere opportunamente definito in sede di progetto esecutivo, privilegiando il suo posizionamento al lato del nastro stradale in modo da evitare il taglio del manto bituminoso. Qualora nella realizzazione dello scavo per il passaggio dei cavidotti dovessero essere interessati manufatti di ogni tipo (manto stradale, cunette in cemento e non, guardrail ecc.) dovrà essere previsto il loro ripristino ante opera.

Nel corso dei lavori della posa dell'elettrodotto interrato, l'impresa dovrà assicurare la circolazione stradale e mantenere agibili i transiti e gli accessi carrai o pedonali lungo il tracciato. Le aree di lavoro dovranno essere delimitate secondo le disposizioni previste dal Codice della Strada e/o da particolari regolamenti imposti dalle Vigilanze Comunali competenti e dovranno essere complete di segnalazioni sia diurne che notturne segnalanti l'esistenza di scavi aperti.

9 AEROGENERATORE

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre il modello di aerogeneratore preso in considerazione a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

Gli aerogeneratori che verranno installati saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a 6,2 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche tecniche di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 6,2 MW:

Tabella 4: Caratteristiche dei nuovi aerogeneratori.

Potenza nominale	6,2 MW
Diametro del rotore	170 m
Lunghezza della pala	83,5 m
Corda massima della pala	4,5 m
Area spazzata	22.698 m ²
Altezza al mozzo	135 m
Altezza al Tip	220 m
Classe di vento IEC	IIIA
Velocità cut-in	3 m/s
V nominale	10 m/s
V cut-out	25 m/s
Giri al minuto rotore n	8,8 rpm

Ogni aerogeneratore è equipaggiato di generatore elettrico asincrono, di tipo DFIG (Directly Fed Induced Generator) che converte l'energia cinetica in energia elettrica ad una tensione nominale di 690 V. È inoltre presente all'interno di ogni macchina il trasformatore MT/BT per innalzare la tensione di esercizio da 690 V a 33.000 V.

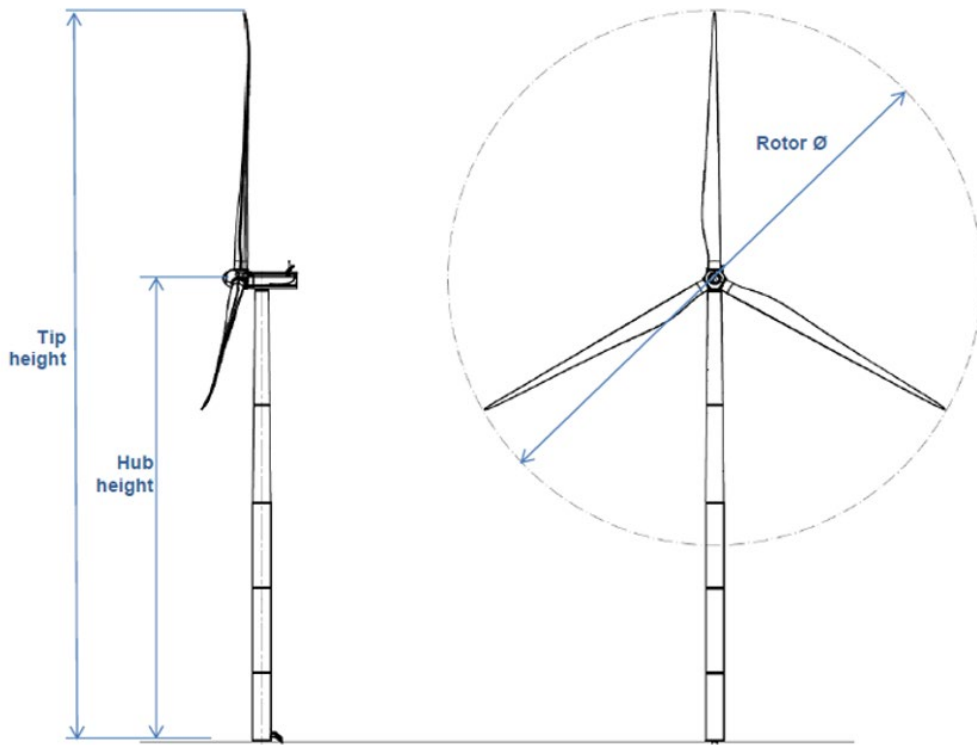


Figura 9-1: Schema di aerogeneratore.

10 SISTEMA DI CONTROLLO

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi alla fornitura, installazione e collaudo dei cavi per la trasmissione dati a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

I lavori oggetto della presente fornitura dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, secondo quanto previsto dalla presente specifica tecnica ed ispirati al seguente quadro di riferimento normativo:

- CEI EN 61754 - Interfacce di connettori per fibre ottiche
- CEI EN 60825-2/2001 - Sicurezza degli apparecchi laser, Parte 2: Sicurezza dei sistemi di telecomunicazione a fibre ottiche
- CEI EN 50377-10-2 - Connettori e dispositivi di interconnessione da utilizzare nei sistemi di comunicazione in fibra ottica
- CEI 11-1 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

10.1 INSTALLAZIONE DEL SISTEMA SCADA

La fibra ottica, che seguirà nel percorso il cavidotto, sarà posata in accordo alla progettazione esecutiva.

Seguendo una connessione del tipo entra esci in ogni singolo aerogeneratore il segnale dovrà essere condotto fino alla postazione dove sarà allocato il computer con il software per l'analisi dei segnali e degli stati e per il controllo dell'intera centrale.

Il software sarà messo a disposizione dalla casa costruttrice degli aerogeneratori, mentre sarà a cura dell'appaltatore la connessione e l'interfaccia tra il cavo proveniente dalle torri e il computer.

Al termine dell'installazione del cavo dovrà essere eseguita la verifica OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) per misurare la qualità globale di trasmissione della fibra e verificare che si rientri nei parametri prescritti dalla D.L. La verifica dovrà essere condotta in entrambe le direzioni di percorrenza del segnale.

Nell'installazione del sistema si intendono comprese tutte le operazioni di connessione del cavo (comprese quelle all'interno della splice box all'interno della torre), e di configurazione del computer.

11 IMPIANTO DI TERRA

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi alla fornitura, installazione e collaudo dell'impianto di terra a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

I lavori dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, secondo quanto previsto dalla presente specifica tecnica ed ispirati al seguente quadro di riferimento normativo:

- CEI 11-1 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo
- CEI 11-37 - Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di i, ii e iii categoria

L'impianto di terra sarà dimensionato a cura dell'appaltatore nel rispetto della normativa vigente, e sarà sottoposto all'approvazione della D.L. Il sistema disperdente terrà conto delle specifiche dell'impianto di terra dei singoli aerogeneratori.

Prima della posa in opera dell'impianto di terra sarà cura dell'appaltatore effettuare la misura della resistività del terreno; qualora tali valori dovessero risultare differenti da quanto ipotizzato in fase progettuale, dovranno essere comunicati tempestivamente alla committenza che provvederà ad aggiornare il dimensionamento dei dispersori e a fornire planimetrie aggiornate per la corretta esecuzione dell'impianto. L'appaltatore eseguirà il lavoro a perfetta "regola d'arte", nel rispetto della normativa tecnica applicabile e delle specifiche tecniche dei cavi elettrici.

12 SOTTOSTAZIONE UTENTE

Il presente capitolo è stato predisposto al fine di esporre gli interventi relativi all'installazione della sottostazione utente a servizio dell'impianto eolico in oggetto.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto viene convogliata tramite cavidotto interrato MT da 33 kV, alla Sottostazione Utente di trasformazione 33/36 kV in progetto, ubicata nel comune di Tempio Pausania. La sottostazione verrà collegata alla Stazione elettrica Terna di futura identificazione.

All'interno della sottostazione sarà ubicata una cabina di raccolta con installate all'interno le apparecchiature necessarie all'evacuazione della potenza generata e all'alimentazione dei servizi ausiliari, quali:

- Quadro mt a 33 kV
- Trasformatore elevatore 33 kV/36 kV
- Quadro at a 36 kV.

12.1 Cabina di raccolta

All'interno della cabina di raccolta sarà installato un quadro di media tensione con un numero di scomparto adeguato a svolgere le seguenti funzioni:

- Linee di collegamento alle torri di generazione;
- Scomparto misure;
- Linea di alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- Linea di collegamento al trasformatore elevatore;
- Linee di collegamento all'impianto BESS.

La cabina di raccolta sarà equipaggiata con i servizi ausiliari necessari (luce, fm, ventilazione) alimentati tramite dedicato trasformatore ausiliario e relativo quadro di bassa tensione.

La cabina di raccolta sarà composta da elementi prefabbricati, realizzati in CAV, assemblati in sito al fine di realizzare una struttura avente le seguenti dimensioni: 20 x 10 x 4 (h) m.

Nella parte inferiore della cabina sarà realizzata la vasca di fondazione, per il passaggio dei cavi, predisposta con i fori a frattura prestabilita e le connessioni per l'impianto di terra.

La cabina sarà dotata di accessori quali porte, griglie di areazione e torrini eolici.

Le opere civili consisteranno nella realizzazione dello scavo della platea di appoggio in calcestruzzo per la vasca di fondazione.

All'interno della cabina sarà installato anche il quadro AT di alta tensione al quale si attestano i cavi AT in uscita dal trasformatore elevatore e dal quale si deriverà la linea di connessione a 36 kV alla stazione Terna di futura identificazione.

Per maggiori dettagli si veda l'elaborato *LUR.65 – Relazione tecnica opere di utenza*.

13 SISTEMA BESS

Il sistema BESS è un impianto di accumulo elettrochimico di energia, ovvero un impianto costituito da sottosistemi, apparecchiature e dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia e alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica in bassa tensione, poi trasformata in alta tensione.

La tecnologia di accumulatori elettrochimici (batterie) è composta da celle elettrolitiche. Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate in serie e in parallelo per formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, vengono elettricamente collegati tra loro ed assemblati in appositi armadi in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente. Ogni "assemblato batterie" è gestito, controllato e monitorato, in termini di parametri elettrici e termici, dal proprio sistema BMS (Battery Management System).

Il BESS è composto da una serie di apparecchiature racchiuse all'interno di dedicati moduli. I principali componenti sono:

- batterie di accumulatori elettrochimici, del tipo agli ioni di Litio ferro fosfato (LFP), suddivise in unità di determinata potenza in funzione del servizio richiesto;
- sistema di controllo di batteria (BMS: Battery Management System);
- protezioni di batteria (Battery Protection Unit);
- convertitore AC/DC bidirezionale caricabatterie-inverter (PCS: Power Conversion System) per la conversione in corrente alternata in bassa tensione di ogni singola unità;
- trasformatore BT/MT (33 kV) per la conversione in media tensione della singola unità;
- quadro di media tensione (33 kV) per la protezione del trasformatore e la connessione in entra-esce con la rete di distribuzione in alta tensione;
- sistema di controllo (EMS: Energy management system);
- servizi ausiliari (HVAC, antincendio, condizionamento, illuminazione, ecc.) alimentati tramite un trasformatore dedicato (MT/BT);
- quadro di media tensione (33 kV) per la raccolta delle linee di connessione ai singoli moduli e per la connessione alla stazione Terna.

Il BESS è composto da unità modulari (modulo base) costituite da:

- Modulo batterie: contenente le batterie, il sistema di controllo delle batterie (BMS) e le protezioni di batteria. Tale modulo potrà avere dimensioni differenti in funzione del fornitore che sarà selezionato;

- Modulo PCS/trasformatore/quadro MT: trattasi di uno skid preassemblato contenente gli inverter, il trasformatore elevatore BT/MT in olio sintetico a doppio secondario, il quadro a 33 kV per la connessione alla cabina di raccolta. Tale modulo potrà avere dimensioni differenti in funzione del fornitore che sarà selezionato;
- Quadro ausiliari di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di ogni modulo base.
- Modulo Ausiliari: contenente il sistema di controllo EMS, il trasformatore dei servizi ausiliari MT/BT, il quadro di distribuzione in bassa tensione. Tale modulo potrà avere dimensioni differenti in funzione del fornitore che sarà selezionato.

L'impianto BESS è stato dimensionato con un margine di circa 15% al fine di tenere in considerazione il degrado nel tempo dell'efficienza delle batterie. Esso sarà composto da 12 container batteria aventi potenza 1876 kW, 3,72 MWh, connessi a n. 3 container PCS contenenti un quadro di media tensione a 33 kV, un trasformatore elevatore da 4000 kVA e un inverter da 3450 kVA.

Sarà inoltre previsto un container ausiliari contenente un trasformatore mt7bt da 1250 kVA.

Tutti i suddetti componenti saranno installati su dedicate fondazioni aventi caratteristiche idonee al peso delle strutture da sorreggere.

Completano l'installazione dell'impianto la cabina di raccolta, costituita da elementi in calcestruzzo vibrato e da una vasca sottostante per il passaggio dei cavi, in comune con l'impianto eolico.