



Committente:



**E.ON CLIMATE & RENEWABLES ITALIA S.R.L.**  
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma  
P.IVA/C.F. 06400370968  
pec: e.onclimateerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

## PARCO EOLICO "CARAFFA DI CATANZARO"

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**PECA - P19.03**

ID PROGETTO:	PECA	DISCIPLINA:	P	TIPOLOGIA:		FORMATO:	A4
--------------	------	-------------	---	------------	--	----------	----

Elaborato:

### Disciplinare tecnico prestazionale

FOGLIO:		SCALA:	---	Nome file:	<b>PECA-P19.03_Disciplinare tecnico prestazionale</b>		
---------	--	--------	-----	------------	---	--	--

Progettazione:



**Ing. Saverio Pagliuso**

**Ing. Claudio Coscarella**

**Ing. Mario Francesco Perri**

**Ing. Giorgio Salatino**

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	18/07/2019	PRIMA EMISSIONE	GEMSA	GEMSA	ECRI

## Sommario

1	OPERE CIVILI .....	4
1.1	Premessa .....	4
1.2	Norme generali .....	4
1.3	Materiali.....	4
1.3.1	Cemento .....	4
1.3.2	Acqua di Impasto .....	5
1.3.3	Aggregati per il Confezionamento del Calcestruzzo .....	6
1.3.4	Additivi per Calcestruzzo .....	8
1.3.5	Calcestruzzi .....	8
1.3.6	Acciai .....	9
1.4	Componenti edili strutturali .....	10
1.4.1	Casseforme ed Impalcature .....	10
1.4.2	Redazione del progetto delle casseforme e dei puntellamenti .....	11
1.4.3	Tipologie Casseforme, Impalcature e Attrezzature Provvisorie Casseforme per Getti Verticali .....	14
1.5	Materiali in genere .....	15
1.6	Acqua, calci, cementi ed agglomerati cementizi, pozzolane, gesso .....	15
1.7	Materiali inerti per conglomerati cementizi e per malte .....	17
1.8	Elementi di laterizio e calcestruzzo .....	20
1.9	Prodotti a base di legno .....	21
1.10	Prodotti per impermeabilizzazioni .....	22
1.11	Prodotti diversi (sigillanti, adesivi, geotessili) .....	27
1.11.1	Componenti Strutturali .....	29
1.11.2	Strutture in Calcestruzzo Cementizio Armato .....	31
1.11.3	Finitura del Calcestruzzo .....	36
1.11.4	Acciaio da Cemento Armato .....	41
1.11.5	Strutture in Acciaio da Carpenteria .....	47
1.12	Normativa generale sulle misurazioni .....	50
1.12.1	Conglomerati cementizi .....	51
1.12.2	Casserature .....	51
1.12.3	Ferro per cemento armato .....	52
1.13	Scavi, rilevati, fondazioni e demolizioni .....	52
1.13.1	Scavi in genere .....	52
1.13.2	Scavi di sbancamento .....	53
1.13.3	Scavi di fondazione od in trincea .....	54

1.13.4	Scavi subacquei e prosciugamento .....	55
1.13.5	Presenza di gas negli scavi .....	56
1.13.6	Rilevati e rinterri.....	56
1.13.7	Opere di impermeabilizzazione.....	57
2	IMPIANTI.....	61
2.1	Rete di distribuzione e SET .....	61
2.1.1	Cavidotti .....	61
2.1.2	Raccordo di connessione aerea a 150 kV.....	62
2.1.3	Stazione di trasformazione 30/150 kV (SET) .....	62
2.1.4	Canalizzazioni elettriche .....	63
2.1.5	Accesso e viali interni .....	64
2.1.6	Recinzione.....	64
2.1.7	Edificio servizi ausiliari.....	64
2.1.8	Messa a terra.....	64
2.2	Aerogeneratori.....	65

# 1 OPERE CIVILI

## 1.1 Premessa

Il presente Disciplinare Tecnico descrittivo e Prestazione ha oggetto i lavori per la realizzazione del Parco Eolico "Caraffa di Catanzaro" da realizzare nei Comuni di Caraffa di Catanzaro (CZ) e Maida (CZ).

Nella presente specifica sono contenuti i requisiti tecnici e le caratteristiche prestazionali dei materiali necessari per la costruzione delle opere di progetto da realizzare.

## 1.2 Norme generali

Tutti i materiali dovranno corrispondere alle prescrizioni delle specifiche tecniche, essere della migliore qualità, ben lavorati e rispondenti perfettamente al servizio cui sono destinati e potranno essere messi in opera solamente dopo l'accettazione della Direzione Lavori, previa campionatura.

Per le opere di carattere più comune vengono specificate negli articoli che seguono le principali prescrizioni e modalità di esecuzione a cui bisogna attenersi, fermo restando in ogni caso l'obbligo dell'osservanza delle norme di legge vigenti, nonché delle norme UNI, UNI ISO, UNI EN, UNI CEI, CNR UNI, CEI, CNR, ICITE, DIN, ISO, ecc.

## 1.3 Materiali

### 1.3.1 Cemento

Potranno essere impiegati unicamente i cementi elencati nella norma UNI ENV 197-1 che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella Legge 26/5/1965 n°595, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto per legge (D.M. 09.03.1988 n.126, D.M. 13.09.1993 G.U. 22.09.1993).

Sarà cura ed onere dell'Appaltatore controllare che i getti non interessino ambienti chimicamente aggressivi, nel qual caso si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle norme UNI 9156 e UNI 10517.

Nella esecuzione delle opere, sia in getto che prefabbricate in conformità alle norme UNI e alle leggi 26/5/1965 n° 595, D.M. 03.06.1968, D.M. 31.08.1972 e D.M. 13.09.1993, saranno impiegati i seguenti tipi di cemento:

- R325
- Portland525

- Portland325
- Portland425

Il cemento dovrà provenire dallo stesso stabilimento e sarà reso in cantiere in involucri sigillati od in veicoli appositi per il trasporto del cemento sfuso.

Qualora i conglomerati cementizi per i getti in opera fossero confezionati in cantiere, i cementi dovranno essere approvvigionati nel cantiere stesso a disposizione per il preventivo esame e dovranno essere conservati in magazzini coperti e perfettamente asciutti.

Si avrà cura della buona conservazione del cemento. Qualora il cemento dovesse essere trasportato sfuso, dovranno essere impiegati appositi ed idonei mezzi di trasporto: in questo caso il cantiere dovrà essere dotato di adeguata attrezzatura per lo scarico, di silos per la conservazione e di bilancia per il controllo della formazione degli impasti.

Per i cementi forniti sfusi dovranno essere apposti cartellini piombati indicanti il tipo di cemento sia in corrispondenza dei coperchi che degli orifizi di scarico.

L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà risultare dal giornale dei lavori e dal registro dei getti.

I vari tipi di cemento, sia in sacchi che sfuso, dovranno essere tenuti separati l'uno dall'altro durante tutto il periodo di giacenza in magazzino.

Indipendentemente dalle indicazioni contenute sui sacchi oppure sui cartellini sarà necessario eseguire sul cemento approvvigionato le prove per accertare i requisiti di legge.

Per i getti di calcestruzzo a vista dovrà essere garantita l'uniformità di colore: il cemento dovrà quindi essere particolarmente controllato.

### **1.3.2 Acqua di Impasto**

L'acqua d'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi alla norma UNI EN 1008.

L'acqua per i conglomerati cementizi dovrà essere dolce, limpida, non aggressiva ed esente da materie terrose, solfati e cloruri, non inquinata da materie organiche e comunque non dannosa per l'uso a cui è destinata.

Non potranno essere impiegate acque:

- a) eccessivamente dure;
- b) di rifiuto, anche se limpide, provenienti da fabbriche chimiche od altre aziende industriali;
- c) contenenti argille, humus e limi;

- d) contenenti residui grassi, oleosi e zuccherini;
- e) piovane, prive di carbonati e di bicarbonati che potrebbero favorire la solubilità dei calcari e quindi impoverire l'impasto;
- f) priva di sali e sostanze oleose od altre sostanze dannose in genere.

### **1.3.3 Aggregati per il Confezionamento del Calcestruzzo**

Essi potranno essere di origine naturale od essere ottenuti per frantumazione di rocce compatte e dovranno essere costituiti da materiali silicei selezionati e lavati in modo da escludere la presenza di sostanze organiche, limose, argillose, gessose od altre che possano comunque risultare nocive alla resistenza del calcestruzzo e delle relative armature.

L'Appaltatore deve garantire l'approvvigionamento da un'unica cava e garantire l'uniformità cromatica e delle caratteristiche del materiale, così da ottenere dei calcestruzzi omogenei per colorazione ed aspetto per l'intero fabbricato sia per i getti in opera che per gli elementi prefabbricati a vista.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste nella parte 1° della norma UNI 8520. In caso di fornitura di aggregati da parte di azienda dotata di Sistema Qualità certificato secondo norme UNI EN ISO 9000, saranno ritenuti validi i risultati delle prove effettuate dall'Azienda.

Non dovranno in ogni caso essere porosi, scistososi o silico-magnesiaci.

In particolare è escluso l'impiego d'inerti con silice cristallina libera, utilizzati con cementi contenenti solfati in proporzione superiore allo 0.7%.

Le miscele degli inerti fini e grossi, mescolati in percentuale adeguata, dovranno dar luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, pompabilità, aria inglobata ecc.), che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, fluage ecc.). La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo con il minimo dosaggio di cemento, compatibilmente con gli altri requisiti richiesti.

Particolare attenzione sarà rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del bleeding nel calcestruzzo.

Gli inerti dovranno essere suddivisi per classi; la classe più fine non dovrà contenere più del 5% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadra da 5 mm di lato.

Le singole classi non dovranno contenere sottoclassi (frazioni granulometriche che dovrebbero appartenere alle classi inferiori) in misura superiore al 15%, e sopraclassi (frazioni che dovrebbero appartenere alle classi superiori) in misura superiore al 10% della classe stessa.

Classificazione degli inerti:

<b><i>Diametro (mm)</i></b>	<b><i>Naturali</i></b>	<b><i>Artificiali</i></b>
0.08 – 5	Sabbia alluvionale	Sabbia di frantoio
5 - 10	Ghiaio	Graniglia
10 – 25	Ghiaietto	Pietrischetto
25 – 76	Ghiaia	Pietrisco
> 76	Ghiaione	Pietrame

La dimensione massima degli inerti dovrà essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto, tenendo conto della lavorabilità del conglomerato stesso, dell'armatura metallica e relativo copriferro ed interferro, delle caratteristiche geometriche della carpenteria, delle modalità di getto e dei mezzi d'opera.

**Le curve granulometriche che si intendono adottare dovranno essere presentate per approvazione alla Direzione Lavori almeno trenta giorni prima dal getto.**

Sarà ammessa l'adozione di granulometrie discontinue con preventiva verifica che le resistenze risultino non inferiori a quelle prescritte.

Se imprevedibilmente nel corso dei lavori si rinvenissero inerti di caratteristiche e quantità tali da giustificare l'impiego, la loro utilizzazione potrà essere disposta dalla Direzione Lavori. L'Appaltatore dovrà provvedere con adatti impianti alle operazioni di lavaggio e selezione granulometrica secondo le prescrizioni relative alla normale fornitura.

Per i getti di calcestruzzo facciavista, in particolare, gli inerti dovranno essere privi di qualsiasi impurità, specie di pirite; dovranno inoltre avere colore uniforme per tutta la durata dei getti e pertanto

dovranno essere approvvigionati sempre dalla stessa cava per tutta la durata del cantiere. Il colore degli inerti, influenzando la colorazione del calcestruzzo facciavista, dovrà essere campionato e sottoposto all'approvazione da parte della Direzione Lavori.

L'Appaltatore è tenuto a produrre e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori dei provini finalizzati alla valutazione del colore del cls (ottenuti sia variando la tipologia di inerti che utilizzando miscele di cementi grigi e bianchi) prima della posa in opera.

#### **1.3.4 Additivi per Calcestruzzo**

Additivi plastificanti, fluidificanti, impermeabilizzanti, ecc. dovranno essere conformi a quanto prescritto nella norma UNI EN 934/2.

#### **1.3.5 Calcestruzzi**

Calcestruzzo Cementizio Ordinario C25/30, C28/35

I materiali impiegati per la realizzazione della struttura sopra citata sono:

- conglomerato cementizio
- acciaio

#### **CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

**LEGANTI:** I leganti impiegati nell'opera in progetto, sono quelli previsti dalle disposizioni vigenti in materia (Legge 26-05-1965 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2. In presenza di ambienti chimicamente aggressivi si fa riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).

**AGGREGATI:** La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 15 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

**ACQUA DI IMPASTO:** L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali in percentuale dannosa e non aggressiva.

## DOSATURE DEI MATERIALI

La dosatura dei materiali è orientativamente la seguente per m<sup>3</sup> d'impasto, salvo la preparazione dei provini:

sabbia	0.4 m <sup>3</sup>
ghiaia	0.8 m <sup>3</sup>
acqua	120 litri
cemento tipo 425	4.5 q/m <sup>3</sup>

Per le indicazioni circa le classi di esposizione, la dimensione massima degli inerti, il copriferro di progetto valgono le indicazioni riportate sugli elaborati strutturali.

Qualora si usino, per effettuare gli impasti, centrali di betonaggio, sarà necessario controllare la sussistenza e validità del certificato dell'Ufficio Metrico comprovante il regolare funzionamento e l'avvenuta taratura dell'apparato misuratore dei pesi dei materiali; in qualunque caso si provvederà a controllare sperimentalmente che il peso delle dosature degli inerti, che si adotteranno per la formazione degli impasti, corrisponda al volume prescritto. Verrà vietato l'uso di macchinario del quale venga, comunque, accertato l'imperfetto funzionamento.

### **1.3.6 Acciai**

Le armature metalliche saranno costituite da acciaio saldabile e qualificato secondo le procedure di cui al punto 11.3.1.2. del D.M.14/01/ 2008 ed attuale D.M. 17/01/2018:

Tipo acciaio B450C

$f_v \text{ nom} = 450 \text{ N/mm}^2$  – Tensione nominale di snervamento

$f_t \text{ nom} = 540 \text{ N/mm}^2$  – Tensione nominale di rottura

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$  – Tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$  – Tensione caratteristica di rottura

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Ogni lotto di spedizione dovrà essere corredato dalla documentazione prescritta dalla normativa.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1 del 2004 e sarà accettata in cantiere senza

ulteriori controlli se accompagnata da certificato di Laboratorio Ufficiale e se munita di legatura con marchio del produttore o contraddistinta con marchio di laminazione a caldo.

#### **1.4 Componenti edili strutturali**

##### **1.4.1 Casseforme ed Impalcature**

L'Appaltatore sottoporrà preventivamente all'approvazione della Direzione Lavori le tipologie di casseforme ed impalcature, come pure le modalità esecutive, che intende adottare, fermo restando l'esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione, l'esecuzione di tali attrezzature provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge e tecniche ed alle circolari ministeriali e d'istruzioni per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni che in ogni modo possono riguardarle. L'Appaltatore fornirà prima dell'aggiudicazione dell'appalto i nominativi delle Società produttrici di casseforme ed impalcature di sostegno prescelte; le referenze di tali produttori costituiranno elemento di giudizio favorevole per la valutazione dell'offerta.

I sistemi di casseforme ed impalcature dovranno essere atte a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto.

Il progetto delle attrezzature provvisorie deve tenere conto delle condizioni richieste per i paramenti delle pareti e per gli intradossi degli impalcati, in modo particolare della tessitura, dei tipi di finitura superficiale del calcestruzzo, delle tolleranze e dei difetti di finitura del calcestruzzo.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle attrezzature provvisorie l'Appaltatore è tenuto a rispettare tutte le norme tecniche e tutte le prescrizioni relative alla sicurezza, che in ogni modo possono riguardarle. Per quanto riguarda l'individuazione di norme di buona tecnica applicabili alle attrezzature provvisorie si fa riferimento per quanto applicabili:

- D.P.R.164/56;
- CNR 10027/85;
- CNR10011/85;
- Cir.7 Luglio 1986 n.80/86 M.L.P.S.;
- UNI U50.00206.0 Gennaio 1999;
- PR En12812 FALSEWORK ;
- UNI EN 1065 Puntelli telescopi 1999.

Le specifiche concernenti le caratteristiche e i difetti di finitura dei paramenti delle pareti, si fa riferimento al rapporto N 24 CIB W 29.

Le casseforme e i puntellamenti devono essere concepiti per:

- dare al calcestruzzo la forma richiesta;
- permettere di ottenere la finitura e l’aspetto superficiale richiesto;
- supportare la struttura fino a quando questa diventi autoportante.

Le casseforme e i puntellamenti devono essere progettati e realizzati in modo da:

- sopportare effettivamente le sollecitazioni applicate durante l’esecuzione delle opere;
- lasciare alle strutture la libertà di deformazione eventualmente necessaria in corso d’esecuzione;
- rispettare le tolleranze dimensionali prescritte per le strutture.

#### **1.4.2 Redazione del progetto delle casseforme e dei puntellamenti**

La resistenza e la stabilità delle casseforme e del puntellamento sotto le azioni che queste possono sopportare in esercizio devono essere verificate seguendo i criteri di calcolo da applicare alla tipologia di materiali da cui sono costituiti. Si devono applicare metodi di calcolo comprovati, con coefficienti di sicurezza adeguati all’effettiva conoscenza dei parametri in gioco come pure al loro grado d’indeterminazione.

L’Appaltatore deve produrre preventivamente all’approvazione della Direzione Lavori la seguente documentazione tecnica:

- programma dettagliato dei cicli di costruzione e delle fasi di getto;
- pianificazione operativa delle attrezzature provvisionali;
- relazione tecnica corredata dal calcolo delle attrezzature provvisionali in funzione dei carichi;
- disegni d’assieme d’impiego delle casseforme e delle impalcature;
- istruzioni specifiche, opportunamente illustrate, per la corretta messa in opera, impiego e il corretto smontaggio delle attrezzature provvisionali.

I disegni d’assieme d’impiego delle casseforme per getti verticali devono riportare:

- le condizioni d’appoggio della cassaforma che devono essere compatibili con la stabilità della cassaforma stessa, con le necessarie caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e con quella del piano d’appoggio;
- le disposizioni che assicurano la stabilità della cassaforma nelle tre dimensioni dello spazio;
- le disposizioni da rispettare per il sollevamento, la movimentazione, la messa in opera e il disarmo delle casseforme;

- le tolleranze d'esecuzione delle casseforme.

Le casseforme per getti verticali devono assicurare la corretta forma geometrica definitiva delle opere, in relazione alla deformazione delle casseforme, alle deformazioni istantanee e ritardate, dovute a cause differenti.

I disegni d'assieme delle casseforme per getti orizzontali devono riportare:

- le condizioni d'appoggio dei montanti strutturali del puntellamento che devono essere compatibili con la propria stabilità e con quella del piano d'appoggio;
- le disposizioni che assicurano la controventatura nelle tre dimensioni dello spazio;
- le disposizioni da rispettare per il sollevamento, la movimentazione, la messa in opera e il disarmo delle casseforme ed impalcature;
- le controfrecce, le tolleranze d'esecuzione delle casseforme e delle impalcature di sostegno.

Le deformazioni delle casseforme e dei puntellamenti delle casseforme per getto orizzontali devono essere compatibili con le tolleranze ammesse per l'esecuzione dell'opera e devono essere tali da non comprometterne il comportamento in esercizio.

Le deformazioni ammissibili devono essere giustificate tramite una relazione di calcolo da prodursi unitamente alla relazione tecnica.

Le casseforme e i puntellamenti per getti orizzontali devono rispettare le controfrecce, eventualmente necessarie, definite dal progetto strutturale per assicurare la corretta forma geometrica definitiva delle opere, in relazione alla deformazione delle casseforme, delle impalcature o puntellamenti ed alle deformazioni istantanee e ritardate dell'elemento strutturale, dovute a cause differenti.

Nella relazione tecnica devono essere messe in evidenza le disposizioni per il controllo delle deformazioni e dei cedimenti in funzione delle procedure d'applicazione dei carichi sulle attrezzature provvisionali.

Le attrezzature provvisionali devono essere compatibili con le modalità dei cicli di lavorazione, delle fasi di getto, della messa in opera delle stesse e della costipazione, mediante vibrazione ad immersione, qualora prevista, per il calcestruzzo normale.

Le casseforme dovranno essere realizzate affinché non agiscano in modo staticamente scorretto sulle strutture alle quali sono ancorate o appoggiate e in modo da permettere il ritiro del calcestruzzo e un facile disarmo.

Le casseforme per getti verticali e orizzontali devono essere concepite in modo da permettere un disarmo corretto senza danni per il calcestruzzo.

L'impalcatura di sostegno dovrà essere realizzata affinché non agisca in modo staticamente scorretto sulle strutture sottostanti.

Il progetto delle casseforme deve prevedere le indicazioni per garantire l'impermeabilità dei giunti che devono essere a perfetta tenuta.

I dispositivi d'ancoraggio della cassaforma, qualora attraversino o siano inglobati nel calcestruzzo, non devono causare a quest'ultimo danno alcuno.

La progettazione delle casseforme deve tener conto della necessità di evitare durante la fase di getto perdite dannose di materiale (acqua e cemento).

L'impermeabilità dei giunti fra i moduli di cassaforma a grande superficie, deve essere assicurato dal contatto corretto dei bordi del pannello di rivestimento.

Salve diverse disposizioni impartite dalla Direzione Lavori, fra i giunti dei moduli delle casseforme o fra i singoli pannelli di rivestimento degli stessi, per assicurare impermeabilità all'acqua e cemento,

si devono impiegare strisce di poliuretano a cellule aperte compresse. In alternativa, per evitare perdite d'acqua o cemento, i giunti dei singoli pannelli di rivestimento del modulo dovranno essere realizzati con spessori del pannello scanalati con apposita linguetta.

Non è consentito l'uso di nastro adesivo protettivo sul paramento della cassaforma a contatto con il calcestruzzo.

Il sistema di sollevamento delle attrezzature provvisorie dovrà permettere di utilizzare le casseforme a grande superficie solidali ed in unione con i sistemi di ripresa, in modo da poter essere movimentabili in senso verticale od orizzontale come un'unica unità di cassaforma con una sola operazione di sollevamento.

In tutte le fasi di lavoro, a qualsiasi altezza, il sistema di stabilizzazione dovrà garantire alle casseforme a grande superficie massima stabilità e sicurezza.

Non è ammesso l'utilizzo d'attrezzature provvisorie di servizio (vedesi ponteggio) per realizzare superfici praticabili per supportare la cassaforma.

Le casseforme dovranno essere concepite in modo tale da minimizzare le deformazioni delle stesse. I pannelli di rivestimento della cassaforma dovranno avere una rigidità sufficiente e uniforme per evitare forti vibrazioni durante il costipamento del calcestruzzo, evitando in particolare la generazione di frecce sul rivestimento della

cassaforma. La responsabilità statica della corretta costruzione delle casseforme è totalmente a carico dell'Appaltatore.

Le casseforme dovranno essere equipaggiate con sistemi di sicurezza e di protezione integrati nella stessa.

### **1.4.3 Tipologie Casseforme, Impalcature e Attrezzature Provvisori**

#### **1.4.3.1 Casseforme a Telaio per Pareti**

Dovranno essere eseguite con un sistema simile a PERI TRIO costituito da elementi a telaio metallici rivestiti da un pannello multistrato in legno.

Il pannello di rivestimento di spessore 18 mm dovrà essere un compensato multistrato, d'elevata qualità, realizzato con fogli 100% di betulla incrociati, incollati, rivestito su entrambe le superfici da un film protettivo a base di resina fenolica di 240 g/m<sup>2</sup> con spessori sigillati.

I pannelli di rivestimento dovranno essere fissati al telaio mediante rivetti e i giunti lungo i bordi del telaio dovranno essere riempiti con silicone.

L'elemento a telaio metallico, costituito da profili chiusi trattati con rivestimento di polveri termoindurenti, dovrà essere tale da consentirne la messa in opera sia in posizione verticale che orizzontale onde ottenere due altezze e due larghezze dall'impiego degli elementi a grande superficie con fori per tiranti di collegamento delle casseforme contrapposte disposti all'interno.

La modulazione degli elementi a telaio dovrà consentire l'impiego di un numero limitato degli stessi (max 6 diverse larghezze) in modo da non richiedere elementi specifici per adattarsi a tutte le tipologie d'impiego.

Il collegamento dei differenti elementi, ovvero tutte le tipologie di collegamento, dovranno essere realizzate con un unico componente in grado in una sola operazione di livellare, allineare e serrare ermeticamente.

Di norma, le casseforme a telaio dovranno essere messe in opera per ottenere una disposizione simmetrica degli elementi e dei relativi tiranti di collegamento.

I paramenti in calcestruzzo dovranno riflettere le impronte degli elementi a telaio, con una modularità corrispondente a 2,40/2,70 o 2,40/3,30 e sottomultipli, altre impronte d'elementi a telaio di dimensioni non previste dovranno essere autorizzate dalla Direzione Lavori.

Le casseforme a telaio dovranno essere corredate di sistemi di stabilizzazione ed integrate con componenti che ne garantiscano un'utilizzazione in sicurezza, quali passerelle di servizio, puntelli di

stabilizzazione, accessori di sollevamento a norma C.E.E.ecc.

La finitura superficiale del calcestruzzo, ottenuta dopo il disarmo della cassaforma, sarà una finitura diretta, di medio e alto livello qualitativo, d'aspetto liscio, di colore uniforme, con evidenziati i giunti fra i singoli elementi a telaio.

Devono essere consentite pressioni elevate esercitate del calcestruzzo fresco sulla cassaforma (rif. norma UNI U50.00.206.0 gennaio 1999) e soddisfare nello stesso tempo i requisiti più alti relativi alla planarità (rif. norma DIN 18202) con il minore numero di tiranti.

### **1.5 Materiali in genere**

Quale regola generale si intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materiali e tecnologie tradizionali e/o artigianali, per la costruzione delle opere, proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di seguito indicate.

Nel caso di prodotti industriali la rispondenza a questo capitolato può risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

### **1.6 Acqua, calci, cementi ed agglomerati cementizi, pozzolane, gesso**

1. L'acqua per l'impasto con leganti idraulici (UNI EN 1008) dovrà essere dolce, limpida, priva di sostanze organiche o grassi e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante. In caso di necessità, dovrà essere trattata per ottenere il grado di purezza richiesto per l'intervento da eseguire. In taluni casi dovrà essere, altresì, additivata per evitare l'instaurarsi di reazioni chimico-fisiche che potrebbero causare la produzione di sostanze pericolose.
  
2. Le calci aeree devono rispondere ai requisiti di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci" e ai requisiti di cui alla norma UNI 459 ("Calci da costruzione").

3. Le calce idrauliche, oltre che ai requisiti di accettazione di cui al RD 16 novembre 1939, n. 2231 e a quelli della norma UNI 459, devono rispondere alle prescrizioni contenute nella legge 26 maggio 1965, n. 595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici" ed ai requisiti di accettazione contenuti nel DM 31 agosto 1972 "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche" e s.m. ed i. Le calce idrauliche devono essere fornite o in sacchi sigillati o in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola, che non possono essere aperti senza lacerazione, o alla rinfusa. Per ciascuna delle tre alternative valgono le prescrizioni di cui all'art. 3 della legge 595/1965.
  
4. I cementi da impiegare in qualsiasi lavoro devono rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968 ("Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi") e successive modifiche e integrazioni (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993). Tutti i cementi devono essere, altresì, conformi al DM n. 314 emanato dal Ministero dell'industria in data 12 luglio 1999 (che ha sostituito il DM n. 126 del 9 marzo 1988 con l'allegato "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi" dell'ICITE - CNR) ed in vigore dal 12 marzo 2000, che stabilisce le nuove regole per l'attestazione di conformità per i cementi immessi sul mercato nazionale e per i cementi destinati ad essere impiegati nelle opere in conglomerato normale, armato e precompresso. I requisiti da soddisfare devono essere quelli previsti dalla norma UNI EN 197-2007 "Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni". Gli agglomerati cementizi, oltre a soddisfare i requisiti di cui alla legge 595/1965, devono rispondere alle prescrizioni di cui al summenzionato DM del 31 agosto 1972 e s.m.. I cementi e gli agglomeranti cementizi devono essere forniti o in sacchi sigillati o in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola, che non possono essere aperti senza lacerazione, o alla rinfusa. Per ciascuna delle tre alternative valgono le prescrizioni di cui all'art. 3 della legge 595/1965. I cementi e gli agglomerati cementizi devono essere in ogni caso conservati in magazzini coperti, ben ventilati e riparati dall'umidità e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego.

5. Le pozzolane devono essere ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti; qualunque sia la provenienza devono rispondere a tutti i requisiti prescritti dal RD 16 novembre 1939, n. 2230.
6. Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti.
7. L'uso del gesso dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori. Per l'accettazione valgono i criteri generali dell'art. 73 (Materiali in genere) e la norma UNI 5371 ("Pietra da gesso per la fabbricazione di leganti. Classificazione, prescrizioni e prove").

#### **1.7 Materiali inerti per conglomerati cementizi e per malte**

1. Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR 246/93 è indicato nella Tab. 11.2.II. contenuta nell'art. 11.2.9.2 del DM 14 gennaio 2008 (aggiornato nel D.M. 17/01/2018) recante "Norme tecniche per le costruzioni" emesso ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii. (d'ora in poi DM 14 gennaio 2008).
2. È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III contenuta sempre nel summenzionato art. 11.2.9.2., a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN

12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Nelle prescrizioni di progetto si potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella sopra esposta.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

3. Le sabbie, naturali o artificiali, da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi devono:
  - essere ben assortite in grossezza;
  - essere costituite da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa;
  - avere un contenuto di solfati e di cloruri molto basso (soprattutto per malte a base di cemento);
  - essere tali da non reagire chimicamente con la calce e con gli alcali del cemento, per evitare rigonfiamenti e quindi fessurazioni, macchie superficiali;
  - essere scricchiolanti alla mano;
  - non lasciare traccia di sporco;
  - essere lavate con acqua dolce anche più volte, se necessario, per eliminare materie nocive e sostanze eterogenee;
  - avere una perdita in peso non superiore al 2% se sottoposte alla prova di decantazione in acqua.
4. La ghiaia da impiegare nelle malte e nei conglomerati cementizi deve essere:
  - costituita da elementi puliti di materiale calcareo o siliceo;
  - ben assortita;
  - priva di parti friabili;
  - lavata con acqua dolce, se necessario per eliminare materie nocive.

Il pietrisco, utilizzato in alternativa alla ghiaia, deve essere ottenuto dalla frantumazione di roccia compatta, durissima silicea o calcarea, ad alta resistenza meccanica.

Le dimensioni dei granuli delle ghiaie e del pietrisco per conglomerati cementizi sono prescritte dalla direzione lavori in base alla destinazione d'uso e alle modalità di applicazione. In ogni caso le dimensioni massime devono essere commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

Nel dettaglio gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi devono essere di dimensioni tali da:

- passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 5 cm se utilizzati per lavori di fondazione/elevazione, muri di sostegno, rivestimenti di scarpata, ecc...
- passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 4 cm se utilizzati per volti di getto;
- passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 3 cm se utilizzati per cappe di volti, lavori in cemento armato, lavori a parete sottile.

In ogni caso, salvo alcune eccezioni, gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi devono essere tali da non passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 1 cm.

5. Sabbia, ghiaia e pietrisco sono in genere forniti allo stato sciolto e sono misurati o a metro cubo di materiale assestato sugli automezzi per forniture o a secchie, di capacità convenzionale pari ad 1/100 di m<sup>3</sup>, nel caso in cui occorrono solo minimi quantitativi.
6. Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro, devono essere a grana compatta e monde da cappellaccio, esenti da piani di sfaldamento, da screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; devono avere dimensioni adatte al particolare loro impiego, offrire una resistenza proporzionata alla entità della sollecitazione cui devono essere soggette, ed avere una efficace adesività alle malte. Sono escluse, salvo specifiche prescrizioni, le pietre gessose ed in generale tutte quelle che potrebbero subire alterazioni per l'azione degli agenti atmosferici o dell'acqua corrente.

7. Gli additivi per impasti cementizi devono essere conformi alla norma UNI 10765 – 1999 (Additivi per impasti cementizi – Additivi multifunzionali per calcestruzzo – Definizioni, requisiti e criteri di conformità). Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove od accettare l’attestazione di conformità alle norme secondo i criteri dettati nel presente capitolato.

### **1.8 Elementi di laterizio e calcestruzzo**

Gli elementi resistenti artificiali da impiegare nelle murature (elementi in laterizio ed in calcestruzzo) possono essere costituiti di laterizio normale, laterizio alleggerito in pasta, calcestruzzo normale, calcestruzzo alleggerito.

Se impiegati nella costruzione di murature portanti, devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771-2005 e alle prescrizioni contenute nel DM 14 gennaio 2008 (aggiornato con D.M. 17/01/2018) e nella Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 (aggiornata con la circolare 21/02/2019) “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni”. In particolare - ai sensi dell’art. 11.1, punto A, del DM 14 gennaio 2008 - devono recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella tabella 11.10.1 dell’art.11.10.1 dello stesso decreto.

Nel caso di murature non portanti le suddette prescrizioni possono costituire utile riferimento.

Le eventuali prove su detti elementi saranno condotte secondo le prescrizioni di cui alla norma UNI 772 “Metodi di prova per elementi di muratura”.

Ai sensi dell’art. 11.10.1.1 del DM 14 gennaio 2008, oltre a quanto previsto al punto A del summenzionato art. 11.1 del DM 14 gennaio 2008, il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate norme armonizzate.

Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all’art. 59 del DPR 380/2001.

### **1.9 Prodotti a base di legno**

1. Per prodotti a base di legno si intendono quelli che derivano dalla semplice lavorazione e/o dalla trasformazione del legno e si presentano solitamente sotto forma di segati, pannelli, lastre, ecc... Detti prodotti devono essere provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non devono presentare difetti incompatibili con l'uso cui sono destinati; devono quindi essere di buona qualità, privi di alborno, fessure, spaccature, nodi profondi, cipollature, buchi o altri difetti. I prodotti a base di legno di cui nel seguito sono considerati al momento della loro fornitura ed indipendentemente dalla destinazione d'uso. Il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale, pavimentazioni, coperture, ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni del progetto.

2. I segati di legno (UNI EN 844 / 1998 – 2002), a complemento di quanto specificato nel progetto o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con caratteristiche adeguate ai requisiti di progetto con tolleranze su lunghezza, larghezza e spessore misurate secondo la norma UNI EN 1313 ("Legno tondo e segati – Dimensioni preferenziali e tolleranze – Segati).

3. I pannelli a base di fibra di legno (UNI EN 316), oltre a quanto specificato nel progetto, e/o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le specifiche di cui alla norma UNI EN 622 (Pannelli di fibra di legno – Specifiche – Requisiti generali) nonché con caratteristiche adeguate ai requisiti di progetto:

- tolleranze su lunghezza, larghezza e spessore;
- la superficie potrà essere:
  - grezza (se mantenuta come risulta dalla pressatura)
  - levigata (quando ha subito la levigatura)
  - rivestita su una o due facce mediante: placcatura, carte impregnate, smalti, ecc...

4. I pannelli a base di particelle di legno (UNI EN 309) a compimento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le specifiche di cui alla norma UNI EN 312 (Pannelli di particelle di legno – Specifiche –

Requisiti generali di tutti i tipi di pannelli) nonché con caratteristiche adeguate ai requisiti di progetto con tolleranze su lunghezza, larghezza e spessore misurate secondo la norma UNI 4866.

5. I pannelli di legno compensato e paniforti (UNI EN 313) a complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con caratteristiche adeguate ai requisiti di progetto con tolleranze su lunghezza, larghezza e spessore misurate secondo la norma UNI EN 315 – 2002.

### **1.10 Prodotti per impermeabilizzazioni**

1. Per prodotti per impermeabilizzazioni si intendono quelli che si presentano sotto forma di:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua.

Le *membrane* si designano descrittivamente in base:

- al materiale componente (esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);
- al materiale di armatura inserito nella membrana (esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- al materiale di finitura della faccia superiore (esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- al materiale di finitura della faccia inferiore (esempio: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.).

I *prodotti forniti in contenitori* si designano descrittivamente come segue:

- mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- asfalti colati;
- malte asfaltiche;
- prodotti termoplastici;
- soluzioni in solvente di bitume;

- emulsioni acquose di bitume;
- prodotti a base di polimeri organici.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura, le modalità di posa sono trattate negli articoli relativi alla posa in opera.

Il Direttore dei Lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

2. Le membrane per coperture di edifici in relazione allo strato funzionale che vanno a costituire (esempio strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.) devono rispondere alle prescrizioni del progetto e, in mancanza od a loro completamento, alle prescrizioni di seguito dettagliate.

a) Le membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI 9380 per quanto concerne:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- i difetti, l'ortometria e la massa areica;
- la resistenza a trazione;
- la flessibilità a freddo;
- il comportamento all'acqua;
- la permeabilità al vapore d'acqua;
- l'invecchiamento termico in acqua;
- le giunzioni.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Le membrane rispondenti alle varie prescrizioni della norma UNI 8629 in riferimento alle caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

b) Le membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di equalizzazione della pressione di vapore, di irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI 9168 per quanto concerne:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- comportamento all'acqua;

- invecchiamento termico in acqua.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori. Le membrane rispondenti alle norme UNI 9380 e UNI 8629 per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

- c) Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI 9168 per quanto concerne:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione ed alla lacerazione;
- comportamento all'acqua;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione ed alla permeabilità all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori. Le membrane rispondenti alle norme UNI 9380 e UNI 8629 per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

- d) Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI 8629 (varie parti) per quanto concerne:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;
- stabilità di forma a caldo;
- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria ed acqua;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione ed avere impermeabilità all'aria.

- e) Le membrane destinate a formare strati di protezione devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI 8629 (varie parti) per quanto concerne:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alle lacerazioni;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionali a seguito di azione termica;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR);
- comportamento all'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

3. Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri, elencate nel seguente punto a), sono utilizzate per l'impermeabilizzazione nei casi di cui al punto b) e devono rispondere alle prescrizioni elencate al successivo punto c).

Detti prodotti vengono considerati al momento della loro fornitura. Per le modalità di posa si rimanda gli articoli relativi alla posa in opera.

a) Tipi di membrane:

- membrane in materiale elastomerico senza armatura;
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile senza armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);
- membrane polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfanato) dotate di armatura;
- membrane polimeriche accoppiate;

b) Classi di utilizzo:

Classe A - membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio, bacini, dighe, sbarramenti, ecc.)

- Classe B - membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio, canali, acquedotti, ecc.)
- Classe C - membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio, fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc.)
- Classe D - membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce
- Classe E - membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio, discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.)
- Classe F - membrane adatte per il contatto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio, acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).
- c) Le membrane di cui al comma a) sono valide per gli impieghi di cui al comma b) purché rispettino le caratteristiche previste nelle varie parti della norma UNI 8898.

4. I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste e destinati principalmente a realizzare strati di tenuta all'acqua, ma anche altri strati funzionali della copertura piana - a secondo del materiale costituente - devono rispondere alle prescrizioni di seguito dettagliate. I criteri di accettazione sono quelli indicati all'ultimo periodo del comma 1.

#### 5. Geomembrana Elastoseal EPDM

La geomembrana dovrà essere in caucciù sintetico EPDM (Etilene Propilene Diene Monomero) vulcanizzato, dello spessore di mm 1,50.

Prodotto marcato CE, a norma EN 13361, elasticità 300% min., resistente ai raggi UV e all'ozono, resistente da -40 a + 120°C, resistente ai microrganismi e alle radici secondo Direttiva FLL.

La geomembrana dovrà risultare completamente impermeabile all'acqua e dovrà presentare le seguenti caratteristiche dimensionali e chimico-fisiche:

Permeabilità ai liquidi	< 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> day)	(EN 14150)
Resistenza alla trazione	9.0 MPa	(EN ISO 527-3)
Allungamento	300 %	(EN ISO 527-3)
Punzonamento statico	0.75 kN	(EN ISO 12236)
Resist. agli agenti atmosferici/raggi UV	Δ < 25 %	(EN 12224)
Resistenza ai microrganismi	Δ < 25 %	(EN 12225)
Ossidazione	Δ < 25 %	(EN 14575)
Fessurazione da sollecitazione ambientale	NPD*	(EN 14576)
Resistenza alla percolazione, proprietà	Δ < 2 %	(EN 14415)
Resistenza alla percolazione, massa	Δ < 2 %	(EN 14415)

### **1.11 Prodotti diversi (sigillanti, adesivi, geotessili)**

1. I prodotti sigillanti, adesivi e geotessili, di seguito descritti, sono considerati al momento della fornitura. Il Direttore dei Lavori ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si fa riferimento ai metodi UNI esistenti.

2. Per sigillanti si intendono i prodotti utilizzati per riempire, in forma continua e durevole, i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne, ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua, ecc... Oltre a quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i sigillanti devono rispondere alla classificazione ed ai requisiti di cui alla norma UNI ISO 11600 nonché alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- diagramma forza - deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intesa come decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche tale da non pregiudicare la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde al progetto od alle norme UNI EN ISO 9047, UNI EN ISO 10563, UNI EN ISO 10590, UNI EN ISO 10591, UNI EN ISO 11431, UNI EN ISO 11432, UNI EN ISO 7389, UNI EN ISO 7390, UNI EN ISO

8339, UNI EN ISO 8340, UNI EN 28394, UNI EN ISO 9046, UNI EN 29048 e/o in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

3. Per adesivi si intendono i prodotti utilizzati per ancorare un elemento ad uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc. dovute all'ambiente ed alla destinazione d'uso. Sono inclusi in detta categoria gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso, ecc.). Sono invece esclusi gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti. Oltre a quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, gli adesivi devono rispondere alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intesa come decadimento delle caratteristiche meccaniche tale da non pregiudicare la loro funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico - fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde alle seguenti norme UNI:

- UNI EN 1372, UNI EN 1373, UNI EN 1841, UNI EN 1902, UNI EN 1903, in caso di adesivi per rivestimenti di pavimentazioni e di pareti;
- UNI EN 1323, UNI EN 1324, UNI EN 1346, UNI EN 1347, UNI EN 1348, in caso di adesivi per piastrelle;
- UNI EN 1799 in caso di adesivi per strutture di calcestruzzo.

In alternativa e/o in aggiunta soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto è in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

4. Per geotessili si intendono i prodotti utilizzati per costituire strati filtranti, di separazione, contenimento, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) ed in coperture. Si distinguono in:

- tessuti (UNI sperimentale 8986): stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);

- non tessuti (UNI 8279): feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

(Sono esclusi dal presente articolo i prodotti usati per realizzare componenti più complessi).

Quando non è specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti rispondenti alle caratteristiche adeguate ai requisiti di progetto:

- tolleranze sulla lunghezza e larghezza:  $\pm 1\%$ ;
- spessore:  $\pm 3\%$ ;

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde alle norme UNI sopra indicate e/o è in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza valgono i valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Dovrà inoltre essere sempre specificata la natura del polimero costituente (poliestere, polipropilene, poliammide, ecc...).

Per i non tessuti dovrà essere precisato:

- se sono costituiti da filamento continuo o da fiocco;
- se il trattamento legante è meccanico, chimico o termico;
- il peso unitario.

### **1.11.1 Componenti Strutturali**

#### **1.11.1.1 Pulizia e trattamenti**

Le casseforme dovranno essere pulite e prive d'elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della finitura superficiale del calcestruzzo indurito.

L'eventuale uso di qualsiasi prodotto per agevolare il disarmo dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori.

L'impiego di disarmanti è subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore del calcestruzzo. Qualora fossero impiegati per le casseforme rivestimenti impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà far uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata.

Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie a vista del calcestruzzo. Su tutte le casseforme di una medesima struttura si dovrà utilizzare lo stesso prodotto disarmante.

#### **1.11.1.2 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ecc.**

L'Appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso d'esecuzione tutta la forometria, tracce, cavità e incassature previste negli elaborati strutturali e in quelli degli impianti tecnologici, nonché tutti quelli che si dovessero rendere necessari per dare le opere perfettamente funzionanti. Particolare riguardo dovrà essere posto al corretto fissaggio degli inserti metallici e di rispetto delle tolleranze di posizionamento degli stessi sia in fase di preparazione sia in fase di getto.

#### **1.11.1.3 Sistemi di fissaggio e distanziatori delle casseforme**

I fori per il passaggio dei dispositivi di collegamento delle casseforme, che attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo e se sono destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio dovranno essere sigillati in entrambe le estremità con tappi a tenuta. I fori per il passaggio dei tiranti di collegamento tra i paramenti contrapposti delle casseforme verticali dovranno essere posizionati con simmetria in conformità a quanto indicato nel progetto esecutivo delle casseforme, o in assenza, disposti dopo preventiva approvazione della Direzione Lavori, impiegando tiranti per casseforme liberi di scorrere entro tubi di PVC o di cemento: questi materiali sono destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio. È vietato l'utilizzo di fili o fascette d'acciaio inglobati nel getto, non è ammesso l'uso di distanziatori di legno o metallici. Sarà ammesso in superficie l'affioramento di terminali, non deformabili, d'appoggio di plastica o l'affioramento di terminali dei tubi di cemento per distanziare le casseforme di dimensioni approvate dalla Direzione Lavori.

È obbligatorio il posizionamento di distanziatori in PVC o in cemento.

A disarmo avvenuto i fori per il passaggio dei tiranti di collegamento della cassaforma dovranno essere sigillati con tappi di plastica o di cemento, salvo diverse disposizioni indicate dalla Direzione Lavori, per evitare l'affioramento del ferro d'armatura sulle superfici del calcestruzzo, ma ovunque possibile dovranno essere usati quelli in malta cementizia. La superficie dei distanziatori a contatto con il paramento della cassaforma dovrà essere la minima possibile, tale da garantire il copriferro previsto nel progetto.

#### **1.11.1.4 Disarmo**

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme quando saranno state raggiunte le resistenze del calcestruzzo prescritte dal progettista delle strutture. Il disarmo dovrà essere effettuato conformemente ai cicli di getto previsti dal progetto, senza scosse e con

forze puramente statiche, solo quando la maturazione del calcestruzzo sia sufficiente per la realizzazione dei cicli successivi di getto.

Per rimuovere le casseforme delle pareti si dovranno rispettare i tempi di maturazione necessarie per le opere che esse sostengono e per quelle sulle quali prendono appoggio.

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute non tollerabili dalla Direzione Lavori dovranno essere asportate mediante bocciardatura immediatamente dopo il disarmo; i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato, mantenuta protetta per almeno 48 ore. Dopo il disarmo delle casseforme dovranno essere adottati inoltre provvedimenti onde evitare la rapida essiccazione delle superfici e il loro brusco raffreddamento.

### **1.11.2 Strutture in Calcestruzzo Cementizio Armato**

#### **1.11.2.1 Esecuzione dei Getti dei Conglomerati**

L'Appaltatore ha l'obbligo di comunicazione alla Direzione Lavori la data di getto con 48 h di anticipo, i getti eseguiti senza la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori potranno essere demoliti su ordine della stessa.

Gli impasti dovranno essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di separazione o di prematuro inizio della presa al momento del getto, che verrà effettuato non oltre quaranta minuti dal termine della mescolazione.

Nessun getto può essere iniziato, se non siano state rispettate tutte le disposizioni all'uopo impartite, e controllate le dimensioni delle casseforme e la rispondenza delle armature al progetto esecutivo.

Il getto non potrà essere eseguito in presenza di impurità e/o sporcizia nei casseri (residui di legature, materiali plastici, rifiuti, ecc.).

Le casseforme, prima del getto, dovranno essere bagnate abbondantemente.

Dopo il getto e fino a che l'intera opera non abbia raggiunto un sufficiente grado di maturazione, deve essere impedito sulla stessa il passaggio diretto degli operai e mezzi d'opera. Per un periodo non inferiore a giorni 10 successivi al getto, deve curarsi che il conglomerato sia periodicamente e frequentemente bagnato e se necessario in rapporto alla stagione, può essere ordinato lo stendimento sulla superficie superiore di uno strato di sabbia od altro materiale atto a proteggerlo o a mantenerlo umido, e ciò senza particolare compenso. Ogni disarmo deve essere autorizzato.

Si provvederà a prelevare campioni, sia di calcestruzzo, che acciaio per c.a., da sottoporre a prova presso laboratori autorizzati, di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001

(secondo quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 e successivo D.M. 17/01/2018), e prelevare cubetti di prova da sottoporre a rottura in cantiere (secondo le indicazioni della Direzione Lavori).

Nella posa in opera dei conglomerati si dovranno adoperare, ed in ogni modo avere sempre a disposizione, quei macchinari atti a garantire la corretta esecuzione dei getti (pompe, tubi convogliatori, manichette, tramogge, secchie di ribaltamento, vibratorii, ecc.).

Per la esecuzione dei getti non potranno essere usati quei macchinari, o qualunque altro mezzo, che presentino difetti di funzionamento o comunque giudicati non idonei dalla Direzione dei Lavori.

Nel getto dovrà essere evitato che il conglomerato venga sbattuto contro i casseri.

E' vietata nel modo più assoluto l'aggiunta di acqua durante l'assestamento dei casseri.

Il conglomerato dev'essere posto in opera per strati di spessore non superiore a cm 15 e debitamente battuto. Il getto deve effettuarsi di norma, senza interruzioni.

Il costipamento dovrà essere effettuato in direzione normale agli strati; in ogni caso il costipamento del conglomerato dovrà essere eseguito con la massima cura ed essere proseguito fino alla eliminazione di ogni zona di vuoto, sia pure minima, e fino a quando in superficie non si sia formato un velo d'acqua.

Prima di iniziare il getto dei pilastri dovrà essere posto sulla loro base, attraverso lo sportello lasciato ai piedi dei casseri, un congruo strato di malta, dosato con 600 kg. di cemento per metro cubo di sabbia, affinché i pilastri non rimangano indeboliti al piede.

#### **1.11.2.2 Riprese dei Getti, Giunti e scuri di progetto**

Le riprese dei getti dovranno, qualora possibile, essere evitate. Ove si rendessero necessarie riprese accidentali, non previste dai disegni, esse dovranno essere eseguite, di regola, in senso normale alla direzione degli sforzi di compressione, ed escludendo le zone di massimo momento flettente. Qualora una interruzione del getto producesse una superficie di ripresa mal orientata, il conglomerato dovrà essere demolito per realizzare una nuova superficie opportunamente orientata per la ripresa.

Nel caso di interruzione dei getti sarà necessario impiegare reti micronervate e/o connettori anti- scorrimento.

Nel caso si dovesse gettare conglomerato fresco a contatto con conglomerato che abbia già iniziato la presa, si dovrà scalpellare e pulire al vivo la superficie del vecchio conglomerato per far sporgere la ghiaia od il pietrisco. Si dovrà quindi bagnare la superficie di ripresa affinché il vecchio conglomerato sia opportunamente umidificato

prima di essere messo a contatto con il conglomerato fresco che dovrà essere vibrato con vibrator ad immersione.

La superficie non dovrà essere troppo bagnata né presentare pozze d'acqua.

Ove prescritto dovranno essere impiegati idonei additivi sulla superficie del vecchio conglomerato. Le riprese dei getti per i vari piani e per le pareti e pilastri nonché per le strutture che rimarranno in vista o che saranno bocciardate, dovranno essere tali da rispettare le fughe risultanti nei disegni architettonici. Non sono ammesse riprese irregolari nelle strutture in vista, ed inoltre dovrà essere posta particolare cura con l'adozione degli accorgimenti e magisteri necessari, onde evitare durante la ripresa dei getti sbavature e imboiacature dei getti sottostanti.

I giunti delle casseforme dovranno essere realizzati in modo da evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia, imperfezioni o sbavature dei giunti non solo tra i singoli moduli che costituiscono la cassa- forma, ma anche attraverso i giunti verticali ed orizzontali degli stessi pannelli di rivestimento

Le interruzioni di getto dovranno essere eseguite in conformità alle indicazioni impartite dalla Direzione Lavori.

Le riprese di getto saranno delle linee rette e potranno essere marcate dall'inserimento di profili triangolari in PVC o in legno, come riportato definito dalla Direzione Lavori, con la linea di ripresa collocata esattamente nella mezzeria. I giunti tra i moduli della cassaforma saranno realizzati in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo delle attrezzature provvisorie. Potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

Le eventuali predisposizioni, oltre a quelle collocate in corrispondenza delle riprese di getto, dovranno essere realizzati mediante l'inserimento di profili triangolari in PVC rigido o in legno, comunque previa approvazione di un campione da parte della Direzione Lavori.

La superficie del distanziatore d'appoggio dei tubi PVC o di cemento a contatto con il paramento della cassaforma dovrà essere di Ø massimo 15 mm, di profondità massima 20 mm.

Anche se nei disegni non sono indicati smussi degli angoli delle strutture, qualora fossero richiesti dalla Direzione Lavori, questi dovranno essere eseguiti a 45° con lati di 15mm così come tutti quei particolari e accorgimenti necessari per un'esecuzione a regola d'arte delle strutture in calcestruzzo.

### **1.11.2.3 Condizioni Climatiche per la Esecuzione dei Getti**

La temperatura ambientale, durante la esecuzione dei getti, dovrà essere compresa tra i 5° (cinque gradi centigradi) ed i 32° (trentadue gradi centigradi). Qualora si ritenesse necessario si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, atti a proteggere i getti dal gelo e dalla eccessiva evaporazione dell'acqua durante il periodo di presa.

### **1.11.2.4 Getti in clima freddo**

Il clima si definisce freddo quando la temperatura dell'aria è minore di 5°C: in tal caso valgono le disposizioni e le prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4<sup>a</sup>.

La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto sia inferiore ai 5°C.

Prima del getto ci si dovrà assicurare che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo si mantengano ad una temperatura d'alcuni gradi sopra lo zero.

I getti dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di 0°C.

### **1.11.2.5 Getti in clima caldo**

Se durante le operazioni di getto, la temperatura dell'aria supererà i 32°C all'ombra, ci si dovrà accertare che la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C, altrimenti occorrerà sospendere le operazioni di getto.

### **1.11.2.6 Maturazione dei Getti**

A getti ultimati il conglomerato sarà mantenuto anche con idonee bagnature nello stato di umidità favorevole alla sua presa ed indurimento così da raggiungere in opera una resistenza almeno uguale a quella dei campioni prelevati per il controllo e cioè per un periodo non inferiore ai 10 giorni.

Inoltre i getti, durante il periodo di maturazione, dovranno essere convenientemente protetti dall'azione del vento e della pioggia violenta.

### **1.11.2.7 Messa in opera del calcestruzzo normale**

Si raccomanda di adottare modalità di messa in opera del calcestruzzo che impediscano la segregazione e di mettere in opera il calcestruzzo per strati d'altezza uniforme, gettando senza interruzione dal livello di riferimento inferiore al livello di riferimento superiore d'ogni strato.

Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali di spessore costante, misurato dopo la vibrazione, in ogni caso non maggiore di 50 cm.

La velocità di riempimento della cassaforma per pareti dovrà essere costante e superiore a 2 m.di altezza/ora

Lo scarico del calcestruzzo dal sistema di distribuzione nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitarne la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita della benna di scarico di fondo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà essere mai maggiore di 100 cm.

Le interruzioni di getto dovranno essere eseguite in conformità alle indicazioni riportate nel progetto strutturale; altre posizioni dovranno essere autorizzate dalla Direzione Lavori.

Il calcestruzzo dovrà essere compattato con un numero di vibratori ad immersione in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso.

Tutti i getti dovranno essere vibrati.

Le disposizioni e le metodologie di vibrazione dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori sempre restando la responsabilità dell'Appaltatore per la vibrazione e per tutte le operazioni relative al getto.

#### **1.11.2.8 Messa in opera del calcestruzzo: strutture fondazione**

Il getto dovrà essere eseguito senza interruzioni in modo da evitare ogni ripresa.

Devono essere rispettati i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo della costipazione con vibrazione.

La geometria delle casseforme dovrà essere conforme ai particolari costruttivi del progetto ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive.

In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani d'appoggio delle casseforme verticali di contenimento.

Prima del getto, tutti i paramenti delle casseforme di contenimento del calcestruzzo dovranno essere puliti e trattati con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita della benna di scarico o dalla bocca del tubo convogliatore, ecc... non dovrà mai essere maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali, di spessore, misurato dopo la vibrazione comunque, non maggiore di 50 cm.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore. A meno d'istruzioni diversamente impartite, il calcestruzzo dovrà essere compattato con un numero di vibratorii ad immersione determinato prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratorii e alle dimensioni del getto stesso.

Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratorii ad immersione dovranno penetrare per almeno 100 cm. Nello strato inferiore.

Il calcestruzzo dovrà essere compattato fino ad incipiente rifluimento della malta cementizia, in modo che le superfici esterne si presentino lisce, compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Le attrezzature per la costipazione del calcestruzzo non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipazione non siano rallentate o risultino insufficienti.

### **1.11.3 Finitura del Calcestruzzo**

#### **1.11.3.1 Generalità**

La finitura superficiale dei getti in calcestruzzo non dovrà presentare nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie, scoloramenti, fessure che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza sia ai fini della durabilità e sia dell'aspetto estetico dell'opera.

#### **1.11.3.2 Controllo del colore**

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, sia il più possibile uniforme:

- il cemento utilizzato in ciascun'opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe;
- la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava e avere granulometria e composizione costante.

Le opere o elementi strutturali in calcestruzzo a vista, che dovranno avere la stessa finitura superficiale, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lenta ed uniforme. Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'Appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego d'acidi. Le superfici finite e curate, come indicato ai punti precedenti, dovranno essere adeguatamente protette,

qualora le condizioni ambientali e di lavoro fossero tali da poter essere in qualsiasi modo causa di danno per le stesse. Si dovrà evitare che siano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica. Si dovranno evitare macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa, prendendo i dovuti provvedimenti per evitare che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto. Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore, con provvedimenti preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

### **1.11.3.3 Tolleranze nell'Esecuzione dei Getti**

Le normative di riferimento per le tolleranze superficiali e d'aspetto sono le seguenti:

- CIB, Rapport n. 5 ;
- Production de Béton de Couleur Uniforme et sans Défauts de Surface ;
- CIB, Rapport n. 24 W 29;
- Tolerances on Blemishes of Concrete;
- per le tolleranze sui difetti si deve fare riferimento ai valori indicati;
- per le tolleranze ammesse nella planarità dei getti si fa riferimento ai valori indicati;
- PR Enxxx CEN/TC53/WG12/ (vedesi PUNTO 4.4 Flatness tolerances).

Saranno pertanto motivi di contestazione le macchie, gli scoloramenti, gli alveoli, i nidi d'ape, le fessure, ecc...

Per le tolleranze sui requisiti e sui difetti si fa riferimento al rapporto N. 24 del CIB W29 “Tolerances sur les défauts d'aspect du beton”, allegato alle presenti specifiche attrezzature provvisoriale.

La finitura dei vari getti di calcestruzzo faccia a vista può essere riassunta come segue:

- Classe C corrisponde ad esigenze di basso livello qualitativo
- Classe B corrisponde ad esigenze di medio livello qualitativo
- Classe A corrisponde ad esigenze d'alto livello qualitativo.

In mancanza di diverse prescrizioni, le tolleranze ammesse nella planarità delle pareti in calcestruzzo misurate con un regolo di riferimento di lunghezza differente in funzione della forma geometrica delle opere dovranno essere conformi a quanto indicato nella PR Enxxx CEN/TC53/WG12/ (vedesi PUNTO 4.4 Flatness tolerances).

Le tolleranze nella planarità delle pareti a vista in entrambe le direzioni principali, misurate con una staggia piana di 200 cm. sono:

- 5 mm per finiture superficiale normali;

- 3 mm. per finiture superficiale del calcestruzzo a vista.

La tolleranza ammessa per la verticalità dei getti misurata sull'altezza delle pareti è di  $\pm 5$  mm.

L'Appaltatore dovrà effettuare prima dell'esecuzione dei lavori almeno tre campioni di intradossi di solai e tre campioni corrispondenti ad una sezione di parete di altezza tipo di getto da sottoporre alla Direzione Lavori per la definitiva approvazione. Tali campioni serviranno per definire le finiture e l'aspetto superficiale del calcestruzzo, la tipologia dei distanziatori del copriferro degli smussi, giunti di costruzione giunti fra i moduli di cassaforma e fra i pannelli di rivestimento, oltre che per definire le caratteristiche cromatiche e di superficie del calcestruzzo.

#### **1.11.3.4 Tolleranze sulle dimensioni principali delle opere in c.a.**

Il posizionamento delle casseforme dovrà essere tale che le tolleranze lineari dimensionali ammesse siano:

- Tolleranza spessore delle pareti  $\pm 0,5$  cm/0,4% dello spessore delle pareti in calcestruzzo;
- Tolleranza sulle lunghezze delle pareti 1/2500;
- Tolleranza di tracciamento di pareti sovrapposte su impalcato comune;
- Tolleranza massima di tracciamento pareti misurata sul piano orizzontale comunque non dovrà essere superiore a 1/20 dello spessore della parete di spessore minore con un massimo di 1.5 cm;
- Tolleranza di verticalità delle pareti 5mm;
- Tolleranza ammessa planarità intradosso solai 5mm/1m;
- Tolleranza ammessa planarità travi ribassate dei solai 5mm/1m;
- Tolleranza di predisposizione, aperture 2 mm.

#### **1.11.3.5 Prove e Controlli sulle strutture**

In relazione alle prove ed ai controlli si ribadisce che sono a esclusivo onere dell'impresa le seguenti operazioni:

- Il prelievo di campioni, in contraddittorio tra l'Amministrazione e l'Appaltatore e con redazione di verbale e l'apposizione di suggelli, la loro eventuale stagionatura, le prove di laboratorio richieste dalla Direzione dei lavori o imposte dalle norme in vigore presso laboratori ufficialmente autorizzati;

- le spese per l'approntamento delle prove di carico delle strutture portanti e per le apparecchiature di rilevamento, come flessimetri, sclerometri, ecc., sia in corso d'opera che in sede di collaudo, solo escluso l'onorario per i collaudatori;
- le spese per le prove svolte presso Istituti di prova di gradimento della Stazione appaltante richieste dalla normativa vigente in materia di elementi strutturali e le relative certificazioni eseguite su provini cubici di cls., tondi di acciaio d'armatura, profili d'acciaio per carpenteria metallica, elementi di strutture lignee.

Per quanto attiene ai muri e agli orizzontamenti in calcestruzzo autocompattante (Self Compacting Concrete, SCC), e al fine di garantire la corretta esecuzione delle strutture costituite da tale nuovo materiale (per il quale, al momento, non esiste norma specifica) sarà onere dell'Appaltatore provvedere a sue spese anche a quanto riportato qui di seguito.

#### **1.11.3.6 Certificazione di Qualità**

La produzione del calcestruzzo deve essere eseguita in centrali dove le attrezzature, le apparecchiature, le macchine, le operazioni ed i materiali utilizzati siano tutti controllati in maniera opportuna. L'Appaltatore dovrà quindi dimostrare che la produzione segua gli standard ISO 9000 o abbia comunque sistemi di qualità in accordo alla norma ISO 9000. L'Appaltatore dovrà inoltre dimostrare che le squadre di lavoro coinvolte nella produzione e nelle operazioni di getto siano state a tal fine preparate ed abbiano la necessaria esperienza.

#### **1.11.3.7 Prove di lavorabilità e di resistenza all'arrivo del calcestruzzo**

Oltre alle prove di temperatura, di resistenza a compressione e di contenuto d'aria previste e richiamate nel capitolo sopra citato, l'Appaltatore dovrà provvedere a sue spese alle seguenti prove di lavorabilità sul cantiere.

#### **1.11.3.8 Controlli Accettazione materiali e modalità di esecuzione prove**

Durante l'esecuzione delle opere verranno prelevati dei provini al fine di valutare la resistenza a compressione del conglomerato ed inoltre verranno eseguite, prima della posa in opera del conglomerato nei casseri, delle prove finalizzate alla valutazione della consistenza dell'impasto. Le spese per le suddette prove nonché quelle relative all'invio dei provini ai Laboratori, di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 saranno a carico dell'Appaltatore.

La Direzione dei Lavori può prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso.

Il verbale di prelievo del calcestruzzo, ai fini dell'effettuazione delle prove su calcestruzzo fresco, deve contenere le seguenti indicazioni:

- Località e denominazione del cantiere;
- Numero e sigla del prelievo;
- Composizione del calcestruzzo;
- Provenienza del prelevamento;
- Posizione in opera da cui è stato fatto il prelievo.

Il verbale di prelievo, relativo alla preparazione e alla stagionatura di provini di calcestruzzo prelevato in cantiere, deve contenere le seguenti indicazioni:

*a) dati relativi ai lavori:*

- Località e denominazione del cantiere;
- Impresa esecutrice delle opere;
- Direttore dei lavori;

*b) dati relativi al prelievo:*

- Data e ora del prelievo;
- Composizione del calcestruzzo;
- Forma, dimensioni e numero dei provini;
- Sigle adottate per la contrassegnazione dei provini più numero di bolla;
- posizione in opera del conglomerato prelevato;

*c) dati relativi alla preparazione e stagionatura:*

- modalità di preparazione dei provini (costipati, battuti, vibrati, ect.);
- stagionatura (condizioni di temperatura, umidità, condizioni ambientali della struttura, condizioni accelerate, etc.).

I verbali devono essere firmati dalla Direzione dei Lavori e dall'Appaltatore ed inoltre dev'essere allegata anche la bolla in duplice copia in cui sono riportati i seguenti dati:

- Rck e dosaggio del calcestruzzo;
- Centrale di produzione;
- Committente e Cantiere di consegna;
- Data della fornitura;

- Ora del carico dell'automezzo in centrale, a mezzo di orologio ora-data; Automezzo che trasporta il carico;
- Volume del carico di calcestruzzo espresso in metri cubi;
- Indicazione del tipo di dosaggio del cemento e quantitativo di acqua;
- Denominazione e dosaggio dell'additivo eventualmente aggiunto.

A cura dell'autista del mezzo che trasporta il carico, dovranno inoltre essere riportati sulla bolla di consegna gli orari di inizio e fine dell'operazione di scarico ed il quantitativo di acqua eventualmente aggiunta.

Il certificato dell'esito della prova a compressione deve portare i seguenti dati:

- Numero di identificazione del provino;
- Data di preparazione del provino;
- Operazioni eseguite per la spianatura dei provini;
- Data della prova;
- Dimensione ed area della sezione;
- Massa del provino;
- Resistenza a compressione;
- Tipo di rottura;
- Eventuali difetti del provino.

Il controllo finalizzato alla valutazione della consistenza dell'impasto sarà effettuato con prove di abbassamento al cono di Abrams, che, sulla media aritmetica delle misure effettuate dovranno dare i seguenti valori:

- Consistenza umida   abbassamento al cono 0-2 cm;
- Consistenza plastica   abbassamento al cono        3-7 cm;
- Consistenza fluida   abbassamento al cono 8-15 cm.

Il controllo finalizzato alla valutazione della resistenza caratteristica del conglomerato cementizio verrà eseguito secondo quanto riportato nel D.M. 14 Gennaio 2008. La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà essere non inferiore a quella richiesta in progetto.

#### **1.11.4 Acciaio da Cemento Armato**

##### **1.11.4.1 Posa in Opera delle Armature**

Le armature verranno posizionate nei casseri in stretta conformità con quanto stabilito nei disegni di progetto (sia per ciò che attiene alla qualità del materiale che per i tagli, le piegature e l'assemblaggio delle gabbie). Si porrà particolare cura nella posa delle

armature per la realizzazione dei copriferri di progetto, per mezzo di appositi supporti e distanziatori (in plastica per le parti non a vista ed in cemento per quelle a vista). Le diverse tipologie di distanziatori devono essere campionate e sottoposte all'approvazione della Direzione Lavori. Salvo diversa disposizione nel progetto delle strutture per il copriferro e l'interferro, la superficie dell'armatura resistente dovrà distare dalle facce esterne finite anche con eventuale bocciardature del conglomerato di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri. Copriferri maggiori dei massimi consentiti per legge richiedono opportuni provvedimenti intesi ad evitare il distacco (per esempio reti). Si deve provvedere a realizzare quanto sopra prescritto per mezzo di accorgimenti idonei a mantenere sollevate le armature durante il getto.

Gli oneri per la fornitura e la posa in opera dei distanziali sono da ritenersi inclusi nelle voci dei calcestruzzi.

Le superfici delle barre dovranno essere mutuamente distanziate, in ogni direzione, di almeno una volta il diametro delle barre medesime, e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Per le barre di sezione non circolare si dovrà considerare il diametro del cerchio circoscritto.

Si dovrà garantire il mantenimento delle armature nelle posizioni indicate in progetto prima e durante le operazioni di getto dei calcestruzzi. Pertanto si dovrà provvedere ad ogni legatura o irrigidimento necessario per mantenere tutte le barre in posizione durante il getto. Particolari accorgimenti devono essere usati per evitare che si verifichino spostamenti delle armature nelle strutture da mantenere in vista.

Per armature di zone tipiche e ripetitive l'Appaltatore predisporrà le gabbie complete ed assemblate per ottenere approvazione scritta dalla Direzione Lavori, che potrà richiedere, a carico dell'Appaltatore stesso, variazioni di sagoma e lunghezza delle barre, ed integrazioni locali di armature rispetto alle indicazioni riportate sui disegni.

#### **1.11.4.2 Verifica delle Armature**

Prima di iniziare le operazioni di getto si provvederà alla verifica delle armature, sia per le dimensioni che per il corretto posizionamento.

In ogni caso le armature metalliche dovranno essere esattamente corrispondenti a quelle indicate dai disegni esecutivi, per dimensioni, forma, diametri e qualità.

Al momento della posa in opera gli acciai non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

#### **1.11.4.3 Controlli Accettazione materiali e modalità di esecuzione prove**

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi degli attestati di qualificazione del prodotto di origine. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi del D.M. 14/01/2008, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere.

A tal fine è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al direttore dei lavori.

L'esecuzione delle prove presso il centro di trasformazione non esclude che il direttore dei lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni.

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di

uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il

marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo con il punto 11.3.2.1 del D.M. 14/01/2008, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono i seguenti:

<b>Caratteristica</b>	<b>Valore limite</b>	<b>NOTE</b>
fy minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
fy massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450·(1.25+0.02)] N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo	≥ 6.0 %	per acciai B450C
Agt minimo	≥ 2.0 %	per acciai B450A
Rottura/snervamento	1.13 ≤ ft/fy ≤ 1.37	per acciai B450C
Rottura/snervamento	ft/fy ≥ 1.03	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzament	assenza di cricche	per tutti

Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;

- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento; il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori di resistenza misurati e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli di cui al punto precedente. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra. Resta nella discrezionalità del direttore dei lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza secondo il metodo Beam-test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, con le modalità specificate nella CNR-UNI 10080:2005.

#### **1.11.4.4 Certificazione di Qualità**

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001:2000 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee disponibili UNI EN 10080:2005, della serie UNI EN 10025:2005, UNI EN 10210:2006, UNI EN 10219:2006.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

L'inizio della procedura di qualificazione deve essere preventivamente comunicato al Servizio Tecnico Centrale allegando una relazione ove siano riportati:

- elenco e caratteristiche dei prodotti che si intende qualificare (tipo, dimensioni, caratteristiche meccaniche e chimiche, ecc.);
- indicazione dello stabilimento e descrizione degli impianti e dei processi di produzione;
- descrizione dell'organizzazione del controllo interno di qualità con indicazione delle responsabilità aziendali;
- copia della certificazione del sistema di gestione della qualità; indicazione dei responsabili aziendali incaricati della firma dei certificati;
- descrizione particolareggiata delle apparecchiature e degli strumenti del Laboratorio interno di stabilimento per il controllo continuo di qualità;
- dichiarazione con la quale si attesti che il servizio di controllo interno della qualità sovrintende ai controlli di produzione ed è indipendente dai servizi di produzione;
- modalità di marcatura che si intende adottare per l'identificazione del prodotto finito; descrizione delle condizioni generali di produzione del Prodotto nonché dell'approvvigionamento delle materie prime e del prodotto intermedio (billette, rotoli, vergella, etc.);
- copia controllata del manuale di qualità aziendale, coerente alle norme della serie ISO 9000.

Il Servizio Tecnico Centrale verifica la completezza e congruità della documentazione presentata e procede a una verifica documentale preliminare della idoneità dei processi produttivi e del Sistema di Gestione della Qualità nel suo complesso.

Se tale verifica preliminare ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale potrà effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione.

Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e notifica al produttore. In caso di esito positivo il Produttore potrà proseguire nella Procedura di Qualificazione del Prodotto. In caso

negativo saranno richieste al Produttore le opportune azioni correttive che dovranno essere implementate.

La Procedura di Qualificazione del Prodotto continua con:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura del Laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del produttore secondo le procedure di cui al punto 11 2.1.4;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art.59 del DPR n. 380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso disponibile sul sito internet; in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

#### **1.11.5 Strutture in Acciaio da Carpenteria**

Per le strutture in acciaio deve essere rispettata la legge 5/11/1971 n° 1086, il DM 14/1/2008 e successivo D.M. 17/01/2018, le relative circolari e decreti ministeriali in vigore attuativi delle leggi prima richiamate nonché le ulteriori normative UNI, ecc. da essi richiamate. Dovranno altresì essere rispettate le normative richiamate e le prescrizioni contenute nella “Relazione tecnica” allegata al progetto delle strutture (allegato D). Tale relazione è da considerare ad ogni effetto parte integrante delle presenti specifiche tecniche.

##### **1.11.5.1 Esecuzione delle opere**

Per le opere in ferro la ruggine e la calamina dovranno essere eliminati in modo completo e così anche gli olii e i grassi utilizzando i procedimenti descritti in seguito.

Sarà comunque scopo della preparazione ottenere il massimo risultato sia per quanto concerne l'adesione al supporto che per l'uniformità di aspetto delle superfici.

Ciascuna mano dovrà coprire totalmente quella precedente.

a) Pulizia mediante solventi

La pulizia mediante solventi dovrà essere usata prima dell'applicazione della pittura ed insieme ad altri sistemi di pulizia della superficie specifici per la rimozione della ruggine, delle scaglie di laminazione e della pittura (sabbatura), e con essa saranno rimosse dalle superfici di acciaio le sostanze estranee nocive, quali olio, grasso, terriccio, composti per imbutitura e taglio nonché altre sostanze contaminanti mediante l'impiego di solventi, emulsioni, composti detergenti o materiali simili. In particolare il sudiciume, gli spruzzi di cemento, i composti di imbutitura, i sali o altre sostanze estranee saranno rimossi mediante raschiatura o pulizia con soluzioni di detergenti, premesso che dopo tali detergenti segua un lavaggio con acqua dolce.

b) Pulizia mediante attrezzi manuali

La pulizia manuale dovrà essere usata per la preparazione delle superfici di acciaio prima della pitturazione attraverso la rimozione delle scaglie di laminazione e della ruggine. In particolare la ruggine stratificata dovrà essere rimossa mediante picchiettatura a mano, martellamento a mano, con altri attrezzi ad urto o combinazione di queste operazioni.

Tutte le scaglie di laminazione staccate e la ruggine staccata non aderente dovranno essere tolte mediante spazzolatura a mano con spazzole metalliche, mediante raschiatura a mano o con la combinazione di questi metodi; tutte le chiodature, saldature, angoli, giunti e aperture saranno dovutamente ripulite e le superfici che risulteranno inaccessibili dopo il montaggio dovranno essere ripulite prima del montaggio stesso.

c) Pulizia mediante attrezzi meccanici

La pulizia meccanica sarà usata, prima della pitturazione o applicazione di rivestimenti protettivi, per la rimozione di ruggine stratificata (scaglia rugginosa) e di scaglie di laminazione staccata mediante attrezzi meccanici ad impatto quali: martelli pneumatici, di picchiettatura o di descagliatura, descagliatori rotanti e a pistone singolo o multiplo e attrezzi quali: spazzole meccaniche e setole di acciaio usanti spazzole rotanti radiali o a coppa che possano penetrare in tutte le aperture accessibili, angoli, giunture e intercapedini; le operazioni dovranno essere eseguite in modo da non solcare il supporto che alla fine della lavorazione si dovrà presentare pulito e privo di scaglie e di ogni altro corpo estraneo.

d) Pulizia mediante sabbatura

Il processo di sabbatura consiste nella preparazione di superfici metalliche mediante la rimozione di scaglie di laminazione, ruggine e sostanze estranee ottenuta con impatto di abrasivi proiettati attraverso ugelli per mezzo di aria compressa.

Come materiale abrasivo sarà impiegata sabbia silicea (esclusa quella di mare), sabbia quarzifera, pallini e granuli macinati di ghisa o acciaio.

A seconda del tempo impiegato, del diametro dell'ugello e del tipo di abrasivo utilizzato si potrà ottenere qualsiasi grado di pulizia delle superfici di acciaio e precisamente:

grado SA 1	sabbiatura leggera (di spazzolatura)
grado SA 2	sabbiatura accurata (commerciale)
grado SA 2 ½	sabbiatura molto accurata (a metallo quasi bianco)
3	sabbiatura molto accurata (a metallo bianco)

e) Zincatura a freddo

La zincatura a freddo richiederà la preparazione del supporto metallico mediante sabbiatura. Nel caso di saldatura a posteriori si dovrà provvedere ugualmente ad una nuova sabbiatura delle zone saldate prima del ritocco con zincante o per lo meno a una buona pulizia meccanica.

Per la zincatura a freddo sarà utilizzata la pittura descritta nel punto A comma a); primer zincante a freddo, a due componenti.

Il componente "polvere" dovrà essere aggiunto al "legante" molto lentamente, rimescolando sempre, fino a quando la miscela diventi uniforme e tutta la polvere sia stata aggiunta.

Lo spessore di rivestimenti a base di zincati inorganici varierà da 70 a 80 micron qualora siano previste finiture.

Quando lo zincante sarà usato senza finitura, lo spessore varia fra 100 e 130 microns.

f) Zincatura a caldo

La zincatura effettuata attraverso immersione di zinco, dovrà presentare le seguenti caratteristiche che:

- lo zinco da impiegare nel bagno deve essere almeno di qualità Zn = 99,90 (norma UNI 2013/74);
- la quantità di zinco occorrente per i laminati (profilati a caldo ed a freddo, tubi, piatti, larghi piatti, ecc.) è mediamente di 550 gr/m<sup>2</sup>., mentre per dadi, bulloni, ecc. di 380 gr/mq. (UNI 5477/66);
- lo strato di zinco deve presentarsi uniforme e deve essere esente da incrinature, scaglie, scorie e altri analoghi difetti. Esso deve aderire tenacemente alla superficie del metallo base.

g) Ciclo di strutture metalliche

Il sistema di pitturazione protettivo comprenderà due tipi base di prodotti vernicianti: uno strato di fondo con le proprietà di aderenza al supporto e protezione contro i fenomeni di corrosione elettrochimica e uno strato di finitura o costituzione di una barriera impermeabile ed insaponificabile.

Il ciclo protettivo su strutture in acciaio sarà così eseguito:

1) **Trattamento in stabilimento**

Asportazione mediante sabbiatura della calamina, della ruggine e degli altri prodotti di corrosione e laminazione.

La sabbiatura sarà eseguita a "metallo quasi bianco" (grado Sa 2½), come descritto al par. 5.2.2 punto d). La sabbiatura potrà essere preceduta da un'eventuale pulizia mediante solventi.

Applicazione di uno strato di fondo antiruggine alchidico come descritto al par. 5.4.4.1 punto c) in due mani dello spessore 50 microns ciascuna.

2) **Trattamento in cantiere**

Dopo il montaggio delle strutture e prima di passare allo strato di finitura occorrerà lavare le strutture, con l'eventuale aiuto di solventi leggeri per eliminare la polvere, grassi, ecc.

Si procederà quindi ad opportuni ritocchi di antiruggine a base di resine alchidiche nei punti ove lo strato di fondo ha subito danni nelle operazioni di trasporto e di montaggio delle strutture.

Applicazione a spruzzo, con apparecchiatura "irless" pennello o rullo di uno strato a finire con smalto a base di resine alchidiche-clorocaucciù, di cui al par. 5.4.4.1 punto f) steso in due mani dello spessore ciascuna di 35 micron.

### **1.12 Normativa generale sulle misurazioni**

Le quantità saranno determinate con "metodi geometrici" oppure "a peso" o a "numero" restando escluso ogni altro metodo.

L'Appaltatore è tenuto a prestarsi, a richiesta del Direttore dei Lavori, alle misure, computazioni e constatazioni che questi ritenesse opportune: peraltro è obbligato ad assumere tempestivamente egli stesso l'iniziativa per le necessarie verifiche, e ciò specialmente per quelle opere e somministrazioni che nel progredire del lavoro non potessero più essere accertate.

### **1.12.1 Conglomerati cementizi**

Tutti i conglomerati cementizi, per opere strutturali (fondazioni comprese) o elementi architettonici, saranno valutati secondo il loro volume in opera, senza detrazione del volume occupato dalle armature, con i prezzi unitari riportati in elenco per ciascuna categoria di conglomerato.

I calcestruzzi per fondazioni e sottofondazione saranno valutati a volume e misurati in opera in base alle dimensioni prescritte, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorchè inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi, dal modo di esecuzione dei lavori, e da qualsiasi altra causa.

Per elementi prefabbricati la valutazione sarà con applicazione dei prezzi unitari alle relative quantità effettivamente fornite e poste in opera complete in ogni loro parte e accessori.

Si intendono pure compresi nei prezzi i seguenti oneri:

- 1) Fornitura e posa in opera di eventuali appoggi in teflon e/o neoprene nella posizione e con le modalità indicate nel progetto esecutivo.
- 2) Gli eventuali scassi e le riprese occorrenti nei conglomerati gettati in opera per l'inserimento in questi degli elementi prefabbricati, con le conseguenti riprese della faccia a vista, a regola d'arte.
- 3) Tutte le connessioni, ottenute con getti di malta di calcestruzzo o con altri sistemi, occorrenti per la formazione di blocchi tra strutture prefabbricate e strutture gettate in opera, nonchè per le strutture prefabbricate tra di loro.
- 4) Tutti i mezzi d'opera, le maestranze e quant'altro sia necessario per eseguire i getti di conglomerato in opera e per la messa in opera degli elementi prefabbricati ed il relativo disarmo dei casseri.

I vuoti, fori, ecc. da lasciare nelle fondazioni, muri, solette, travi, ecc. non saranno detratti qualora il volume corrispondente sia inferiore o uguale a 0,250 mc., e ciò a compenso degli oneri per la cassetta relativa od inserti in polistirolo o simile occorrenti per la realizzazione del vano.

I prezzi unitari sono applicabili ai getti posti a qualunque altezza essendo ogni onere di ponteggi e mezzi di sollevamento e quanto altro occorrente già compreso nei prezzi stessi.

### **1.12.2 Casserature**

Le casserature verranno valutate a metro quadrato di effettiva superficie bagnata dal getto e nel prezzo d'elenco si intende compensata ogni fornitura occorrente di legname,

ferramenta, casseri metallici, ecc., ogni sfrido e ogni altro lavoro fornitura e magistero occorrenti per dare le opere complete.

Le casserature e gli inserti per ricavare vani o vuoti di conglomerato inferiori a 0,250 mc. non saranno computate in quanto già ricompresi come onere nella valutazione dei conglomerati.

### **1.12.3 Ferro per cemento armato**

Il ferro di armatura per le strutture in conglomerato armato (pali, fondazioni, muri, travi, pilastri, solette, ecc.) è valutato a peso adottando i valori della tabella riportata nei singoli prezzi unitari.

I sopraindicati pesi a metro, si moltiplicano per le lunghezze delle armature desunte dai disegni esecutivi e da quelli di lavorazione di cantiere e/o di stabilimento, con la distinta dei vari ferri di armatura, predisposti dall'Appaltatore e approvati dalla direzione lavori e controllati in cantiere. La lunghezza delle barre munite di gancio viene computata aggiungendo al tratto, o alla somma dei vari tratti rettilinei, una quantità pari a dieci volte il diametro della barra.

Premesso che la direzione lavori può ordinare che le armature sollecitate a trazione siano eseguite con barre di un sol pezzo o prescrivere, senza particolare maggior compenso l'uso di manicotti filettati, si precisa che, in ogni caso, non sono oggetto di compenso le sovrapposizioni e giunzioni che non derivino da reale necessità di corretta esecuzione in relazione alle norme regolamentari, ma che siano eseguite per comodità dall'Appaltatore. In ogni caso non si computano i ferri eventualmente posti in opera per l'irrigidimento delle armature o per il loro mantenimento in sito durante i getti e comunque tutti i ferri aggiunti dall'Appaltatore non strettamente necessari ai fini statici delle strutture.

Per le reti elettrosaldate, il peso sarà valutato in base alla tabella riportata nel relativo prezzo unitario. I prezzi da applicare comprendono ogni onere per sfridi, lavorazioni particolari, collocamento in opera, legature, distanziatori, ecc.

## **1.13 Scavi, rilevati, fondazioni e demolizioni**

### **1.13.1 Scavi in genere**

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e geotecnica di cui al

DMLLPP dell'11 marzo 1988 (d'ora in poi DMLLPP 11.03.88), integrato dalle istruzioni applicative di cui alla CMLLPP n. 218/24/3 del 9 gennaio 1996, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla Direzione dei Lavori.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Appaltatore dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando esso, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni alle persone e alle opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Appaltatore dovrà, altresì, provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori), ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche ovvero su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a rendere disponibili a sua cura e spese.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in luogo idoneo previo assenso della Direzione dei Lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

La Direzione dei Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Qualora i materiali siano ceduti all'Appaltatore, si applica il disposto del comma 3, dell'art. 36 del Cap. Gen. n. 145/00.

### **1.13.2 Scavi di sbancamento**

Per scavi di sbancamento o sterri andanti s'intendono quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali, ecc., e in generale tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, ma non escludendo l'impiego di rampe provvisorie, etc. Gli scavi di sbancamento si misureranno col metodo delle sezioni ragguagliate, tenendo conto del volume effettivo "in loco". Le misurazioni verranno effettuate in contraddittorio con l'appaltatore all'atto della consegna.

### **1.13.3 Scavi di fondazione od in trincea**

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti.

In ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette.

Nell'esecuzione di detti scavi per raggiungere il piano di posa della fondazione si deve tener conto di quanto specificato nel DMLLPP 11.03.88 al punto A.2, al punto D.2 ed alla sezione G.

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi. Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato magro o altro materiale idoneo.

Nel caso che per eseguire gli scavi si renda necessario deprimere il livello della falda idrica si dovranno valutare i cedimenti del terreno circostante; ove questi non risultino compatibili con la stabilità e la funzionalità delle opere esistenti, si dovranno opportunamente modificare le modalità esecutive. Si dovrà, nel caso in esame, eseguire la verifica al sifonamento. Per scavi profondi, si dovrà eseguire la verifica di stabilità nei riguardi delle rotture del fondo.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione, dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei Lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione. Le profondità, che si trovano indicate nei disegni, sono, infatti, di stima preliminare e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

È vietato all'appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di por mano alle murature prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni. I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, dovranno, a richiesta della Direzione dei Lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo che resta vuoto, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura e spese dell'appaltatore, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo.

Gli scavi per fondazione dovranno, quando occorra, essere solidamente puntellati e sbadacchiati con robuste armature, in modo da proteggere contro ogni pericolo gli operai, ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione tanto degli scavi che delle murature.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellazioni e sbadacchiature, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo gli venissero impartite dalla Direzione dei Lavori. Col procedere delle murature l'Appaltatore potrà recuperare i legnami costituenti le armature, sempre- ché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione; i legnami però, che a giudizio della Direzione dei Lavori, non potessero essere tolti senza pericolo o danno del lavoro, dovranno essere abbandonati negli scavi.

#### **1.13.4 Scavi subacquei e prosciugamento**

Se l'Appaltatore, malgrado l'osservanza delle prescrizioni, non potesse, in caso di acque sorgive o filtrazioni, far defluire l'acqua naturalmente dagli scavi in genere e da quelli di fondazione, è facoltà della Direzione dei Lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente, sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali di drenaggio.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la Direzione dei Lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

Per i prosciugamenti praticati durante l'esecuzione delle murature, l'Appaltatore dovrà adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte.

#### **1.13.5 Presenza di gas negli scavi**

Durante l'esecuzione degli scavi, ai sensi di quanto previsto dal DMLLPP 11.03.88, devono essere adottate misure idonee contro i pericoli derivanti dall'eventuale presenza di gas o vapori tossici.

#### **1.13.6 Rilevati e rinterri**

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature, o da addossare alle murature, e fino alle quote prescritte dalla Direzione dei Lavori, si impiegheranno in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione dei Lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte. Sono da preferire le terre a grana media o grossa. Le terre a grana fine possono essere impiegate per opere di modesta importanza e quando non sia possibile reperire materiali migliori. Si possono adoperare anche materiali ottenuti dalla frantumazione di rocce.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale 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.

Il coefficiente di sicurezza riferito alla stabilità del sistema manufatto - terreno di fondazione non deve risultare inferiore a 1,3.

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

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione dei Lavori.

È vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

È obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

L'Appaltatore dovrà consegnare i rilevati con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati e compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo dei fossi.

La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni, sarà previamente scoticata, ove occorra, e se inclinata sarà tagliata a gradoni con leggera pendenza verso il monte.

#### **1.13.7 Opere di impermeabilizzazione**

1. Per opere di impermeabilizzazione si intendono quelle che servono a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il passaggio di acqua (sotto forma liquida o gassosa) attraverso una parte dell'edificio (pareti, fondazioni, pavimenti controterra etc...) o comunque lo scambio igrometrico tra ambienti. Esse si dividono in:

- impermeabilizzazioni costituite da strati continui (o discontinui) di prodotti;
- impermeabilizzazioni realizzate mediante la formazione di intercapedini ventilate.

2. Le impermeabilizzazioni, si intendono suddivise nelle seguenti categorie:

- a) impermeabilizzazioni di coperture continue o discontinue;
- b) impermeabilizzazioni di pavimentazioni;
- c) impermeabilizzazioni di opere interrato;
- d) impermeabilizzazioni di elementi verticali (non risalita d'acqua).

3. Per la realizzazione delle diverse categorie si utilizzeranno i materiali e le modalità indicate negli altri documenti progettuali, ove non siano specificate in dettaglio nel progetto od a suo completamento si rispetteranno le prescrizioni dettate nel presente capitolato:

- per la impermeabilizzazione di opere interrato valgono le prescrizioni seguenti:

a) per le soluzioni che adottino membrane in foglio o rotolo si sceglieranno i prodotti che per resistenza meccanica a trazione, agli urti ed alla lacerazione meglio si prestano a sopportare l'azione del materiale di reinterro (che comunque dovrà essere ricollocato con le dovute cautele) le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ridurre entro limiti accettabili, le azioni di insetti, muffe, radici e sostanze chimiche presenti del terreno.

Inoltre durante la realizzazione si curerà che risvolti, punti di passaggio di tubazioni, etc... siano accuratamente eseguiti onde evitare sollecitazioni localizzate o provocare distacchi e punti di infiltrazione.

b) Per le soluzioni che adottano prodotti rigidi in lastre, fogli sagomati e similari (con la formazione di interspazi per la circolazione di aria) si opererà come indicato nella precedente lettera a) circa la resistenza meccanica. Per le soluzioni ai bordi e nei punti di attraversamento di tubi, ecc. si eseguirà con cura la soluzione adottata in modo da non costituire punti di infiltrazione e di debole resistenza meccanica.

c) Per le soluzioni che adottano prodotti applicati fluidi od in pasta si sceglieranno quelli che possiedano caratteristiche di impermeabilità ed anche di resistenza meccanica (urti, abrasioni, lacerazioni). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ottenere valori accettabili di resistenza ad agenti biologici quali radici, insetti, muffe, ecc. nonché di resistenza alle possibili sostanze chimiche presenti nel terreno. Durante l'esecuzione si curerà la corretta esecuzione di risvolti e dei bordi, nonché dei punti particolari quali passaggi di tubazioni, ecc..., in modo da evitare possibili zone di infiltrazione e/o distacco. La preparazione del fondo, l'eventuale preparazione del prodotto (miscelazioni, ecc.) le modalità di applicazione ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura ed umidità) e quelle di sicurezza saranno quelle indicate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori.

d) Per le impermeabilizzazioni di elementi verticali (con risalita d'acqua) si eseguiranno strati impermeabili (o drenanti) che impediscano o riducano al minimo il passaggio di acqua per capillarità, ecc. Gli strati si eseguiranno con fogli, prodotti spalmati, malte speciali, ecc. curandone la continuità e la collocazione corretta nell'elemento. L'utilizzo di estrattori di umidità per murature, malte speciali ed altri prodotti similari, sarà

ammesso solo con prodotti di provata efficacia ed osservando scrupolosamente le indicazioni del progetto e del produttore per la loro realizzazione.

#### 4. Geomembrana Elastoseal EPDM (posata libera su terra battuta o sottofondo di sabbia)

##### Preparazione della superficie

La superficie da impermeabilizzare deve essere regolare, compatta, priva di asperità (sassi, macerie, radici ecc) e priva di bruschi cambiamenti di pendenze. Intorno a tubi e strutture, il terreno deve essere sempre ben compattato.

##### Protezione meccanica della geomembrana

Qualora la superficie non si presentasse regolare e ci fosse la presenza di potenziali elementi di perforazione, su tutta la superficie va riportato uno strato di materiale fine con funzione di protezione meccanica come sabbia o geotessile tessuto-non-tessuto in fibre 100% polipropilene di gr/m<sup>2</sup> ..... sormontando i teli di almeno 30 cm. La massa areica deve essere definita in modo che la deformazione sotto i carichi di progetto sia tale da evitare danneggiamenti causati da imperfezioni della superficie sottostante.

##### Posa in opera della geomembrana Elastoseal EPDM

I teli in rotoli con larghezza di m 2, dovranno essere dotati di schema di posizionamento per l'apertura. Nel caso dovessero essere installati più teli, questi devono essere progettati e posizionati in modo da evitare giunzioni ad incrocio (ovvero 4 teli che si incontrano in un unico punto). Le giunzioni devono essere parallele alla pendenza della vasca. I teli vengono posizionati e immediatamente giuntati tra loro e vengono provvisoriamente zavorrati (p.e. sacchi di sabbia) nella fossa perimetrale, per evitare il sollevamento a causa del vento.

##### Giunzione con termosaldatura ad aria calda della geomembrana Elastoseal EPDM.

La giunzione elastica Thermobond viene realizzata mediante l'ausilio di apposite macchine automatiche ad aria calda, a controllo numerico.

##### Test non-distruttivo di continuità della giunzione.

##### Saldatura con test a canale d'aria.

Tutte le giunzioni in cantiere devono essere effettuate tramite il sistema di doppia saldatura termofusa, in modo da permettere il test non-distruttivo con canale d'aria. Con l'ausilio di

apposito ago corredato di manometro, viene immessa aria all'interno del canale con una pressione di circa 150 kPa/1.5 bar.

#### Saldatura con test a lancia ad aria

Il test a lancia ad aria, viene eseguito solo su giunzioni che non possono essere testate con la tecnica a saldatura doppia. Il sistema consiste in un compressore che può fornire una pressione uscente di min. 350 kPa/3.5 bar. Immettendo aria lungo il bordo di giunzione, qualsiasi difetto, viene identificato da un cambiamento distintivo del suono al passare della lancia.

#### Penetrazioni di tubi passanti la geomembrana Elastoseal EPDM

Tubi e penetrazioni vengono impermeabilizzati con pezzi speciali prefabbricati, saldabili con saldatori manuali ad aria calda sulla membrana al fine di garantire la continuità dell'impermeabilizzazione.

#### Conessioni a strutture in cemento

Il suolo intorno alle strutture in cemento, deve essere completamente compatto e stabilizzato. A seconda delle indicazioni del progetto, la membrana può essere fissata con una barra di alluminio o acciaio inossidabile usando nastro adesivo di butile 9060 e sigillante 5590 per la sigillatura. Incollando la membrana parzialmente con pasta adesiva 3300 o adesivo a contatto 5000 si aumenta la stabilità dell'installazione.

#### Fissaggio perimetrale della geomembrana Elastoseal EPDM

Il riempimento delle fosse deve essere eseguito il prima possibile dopo la posa in opera della geomembrana e l'eventuale giunzione tra i teli. Prima di effettuare questa operazione è consigliabile riempire il bacino con almeno 10-15 cm di acqua in modo tale da eliminare eventuali tensioni formatesi durante l'installazione.

5. Il Direttore dei lavori per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione opererà come segue:

a) nel corso dell'esecuzione dei lavori, con riferimento ai tempi e alle procedure, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato. In particolare verificherà:

- i collegamenti tra gli strati;
- la realizzazione di giunti/ sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato;
- l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili verificherà con semplici metodi da cantiere:
- le resistenze meccaniche (punzonamenti, resistenza a flessione, ecc...);
- la impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua;
- le continuità (o discontinuità) degli strati, ecc...

b) a conclusione dell'opera eseguirà prove (anche solo localizzate) per verificare le resistenze ad azioni meccaniche localizzate, la interconnessione e la compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento. Avrà inoltre cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi unitamente alle schede tecniche di prodotti ed eventuali prescrizioni per la manutenzione.

## **2 IMPIANTI**

### **2.1 Rete di distribuzione e SET**

#### **2.1.1 Cavidotti**

Il collegamento tra gli aerogeneratori del parco eolico "Caraffa di Catanzaro" e tra questi e la SSE di Eon avverrà 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 Sottostazione Elettrica (SSE) 380/150kV installata nei pressi della stazione di consegna per il collegamento alla RTN (Stazione Elettrica Terna 150/380 kV Maida).

Il sistema di linee interrate a servizio del parco, che per la quasi totalità del suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso e delle strade esistenti, sarà realizzato con le seguenti modalità: -

1. scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con profondità variabile fra 120 e 130 cm e larghezza variabile fra 70 della profondità di 110-120 cm e larghezza variabile da circa 50 cm a 120 cm in base al numero di terne da porre in opera - letto di sabbia di circa 5 cm, per la posa delle linee MT;
2. cavi tripolari MT 30kV, direttamente interrati - rinfiando e copertura dei cavi MT con sabbia, per almeno 20cm;

3. corda nuda in rame, per la protezione di terra - tubazioni in PEAD per il contenimento dei cavi di segnale (fibra ottica), posati nello strato di sabbia, all'interno dello scavo;
4. nastro in PVC di segnalazione;
5. rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte

La rete di terra sarà costituita dai seguenti elementi:

- anello posato attorno a ciascun aerogeneratore (raggio  $R=15$  m),
- la corda di collegamento tra ciascun anello e la stazione elettrica (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza),
- maglia di terra della stazione di trasformazione,
- maglia di terra della stazione di connessione alla rete AT.
- La rete sarà formata da un conduttore nudo in rame da  $50 \text{ mm}^2$  e si assumerà un valore di resistività  $\rho$  del terreno pari a  $150 \Omega\text{m}$ .

### **2.1.2 Raccordo di connessione aerea a 150 kV**

Il collegamento in antenna a 150 kV alla Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) TERNA 380/150 kV di Maida avverrà per mezzo di un breve raccordo aereo a 150 kV della lunghezza di 30 m circa. I sostegni utilizzati per la realizzazione della linea AT saranno due portali a tiro pieno (pali gatto) di altezza 12 m. L'altezza minima da terra dei conduttori del raccordo dovrà essere pari a 6,4 m (DM 16/01/91).

La fascia di servitù di elettrodotto corrispondente a tale linea avrà un'ampiezza pari a 29 m.

### **2.1.3 Stazione di trasformazione 30/150 kV (SET)**

La SET è necessaria ad elevare la tensione da 30 kV a 150 kV al fine di poter essere immessa nella rete di TERNA presso la Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) a 380/150 kV di Maida. La SET è costituita da una sezione a 150 kV e una sezione a 30 kV avente n°3 montanti di collegamento ai generatori.

Il sistema AT a 150 kV è costituito da n°1 stallo trasformatore che sarà composto dalle seguenti apparecchiature isolate in aria:

- N° 3 trasformatori di tensione capacitivi TVC (protezione)
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare)

- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF6 con comando tripolare
- N° 3 trasformatori di tensione induttivi TVI (fatturazione)
- N° 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione)
- N° 3 scaricatori di sovratensione.
- N° 1 trasformatore 30/150 kV di potenza 60/70 MVA (ONAN/ONAF) con variatore di rapporto sotto carico.

La progettazione della SET ha utilizzato i seguenti valori:

- Tensione nominale: 150 kV
- Tensione massima: 170 kV
- Livello di isolamento:
  - Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace) ..... 315 kV
  - Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 µs) (cresta) ..... 750 kV
- Corrente nominale montante di linea 800 A
- Corrente nominale montante trasformatore: 270 A
- Massima corrente di cortocircuito 31,5 kA
- Tempo di estinzione dei guasti: 0,5 s
- Altezza dell'installazione <1000 m

La norma CEI 99-2 definisce le distanze minime che bisogna rispettare dai punti in tensione. Si adotteranno distanze sempre superiori a quelle specificate nella suddetta norma, in particolare:

- Distanza fase-terra: 3,3 m
- Distanza fase-fase: 2,2 m
- Distanza fase-suolo: 4,5 m

La corrente massima di esercizio in AT è di 237 A, corrispondente al regime di piena potenza del PE, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati.

La corrente di cortocircuito che l'impianto (apparati e cavi) può sopportare per 0,5 s è di 31,5 kA. Tale valore di corrente è notevolmente superiore alla reale corrente di cortocircuito al punto di connessione del parco sulla linea a 150 kV.

#### **2.1.4 Canalizzazioni elettriche**

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo. Queste canalizzazioni saranno formate da solchi, archetti o tubi, per i quali passeranno i cavi di controllo necessari al corretto controllo e funzionamento dei distinti

elementi dell'impianto.

#### **2.1.5 Accesso e viali interni**

È stato progettato l'accesso alla Stazione di Condivisione da una strada che passa vicino alla stessa. Si costruiranno i viali interni (4 m di larghezza) necessari a permettere l'accesso dei mezzi di trasporto e manutenzione richiesti per il montaggio e la manutenzione degli apparati della sottostazione.

#### **2.1.6 Recinzione**

La recinzione dell'area della Stazione di Condivisione sarà costituita da una rete metallica, fissata su pilastri metallici tubolari di 48 mm di diametro, collocati ogni 3 metri. L'attacco al suolo dei pilastri si realizzerà mediante una base di cemento. La recinzione sarà alta 2,3 m dal suolo, rispettando il regolamento che ne stabilisce un'altezza minima di 2 m. L'accesso alla Stazione di Condivisione sarà costituito da un cancello metallico scorrevole della larghezza di 5 metri.

#### **2.1.7 Edificio servizi ausiliari**

All'interno della Stazione di Condivisione sarà presente un edificio per l'alimentazione dei servizi ausiliari avente dimensioni 10,6 x 3,7 x 2,7 m.

#### **2.1.8 Messa a terra**

La Stazione di Condivisione sarà dotata di una rete di dispersione interrata a 0,7 m di profondità. Tutti gli elementi metallici dell'impianto saranno connessi alla rete di terra, rispettando le prescrizioni nella CEI 99-3.

Si conetteranno a terra (protezione delle persone contro contatto indiretto) tutte le parti metalliche normalmente non sottoposte a tensione ma che possano esserlo in conseguenza di avaria, incidenti, sovratensione o tensione indotta.

I cavi di messa a terra si fisseranno alle strutture e carcasse delle apparecchiature con viti e graffe. La rete di terra sarà formata da una maglia di circa 4 x 4 m, e si realizzerà con un conduttore a corda di rame nuda di sezione 95 mm<sup>2</sup>. Per il collegamento degli apparati alla rete di terra si utilizzerà corda di rame nuda di sezione 125 mm<sup>2</sup>.

La rete di terra della Stazione di Condivisione sarà connessa alle reti di terra delle stazioni di trasformazione adiacenti.

## 2.2 Aerogeneratori

All'interno del Parco Eolico "Caraffa di Catanzaro" da realizzarsi a Caraffa di Catanzaro (CZ) è prevista l'installazione di 7 aerogeneratori Vestas modello V136 con potenza unitaria nominale pari a 4.8 MW.

Il presente paragrafo contiene in allegato il disciplinare tecnico prestazionale relativo al Modello V136 di Vestas nella configurazione da 4.2 MW, con caratteristiche tecniche e prestazioni equiparabili a quelle della V136 configurata a 4.8 MW.

Restricted  
Document no.: 0067-7060 V00  
2017-06-21

# General Description

## 4MW Platform



**Table of contents**

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>General Description.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Mechanical Design.....</b>	<b>7</b>
3.1	Rotor.....	7
3.2	Blades.....	7
3.3	Blade Bearing.....	8
3.4	Pitch System.....	8
3.5	Hub.....	8
3.6	Main Shaft.....	8
3.7	Main Bearing Housing.....	9
3.8	Main Bearing.....	9
3.9	Gearbox.....	9
3.10	Generator Bearings.....	9
3.11	High-Speed Shaft Coupling.....	10
3.12	Yaw System.....	10
3.13	Crane.....	10
3.14	Towers.....	10
3.15	Nacelle Bedplate and Cover.....	11
3.16	Thermal Conditioning System.....	11
3.16.1	Generator and Converter Cooling.....	12
3.16.2	Gearbox and Hydraulic Cooling.....	12
3.16.3	Transformer Cooling.....	12
3.16.4	Nacelle Cooling.....	12
3.16.5	Optional Air Intake Hatches.....	12
<b>4</b>	<b>Electrical Design.....</b>	<b>12</b>
4.1	Generator.....	12
4.2	Converter.....	13
4.3	HV Transformer.....	13
4.3.1	Ecodesign - IEC 50 Hz/60 Hz version.....	14
4.4	HV Cables.....	15
4.5	HV Switchgear.....	16
4.5.1	IEC 50/60Hz version.....	18
4.5.2	IEEE 60Hz version.....	18
4.6	AUX System.....	19
4.7	Wind Sensors.....	19
4.8	Vestas Multi Processor (VMP) Controller.....	19
4.9	Uninterruptible Power Supply (UPS).....	20
<b>5</b>	<b>Turbine Protection Systems.....</b>	<b>21</b>
5.1	Braking Concept.....	21
5.2	Short Circuit Protections.....	21
5.3	Overspeed Protection.....	21
5.4	Arc Detection.....	22
5.5	Smoke Detection.....	22
5.6	Lightning Protection of Blades, Nacelle, Hub and Tower.....	22
5.7	EMC.....	22
5.8	Earthing.....	23
5.9	Corrosion Protection.....	23
<b>6</b>	<b>Safety.....</b>	<b>23</b>
6.1	Access.....	24
6.2	Escape.....	24
6.3	Rooms/Working Areas.....	24
6.4	Floors, Platforms, Standing, and Working Places.....	24

6.5	Service Lift.....	24
6.6	Climbing Facilities.....	24
6.7	Moving Parts, Guards, and Blocking Devices.....	24
6.8	Lights.....	25
6.9	Emergency Stop.....	25
6.10	Power Disconnection.....	25
6.11	Fire Protection/First Aid.....	25
6.12	Warning Signs.....	25
6.13	Manuals and Warnings.....	25
<b>7</b>	<b>Environment.....</b>	<b>25</b>
7.1	Chemicals.....	25
<b>8</b>	<b>Design Codes.....</b>	<b>26</b>
8.1	Design Codes – Structural Design.....	26
<b>9</b>	<b>Colours.....</b>	<b>26</b>
9.1	Nacelle Colour.....	26
9.2	Tower Colour.....	27
9.3	Blade Colour.....	27
<b>10</b>	<b>Operational Envelope and Performance Guidelines.....</b>	<b>27</b>
10.1	Climate and Site Conditions.....	27
10.2	Operational Envelope – Temperature and Altitude.....	27
10.3	Operational Envelope – Temperature and Altitude.....	28
10.4	Operational Envelope – Grid Connection.....	29
10.5	Operational Envelope – Reactive Power Capability in 4.0 MW Mode 0.....	30
10.6	Operational Envelope – Reactive Power Capability in 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1).....	31
10.7	Operational Envelope – Reactive Power Capability in 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1).....	32
10.8	Performance – Fault Ride Through.....	33
10.9	Performance – Reactive Current Contribution.....	33
10.9.1	Symmetrical Reactive Current Contribution.....	34
10.9.2	Asymmetrical Reactive Current Contribution.....	34
10.10	Performance – Multiple Voltage Dips.....	34
10.11	Performance – Active and Reactive Power Control.....	34
10.12	Performance – Voltage Control.....	35
10.13	Performance – Frequency Control.....	35
10.14	Distortion – Immunity.....	35
10.15	Main Contributors to Own Consumption.....	35
<b>11</b>	<b>Drawings.....</b>	<b>36</b>
11.1	Structural Design – Illustration of Outer Dimensions.....	36
11.2	Structural Design – Side View Drawing.....	36
<b>12</b>	<b>General Reservations, Notes and Disclaimers.....</b>	<b>37</b>

**Recipient acknowledges that (i) this General Description is provided for recipient's information only, and, does not create or constitute a warranty, guarantee, promise, commitment, or other representation (Commitment) by Vestas Wind Systems or any of its affiliated or subsidiary companies (Vestas), all of which are disclaimed by Vestas and (ii) any and all Commitments by Vestas to recipient as to this general description (or any of the contents herein) are to be contained exclusively in signed written contracts between recipient and Vestas, and not within this document.**

**See general reservations, notes and disclaimers (including, section 12, p. 37) to this general description.**

## 1 Introduction

The 4MW Platform wind turbine configurations covered by this General Description are listed below with designations according to IEC61400-22.

DIBt 2012 wind classes are also listed where applicable.

Please refer to the Performance Specification for the relevant turbine variant for full wind class definition.

This General Description contains data and descriptions common among the platform variants.

The variant specific performance can be found in the Performance Specifications for the turbine variant and operational mode required.

Turbine Type Class	Turbine Type   Operating Mode
<b>V117-4.0/4.2 MW Strong Wind</b>	V117-4.0 MW IEC IB / IEC IIA 50/60 Hz   Mode 0
	V117-4.0 MW IEC IB / IEC IIA 50/60 Hz   Reactive Power Optimized Mode (QO1)
	V117-4.2 MW IEC S / IEC IIA 50/60 Hz   Power Optimized Mode (PO1)
	V117-3.8 MW IEC IB / IEC IIA 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO1)
	V117-3.6/3.x MW IEC IB / IEC IIA+ 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO2)
<b>V117-4.0/4.2 MW Typhoon</b>	V117-4.0 MW IEC IB-T / IEC IIA-T 50/60 Hz   Mode 0
	V117-4.0 MW IEC IB-T / IEC IIA-T 50/60 Hz   Reactive Power Optim. Mode (QO1)
	V117-4.2 MW IEC S-T / IEC IIA-T 50/60 Hz   Power Optimized Mode (PO1)
	V117-3.8 MW IEC IB-T / IEC IIA-T 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO1)
	V117-3.6/3.x MW IEC IB-T / IEC IIA+-T 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO2)
<b>V136-4.0/4.2 MW</b>	V136-4.0 MW IEC IIB / IEC S 50/60 Hz   Mode 0
	V136-4.0 MW IEC IIB / IEC S 50/60 Hz   Reactive Power Optim. Mode (QO1)
	V136-4.2 MW IEC S 50/60 Hz   Power Optimized Mode (PO1)
	V136-3.8 MW IEC IIB / IEC S 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO1)
	V136-3.6 MW IEC IIB / S 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO2)
	V136-4.0 MW DIBt S 50 Hz   Mode 0
	V136-4.0 MW DIBt S 50 Hz   Reactive Power Optimized Mode (QO1)
	V136-4.2 MW DIBt S 50 Hz   Power Optimized Mode (PO1)
	V136-3.8 MW DIBt S 50 Hz   Load Optimized Mode (LO1)
	V136-3.6 MW DIBt S 50 Hz   Load Optimized Mode (LO2)
<b>V150-4.0/4.2 MW</b>	V150-4.0 MW IEC IIIB / IEC S 50/60 Hz   Mode 0
	V150-4.0 MW IEC IIIB / IEC S 50/60 Hz   Reactive Power Optim. Mode (QO1)
	V150-4.2 MW IEC S 50/60 Hz   Power Optimized Mode (PO1)
	V150-3.8 MW IEC IIIB / IEC S 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO1)
	V150-3.6 MW IEC IIIB / S 50/60 Hz   Load Optimized Mode (LO2)
	V150-4.0 MW DIBt S 50 Hz   Mode 0

Turbine Type Class	Turbine Type   Operating Mode
<b>V150-4.0/4.2 MW (cont'd)</b>	V150-4.0 MW DIBt S 50 Hz   Reactive Power Optimized Mode (QO1)
	V150-4.2 MW DIBt S 50 Hz   Power Optimized Mode (PO1)
	V150-3.8 MW DIBt S 50 Hz   Load Optimized Mode (LO1)
	V150-3.6 MW DIBt S 50 Hz   Load Optimized Mode (LO2)

Table 1-1: 4MW Platform turbine configurations covered.

## 2 General Description

Vestas 4MW Platform comprises a family of wind turbines sharing a common design basis.

The 4MW Platform family of wind turbines includes V105-3.45/3.6 MW, V112-3.45/3.6 MW, V117-3.45/3.6 MW, V126-3.45 MW LTq, V126-3.45/3.6 MW HTq, V136-3.45/3.6 MW, V117-4.0/4.2 MW Strong Wind, V117-4.0/4.2 MW Typhoon, V136-4.0/4.2 MW and V150-4.0/4.2 MW.

For V105-3.45/3.6 MW, V112-3.45/3.6 MW, V117-3.45/3.6 MW, V126-3.45 MW LTq, V126-3.45/3.6 MW HTq and V136-3.45/3.6 MW, please refer to General Description 0053-3707.

This General Description only applies to V117-4.0/4.2 MW Strong Wind, V117-4.0/4.2 MW Typhoon, V136-4.0/4.2 MW and V150-4.0/4.2 MW.

These turbines are pitch regulated upwind turbines with active yaw and a three-blade rotor.

The turbines covered in this General Description are equipped with rotor with diameters residing in the range 117 m to 150 m and a rated output power of 4.0 MW.

A 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1) is available for all variants.

A 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1) is available for all variants.

Also, a 3.8 MW Load Optimized Mode (LO1) and a 3.6 MW Load Optimized Mode (LO2) is available for all variants. However, for V117, the LO2 power rating for the high turbulence intensity IEC 2A+ design climate is not yet fixed.

The wind turbine family utilises the OptiTip® concept and a power system based on an induction generator and full-scale converter. With these features, the wind turbine is able to operate the rotor at variable speed and thereby maintain the power output at or near rated power even in high wind speed. At low wind speed, the OptiTip® concept and the power system work together to maximise the power output by operating at the optimal rotor speed and pitch angle.

Operating the wind turbine in 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1) is achieved by applying an extended ambient temperature derate strategy compared with 4.0 MW Mode 0 operation.

Operating the wind turbine in 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1) is achieved by applying an extended ambient temperature derate strategy and reduced reactive power capability compared with 4.0 MW Mode 0 operation.

### 3 Mechanical Design

#### 3.1 Rotor

The wind turbine is equipped with a rotor consisting of three blades and a hub. The blades are controlled by the microprocessor pitch control system OptiTip<sup>®</sup>. Based on the prevailing wind conditions, the blades are continuously positioned to optimise the pitch angle.

Rotor	V117	V136	V150
Diameter	117 m	136 m	150 m
Swept Area	10751 m <sup>2</sup>	14527 m <sup>2</sup>	17671 m <sup>2</sup>
Speed, Dynamic Operation Range	6.7-17.5	5.6-14.0	4.9-12.0
Rotational Direction	Clockwise (front view)		
Orientation	Upwind		
Tilt	6°		
Hub Coning	4°	4°	5.5°
No. of Blades	3		
Aerodynamic Brakes	Full feathering		

Table 3-1: Rotor data

#### 3.2 Blades

The blades are made of carbon and fibreglass and consist of two airfoil shells bonded to a supporting beam or with embedded structure.

Blades	V117	V136	V150
Type Description	Airfoil shells bonded to supporting beam	Prepreg or infused structural airfoil shell	Prepreg or infused structural airfoil shell
Blade Length	57.15 m	66.66 m	73.66 m
Material	Fibreglass reinforced epoxy, carbon fibres and Solid Metal Tip (SMT)		
Blade Connection	Steel roots inserted		
Airfoils	High-lift profile		
Maximum Chord	4.0 m	4.1 m	4.2 m
Chord at 90% blade radius	1.1 m	1.2 m	1.4 m

Table 3-2: Blades data

### 3.3 Blade Bearing

The blade bearings are double-row four-point contact ball bearings.

<b>Blade Bearing</b>	
<b>Lubrication</b>	Grease

Table 3-3: Blade bearing data

### 3.4 Pitch System

The turbine is equipped with a pitch system for each blade and a distributor block, all located in the hub. Each pitch system is connected to the distributor block with flexible hoses. The distributor block is connected to the pipes of the hydraulic rotating transfer unit in the hub by means of three hoses (pressure line, return line and drain line).

Each pitch system consists of a hydraulic cylinder mounted to the hub and a piston rod mounted to the blade bearing via a torque arm shaft. Valves facilitating operation of the pitch cylinder are installed on a pitch block bolted directly onto the cylinder.

<b>Pitch System</b>	
<b>Type</b>	Hydraulic
<b>Number</b>	1 per blade
<b>Range</b>	-10° to 95°

Table 3-4: Pitch system data

<b>Hydraulic System</b>	
<b>Main Pump</b>	Two redundant internal-gear oil pumps
<b>Pressure</b>	260 bar
<b>Filtration</b>	3 µm (absolute)

Table 3-5: Hydraulic system data.

### 3.5 Hub

The hub supports the three blades and transfers the reaction loads to the main bearing and the torque to the gearbox. The hub structure also supports blade bearings and pitch cylinders.

<b>Hub</b>	
<b>Type</b>	Cast ball shell hub
<b>Material</b>	Cast iron

Table 3-6: Hub data

### 3.6 Main Shaft

The main shaft transfers the reaction forces to the main bearing and the torque to the gearbox.

Main Shaft	
Type Description	Hollow shaft
Material	Cast iron or forged steel

Table 3-7: Main shaft data

### 3.7 Main Bearing Housing

The main bearing housing covers the main bearing and is the first connection point for the drive train system to the bedplate.

Main Bearing Housing	
Material	Cast iron

Table 3-8: Main bearing housing data

### 3.8 Main Bearing

The main bearing carries all thrust loads.

Main Bearing	
Type	Double-row spherical roller bearing
Lubrication	Automatic grease lubrication

Table 3-9: Main bearing data

### 3.9 Gearbox

The main gear converts the low-speed rotation of the rotor to high-speed generator rotation.

The disc brake is mounted on the high-speed shaft. The gearbox lubrication system is a pressure-fed system.

Gearbox	
Type	Planetary stages + one helical stage
Gear House Material	Cast
Lubrication System	Pressure oil lubrication
Backup Lubrication System	Oil sump filled from external gravity tank
Total Gear Oil Volume	1000-1500
Oil Cleanliness Codes	ISO 4406-/15/12
Shaft Seals	Labyrinth

Table 3-10: Gearbox data

### 3.10 Generator Bearings

The bearings are grease lubricated and grease is supplied continuously from an automatic lubrication unit.

### 3.11 High-Speed Shaft Coupling

The coupling transmits the torque of the gearbox high-speed output shaft to the generator input shaft.

The coupling consists of two 4-link laminate packages and a fibreglass intermediate tube with two metal flanges.

The coupling is fitted to two-armed hubs on the brake disc and the generator hub.

### 3.12 Yaw System

The yaw system is an active system based on a robust pre-tensioned plain yaw-bearing concept with PETP as friction material.

Yaw System	
Type	Plain bearing system
Material	Forged yaw ring heat-treated. Plain bearings PETP
Yawing Speed (50 Hz)	0.45°/sec.
Yawing Speed (60 Hz)	0.55°/sec.

Table 3-11: Yaw system data

Yaw Gear	
Type	Multiple stages geared
Ratio Total	944:1
Rotational Speed at Full Load	1.4 rpm at output shaft

Table 3-12: Yaw gear data

### 3.13 Crane

The nacelle houses the internal safe working load (SWL) service crane. The crane is a single system hoist.

Crane	
Lifting Capacity	Maximum 800 kg

Table 3-13: Crane data

### 3.14 Towers

Tubular towers with flange connections, certified according to relevant type approvals, are available in different standard heights. The towers are designed with the majority of internal welded connections replaced by magnet supports to create a predominantly smooth-walled tower.

Magnets provide load support in a horizontal direction and internals, such as platforms, ladders, etc., are supported vertically (that is, in the gravitational direction) by a mechanical connection. The smooth tower design reduces the required steel thickness, rendering the tower lighter compared to one with all internals welded to the tower shells.

Available hub heights are listed in the Performance Specification for each turbine variant. Designated hub heights include a distance from the foundation section to the ground level of approximately 0.2 m depending on the thickness of the bottom flange and a distance from tower top flange to centre of the hub of 2.2 m.

Towers	
Type	Cylindrical/conical tubular

Table 3-14: Tower structure data

### 3.15 Nacelle Bedplate and Cover

The nacelle cover is made of fibreglass. Hatches are positioned in the floor for lowering or hoisting equipment to the nacelle and evacuation of personnel. The roof section is equipped with wind sensors and skylights.

The skylights can be opened from inside the nacelle to access the roof and from outside to access the nacelle. Access from the tower to the nacelle is through the yaw system.

The nacelle bedplate is in two parts and consists of a cast iron front part and a girder structure rear part. The front of the nacelle bedplate is the foundation for the drive train and transmits forces from the rotor to the tower through the yaw system. The bottom surface is machined and connected to the yaw bearing and the yaw gears are bolted to the front nacelle bedplate.

The crane girders are attached to the top structure. The lower beams of the girder structure are connected at the rear end. The rear part of the bedplate serves as the foundation for controller panels, the cooling system and transformer. The nacelle cover is installed on the nacelle bedplate.

Type Description	Material
Nacelle Cover	GRP
Bedplate Front	Cast iron
Bedplate Rear	Girder structure

Table 3-15: Nacelle bedplate and cover data

### 3.16 Thermal Conditioning System

The thermal conditioning system consists of a few robust components:

- The Vestas CoolerTop<sup>®</sup> located on top of the rear end of the nacelle. The CoolerTop<sup>®</sup> is a free flow cooler, thus ensuring that there are no electrical components in the thermal conditioning system located outside the nacelle.
- The CoolerTop<sup>®</sup> comes as standard in a “naked” form, with no side cover panels. Side cover panels are available as an option.
- The Liquid Cooling System, which serves the gearbox, hydraulic systems, generator and converter is driven by an electrical pumping system.
- The transformer forced air cooling comprised of an electrical fan.

### 3.16.1 Generator and Converter Cooling

The generator and converter cooling systems operate in parallel. A dynamic flow valve mounted in the generator cooling circuit divides the cooling liquid flow. The cooling liquid removes heat from the generator and converter unit using a free-air flow radiator placed on the top of the nacelle. In addition to the generator, converter unit and radiator, the circulation system includes an electrical pump and a three-way thermostatic valve.

### 3.16.2 Gearbox and Hydraulic Cooling

The gearbox and hydraulic cooling systems are coupled in parallel. A dynamic flow valve mounted in the gearbox cooling circuit divides the cooling flow. The cooling liquid removes heat from the gearbox and the hydraulic power unit through heat exchangers and a free-air flow radiator placed on the top of the nacelle. In addition to the heat exchangers and the radiator, the circulation system includes an electrical pump and a three-way thermostatic valve.

### 3.16.3 Transformer Cooling

The transformer is equipped with forced-air cooling. The ventilator system consists of a central fan, located below the converter and an air duct leading the air to locations beneath and between the high voltage and low voltage windings of the transformer.

### 3.16.4 Nacelle Cooling

Hot air generated by mechanical and electrical equipment is dissipated from the nacelle by a fan system located in the nacelle.

### 3.16.5 Optional Air Intake Hatches

Specific air intakes in the nacelle can optionally be fitted with hatches which can be operated as a part of the thermal control strategy. In case of lost grid to the turbine, the hatches will automatically be closed.

## 4 Electrical Design

### 4.1 Generator

The generator is a three-phase asynchronous induction generator with cage rotor that is connected to the grid through a full-scale converter. The generator housing allows the circulation of cooling air within the stator and rotor. The air-to-water heat exchange occurs in an external heat exchanger.

Generator	
Type	Asynchronous with cage rotor
Rated Power [ $P_N$ ]	4230 / 4430 kW
Frequency [ $f_N$ ]	0-100 Hz
Voltage, Stator [ $U_{NS}$ ]	3 x 800 V (at rated speed)
Number of Poles	4/6
Winding Type	Form with VPI (Vacuum Pressurized Impregnation)

Generator	
Winding Connection	Star or Delta
Rated rpm	1450-1550 rpm
Overspeed Limit Acc. to IEC (2 minutes)	2400 rpm
Generator Bearing	Hybrid/ceramic
Temperature Sensors, Stator	3 PT100 sensors placed at hot spots and 3 as back-up
Temperature Sensors, Bearings	1 per bearing
Insulation Class	F or H
Enclosure	IP54

Table 4-1: Generator data

## 4.2 Converter

The converter is a full-scale converter system controlling both the generator and the power quality delivered to the grid. The converter consists of 3 machine-side converter units and 3 line-side converter units operating in parallel with a common controller.

The converter controls conversion of variable frequency AC power from the generator into fixed frequency AC power with desired active and reactive power levels (and other grid connection parameters) suitable for the grid.

The converter is located in the nacelle and has a grid side voltage rating of 720 V. The generator side voltage rating is up to 750 V dependent on generator speed.

Converter	
Rated Apparent Power [ $S_N$ ]	5100 kVA
Rated Grid Voltage	3 x 720 V
Rated Generator Voltage	3 x 800 V
Rated Grid Current	4100 A ( $\leq 30^\circ\text{C}$ ambient) / 4150 ( $\leq 20^\circ\text{C}$ ambient)
Rated Generator Current	3600 A ( $\leq 30^\circ\text{C}$ ambient) / 3650 ( $\leq 20^\circ\text{C}$ ambient)
Enclosure	IP54

Table 4-2: Converter data

## 4.3 HV Transformer

The step-up HV transformer is located in a separate locked room in the back of the nacelle.

The transformer is a three-phase, two-winding, dry-type transformer that is self-extinguishing. The windings are delta-connected on the high-voltage side unless otherwise specified.

The transformer comes in different versions depending on the market where it is intended to be installed.

- For 50 and 60 Hz regions the transformer is as default designed according to IEC standards, but also complying to European Ecodesign regulation No 548/2014 set by the European Commission. Refer to Table 4-3.

#### 4.3.1 Ecodesign - IEC 50 Hz/60 Hz version

Transformer	
<b>Type description</b>	Ecodesign dry-type cast resin transformer.
<b>Basic layout</b>	3 phase, 2 winding transformer.
<b>Applied standards</b>	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1, Commission Regulation No 548/2014.
<b>Cooling method</b>	AF
<b>Rated power</b>	4700 kVA
<b>Rated voltage, turbine side</b>	
<b>U<sub>m</sub> 1.1kV</b>	0.720 kV
<b>Rated voltage, grid side</b>	
<b>U<sub>m</sub> 24.0kV</b>	19.1-22.0 kV
<b>U<sub>m</sub> 36.0kV</b>	22.1-33.0 kV
<b>U<sub>m</sub> 40.5kV</b>	33.1-36.0 kV
<b>Insulation level AC / LI / LIC</b>	
<b>U<sub>m</sub> 1.1kV</b>	3 <sup>1</sup> / - / - kV
<b>U<sub>m</sub> 24.0kV</b>	50 <sup>1</sup> / 125 / 125 kV
<b>U<sub>m</sub> 36.0kV</b>	70 <sup>1</sup> / 170 / 170 kV
<b>U<sub>m</sub> 40.5kV</b>	80 <sup>1</sup> / 170 / 170 kV
<b>Off-circuit tap changer</b>	±2 x 2.5 %
<b>Frequency</b>	50 Hz / 60 Hz
<b>Vector group</b>	Dyn5
<b>Peak Efficiency Index (PEI) <sup>2</sup></b>	Ecodesign requirement
<b>U<sub>m</sub> 24.0kV</b>	~ 99.348
<b>U<sub>m</sub> 36.0kV</b>	~ 99.348
<b>U<sub>m</sub> 40.5kV</b>	~ 99.158
<b>No-load loss <sup>2</sup></b>	
<b>U<sub>m</sub> 24.0kV</b>	~ 8.2 kW
<b>U<sub>m</sub> 36.0kV</b>	~ 8.2 kW
<b>U<sub>m</sub> 40.5kV</b>	~ 9.8 kW
<b>Load loss @ power consumption HV, 120°C</b>	<b>@4700kVA<sup>2</sup></b>
<b>U<sub>m</sub> 24.0kV</b>	~ 29.0 kW
<b>U<sub>m</sub> 36.0kV</b>	~ 29.0 kW
<b>U<sub>m</sub> 40.5kV</b>	~ 37.45 kW
<b>No-load reactive power <sup>3</sup></b>	~20 kVAr
<b>Full load reactive power <sup>3</sup></b>	~390 kVAr
<b>No-load current <sup>3</sup></b>	~0.5 %
<b>Positive sequence short-circuit impedance @ rated power, 120°C <sup>4</sup></b>	9.0 %
<b>Positive sequence short-circuit</b>	~0.8 %

Transformer	
resistance@ rated power, 120°C <sup>3</sup>	
Zero sequence short-circuit impedance@ rated power, 120°C <sup>3</sup>	~8.2 %
Zero sequence short-circuit resistance@ rated power, 120°C <sup>3</sup>	~0.7 %
Inrush peak current <sup>3</sup>	
	<b>Dyn5</b> 5-8 x $I_n$
	<b>YNyn0</b> 8-12 x $I_n$
Half crest time <sup>3</sup>	~ 0.6 s
Sound power level	≤ 80 dB(A)
Average temperature rise at max altitude	≤90 K
Max altitude <sup>5</sup>	2000 m
Insulation class	155 (F)
Environmental class	E2
Climatic class	C2
Fire behaviour class	F1
Corrosion class	C4
Weight	≤10500 kg
Temperature monitoring	PT100 sensors in LV windings and core
Overvoltage protection	Surge arresters on HV terminals
Temporary earthing	3 x Ø20 mm earthing ball points

Table 4-3: Transformer data for Ecodesign IEC 50 Hz/60 Hz version.

- NOTE**
- <sup>1</sup> @1000m. According to IEC 60076-11, AC test voltage is altitude dependent.
  - <sup>2</sup> For Ecodesign transformers, PEI is the legal requirement and is calculated according to the Commission Regulation based on rated power, no-load and load losses. Losses are maximum values and will not simultaneously occur in a specific design as this will be non-compliant with the PEI requirement. All values are preliminary.
  - <sup>3</sup> Based on an average of calculated values across voltages and manufacturers. All values are preliminary.
  - <sup>4</sup> Subjected to standard IEC tolerances. All values are preliminary.
  - <sup>5</sup> Transformer max altitude may be adjusted to match turbine location. All values are preliminary.

#### 4.4 HV Cables

The high-voltage cable runs from the transformer in the nacelle down the tower to the HV switchgear located at the bottom of the tower. The high-voltage cable is a four-core, rubber-insulated, halogen-free, high-voltage cable.

HV Cables	
<b>High-Voltage Cable Insulation Compound</b>	Improved ethylene-propylene (EP) based material-EPR or high modulus or hard grade ethylene-propylene rubber-HEPR
<b>Pre-terminated</b>	HV termination in transformer end. T-Connector Type-C in switchgear end.
<b>Maximum Voltage</b>	24 kV for 19.1-22.0 kV rated voltage 42 kV for 22.1-36.0 kV rated voltage
<b>Conductor Cross Sections</b>	3x70 / 70 mm <sup>2</sup> (Single PE core) 3x70 + 3x70/3 mm <sup>2</sup> (Split PE core)

Table 4-4: HV cables data

## 4.5 HV Switchgear

A gas insulated switchgear is installed in the bottom of the tower as an integrated part of the turbine. Its controls are integrated with the turbine safety system, which monitors the condition of the switchgear and high voltage safety related devices in the turbine. This system is named 'Ready to Protect' and ensures all protection devices are operational, whenever high voltage components in the turbine are energised. To ensure that the switchgear is always ready to trip, it is equipped with redundant trip circuits consisting of an active trip coil and an undervoltage trip coil.

In case of grid outage the circuit breaker will disconnect the turbine from the grid after an adjustable time.

When grid returns, all relevant protection devices will automatically be powered up via UPS.

When all the protection devices are operational, the circuit breaker will re-close after an adjustable time. The re-close functionality can furthermore be used to implement a sequential energization of a wind park, in order to avoid simultaneous inrush currents from all turbines once grid returns after an outage.

In case the circuit breaker has tripped due to a fault detection, the circuit breaker will be blocked for re-connection until a manual reset is performed.

In order to avoid unauthorized access to the transformer room during live condition, the earthing switch of the circuit breaker, contains a trapped-key interlock system with its counterpart installed on the access door to the transformer room.

The switchgear is available in three variants with increasing features, see Table 4-5. Beside the increase in features, the switchgear can be configured depending on the number of grid cables planned to enter the individual turbine. The design of the switchgear solution is optimized such grid cables can be connected to the switchgear even before the tower is installed and still maintain its protection toward weather conditions and internal condensation due to a gas tight packing.

The switchgear is available in an IEC version and in an IEEE version. The IEEE version is however only available in the highest voltage class. The electrical parameters of the switchgear are seen in Table 4-6 for the IEC version and in Table 4-7 for the IEEE version.

HV Switchgear			
Variant	Basic	Streamline	Standard
IEC standards	○	⊙	⊙
IEEE standards	⊙	○	⊙
Vacuum circuit breaker panel	⊙	⊙	⊙
Overcurrent, short-circuit and earth fault protection	⊙	⊙	⊙
Disconnecter / earthing switch in circuit breaker panel	⊙	⊙	⊙
Voltage Presence Indicator System for circuit breaker	⊙	⊙	⊙
Voltage Presence Indicator System for grid cables	⊙	⊙	⊙
Double grid cable connection	⊙	⊙	⊙
Triple grid cable connection	⊙	○	○
Preconfigured relay settings	⊙	⊙	⊙
Turbine safety system integration	⊙	⊙	⊙
Redundant trip coil circuits	⊙	⊙	⊙
Trip coil supervision	⊙	⊙	⊙
Pendant remote control from outside of tower	⊙	⊙	⊙
Sequential energization	⊙	⊙	⊙
Reclose blocking function	⊙	⊙	⊙
Heating elements	⊙	⊙	⊙
Trapped-key interlock system for circuit breaker panel	⊙	⊙	⊙
Motor operation of circuit breaker	⊙	⊙	⊙
Cable panel for grid cables (configurable)	○	⊙	⊙
Switch disconnector panels for grid cables – max three panels (configurable)	○	⊙	⊙
Earthing switch for grid cables	○	⊙	⊙
Internal arc classification	○	⊙	⊙
Supervision on MCB's	○	⊙	⊙
Motor operation of switch disconnector	○	○	⊙
SCADA operation and feedback of circuit breaker	○	○	⊙
SCADA operation and feedback of switch disconnector	○	○	⊙

Table 4-5: HV switchgear variants and features

#### 4.5.1 IEC 50/60Hz version

HV Switchgear	
Type description	Gas Insulated Switchgear
Applied standards	IEC 62271-103 IEC 62271-1, 62271-100, 62271-102, 62271-200, IEC 60694
Insulation medium	SF <sub>6</sub>
Rated voltage	
	<b>U<sub>r</sub> 24.0kV</b> 19.1-22.0 kV
	<b>U<sub>r</sub> 36.0kV</b> 22.1-33.0 kV
	<b>U<sub>r</sub> 40.5kV</b> 33.1-36.0 kV
Rated insulation level AC // LI Common value / across isolation distance	
	<b>U<sub>r</sub> 24.0kV</b> 50 / 60 // 125 / 145 kV
	<b>U<sub>r</sub> 36.0kV</b> 70 / 80 // 170 / 195 kV
	<b>U<sub>r</sub> 40.5kV</b> 85 / 90 // 185 / 215 kV
Rated frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated normal current	630 A
Rated Short-time withstand current	
	<b>U<sub>r</sub> 24.0kV</b> 20 kA
	<b>U<sub>r</sub> 36.0kV</b> 25 kA
	<b>U<sub>r</sub> 40.5kV</b> 25 kA
Rated peak withstand current 50 / 60 Hz	
	<b>U<sub>r</sub> 24.0kV</b> 50 / 52 kA
	<b>U<sub>r</sub> 36.0kV</b> 62.5 / 65 kA
	<b>U<sub>r</sub> 40.5kV</b> 62.5 / 65 kA
Rated duration of short-circuit	1 s
Internal arc classification (option)	
	<b>U<sub>r</sub> 24.0kV</b> IAC A FLR 20 kA, 1 s
	<b>U<sub>r</sub> 36.0kV</b> IAC A FLR 25 kA, 1 s
	<b>U<sub>r</sub> 40.5kV</b> IAC A FLR 25 kA, 1 s
Connection interface	Outside cone plug-in bushings, IEC interface C1.
Loss of service continuity category	LSC2
Ingress protection	
	<b>Gas tank</b> IP 65
	<b>Enclosure</b> IP 2X
	<b>LV cabinet</b> IP 3X
Corrosion class	C3

Table 4-6: HV switchgear data for IEC version

#### 4.5.2 IEEE 60Hz version

HV Switchgear	
Type description	Gas Insulated Switchgear
Applied standards	IEEE 37.20.3, IEEE C37.20.4, IEC 62271-200, ISO 12944.
Insulation medium	SF <sub>6</sub>
Rated voltage	
	<b>U<sub>r</sub> 38.0kV</b> 22.1-36.0 kV

<b>HV Switchgear</b>	
<b>Rated insulation level AC / LI</b>	70 / 150 kV
<b>Rated frequency</b>	60 Hz
<b>Rated normal current</b>	600 A
<b>Rated Short-time withstand current</b>	25 kA
<b>Rated peak withstand current</b>	65 kA
<b>Rated duration of short-circuit</b>	1 s
<b>Internal arc classification (option)</b>	IAC A FLR 25 kA, 1 s
<b>Connection interface grid cables</b>	Outside cone plug-in bushings, IEEE 386 interface type deadbreak, 600A.
<b>Ingress protection</b>	
	<b>Gas tank</b> NEMA 4X / IP 65
	<b>Enclosure</b> NEMA 2 / IP 2X
	<b>LV cabinet</b> NEMA 2 / IP 3X
<b>Corrosion class</b>	C3

Table 4-7: HV switchgear data for IEEE version

#### 4.6 AUX System

The AUX system is supplied from a separate 650/400/230 V transformer located in the nacelle inside the converter cabinet. All motors, pumps, fans and heaters are supplied from this system.

230 V consumers are generally supplied from a 400/230 V transformer located in the tower base. Internal heating and ventilation of cabinets as well as specific option 230 V consumers are supplied from the auxiliary transformer in the converter cabinet.

<b>Power Sockets</b>	
<b>Single Phase (Nacelle)</b>	230 V (16 A) (standard) 110 V (16 A) (option) 2 x 55 V (16 A) (option)
<b>Single Phase (Tower Platforms)</b>	230 V (10 A) (standard) 110 V (16 A) (option) 2 x 55 V (16 A) (option)
<b>Three Phase (Nacelle and Tower Base)</b>	3 x 400 V (16 A)

Table 4-8: AUX system data

#### 4.7 Wind Sensors

The turbine is either equipped with two ultrasonic wind sensors or optional one ultrasonic wind sensor and one mechanical wind vane and anemometer. The sensors have built-in heaters to minimise interference from ice and snow. The wind sensors are redundant, and the turbine is able to operate with one sensor only.

#### 4.8 Vestas Multi Processor (VMP) Controller

The turbine is controlled and monitored by the VMP8000 control system.

VMP8000 is a multiprocessor control system comprised of main controller, distributed control nodes, distributed IO nodes and ethernet switches and other network equipment. The main controller is placed in the tower bottom of the turbine. It runs the control algorithms of the turbine, as well as all IO communication.

The communications network is a time triggered Ethernet network (TTEthernet).

The VMP8000 control system serves the following main functions:

- Monitoring and supervision of overall operation.
- Synchronizing of the generator to the grid during connection sequence.
- Operating the wind turbine during various fault situations.
- Automatic yawing of the nacelle.
- OptiTip® - blade pitch control.
- Reactive power control and variable speed operation.
- Noise emission control.
- Monitoring of ambient conditions.
- Monitoring of the grid.
- Monitoring of the smoke detection system.

#### **4.9 Uninterruptible Power Supply (UPS)**

During grid outage, an UPS system will ensure power supply for specific components.

The UPS system is built by 3 subsystems:

1. 230V AC UPS for all power backup to nacelle and hub control systems
2. 24V DC UPS for power backup to tower base control systems and optional SCADA Power Plant Controller.
3. 230V AC UPS for power backup to internal lights in tower and nacelle.  
 Internal light in the hub is fed from built-in batteries in the light armature.

<b>UPS</b>		
<b>Backup Time</b>	<b>Standard</b>	<b>Optional</b>
<b>Control System*</b> (230V AC and 24V DC UPS)	15 min	Up to 400 min**
<b>Internal Lights</b> (230V AC UPS)	30 min	60 min***
<b>Optional SCADA Power Plant Controller</b> (24V DC UPS)	N/A	48 hours****

*Table 4-9: UPS data*

*\*The control system includes: the turbine controller (VMP8000), HV switchgear functions, and remote control system.*

*\*\*Requires upgrade of the 230V UPS for control system with extra batteries.*

*\*\*\*Requires upgrade of the 230V UPS for internal light with extra batteries.*

*\*\*\*\*Requires upgrade of the 24V DC UPS with extra batteries.*

**NOTE** For alternative backup times, consult Vestas.

## 5 Turbine Protection Systems

### 5.1 Braking Concept

The main brake on the turbine is aerodynamic. Stopping the turbine is done by full feathering the three blades (individually turning each blade). Each blade has a hydraulic accumulator to supply power for turning the blade.

In addition, there is a mechanical disc brake on the high-speed shaft of the gearbox with a dedicated hydraulic system. The mechanical brake is only used as a parking brake and when activating the emergency stop buttons.

### 5.2 Short Circuit Protections

Breakers	Breaker for Aux. Power.	Breaker 1 for Converter Modules	Breaker 2 for Converter Modules
Breaking Capacity Icu, Ics	TBD	TBD	TBD
Making Capacity Icm	TBD	TBD	TBD

Table 5-1: Short circuit protection data

### 5.3 Overspeed Protection

The generator rpm and the main shaft rpm are registered by inductive sensors and calculated by the wind turbine controller to protect against overspeed and rotating errors.

The safety-related partition of the VMP8000 control system monitors the rotor rpm. In case of an overspeed situation, the safety-related partition of the VMP8000 control system activates the emergency feathered position (full feathering) of the three blades independently of the non-safety related partition of VMP8000 control system.

Overspeed Protection	
Sensors Type	Inductive
Trip Level (variant dependent)	12.0-17.5 rpm / 2000 (generator rpm)

Table 5-2: Overspeed protection data

## 5.4 Arc Detection

The turbine is equipped with an Arc Detection system including multiple optical arc detection sensors placed in the HV transformer compartment and the converter cabinet. The Arc Detection system is connected to the turbine safety system ensuring immediate opening of the HV switchgear if an arc is detected.

## 5.5 Smoke Detection

The turbine is equipped with a Smoke Detection system including multiple smoke detection sensors placed in the nacelle (above the disc brake), in the transformer compartment, in main electrical cabinets in the nacelle and above the HV switchgear in the tower base. The Smoke Detection system is connected to the turbine safety system ensuring immediate opening of the HV switchgear if smoke is detected.

## 5.6 Lightning Protection of Blades, Nacelle, Hub and Tower

The Lightning Protection System (LPS) helps protect the wind turbine against the physical damage caused by lightning strikes. The LPS consists of five main parts:

- Lightning receptors. All lightning receptor surfaces on the blades are unpainted, excluding the Solid Metal Tips (SMT).
- Down conducting system (a system to conduct the lightning current down through the wind turbine to help avoid or minimise damage to the LPS itself or other parts of the wind turbine).
- Protection against overvoltage and overcurrent.
- Shielding against magnetic and electrical fields.
- Earthing system.

Lightning Protection Design Parameters			Protection Level I
<b>Current Peak Value</b>	$i_{max}$	[kA]	200
<b>Impulse Charge</b>	$Q_{impulse}$	[C]	100
<b>Long Duration Charge</b>	$Q_{long}$	[C]	200
<b>Total Charge</b>	$Q_{total}$	[C]	300
<b>Specific Energy</b>	W/R	[MJ/Ω]	10
<b>Average Steepness</b>	di/dt	[kA/μs]	200

Table 5-3: Lightning protection design parameters

**NOTE** The Lightning Protection System is designed according to IEC standards (see section 8 Design Codes, p. 28).

## 5.7 EMC

The turbine and related equipment fulfils the EU Electromagnetic Compatibility (EMC) legislation:

- DIRECTIVE 2014/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility.

## 5.8 Earthing

The Vestas Earthing System consists of a number of individual earthing electrodes interconnected as one joint earthing system.

The Vestas Earthing System includes the TN-system and the Lightning Protection System for each wind turbine. It works as an earthing system for the medium voltage distribution system within the wind farm.

The Vestas Earthing System is adapted for the different types of turbine foundations. A separate set of documents describe the earthing system in detail, depending on the type of foundation.

In terms of lightning protection of the wind turbine, Vestas has no separate requirements for a certain minimum resistance to remote earth (measured in ohms) for this system. The earthing for the lightning protection system is based on the design and construction of the Vestas Earthing System.

A primary part of the Vestas Earthing System is the main earth bonding bar placed where all cables enter the wind turbine. All earthing electrodes are connected to this main earth bonding bar. Additionally, equipotential connections are made to all cables entering or leaving the wind turbine.

Requirements in the Vestas Earthing System specifications and work descriptions are minimum requirements from Vestas and IEC. Local and national requirements, as well as project requirements, may require additional measures.

## 5.9 Corrosion Protection

Classification of corrosion protection is according to ISO 12944-2.

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

Table 5-4: Corrosion protection data for nacelle, hub, and tower

## 6 Safety

The safety specifications in this section provide limited general information about the safety features of the turbine and are not a substitute for Buyer and its agents taking all appropriate safety precautions, including but not limited to (a) complying with all applicable safety, operation, maintenance, and service agreements, instructions, and requirements, (b) complying with all safety-related laws, regulations, and ordinances, and (c) conducting all appropriate safety training and education.

## 6.1 Access

Access to the turbine from the outside is through a door located at the entrance platform approximately 3 meter above ground level. The door is equipped with a lock. Access to the top platform in the tower is by a ladder or service lift. Access to the nacelle from the top platform is by ladder. Access to the transformer room in the nacelle is controlled with a lock. Unauthorised access to electrical switchboards and power panels in the turbine is prohibited according to IEC 60204-1 2006.

## 6.2 Escape

In addition to the normal access routes, alternative escape routes from the nacelle are through the crane hatch, from the spinner by opening the nose cone, or from the roof of the nacelle. Rescue equipment is placed in the nacelle.

The hatch in the roof can be opened from both the inside and outside. Escape from the service lift is by ladder.

An emergency response plan, placed in the turbine, describes evacuation and escape routes.

## 6.3 Rooms/Working Areas

The tower and nacelle are equipped with power sockets for electrical tools for service and maintenance of the turbine.

## 6.4 Floors, Platforms, Standing, and Working Places

All floors have anti-slip surfaces.

There is one floor per tower section.

Rest platforms are provided at intervals of 9 metres along the tower ladder between platforms.

Foot supports are placed in the turbine for maintenance and service purposes.

## 6.5 Service Lift

The turbine is delivered with a service lift installed as an option.

## 6.6 Climbing Facilities

A ladder with a fall arrest system (rigid rail) is installed through the tower.

There are anchor points in the tower, nacelle and hub, and on the roof for attaching fall arrest equipment (full-body harness). Over the crane hatch there is an anchor point for the emergency descent equipment. Anchor points are coloured yellow and are calculated and tested to 22.2 kN.

## 6.7 Moving Parts, Guards, and Blocking Devices

All moving parts in the nacelle are shielded.

The turbine is equipped with a rotor lock to block the rotor and drive train.

Blocking the pitch of the cylinder can be done with mechanical tools in the hub.

## 6.8 Lights

The turbine is equipped with lights in the tower, nacelle and hub.

There is emergency light in case of the loss of electrical power.

## 6.9 Emergency Stop

There are emergency stop buttons in the nacelle, hub and bottom of the tower.

## 6.10 Power Disconnection

The turbine is equipped with breakers to allow for disconnection from all power sources during inspection or maintenance. The switches are marked with signs and are located in the nacelle and bottom of the tower.

## 6.11 Fire Protection/First Aid

A handheld 5-6 kg CO<sub>2</sub> fire extinguisher, first aid kit and fire blanket are required to be located in the nacelle during service and maintenance.

- A handheld 5-6 kg CO<sub>2</sub> fire extinguisher is required only during service and maintenance activities, unless a permanently mounted fire extinguisher located in the nacelle is mandatorily required by authorities.
- First aid kits are required only during service and maintenance activities.
- Fire blankets are required only during non-electrical hot work activities.

## 6.12 Warning Signs

Warning signs placed inside or on the turbine must be reviewed before operating or servicing the turbine.

## 6.13 Manuals and Warnings

The Vestas Corporate OH&S Manual and manuals for operation, maintenance and service of the turbine provide additional safety rules and information for operating, servicing or maintaining the turbine.

## 7 Environment

### 7.1 Chemicals

Chemicals used in the turbine are evaluated according to the Vestas Wind Systems A/S Environmental System certified according to ISO 14001:2004. The following chemicals are used in the turbine:

- Anti-freeze to help prevent the cooling system from freezing.
- Gear oil for lubricating the gearbox.
- Hydraulic oil to pitch the blades and operate the brake.
- Grease to lubricate bearings.
- Various cleaning agents and chemicals for maintenance of the turbine.

## 8 Design Codes

### 8.1 Design Codes – Structural Design

The turbine design has been developed and tested with regard to, but not limited to, the following main standards:

Design Codes	
<b>Nacelle and Hub</b>	IEC 61400-1 Edition 3 EN 50308
<b>Tower</b>	IEC 61400-1 Edition 3 Eurocode 3
<b>Blades</b>	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Part 1, 12 and 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2
<b>Gearbox</b>	ISO 81400-4
<b>Generator</b>	IEC 60034
<b>Transformer</b>	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
<b>Lightning Protection</b>	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC 61400-24:2010
<b>Rotating Electrical Machines</b>	IEC 34
<b>Safety of Machinery, Safety-related Parts of Control Systems</b>	IEC 13849-1
<b>Safety of Machinery – Electrical Equipment of Machines</b>	IEC 60204-1

*Table 8-1: Design codes*

## 9 Colours

### 9.1 Nacelle Colour

Colour of Vestas Nacelles	
<b>Standard Nacelle Colour</b>	RAL 7035 (light grey)
<b>Standard Logo</b>	Vestas

*Table 9-1: Colour, nacelle*

## 9.2 Tower Colour

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

Table 9-2: Colour, tower

## 9.3 Blade Colour

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

Table 9-3: Colour, blades

## 10 Operational Envelope and Performance Guidelines

Actual climate and site conditions have many variables and should be considered in evaluating actual turbine performance. The design and operating parameters set forth in this section do not constitute warranties, guarantees, or representations as to turbine performance at actual sites.

### 10.1 Climate and Site Conditions

Values refer to hub height:

Extreme Design Parameters	
Wind Climate	All
<b>Ambient Temperature Interval (Standard Temperature Turbine)</b>	-40° to +50°C

Table 10-1: Extreme design parameters

### 10.2 Operational Envelope – Temperature and Altitude

Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine.

Operational Envelope – Temperature	
<b>Ambient Temperature Interval (Standard Turbine)</b>	-20° to +45°C
<b>Ambient Temperature Interval (Low Temperature Turbine)</b>	-30° to +45°C

Table 10-2: Operational envelope – temperature

**NOTE** The wind turbine will stop producing power at ambient temperatures above 45°C. For the low temperature options of the wind turbine, consult Vestas.

The turbine is designed for use at altitudes up to 1000 m above sea level as standard and optional up to 2000 m above sea level.

### 10.3 Operational Envelope – Temperature and Altitude

Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine. At ambient temperatures above the thresholds shown for each operating mode in Figure 10-1 below, the turbine will maintain derated production. Additional derating will take place at altitudes above 1000 m.a.s.l.

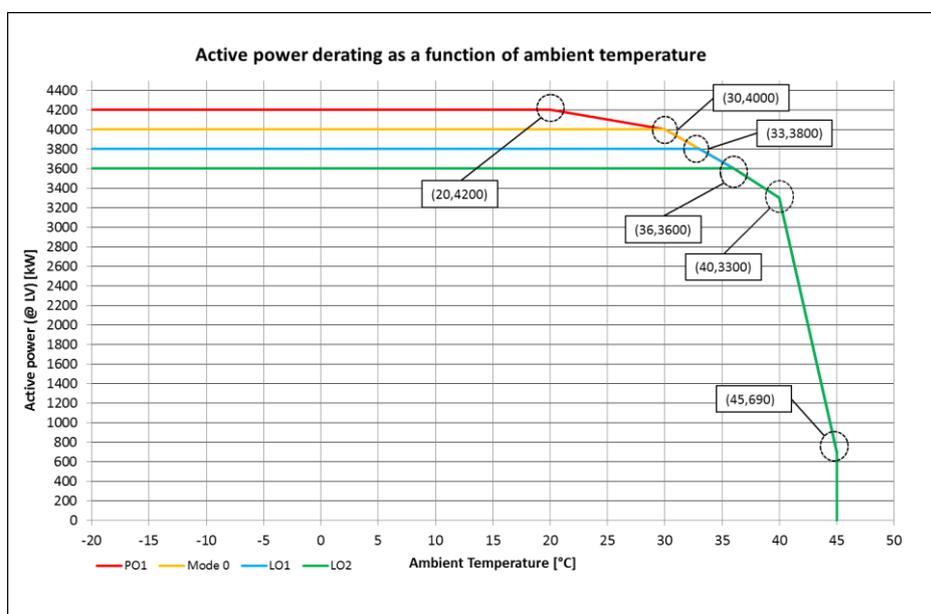


Figure 10-1: Temperature dependant derated operation.

**NOTE** All derating settings are preliminary and subject to change.

## 10.4 Operational Envelope – Grid Connection

Operational Envelope – Grid Connection		
Nominal Phase Voltage	[U <sub>NP</sub> ]	720 V
Nominal Frequency	[f <sub>N</sub> ]	50/60 Hz
Maximum Frequency Gradient	±4 Hz/sec.	
Maximum Negative Sequence Voltage	3% (connection) 2% (operation)	
Minimum Required Short Circuit Ratio at Turbine HV Connection	5.0 (contact Vestas for lower SCR levels)	
Maximum Short Circuit Current Contribution	1.05 p.u. (continuous) 1.45 p.u. (peak)	

Table 10-3: Operational envelope – grid connection

The generator and the converter will be disconnected if\*:

Protection Settings	
Voltage Above 110%** of Nominal for 1800 Seconds	792 V
Voltage Above 116% of Nominal for 60 Seconds	835 V
Voltage Above 125% of Nominal for 2 Seconds	900 V
Voltage Above 136% of Nominal for 0.150 Seconds	979 V
Voltage Below 90%** of Nominal for 180 Seconds (FRT)	648 V
Voltage Below 85% of Nominal for 12 Seconds (FRT)	612 V
Voltage Below 80% of Nominal for 4 Seconds (FRT)	576 V
Frequency is Above 106% of Nominal for 0.2 Seconds	53/63.6 Hz
Frequency is Below 94% of Nominal for 0.2 Seconds	47/56.4 Hz

Table 10-4: Generator and converter disconnecting values

### NOTE

\* Over the turbine lifetime, grid drop-outs are to occur at an average of no more than 50 times a year.

\*\* The turbine may be configured for continuous operation @ +/- 13 % voltage. Reactive power capability is limited for these widened settings to an extent that is yet to be determined.

All protection settings are preliminary and subject to change.

### 10.5 Operational Envelope – Reactive Power Capability in 4.0 MW Mode 0

The turbine has a reactive power capability in 4.0 MW Mode 0 on the low voltage side of the HV transformer as illustrated in Figure 10-2:

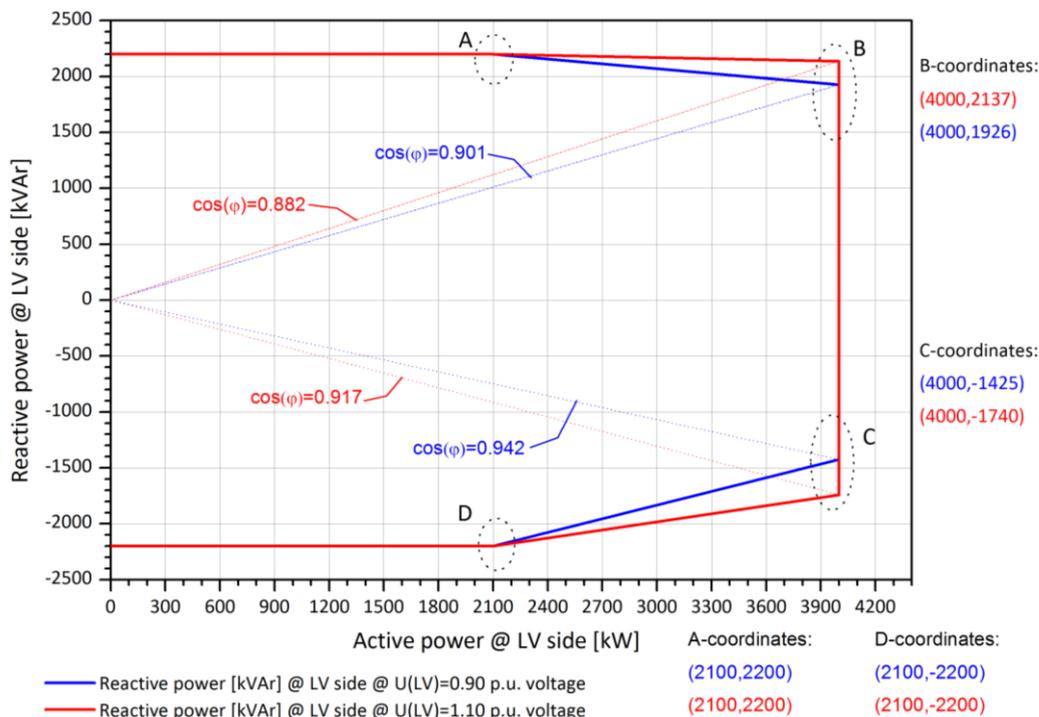


Figure 10-2: Reactive power capability for 4.0 MW Mode 0.

When operating at 4.0 MW nominal power at LV side of the HV transformer, the reactive power capability on the high voltage side of the HV transformer is approximately:

- $\cos\phi(HV) = 0.93/0.91$  capacitive/inductive @  $U(HV) = 0.90$  p.u. voltage
- $\cos\phi(HV) = 0.95/0.89$  capacitive/inductive @  $U(HV) = 1.10$  p.u. voltage

Reactive power is produced by the full-scale converter. Traditional capacitors are, therefore, not used in the turbine.

The turbine is able to maintain the reactive power capability at low wind with no active power production.

**NOTE** 4.0 MW Mode 0 derates above +30°C ambient temperature for  $\leq 1000$  m.a.s.l. according to Figure 10-1.

All reactive power capabilities are preliminary and subject to change.

### 10.6 Operational Envelope – Reactive Power Capability in 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1)

An optional, extended reactive power capability is available with 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1) when ambient temperature is below +20°C for ≤1000 m.a.s.l. The reactive power capability is as seen in Figure 10-3:

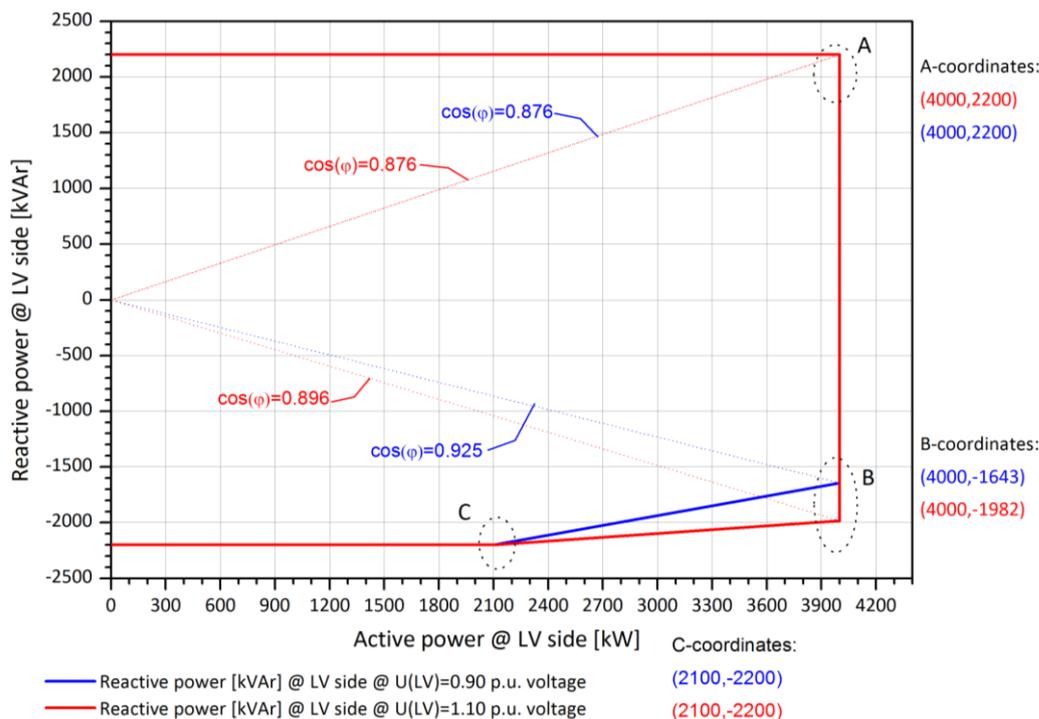


Figure 10-3: Reactive power capability for 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1).

When operating at 4.0 MW in Reactive Power Optimized Mode (QO1) at LV side of the HV transformer, the reactive power capability on the high voltage side of the HV transformer is approximately:

- $\cos\phi(HV) = 0.91/0.90$  capacitive/inductive @  $U(HV) = 0.90$  p.u. voltage
- $\cos\phi(HV) = 0.94/0.87$  capacitive/inductive @  $U(HV) = 1.10$  p.u. voltage

The turbine is able to maintain the reactive power capability at low wind with no active power production.

**NOTE** 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1) derates reactive power linearly above +20°C ambient temperature for ≤1000 m.a.s.l. to converge with the reactive power capability of 4.0 MW Mode 0 in Figure 10-2 at +30°C.

All reactive power capabilities are preliminary and subject to change.

### 10.7 Operational Envelope – Reactive Power Capability in 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1)

The reactive power capability for the 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1) is as illustrated in Figure 10-4:

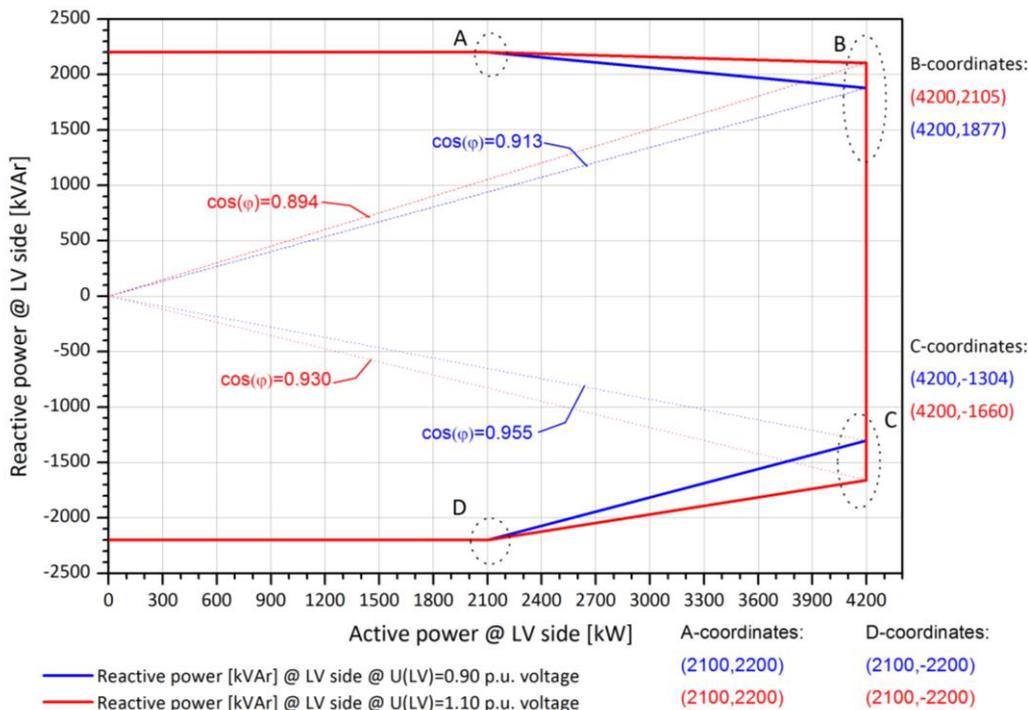


Figure 10-4: Reactive power capability for 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1).

When operating at 4.2 MW in Power Optimized Mode (PO1) at LV side of the HV transformer, the reactive power capability on the high voltage side of the HV transformer is approximately:

- $\cos\phi(\text{HV}) = 0.95/0.92$  capacitive/inductive @  $U(\text{HV}) = 0.90$  p.u. voltage
- $\cos\phi(\text{HV}) = 0.96/0.91$  capacitive/inductive @  $U(\text{HV}) = 1.10$  p.u. voltage

The turbine is able to maintain the reactive power capability at low wind with no active power production.

**NOTE** 4.2 MW Power Optimized Mode (PO1) derates above +20°C ambient temperature for  $\leq 1000$  m.a.s.l. according to Figure 10-1.

4.2 MW Power Optimized Mode (PO1) is mutually exclusive with 4.0 MW Reactive Power Optimized Mode (QO1) (since Q is traded for P).

All reactive power capabilities are preliminary and subject to change.

## 10.8 Performance – Fault Ride Through

The turbine is equipped with a full-scale converter to gain better control of the wind turbine during grid faults. The turbine control system continues to run during grid faults.

The turbine is designed to stay connected during grid disturbances within the voltage tolerance curve as illustrated below:

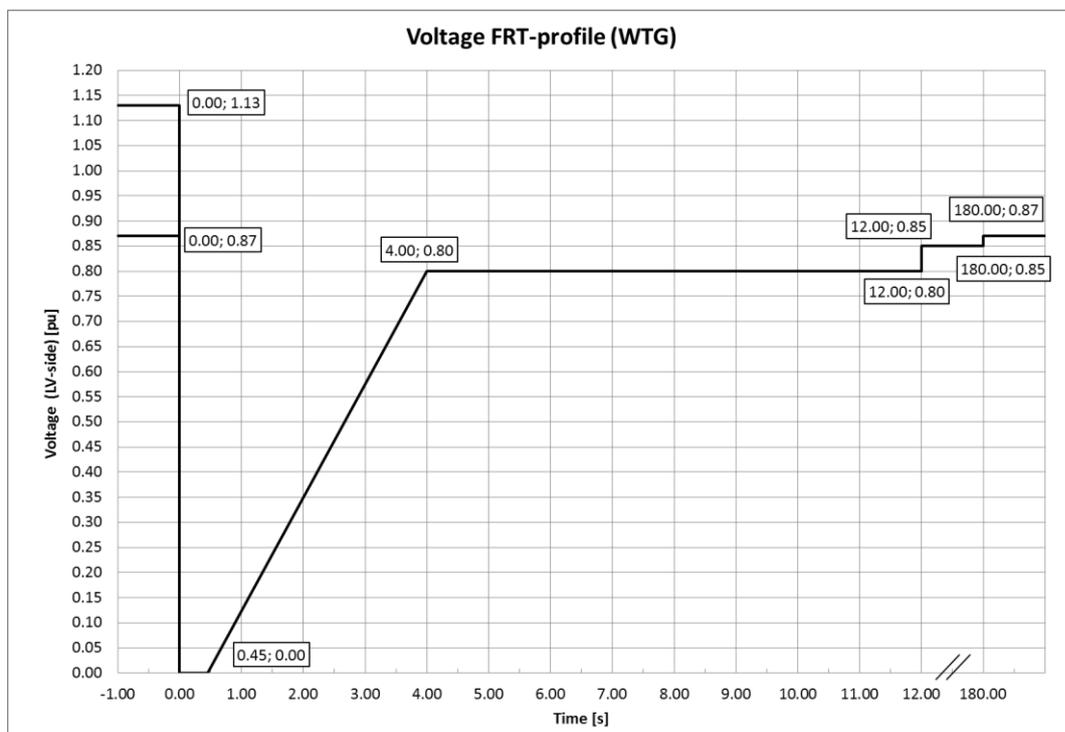


Figure 10-5: Low voltage tolerance curve for symmetrical and asymmetrical faults, where U represents voltage as measured on the grid.

For grid disturbances outside the tolerance curve in Figure 10-5, the turbine will be disconnected from the grid.

**NOTE** All fault ride through capability values are preliminary and subject to change.

Power Recovery Time	
Power Recovery to 90% of Pre-Fault Level	Maximum 0.1 seconds

Table 10-5: Power recovery time

## 10.9 Performance – Reactive Current Contribution

The reactive current contribution depends on whether the fault applied to the turbine is symmetrical or asymmetrical.

**NOTE** All reactive current contribution values are preliminary and subject to change.

### 10.9.1 Symmetrical Reactive Current Contribution

During symmetrical voltage dips, the wind farm will inject reactive current to support the grid voltage. The reactive current injected is a function of the measured grid voltage.

The default value gives a reactive current part of 1 p.u. of the rated active current at the high voltage side of the HV transformer. Figure 10-6, indicates the reactive current contribution as a function of the voltage. The reactive current contribution is independent from the actual wind conditions and pre-fault power level. As seen in Figure 10-6, the default current injection slope is 2% reactive current increase per 1% voltage decrease. The slope can be parameterized between 0 and 10 to adapt to site specific requirements.

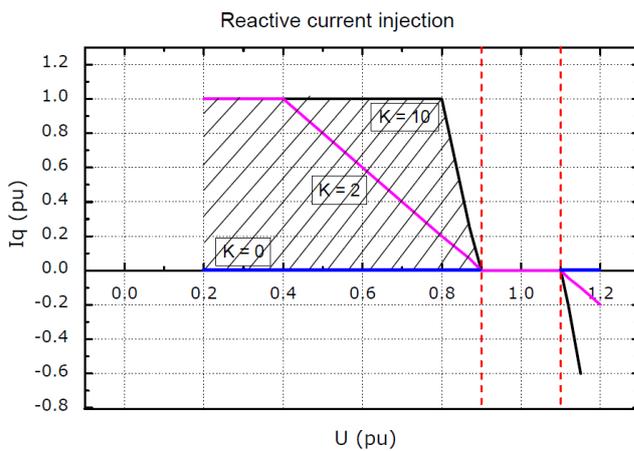


Figure 10-6: Reactive current injection

### 10.9.2 Asymmetrical Reactive Current Contribution

The injected current is based on the measured positive sequence voltage and the used K-factor. During asymmetrical voltage dips, the reactive current injection is limited to approximate 0.4 p.u. to limit the potential voltage increase on the healthy phases.

## 10.10 Performance – Multiple Voltage Dips

The turbine is designed to handle re-closure events and multiple voltage dips within a short period of time due to the fact that voltage dips are not evenly distributed during the year. For example, the turbine is designed to handle 10 voltage dips of duration of 200 ms, down to 20% voltage, within 30 minutes.

## 10.11 Performance – Active and Reactive Power Control

The turbine is designed for control of active and reactive power via the VestasOnline® SCADA system.

Maximum Ramp Rates for External Control	
Active Power	0.1 p.u./sec for max. power level change of 0.3 p.u. 0.3 p.u./sec for max. power level change of 0.1 p.u.
Reactive Power	20 p.u./sec

Table 10-6: Active/reactive power ramp rates (values are preliminary)

To support grid stability the turbine is capable to stay connected to the grid at active power references down to 10 % of nominal power for the turbine. For active power references below 10 % the turbine may disconnect from the grid.

### 10.12 Performance – Voltage Control

The turbine is designed for integration with VestasOnline® voltage control by utilising the turbine reactive power capability.

### 10.13 Performance – Frequency Control

The turbine can be configured to perform frequency control by decreasing the output power as a linear function of the grid frequency (over frequency). Dead band and slope for the frequency control function are configurable.

### 10.14 Distortion – Immunity

The turbine is able to connect with a pre-connection (background) voltage distortion level at the grid interface of 8% and operate with a post-connection voltage distortion level of 8%.

### 10.15 Main Contributors to Own Consumption

The consumption of electrical power by the wind turbine is defined as the power used by the wind turbine when it is not providing energy to the grid. This is defined in the control system as Production Generator 0 (zero).

The components in Table 10-7 have the largest influence on the own consumption of the wind turbine (the average own consumption depends on the actual conditions, the climate, the wind turbine output, the cut-off hours, etc.).

The VMP8000 control system has a hibernate mode that reduces own consumption when possible. Similarly, cooling pumps may be turned off when the turbine idles.

Main contributors to Own Consumption	
Hydraulic Motor	2 x 15 (V117) / 18.5 kW (V136 + V150) (master-slave)
Yaw Motors	Maximum 21 kW in total
Water Heating	10 kW
Water Pumps	2.2 + 5.5 kW
Oil Heating	7.9 kW
Oil Pump for Gearbox Lubrication	12.5 kW
Controller Including Heating Elements for the Hydraulics and all Controllers	Approximately 3 kW
HV Transformer No-load Loss	See section 4.3 HV Transformer, p. 13

Table 10-7: Main contributors to own consumption data (values are preliminary).

## 11 Drawings

### 11.1 Structural Design – Illustration of Outer Dimensions

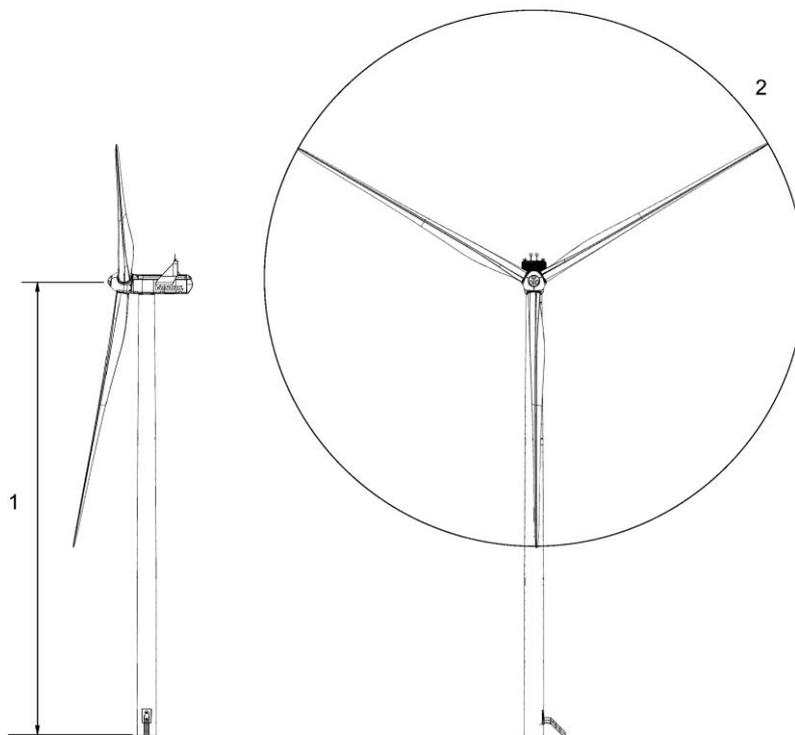


Figure 11-1: Illustration of outer dimensions – structure

- 1 Hub heights: See Performance Specification
- 2 Rotor diameter: 117-150 m

### 11.2 Structural Design – Side View Drawing

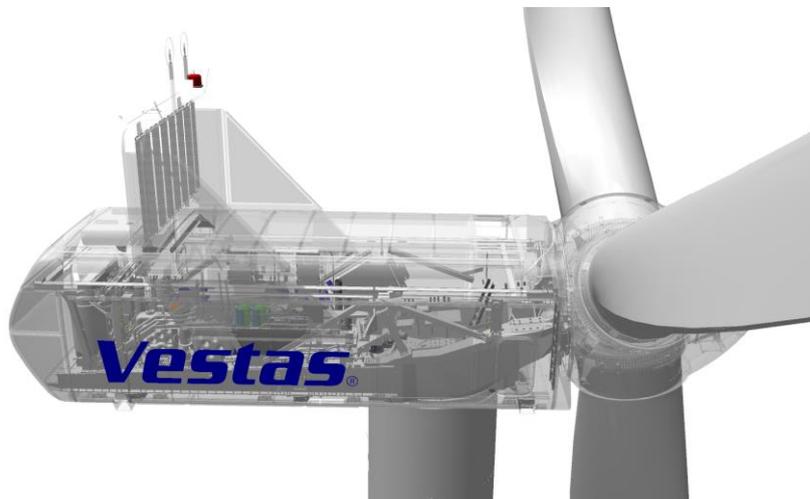


Figure 11-2: Side-view drawing

## 12 General Reservations, Notes and Disclaimers

- © 2017 Vestas Wind Systems A/S. This document is created by Vestas Wind Systems A/S and/or its affiliates and contains copyrighted material, trademarks, and other proprietary information. All rights reserved. No part of the document may be reproduced or copied in any form or by any means – such as graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, taping, or information storage and retrieval systems – without the prior written permission of Vestas Wind Systems A/S. The use of this document is prohibited unless specifically permitted by Vestas Wind Systems A/S. Trademarks, copyright or other notices may not be altered or removed from the document.
- The general descriptions in this document apply to the current version of the 4MW Platform wind turbines. Updated versions of the 4MW Platform wind turbines, which may be manufactured in the future, may differ from this general description. In the event that Vestas supplies an updated version of a specific 4MW Platform wind turbine, Vestas will provide an updated general description applicable to the updated version.
- Vestas recommends that the grid be as close to nominal as possible with limited variation in frequency and voltage.
- A certain time allowance for turbine warm-up must be expected following grid dropout and/or periods of very low ambient temperature.
- All listed start/stop parameters (e. g. wind speeds and temperatures) are equipped with hysteresis control. This can, in certain borderline situations, result in turbine stops even though the ambient conditions are within the listed operation parameters.
- The earthing system must comply with the minimum requirements from Vestas, and be in accordance with local and national requirements and codes of standards.
- This document, General Description, is not an offer for sale, and does not contain any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and noise (including, without limitation, the power curve and noise verification method). Any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and noise (including, without limitation, the power curve and noise verification method) must be agreed to separately in writing.