

REGIONE PUGLIA
CITTA' METROPOLITANA DI BARI
COMUNE DI RUVO DI PUGLIA

IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 8 WTG DA 7.2 MW,
SISTEMA DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO DELL'ENERGIA
ELETTRICA E OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE

R11

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO DEGLI
ELEMENTI TECNICI**

Proponente

RDP

RDP srl
CORSO MONFORTE 2
20122 Milano (MI)
P.IVA 13058670962
rdp.srl.pec@legalmail.it
Legale Rappresentante: Ing. Danilo Lerda

Progetto

STM Engineering

STIM ENGINEERING S.r.l.
VIA GARRUBA, 3 - 70121 BARI
Tel. 080.5210232 - Fax 080.5234353
www.stimeng.it - segreteria@stimeng.it

ing. Massimo CANDEO
Ordine Ing. Bari n° 3755
Via Cancellotto, 3
70125 Bari
m.candeo@pec.it
stimdue@stimeng.it
tel. +39 328 9569922

ing. Gabriele CONVERSANO
Ordine ing. Bari n° 8884
via Garruba, 3
70122 Bari
g.conversano@stimeng.it
gabrieleconversano@pec.it
tel. +39 328 6739206

Collaborazione:
ing. Antonio Campanale
ing. Flavia Blasi

**Progetto
elettrico**

ing. Gianluca Pantile
Ordine Ing. Brindisi n° 803
Via del Lavoro, 15/D
72100 Brindisi (BR)
Tel. cell. 3471939994
PEC: pantile.gianluca@ingpec.eu

Febbraio 24	0	PRIMA EMISSIONE	ing. A.Campanale, F.Blasi, G.Conversano	ing. M. Candeo
Data	Rev.	DESCRIZIONE	Elaborato e controllato da:	Approvato da:

REVISIONI

1 Sommario

1. PREMESSA	6
1.1 FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	8
1.2 STIMA DI MASSIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE	9
2 ELENCO DELLE OPERE DA REALIZZARE E STRUTTURA DEL DOCUMENTO	9
3 OPERE EDILI: DESCRIZIONE MODALITÀ ESECUZIONE	11
3.1 PROGETTAZIONE	11
3.2 INDAGINI DEL SUOLO E DATI GEOTECNICI	11
3.3 PREDISPOSIZIONE DELLE AREE E MEZZI D'OPERA	11
3.4 MATERIALI	12
3.4.1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	12
3.4.2 CONTROLLI E CERTIFICAZIONI SUI MATERIALI	12
3.5 SCAVI IN GENERE	13
3.5.1 SCAVI DI SBANCAMENTO ED ASSIMILABILI CON MEZZO MECCANICO	13
3.5.2 SCAVI DI FONDAZIONE	14
3.5.3 SCAVI PER I PLINTI DEGLI AEROGENERATORI	14
3.5.4 SCAVI PER CAVIDOTTI	14
3.5.5 SCAVI PER FONDAZIONI IN GENERE ED ALTRI MANUFATTI	14
3.5.6 TROVANTI	14
3.6 DEMOLIZIONI	15
3.6.1 DEMOLIZIONI DI STRUTTURE IN C.A., MURATURE E CALCESTRUZZI	15
3.6.2 SMANTELLAMENTO DI RECINZIONI ESISTENTI, CANCELLI, ECC.	15
3.7 RILEVATI E RINTERRI	15
3.7.1 RILEVATI COMPATTATI E SOVRASTRUTTURE PER PIAZZOLE E STRADE	15
3.7.2 PREPARAZIONE E BONIFICA DI SOTTOFONDI	17
3.7.3 RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI ALLE MURATURE E RIEMPIMENTI CON PIETRAMME	17
3.8 PAVIMENTAZIONI STRADALI	18
3.8.1 FORMAZIONE DI RIPRISTINO DELLE PAVIMENTAZIONI IN MACADAM	18
3.8.2 RIPRISTINO PAVIMENTAZIONI BITUMATE	18
3.8.3 RIMESSA IN PRISTINO DEI TERRENI	19

3.8.4	TRASPORTO E POSA A DISCARICA DEI MATERIALI DI RISULTA	19
3.9	DRENAGGI DI SUPERFICIE	20
3.9.1	TRINCEE DRENANTI	20
3.9.2	DRENAGGI CONTRO-MURO.....	20
3.10	GEOTESSILE	21
3.10.1	GEOTESSILE PER DRENAGGI	21
3.10.2	GEOTESSILE PER SEPARAZIONI	21
3.11	GABBIONATE.....	22
3.12	CALCESTRUZZO E ACCIAIO	22
3.12.1	REQUISITI DEI MATERIALI DA IMPIEGARE, CONTENUTO D'ACQUA	22
3.12.2	LEGANTI IDRAULICI	22
3.12.3	INERTI	22
3.12.4	CLASSE DEI CALCESTRUZZI.....	23
3.12.5	CALCESTRUZZI MAGRI E DI RIEMPIMENTO	23
3.12.6	DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DEI CLS	23
3.12.7	CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO	23
3.12.8	MODALITÀ ESECUTIVE DEI GETTI DI CLS	24
3.12.9	ADDITIVI PER CALCESTRUZZI	24
3.12.10	CASSEFORME PER OPERE IN CALCESTRUZZO	24
3.12.11	GIUNTI STRUTTURALI	25
3.12.12	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	25
3.12.13	PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ.....	26
3.13	MURATURE IN CALCESTRUZZO	26
3.14	ANCORAGGI	26
3.15	IMPERMEABILIZZAZIONI E COMPOSITI	26
3.16	CONTROLLO FINALE DEL PLINTO DELL'AEROGENERATORE.....	27
4	AEROGENERATORE.....	28
4.1	NAVICELLA	28
4.2	BASAMENTO NAVICELLA	29
4.3	MOLTIPLICATORE DI GIRI	29
4.4	SISTEMA DI IMBARDATA.....	29

4.5	SISTEMA FRENANTE	29
4.6	GENERATORE	29
4.7	TRASFORMATORE	30
4.8	ROTORE - MOZZO	30
4.9	REGOLAZIONE DEL PASSO.....	30
4.10	PALE	30
4.11	TORRE	31
4.12	CONTROLLO E REGOLAZIONE	31
4.13	MONITORAGGIO	31
4.14	PROTEZIONE CONTRO I FULMINI.....	31
5	CAVI ELETTRICI DI CONNESSIONE	32
5.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	32
5.2.1	POZZETTI E CAMERETTE	34
5.2.2	MESSA A TERRA DEI RIVESTIMENTI METALLICI	34
5.2.3	COESISTENZA FRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE	35
5.3	LINEE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN MT	37
5.4	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	37
5.5	VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA	38
5.6	OPERE EDILI.....	41
5.6.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	41
5.6.2	FONDAZIONI	41
5.6.3	VIE CAVI	42
5.6.4	TUBAZIONI PER CAVI	42
5.6.5	POZZETTI.....	42
5.6.6	INGRESSI E RECINZIONI	42
5.6.7	VIABILITÀ INTERNA	43
5.6.8	SISTEMAZIONE E PAVIMENTAZIONE DELLE AREE	43
5.6.9	SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE E FOGNARIE	43
5.6.10	LOCALI TECNICI	44
5.1	SERVIZI AUSILIARI	44
5.1.1	CARATTERISTICHE GENERALI.....	44

5.1.2	COLLEGAMENTI IN CAVO.....	45
5.1.3	ILLUMINAZIONE AREE E LOCALI	45
5.2	SISTEMA DI PROTEZIONE COMANDO E CONTROLLO (SPCC)	46
5.2.1	CARATTERISTICHE GENERALI.....	46
5.2.2	DESCRIZIONE DEL SISTEMA	46
5.2.3	SALA COMANDO LOCALE.....	47
5.2.4	TELECONDUZIONE E AUTOMATISMO DI IMPIANTO	47

1. PREMESSA

Il presente elaborato costituisce parte integrante del progetto di costruzione di un parco eolico, proposto dalla società RDP srl, con sede in C.so Monforte 2, Milano, con potenza complessiva di 57,6 MW ubicato nel comune di Ruvo di Puglia (BA).

L'impianto proposto, destinato alla produzione industriale di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, sarà realizzato mediante:

- l'installazione di n. **8 aerogeneratori** tripala (WTG) ad asse orizzontale, **ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW**, per una potenza elettrica complessiva pari a **57,6 MW**, installati su torre tubolare, per una altezza totale di **200 m**, delle opere elettriche accessorie. Ciascun aerogeneratore sarà dotato di una turbina tripala, in configurazione "up-wind";
- l'installazione di un sistema di accumulo elettrochimico dell'energia elettrica prodotta con una potenza di 50 MW;
- installazione di una stazione elettrica utente di trasformazione 30/150 kV;
- l'installazione, in conformità alle disposizioni tecniche contenute nel preventivo di connessione emesso da TERNA SpA, codice pratica 202303409, gestore della RTN e delle normative di settore, di cavidotti interrati MT 30 kV di interconnessione tra gli aerogeneratori (cavidotto interno di parco) e di vettoriamento esterno per la connessione elettrica alla RTN.

Il sito d'installazione delle WTG ricade nel territorio amministrativo di Ruvo di Puglia (BA) ed è localizzato a oltre 5 km a sud del centro abitato.

Il presente documento è la proposta di Piano di Monitoraggio Ambientale per l'impianto in progetto.

Sarà impiegato l'aerogeneratore modello Vestas V172 – 7,2 MW, che presenta una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 114 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 172 m (raggio rotore pari a 86 m), per un'altezza massima complessiva del sistema torre–pale di 200 mt slt.

Di seguito si riporta un inquadramento a scala ampia dell'area di intervento su base open street maps.



Inquadramento a scala ampia dell'area di intervento su base open street maps

Nella tabella sottostante si riporta l'inquadramento catastale dei punti macchina di progetto e le coordinate nel sistema di riferimento WGS 84 UTM 33N, per ogni punto macchina.

WTG	COMUNE	Fg.	Part.	WGS 84 UTM 33N Cord E	WGS 84 UTM 33N Cord N
WTG 01	RUVO DI PUGLIA	55	685	620573	4548214
WTG 02	RUVO DI PUGLIA	55	144	619864	4547948
WTG 03	RUVO DI PUGLIA	73	58	619940	4546988
WTG 04	RUVO DI PUGLIA	79	6	620769	4546255
WTG 05	RUVO DI PUGLIA	85	128	622784	4545939
WTG 06	RUVO DI PUGLIA	92	347	623054	4544544
WTG 07	RUVO DI PUGLIA	86	189	624161	4545265
WTG 08	RUVO DI PUGLIA	87	7	624604	4545787

Layout di progetto – Posizione aerogeneratori

1.1 FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione dell'intervento proposto riguarderà le AREE d'installazione delle WTG, che non necessariamente saranno attivate contemporaneamente.

Le macro-attività necessarie allo svolgimento del cantiere saranno:

- apertura cantiere;
- interventi sulla viabilità esistente, al fine di rendere possibile il transito dei mezzi speciali per il trasporto degli elementi degli aerogeneratori;
- realizzazione delle piste d'accesso alle piazzole, che dalla viabilità interpodereale esistente consentano il transito dei mezzi di cantiere, per il raggiungimento dell'area d'installazione di ciascun aerogeneratore;
- realizzazione delle piazzole per l'installazione degli aerogeneratori;
- scavi a sezione larga per la realizzazione della fondazione di macchina e scavi a sezione ristretta per la messa in opera dei cavidotti;
- realizzazione delle fondazioni di macchina;
- installazione degli aerogeneratori;
- realizzazione della stazione elettrica di connessione e consegna;
- installazione cabina di sezionamento/parallelo;
- messa in opera dei cavidotti interrati;
- realizzazione della connessione elettrica d'impianto alla rete di trasmissione gestita da TERNA.

Qui di seguito una possibile suddivisione delle FASI DI LAVORO:

1. rilievi e picchettamento delle aree di intervento;
2. apprestamento delle aree di cantiere;
3. realizzazione delle piste d'accesso per i mezzi di cantiere;
4. livellamento e preparazione delle piazzole;
5. modifica della viabilità esistente per consentire l'accesso dei componenti degli aerogeneratori;
6. realizzazione delle fondazioni;
7. montaggio aerogeneratori;
8. montaggio impianto elettrico aerogeneratori;
9. posa cavidotto in area piazzola e pista di accesso;
10. finitura piazzola e pista;
11. posa cavidotti di collegamento tra gli aerogeneratori; posa cavidotti di collegamento alla SSE Utente e alla stazione elettrica TERNA compresa la risoluzione di eventuali interferenze;
12. collaudi impianto elettrico generazione e trasformazione;

13. opere di ripristino e mitigazione ambientale;
14. conferimento inerti provenienti dagli scavi e dai movimenti terra;
15. posa terreno vegetale per favorire recupero situazione preesistente.

Si prevede un tempo di realizzazione tra 9 e 12 mesi.

1.2 STIMA DI MASSIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE

Di seguito una STIMA DI MASSIMA DEI TEMPI PREVISTI per la realizzazione dell'intervento, suddivisi per fasi

Tab. - Cronoprogramma esecuzione dell'intervento

	MESE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Rilievi e picchettamento delle aree di intervento	■												
2 Apprestamento delle aree di cantiere	■												
3 Realizzazione delle piste d'accesso per i mezzi di cantiere	■	■	■										
4 Livellamento e preparazione delle piazzole		■	■	■									
5 Modifica della viabilità esistente per consentire l'accesso dei componenti degli aerogeneratori			■	■									
6 Realizzazione delle fondazioni			■	■	■								
7 Montaggio aerogeneratori					■	■							
8 Montaggio impianto elettrico aerogeneratori							■						
9 Posa cavidotto in area piazzola e pista di accesso								■					
10 Finitura piazzola e pista								■					
11 Posa cavidotti di collegamento tra gli aerogeneratori e posa cavidotti di collegamento alla cabina di consegna compresa la risoluzione di eventuali interferenze								■	■	■	■		
12 collaudi impianto elettrico												■	
13 opere di ripristino e mitigazione ambientale											■	■	
14 conferimento inerti provenienti dagli scavi e dai movimenti terra				■	■	■							
15 posa terreno vegetale per favorire recupero situazione preesistente													■

2 ELENCO DELLE OPERE DA REALIZZARE E STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Le Opere da realizzare per il funzionamento del parco eolico sono le seguenti:

- Piazzole temporanee e definitive;
- Fondazioni per gli aerogeneratori;
- Cavidotti;
- Strade temporanee e definitive;
- Aerogeneratori;

- Cabine di sezionamento;
- Sotto Stazione Utente.

Come risulta evidente sono in parte di tipo EDILE ed in parte di tipo ELETTROMECCANICO.

Il presente Documento è redatto secondo le indicazioni contenute nell'art. 30 del DPR 207/2010 e precisa, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali degli elementi costruttivi previsti nel progetto.

Nel seguente **Capitolo 3** sono descritte le **Modalità di esecuzione delle Opere Edili in generale**.

Nel **Capitolo 4** saranno descritte le **caratteristiche degli Aerogeneratori**.

Nel **Capitolo 5** infine saranno descritte le modalità di installazione e le caratteristiche dei **Cavi Elettrici** .

3 OPERE EDILI: DESCRIZIONE MODALITÀ ESECUZIONE

3.1 PROGETTAZIONE

Le fondazioni sono il contatto tra gli elementi strutturali ed il terreno: il loro compito è quello di assicurare il sostegno alle sollecitazioni della torre sia in termini di forza di gravità che di momenti flettenti e o torcenti.

Saranno calcolate seguendo le indicazioni rinvenenti dalle indagini sul suolo appositamente effettuate, di cui al paragrafo successivo, e da specifici riferimenti normativi.

Nella Relazione "*RO3 - Calcoli Preliminari delle strutture*" sono riportati i Calcoli Preliminari per le fondazioni degli aerogeneratori e sono indicate le linee seguite nella progettazione.

3.2 INDAGINI DEL SUOLO E DATI GEOTECNICI

Le indagini che saranno effettuate sul suolo dovranno fornire tutti i dati per una progettazione dettagliata di una struttura di fondazione nel sito specifico.

Le indagini potranno essere le seguenti:

- studi geologici;
- sondaggi geofisici;
- sondaggi geotecnici.

Lo scopo dello studio geologico è quello di stabilire una base per la scelta dei metodi e per definire l'estensione del sito di indagine.

I sondaggi geofisici possono essere utilizzati per estendere le informazioni localizzate da singoli fori e da test in situ, al fine di definire la stratificazione del suolo all'interno di una determinata area.

Le indagini geotecniche consisteranno in:

- campionamento del suolo per le prove di laboratorio;
- prove in situ del suolo.

I sondaggi su campo e gli esami di laboratorio dovranno stabilire una stratigrafia dettagliata del suolo, fornendo in tal modo i seguenti tipi di dati geotecnici: dati per la classificazione e descrizione del suolo, parametri necessari per una progettazione dettagliata e completa della fondazione, prove statiche per la determinazione dei parametri caratteristici di resistenza al taglio e prove cicliche per la determinazione dei parametri di resistenza e rigidità.

3.3 PREDISPOSIZIONE DELLE AREE E MEZZI D'OPERA

Prima dell'inizio lavori si procederà:

- all'individuazione, con riferimento agli elaborati, delle aree interessate dalle opere ed in particolare: aree interessate dalla viabilità interna, aree interessate dai cavidotti ed aree interessate dalla localizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori e relative piazzole;
- alla materializzazione dei picchetti di tracciamento delle opere sopraccitate ed inoltre, all'indicazione dei limiti degli scavi, degli eventuali rilevati e dell'ingombro delle piazzole;

- alla predisposizione delle aree per le successive lavorazioni: ripulitura del terreno con asportazione di eventuali ceppi, allontanamento di eventuali massi erratici e regolarizzazione del terreno, al fine di rendere agevole il transito ai mezzi di cantiere ed alle macchine operatrici, accantonamento del terreno vegetale necessario per i successivi ripristini ambientali, modellamento delle scarpate.

Relativamente al taglio di erbe ed eventuali piante isolate si impiegherà un'attrezzatura manuale o meccanica idonea alle varie situazioni.

La delimitazione delle aree in cui effettuare tali interventi si stabilirà in base alle autorizzazioni acquisite.

L'Appaltatore, per svolgere nei tempi previsti ed a perfetta regola d'arte i lavori oggetto dell'Appalto, dovrà operare sia con mezzi di adeguata capacità e potenza, sia con la flessibilità e la disponibilità richieste dalla tipologia dei lavori e dalla loro collocazione nel programma generale di costruzione dell'opera.

I mezzi ed i macchinari operanti in cantiere dovranno essere conformi alle prescrizioni legislative vigenti in materia di sicurezza e di inquinamento acustico dell'ambiente.

3.4 MATERIALI

I materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti per la costruzione delle opere, proverranno da quelle località che si riterrà di convenienza, purché, rispondano alle caratteristiche ed alle prestazioni previste dalle vigenti leggi.

I principali materiali che si adopereranno per i diversi lavori saranno: acqua, calce, leganti idraulici, ghiaia, pietrisco, sabbia, detrito di cava o tout venant di cava, pietrame, mattoni, materiali ferrosi, legname, bitumi ed olii minerali.

In particolare, i conglomerati cementizi per strutture in cemento armato e gli acciai per l'armatura del calcestruzzo rispetteranno tutte le prescrizioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e relative circolari esplicative.

3.4.1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

A meno del fatto che il presente Disciplinare non ne indichi specificatamente la provenienza, l'Appaltatore potrà approvvigionare i materiali ovunque ritenga opportuno, purché le loro qualità rispettino i requisiti contrattuali, le Leggi ed i regolamenti vigenti in materia.

Si intendono a carico dell'Appaltatore, tra gli altri, gli oneri relativi all'approvvigionamento presso altri fornitori, dei materiali aridi di cava rispondenti alle caratteristiche prescritte o gli eventuali oneri relativi all'approvvigionamento delle cave di prestito per i materiali aridi; quindi la spesa per la ricerca di cave idonee, l'acquisto per i diritti, lo svolgimento delle pratiche per il conseguimento dei permessi di estrazione, il pagamento di canoni, l'eliminazione dei materiali non idonei, la formazione e la coltivazione delle cave secondo le normativa vigenti, nonché la sistemazione finale delle aree interessate.

3.4.2 CONTROLLI E CERTIFICAZIONI SUI MATERIALI

I vari materiali e componenti impiegati dovranno essere rispondenti alle caratteristiche tecniche richieste nel presente documento ed alla Legislazione vigente; a tal fine dovranno giungere in cantiere accompagnati, oltre che dalle eventuali istruzioni di posa in opera, dalla documentazione atta a dimostrarne tale rispondenza ed a certificarne la conformità a quanto previsto dalla Legislazione vigente.

Qualora tale documentazione non sia ritenuta idonea o completa, su richiesta insindacabile della D.L., l'Appaltatore è tenuto, a propria cura e spese, ad effettuare, per la verifica della conformità alle caratteristiche direttamente richieste nel presente documento, presso un Laboratorio Ufficiale concordato con la D.L., prove di qualifica su materiali o componenti da impiegare o già impiegati nonché su campioni di lavori già eseguiti, da prelevarsi in opera, sostenendo anche tutte le spese per il prelevamento degli stessi e per la loro spedizione.

Nel caso di non rispondenza dei materiali o dei componenti alle caratteristiche richieste, l'Appaltatore è tenuto a sostituirli, a sua cura e spese, con altri idonei, provvedendo anche a rimuoverli dal cantiere entro il termine fissato dalla D.L.

Nel caso di inadempienza è facoltà della D.L. di provvedervi direttamente ma a spese dell'Appaltatore, a carico del quale va posto anche qualsiasi danno che possa da ciò derivare.

Anche nel corso delle diverse fasi delle lavorazioni in cantiere la D.L. potrà sempre chiedere la modifica e/o sostituzione, a cura e spese dell'Appaltatore, di quei componenti che non risultassero a norma di contratto.

L'Appaltatore deve comunicare alla D.L., con congruo anticipo, la data di arrivo dei materiali e dei componenti approvvigionati nonché la data di inizio delle varie lavorazioni in cantiere affinché la stessa possa pianificare i dovuti controlli.

3.5 SCAVI IN GENERE

È prevista l'esecuzione di scavi di vario genere e di qualsiasi forma e dimensione, in terreni di qualsiasi natura e consistenza.

Nell'esecuzione degli scavi si procederà in modo da impedire scoscendimenti o smottamenti e frane.

Le materie provenienti dagli scavi, nel caso in cui non siano utilizzabili o non siano ritenute adatte ad altro impiego nei lavori, si porteranno fuori della sede del cantiere.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse si depositeranno, per essere poi riprese in un successivo tempo.

In ogni caso, le materie depositate non saranno di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie.

3.5.1 SCAVI DI SBANCAMENTO ED ASSIMILABILI CON MEZZO MECCANICO

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al di sopra del piano orizzontale (piano di sbancamento), passante per il punto più depresso del terreno naturale lungo il perimetro generale dello scavo ordinato o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti.

Relativamente alle strade ed alle piazzole degli aerogeneratori il piano di sbancamento corrisponde al piano di posa della soprastruttura.

Si considerano assimilabili agli scavi di sbancamento, gli scavi da effettuare per la gradonatura dei piani di posa dei rilevati, per la regolarizzazione della superficie della pista, per la preparazione dei piani per la realizzazione di

gabbionate, per la bonifica di superfici piane od inclinate, per l'allargamento e la riprofilatura della carreggiata della strada esistente e per la formazione di cassonetti.

3.5.2 SCAVI DI FONDAZIONE

Per scavi di fondazione si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte.

I piani di fondazione saranno generalmente orizzontali, ma per quelle opere che eventualmente dovessero cadere sopra falde inclinate, verranno disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Realizzate le opere di fondazione, lo scavo che resterà vuoto verrà riempito e costipato sino al piano del terreno naturale.

Gli scavi di fondazione saranno, quando occorrerà, solidamente puntellati e sbadacchiati con robuste armature, in modo da proteggere contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materie durante l'esecuzione tanto degli scavi quanto delle opere.

3.5.3 SCAVI PER I PLINTI DEGLI AEROGENERATORI

Tali scavi, di notevoli dimensioni e di profondità variabile tra 2,5 e 3,25 m, saranno a sezione considerati a SEZIONE AMPIA.

3.5.4 SCAVI PER CAVIDOTTI

Tali scavi, di dimensioni ridotte in termini di larghezza e profondità, ma di lunghezza rilevante, saranno a SEZIONE OBBLIGATA.

L'esecuzione di questi scavi verrà realizzata con particolare attenzione al fine di evitare interferenze sulla viabilità dell'impianto eolico e contemporaneamente di consentire il montaggio degli aerogeneratori con i cavidotti ultimati.

3.5.5 SCAVI PER FONDAZIONI IN GENERE ED ALTRI MANUFATTI

Si tratta di scavi a sezione obbligata, con dimensioni variabili, per l'esecuzione di drenaggi, fognature, pozzetti, incasso per gabbionate ecc. che si realizzeranno con macchine operatrici meccaniche ed eventualmente rifiniti a mano.

3.5.6 TROVANTI

Non saranno considerati trovanti i massi erratici rinvenuti nello scavo quando questi, singolarmente, misurati all'interno della sezione dello scavo, non superino il volume di 0,5 mc; nessun compenso, pertanto, sarà corrisposto all'Appaltatore per la loro esportazione, sia che a ciò sia sufficiente l'impiego dell'escavatore, sia che si renda necessaria la loro riduzione o demolizione mediante l'uso del martello demolitore.

I trovanti di roccia che, singolarmente, presentano un volume all'interno della sezione dello scavo superiore a 0,5 mc, saranno ridotti di dimensione fino a consentirne il trasporto alla discarica; qualunque onere e artificio è da ritenersi compreso e compensato nel prezzo a corpo dell'opera finita interessata da tale lavorazione.

3.6 DEMOLIZIONI

3.6.1 DEMOLIZIONI DI STRUTTURE IN C.A., MURATURE E CALCESTRUZZI

Le demolizioni in genere si eseguiranno con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, pertanto sarà vietato gettare dall'alto i materiali in genere, che invece saranno trasportati o guidati in basso; inoltre, si eviterà di sollevare polvere, per cui tanto le murature quanto i materiali di risulta verranno opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni si procederà in modo da non deteriorare i materiali che possano ancora impiegarsi utilmente. Mentre, i materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni verranno sempre, ed al più presto, trasportati in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori la sede dei lavori con le norme o cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie.

3.6.2 SMANTELLAMENTO DI RECINZIONI ESISTENTI, CANCELLI, ECC.

Ove previsto, si eseguirà lo smantellamento di recinzioni esistenti in rete metallica od in filo spinato con i relativi pali nonché dei relativi cancelli.

I materiali provenienti dagli smantellamenti verranno stoccati in apposite aree e/o conferiti in discarica.

3.7 RILEVATI E RINTERRI

Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature, o da addossare alle murature, si impiegheranno in generale, e fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti in cantiere, in quanto disponibili ed idonei per la formazione dei rilevati.

Se venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti da cave che forniscano materiali idonei.

3.7.1 RILEVATI COMPATTATI E SOVRASTRUTTURE PER PIAZZOLE E STRADE

I rilevati compattati saranno costituiti da terreni adatti, esclusi quelli vegetali, che verranno messi in opera a strati non eccedenti i 25-30 cm, costipati meccanicamente mediante idonei attrezzi (rulli a punte od a griglia – nonché quelli pneumatici zavorrati secondo la natura del terreno ed eventualmente lo stadio di compattazione o con piastre vibranti) regolando il numero dei passaggi e l'aggiunta dell'acqua.

Ogni strato sarà costipato in modo da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti, fino al raggiungimento del valore prefissato.

Per la formazione delle sovrastrutture di piazzole e strade si utilizzerà come materiale il misto granulare di cava.

Nel caso in cui le piazzole vengano posate su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento con una compattazione del terreno che non raggiunga il valore prefissato si provvederà alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione del materiale.

Per la formazione dei rilevati devono essere utilizzati i materiali appartenenti al gruppo AI, come risulta dalla norma CNR-UNI 10006.

L'esecuzione dei rilevati può iniziare solo quando i piani di posa risulteranno costipati con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno; il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Modulo di deformazione "Md" di almeno 300 kg/cmq per i sopracitati piani di posa o di bonifica e pari ad un "Md" di almeno 600 kg/cmq per piani ottenuti con rilevato, da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 500 mq di area trattata o frazione di essa.

Nella esecuzione dei rilevati, il materiale deve essere steso a strati di 25 cm di altezza compattati, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e sia rifilato secondo progetto.

Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale innaffiamento o ventilazione fino all'ottimo della umidità. Il corpo di materiale può dirsi costipato quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Md" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Il controllo delle compattazioni in genere deve essere eseguito su ogni strato mediante una prova di carico su piastra ogni 500 mq di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

A costipamento avvenuto, se i controlli risultano favorevoli, si può dar luogo a procedere allo stendimento ed alla compattazione dello strato successivo.

La determinazione del Modulo di deformazione deve essere effettuata in corrispondenza del primo ciclo di carico ed i valori di "MD" vengono valutati in corrispondenza dell'intervallo 0,5÷3,5 kg/cmq per il terreno in sito (scotico) e 2,5÷3,5 kg/cmq per il rilevato.

Gli incrementi successivi di carico, nelle prove di tutti gli strati, devono essere di 0,5 kg/cmq iniziando da 0,5 e proseguendo fino a 3,5 kg/cm.

Il passaggio al carico immediatamente superiore a quello in esame è consentito quando il cedimento sia inferiore a 0,05 mm dopo 3 minuti di applicazione del carico.

Le prove effettuate vengono rappresentate mediante diagramma pressioni-cedimenti.

Il peso di contrasto per le prove deve essere di ca. 5 t.

In aggiunta a quanto precedentemente detto, se le caratteristiche e le dimensioni degli elementi costituenti il materiale lo consentono, il corpo di materiale può dirsi costipato quando la percentuale di costipamento rispetto alla densità secca max A.A.S.H.T.O. modificata raggiunge il 95% in ogni punto del rilevato o della soprastruttura.

Il controllo viene effettuato confrontando la densità secca in sito del rilevato o della soprastruttura con la densità secca max dei materiali ottenuta con la prova A.A.S.H.T.O. modificata in relazione alla massima dimensione degli elementi costituenti il materiale.

Questo controllo viene eseguito su ogni strato, in contraddittorio, a richiesta della D.L. con le seguenti modalità:

- 4 prove di Densità in sito
- 2 prove di Densità max A.A.S.H.T.O. modificata.

3.7.2 PREPARAZIONE E BONIFICA DI SOTTOFONDI

Il terreno interessato dalla costruzione del corpo stradale che dovrà sopportare direttamente o la sovrastruttura od i rilevati, si preparerà asportando il terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità prefissata.

I piani di posa verranno anche liberati da qualsiasi materiale di altra natura vegetale, quali radici, cespugli ed alberi.

Per l'accertamento del raggiungimento delle caratteristiche stabilite dei sottofondi si provvederà a tutte le prove e determinazioni necessarie.

Le zone di piazzole, di strade di accesso alle piazzole degli aerogeneratori ottenute per mezzo di scavo di sbancamento ed atte a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di sottofondo non raggiunge nella costipazione il valore di "Md" pari a 300 kg/cm², nonché le aree interessate dalla viabilità esistente di accesso ai siti eolici la cui pavimentazione risultasse ammalorata, devono essere oggetto di trattamento di "bonifica" mediante la sostituzione di uno strato di terreno o di massicciata stradale dello spessore indicato in progetto o in loco dalla D.L. con equivalente in misto granulare arido proveniente da cava di prestito reperita dall'Appaltatore.

Detto materiale apparterrà al gruppo A1 come risulta dalla norma CNR-UNI 10006 e dovrà essere steso a strati e compattato con criteri e modalità già definiti.

La bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un "Md" di almeno 300 kg/cm², da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità già definite in precedenza, con la frequenza di una prova ogni 500 mq di area bonificata, o frazione di essa.

3.7.3 RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI ALLE MURATURE E RIEMPIMENTI CON PIETRE

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si impiegheranno materie sciolte, silicee o ghiaiose, ma non verranno impiegate quelle argillose e, in generale, tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti verrà usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di uguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con automezzi non verranno scaricate direttamente contro le murature, ma si depositeranno in vicinanza dell'opera per essere riprese poi al momento della formazione dei suddetti rinterri.

I riempimenti verranno formati con pietrame che verrà collocato in opera a mano su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per i drenaggi si sceglieranno le pietre più grosse e regolari e, possibilmente, negli strati inferiori, il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre.

Sull'ultimo strato di pietrisco verranno pigiate convenientemente le terre con le quali si completerà il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

3.8 PAVIMENTAZIONI STRADALI

3.8.1 FORMAZIONE DI RIPRISTINO DELLE PAVIMENTAZIONI IN MACADAM

OSSATURA DI SOTTOFONDO

Per la formazione dell'ossatura di sottofondo di massicciate, dello spessore di 15 cm dopo compattazione, da effettuare con battitore meccanico o con rullo compressore, si impiegheranno ghiaie e pietrischi costituiti da elementi omogenei provenienti dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, o calcari puri e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione, al gelo.

Il pietrisco sarà di tipo 40171 UNI 2710 e la ghiaia di tipo 40/71 UNI 2710.

Il materiale dovrà essere scevro di materie terrose o comunque materie eterogenee.

Agli effetti dei requisiti di caratterizzazione e di accettazione, i pietrischi avranno una resistenza a compressione di almeno 1200 Kg/cmq, un potere legante non inferiore a 30 per l'impiego in zone umide e non inferiore a 40 per l'impiego in zone aride, un coefficiente di qualità per prova DEVAL non inferiore a 12.

Qualora non sia possibile ottenere il pietrisco da cava di roccia, è consentita, previo parere favorevole della D.L., l'utilizzazione di:

- massi provenienti dagli scavi, ridotti a dimensioni idonee;
- ciottoli o massi ricavabili da fiumi o torrenti semprechè siano provenienti da rocce di qualità idonea;

Il materiale dovrà essere steso a strati di spessore non superiore ai 20 cm e cilindrato per ogni strato onde, ottenere una efficace compattazione atta a garantire il transito degli automezzi pesanti ed un $M_d > 800 \text{ kg/cmq}$.

STRATO SUPERFICIALE

Sulle superfici dell'ossatura di sottofondo destinate al transito verrà steso uno strato di stabilizzato di cava tipo "A1-b" ($D < 30 \text{ mm}$) UNI 10006, dello spessore di 10 cm dopo compattazione, da effettuare con battitore meccanico o con rullo compressore, con $M_d > 1000$ o, se richiesto dalla D.L., pietrisco di frantoio 10120 UNI 2710.

Le caratteristiche tecnologiche di accettazione dei pietrisco saranno tali da garantire un coefficiente di frantumazione non superiore a 120, resistenza alla compressione non inferiore a 1400 Kg/cmq ed infine una resistenza all'usura minima di 0,8.

3.8.2 RIPRISTINO PAVIMENTAZIONI BITUMATE

Il cassonetto sarà ripristinato con materiale stabilizzato di cava di Tipo "A1 -a" oppure "A1 -b" in accordo con la norma CNR-UNI 10006, a strati ben costipati da comprimere con battitore meccanico o con rullo compressore, fino a circa 10cm dal piano di progetto.

Sopra lo stabilizzato di cava, a seguito di trattamento di semi-penetrazione tramite lo spandimento di emulsione bituminosa in due successive passate, dovrà essere steso uno strato di conglomerato bituminoso (binder) a grossa granulometria (5÷20mm) dello spessore di 10cm dopo compressione.

Dopo un periodo di assestamento di 10÷15 giorni, sui riporti eseguiti dovrà essere steso il tappetino bituminoso d'usura dello spessore medio di 3cm.

Il tappetino, accuratamente rifilato ai bordi, sarà confezionato con impasto bituminoso di graniglia, con granulometria 3÷5mm, con sabbia, additivo minerale e con tenore dell'8% di bitume, di penetrazione media 130÷150mm.

3.8.3 RIMESSA IN PRISTINO DEI TERRENI

I terreni interessati dall'occupazione temporanea dei mezzi d'opera o dal deposito provvisorio dei materiali di risulta o di quelli necessari alle varie lavorazioni, dovranno essere rimessi in pristino.

Quando trattasi di terreno agricolo, il terreno dovrà essere dissodato e rilavorato effettuando la lavorazione esistente al momento dell'apertura della pista.

Quando trattasi di incolto agricolo il terreno dovrà essere dissodato e regolarizzato. In tutti i casi si dovrà:

- provvedere al ripristino del regolare deflusso delle acque di pioggia attraverso la rete
- idraulica costituita dalle fosse campestri, provvedendo a ripulirle ed a ripristinarne la sezione originaria;
- eliminare dalla superficie della pista e dell'area provvisoria di lavoro, ogni residuo di lavorazione o di materiali;
- dare al terreno la pendenza originaria al fine di evitare ristagni

3.8.4 TRASPORTO E POSA A DISCARICA DEI MATERIALI DI RISULTA

L'Appaltatore deve provvedere a qualsiasi onere, incombenza e prestazione relativa al trasporto ed alla collocazione in idonea discarica autorizzata dei materiali di risulta prodotti dal cantiere (scavi, demolizioni, lavorazioni varie, etc.) e non riutilizzabili nello stesso, sollevando il Committente dall'assunzione di ogni e qualsiasi responsabilità in merito. L'Appaltatore si impegna a dare priorità, nella scelta delle aree di discarica, a quelle individuate o già predisposte allo scopo ove sarà realizzata l'opera ed in ogni caso a quelle più vicine al cantiere, mantenendo tuttavia una distanza dallo stesso non inferiore ai 200 m.

Comunque la disponibilità delle discariche deve essere assicurata dall'Appaltatore di sua iniziativa ed a tutta sua cura, spese e responsabilità, nel totale rispetto della Legislazione vigente, degli strumenti urbanistici locali e dei vincoli imposti dalle competenti Autorità.

Di tutto ciò l'Appaltatore è perfettamente cosciente ed informato, avendo svolto, anche in sede di gara d'Appalto, tutte le necessarie indagini atte a quantificare correttamente gli aspetti tecnici ed economici connessi alla collocazione a discarica dei materiali di risulta.

3.9.1 TRINCEE DRENANTI

Allo scopo di smaltire le acque superficiali convogliate e/o abbattere e regimare il livello di falda dal piano di campagna, ove previsto negli elaborati di progetto e comunque in accordo con la D.L., si ricorrerà all'uso di drenaggi di superficie, costituiti da trincee drenanti, sviluppate generalmente in direzione monte-valle, scaricanti direttamente in compluvi naturali od in altre analoghe opere di raccolta e di scarico acque.

Le trincee saranno realizzate mediante scavo a sezione obbligata, con mezzo meccanico, della larghezza di 50÷70 cm e profondità e lunghezza, secondo i profili di progetto; quando il sistema di drenaggio interessa aree sedi di rilevato, l'escavazione delle trincee sarà successiva aviazione di scotico di tutta l'area di impronta del rilevato stesso.

Il fondo della trincea, previa accurata pulizia dello scavo, dovrà risultare costantemente in pendenza secondo i valori di progetto.

All'interno della trincea, con la dovuta cura e con tutti gli accorgimenti atti ad impedire l'ingresso di terre nella stessa, sarà disposto il geotessile avente funzione di filtro contro il passaggio delle particelle solide all'interno del corpo drenante. Il telo sarà posto in opera con sovrammonti di almeno 25 cm lungo l'asse della trincea, e di almeno 40 cm sul corpo del materiale arido drenante, nel senso trasversale della trincea.

Sul fondo della trincea già rivestita di geotessile sarà stesa, qualora prevista in progetto o secondo disposizioni della D.L., la tubazione atta a captare ed a convogliare le acque drenate allo scarico. La tubazione, che dovrà essere del tipo "fessurato" o "forato", in barre rigide di lamiera ondulata in acciaio zincato o, di altro idoneo materiale, dovrà avere il diametro e lo spessore risultanti dagli elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

Le tubazioni saranno depositate sul fondo della trincea in posizione allineata e con le estremità a contatto.

Le trincee saranno riempite con materiale arido selezionato, e preferibilmente lavato, di fiume o di cava, con pezzatura max 100 mm, pezzatura minima pari ad almeno 1,5 volte il diametro dei fori della tubazione di scolo, ma non minore comunque di 15 mm.

Al fine di evitare danneggiamenti alla tubazione di scolo si prescrive che il primo strato di materiale, almeno fino a 15 cm oltre l'estradosso della tubazione, sia di pezzatura meno grossolana, e che la successiva posa in opera del materiale di pezzatura maggiore avvenga senza caduta dall'alto.

Nella fase di riempimento delle trincee si dovranno rispettare fedelmente le quote progettuali di chiusura del geotessile o quantomeno l'altezza minima di quest'ultimo dal fondo scavo.

Ad avvenuta chiusura dei teli, nelle aree sedi di rilevato la trincea sarà ulteriormente riempita, fino al piano di scotico o di gradonatura a seconda delle disposizioni impartite dalla D.L. con il medesimo materiale arido selezionato o con terreno vegetale nel caso in cui le trincee drenanti siano poste in sedi naturali.

3.9.2 DRENAGGI CONTRO-MURO

Sul paramento interno di muri o di altre opere in calcestruzzo, ed ovunque lo richieda la D.L., verranno eseguiti drenaggi per la captazione e l'evacuazione delle acque provenienti dai terreni.

I drenaggi potranno essere realizzati, secondo quanto previsto in progetto o richiesto dalla D.L., come segue:

- con scapoli di pietrame arenario o calcareo assestati a mano, eventualmente rifioriti in testa con pietrame di minori dimensioni;
- con materiale arido di cava, di pezzatura minima 30 mm e massima 100 mm.

L'acqua drenata si convoglierà nelle canalette appositamente predisposte nei getti, oppure nelle tubazioni forate o fessurate in p.v.c. collocate a tergo delle pareti verticali, oppure defluirà dalle estremità delle opere stesse e/o delle tubazioni in p.v.c. collocate nei getti trasversalmente alle pareti delle strutture. Se richiesto, il drenaggio dovrà essere alloggiato entro un geotessile drenante con tipologia e prescrizioni di posa in opera cui al successivo "Geotessile".

3.10 GEOTESSILE

Per la realizzazione di opere specifiche quali drenaggi, scogliere, ecc. sarà necessario l'utilizzo di geotessile.

Il "Geotessile" è un prodotto caratterizzato da proprietà fisiche, meccaniche ed idrauliche tali da poter essere impiegato in opere di ingegneria civile, a contatto con il terreno.

I tessuti non tessuti sono costituiti da fibre artificiali legate tra di loro ed in tutti i sensi tramite un processo meccanico denominato agugliatura.

Sono prodotti assolutamente privi di leganti chimici e di conseguenza possono essere considerati atossici e non inquinanti.

Le principali funzioni di un geotessile nelle opere di ingegneria civile possono essere così schematizzate:

- funzioni idrauliche quali drenaggio e filtraggio;
- funzioni meccaniche quali separazione, rinforzo e protezione.

3.10.1 GEOTESSILE PER DRENAGGI

Per l'esecuzione di trincee drenanti, micro-dreni e per drenaggi a tergo di opere in calcestruzzo, verranno utilizzati geotessili aventi funzione di filtro contro il passaggio di particelle solide all'interno del corpo drenante.

Analogamente per l'esecuzione di drenaggi verrà utilizzata la stessa tipologia di geotessile con la funzione di filtro che avrà anche la funzione di separazione del terreno vegetale di ripristino delle piazzole dalla sottostante ossatura carrabile.

3.10.2 GEOTESSILE PER SEPARAZIONI

Per la separazione di rilevati o sovrastrutture dai relativi piani di posa, qualora questi presentino il rischio di contaminare con argille o limi il materiale arido di riporto, verranno utilizzati geotessili aventi funzione di separazione e quindi di trattenimento delle particelle più fini del terreno in sito.

Il geotessile verrà steso avendo cura di evitare il contatto con ciottoli spigolosi o di dimensioni notevoli rispetto alla granulometria dominante.

3.11 GABBIONATE

Per la sistemazione delle aree connesse o adiacenti alle piazzole degli aerogeneratori e/o per la regimazione idraulica di fossati limitrofi, si realizzeranno delle gabbionate in varie forme e dimensioni a seconda delle necessità.

La costruzione di tali manufatti avverrà poggiando gli stessi su superfici regolarizzate e consolidate, atte a sostenere il peso delle opere ed a non essere svuotate ed erose dalle acque in movimento.

3.12 CALCESTRUZZO E ACCIAIO

3.12.1 REQUISITI DEI MATERIALI DA IMPIEGARE, CONTENUTO D'ACQUA

I materiali che si utilizzeranno per la preparazione dei calcestruzzi corrisponderanno a quanto prescritto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" approvate con D.M. 14 gennaio 2008 in riferimento al tipo ed al numero di controlli e per le prove che dovranno essere eseguite sui materiali stessi; dovranno inoltre essere tutti perfettamente idonei ed approvati dalla D.L.

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

Il rapporto acqua-cemento e quindi, il dosaggio del cemento, sarà scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

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

L'acqua dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri e solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate.

3.12.2 LEGANTI IDRAULICI

I leganti idraulici da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella normativa. Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanica.

Il dosaggio minimo di cemento per mc di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro minimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981, Parte Seconda, sulla durabilità del calcestruzzo, il tutto come riportato negli elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla D.L..

Sarà usato generalmente cemento tipo C35/45 salvo diverse risultanti conseguenti la progettazione esecutiva.

3.12.3 INERTI

Gli inerti potranno provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e potranno essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche.

Saranno accuratamente vagliati e lavati, privi di sostanze terrose ed organiche, provenienti da rocce non scistose, né gelive opportunamente miscelati con sabbia di fiume silicea, aspra al tatto, di forma angolosa e granulometricamente assortita.

Dovranno soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale dei 9/01/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Categoria A della Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo tale che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre senza pericolo di segregazione.

Probabilmente il Diametro Massimo dell'inerte sarà indicato pari a 16-20mm.

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

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

3.12.4 CLASSE DEI CALCESTRUZZI

Tutte le strutture per fondazioni, platee, pozzetti, muri ecc. saranno realizzate con calcestruzzo della classe specificata sugli elaborati progettuali per ogni singola opera e/o indicata dalla D.L..

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

3.12.5 CALCESTRUZZI MAGRI E DI RIEMPIMENTO

I cls magri per getti di imposta delle fondazioni (magroni di sottofondazione), dovranno essere dosati con non meno di 1,5 ql di cemento tipo R325 per ogni mc di impasto.

3.12.6 DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DEI CLS

Per ogni singola Classe di cls e per ogni singola opera, verranno effettuati prelievi dagli impasti, nel numero indicato di volta in volta dalla D.L. secondo le indicazioni della normativa vigente.

I provini prelevati, datati e contrassegnati in modo indelebile con riferimento alla fase di getto ed al manufatto cui si riferiscono, saranno conservati, a cura dell'Appaltatore, in luogo scelto in accordo con la D.L. e, ad avvenuta stagionatura, saranno sottoposti alle prove di schiacciamento come previsto dalle Norme, presso un Laboratorio Ufficiale.

3.12.7 CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

Sarà autorizzato l'impiego di cls. preconfezionato presso impianti di betonaggio della zona, purché in detti impianti si seguano le indicazioni di Norma.

Sarà cura ed onere dall'Appaltatore fornire alla D.L. idonea certificazione relativa alla composizione dei cls proveniente dalla centrale di betonaggio.

3.12.8 MODALITÀ ESECUTIVE DEI GETTI DI CLS

Oltre a quanto previsto dalla Normativa vigente, si precisa che il cls sarà posto in opera, appena confezionato, in strati successivi fresco su fresco, possibilmente per tutta la superficie interessata il getto, convenientemente pestonato e vibrato con vibratori meccanici ad immersione e/o percussione, evitando accuratamente la segregazione degli inerti.

Non potranno inoltre essere eseguite interruzioni nei getti di cls se non previste nei disegni di progetto ovvero preventivamente concordate con la D.L.

I getti saranno effettuati con l'ausilio di pompa da calcestruzzo, naturalmente a cura e spese dell'Appaltatore, evitando nel contempo la caduta libera dell'impasto da altezze superiori a 1,5 m.

Tutte le superfici orizzontali dei getti di cls che rimarranno in vista dovranno essere rifinite e lisce a frattazzo fine in fase di presa dei getti.

È vietato porre in opera conglomerati cementizio a temperatura inferiore a zero gradi centigradi.

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

Tutti i getti dovranno essere mantenuti convenientemente bagnati durante la prima fase della presa (almeno tre giorni) e protetti con idonei tessuti inumiditi.

Al momento del getto, fermo restando l'obbligo di corrispondere alle caratteristiche della Classe prescritta, il calcestruzzo dovrà avere consistenza tale da permettere una buona lavorabilità e nello stesso tempo da limitare al massimo i fenomeni di ritiro, nel rispetto del rapporto acqua/cemento definito.

3.12.9 ADDITIVI PER CALCESTRUZZI

Gli additivi da usare nel CLS saranno indicati in fase di progettazione esecutiva.

3.12.10 CASSEFORME PER OPERE IN CALCESTRUZZO

Per l'esecuzione dei getti in cls si costruiranno casseri con l'esatta forma e dimensione prevista dai disegni di progetto e atti a resistere al peso della struttura, agli urti, nonché alle vibrazioni prodotte durante la posa del cls; la superficie dei casseri dovrà essere accuratamente pulita e, se necessario, trattata opportunamente per assicurare che la superficie esterna dei getti risulti regolare e liscia.

Nel caso sia necessario le cassetture saranno supportate da specifiche strutture di sostegno adatte ai volumi di calcestruzzo da contenere ed alla quota in elevazione da raggiungere.

In ogni caso per il disarmo si rimanda alle Norme Tecniche vigenti.

Dopo il disarmo l'Appaltatore, a proprie spese, deve curare l'asportazione di tutte le sbavature, tagliare i tiranti metallici ed effettuare i rappezzamenti necessari, secondo quanto confacente al caso, previa approvazione da parte della D.L. delle modalità esecutive e delle malte da utilizzare.

In funzione dell'opera da realizzare, le cassetture potranno essere confezionate con pannelli metallici, con pannellature di legno, e/o con l'impiego di tavole di legno di abete dello spessore di 2,5 cm.

3.12.11 GIUNTI STRUTTURALI

Per separare le strutture di diversa natura e permettere movimenti differenziali, ovvero per consentire la dilatazione delle strutture stesse, si dovranno realizzare giunti come appresso descritto.

3.12.12 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

L'acciaio dovrà corrispondere alle caratteristiche specifiche dalle Norme Tecniche vigenti.

Sarà impiegato acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo Fe B 450C a seconda di quanto previsto negli elaborati di progetto, per tutte le opere, e rete elettrosaldata in vari diametri e maglie, del tipo conforme alle specifiche dei D.M. sopracitato.

L'Appaltatore dovrà fornire i certificati di controllo come prescritto dalla normativa sopracitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale o copia conforme all'originale ai sensi dell'Art.14 della Legge n°15 del 04/01/1968.

Secondo le indicazioni della D.L., si provvederà anche al prelievo di spezzoni di barre da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche; detti spezzoni verranno inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'Appaltatore al quale spetteranno anche gli oneri relativi alle prove stesse.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera dovranno effettuarsi secondo le prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in c.a..

L'armatura sarà posta in opera nelle casseforme secondo le prescrizioni assegnate dai disegni di progetto, facendo particolare attenzione che le parti esterne di detta armatura vengano ricoperte dal prescritto spessore di calcestruzzo (copriferro).

Le armature saranno mantenute in posizione all'interno delle casseforme mediante opportuni supporti, che a struttura scasserata non dovranno dar luogo ad infiltrazioni.

Il posizionamento di ciascuna barra di armatura sarà ottenuto con legatura di filo di ferro ricotto in modo da ottenere una gabbia rigida ed indeformabile e, qualora previsto nel progetto, si provvederà a cortocircuitare la gabbia di armatura per il collegamento con la rete di Terra; se necessario saranno usate anche delle barre di irrigidimento.

L'Appaltatore potrà dare luogo alle lavorazioni dell'armatura metallica fuori dal cantiere, provvedendo quindi alla "prefabbricazione e premontaggio" della stessa secondo moduli trasportabili entro i comuni limiti di sagoma previsti dalle norme di circolazione stradale.

Nel cantiere si deve provvedere soltanto alla collocazione in opera delle suddette armature in blocchi, poggiandole sopra i magroni già realizzati e nelle apposite casseforme atte al contenimento dei getti in calcestruzzo, curando il perfetto posizionamento dei vari blocchi, il loro collegamento con le apposite barre di interconnessione, il loro mantenimento in posizione durante il getto e la presa del calcestruzzo.

3.12.13 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ

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

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

3.13 MURATURE IN CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo verrà messo in opera appena confezionato e disposto a strati orizzontali, possibilmente per tutta la superficie interessata dal getto, ben battuto e costipato, in modo che non resti alcun vano nello spazio che deve contenerlo nella sua massa.

Concluso il getto e spianata la superficie superiore, il calcestruzzo verrà lasciato assodare per tutto il tempo necessario per reggere la pressione che esso stesso dovrà sopportare.

Quando il calcestruzzo sarà impiegato in rivestimento di scarpate, dovrà essere coperto con uno strato di sabbia di almeno 10 cm ed essere bagnato con frequenza ed abbondanza per impedire il troppo rapido prosciugamento.

3.14 ANCORAGGI

Per la predisposizione di ciascun plinto in cemento armato di fondazione degli aerogeneratori e della torre anemometrica al successivo montaggio della struttura metallica in elevazione (torre aerogeneratore o torre anemometrica) si inserirà, nel relativo getto di calcestruzzo, una struttura di interfaccia in carpenteria metallica munita di flange di ancoraggio, di piastre in acciaio al fine di garantirne il corretto posizionamento.

Per la predisposizione delle strutture edili in genere al successivo montaggio di componenti impiantistici vari, verranno inseriti nelle stesse piastre in acciaio di ogni tipo e dimensione, tirafondi con o senza flange, inserti scatolari ed altri manufatti metallici.

3.15 IMPERMEABILIZZAZIONI E COMPOSITI

Le opere di impermeabilizzazione serviranno a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il passaggio di acqua (sotto forma liquida o gassosa) attraverso le pareti, fondazioni, ecc., o comunque lo scambio igrometrico tra ambienti.

Le impermeabilizzazioni verranno realizzate mediante l'utilizzo di guaine prefabbricate bituminose oppure di rivestimenti bituminosi.

Al fine di determinare la captazione ed il trasporto delle acque in trincea in terra verrà messo in opera un geo-composito drenante, costituito da due filtri esterni in non tessuto con interposta una struttura drenante tridimensionale ad elevato indice di vuoto.

3.16 CONTROLLO FINALE DEL PLINTO DELL'AEROGENERATORE

Prima di innalzare la torre, si dovrà effettuare un'ispezione finale della fondazione.

Per il calcestruzzo normale è richiesto una maturazione di almeno 4 settimane.

4 AEROGENERATORE

Sul mercato esistono differenti tipologie di aerogeneratori, quelli costituenti l'impianto eolico in questione hanno tutti lo stesso numero di pale, la stessa altezza, il medesimo senso di rotazione.

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto:

- avrà una Potenza Nominale pari a **7,2 MW**;
- sarà costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di **200mt** rispetto al suolo;
- con rotore di diametro massimo pari a **172 m**.

Tra gli aerogeneratori presenti oggi sul mercato, uno di quelli che rispondono ai requisiti appena enunciati è la macchina **VESTAS V172 7.2**, che presenta una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a **114 mt** dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a **172m** (raggio rotore pari a **86 mt**), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di **200 mt slt**.

Modelli simili, aventi le stesse caratteristiche geometriche e prestazionali ma di altri costruttori potrebbero arrivare sul mercato nei prossimi mesi, prima dell'avvio dei lavori per il presente progetto.

Ferme restando le caratteristiche geometriche e prestazionali appena enunciate, il modello di aerogeneratore effettivamente utilizzato sarà pertanto scelto prima dell'avvio dei lavori e comunicato unicamente alla Comunicazione di Inizio Lavori.

L'impianto eolico sarà costituito da **8** aerogeneratori da **7,2 MW** cad., per una potenza elettrica complessiva pari a **57,6 MW**.

La tensione in uscita ai morsetti dell'alternatore verrà innalzata in media tensione (30.000 V) tramite un trasformatore in resina MT/BT per poi essere convogliare l'energia prodotta verso il punto di interfaccia con la rete (Sottostazione Elettrica Utente MT/AT).

Il tipo di aerogeneratore scelto si configura come una turbina ad asse orizzontale, composto da una torre tubolare in acciaio, una navicella in vetroresina ed un rotore munito di tre pale.

Il movimento della turbina è regolato da un sistema di controllo del passo indipendente per ciascuna pala e da un sistema attivo di imbardata della navicella.

In tal modo il rotore può operare ad una velocità variabile, massimizzando la producibilità e minimizzando i carichi e le emissioni sonore.

4.1 NAVICELLA

La navicella in fibra di vetro è caratterizzata da un'apertura nel pavimento che permette l'accesso alla stessa dalla torre.

Il tetto è dotato di un lucernario che può essere aperto per accedere ai sensori montati sopra la navicella stessa. Inoltre, se necessario, sarà possibile inserire, al di sopra della navicella, le luci di segnalazione per gli enti aeronautici.

4.2 BASAMENTO NAVICELLA

Il telaio della navicella è stato progettato usando dei criteri di semplicità meccanica ma con una robustezza tale da supportare gli elementi della navicella e trasmettere i carichi alla torre.

Questi carichi sono trasmessi attraverso il sistema di imbardata.

Il basamento della navicella è suddiviso in due parti una anteriore in ghisa e l'altra posteriore in una struttura a trave.

La parte in ghisa è utilizzata come fondazione del moltiplicatore di giri e del generatore.

La parte inferiore è connessa al cuscinetto di imbardata.

4.3 MOLTIPLICATORE DI GIRI

Il moltiplicatore di giri, fissato al basamento della navicella, trasmette la rotazione dal rotore al generatore.

L'unità è la combinazione di uno stadio planetario e due stadi paralleli elicoidali paralleli.

Il moltiplicatore di giri ha un sistema di lubrificazione principale mediante un filtraggio associato ad un'alta velocità di trasmissione.

Inoltre, è presente un secondario sistema di filtraggio elettrico il quale permette la pulizia dell'olio, riducendo in tal modo il numero di guasti, insieme ad un terzo sistema di raffreddamento.

4.4 SISTEMA DI IMBARDATA

Il sistema di imbardata abilita la rotazione della navicella attorno agli assi della torre.

Si tratta di un sistema attivo che opera in accordo con le informazioni ricevute dagli anemometri e dai sensori installati nella parte superiore della navicella.

I cuscinetti di imbardata sono utilizzati per ottenere un'adeguata torsione al fine di controllare la rotazione dell'imbardata.

Il sistema di imbardata automatico si disattiva quando la velocità del vento scende sotto i 3 m/s.

4.5 SISTEMA FRENANTE

Il freno aerodinamico, attivato dal controllo del passo delle pale permette di frenare le pale fino alla posizione estrema (messa in bandiera).

Inoltre, quando la turbina è già decelerata dal freno aerodinamico, il sistema idraulico fornisce una pressione al freno a disco che agisce direttamente sull'albero lento.

Il freno di stazionamento può essere attivato anche manualmente mediante un bottone di emergenza posizionato all'interno della turbina.

4.6 GENERATORE

Il generatore è un trifase di tipo asincrono con un'elevata efficienza ed il cui raffreddamento avviene mediante uno scambiatore di calore aria-aria.

Il sistema di controllo permette di operare a velocità variabili usando il controllo sulla frequenza del rotore.

Le caratteristiche del generatore sono le seguenti:

- comportamento sincrono nei confronti della rete;
- operatività ottimale a qualsiasi velocità del vento, massimizzando la producibilità e minimizzando i carichi e le emissioni sonore;
- controllo di potenza attiva e reattiva;
- graduale connessione e disconnessione dalla rete elettrica.

4.7 TRASFORMATORE

Il trasformatore è posizionato in un compartimento separato mediante un pannello metallico, nella parte posteriore della navicella, in modo da creare un isolamento termico ed elettrico.

Esso è del tipo trifase a secco in resina e trasforma l'energia elettrica prodotta dal Generatore a 30kV

Essendo a secco sono minimizzati i rischi di incendio ma in ogni caso il trasformatore include tutte le misure di protezione necessarie.

4.8 ROTORE - MOZZO

Il mozzo è realizzato in ghisa ed usato per trasmettere la potenza al generatore attraverso la trasmissione.

Esso è collegato alla radice esterna delle tre pale ed all'albero principale mediante imbullonatura.

Il mozzo ha un'apertura frontale che permette l'accesso all'interno per le eventuali ispezioni e la manutenzione del sistema di controllo del passo della pala.

L'altezza dal piano campagna del mozzo nel caso dell'aerogeneratore in questione è di 110mt.

4.9 REGOLAZIONE DEL PASSO

Il meccanismo di regolazione del passo è localizzato nel mozzo ed il cambiamento del passo della pala è determinato da cilindri idraulici, i quali permettono la rotazione della pala tra 5° e 95°.

Ogni pala possiede il proprio cilindro idraulico di azionamento.

Sulla base delle condizioni di vento, le pale sono continuamente posizionate con un angolo di calettamento ottimale.

La regolazione del passo funziona in accordo con i seguenti parametri:

- quando la velocità del vento è minore di quella nominale, l'angolo di inclinazione è impostato in modo da massimizzare la potenza elettrica per ciascun valore di velocità del vento;
- quanto la velocità del vento è superiore di quella nominale, l'angolo di inclinazione è impostato in modo da riportare i valori di potenza a quella nominale.

4.10 PALE

Le pale sono realizzate in fibre di vetro e di carbonio rinforzate con resina epossidica.

Ciascuna pala consiste in due gusci disposti attorno ad una trave portante.

Le pale sono realizzate in modo tale da minimizzare il rumore ed i riflessi di luce; il profilo delle stesse è disegnato per svolgere due funzioni di base: strutturale ed aerodinamica.

Ogni pala possiede un sistema di protezione contro i fulmini consistente in ricevitori posizionati sulla punta della pala e conduttori di filo di rame all'interno della pala stessa.

4.11 TORRE

La torre è realizzata in acciaio tubolare suddivisa in sezioni di forma tronco-conica.

Qualora fosse necessario all'interno potrebbe essere installato anche un ascensore che condurrebbe alla navicella in sommità.

4.12 CONTROLLO E REGOLAZIONE

La turbina è controllata e monitorata da idoneo sistema hardware e da apposito software del Costruttore.

Il sistema di controllo si basa su quattro parti principali (base, navicella, mozzo e converter) le quali sono connesse da idoneo network.

Le principali caratteristiche del sistema di controllo della turbina sono le seguenti:

- monitoraggio continuo e supervisione dei componenti delle turbine;
- sincronizzazione del generatore alla rete durante la sequenza di collegamento per limitare il flusso di corrente;
- funzionamento della turbina durante le varie situazioni di guasto;
- imbardata automatica della navicella;
- controllo delle emissioni acustiche;
- monitoraggio delle condizioni ambientali;
- monitoraggio della rete.

4.13 MONITORAGGIO

I parametri della turbina e della produzione di energia sono controllati da differenti sensori di misura: ci sono dei sensori che catturano i segnali esterni alla turbina come ad esempio la temperatura esterna o la direzione del vento; altri sensori registrano i parametri di funzionamento delle turbine come temperatura, livelli di pressione, vibrazioni e posizione delle pale.

Tutte le informazioni sono registrate ed analizzate in tempo reale e convogliate nelle funzioni di monitoraggio del sistema di controllo.

4.14 PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

L'aerogeneratore in oggetto è dotato di sistema di protezione contro i fulmini, il quale protegge la turbina dalla punta della pala fino alla fondazione.

Il sistema permette che la corrente generata dai fulmini non interferisca con i componenti vitali all'interno della pala, della navicella e della torre, senza causare danni.

Il sistema di protezione contro i fulmini è progettato in accordo con la IEC 62305, IEC 61400-24 e IEC 61024 – “Lightning Protection of Wind Turbine Generators” Livello 1.

5 CAVI ELETTRICI DI CONNESSIONE

5.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali norme a cui si fa riferimento nel progetto sono:

- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- CEI 20-66: Cavi energia con isolamento estruso e loro accessori per tensioni nominali superiori a 36 kV ($U_m = 42$ kV) fino a 150 kV ($U_m = 170$ kV);
- CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni”;
- CEI EN 50522 (CEI 99-3) “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”;
- CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- CEI 11-35: Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente;
- CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12);
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- Delibera ARERA 439/2021/R/EEL e nuovo Allegato A.2 al Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete di TERNA.
- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- CEI 11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell’energia elettrica – Linee in cavo”, terza edizione, 2006-07;
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana", prima edizione, 2001-01;

- CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, terza edizione, 1997:12;
- CEI 106-11, “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”, prima edizione, 2006:02;
- Norma Tecnica IEC 60287 – “Electric cables – Calculation of the current rating”;
- Norma Tecnica CEI 20-21:1998-01, ed. seconda – “Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1. In regime permanente (fattore di carico 100%)”;
- Norma Tecnica IEC 60583 – “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 – “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Decreto del Ministero degli interni 24 novembre 1984 – “Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l’accumulo e l’utilizzazione del gas naturale”;
- Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 – “Attuazioni direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio” e successive modificazioni;
- Decreto legislativo aprile 2008 n. 81 – “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”;
- Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259 – “Codice della comunicazione elettronica”;
- Norma Tecnica CEI 304-1:2005-11, ed. Prima – “Interferenze elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche. Identificazione dei rischi e limiti di interferenza”;
- Ordinanza Ministeriale 20 marzo 2003, n. 3274 s.m.i.;
- Decreto legislativo n. 152 del 03 aprile 2006 – “Testo Unico sull’ambiente” e s.m.i..

5.2 MODALITA’ DI INSTALLAZIONE PER I CAVIDOTTI

Il collegamento tra gli aerogeneratori del parco eolico alla rete elettrica nazionale (RTN) avviene mediante una rete di cavidotti interrati; la rete interna al parco, esercita in media tensione (30kV), ha il compito di raccogliere l’energia prodotta da ogni aerogeneratore e convogliarla ad una cabina di trasformazione 30/150kV installata nei pressi della stazione di consegna per il collegamento alla RTN.

Il sistema di linee interrate a servizio del parco, che in gran parte del suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso, è realizzato con le modalità descritte negli elaborati dedicati.

I cavi provenienti dalla navicella, che trasportano l’energia elettrica prodotta in bassa tensione, saranno collegati, tramite cavi di potenza, a trasformatori BT/MT, che eleveranno il valore della tensione a 30kV.

I trasformatori sono posizionati all’interno della navicella, non comportando dunque alcun ulteriore ingombro.

L’energia prodotta da ogni aerogeneratore sarà quindi adattata, con i suddetti trasformatori elevatori, alle caratteristiche [frequenza(50Hz) e tensione (30kV)] delle linee MT del parco, e sarà quindi convogliata verso la

stazione di consegna con dei cavi di sezione adatta alla potenza trasportata, ed aventi caratteristiche di isolamento funzionali alla tensione di trasmissione.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il rinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna.

In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale).

Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con l'infissione periodica (ogni 200 metri circa) di cartelli metallici indicanti l'esistenza dei cavi a M.T. sottostanti.

Tali cartelli potranno essere eventualmente, sostituiti da mattoni collocati a filo superiore dello scavo e riportanti le indicazioni relative ai cavi sottostanti (Profondità di posa, Tensione di esercizio).

A distanza adeguata, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle camere cavi, costituite da pozzetti di ispezione 80cmx80cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.

Come per i cavi in MT, anche i cavi AT saranno segnalati e protetti opportunamente.

5.2.1 POZZETTI E CAMERETTE

Lungo la rete dei cavidotti, per contenere le giunzioni fra le varie tratte, al fine di proteggerle e renderle ispezionabili, potranno essere utilizzati pozzetti e camerette.

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

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

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

In particolare occorre:

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

5.2.2 MESSA A TERRA DEI RIVESTIMENTI METALLICI

La messa a terra dei rivestimenti metallici ha lo scopo di rendere equipotenziale le masse metalliche che ricoprono il cavo, ponendole tutte a potenziale zero; dato l'elevato valore di tensione del conduttore (30kV e 150kV), il materiale isolante (dielettrico) che ricopre il conduttore sarà sede di correnti di spostamento che dal conduttore fluiscono verso il rivestimento metallico; per effetto di queste correnti la massa metallica esterna (armatura) si troverà sotto tensione, ad un valore pericoloso per il corpo umano; qualora nella trincea fossero posati più cavi o coesistano cavi e altre condotte (telecomunicazioni, gas, acquedotti) il fenomeno può estendersi ad altre parti metalliche presenti; pertanto la messa a terra delle masse metalliche annulla questo fenomeno, evitando

sollecitazioni dannose per l'isolante del cavo e offrendo maggiore sicurezza al personale tecnico ed elementi di altre reti.

Lo schermo dei cavi a MT deve essere messo a terra ad entrambe le estremità della linea.

È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

Ai sensi della CEI 11-27, essendo il tratto più lungo del cavidotto oltre i 4 km, gli schermi dei cavi MT saranno sempre aterrati alle estremità e possibilmente nella mezzeria del tratto più lungo collegandoli alla corda di terra presente nello scavo.

5.2.3 COESISTENZA FRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE

PARALLELISMI FRA CAVI ELETTRICI E CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione, i cavi di energia devono, di norma, essere posati alla maggior e possibile distanza, e quando sono posati lungo la stessa strada si devono dislocare possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, è ammesso posare i cavi in vicinanza, purché sia mantenuta fra i due cavi una distanza minima non inferiore a 0,30 m.

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

- Cassetta metallica zincatura a caldo
- Tubazioni in acciaio zincato a caldo;
- Tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posto alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0.15m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi.

Nel caso che i cavi siano posati nello stesso manufatto, non è prescritta nessuna distanza minima da rispettare, purché sia evitata la possibilità di contatti meccanici diretti e siano dislocati in tubazioni diverse.

INCROCI FRA CAVI ELETTRICI E CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0.30 metri ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 mt, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi.

Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

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

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

PARALLELISMI ED INCROCI FRA CAVI ELETTRICI E TUBAZIONI O STRUTTURE METALLICHE INTERRATE

La distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrato, adibite al trasporto e alla distribuzione dei fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi non deve essere inferiore a 0.30 metri.

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

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0.5 metri;
- tale differenza è compresa fra 0.30 e 0.50 metri, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni adibite ad altro uso tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra i soggetti interessati, purché il cavo di energia e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse.

Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi e di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m.

Tale distanza può essere ridotta fino a un minimo di 0.30 metri, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0.30 metri per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio, lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0.30 metri di larghezza ad essa periferica.

Le distanze sopraindicate possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo fra i soggetti interessati, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico.

Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul di stanziamento.

COESISTENZA FRA CAVI DI ENERGIA E GASDOTTI

Le distanze da rispettare nei parallelismi e incroci fra cavi elettrici e tubazioni di cui al precedente paragrafo sono applicabili, ove non in contrasto con il D:M: 24.11.1984 'Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0.8', ai cavi direttamente interrati con le modalità di posa 'L' (senza protezione meccanica) e 'M' (con protezione meccanica) definite dalle Norme CEI 11-17 (art. 2.3.11 e fig.1.2.06).

5.3 LINEE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN MT

L'Impianto eolico avrà una potenza elettrica complessiva pari a 79,2 MW quale risultante dalla somma delle potenze elettriche dei n. 12 aerogeneratori (WTG) ad asse orizzontale verosimilmente di marca SIEMENS GAMESA modello SG 6.6-170 ciascuno della potenza di 6,6 MW.

Resta inteso pertanto che le valutazioni che seguono sono state condotte sulla base del dato di potenza del singolo aerogeneratore pari a 6,6 MW.

La posa dei cavi sarà interrata e verrà realizzata in conformità alle modalità di posa descritte nella norma CEI 11-17, interessando terreni agricoli e/o strade sterrate e/o asfaltate esistenti.

Oltre ai cavi elettrici interrati, nello scavo verranno posati il cavo di segnale in fibra ottica all'interno di un tubo PEHD del diametro esterno di 50 mm e se, reputato necessario a valle della progettazione esecutiva, la corda di rame nudo di sezione 50 mm² per il collegamento degli anelli di terra delle WTG tra loro e tra questi alle Cabine di sezionamento.

La posa dei cavi MT 30 kV avverrà all'interno di uno scavo di profondità pari a 1,60 m, con profondità minima di posa pari a 1,50 m, e di larghezza variabile in base al numero di terne presenti nel medesimo.

5.4 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

Il sistema M.T. con tensione nominale 30 kV con neutro isolato è caratterizzato da:

- valore della corrente di guasto a terra, calcolato in base alla norma CEI 11-8, pari a 245 A;
- durata del guasto a terra, da impostare nella programmazione delle protezioni, pari a 0.5 s.

Dai dati iniziali sopra riportati, applicando il metodo di calcolo riportato nell'Allegato A alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), si ottiene:

- Tensione di contatto ammissibile $U_{tp}=220$ V (Tabella B.3);
- Impedenza totale del corpo umano $Z_t=1225$ ohm (Tabella B.2);
- Limite di corrente nel corpo umano $I_b = 267$ mA;
- Fattore cardiaco HF = 1 relativo al contatto mano-piedi;
- Fattore corporeo BF = 0.75 relativo al contatto mano-piedi;

- Impedenza del corpo $Z_T = 1000 \text{ ohm}$;
 - Resistenza aggiuntiva della mano $R_H = 0 \text{ ohm}$ (non considerata);
 - Resistenza aggiuntiva dei piedi $R_{F1} = 1000 \text{ ohm}$, relativa a scarpe vecchie ed umide;
 - Resistività del terreno prossimo alla superficie $\rho_S = 100$ relativa a terreno vegetale.
- Da questi dati, è possibile calcolare una Tensione di contatto ammissibile a vuoto $U_{vTp} = 507 \text{ V}$.

Da questi dati, è possibile calcolare una Tensione di contatto ammissibile a vuoto U_{vTp} pari a 507 V . Si precisa, comunque, che il progetto della rete di terra non può ricondursi alla semplice risoluzione di un problema matematico, a causa dei numerosi e non univocamente determinati parametri da prendere in considerazione, quali ad esempio:

- resistività del terreno non omogenea, né in direzione verticale né in direzione orizzontale;
- presenza di dispersori naturali che alterano in modo non prevedibile il campo elettrico in superficie;
- tipo di pavimentazione e sua finitura;
- umidità del terreno e condizioni ambientali durante le operazioni di verifica strumentale;
- manufatti e reti di terra altrui, nelle immediate vicinanze.

5.5 VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA

L'impianto di dispersione di ognuno degli aerogeneratori sarà costituito da un doppio anello ciascuno di forma circolare, il primo (interno) di raggio 3 metri ed il secondo (esterno) di raggio 12,5 metri, integrato da n. 8 picchetti verticali di lunghezza pari a 3 m cadauno.

Tali impianti, in condizioni normali di esercizio, saranno collegati tra loro, attraverso corda di rame da 50 mm^2 pertanto essi verranno considerati in parallelo. I valori della resistenza di terra associabili ad ognuno dei dispersori sono i seguenti:

- resistenza dell'anello circolare esterno: $3,06 \Omega$;
- resistenza di ognuno dei n. 8 picchetti verticali: $18,6 \Omega$ (questi, messi in parallelo determinano complessivamente una resistenza di terra pari a $2,32 \Omega$).

Pertanto, considerando il contributo complessivo dei dispersori associati ad ogni turbina otterremo una resistenza di terra pari a $R_t = 1,33 \Omega$.

Considerando che gli impianti di dispersione degli aerogeneratori risulteranno collegati in parallelo, la resistenza verso terra complessiva sarà pari a $R_t = 1,33/12 = 0,11 \Omega$.

Per quanto riguarda la SSEU e il sistema di accumulo, l'impianto di terra sarà costituito da una rete magliata di conduttori in corda di rame ed è dimensionato termicamente per la corrente di guasto prevista, per una durata di 0,5 s.

Il lato di maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1.

Nei punti sottoposti ad un maggior gradiente di potenziale, le dimensioni delle maglie saranno opportunamente ridotte. In particolare, l'impianto sarà costituito mediamente da maglie aventi lato di 5 m salvo diverse esigenze e particolari realizzativi come rappresentato nel predetto Elaborato.

Perimetralmente all'intera area ed in corrispondenza/prossimità degli edifici, saranno previsti dispersori di terra verticali in acciaio di opportune dimensioni, i quali saranno opportunamente collegati ai nodi equipotenziali di prossimità presenti sulla rete di terra (dispersore orizzontale). Le apparecchiature e le strutture metalliche saranno connesse all'impianto di terra mediante opportuni conduttori di rame, il cui numero varia da 2 a 4 in funzione della tipologia del componente connesso a terra.

Per non creare punti con forti gradienti di potenziale si è fatto in modo, per quanto possibile, che il conduttore periferico non presenti raggio di curvatura inferiore a 8 m. Si precisa comunque che, ad opera ultimata, le tensioni di passo e di contatto saranno rilevate sperimentalmente.

La rete di terra sarà costituita da conduttori in corda di rame nudo di diametro 10,5 mm (sezione 63 mm²) interrati ad una profondità di 0,70 m, aventi le seguenti caratteristiche:

- buona resistenza alla corrosione per una grande varietà di terreni;
- comportamento meccanico adeguato;
- bassa resistività, anche a frequenze elevate;
- bassa resistenza di contatto nei collegamenti.

I conduttori di terra che collegano al dispersore le strutture metalliche, saranno in rame di sezione 125 mm² collegati a due lati di maglia. Allo scopo di ridurre i disturbi elettromagnetici nelle apparecchiature di protezione e di controllo, specialmente in presenza di correnti ad alta frequenza, alcuni collegamenti alla rete di terra saranno opportunamente realizzati mediante quattro conduttori di rame sempre di sezione 125 mm² e comunque non meno di 2.

I conduttori di rame saranno collegati tra loro con dei morsetti a compressione in rame. Il collegamento ai sostegni sarà realizzato mediante capicorda e bulloni.

La messa a terra degli edifici sarà realizzata mediante collegamento diretto della rete di terra alla rete elettrosaldata della platea di fondazione gettata in opera e mediante collegamento di una cima emergente che sarà portata ad un collettore di terra principale dislocato all'interno di apposito locale, come adeguatamente rappresentato nel relativo elaborato tecnico.

Alla rete di terra saranno collegati i/le ferri/reti di armatura di ogni edificio, delle fondazioni dei chioschi e dei cunicoli e delle fondazioni dei manufatti gettati in opera in generale. Il collegamento sarà effettuato mediante corda di rame da 63 mm² collegata ai ferri dell'armatura di fondazione per mezzo di saldatura alluminio-termica. Verifica termica e meccanica del dispersore.

SEZIONE MINIMA PER GARANTIRE LA RESISTENZA MECCANICA ED ALLA CORROSIONE

Il dispersore orizzontale è costituito da corda di rame nudo, per cui ai sensi dell'Allegato C alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) dovrà avere una sezione minima di 25 mm².

Per la protezione contro la corrosione è necessario utilizzare materiali tali che il loro contatto non generi coppie elettrolitiche.

DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE E DEI CONDUTTORI DI TERRA

Per effettuare il dimensionamento termico del dispersore si utilizza la formula presente nell'Allegato D alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), tenendo presente che secondo quanto riportato nell'art.5.3, è possibile ripartire la corrente di guasto tra diversi elementi del dispersore. Secondo tali calcoli per disperdere la corrente di guasto è necessaria una corda di sezione circa 0,89 mm².

Le sezioni utilizzate partono da 35 mm² per cui soddisfano entrambe le condizioni con ampio margine di sicurezza.

CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA U_T

Per tale impianto, la tensione totale di terra U_t risulta pari a 27 V.

Considerando che per tale sistema la tensione massima ammissibile è $U_{tp} = 220$ V, il valore calcolato risulta essere inferiore, pertanto l'impianto di terra e le relative protezioni, risultano essere idonee alla protezione dai contatti indiretti delle persone, ai sensi della normativa vigente.

Resta inteso che una volta realizzato l'impianto, per valutarne l'efficacia, si rende necessaria una misura in campo eseguita da professionista abilitato.

5.6.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Tutte le opere civili saranno progettate in conformità alle norme tecniche sulle costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018, al Testo Unico sull'Edilizia di cui al D.P.R. n. 380/2001 ed alla Specifica TERNA INGSTACIV001.

I requisiti ed i criteri adottati sono:

- accurata sistemazione delle aree e dei piazzali con realizzazione di opere di contenimento e consolidamento;
- idonee superfici di circolazione e manovra per il trasporto dei materiali e delle apparecchiature;
- adeguata cura nello studio dell'accesso principale alla Sottostazione e dei raccordi alla viabilità esterna ordinaria;
- allaccio alla rete idrica locale per le esigenze d'approvvigionamento idrico;
- corretto dimensionamento delle fondazioni delle strutture di sostegno e delle apparecchiature A.T. verificate alle condizioni di massima sollecitazione (norme CEI 11-4) e presenza di sforzi elettrodinamici in regime di corto circuito;
- ispezionabilità dei cavidotti M.T. e B.T. (tubi, cunicoli, passerelle, ecc) ed adozione di soluzioni ottimali per la prevenzione incendi;
- adeguato accesso alla Sottostazione mediante un cancello carrabile principale largo 10,00 m di tipo scorrevole e relativo cancello pedonale (è prevista la realizzazione di un cancello carrabile secondario per l'accesso dal lato della Sottostazione dove potrebbe essere ospitato un eventuale altro produttore);
- recinzione perimetrale di adeguate caratteristiche e conforme alla norma CEI 11-1;
- viabilità interna con strade di larghezza non inferiore a 4 m, con raggi di curvatura non inferiori di 3 m, per consentire un agevole esercizio e manutenzione dell'impianto;
- idonea sistemazione del sito comprendente la realizzazione di opere di drenaggio di acque meteoriche e finiture superficiali aventi, ove possibile, elevata permeabilità alle acque meteoriche con particolare riguardo alle aree sottostanti le Sbarre e le linee di collegamento;
- idoneo sistema di raccolta delle acque nere provenienti dallo scarico dei servizi igienici o dal dilavamento di sostanze particolari.

Inoltre sarà verificata preliminarmente alla stesura del progetto esecutivo delle opere civili, la consistenza del terreno, tramite indagini geognostiche e geologiche, al fine di valutare la necessità di ulteriori opere di consolidamento, se necessarie e comunque per poter estrapolare tutti i dati necessari per l'elaborazione del progetto esecutivo medesimo.

5.6.2 FONDAZIONI

Le fondazioni dei sostegni Sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in Stazione, saranno realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera, con l'esclusione degli interruttori.

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 daN.

Tali coperture saranno dimensionate per garantire le seguenti prestazioni:

- carico di rottura a flessione a 20°C con carico in mezzeria e distanza tra gli appoggi di 500 mm >11.000 daN;
- freccia massima ≤ 5 mm con carico concentrato di 2000 daN in mezzeria e distanza tra gli appoggi di 500 mm.

5.6.3 VIE CAVI

I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

Tali coperture saranno dimensionate per garantire le seguenti prestazioni:

- carico di rottura a flessione a 20°C con carico in mezzeria e distanza tra gli appoggi di 500 mm >15.000 daN;
- freccia massima ≤ 5 mm con carico concentrato di 5000 daN in mezzeria e distanza tra gli appoggi di 500 mm.

5.6.4 TUBAZIONI PER CAVI

Le tubazioni per cavi M.T. o B.T. saranno in PVC, serie pesante, rinfiacati con calcestruzzo. I percorsi per i collegamenti in Fibra Ottica saranno definiti in sede di progettazione esecutiva.

5.6.5 POZZETTI

Lungo le tubazioni ed in corrispondenza delle deviazioni di percorso, saranno inseriti i pozzetti ispezionabili di opportune dimensioni.

I pozzetti, realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, o prefabbricati, saranno con coperture in PRFV carrabili con resistenza di 5000 daN, aventi caratteristiche analoghe a quelle dei cunicoli.

5.6.6 INGRESSI E RECINZIONI

Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà opportunamente progettato tenendo in considerazione che il trasporto delle macchine da installare (soprattutto del TRAF0) sia il più agevole possibile.

Per l'ingresso alla Sottostazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 10,00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

Il Locale Misura e Controllo WTG avrà un'apertura diretta verso l'esterno per consentire l'accesso a questo locale ai tecnici preposti al controllo delle WTG.

Si fa presente che, essendo la sottostazione soggetta a regolamentazione ed approvazione da parte del 'Gestore della Rete', la stessa TERNA ha vincolato le modalità di realizzazione dei recinti interni ed esterni.

Di conseguenza, l'impianto sarà protetto e delimitato da una recinzione esterna, costituita da muro di base in cemento armato di altezza variabile (max. 1.50 mt) e di elementi traforati prefabbricati nella parte superiore fino ad ottenere un'altezza complessiva di 3.00 mt.

La recinzione perimetrale sarà conforme alla norma CEI 11-1.

5.6.7 VIABILITÀ INTERNA

La viabilità interna intorno alle parti in A.T. sarà realizzata con strade di larghezza non inferiore a 4 m, con raggi di curvatura non inferiori di 3 m, per consentire un agevole esercizio e manutenzione dell'impianto intorno all'edificio integrato Comandi e S.A. tale larghezza non sarà inferiore ai 5 m.

5.6.8 SISTEMAZIONE E PAVIMENTAZIONE DELLE AREE

L'area su cui si interverrà è di origine agricola e pertanto si provvederà alla rimozione di uno strato di terreno vegetale (circa 20-30 cm.) ed alla formazione di una nuova massicciata su cui sorgeranno le opere.

Tutte le aree sistemate saranno perfettamente in piano (salvo le pendenze tecniche per il deflusso delle acque meteoriche delle aree asfaltate) con quota leggermente rialzata rispetto al terreno attuale.

Nelle aree in cui verranno posizionate le apparecchiature elettriche si realizzeranno tutte le basi di sostegno dei tralicci in calcestruzzo con tirafondi in acciaio zincato, per l'alloggiamento di tutte le apparecchiature elettriche necessarie per la costruzione della sottostazione in esame.

L'area sottostante le apparecchiature elettriche sarà finita a mezzo pietrisco, contenuto da cordoli di delimitazione in calcestruzzo.

Nella Sotto Stazione Utente in progetto è prevista un'area per lo stoccaggio di materiale proveniente dall'impianto che sarà lasciata con la superficie finita in brecciato.

Le restanti superfici verranno asfaltate mediante un primo strato di binder ed un tappetino di usura e si troveranno a quota mediamente di circa -0.30 m rispetto al piano di installazione delle apparecchiature elettriche.

Considerata la configurazione del sito in esame, si farà particolarmente attenzione alla raccolta delle acque piovane, difatti si provvederà a realizzare il piazzale con pendenze tali da permettere il naturale scolo delle stesse verso pozzetti e/o griglie appositamente realizzati.

5.6.9 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE E FOGNARIE

Il collettamento delle acque meteoriche battenti sulle superfici impermeabili della SSEU sarà affidato a:

- idonee pendenze degli asfalti;
- idonea rete di pozzetti grigliati collegati da tubazioni in PVC interrate;
- in alternativa, ad una griglia di idonee dimensioni;
- collegamento della rete pozzetti o della griglia ad un impianto prefabbricato di trattamento a cui è affidata la dissabbiatura e la disoleatura delle acque meteo raccolte (la grigliatura è affidata alle griglie sui pozzetti o alla unica griglia),
- smaltimento di tutte le acque trattate in Trincea Drenante o in fori disperdenti opportunamente dimensionati.

Il sistema ovviamente rispetterà la normativa vigente.

Le acque reflue provenienti dai servizi igienici saranno smaltite negli strati superficiali del sottosuolo previo trattamento con idonea vasca IMHOFF.

5.6.10 LOCALI TECNICI

L'edificio integrato è stato adeguatamente dimensionato per contenere i quadri di comando e controllo della Sottostazione, gli apparati di teleoperazione e di teletrasmissione, le batterie, i quadri M.T. e B.T. in c.c. e c.a. per l'alimentazione dei servizi ausiliari, i quadri per l'arrivo delle linee M.T. dall'impianto eolico.

La costruzione potrà essere realizzata con manufatti prefabbricati o sarà di tipo tradizionale con struttura in calcestruzzo armato e tamponature in muratura di laterizio o materiale equivalente, rivestite con intonaco.

La copertura a tetto piano sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

Il locale adibito ad accogliere il gruppo elettrogeno d'emergenza sarà a sè stante ed esterno all'edificio in questione essendo soggetto alle verifiche dei VV.FF. in relazione alla normativa vigente in materia di prevenzione incendi.

L'edificio sarà su un unico piano, è prevista la presenza dei servizi igienici e di postazioni di lavoro per il personale preposto all'esercizio e manutenzione.

5.1 SERVIZI AUSILIARI

5.1.1 CARATTERISTICHE GENERALI

I Servizi Ausiliari (S.A.) sono tutti quegli impianti elettrici in M.T. e in B.T. in corrente alternata e corrente continua necessari per il corretto funzionamento dell'impianto A.T..

Conformemente a quanto previsto dal progetto standard TERNA, sarà utilizzata una soluzione impiantistica di tipo "ridotto", che prevede di accorpare utenze dello stesso tipo con conseguente riduzione dei pannelli dei quadri di distribuzione c.a. e c.c..

Per l'alimentazione dei S.A. di Sottostazione sarà prevista almeno una fonte principale in grado di alimentare tutte le utenze della Sottostazione, sia quelle necessarie al funzionamento che quelle accessorie. Sarà prevista inoltre una seconda alimentazione, detta alimentazione di emergenza, in grado di alimentare tutte le utenze.

Un sistema di commutazione automatica posto sul quadro di distribuzione in c.a. provvederà ad inserire la fonte di alimentazione disponibile. In caso di mancanza dell'alimentazione principale, sarà inserita l'alimentazione di emergenza.

Le principali utenze in corrente alternata dei S.A. saranno:

- apparecchiature A.T.:
- scaldiglie;
- quadri di controllo;
- sistema di protezione comando e controllo;
- quadri principali dei servizi generali degli edifici:
- impianti di illuminazione interna ed esterna;
- impianti prese Forza Motrice;
- illuminazione esterna;
- quadri principali dei servizi tecnologici:
- impianto telefonico;

- impianto antintrusione;
- automazione cancello;
- rilevazione incendi;
- riscaldamento e condizionamento.

Per l'alimentazione dei S.A. in corrente continua sarà previsto un doppio sistema di alimentazione raddrizzatore e batteria tampone.

In caso di mancanza della sorgente alternata, la capacità della batteria sarà tale da assicurare il corretto funzionamento dei circuiti alimentati per il tempo necessario affinché il personale di manutenzione possa intervenire, e comunque per un tempo non inferiore a 4 ore.

Le principali utenze in corrente continua saranno:

- sistema di protezioni elettriche dell'impianto A.T.;
- quadri del sistema di comando e controllo delle apparecchiature;
- quadri di misura;
- motori di manovra dei sezionatori;
- apparecchiature di diagnostica.

5.1.2 COLLEGAMENTI IN CAVO

Le caratteristiche tecniche, i materiali ed i metodi di prova relativi a tutti i cavi M.T. e i cavi B.T. per circuiti di potenza e controllo, cavi unipolari per cablaggi interni dei quadri, e per impianti luce e f.m. saranno rispondenti alle Norme CEI e tabelle CEI UNEL di riferimento.

I cavi per i collegamenti interni agli edifici saranno del tipo non propaganti l'incendio, secondo quanto indicato dalla Norma CEI 20-22, e a basso sviluppo di gas tossici e corrosivi, secondo quanto indicato dalla Norma CEI 20-37, mentre quelli per i collegamenti verso le apparecchiature esterne saranno solo del tipo non propaganti l'incendio.

I cavi di comando e controllo saranno di tipo schermato, con lo schermo opportunamente collegato a terra.

Il dimensionamento dei sistemi di distribuzione in c.a. e c.c. sarà effettuato secondo la normativa vigente (in particolare la CEI 64-8), con riferimento alle caratteristiche dei carichi, alle condizioni di posa ed alle cadute di tensione ammesse.

5.1.3 ILLUMINAZIONE AREE E LOCALI

Tutte le aree saranno illuminate tramite torri faro con fondazione in cemento armato, torre di sostegno in acciaio e proiettori a scarica orientabili, in numero e caratteristiche tali da assicurare un livello di illuminamento medio adeguato.

Il comando dell'accensione dell'impianto di illuminazione esterna, verrà effettuato attraverso un interruttore dedicato e da un apposito interruttore crepuscolare, posto in uno dei locali di misure.

I Locali Tecnici saranno dotati di una alimentazione trifase a 230/400 V in c.a., con una potenza disponibile non inferiore alle esigenze dei servizi.

All'interno di ogni singola cabina, si realizzerà un impianto di illuminazione e f.m., secondo le indicazioni del gestore della rete, oltre che secondo quanto stabilito dalla normativa CEI.

In particolare l'impianto di illuminazione interna, sarà eseguita mediante apparecchiature illuminanti a tubi fluorescenti, in grado di assicurare di illuminamento medio pari a circa 200 lux.

Si installeranno una serie di apparecchiature elettriche aventi caratteristiche adeguate alle prescrizioni del Gestore della rete, specifiche per la sottostazione in esame, in funzione della tensione nominale di esercizio, pari a 150kV.

5.2 SISTEMA DI PROTEZIONE COMANDO E CONTROLLO (SPCC)

5.2.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Il sistema si basa su tecnologia a microprocessore programmabile, al fine di permettere il facile aggiornamento dei parametri, applicazioni ed espansioni degli elementi dell'architettura.

I componenti del sistema costituiscono i "moduli" che permettono di realizzare l'architettura necessaria per ogni tipo di intervento.

Il sistema sarà finalizzato in particolar modo alle attività di acquisizione, esercizio e manutenzione degli impianti.

5.2.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il sistema di Comando Protezione e Controllo sarà composto da apparecchiature in tecnologia digitale, aventi l'obiettivo di integrare le funzioni di acquisizione dati, controllo locale e remoto, protezione ed automazione e sarà conforme alla Specifica Tecnica TERNA *PP B MS1POX r.01 del 29/10/2004* ed allegati in essa richiamati, integrata con l'architettura fisica di piattaforma specifica del fornitore.

Il sistema si basa sulla seguente visione di architettura dell'automazione degli impianti:

- adozione di sistemi aperti con distribuzione delle funzioni;
- integrazione del controllo locale con quello remoto (tele-conduzione);
- comunicazione paritetica tra gli apparati intelligenti digitali (IED - Intelligent Electronic Device);
- interoperabilità di apparati di costruttori diversi;
- interfaccia di operatore standard e comune alle diverse applicazioni;
- configurazione, controllo e gestione dei sistemi in modo centralizzato.

L'architettura del sistema si basa sulla logica distribuita delle funzioni in tempo reale per controllo, monitoraggio, conduzione e protezione della stazione, per mezzo di unità IED tipicamente a livello di stallo, unità controller/gateway di Sottostazione ed interfaccia operatore di tipo grafico, le cui principali peculiarità saranno:

- architettura modulare basata su standard "aperti" affermati a livello internazionale;
- flessibilità dell'architettura che permetta l'aggiornamento tecnologico del sistema ed i futuri sviluppi funzionali con integrazione di apparati IED di diversi fornitori;
- autodiagnosi dei componenti;
- massimo utilizzo di piattaforma HD e SW standard di mercato, modulari e scalabili;

- modellazione dei dati “object oriented” per la descrizione degli elementi d’impianto, ai fini dell’interoperabilità tra i processi interni al sistema e dell’integrazione delle informazioni in un database di Sottostazione;
- semplificazione dei cablaggi derivante dall’uso di comunicazioni digitali nell’area di Sottostazione.

5.2.3 SALA COMANDO LOCALE

La sala di comando locale consente di operare in autonomia per attuare manovre opportune in situazioni di emergenza. A tal proposito nella sala comando sarà prevista un’interfaccia HMI, che consente una visione schematica generale dell’impianto, nonché permette la manovrabilità delle apparecchiature.

Inoltre presenta in maniera riassuntiva le informazioni relative alle principali anomalie e quelle relative alle grandezze elettriche quali: tensioni, frequenza di sbarra, correnti dei singoli stalli, ecc.

5.2.4 TELECONDUZIONE E AUTOMATISMO DI IMPIANTO

L’automatismo di impianto e le interfacce con la postazione dell’operatore remoto saranno garantite per un’elevata efficienza della tele-conduzione basata su:

- semplicità dei sistemi di automazione;
- omogeneità, nei diversi impianti tele-condotti, dei dati scambiati con i Centri;
- numero delle misure ridotto a quelle indispensabili;
- ridondanza delle misure e segnalazioni (ove necessarie);
- affidabilità delle misure;
- possibilità di applicare contemporaneamente due modalità di conduzione (ad esempio uno stallo in conduzione manuale in locale e tutti gli altri in conduzione centralizzata automatizzata);
- interblocchi che impediscano l’attuazione di comandi non compatibili con lo stato degli organi di manovra e di sezionamento.