



REGIONE  
SICILIANA



COMUNE DI  
CONTESSA ENTELLINA



COMUNE DI SANTA  
MARGHERITA DI BELICE



COMUNE DI  
SAMBUCA DI SICILIA



COMUNE DI  
MENFI



Committente:



CONTESSA ENTELLINA  
ENERGY & INFRASTRUCTURE

CONTESSA ENTELLINA S.R.L.  
P.IVA 1329980960  
VIA DANTE 7 MILANO C.A.P. 20123

Titolo del Progetto:

**Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico denominato "Contessa Entellina" di 39,6 MW con sistema di accumulo di 12 MW e le relative opere connesse da svilupparsi nei comuni di Contessa Entellina (PA), Santa Margherita di Belice (AG), Sambuca di Sicilia (AG) e Menfi (AG)**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Tavola:

REL0006

Elaborato:

**Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici**

SCALA:

-

FOGLIO:

1 di 1

FORMATO:

A4

folder: Relazioni progetto civile

Nome File: RS06REL0006A0.pdf

Progettazione:



Progettisti:



dott.ing. Giovanni Guzzo Foliaro



dott.ing. Amedeo Costabile



dott. Ing. Francesco Meringolo

Gruppo di lavoro:

dott.ing. Denise Di Cianni

dott.ing. Diego De Benedittis

dott.ing. Pasquale Simone Gatto

Rev:	Data Revisione:	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	11/12/2023	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	CONTESSA ENTELLINA	CONTESSA ENTELLINA

<b>Indice</b>	
1. Aerogeneratore .....	3
2. Opere civili .....	3
2.1 Norme tecniche generali .....	3
2.2 Norme tecniche specifiche .....	5
2.3 Acqua .....	5
2.4 Ghiaie, pietrischi e sabbie per conglomerati cementizi .....	5
2.5 Pietrischi, pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi per pavimentazioni .....	6
2.6 Terre e terreni per rilevati e rinterrati .....	7
2.7 Calci aeree – gessi per l’edilizia .....	8
2.8 Leganti idraulici – adesivi – additivi .....	9
2.9 Emulsioni bituminose - bitumi .....	10
2.10 Materiali laterizi .....	10
2.11 Materiali ferrosi .....	13
2.12 Tubazioni in PVC .....	13
3. Opere provvisorie – macchinari e mezzi d’opera .....	14
3.1 Indagini e rilievi geognostici .....	15
3.2 Disposizioni comuni a tutti i lavoratori .....	15
3.3 Tracciamenti .....	16
3.4 Demolizioni e rimozioni .....	17
3.5 Scavi .....	17
3.6 Caratteristiche e preparazione del piano di posa dei rilevati .....	23
3.7 Sovrastruttura, pavimentazioni in conglomerati bituminosi a caldo .....	30
4 Opere in calcestruzzo armato .....	36
4.1 Disposizioni legislative .....	36
4.2 Progetto e Direzione delle opere, responsabilità dell’impresa .....	36
4.3 Conglomerati cementizi .....	36
4.4 Opere in calcestruzzo armato e normale .....	40
5 Malte – qualità e composizione .....	45
6 Opere e manufatti in ferro .....	47
7 Manti impermeabilizzanti .....	52
8 Tessuto non tessuto e materassi drenanti .....	54
9 Trasporto e accatastamento di tubi e pezzi speciali in calcestruzzo .....	55
10 Posa in opera di cavi .....	58

---

11 Palificazioni .....	59
12 Opere elettriche .....	66
12.1 Linee interrate a 36 kV .....	66
12.2 Caratteristiche dei cavi .....	67
12.3 Profondità di posa e disposizione dei cavi .....	67
12.4 Rete di terra .....	68
12.5 Cadute di tensione e perdite di potenza .....	68
12.6 Cabina di consegna .....	68
12.7 Caratteristiche apparati .....	69
12.8 Impianto di accumulo .....	69
12.9 Cavidotto di consegna a 36 kV .....	70
13. Lavori diversi non specificati nei precedenti articoli .....	70

## **1. Aerogeneratore**

Relativamente all'aerogeneratore in progetto si rimanda all'allegato tecnico generale del costruttore allegato alla presente.

## **2. Opere civili**

### ***2.1 Norme tecniche generali***

I materiali e le forniture occorrenti per la costruzione delle opere oggetto dell'appalto, dovranno essere approvvigionati dall'Impresa a sua totale cura e spese ed a tempo debito, in modo da evitare interruzione o ritardi nella esecuzione dei lavori e da assicurare l'ultimazione delle opere nel termine stabilito.

Essi dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e possedere le caratteristiche stabilite dalle Leggi e dai regolamenti vigenti in materia ed inoltre dovranno corrispondere perfettamente alla specifica normativa del presente Capitolato o degli altri atti contrattuali. L'Impresa sarà tenuta ad uniformarsi ad ogni modifica ed interruzione delle disposizioni vigenti in materia che si verificassero nel corso dell'appalto, senza alcun titolo per speciali compensi o aumento dei prezzi.

Salvo i casi esplicitamente indicati nel Capitolato, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della D.L., ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti.

A richiesta della D.L., la provenienza dei materiali e delle forniture dovrà essere idoneamente documentata.

Per la fornitura di materiali ed apparecchiature particolari specialmente per quelli elettrici e di finitura, l'Impresa sarà tenuta a fornire tempestivamente (se del caso entro i termini fissati dalla D.L.) una adeguata campionatura completa che permetta una scelta sufficiente fra materiali aventi analoghe caratteristiche ed uguale rispondenza alle prescrizioni di Capitolato.

La campionatura approvata, munita dei sigilli a firma della D.L. medesima, dovrà essere conservata, a cura e spese dell'Impresa, fino al termine delle operazioni di collaudo per il controllo della corrispondenza fra questa ed i materiali che saranno successivamente approvvigionati ed impiegati nei lavori.

Tutti i materiali e le forniture in genere, prima di essere impiegati dovranno essere approvati dalla D.L., pena la demolizione e la ricostruzione a totale carico dell'Impresa di tutte le opere non riconosciute corrispondenti alle condizioni contrattuali.

L'Impresa sarà obbligata in ogni tempo a presentarsi per eseguire o per fare eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato e gli accertamenti speciali che potrà prescrivere la D.L. in corso d'opera, sui materiali da impiegarsi o già impiegati, nonché sui manufatti sia prefabbricati che formati in opera e sulle forniture in genere.

Il prelievo e la conservazione dei campioni saranno eseguiti secondo la specifica normativa del C.N.R. e le particolari disposizioni della D.L.; i prelievi verranno effettuati in contraddittorio e saranno appositamente verbalizzati.

Tutte le spese per il prelevamento, la conservazione e l'inoltro dei campioni agli Istituti autorizzati, nonché le spese per gli esami e le prove, ovunque e da chiunque effettuate, sono a completo carico dell'Impresa, che dovrà assolverle direttamente.

La D.L. disporrà secondo l'esito delle prove e degli accertamenti effettuati, fin da ora si stabilisce che i risultati ottenuti presso gli Istituti autorizzati saranno i soli da considerare validi ed impegnativi a tutti gli effetti del presente appalto.

L'Impresa farà sì che tutti i materiali abbiano ad avere, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla D.L.

Qualora in corso di coltivazione di cave o di esercizio delle fabbriche, stabilimenti, ecc., i materiali e le forniture non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare e si presentasse quindi la necessità di cambiamenti negli approvvigionamenti, nessuna eccezione potrà essere accampata dall'Impresa, né alcuna variazione dei prezzi, fermi restando gli obblighi di cui al precedente capoverso.

Qualsiasi provvista non accettata dalla D.L., in quanto non riconosciute idonea all'impiego a suo insindacabile giudizio, dovrà essere immediatamente allontanata dal cantiere, a cure e spese dell'Impresa, e tempestivamente sostituita con altra rispondente ai requisiti richiesti.

L'accettazione in cantiere dei materiali e delle provviste in genere da parte della D.L. non pregiudica in alcun modo il diritto della D.L. stessa, in qualsiasi momento, anche dopo l'impiego e fino a collaudo avvenuto, di rifiutare i materiali stessi e gli eventuali lavori eseguiti con essi, ove vengano riscontrati e non corrispondenti alle condizioni contrattuali o ai campioni approvati.

In ogni caso l'Impresa resta sempre e comunque unica garante e responsabile della perfetta esecuzione dei lavori, anche per quanto può dipendere dai materiali impiegati, ancorché accettati dalla D.L.

Rimane infine espressamente convenuto che l'Amministrazione si riserva in ogni momento e a proprio insindacabile giudizio la facoltà di scorporare dall'appalto qualsiasi genere di materiale e di

forniture occorrente per la esecuzione dei lavori che intendesse provvedere direttamente e di affidarne la posa in opera ad altra Ditta o alla stessa Impresa, che avrà l'obbligo di provvedere, senza poter pretendere alcun compenso od indennizzo per la mancata fornitura.

### ***2.2 Norme tecniche specifiche***

Per tutto ciò che non sia in opposizione con le condizioni espresse nel presente Capitolato e nel Contratto, l'appalto deve tenersi sottoposto alla integrale e rigorosa applicazione di tutte le leggi, decreti, regolamenti e circolari aventi per oggetto l'appalto e l'esecuzione di opere pubbliche dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei LL.PP.

Per espresso patto contrattuale si stabilisce inoltre che, nell'esecuzione dei lavori, da parte dell'Impresa appaltatrice e sotto la sua totale ed esclusiva responsabilità dovranno essere integralmente e rigorosamente applicate tutte le leggi, decreti, regolamenti e circolari, vigenti o poste in vigore durante il corso dei lavori, emanati dallo Stato e, per i rispettivi ambiti territoriali, dalla Regione, dalla Provincia, dal Comune e dalle altre Autorità competenti, in materia di esecuzione di opere pubbliche, di caratteristiche, qualità e prove di accettazione dei materiali da costruzione e di norme tecniche per le costruzioni ed in materia di sicurezza ed igiene del lavoro, nonché tutte le norme tecniche dettate dalla Scienza delle costruzioni ed emanate dal C.N.R., dalla C.E.T. e tutta la normativa UNI, UNIPLAST, C.E.I.-UNEL, WIFE, attinenti alle opere eseguite nel corso dei lavori.

### ***2.3 Acqua***

L'acqua da impiegare nella formazione delle malte e dei calcestruzzi dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche e non aggressiva, dovrà avere un pH compreso fra 6 e 8 ed una torbidità non superiore al 2%.

L'acqua da impiegare negli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose (in particolare solfati e cloruri in concentrazioni superiori allo 0,5%).

Tale divieto rimane tassativo ed assoluto per i calcestruzzi armati ed in genere per tutte le strutture inglobanti materiali metallici soggetti a corrosione.

### ***2.4 Ghiaie, pietrischi e sabbie per conglomerati cementizi***

Le ghiaie i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei conglomerati cementizi per opere in calcestruzzo semplice ed armato, dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dal D.M. 14 Febbraio 1992, dalla circolare 24.06.1993 n°374061 stc ed eventuali successive modifiche ed integrazioni, nonché alle normative UNI CNR.

Detti materiali dovranno essere costituiti da elementi omogenei, di natura preferibilmente silicea o silicatica, provenienti da rocce con alta resistenza alla compressione, compatte, uniformi e non gelive, con esclusione di rocce decomposte o gessose o marmose.

Dovranno risultare assolutamente esenti da sostanze organiche, limose od argillose e da altre sostanze estranee o comunque nocive.

La sabbia da usarsi in miscela con leganti idraulici dovrà essere assolutamente esente da solfati, ove necessario ripetutamente lavata con acqua dolce fino al raggiungimento dei requisiti richiesti.

Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o facilmente sfaldabili e quelle rivestite da incrostazioni.

L'assortimento granulometrico degli aggregati da impiegarsi nella formazione dei conglomerati dovrà sempre corrispondere a quello stabilito dalla D.L. in relazione alla destinazione dei getti e alle modalità di posa in opera dei calcestruzzi. L'impresa avrà l'obbligo di garantire comunque la costanza delle caratteristiche e dell'assorbimento granulometrico prescritto e di porre a disposizione della D.L. in cantiere gli strumenti di misura e la serie completa dei setacci e dei crivelli unificati.

### ***2.5 Pietrischi, pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi per pavimentazioni***

Gli inerti e gli additivi (fillers) da impiegare nella formazione di conglomerati bituminosi dovranno corrispondere alle caratteristiche e ai requisiti di accettazione prescritti dalle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R., Fascicolo n. 4 ed essere rispondenti alle rispettive norme di esecuzione lavori.

In particolare si prescrive:

a) Pietrischetti e graniglie

I pietrischetti e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di materiale litoide, preferibilmente di natura silicea o basaltica ed in ogni caso di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione ed al gelo.

b) Sabbia

La sabbia naturale o di frantumazione dovrà essere preferibilmente di natura silicea o, in subordine, silicatica o calcarea, con esclusione di rocce decomposte o gessose e dovrà risultare di grana omogenea e ben assortita. In ogni caso la sabbia dovrà risultare dura, ruvida al tatto e assolutamente esente da materie terrose e da sostanze organiche o comunque nocive, e corrispondere alle caratteristiche granulometriche prescritte dall'art. 2 delle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" CNR Fascicolo n. 4

c) Additivi (fillers)

Gli additivi dovranno provenire dalla frantumazione di rocce calcaree di ottima qualità e potranno essere sostituiti da cemento o da polvere di rocce asfaltiche passanti al setaccio 0.075 CNI 2332/1 con esclusione di polveri di amianto.

### ***2.6 Terre e terreni per rilevati e rinterri***

Le terre ed i terreni di fiume o di cava, naturali o vagliate, ed i detriti di cava da utilizzarsi per la costruzione dei rilevati e per i rinterri, dovranno corrispondere integralmente alla descrizione e alle caratteristiche e requisiti di accettazione dell'art. 7 delle Norme CNR-UNI n. 10006 "costruzione dei rilevati".

Il materiale dovrà risultare completamente esente da radici o da sostanze organiche e da toppe argillose o limose e dovrà essere costituito da aggregato fine legante (passante al setaccio 0,075 UNI) in quantità limitata e da aggregato grosso e medio composto da elementi litici duri e tenaci. Per l'impiego, la qualità, le caratteristiche dei materiali e la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo, a sua cura e spese, a fare eseguire presso gli Istituti autorizzati quelle prove che la D.L. riterrà opportune e necessarie.

Per quanto riguarda il riutilizzo delle terre provenienti dallo scavo al fine della realizzazione dei rilevati, vista la natura del terreno, sarà necessario ricorrere al trattamento delle terre con calce.

Il trattamento di terre coesive con calce è finalizzato al miglioramento e alla stabilizzazione della terra stessa nell'ambito della realizzazione di rilevati ed altre opere in terra. Tale trattamento consiste nella miscelazione di terra con calce (viva o idrata) ed acqua in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche del terreno, al fine di ottenere una miscela idonea per la formazione di strati di terreno che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica:

- Effetti a breve termine: il trattamento modifica la distribuzione granulometrica e riduce l'indice di plasticità con conseguente aumento della lavorabilità e della portanza del terreno;
- Effetti a lungo termine: miglioramento delle caratteristiche meccaniche (aumento della resistenza a taglio e del modulo elastico del terreno) e al loro mantenimento nei confronti degli effetti del gelo e dell'umidità.

I terreni idonei al trattamento con calce sono terre fini, plastiche limoso argillose appartenenti ai Gruppi A6 o A7 della classificazione UNI 10006 con valori di indice plastico maggiori di 10. Possono essere trattati anche terreni appartenenti al gruppo A2-6 o A2-7 qualora contengano una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI prossimo al 35%, oppure al gruppo A5 purché abbia un  $I_p > 8\%$ .

La percentuale ottimale di calce utilizzata per il trattamento viene definita attraverso prove sperimentali di laboratorio effettuate su campioni di terreno rappresentativi. In genere, il quantitativo di calce impiegata varia tra il 4-8 % in peso della terra secca.

*Modalità esecutiva:*

- scotico del terreno superficiale;
- eventuale trattamento del piano di posa;
- posa in strati del terreno;
- preparazione del terreno da trattare (fresatura ed eventuale umidificazione o essiccamento);
- spandimento della calce
- miscelazione terra/calce;
- compattazione, livellazione e finitura degli strati.

### ***2.7 Calci aeree – gessi per l'edilizia***

#### a) Calci aeree

Le calci aeree dovranno avere le caratteristiche e i requisiti prescritti dalle “Norme per l'accettazione delle calci”, di cui al R. D. 16 novembre 1939, n. 2231. Se non diversamente disposto sarà consentito esclusivamente l'impiego di calce idrata in polvere. Essa dovrà provenire dallo spegnimento totale di ottime calci in zolle, attuato in stabilimenti specializzati; la polvere dovrà presentarsi fine, omogenea e secca e dovrà essere confezionata in imballaggi idonei che saranno conservati in locali ben asciutti. Gli imballaggi dovranno portare ben visibili l'indicazione del produttore, il peso del prodotto e la specifica se si tratta di fiore di calce o di calce idrata da costruzione.

#### b) Gessi per edilizia

I gessi per edilizia dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalle norme UNI 5371-84. Essi dovranno essere di recente cottura, perfettamente asciutti, di fine macinazione, scevri di materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. I gessi dovranno essere approvvigionati in sacchi sigillati di idoneo materiale riportanti il nome del produttore e la qualità del gesso contenuto. La conservazione dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti atti ad evitare degradazioni da umido. Saranno senz'altro rifiutati ed allontanati dal cantiere i gessi che risultino avere una presa troppo lenta e che, bagnati, assumano colore grigio.

## ***2.8 Leganti idraulici – adesivi – additivi***

### a) Leganti idraulici

I leganti idraulici dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalla Legge 26 maggio 1965, n. 595 e dal D.M. 3 giugno 1968, 31 agosto 1972, D.M. 20.11.1984 e D.M. 13.09.1993.

La fornitura dei leganti idraulici in cantiere dovrà avvenire in sacchi sigillati, ovvero in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola, ovvero ancora allo stato sfuso. In ogni caso dovranno essere chiaramente indicati il peso e la qualità del legante, lo stabilimento di produzione, la quantità di acqua per malta normale e le resistenze minime a trazione e compressione a 28 gg. di stagionatura, a mezzo stampa nei primi due casi e con documenti di accompagnamento nell'ultimo. Per ogni tipo di legante la fornitura dovrà essere munita del contrassegno di garanzia della qualità. L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà risultare dal giornale dei lavori e dal registro dei getti. La conservazione dei leganti dovrà essere effettuata in locali asciutti, predisposti a cura e spese dell'Impresa, e su tavolati in legname. Per quelli allo stato sfuso lo stoccaggio sarà effettuato in sili adeguatamente protetti. Anche ad accettazione avvenuta di una partita, verranno rifiutati ed immediatamente allontanati dal cantiere tutti quei sacchi il cui contenuto presenti grumi o parti avariate o comunque dimostri di aver subito l'azione dell'umidità.

### b) Adesivi

Per gli interventi di ripresa dei getti o di getti nuovi su vecchi, nonché per la stuccatura di giunti, è previsto l'impiego di particolari materiali quali resine viniliche, polisolfuri (thiokol) con relativi "primer". L'Impresa è obbligata ad impiegare materiali di prima qualità e a tal fine si impegna a sottoporre al giudizio della D.L. tre campioni di materiale di ogni tipo, forniti da Case di primaria importanza e corredati da documentazione di prove di laboratorio e di pratiche applicazioni. La D.L. si riserva di far eseguire a spese dell'Impresa tutte le necessarie ulteriori prove di qualifica e di controllo. Una volta che la D.L. si riserva di far eseguire a spese dell'Impresa tutte le necessarie ulteriori prove di qualifica e di controllo. Una volta che la D.L. abbia effettuato la propria insindacabile scelta, l'Impresa è obbligata all'impiego, nei modi prescritti, dei materiali stessi, della cui rispondenza ai fini specifici, anche nel tempo, resta pienamente e totalmente responsabile.

### c) Additivi

Analoghe prescrizioni si applicano ai materiali additivi da impiegare quali fluidificanti e antiritiro nelle malte di iniezione di bloccaggio di armature di ferro entro perforazioni. Per tale impiego l'Impresa

potrà altresì proporre l'uso di resine poliesteri o di altro tipo, di cui l'Impresa stessa possa offrire piena garanzia di efficienza e durezza. Su richiesta della D.L. l'impresa dovrà esibire i risultati di laboratorio ufficiale che attestino la conformità del prodotto alle norme UNI vigenti.

### ***2.9 Emulsioni bituminose - bitumi***

#### a) Emulsioni bituminose

Le emulsioni bituminose da impiegarsi nella costruzione delle pavimentazioni stradali dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalle "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali", fascicolo n. 3, ultima edizione, del C.N.R. L'emulsione bituminosa approvigionata in cantiere dovrà risultare omogenea, priva di agglomerati e di filacce ed assicurare la perfetta rottura all'atto dell'impiego. L'emulsione che manifestasse nei fusti il fenomeno dell'agglomeramento, darà senz'altro motivo alla contestazione dell'intera partita, che l'Impresa dovrà provvedere immediatamente ad allontanare dal cantiere. L'emulsione cationica (o acida) dovrà garantire il suo impiego nella stagione piovosa con aggregati bagnati, anche quando gli stessi siano costituiti da rocce idrofile.

Per l'accettazione e l'impiego dell'emulsione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo a fare eseguire presso gli Istituti autorizzati tutte le prove e le analisi richieste dalla D.L., sottostando ad ogni spesa di prelevamento ed invio dei campioni e di analisi.

L'Impresa accetta fin da ora di riconoscere tali risultati come gli unici validi ed impegnativi a tutti gli effetti del presente Capitolato.

#### b) Bitumi

I bitumi da impiegarsi per la confezione dei conglomerati bituminosi dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali", Fascicolo n. 2151 dei C.N.R. ed ai BU CNR 24/71 35/73 43/74 50/76 e 44/74.

### ***2.10 Materiali laterizi***

I materiali laterizi da impiegarsi nella esecuzione delle murature e nella costruzione dei solai e dei tetti dovranno provenire dalle migliori fornaci e dovranno rispondere alle "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2233.

Tutti i laterizi ed i manufatti ad uso nelle costruzioni dovranno inoltre rispondere alle condizioni stabilite dal D.P.R. 21/04/93 n 246.

Per laterizi da murature in genere si farà riferimento alle norme UNI 8942 1 ° 2° e 3°.

Per le opere in muratura non in zona sismica si farà riferimento al D.M. 20.11.87 “norme tecniche per la progettazione l’esecuzione ed il collaudo degli edifici in muratura” nonché la circolare LL.PP. 4.1.89 n. 30787.

Per i laterizi da impiegare nei solai si farà riferimento alle norme UNI 9730 1 ° 2° e 3°.

I laterizi, di qualsiasi tipo, forma e dimensioni (pieni, forati e per coperture) dovranno nella massa essere scevri da sassolini ed altre impurità; avere forma regolare, facce lisce e spigoli sani; presentare alla frattura (non vetrosa) grana fine, compatta ed uniforme; essere sonori alla percussione; assorbire acqua per immersione ed asciugarsi all’aria con sufficiente rapidità; non sfaldarsi o sfiorire sotto l’influenza degli agenti atmosferici e di soluzioni saline; non screpolarsi al fuoco e al gelo; avere resistenza adeguata, colore omogeneo e giusto grado di cottura, non contenere sabbia con sali di sodio o potassio, avere forma geometrica precisa ed infine un contenuto di solfati alcalini tali che il tenore di SO<sub>3</sub> sia minore dello 0,05%.

Per la definizione delle categorie, dei requisiti e delle prove si dovrà fare riferimento alle norme U.N.I. 2105, 2106, 2107, 8942/1, 8942/2, 8942/3, 9730/1, 9730/2, 9730/3.

1) Mattoni pieni e semipieni, mattoni e blocchi forati per murature

Per quanto riguarda le categorie, le caratteristiche e le prove di qualificazione si farà riferimento alla normative UNI 8942/1 e 8942/3, ed alle prescrizioni di cui all’allegato 7 dei DM 14 febbraio 1992. I materiali dovranno presentare facce piane e spigoli regolari, essere esenti da screpolature, fessure e cavità, ed avere superfici atte alla adesione delle malte. I mattoni da paramento dovranno presentare in modo particolare regolarità di forma, integrità superficiale e sufficiente uniformità di colore per l’intera partita. La categoria non dovrà essere inferiore alla 3°.

2) Mattoni pieni

Per la designazione del tipo e delle dimensioni, si farà riferimento alla normativa UNI 894211.

Se non diversamente disposto i mattoni impiegati dovranno essere dei tipo A 5,5 x 12/2 UNI 8942/1, di categoria non inferiore alla 2°.

3) Mattoni semipieni

Per la designazione delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1 Se non diversamente disposto, dovranno essere impiegati mattoni di tipo 12 x 12/2 UNI 8942/1, di

categoria non inferiore alla 2°. L'efflorescenza in prova dovrà risultare nulla ed il potere di imbibizione non superiore al 15%.

4) Blocchi forati per murature

Per la designazione delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1. Se non diversamente disposto, dovranno essere impiegati blocchi forati di tipo 12 x 12 x 25/4 UNI 8942/1, di categoria non inferiore alla 4°, se portanti. Le facce dei blocchi dovranno essere leggermente rigate per aumentare l'aderenza delle malte e gli spigoli longitudinali arrotondati; l'area di ciascun foro non dovrà superare il 10% della superficie della faccia forata.

5) Mattoni forati

Per la designazione delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1. Salvo diversa specifica i mattoni forati dovranno corrispondere alla 1° categoria, se portanti.

6) Blocchi forati per solai

Per la designazione del tipo e delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1, e per le caratteristiche e le prove di qualificazione alla normativa UNI 8942/1. Se non diversamente disposto, verranno utilizzati esclusivamente blocchi di tipo A 8942/1 (volterrane). La resistenza a compressione, riferita alla sezione netta delle pareti e dei setti dovrà risultare non inferiore a 200 Kg./cmq.; dovranno inoltre essere rispettate le norme di cui al punto 7., Parte 1° D.M. 1 aprile 1983.

7) Tavelle e tavelloni

Le tavelle ed i tavelloni dovranno possedere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalla normativa UNI 2107 e per la designazione del tipo e delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 2105 e UNI 2106.

8) Tegole piane e tegole curve

Dovranno corrispondere alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti dalla normativa UNI 8635 e per la designazione del tipo e delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8626.

Tali materiali, sottoposti alla prova di impermeabilità, dopo 24 ore non dovranno presentare trasudi di acqua.

### ***2.11 Materiali ferrosi***

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori oggetto del presente appalto dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature, paglie e da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, profilature, fucinature e simili.

Essi dovranno soddisfare tutte le condizioni generali previste dal D.M. 14 febbraio 1992 e tutte le particolari prescrizioni di seguito riportate.

- Acciai per calcestruzzi

Gli acciai per barre ad aderenza migliorata da impiegarsi nella esecuzione delle opere in calcestruzzo armato dovranno rispondere alle prescrizioni di cui alle NTC 2018 e successive modifiche ed integrazioni.

- Acciai per strutture metalliche

Gli acciai, i bulloni ed i chiodi da impiegarsi nella esecuzione delle strutture metalliche portanti, dovranno rispondere alle prescrizioni di cui alle NTC 2018 e successive modifiche ed integrazioni ed in particolare:

- Profilati, barre e larghi piatti di uso generale; lamiere di acciaio

Per qualità e caratteristiche i materiali dovranno essere conformi alle prescrizioni della Norma UNI EN 10025. Per le dimensioni e le tolleranze ammesse nei profilati e nelle lamiere si farà riferimento alla seguente normativa: UNI 5397-64; UNI 5398-64; UNI 5679-73; UNI 5681-73; UNI EN 10029 ed UNI EN 10025. Le superfici dei laminati dovranno essere esenti da cretti, scaglie, paglie, ripiegature, cricche od altri difetti.

### ***2.12 Tubazioni in PVC***

Tubazione in PE AD per condotte di scarico interrate non in pressione realizzata per costruzione continua di due pareti, quella interna dovrà essere liscia e di colore nero, quella esterna corrugata e di colore azzurro.

È prevista la fornitura e posa in opera di tubazione di polietilene alta densità (PE a.d.) per condotte di scarico interrate non in pressione, realizzata per costruzione continua di due pareti, quella interna dovrà essere liscia e di colore azzurro per facilitare l'ispezione visiva e con telecamere, quella esterna corrugata e di colore nero. Il sistema (tubo + giunzione) dovrà essere interamente conforme alla norma UNI EN 13476 e certificato con marchio di qualità di prodotto da ente certificatore terzo accreditato, diametro nominale esterno come da progetto, classe di rigidità anulare SN 8 misurata secondo EN ISO 9969. La

tubazione dovrà essere prodotta da azienda operante in regime di qualità di produzione conforme alla norma UNI EN ISO 9001/2008 e in regime di qualità ambientale UNI EN ISO 14001/2004. Le barre dovranno essere dotate di giunzione a bicchiere o manicotto esterno con relative guarnizioni di tenuta in EPDM conformi alla norma EN 681-1, da posizionare nella prima gola fra due corrugazioni successive della estremità di tubo da inserire nel bicchiere.

**Il tubo riporta la marcatura prevista dalla norma UNI EN 13476 e dovranno essere esibite:**

- *certificazioni di collaudo alla flessibilità anulare secondo quanto previsto dal UNI EN 13476 con il metodo di prova descritto nella UNI EN 1446*
- *certificazione in regime di qualità ambientale (UNI EN ISO 14001:2004)*
- *certificazione di produzione in regime di qualità aziendale (UNI EN ISO 9001:2008)*
- *certificazione di collaudo alla tenuta idraulica delle giunzioni secondo quanto previsto dal UNI EN 13476 con il metodo di prova descritto nella EN 1277*
- *certificazione di collaudo di resistenza all'abrasione verificata in accordo alla norma DIN EN 295-3*
- *certificazione IIP del sistema di giunzione*

### **3. Opere provvisori - macchinari e mezzi d'opera**

Tutte le opere provvisori occorrenti per l'esecuzione dei lavori, quali ponteggi, impalcature, armature, centinature, casseri, puntellature, ecc. dovranno essere progettate e realizzate in modo da garantire le migliori condizioni di stabilità, sia delle stesse, che delle opere ad esse relative.

Inoltre, ove le opere provvisori dovessero risultare particolarmente impegnative, l'Impresa dovrà predisporre apposito progetto esecutivo, accompagnato da calcoli statici, da sottoporre alla preventiva approvazione della D.L.

Resta stabilito comunque che l'Impresa resta unica responsabile degli eventuali danni ai lavori, alle case, alle proprietà ed alle persone, che potessero derivare dalla mancanza o dalla imperfetta esecuzione di dette opere.

Tali considerazioni si ritengono estese anche ai macchinari e mezzi d'opera.

Per i relativi oneri si richiama quanto stabilito all'art. "oneri ed obblighi diversi a carico dell'impresa" del presente Capitolato.

### ***3.1 Indagini e rilievi geognostici***

L'Impresa, prima dell'esecuzione dei lavori, dovrà provvedere ad eseguire o a far eseguire a propria cura e spese tutte le indagini ed i rilievi geognostici che la D.L. riterrà necessari ed opportuni al fine di determinare con la dovuta approssimazione la natura e le caratteristiche del terreno di impianto, nonché la presenza di eventuali discontinuità ed i livelli d'acqua.

Le indagini ed i rilievi, eseguiti secondo le raccomandazioni AGI, saranno sviluppati con ampiezza diversa, a seconda delle caratteristiche strutturali e delle dimensioni dei singoli manufatti, dei carichi da questi esercitati e della consistenza dei terreni di fondazione, con le tecniche di indagine che saranno specificate od autorizzate dalla D.L.

Ad indagini, prove e rilievi ultimati, l'Impresa sarà tenuta a presentare alla D.L. una esauriente relazione, corredata da grafici e moduli riepilogativi, al fine di fornire un quadro sufficientemente chiaro di tutte le caratteristiche generali e particolari del terreno di impianto e di tutte le condizioni che possono influire sul dimensionamento e sulla stabilità delle fondazioni.

A norma del D.M. 11.03.1988 e successive integrazioni (in particolare il parere del Ministero LL.PP. n° 138 del 17.12.1993), la relazione sarà firmata da un geologo regolarmente iscritto all'Albo professionale.

### ***3.2 Disposizioni comuni a tutti i lavoratori***

All'atto della consegna dei lavori l'Impresa, sulla base del progetto delle opere in generale e delle strutture in particolare, nonché degli eventuali dettagli costruttivi forniti dalla D.L., dovrà esaminare e valutare, in tutti gli aspetti, i metodi ed i procedimenti costruttivi particolari prescritti nel presente Capitolato.

L'Impresa dovrà provvedere a verificare la stabilità e la efficienza di tutte le opere e strutture, dei procedimenti provvisori, degli scavi lineari od armati, delle strutture di sostegno rigide e flessibili, dei rilevati ed argini, degli effetti di falda, ecc. e ciò anche nei riguardi dei manufatti già esistenti in prossimità delle opere in costruzione.

Ogni titolo di lavoro sarà accettato soltanto se eseguito ed ultimato in ogni sua parte a perfetta regola d'arte, in conformità dei disegni di progetto e delle prescrizioni del presente Capitolato, e ciò anche nel caso che nelle stesse possano riscontrarsi mancanze od omissioni.

È facoltà della D.L. ordinare (a totale cura e spese dell'Impresa) o eseguire d'ufficio (non prestandosi l'Impresa) il rifacimento dei lavori eseguiti in difformità dalle prescrizioni contrattuali o dalle disposizioni della D.L.

Nel caso che il rifacimento o la rimozione di tali lavori comporta demolizioni o degradi di altri lavori, eseguiti dall'Impresa o da altre Ditte, ciò non costituisce titolo per evitare tali rifacimenti o rimozioni, né per chiedere compensi per il risarcimento dei lavori propri od altrui forzatamente demoliti o rimossi.

L'Impresa ha l'onere e la responsabilità della corretta esecuzione dei lavori, in relazione ai disegni di progetto e alle disposizioni impartite dalla D.L.

Eventuali difformità o disuguaglianze, che si riscontrino durante l'esecuzione delle opere scorporate, e che possano comportare aggravii negli oneri che fanno capo alle varie Ditte, devono essere tempestivamente rettificate dall'Impresa, a tutte sue cure e spese.

Resta espressamente stabilito che, nel caso di discordanza fra disegni di contratto e disposizioni di Capitolato, tale da comportare oneri fra loro diversi, l'Impresa dovrà eseguire il lavoro in conformità delle prescrizioni più vantaggiose per l'Amministrazione, senza che ciò possa dare adito a richiesta di particolari compensi.

Resta infine convenuto che nella esecuzione delle categorie di lavoro per le quali nel presente Capitolato risultino mancanti le modalità costruttive corrispondenti, per quanto possibile si farà riferimento agli articoli di pertinenza del Capitolato Speciale tipo per lavori edilizi, ultima edizione, predisposto dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP., ovvero si lascerà libera l'Impresa di scegliere i metodi ed i procedimenti costruttivi che riterrà più opportuni, previa approvazione della D.L., che deciderà in via definitiva dopo avere esaminate le proposte e la documentazione presentatagli.

### ***3.3 Tracciamenti***

L'Impresa è obbligata ad eseguire a proprie spese, in base ai disegni di progetto, ai capisaldi ed ai riferimenti che le verranno forniti dalla D.L. in sede di consegna dei lavori, il tracciamento dettagliato delle opere, materializzando sul terreno nei modi più opportuni gli assi longitudinali, i vertici delle strutture e l'esatta ubicazione dei manufatti.

Nel caso che a giudizio della D.L. ciò tornasse utile nell'interesse del lavoro, il tracciamento, rilievo e definizione di alcuni tracciati delle opere, potrà essere ripetuto per migliorarne i risultati, senza che l'Impresa possa chiedere in nessun caso particolari compensi.

Per qualunque alterazione o variazione arbitraria od erronea nei tracciamenti, l'Impresa dovrà provvedere alla correzione, demolendo e ricostruendo a tutte sue spese i lavori irregolarmente eseguiti a causa di tali variazioni o errori.

Eventuali verifiche dei tracciamenti effettuate dalla D.L. non sollevano l'Impresa dalle responsabilità e dagli obblighi sopra accennati in qualunque momento si riscontrassero errori.

### ***3.4 Demolizioni e rimozioni***

Tutte le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia in rottura che parziali o complete e le rimozioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da non recare danno alle contigue strutture, residue murature, agli edifici e ai macchinari adiacenti o sottostanti e da prevenire qualsiasi infortunio o danno agli addetti al lavoro e al personale della Amministrazione operante nel luogo.

Ferma restando l'esclusione da ogni responsabilità connessa all'esecuzione dei lavori di che trattasi dell'Amministrazione e del personale tutto di Direzione e di sorveglianza, della quale l'Impresa rimane unico garante, i lavori verranno eseguiti secondo la tecnica, le opere provvisoriale, i mezzi d'opera, i macchinari e l'impiego del personale che l'Impresa riterrà più idonei. In ogni caso dovranno essere integralmente osservate tutte le disposizioni vigenti emanate dall'ENPI dall'ISPESL e dagli Enti competenti in materia di igiene, polizia urbana, ecc. e ciò anche per quanta riguarda i trasporti dei materiali dal luogo della demolizione alle discariche o ai magazzini.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa dovrà accertare con ogni cura la natura, lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire, disfare o rimuovere al fine da affrontare con tempestività ed adeguatezza di mezzi ogni evenienza che possa comunque presentarsi e dovrà provvedere ad intercettare e ad interrompere tutte le eventuali erogazioni di energia, gas acqua, nonché gli attacchi e gli sbocchi di qualunque genere; dovranno altresì essere vuotati tubi e serbatoi. La zona dei lavori dovrà essere opportunamente delimitata ed i passaggi ben individuati ed idoneamente protetti; analoghe protezioni saranno adottate per tutte le zone, interne ed esterne al cantiere, che possano, comunque, essere interessate da caduta di materiali.

### ***3.5 Scavi***

#### **a) Scavi in genere**

Gli scavi in genere, eseguiti a mano o con mezzi meccanici, dovranno corrispondere ai disegni di progetto e alle particolari prescrizioni impartite all'atto esecutivo della D.L.

Le superfici di scavo verticali, orizzontali od inclinate, dovranno essere accuratamente spianate, con intervento di mano d'opera manuale, sia per le rifiniture che per l'esecuzione delle parti di scavo ove tale intervento sia necessario.

Gli scavi saranno eseguiti su terreno di qualsiasi natura e consistenza, anche bagnato o in presenza di acqua, ove occorra saranno preceduti da sgomberi superficiali, dall'abbattimento e dallo sgombero di alberi e arbusti e dalla estirpazione di radici e ceppaie, nonché dalla demolizione di residui di manufatti presenti in superficie o rinvenuti nel terreno, senza che all'Impresa competano particolari compensi oltre quelli stabiliti nei prezzi di elenco per gli scavi.

Qualora, nella esecuzione degli scavi o in attesa della esecuzione delle opere previste entro gli scavi stessi, per la natura del terreno, per il genere di lavoro e per qualsiasi altro motivo, si rendesse necessario puntellare, sbatacchiare od armare le pareti degli scavi, l'Impresa vi dovrà provvedere di propria iniziativa e a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti, per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori e per evitare danni alle proprietà confinanti e alle persone.

L'Impresa provvederà allo scopo secondo norme e necessità, impiegando i mezzi più idonei e nel modo che riterrà migliore essendo qui espressamente stabilito che l'Impresa sarà ritenuta in ogni caso unica responsabile di eventuali danni alle persone e alle cose e di tutte le conseguenze di ogni genere che derivassero dalla mancanza, dalla insufficienza o dalla poca solidità delle opere provvisorie adottate, dagli attrezzi adoperati e dalla poca diligenza nel sorvegliare gli operai, nonché alla inosservanza delle disposizioni vigenti in materia sui lavori pubblici e sulla polizia stradale.

L'Impresa inoltre resta obbligata a provvedere a sua cura e spese alla manutenzione degli scavi, allo sgombero dei materiali franati o comunque caduti negli stessi e al conseguente ripristino delle sezioni e ciò indipendentemente dal tempo trascorso fra l'apertura degli scavi e il loro rinterro.

Con il provvedere dei lavori l'Impresa potrà recuperare i legnami costituenti le armature; quelli, però, che a giudizio della D.L. non potranno essere tolti senza che ciò costituisca alcun titolo per la richiesta di speciali compensi.

Nell'esecuzione di tutti gli scavi l'Impresa dovrà provvedere di propria iniziativa e a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate e non si riversino negli scavi e a tale scopo provvederà a togliere ogni impedimento al regolare deflusso delle acque superficiali ricorrendo anche, ove necessario, all'apertura di fossi di guardia e di canali fognari.

Inoltre, tanto durante le operazioni di scavo, quanta durante l'esecuzione dei lavori all'interno degli scavi stessi, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, ad assicurare il regolare ed immediato smaltimento delle acque di infiltrazione che eventualmente scaturissero dal fondo e dalle pareti dello scavo, procedendo, ove possibile da valle verso monte, in modo da favorire lo scolo naturale,

ovvero ricorrendo all'esaurimento ed aggotamento delle acque con i mezzi più opportuni, nel numero e delle portate sufficienti a mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo.

Di ogni onere relativo e quindi del relativo compenso è stato tenuto conto nella formazione dei prezzi di elenco per gli scavi.

Saranno considerati scavi subacquei, e come tali valutati e compensati secondo la relativa voce di elenco tutti gli scavi eseguiti in presenza di acqua di falda, limitatamente alla sola parte eseguita al di sotto della quota alla quale si stabilizzano le acque stesse.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, se non utilizzabili o non ritenute idonee, a giudizio insindacabile della D.L., per l'esecuzione di tombamenti, rinterri o per la formazione di rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere allontanate dal cantiere e portate a rifiuto a cura e spese dell'Impresa, alle pubbliche discariche ovvero su aree da procurarsi a cura e spese dell'Impresa.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempo differito per tombamenti, rinterri o per la formazione di rilevati, esse saranno eventualmente depositate in prossimità degli scavi o all'interno del cantiere, in luogo adatto, accettato dalla D.L. ed in modo tale da non ostacolare lo svolgimento dei lavori, anche di altre Imprese, per poi essere riprese a tempo opportuno.

In nessun caso le materie depositate dovranno riuscire di danno alle proprietà pubbliche o private confinanti, provocare frane, ostacolare il libero deflusso delle acque superficiali od intralciare il traffico delle strade pubbliche o private. La D.L. si riserva di fare allontanare immediatamente a spese dell'Impresa le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Qualora l'Impresa, per proprio esclusivo comodo od interesse, ivi compresa la necessità di disporre di spazio libero all'interno del cantiere, decida di portare a rifiuto materie che potrebbero essere riutilizzate, dovrà successivamente provvedere a rifornirsi di materie altrettanto idonee, senza che ciò costituisca alcun titolo per la richiesta di speciali compensi oltre al pagamento degli scavi con i relativi prezzi di elenco.

Durante l'esecuzione degli scavi che interferiscono con canalizzazioni esistenti, l'Impresa, senza diritto a particolari compensi, dovrà adottare tutte le precauzioni e le disposizioni necessarie a garantire la perfetta funzionalità ed efficienza delle canalizzazioni, secondo le richieste delle Amministrazioni interessate.

Analogamente, durante l'esecuzione degli scavi lungo le strade di ogni genere e categoria e per tutto il tempo in cui questi restano aperti, l'Impresa dovrà provvedere, di propria iniziativa e a sue spese,

ad adottare ogni disposizione e precauzione necessaria per garantire la libertà e la sicurezza dei transito dei pedoni, degli animali e dei veicoli, restando in ogni caso unica responsabile di eventuali danni alle persone e alle case e di tutte le conseguenze di ogni genere che derivassero dalla mancanza o dalla insufficienza delle precauzioni adottate.

b) Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o sterri andanti si intenderanno quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno, per tagli di terrapieni, per la formazione di piani di appoggio di platee di fondazione, vespai e rampe incassate, per l'apertura della sede stradale, compresi cassonetto e banchine laterali, per la formazione di vasche, per l'impianto di opere d'arte, se ricadenti al di sopra del piano orizzontale passante per punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti da almeno un lato e per l'apertura o l'approfondimento di canali e fossi di sezione non inferiore a due metri quadrati.

In generale saranno comunque considerati scavi di sbancamento tutti i tagli a larga sezione che, pur non rientrando nelle precedenti casistiche e definizioni, siano sufficientemente ampi da consentire l'accesso con rampa ai mezzi meccanici di scavo, nonché a quelli di caricamento e trasporto di materie.

La profondità e la configurazione degli scavi dovranno corrispondere esattamente ai disegni di progetto e alle particolari prescrizioni impartite all'atto esecutivo dalla D.L.

Sia in fase di esecuzione che a lavori ultimati e fino a collaudo l'Impresa dovrà curare la perfetta sagomatura e spianatura del fondo e dalle scarpate e la perfetta profilatura dei cigli, provvedendo a proprie spese ai tagli, alle riprese e alle sistemazioni delle scarpate e delle banchine ed agli espurghi che si rendessero necessari.

Per far luogo all'eventuale rivestimento dei fossi e dei canali, l'Impresa dovrà curare a proprie spese che, sia durante le operazioni di scavo che durante il getto dei rivestimenti, gli scavi siano mantenuti all'asciutto e liberi da vegetazione di qualsiasi natura e dimensione l'uso di eventuali idonei diserbanti chimici dovrà essere autorizzato dalla D.L. ed in quanta effettuato per comodità dell'Impresa sarà a suo totale carico.

c) Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione si intenderanno quelli incassati e a sezione obbligata ristretta occorrenti per far luogo a fondazioni, fognature, canalizzazioni, ecc., per l'apertura o l'approfondimento di fossi, canali, cunette di sezione inferiore a due metri quadrati, ed in generale tutti gli scavi chiusi da pareti, di norma verticali, effettuati al di sotto del piano di sbancamento o, in mancanza, al di sotto del piano orizzontale convenzionale corrispondente alla quota più depressa del terreno naturale entro il perimetro dello scavo.

Tale piano sarà determinato, a giudizio della D.L., o per l'intera area dello scavo, o per parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia delle accidentalità del terreno sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno interessato, gli scavi verranno spinti alla profondità ritenuta necessaria ed ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione.

Le profondità che si trovano indicate nei disegni di consegna sono, perciò di semplice avviso e l'Amministrazione, tramite la piena facoltà di variarle, nella misura che riterrà necessaria, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo essa diritto al pagamento dei lavori eseguito con i prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

I piani di fondazione dovranno essere accuratamente spianati, generalmente orizzontati o disposti a gradoni o con leggera contro pendenza, secondo le disposizioni della D.L., si riserva piena facoltà di variarle, nella misura che riterrà necessaria, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo essa diritto al pagamento dei lavori eseguito con i prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

È vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

Ove ragioni speciali non lo vietino, se l'Impresa lo ritenesse di sua convenienza, gli scavi potranno essere eseguiti anche con pareti a scarpa, o a sezione più larga, ma in tale caso non sarà pagato il maggiore scavo eseguito di conseguenza.

L'Impresa, anzi, dovrà successivamente provvedere, a sua cura e spese, al riempimento e al costipamento, con le stesse materie scavate, dei vani rimasti intorno e sopra alle opere murarie, sino al piano del terreno naturale primitivo ed al ripristino, con gli stessi oneri, delle maggiori quantità di pavimentazione divelte, ove lo scavo dovesse interessare strade pavimentate.

Nel caso che, a giudizio della D.L., le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e di fondazione, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

d) Scavi per la posa in opera cavi elettrici

Nell'esecuzione degli scavi per la posa dei cavi dovrà essere rigorosamente rispettato l'andamento piano-altimetrico previsto in progetto ovvero stabilito all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori.

Le quote di fondo degli scavi dovranno corrispondere a quelle prescritte: esse dovranno comunque consentire un'altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore dei cavi non inferiore a m 1,00; alla D.L. è riservata peraltro la facoltà insindacabile di disporre - all'atto esecutivo - qualsiasi variante, con aumento o diminuzione delle profondità predette senza che l'Impresa possa trarne motivo per avanzare richiesta di compensi speciali o di prezzi diversi da quelli riportati in elenco.

Il fondo degli scavi aperti per il collocamento in opera dei cavi dovrà essere ben spianato: non saranno tollerate sporgenze o infossature superiori ai cm 3 dal piano delle livellette indicate nel profilo longitudinale.

Le pareti degli scavi non dovranno presentare blocchi sporgenti o massi pericolanti che, in ogni caso, dovranno essere tempestivamente abbattuti o sgombrati a cura e spese dell'Impresa.

Per tutto il tempo in cui le sezioni dovranno rimanere aperte, saranno ad esclusivo carico dell'Impresa tutti gli oneri per eventuali armature, esaurimenti di acqua, sgombero del materiale e la perfetta manutenzione dello scavo, indipendentemente dal tempo trascorso dall'apertura dello stesso e dagli eventi meteorici verificatesi, ancorché eccezionali.

L'avanzamento degli scavi dovrà essere adeguato all'effettivo avanzamento della posa in opera dei cavi. Le eventuali discontinuità nel ritmo della posa in opera non potranno in alcun caso dare titolo all'Impresa per richiedere compensi di sorta oltre quelli previsti in Capitolato o per variare l'avanzamento del proprio lavoro in maniera non adeguata a quella della fornitura dei cavi.

Pertanto, gli scavi per cavidotti potranno essere sospesi a giudizio insindacabile della D.L., qualora le lavorazioni già iniziate non vengano sollecitamente completate, compreso il rinterro.

Per il riempimento delle trincee si adopereranno di massima i materiali provenienti dagli scavi, ove riconosciuti idonei dalla D.L. Il rinterro dovrà essere iniziato adoperando per il primo strato, fino ad un'altezza di ricoprimento di 30 cm sulla generatrice superiore dei cavi, materiali minuti sciolti e di

preferenza aridi, con esclusione di ciottoli, pietre e scapoli di roccia di dimensioni maggiori di 5 cm, erba, frasche, ecc.

Il rinterro sarà effettuato in strati con l'onere dell'adeguata posa dei cavi. Il riempimento successivo sarà eseguito fino a superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente.

L'Impresa resta sempre unica responsabile dei danni e delle avarie comunque prodotti ai cavi in dipendenza del modo con cui si esegue il rinterro.

Nel caso che i materiali provenienti dagli scavi non risultassero, a insindacabile giudizio della D.L., idonei per il rinterro, l'Impresa avrà l'obbligo di sostituirli, in tutto o in parte con altri accettati dalla D.L. e provenienti da cave di prestito a qualsiasi distanza.

Qualora lungo le strade di ogni genere e categorie, sia durante l'esecuzione dei lavori per l'apertura della fossa di scavo, sia per tutto il tempo in cui questa resta aperta, non fosse possibile, a giudizio insindacabile della D.L. depositare lateralmente alla trincea le materie di scavo, queste dovranno essere trasportate in luoghi più adatti, donde saranno riprese per i riempimenti, senza che per ciò possa competere all' Impresa altro compenso all'infuori dei prezzi stabiliti in elenco per gli scavi.

### ***3.6 Caratteristiche e preparazione del piano di posa dei rilevati***

#### **a) Piano di posa**

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere adeguatamente preparato, procedendo anzitutto all'abbattimento di alberi, siepi e cespugli e all'estirpazione delle radici e quindi all'asportazione del terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità fissata nel progetto o stabilita dalla D.L. in corso d'opera.

Ai fini dell'accertamento dell'idoneità del terreno sottostante a sopportare il peso del rilevato senza eccessivi cedimenti o rifluimenti, l'Impresa dovrà preventivamente provvedere, a sua cura e spese, a far eseguire, presso i laboratori ufficiali, tutte le terminazioni necessarie alla caratterizzazione del terreno secondo le norme CNR-LNI 10006-63.

In presenza di terreni torbosi si dovrà provvedere alla sostituzione del terreno in sito con altro di tipo sabbioso e ghiaioso, per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico, secondo le disposizioni della D.L.

L'Impresa avrà cura di garantire l'immediato e continuo smaltimento delle acque dagli scavi.

Il terreno proveniente dagli scavi suddetti dovrà essere trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Impresa, ad eccezione della terra vegetate, il quale verrà accatastata in zone di deposito all'uopo

predisposte a cura e spese dell'Impresa ed in modo tale da non ostacolare lo smaltimento delle acque, e qui disponibile per un successivo impiego.

Successivamente, ed indipendentemente dai controlli che verranno eseguiti dalla D.L., l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'esecuzione delle seguenti prove:

1. classificazione CNR UNI 10006;
2. determinazione del rapporto percentuale tra la densità del secco in sito e quella massima relativa alla prova AASHO Mod.;
3. determinazione dell'umidità in sito;
4. determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee;
5. indice di portanza CBR del terreno.

Quando il piano di posa dei rilevati (sottofondo) appartiene ai gruppi A1 A2 A3 (CNR UNI 10006), si dovrà provvedere al costipamento del terreno con adatto macchinario fino a raggiungere per almeno 30 cm. di profondità, un grado di costipamento pari al 90% della densità massima relativa alla prova AASHO Mod.

Per sottofondi appartenenti ai gruppi A4 A5 A6 A7, si dovrà provvedere alla stabilizzazione del terreno, sostituendo 30 cm circa di terreno naturale con altro appartenente ai gruppi A1 A3 (CNR UNI 10006), costipato fino a raggiungere il 90% della densità massima relativa alla prova AASHO Mod, In ogni caso lo strato finale di sottofondo sul quale impostare il rilevato dovrà avere un modulo di deformazione "Md"  $\geq 150$  kg/cmq nell'intervallo di carico compreso tra 0.5 e 1.5 kg/cmq.

b) Strati intermedi terreno naturale – rilevato

In relazione a locali caratteristiche idrogeologiche e geomeccaniche ed in genere allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di posa del rilevato, la D.L. potrà richiedere:

- 1) interporre tra lo strato naturale di sottofondo e il riporto un telo di geotessile (tessuto non tessuto) sovrapposto ai bordi per circa cm 30. Il tessuto non tessuto dovrà essere di poliestere a filo continuo secondo le caratteristiche di cui all'articolo apposito del presente capitolato, inoltre dovrà essere resistente all'invecchiamento ed imputrescibile, stabile ai solventi ed alle reazioni chimiche inattaccabile dai roditori di peso tra 300 e 400 g/mq con resistenza a punzonatura  $\geq 15$  kg, resistenza a trazione 110 kg/8cm in senso longitudinale con allungamento tra il 30 ed il 70%

- 2) in presenza di condizioni idrauliche particolarmente sfavorevoli si dovrà provvedere ad opportune opere di drenaggio, secondo le disposizioni impartite dalla D.L. Tali opere saranno valutate a parte e compensate con le relative voci di Elenco.
- 3) qualora la D.L. lo ritenga necessario e lo ordini, sul piano di posa dovrà essere steso e compattato un idoneo diaframma anti-capillare in misto granulare di fiume o di cava, pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, della granulometria e dello spessore che saranno stabiliti dalla D.L. medesima e comunque per uno spessore compreso tra 0.3 e 0.5 metri con inerti con granulometria assortita da 2 mm a 50 mm con passante al vaglio da mm 2 <= al 15% in peso e passante a mm 0.075 < al 3%.

Inoltre, qualora i rilevati da costruire risultino addossati a declivi con pendenza trasversale superiore al 15% la costruzione del rilevato dovrà essere preceduta, oltre che dalle operazioni di cui sopra, anche da una gradonatura del pendio, da eseguirsi in contro pendenza e secondo le disposizioni impartite dalla D.L. Tale lavoro sarà valutato a parte e compensato con il relativo prezzo di Elenco.

c) Rilevati e corpi arginali – Costruzione dei rilevati

Prima di dare inizio alla costruzione dei rilevati, l'Impresa procederà al loro accurato tracciamento, installando picchetti e modine che indichino i limiti del terrapieno in relazione alle scarpate e alle larghezze in sommità previste in progetto o prescritte dalla D.L.

I rilevati saranno costituiti da terre idonee, accuratamente scelte, con esclusione soprattutto di terre contenenti humus, radici, erbe e materie organiche. Le terre verranno caratterizzate secondo le norme CNR - UNI 10006 - 63 art. 7. "Costruzione dei rilevati"

Di norma per la costruzione dei rilevati dovranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4 e A2-5 e A3.

Ad esclusivo giudizio della D.L., e limitatamente alla costruzione dei soli rilevati stradali, potrà essere ammesso anche l'impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, A4, A5, A6, purché l'Impresa, a sua cura e spesa, provveda alle necessarie manipolazioni ed integrazioni ed alla protezione del corpo stradale dalla eventuale risalita di acqua capillare proveniente da falde poco profonde mediante idonei diaframmi anticapillari in misto granulare, secondo le disposizioni della D.L. medesima.

In ogni caso sono assolutamente da escludere le terre appartenenti al gruppo A7.

Agli ultimi due strati dei rilevati stradali, adiacenti alla fondazione della sovrastruttura dovranno essere riservate le terre migliori disponibili. In ogni caso dovranno essere costituiti da terre a granulometria continua, non soggette a ritiro, preferibilmente appartenenti ai gruppi A1 e A3.

Le cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Impresa e con gli opportuni permessi ed autorizzazioni da parte degli enti interessati (Forestate, Consorzi ecc.) dovranno essere coltivate in modo che, tanto durante l'esecuzione degli scavi, quanta a scavo ultimata, non abbiano a verificarsi franamenti, ristagni d'acqua o impaludamenti, o comunque condizioni pregiudizievoli per la salute ed incolumità pubblica, restando espressamente inteso che l'Impresa è totalmente responsabile di qualunque danno od anomalia arrecata ad Enti pubblici o privati ed a proprietà di terzi.

La stesa del materiale per la formazione del rilevato dovrà essere eseguita in strati regolari di spessore proporzionale alla natura del materiale stesso e alla potenza, tipo e peso dei mezzi costipanti utilizzati, secondo le disposizioni all'uopo impartite dalla D.L., ma in ogni caso non superiore a cm 50 e con pendenza trasversale non inferiore al 2% e non superiore al 4%, onde permettere un rapido smaltimento delle acque piovane.

Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera per strati non eccedenti i 30 cm e costipato con mezzi meccanici riconosciuti idonei dalla D.L. fino a raggiungere una densità secca max. AASHO mod. non inferiore a 190% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 30 cm).

Per tale ultimo strato si dovrà raggiungere un modulo di deformazione "Md"  $\geq$  500 kg/cmq nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cmq.

La D.L. provvederà al controllo dell'esecuzione dei rilevati almeno ogni 200 me di materiale posto in opera, sia determinando il grado di compattazione e di umidità durante l'esecuzione, sia effettuando prelievi in sito ed analisi di laboratorio allo scopo di comprovare le caratteristiche dei materiali effettivamente impiegati. Per tali prove e controlli la D.L. si avvarrà di laboratori autorizzati.

In base alle risultanze verranno impartite le eventuali disposizioni correttive per la prosecuzione dei lavori, alle quali l'Impresa dovrà scrupolosamente attenersi.

Tutte le spese relative ai controlli di cui sopra, dai prelievi al trasporto ed alle analisi, sono a carico dell'Impresa che è obbligata a presenziare ai prelievi ed alle prove a mezzo di un suo incaricato.

Durante la costruzione dei rilevati l'Impresa dovrà provvedere a propria cura e spese a proteggere la base del terrapieno dall'azione delle acque piovane mediante l'apertura a monte di appositi fossi di guardia scolanti, anche provvisori, atti a garantire l'immediato e continuo smaltimento delle acque.

Nel caso di rilevati appoggiati su base stabilizzata, i fossi di guardia dovranno essere aperti ad una profondità superiore a quella di impianto dello strato stabilizzato.

L'opera di compattamento deve essere preceduta ed accompagnata dal servizio di motolivellatrici che curino in continuità la sagomatura della superficie e infatti della massima importanza che questa, nel corso della formazione del rilevato, presenti sagoma spiovente lateralmente con falde di opportuna pendenza e si evitino buche e solchi dove l'acqua possa ristagnare.

La parte superiore del terrapieno verrà sagomata a doppia falda con pendenze trasversali tali da assicurare lo smaltimento superficiale delle acque ed in ogni caso non superiore al 4%.

Per una maggiore protezione del rilevato dall'azione diretta degli agenti atmosferici, l'Impresa dovrà provvedere, senza ulteriori compensi, a rivestire la superficie esterna dei terrapieni con una strada di terra vegetale, dello spessore indicato nei disegni costruttivi o stabilito dalla D.L. in corso d'opera, onde favorire l'attecchimento e lo sviluppo di vegetazione spontanea o di seminagioni che la D.L. ritenesse opportuno effettuare.

La terra potrà provenire dai depositi di terreno vegetale asportato nella preparazione del piano di posa del rilevato stesso o da altre zone, purché possieda le caratteristiche necessarie.

Il rivestimento seguirà dappresso la costruzione del rilevato e dovrà essere eseguito con cura scrupolosa procedendo a cordoli orizzontali da costiparsi con mezzi meccanici idonei, previa gradonatura di ancoraggio, onde evitare possibili superfici di scorrimento ed in modo da assicurare una superficie regolare.

A lavoro ultimato la sagomatura e le livellette dei rilevati dovranno essere conformi ai disegni e alle quote stabilite dal progetto e prescritte dalla D.L. in fase d'esecuzione.

Sarà pertanto obbligo dell'Impresa, escluso qualsiasi compenso addizionale, di assegnare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dal costipamento e dall'assestamento delle terre e dalla loro rifilatura alla sagoma voluta, dovendosi in ogni caso evitare il riporto superficiale di nuove materie sovrapposte a quelle già consolidate.

Tutti gli oneri e prescrizioni di cui sopra, nonché le riparazioni e le ricostruzioni che si rendessero necessarie, anche dopo la ultimazione e fino a collaudo, per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni medesime sono a totale carico dell'Impresa, la quale quindi non potrà richiedere alcun compenso.

d) Rilevati e corpi arginali – Rinterri addossati alle strutture - drenaggi

Per i rilevati e rinterri da addossarsi alle murature di manufatti o di qualsiasi altra opera, si dovranno sempre impiegare terre sciolte, sabbiose o ghiaiose, di granulometria opportune ed approvate dalla D.L., restando assolutamente vietato l'impiego di terre argillose, ed in generale di tutte quelle che con assorbimento di acque si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati e rinterri dovrà essere pasta ogni diligenza affinché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di uguale altezza da tutte le parti, disponendo contemporaneamente le terre con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le terre trasportate a rilevato o rinterro non dovranno essere scaricate direttamente contro le murature. Il materiale dovrà essere steso a strati successivi di spessore non superiore a cm. 30, adeguatamente bagnati e pilonati, fino a raggiungere un grado di costipamento pari al 95% della densità massima relativa alla prova AASHD Mod.

I terrapieni saranno addossati alle murature solo dopo che queste abbiano raggiunto sufficiente stagionatura, salvo diversa disposizione della D.L. Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente Articolo, saranno ad esclusivo carico dell'Impresa.

Qualora la D.L. lo ritenga necessario e lo ordini, a tergo delle murature verranno costruiti drenaggi, valutati a parte e compensati con il relativo prezzo di Elenco, di spessore non inferiore a cm. 30 ed eseguiti con pietrame o ciottoli consistenti, accomodati a mano. Negli strati inferiori verranno disposti gli elementi di dimensioni maggiori, mentre per l'ultimo strato superiore verrà utilizzato pietrame minuto, ghiaia od anche pietrisco onde impedire al terreno di copertura di penetrare nella massa ed otturare gli interstizi.

e) Fondazione della pavimentazione – strato in misto granulare stabilizzato

Per la costruzione della fondazione della pavimentazione dovranno impiegarsi miscele stabilizzate granulometricamente di ghiaia e sabbia mista di fiume o di cava, naturali od opportunamente vagliate, o detriti di cava provenienti dalla frantumazione di rocce idonee, di spessore proporzionato alle previsioni di progetto o alle particolari disposizioni impartite dalla D.L. in corso d'opera in relazione alla natura e alla portanza del sottofondo e alle caratteristiche del traffico.

I materiali impiegati dovranno avere qualità e caratteristiche corrispondenti alle prescrizioni di cui agli specifici articoli del presente Capitolato.

La composizione granulometrica della miscela dovrà essere mantenuta costantemente nei limiti indicati nel prospetto seguente, salvo eventuali correzioni o più precise limitazioni prescritte all'atto esecutivo dalla D.L., specialmente per quanto riguarda il contenuto dell'aggregato fine limoso-argilloso e la massima dimensione dell'aggregato grosso, in relazione a particolari usi o a particolari esigenze di protezione dalla azione dell'acqua e del gelo:

x	passante ai crivello 71	UNI 2334	100%
x	passante al crivello 40	UNI 2334	da 75 a 100%
x	passante al crivello 25	UNI 2334	da 60 a 87%
x	passante al crivello 10	UNI 2334	da 35 a 67%
x	passante al crivello 5	UNI 2334	da 25 a 55%
x	passante al crivello 2	UNI 2332/1	da 15 a 40%
x	passante al crivello 0,4	UNI 2332/l	da 7 a 22%
x	passante al crivello 0.075	UNI 2332/l	da 2 a 10%

Il rapporto tra il passante al setaccio 0,075 UNI 2332/1 ed il passante al setaccio 0.4 UNI 2332/1 dovrà risultare inferiore a 213.

La perdita in peso alla prova "Los Angeles" eseguita sulle singole pezzature dovrà essere inferiore al 30% per miscele con < del 60% in peso di elementi a spigoli vivi. L'indice di portanza CBR per la frazione granulometrica passante al crivello n. 25, dopo 96 ore di imbibizione in acqua, dovrà risultare  $\geq 50$ , valore richiesto anche per provini costipati con umidità maggiore dei 2% rispetto a quella ottima.

L'equivalente in sabbia (E.S.) misurato sulla frazione passante al setaccio n. 4 ASTM dovrà essere compresa tra 25 e 65. Per E.S. tra 25 e 35, a prescindere dalla percentuale in peso degli elementi a spigoli vivi; l'indice di portanza CSR dovrà risultare  $\geq 50$ .

Per la messa in opera il materiale, depositato in cordoni lungo la superficie stradale dovrà essere convenientemente ed uniformemente umidificato (o aerato, nel caso fosse troppo umido) fino al raggiungimento della umidità ottima di costipamento.

Successivamente, mediante motor-grader, si provvederà ad omogeneizzare il materiale e a stenderlo sulla intera superficie in strati di spessore proporzionato al tipo e al rendimento dei mezzi di costipamento, ma in ogni caso non superiore a cm. 25 sciolto.

È fatto assoluto divieto di procedere ai lavori in condizioni di eccessiva umidità e nel caso di temperature inferiori a 3 °C.

A stesa avvenuta il materiale dovrà presentarsi completamente omogeneo, con assenza assoluta di zone ghiaiose, sabbiose o limose o di toppe di argilla.

Qualsiasi area che risulti danneggiata per effetto di lavori eseguiti in contravvenzione alle disposizioni precedenti, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità alle prescrizioni della D.L., il tutto a cura e spese dell'Impresa.

In corso d'opera l'Impresa sarà tenuta alla verifica della corrispondenza dei requisiti geotecnici richiesti per i materiali impiegati.

Ciascun strato, quindi, dovrà essere adeguatamente costipato sino al raggiungimento del 95% della densità massima fornita dalla prova AASHD mod. (con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio da 314"), con i mezzi riconosciuti idonei ed approvati dalla D.L., procedendo dai lati verso il centro della carreggiata e proseguendo le operazioni fino a che la capacità portante dello strato finale, determinata alla prova di carico con piastra di cm. 30 di diametro non abbia raggiunto il valore di 800 Kg./cmq nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cmq.

### ***3.7 Sovrastruttura, pavimentazioni in conglomerati bituminosi a caldo***

#### **a) Inerti:**

La qualità degli inerti dovrà rispondere ai requisiti ed alle caratteristiche di accettazione di cui all'articolo specifico del presente capitolato ed alle prescrizioni del fascicolo IV delle norme CNR 1953 art. 213141516.

- Pietrischi pietrischetti e graniglie: saranno costituiti da frantumati (non inferiore al 30% del totale in peso), qualunque sia la loro destinazione di impiego, dovranno essere costituiti da elementi sostanzialmente uniformi e compatti, di forma pressoché poliedrica, con spigoli vivi e superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da altre materie estranee, con una perdita per decantazione in acqua non superiore all' 1 %.

Saranno senz'altro rifiutati materiali con elementi di forma allungata, lamellare o scagliosa con percentuale in peso > del 15% del totale.

- Sabbia. La sabbia alla prova di decantazione in acqua dovrà presentare una perdita in peso non superiore al 2%. Ove necessario, la sabbia dovrà essere ripetutamente lavata con acqua dolce fino al raggiungimento di tali requisiti e corrispondere alle caratteristiche granulometriche prescritte dall'art. 2 Fascicolo n. 4, non idrofila e con E.S. compreso tra 50 e 80.

- Additivi. Gli additivi (fillers) dovranno risultare totalmente passanti al setaccio n. 80 ASTM e per il 85% al setaccio n. 200 ASTM UNI 2332/1.

b) Bitume:

Il bitume da utilizzare per la confezione degli impasti dovrà rispondere alle caratteristiche e requisiti di accettazione di cui all'art. apposito del presente Capitolato:

- penetrazione a 25 °C uguale a 60:70;
- X punto di rammollimento 47:56 °C;
- X duttilità a 25 °C oltre 100 m;
- X solubilità in solfuro di carbonio 99,80%.
- indice di penetrazione tra -1 e +1

La composizione granulometrica dei conglomerati bituminosi dovrà risultare ben assortita e costantemente compresa nei limiti prescritti nel presente Capitolato per ogni tipo di impasto.

**a) Caratteristiche e requisiti degli inerti e delle miscele:**

le formule di composizione e le caratteristiche dei vari tipi di impasti dovranno essere contenute entro i limiti di seguito riportati:

1) Conglomerato bituminoso di tipo semiaperto per strati di collegamento (base)

x	passante al crivello	40	UNI 2334 .....	100%
x	passante al crivello	30	UNI 2334 .....	da 80 a 100%
x	passante al crivello	25	UNI 2334 .....	da 70 a 95%
x	passante al crivello	15	UNI 2334 .....	da 45 a 70%
x	passante al crivello	10	UNI 2334 .....	da 35 a 60%
x	passante al crivello	5	UNI 2334 .....	da 25 a 50010
x	passante al setaccio	2	UNI 233211....	da 20 a 40%
x	passante al setaccio	0,4	UNI 233211....	da 6 a 20%
x	passante al setaccio	0,18	UNI 233211....	da 4 a 14%
x	passante al setaccio	0,075	UNI 233211....	da 4 a 8%

Percentuale di bitume dal 3,50 al 4.50% in peso riferito al totale degli inerti.

Stabilità Marshall (CNR n. 30) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi per faccia  $\geq 700$  kg.  
rigidezza Marshall  $> 250$ ;

Percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall compresa tra il 4 ed il 7%

Inerti: requisiti come da fasc. 4 CNR 1953, materiali ottenuti da rocce con resistenza meccanica non inferiore a 1200 Kg/cm<sup>2</sup>, coefficiente di frantumazione ≤ a 140 e "Los Angeles" < di 25. con inerti ad elementi sani, durezza a superficie ruvida.

Tali materiali dovranno inoltre presentare un coefficiente di imbibizione non superiore a 0,015, indice dei vuoti delle singole pezzature < 0.85, materiale non idrofilo e sopportare senza inconvenienti il riscaldamento occorrente per la preparazione degli impasti.

## 2) Conglomerato bituminoso di tipo semiaperto per strati di collegamento (binder) -

x	passante al crivello	25	UNI 2334.....	100%
x	passante al crivello	15	UNI 2334 .....	da 65 a 100%
x	passante al crivello	10	UNI 2334 .....	da 50 a 80%
x	passante al crivello	5	UNI 2334 .....	da 30 a 60%
x	passante al setaccio	2	UNI 2332/1.....	da 20 a 45%
x	passante al setaccio	0.4	UNI 2332/1.....	da 7 a 25%
x	passante al setaccio	0.18	UNI 2332/1.....	da 5 a 15%

- additivo passante al setaccio 0.075 UNI 2332/1. da 4 a 8%

Percentuale di bitume dal 4 al 5.50% in peso riferito al totale degli inerti.

Stabilità Marshall CNR n. 30 eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi per faccia ≥ 900 kg, rigidità Marshall > 300; Percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall compresa tra il 3 ed il 7%. Il peso di volume apparente del conglomerato bituminoso in opera, dovrà essere ≥ 98% di quello ricavato in lab. su provini Marshall.

Inerti: ottenuti da rocce con resistenza meccanica non inferiore a 1200 Kg./cm<sup>2</sup>, coefficiente di frantumazione ≤ a 140 e "Los Angeles" < di 25. coefficiente di imbibizione non superiore a 0,015, indice dei vuoti delle singole pezzature < 0.80, materiale non idrofilo e sopportare senza inconvenienti il riscaldamento occorrente per la preparazione degli impasti.

## 3) Conglomerato bituminoso di tipo chiuso per strati di usura

x	passante al crivello	15	UNI 2332/1....	100%
x	passante al crivello	10	UNI 2332/1....	da 70 a 100%
x	passante al crivello	5	UNI 2334 .....	da 43 a 67%
x	passante al setaccio	2	UNI 2332/1....	da 25 a 45%
x	passante al setaccio	0,4	UNI 2332/1....	da 12 a 24%
x	passante al setaccio	0,18	UNI 2332/1....	da 7 a 15%
•	additivo passante al setaccio	0,075	UNI 2332/1...	da 6 a 11%

Percentuale di bitume dal 4.5 al 6.0% in peso riferito al totale degli inerti.

Stabilità Marshall CNR n. 30 eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi per faccia  $\geq 1000$  kg rigidità Marshall  $> 300$ . Percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall compresa tra il 3 ed il 6%

Il peso di volume apparente del conglomerato bituminoso in opera, dovrà essere  $\geq 98\%$  di quello ricavato in lab. su provini Marshall

Inerti: per lo strato di usura gli inerti dovranno provenire da rocce con resistenza alla compressione non inferiore a 1400 Kg/cm<sup>2</sup>, con coefficiente di frantumazione non superiore a 130 ed una perdita in peso per abrasione "Los Angeles" inferiore a 20, indice dei vuoti delle singole pezzature  $<$  di 0.85, coefficiente di imbibizione  $<$  0.015, materiale non idrofilo.

**b) Controllo e requisiti di accettazione:**

nei limiti sopraindicati la formula di composizione adottata per i vari tipi di impasti dovrà essere preventivamente comunicata alla D.L. e dovrà essere documentata sulla base dei risultati di prove sperimentali eseguite per ogni tipo di impasto presso Laboratori ufficiali, in conformità alle modalità stabilite dalle norme UNI.

Resta espressamente stabilito che nulla è dovuto all'Impresa se, in funzione della qualità e della granulometria degli inerti prescelti, dovessero essere necessari dosaggi di bitume superiori a quelli sopraindicati.

La D.L. si riserva la facoltà di approvare i risultati ottenuti, ovvero di richiedere nuove prove sperimentali, e comunque senza che tale approvazione riduca in alcun modo la responsabilità dell'Impresa, la quale, per espresso patto contrattuale, resta in ogni caso unica e totale garante dell'esecuzione del lavoro in conformità alle prescrizioni del presente articolo ed obbligata a rifare a sue spese, fino a collaudo eseguito, tutte quelle applicazioni che dopo la loro esecuzione non abbiano dato risultati soddisfacenti.

In corso d'opera, sulla formula di composizione adottata ed approvata dalla D.L., e sempre nei limiti estremi prescritti per ogni tipo di impasto, non saranno assolutamente consentite variazioni in più o in meno superiori allo 0,5% per il bitume, all' 1 % per l'additivo e al 5% per ciascun assortimento granulometrico dell'aggregato.

I conglomerati bituminosi all'atto della stessa dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- elevatissima resistenza meccanica interna

- marcata scabrezza specifica (elevatissima resistenza all'usura superficiale per conglomerati di tipo chiuso)
- grande compattezza: a costipamento ultimato, campioni di materiale tagliati ed estratti dal manto dovranno avere un volume dei vuoti residui non superiori al 4% e all'8% del totale, rispettivamente per conglomerati di tipo chiuso e conglomerati di tipo semiaperto.
- marcata impermeabilità: carote di campioni di materiale sottoposti alla prova con colonna d'acqua costante di cm. 50 di altezza, dopo 24 ore dovranno presentare un coefficiente di permeabilità  $< 10^{-6}$  cm/sec.

**c) Formazione e confezione degli impasti:**

gli impasti dovranno essere confezionati a caldo in impianti di potenzialità proporzionata all'entità complessiva del lavoro da compiere e capaci di assicurare il perfetto essiccamento degli aggregati; la loro depurazione dalla polvere ed il riscaldamento a temperature comprese tra i 150° C ed i 170° C; la classificazione dei singoli aggregati mediante vagliatura ed il controllo della granulometria; la perfetta dosatura degli aggregati mediante idonea apparecchiatura che consenta di usare almeno tre categorie fra pietrischetti e sabbie già vagliate prima dell'invio al mescolatore; il riscaldamento del bitume a temperatura e viscosità uniforme fino al momento dell'impasto; il perfetto dosaggio del bitume e dell'additivo.

La D.L., si riserva la espressa facoltà di esaminare le varie fasi della preparazione dei conglomerati e al tal uopo l'Impresa è obbligata a fornire il nome commerciale e l'indirizzo della Ditta di produzione dei conglomerati, unitamente al formale impegno di questa di consentire alla D.L. e al personale di assistenza sopralluoghi nel cantiere di produzione in qualsiasi momento, con facoltà di operare prelievi di materiali ed assistere e verificarne le fasi di manipolazione e di confezione.

**d) Posa in opera di conglomerati:**

il trasporto e la posa in opera del materiale dovranno essere eseguiti in modo da evitare di modificare o sporcare gli impasti ed ogni separazione dei componenti.

Gli impasti dovranno essere portati sul cantiere e stesi ad una temperatura non inferiore a 120° C. La posa in opera degli impasti sarà preceduta da una accurata pulizia della superficie da rivestire, mediante energico lavaggio e ventilazione, e dalla spalmatura di un veto continuo di emulsione bituminosa al 55% del tipo e della qualità accettata dalla D.L., in ragione di Kg. 0,700 a mq. per la

mano di attacco del conglomerato di tipo semiaperto e di Kg. 0,400 a mq. per la mano di attacco del conglomerato di tipo chiuso.

Farà immediatamente seguito la stesa del conglomerato che verrà effettuata mediante idonee macchine vibrofinitrici, del tipo approvato dalla D.L. ed in perfetto stato d'uso, capaci di assicurare il mantenimento della uniformità agli impasti e la stesa di strati di livellette e profili perfettamente regolari e dello spessore stabilito dalla D.L., compensando eventuali irregolarità della fondazione.

La cilindatura del conglomerato dovrà essere effettuata con compressori meccanici a rapida inversione di marcia, del peso di 5-10 ton.

La cilindatura comincerà iniziando il primo passaggio con le ruote motrici anteriori, procedendo dai bordi della strada verso il centro con passaggi paralleli in modo che ogni passaggio si sovrapponga parzialmente all'altro per una striscia di 25-30 cm. di lunghezza, dopo il primo consolidamento la cilindatura dovrà essere eseguita anche in senso diagonale e dovrà essere continuata fino ad ottenere il grado di addensamento prescritto per il conglomerato.

In corrispondenza delle giunzioni, dei cordoni laterali, delle bocchette dei servizi sotterranei e dei margini comunque limitanti la pavimentazione ed i suoi singoli tratti, prima della stesa del manto si dovrà procedere alla spalmatura di uno strato di bitume a caldo in modo da assicurare la perfetta impermeabilità ed adesione delle superfici a contatto.

Ogni giunzione e margine dovranno essere battute e rifinite a mano con gli appositi pestelli da giunta a base rettangolare, opportunamente scaldati.

Dopo la stesa dello strato di collegamento la strada verrà aperta al traffico per un periodo di tempo che sarà stabilito dalla D.L. Successivamente, previa eliminazione degli eventuali piccoli cedimenti mediante l'aggiunta di binder, si procederà alla stesa dello strato di usura che a costipamento ultimato dovrà avere lo spessore stabilito dalla D.L.

Il manto di usura dovrà essere eseguito senza soluzione di continuità lungo una serie di tratti contigui e su metà strada alla volta.

Alla fine della giornata lavorativa l'impresa è obbligata a completare tutto il tratto di strada sul quale ha inizio il trattamento al mattino.

A lavoro ultimato i manti dovranno presentare superficie regolarissima in ogni punto e perfettamente corrispondente alle sagome ed alle livellette di progetto o prescritte dalla D.L.

Ad un accurato controllo effettuato con un'asta rettilinea della lunghezza di m. 4, in nessun punto dovranno risultare ondulazioni od irregolarità superiori a mm. 5.

## **4 Opere in calcestruzzo armato**

### ***4.1 Disposizioni legislative***

Nella progettazione e nella esecuzione delle strutture in conglomerato cementizio armato ed in acciaio dovranno essere tassativamente e perfettamente osservate le prescrizioni stabilite dalle Norme Tecniche di cui al D.M. 14 febbraio 1992, dalla Circolare del Ministero LL.PP. del 24.06.1993 n° 374061STC e successive modifiche ed integrazioni.

Per quanto di competenza dell'impresa, dovranno inoltre essere rispettate le disposizioni di cui alla L. 5 novembre 1971, n.1086, alla L. 2 febbraio 1974, n.64.

### ***4.2 Progetto e Direzione delle opere, responsabilità dell'impresa***

Il progetto delle strutture in c.a. dovrà essere controfirmato dall'impresa, assumendo tale firma il significato di accettazione degli esecutivi e calcoli, nonché di assunzione delle responsabilità. L'esecuzione delle opere in c.a. dovrà aver luogo sotto la direzione, per conto dell'impresa, di tecnico di provata esperienza. Il nominativo di tale tecnico (che potrà anche coincidere con il Direttore del Cantiere) ed il relativo indirizzo dovranno essere preventivamente comunicati all'Amministrazione.

### ***4.3 Conglomerati cementizi***

#### **a) Composizione dei conglomerati**

I materiali da impiegarsi per la formazione dei conglomerati cementizi da adoperarsi per l'esecuzione di opere di qualsiasi genere, sia in fondazione che in elevazione, armate o meno, dovranno possedere qualità e caratteristiche perfettamente corrispondenti alle prescrizioni di cui agli specifici articoli contenuti nel Capo III del presente Capitolato.

Di norma dovrà essere usato cemento portland o pozzolanico o d'altoforno, del tipo 325 o 425, a seconda della necessità di impiego e delle prescrizioni della D.L.

Gli inerti dovranno soddisfare i requisiti dell'all. 1 del D.M. 14. febbraio 1992 ed essere almeno di tre pezzature: sabbia pietrisco e pietrischetto, lavati e vagliati e di composizione costantemente corrispondente alla curva granulometrica preventivamente sottoposta alla approvazione della D.L.

La massima dimensione dei grani dell'inerte dovrà essere tale da permettere il riempimento del getto in ogni sua parte, tenendo conto della lavorabilità dell'impasto, dell'armatura metallica e relativo copriferro, della carpenteria, delle modalità del getto e dei mezzi d'opera.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del "bleeding" nel conglomerato.

L'idoneità dell'inerte sarà verificata su prelievi rappresentativi della fornitura.

Oltre ai requisiti di cui sopra, saranno accertati il tenore di impurità organiche, il materiale passante al setaccio 0,075 LTNI 2332, che dovrà essere minore dello 1,5% in massa per la ghiaia ed il pietrisco, ed il coefficiente di forma, che dovrà essere 0,15.

L'impiego dei conglomerati di norma sarà sempre preceduto da uno studio preliminare, con relative prove, sia sui materiali da impiegare, che sulla composizione granulometrica degli inerti e sul dosaggio dei vari componenti.

Studio che l'Impresa si obbliga ad effettuare, a sue spese e sotto la sorveglianza della D.L., presso Laboratori Ufficiali od altri autorizzati; ciò allo scopo di determinare, con sufficiente anticipo e mediante certificazione di laboratorio, la migliore formulazione atta a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato, sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, pompabilità) che in quello indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, fluage, ecc.).

#### **b) Confezione degli impasti**

La produzione del conglomerato dovrà essere effettuata con mezzi meccanici, possibilmente in impianti di betonaggio centralizzati, muniti dei necessari dispositivi di pesatura atti a garantire il dosaggio costante dei componenti.

L'impasto dovrà risultare di consistenza omogenea ed uniformemente coesivo, tale da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli componenti.

La consistenza dell'impasto dovrà essere compatibile con la particolare destinazione del getto e con il procedimento di posa in opera adottato.

In nessun caso è ammesso di ottenere una maggiore lavorabilità con impegno di acqua superiore a quanto previsto nella composizione del calcestruzzo, tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

L'eventuale uso di additivi aeranti e fluidificanti dovrà essere volta per volta autorizzato dalla D.L., previa idonea documentazione e sperimentazione dei tipi proposti dall'Impresa.

L'uso di tali sostanze, in quanto effettuato per iniziativa e comodità dell'Impresa, non dà luogo ad alcun compenso od indennizzo oltre al prezzo stabilito per i calcestruzzi nelle relative voci di Elenco.

L'eventuale fornitura, a mezzo di autobetoniere, di conglomerato già confezionato dovrà essere autorizzato dalla D. L., alla quale deve essere preventivamente avanzata specifica richiesta con l'indicazione della Ditta fornitrice, della qualità dei leganti e degli inerti usati e della quantità di acqua di impasto.

L' accettazione di conglomerati preconfezionati sarà comunque subordinata al rispetto della specifica normativa UNI 9858, che ne precisa la definizione, le condizioni di fabbricazione e di trasporto, le caratteristiche dei componenti, le caratteristiche del prodotto che dovranno essere garantite e le prove atte a verificarne la conformità, nonché alle particolari prescrizioni della D.L.

### **c) Classe di qualità del conglomerato – controlli**

La resistenza caratteristica a compressione,  $R'_{bk}$ , determinata a 28 giorni di stagionatura, dei calcestruzzi da adoperarsi nelle opere previste nel contratto dovrà corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato alle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto, ed a quanto di volta in volta verrà ordinato dalla D.L.

L'accertamento della resistenza caratteristica richiesta verrà effettuata mediante prove di resistenza eseguite presso laboratori ufficiali od altri autorizzati su campioni di calcestruzzo prelevati sul luogo dell'impiego, in conformità alle prescrizioni dell'Allegato 2 del D.M. 14 febbraio 1992 indicate dalla normativa UNI 6126-72, UNI 6127-72, UNI 6130/1, 6130/2 e UNI 6132-72.

Per getti non armati o solo debolmente armati (fino ad un massimo di 30 Kg/mc.) il numero dei prelievi sarà stabilito dalla D. L., a suo insindacabile giudizio, ma in ogni caso non inferiore ad un prelievo ogni 100 metri cubi.

Tutte le spese per la preparazione, conservazione e trasporto dei provini e quelle per l'esecuzione delle prove sono a totale carico dell'Impresa, che dovrà assolvere direttamente e consegnare quindi alla D.L. i documenti con i risultati ottenuti.

Nel caso di risultati inferiori rispetto alle resistenze prescritte, la D.L. ordinerà il prelevamento di campioni in sito da sottoporre ad analoghe prove sperimentali.

Se i risultati inferiori alle prescrizioni saranno confermati, la D. L., in relazione alla funzione delle opere eseguite con il calcestruzzo di qualità scadente, avrà la facoltà di ordinare la demolizione ed il rifacimento delle opere o l'esecuzione di adeguate opere di consolidamento, il tutto a spese dell'impresa, ovvero di applicare una congrua detrazione al prezzo di Elenco.

Le prove sclerometriche, eventualmente effettuate per controllo speditivo, avranno solo valore indicativo.

#### **d) Casseforme – armature - centinature**

Le casseforme e le relative armature di sostegno dovranno essere sufficientemente rigide per resistere, senza deformazioni apprezzabili, al peso proprio del conglomerato e alle sollecitazioni provocate dai carichi accidentali di lavoro, dalla battitura e dalla eventuale vibrazione del getto.

Qualora la luce delle membrature oltrepassasse i 6 metri, sotto le casseforme e sotto i puntelli dovranno essere disposti opportuni apparecchi, idonei a garantire in ogni caso che il disarmo delle armature avvenga con gradualità e simultaneamente in ogni punto delle membrature.

Le superfici interne delle casseforme dovranno presentarsi lisce, pulite e senza incrostazioni di sorta; dovranno essere assolutamente evitate mancanze di allineamento, tolleranze eccessive e sbradolamenti con conseguenti impoverimenti di malta, scolorimenti e scarso costipamento in corrispondenza degli spigoli.

Pertanto i giunti delle casseforme dovranno essere eseguiti con la massima cura, non soltanto tra i singoli elementi che costituiscono i pannelli, ma anche nelle giunzioni verticali ed orizzontali dei pannelli stessi.

Nel prezzo delle casseforme si intenderà compreso l'onere dell'inserimento di tubi pezzi speciali, canne, scatole, tappi, ecc., di qualsiasi materiale, forma e dimensioni, necessari alla predisposizione dei passaggi per la successiva posa in opera delle condutture, degli scarichi, degli impianti tecnologici, ecc., secondo quanto previsto nel progetto o prescritto dalla Direzione Lavori.

Nel caso di strutture in vista, le superfici dei getti dovranno risultare perfettamente piane, senza concavità, risalti, nidi di ghiaia, sbavature, o irregolarità di sorta, tali da non richiedere comunque alcun tipo di intonaco, nè tanto meno spianamenti, abbozzi o rinzaffi.

A tale scopo le casseforme dovranno essere preferibilmente metalliche, oppure se di legno di ottima fattura e formate da tavole rettificate e piallate perfettamente connesse.

La qualità e la stagionatura delle tavole dovrà essere uniforme, onde evitare differenze di colore nelle superfici da lasciare in vista, così come dovrà essere assolutamente evitata ogni inclusione di elementi metallici che fuoriescano dai getti, anche se usati di norma per la tenuta in posizione delle casseforme, nel qual caso andranno sostituiti con adeguati rinforzi esterni.

Per iniziativa e comodità dell'Impresa, ed in ogni caso a tutte sue spese, sarà ammesso l'uso di idonei disarmanti, previa autorizzazione della D.L. e purché di qualità tale da non provocare macchie o danni alla superficie del conglomerato.

Di norma essi dovranno essere costituiti da olii puri con aggiunta di attivanti superficiali (surfactant) per ridurre la tensione superficiale o da emulsioni cremose di acqua in olio con aggiunta di attivanti. Il disarmante dovrà essere steso uniformemente sull'intera superficie.

Ove previsto in progetto o richiesto dalla D.L., la confezione delle casseforme dovrà essere integrata con l'applicazione di listelli, strisce di sigillatura in poliuretano od elementi di altri materiali idonei per evidenziare i giunti e per ottenere scanalature, gocciolatoi, decorazioni in vista o zigrinature. L'onere relativo, ove non diversamente disposto nelle relative voci dell'Elenco, dovrà intendersi compreso nel prezzo delle casseforme.

#### ***4.4 Opere in calcestruzzo armato e normale***

##### **a) Armature metalliche**

Gli acciai da impiegarsi per l'esecuzione delle armature metalliche dovranno rispondere, con riguardo alle sezioni di calcolo, alle tensioni ammissibili ed alle modalità di fornitura, lavorazione e posa in opera, a quanto indicato nei disegni esecutivi particolareggiati di progetto ed alle norme contenute a riguardo nel D.M. 1414211992 e successive modifiche ed integrazioni. È assolutamente vietata la lavorazione delle barre di armatura con piegature a caldo.

Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non fossero evitabili, dovranno essere sfalsate in modo che ciascuna interruzione non interessi una sezione metallica maggiore di 1/4 di quella complessiva e sia distanze delle interruzioni contigue di non meno 60 volte il diametro delle barre di maggiore diametro.

Nella posa in opera delle barre l'Impresa dovrà provvedere alla realizzazione di tutti gli accorgimenti necessari affinché durante l'esecuzione del getto le armature si mantengano sollevate alle pareti delle casseforme delle distanze prescritte per i copriferri, così come dovrà provvedere ad ogni legatura ed irrigidimento necessario a mantenere tutte le barre nella posizione di calcolo.

Particolari accorgimenti dovranno essere adoperati per evitare spostamenti nelle armature delle strutture a vista. È fatto assoluto divieto all'Impresa di procedere all'esecuzione del getto prima che la D.L. abbia provveduto ad accertare la rispondenza delle armature al progetto esecutivo ed alle disposizioni all'uopo impartite.

##### **b) Posa in opera dei conglomerati**

Oltre a quanto prescritto nel precedente articolo l'Impresa dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni:

### 1) Trasporto del conglomerato

Il trasporto del conglomerato al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei, atti ad escludere la separazione dei singoli componenti e comunque ogni possibilità di deterioramento delle caratteristiche del conglomerato.

Il termine trascorso tra l'inizio delle operazioni di impasto ed il termine dello scarico in opera dovrà essere tale da non causare un aumento di consistenza superiore di cm. 5 alla prova del cono di Abrams.

È fatto assoluto divieto all'Impresa di diminuire la consistenza degli impasti aggiungendo acqua dopo lo scarico dalla betoniera.

### 2) Esecuzione del getto

Prima di procedere all'esecuzione del getto dovrà essere eseguito un accurato controllo delle dimensioni e del perfetto posizionamento delle casseforme, delle condizioni di stabilità dei sostegni e della pulizia delle pareti interne; per i pilastri in modo particolare dovrà essere curata l'assoluta pulizia del fondo.

Si provvederà inoltre ad una abbondante bagnatura delle casseforme.

Nell'esecuzione del getto, e successivamente, l'Impresa dovrà provvedere ad adottare tutti gli accorgimenti necessari perché la temperatura dell'impasto non venga a superare i 30° C e non scenda al di sotto dei 13° C, per i getti di spessore inferiore ai 20 cm., e di 10° C, negli altri casi, eventualmente ricorrendo anche all'uso di particolari additivi ritardanti, acceleranti o aeranti, approvati dalla D.L. e tutto a suo carico.

In particolare, nei periodi freddi, dovrà essere verificato che non si formino blocchi di inerti agglomerati con ghiaccio, né che avvengano formazioni di ghiaccio sulle superficie del getto, sulle armature o nelle casseforme.

È in facoltà della D.L. ordinare la sospensione dei getti ovvero l'adozione di tutti i provvedimenti necessari, a suo esclusivo giudizio, senza che l'Impresa possa avanzare richiesta di speciali compensi od indennizzi di sorta.

La posa in opera del conglomerato dovrà essere eseguita con tutte le attrezzature e gli accorgimenti necessari ad evitare la segregazione di componenti. Di norma il getto dovrà essere eseguito a strati orizzontali di altezza limitata e comunque non superiore a cm 30, resi dopo costipamento e dovrà essere debitamente pigiato e battuto. Qualora sia previsto

nelle relative voci di Elenco, o comunque quando la D.L. lo ritenga necessario e lo ordini, in relazione ai particolari requisiti richiesti per il conglomerato e alle caratteristiche dell'impasto utilizzato, ed in questo caso senza diritto a particolari compensi, la costipazione del conglomerato dovrà essere eseguita mediante idonea vibrazione, secondo le prescrizioni e con le modalità concordate con la D.L. medesima.

Di norma dovranno essere utilizzati vibratorii interni, restando limitata solo alle solette di piccolo e media spessore (massimo cm 20), l'applicazione di vibratorii esterni, nel qual caso si provvederà a rinforzare convenientemente le casseforme.

I vibratorii interni dovranno essere del tipo ad elevata frequenza, da 6.000 a 12.000 cicli al minuto.

La vibrazione verrà eseguita immergendo verticalmente il vibratore in punti distanti fra loro da 40 a 80 cm. (in rapporto al raggio di azione del vibratore), ad una profondità non superiore a cm. 40 (interessando comunque la parte superficiale del getto precedente per circa cm. 10) e, a vibrazione ultimata, ritirando lo stesso lentamente, in modo da non lasciare fori o impronte nel conglomerato.

La vibrazione dovrà essere eseguita con uniformità fino ad interessare tutta la massa del getto e verrà sospesa all'apparizione, in superficie, di un lieve strato di malta umida. L'eventuale uso di additivi fluidificanti dovrà essere autorizzato dalla D. L., previa idonea documentazione di prove preliminari e certificazioni di laboratorio sulle caratteristiche degli additivi proposti; tale uso, in quanto effettuato per iniziativa e comodità dell'Impresa, non dà luogo a speciali compensi.

Di norma l'esecuzione del getto dovrà procedere senza interruzioni.

Qualora la D.L. consenta che vi siano interruzioni esse dovranno essere effettuate nelle posizioni e secondo le modalità approvate dalla D.L. medesima.

In ogni caso tra le successive riprese del getto non dovranno verificarsi distacchi o discontinuità o differenze di aspetto.

Se al momento della ripresa del getto il conglomerato sottostante si presentasse ancora molle, sarà sufficiente effettuare la ripresa con uno strato di conglomerato più ricco dell'impasto normale, curando di amalgamare i due strati di contatto.

Nel caso, invece, che il conglomerato fosse già indurito, la ripresa del getto dovrà essere preceduta da una idonea preparazione della superficie di contatto, che dovrà essere accuratamente raschiata, se necessario lavorata alla punta, e quindi lavata abbondantemente

con acqua in pressione e ripresa con malta liquida dosata a ql. 5 di cemento per ogni metro cubo di sabbia; nel caso di strutture contro acqua dovranno essere utilizzati speciali collanti o malte brevettate.

### 3) Maturazione del conglomerato

A getto ultimato e per tutto il tempo necessario al raggiungimento di un sufficiente grado di maturazione, in ogni caso per un periodo non inferiore a dieci giorni, il conglomerato dovrà essere adeguatamente protetto da urti, vibrazioni e sollecitazione meccaniche di qualsiasi genere.

Inoltre, per tutto il periodo di presa, in ogni caso per un periodo non inferiore a tre giorni, l'impresa dovrà provvedere a periodiche inaffiature delle superficie dei getti in modo da evitare un rapido prosciugamento della stessa.

Se necessario, in rapporto alle condizioni stagionali ed in modo particolare per le strutture sottili ed i rivestimenti, l'Impresa dovrà provvedere, di sue iniziativa e spese, a stendere sopra la superficie dei getti uno strato di sabbia o dare sopra la superficie dei getti uno strato di sabbia o di altro materiale idoneo approvato dalla D. L., affinché gli stessi siano mantenuti sempre in condizioni di umidità e siano adeguatamente protetti dall'azione del gelo e del sovra riscaldamento.

Nei periodi freddi le temperature del getto durante la presa non potrà scendere al di sotto di 5° C, per almeno 4 giorni nelle strutture sottili e per almeno 3 giorni nelle altre strutture.

### 4) Disarmo dei getti

Per il disarmo dei getti dovranno essere integralmente osservate le prescrizioni ed i tempi di cui al punto 6.1.5. Parte 1<sup>^</sup>, delle Norme Tecniche contenute nel D.M. 1 aprile 1983 e successive modifiche ed integrazioni.

Durante la stagione fredda i tempi di disarmo dovranno essere convenientemente protratti per tenere conto dei maggiori tempi di maturazione.

L'autorizzazione a procedere sarà lasciata in ogni caso al giudizio della D.L.

Subito dopo il disarmo, ove occorra, si dovrà procedere alla regolarizzazione della superficie dei getti mediante malta cementizia dosata a ql.6 di cemento.

In ogni caso gli eventuali difetti dei getti nelle strutture a vista saranno sempre sottoposti al giudizio della D.L., la quale, caso per caso, potrà ordinare la demolizione di quanto

difettosamente eseguito, ovvero autorizzare la ripresa con materiali idonei, ivi compreso l'uso di speciali collanti, riservandosi il giudizio definitivo ad avvenuta riparazione, la quale non potrà dar luogo a speciali compensi, bensì potrà costituire oggetto di detrazioni sul compenso previsto.

**c) Documenti di cantiere**

Nel cantiere, dal giorno di inizio delle opere in calcestruzzo armato fino a quello di ultimazione, l'Impresa dovrà provvedere a conservare un apposito giornale dei lavori nel quale dovranno essere accuratamente registrate le date delle forniture ed i tipi di cemento, la composizione dei conglomerati, il tipo e le partite di acciaio, le date e l'ora di inizio e di ultimazione dei getti e dei disarmi, nonché le particolari condizioni di esecuzione dei getti stessi, gli eventuali additivi usati e le temperature esterne all'inizio e al termine dei lavori.

Detto giornale dovrà essere vistato periodicamente dal Direttore delle opere, di cui alla lettera b) del presente articolo, particolarmente nelle fasi più importanti dell'esecuzione delle opere, delle prove sui materiali e delle prove di carico.

**d) Prove di carico e collaudo statico**

Le strutture delle opere in conglomerato cementizio armato non potranno essere poste in servizio, né sottoposte a carichi, anche provvisori, prima che ne sia stato effettuato il collaudo statico.

Le prove di carico saranno eseguite osservando integralmente le disposizioni di cui al punto 8. delle Norme Tecniche contenute nel D.M. 14 Febbraio 1992, nonché seguendo scrupolosamente le norme contenute nel D.M. n°180 del 03.06.1968, successivamente modificato dal D.M. del 20.11.1984 n° 353 e dal D.M. del 22.09.1993 n°223 ed infine adottando le misure e le norme di cui alla Circolare del Ministero LL.PP. n° 374061STC del 24.06.1993.

In ogni caso si richiamano le norme stabilite dall'Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE) per quanta concerne la qualità e le prove sul calcestruzzo fornito preconfezionato.

Per strutture contro acqua, quali vasche, serbatoi e simili, le prove di carico dovranno essere integrate da opportune prove di tenuta, atte ad accertare l'assoluta impermeabilità del conglomerato posto in opera.

Nel corso delle prove, dovrà accertarsi che nelle strutture, sottoposte ai carichi di esercizio per un periodo non inferiore a quindici giorni consecutivi, non abbiano a verificarsi gocciolamenti e trasudi di alcun genere.

Nel caso di un eventuale esito sfavorevole, l'Impresa dovrà, provvedere a suo completo carico a tutti gli interventi che si rendessero necessari, senza limiti di spesa e di entità e a ripetere le prove fino ad avere esito favorevole.

Delle prove suddette sarà redatto apposito verbale da sottoscrivere dall'Impresa, dal Direttore dei Lavori e, se effettuato dopo la nomina del Collaudatore, dal Collaudatore stesso.

## 5 Malte – qualità e composizione

### a) Malte comuni, idrauliche e cementizie

I materiali da impiegarsi per la composizione delle malte in argomento dovranno corrispondere alle caratteristiche e ai requisiti prescritti dagli specifici articoli riportata nel Capo III, " Qualità, provenienza e norme di accettazione dei materiali e delle forniture ", del presente Capitolato.

Salvo quanto disposto nelle relative voci di Elenco prezzi per alcune particolari categorie di lavoro, la composizione delle malte dovrà corrispondere alle proporzioni sotto elencate, riferite a metro cubo di inerte:

#### 1) Malta di calce comune per intonaci

..... calce spenta in pasta	Me. 0,66
..... sabbia	me. 1,00

#### 2) Malta di calce idraulica per intonaci

..... calce idraulica in polvere	q.li. 5,50
.....sabbia	mc. 1,00

#### 3) Malta cementizia per murature

..... cemento tit. 325	q.li. 4,00
..... sabbia	me. 1,00

#### 4) Malta cementizia per opere di rifinitura e intonaci civili

..... cemento tit. 325	q.li. 5,00
..... sabbia	mc. 1,00

5) Malta cementizia per intonaci impermeabilizzati a cemento		
..... cemento tit. 325		q.li. 9,04
..... sabbia		mc. 1 00

Qualora la D.L. ritenesse necessario od opportuno variare le proporzioni dei componenti in rapporto ai quantitativi sopra specificati, l'Impresa sarà obbligata ad uniformarvisi.

In tale caso ad essa saranno addebitate od accreditate unicamente le differenze di peso o di volume dei materiali per i quali sarà stato variato il dosaggio, con i relativi prezzi di Elenco.

Ad ogni impasto, i vari componenti, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno essere misurati a peso od a volume, a mezzo di apposite casse della capacità prescritta dalla D.L., che l'Impresa sarà in obbligo di provvedere e di mantenere a sue spese in cantiere per tutto il tempo di esecuzione dei lavori.

La manipolazione delle malte dovrà essere eseguita di norma a mezzo di idonee macchine mescolatrici, oppure, quando non sia possibile, a braccia d'uomo su aree convenientemente pavimentate.

I componenti delle malte idrauliche e cementizie dovranno prima essere mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio omogeneo di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente, e continuamente rimescolato.

Gli impasti dovranno essere preparati esclusivamente nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro.

I residui di impasto che per qualsiasi ragione non avessero immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che dovranno comunque essere utilizzati nello stesso giorno della loro manipolazione.

Se necessario la D.L. potrà ordinare che le malte siano passate al setaccio; tale operazione dovrà comunque essere effettuata per le malte da impiegare nello strato di finitura degli intonaci e per le malte fini (setaccio 4 UNI 233211) e per le colle (setaccio 2 UNI 233211).

#### **b) Malte espansive (antiritiro)**

Saranno ottenute con impasto di cemento classe 325, sabbia ed un particolare additivo costituito da un aggregato metallico catalizzato agente come riduttore dell'acqua di impasto.

La sabbia dovrà avere granulometria corrispondente alla curva di massima compattezza; le proporzioni dei componenti saranno di 1:1:1: in massa. La resistenza a compressione della malta, a 28 gg. di stagionatura, non dovrà essere inferiore a 600 Kg/cmq.

Se non confezionate in cantiere, le malte in argomento potranno essere fornite come prodotto industriale, in confezioni sigillate di marca qualificata.

## **6 Opere e manufatti in ferro**

### **a) Accettazione dei Materiali**

Il ferro e gli acciai da impiegarsi nella esecuzione delle opere e dei manufatti previsti in progetto dovranno avere caratteristiche e requisiti di accettazione perfettamente rispondenti alle norme di cui all'art. " Materiali ferrosi " del presente Capitolato, alle prescrizioni di Elenco ed alle disposizioni che più in particolare potrà impartire la D.L.

L'Impresa sarà tenuta a dare tempestivo avviso dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati affinché la D.L., prima che ne venga iniziata la lavorazione, possa disporre il prelievo dei campioni da sottoporre ai controlli che riterrà necessari od opportuni.

### **b) Modalità di lavorazione**

I materiali dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni e nei limiti delle tolleranze consentite.

Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, dovranno essere eseguiti con dispositivi agenti per pressione; riscaldamenti locali, se ammessi, non dovranno creare eccessive concentrazioni di tensioni residue.

I tagli potranno essere eseguiti con la cesoia od anche ad ossigeno, purché regolari; i tagli irregolari, in special modo quelli in vista dovranno essere rifiniti con la smerigliatrice.

Le superfici di laminati diversi, di taglio o naturali, destinate a trasmettere per mutuo contrasto forze di compressione, dovranno essere piallate, fresate, molate o limate per renderle perfettamente combacianti.

I fori per chiodi e bulloni dovranno sempre essere eseguiti con trapano, tollerandosi l'impiego dei punzoni per fori di preparazione, in diametro minore di quello definitivo (per non meno di 3 mm.), da allargare poi e rifinire mediante trapano e alesatore; per tali operazioni sarà vietato comunque l'uso della fiamma.

I pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera, dovranno essere marcati in modo da poter riprodurre, nel montaggio definitivo, le posizioni d'officina all'atto dell'alesatura dei fori.

### **c) Modalità esecutive delle unioni**

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture od i manufatti dovranno essere realizzate conformemente alle prescrizioni di progetto ed in particolare:

#### **1) Unioni chiodate**

Le unioni chiodate saranno eseguite fissando nella giusta posizione relativa, mediante bulloni di montaggio ed eventuale ausilio di morse, gli elementi da chiodare, previamente ripuliti; i chiodi dovranno essere riscaldati con fiamma riduttrice od elettricamente e liberati da ogni impurità (come scorie, tracce di carbone) prima di essere introdotti nei fori.

A fine ribaditura dovranno ancora essere di colore rosso scuro.

Le teste ottenute con la ribaditura dovranno risultare ben centrate sul fusto, ben nutrite alla loro base, prive di screpolature e ben combacianti con la superficie dei pezzi; dovranno poi essere liberate dalle bavature mediante scalpello curve, senza intaccare i pezzi chiodati.

#### **2) Unioni con bulloni normali e ad attrito**

Tali unioni dovranno sempre essere precedute dalla perfetta pulizia delle superfici di combaciamento, mediante sgrassaggio, fiammatura o sabbiatura a metallo bianco, secondo i casi. Nelle unioni si dovrà sempre fare uso di rosette; nelle unioni con bulloni normali, in presenza di vibrazioni o di inversioni di sforzo, si dovranno impiegare controdadi oppure rosette elastiche.

Nelle unioni ad attrito le rosette dovranno avere uno smusso a 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno, smussi che dovranno essere rivolti, nel montaggio, verso la testa della vite o verso il dado.

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi di manometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata; tutte comunque dovranno essere tali da garantire una precisione non minore del 5%.

Per le bullonature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le disposizioni di cui ai punti 2.5, 2.6, 3.2, 3.4 e successivi del D.M. citato.

### 3) Unioni saldate

Tali unioni potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti preventivamente approvati dalla D.L.

In ogni caso si dovranno ottemperare le disposizioni contenute nel D.M. 14.02.1992 al punto specifico 2.3, 2.4, 3.5 e successivi.

I procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione dei lembi da saldate sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Per le saldature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le disposizioni di cui ai punti 2.4 e successivi del D.M. citato.

Tanto in officina quanta in cantiere, le saldature da effettuate con elettrodi rivestiti dovranno essere eseguite da saldature che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla UNI 4634; per le costruzioni tubolari si farà riferimento anche alla UNI 4633 per i giunti di testa.

Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base.

Tutti i lavori di saldatura dovranno essere eseguiti al riparo da pioggia, neve e vento, salvo l'uso di speciali precauzioni, saranno inoltre sospesi qualora la temperatura ambiente dovesse scendere sotto i -5° C.

### **d) Montaggio di prova**

Per strutture o manufatti particolarmente complessi ed in ogni caso se disposto dalla D.L., dovrà essere, eseguito il montaggio provvisorio in officina; tale montaggio potrà anche essere eseguito in più riprese, purché in tali montaggi siano controllati tutti i collegamenti.

Del montaggio stesso si dovrà approfittare per eseguire le necessarie operazioni di marcatura.

Nel caso di strutture complesse costruite in serie sarà sufficiente il montaggio di prova del solo campione, purché la foratura venga eseguita con maschere o con procedimenti equivalenti.

L'Impresa sarà tenuta a modificare, a tempo debito, l'inizio del montaggio provvisorio in officina di manufatti e strutture, o relative parti, affinché la D. L. possa farvi presenziare, se lo ritiene opportuno, i propri incaricati.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria dovranno essere esenti da verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra di loro.

Quelli rifiutati saranno marcati con un segno apposito, chiaramente riconoscibile, dopo di che saranno subito allontanati.

#### **e) Pesatura dei manufatti**

Sarà eseguita in officina od in cantiere, secondo i casi e prima del collocamento in opera, verbalizzando i risultati in contraddittorio, fra il D.L. e l'Impresa.

#### **f) Controllo del tipo e della quantità delle opere - Verifica delle strutture murarie**

L'Impresa è obbligata a controllare il fabbisogno dei vari manufatti, rilevando in posto il tipo, la quantità e le misure esatte degli stessi.

Dovrà altresì verificare l'esatta corrispondenza plano-altimetrica e dimensionale tra le strutture metalliche e strutture murarie, ciò in special modo quando i lavori in metallo fossero stati appaltati in forma scorporata.

Delle discordanze riscontrate in sede di controllo dovrà esserne data tempestivo avviso alla D.L. per i necessari provvedimenti di competenza; in difetto, o qualora anche dall'insufficienza o dall'omissione di tali controlli dovessero nascere inconvenienti di qualunque genere, l'Impresa sarà tenuta ad eliminarli a propria cura e spese, restando peraltro obbligata al risarcimento di eventuali danni.

#### **g) Collocamento e montaggio in opera - Oneri connessi**

L'Impresa dovrà far tracciare od eseguire direttamente, sotto la propria responsabilità, tutti gli incassi, i tagli, le incamerazioni, ecc. occorrenti per il collocamento in opera dei manufatti

metallici; le incamerazioni ed i fori dovranno essere svasati in profondità e, prima che venga eseguita la sigillatura, dovranno essere accuratamente ripuliti.

Nel collocamento in opera dei manufatti le zanche, le staffe e qualunque altra parte destinata ad essere incamerata nelle strutture murarie, dovranno essere murate a cemento se cadenti entro murature o simili, mentre saranno fissate con piombo fuso o con malte epossidiche se cadenti entro pietre, marmi o simili.

I manufatti per i quali siano previsti movimenti di scorrimento o di rotazione dovranno poter compiere tali movimenti, a collocazione avvenuta, senza impedimenti od imperfezioni di sorta.

Per le strutture metalliche, qualora in sede di progetto non fossero prescritti particolari procedimenti di montaggio, l'Impresa sarà libera di scegliere quello più opportuno, previo benestare della D.L.

Dovrà porre per la massima cura affinché le operazioni di trasporto, sollevamento e premontaggio non impongano alle strutture condizioni di lavoro più onerose di quelle risultanti a montaggio ultimato e tali perciò da poter determinare deformazioni permanenti, demarcature, autotensioni, ecc. Decorrendo, pertanto, le strutture dovranno essere opportunamente e provvisoriamente irrigidite.

Nel collocamento in opera dei manufatti e nel montaggio delle strutture sono compresi tutti gli oneri connessi a tali operazioni, quali ad esempio ogni operazione di movimento e stoccaggio (carichi, trasporti, scarichi, ricarichi, sollevamenti, ecc.), ogni opera provvisoria, di protezione e mezzo d'opera occorrente, l'impiego di ogni tipo di mano d'opera (anche specializzata), ogni lavorazione di preparazione e di ripristino sulle opere e strutture murarie, le ferramenta accessorie e quant'altro possa occorrere per dare le opere perfettamente finite e rifinite.

#### **h) Verniciatura**

Salvo disposizioni contrarie, prima dell'inoltro in cantiere tutti i manufatti in ferro, le strutture o parti di esse dovranno ricevere una mano di vernice antiruggine; l'operazione dovrà essere preceduta da un'accurata preparazione delle superfici.

Di norma nelle strutture chiodate o bullonate, dovranno essere verniciate con una ripresa di pittura antiruggine non soltanto le superfici esterne, ma tutte le superfici a contatto (ivi comprese le facce dei giunti da effettuare in opera) e le superfici interne dei cassoni; saranno esclusi solo i giunti ad attrito, che dovranno essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando a saturazione i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, le teste ed i dadi dei bulloni, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

A pie d'opera, e prima ancora di iniziare il montaggio, si dovranno ripristinare tutte le verniciature eventualmente danneggiate dalle operazioni di trasporto; infine, qualora la posizione di alcuni pezzi desse luogo, a montaggio ultimato, al determinarsi di fessure o spazi di difficile accesso per le operazioni di verniciatura successive, tali fessure o spazi dovranno essere, prima dell'applicazione delle mani di finitura, accuratamente chiusi con materiali sigillanti.

A montaggio ultimato si provvederà al completamento delle operazioni di verniciatura con applicazione del numero di mani e delle vernici prescritte nelle relative voci di Elenco per le varie opere e manufatti.

Per tutto quello non specificato nel seguente articolo si rimanda alle disposizioni integrali dettate dal D.M. del 14 Febbraio 1992.

## **7 Manti impermeabilizzanti**

I manti impermeabilizzanti da impiegarsi nella realizzazione delle opere di impermeabilizzazione artificiale dovranno possedere le caratteristiche fisiche riportate nello specifico articolo del presente Capitolato:

### **a) Posa in opera del manto in HDPE**

Le saldature verranno eseguite (all'asciutto e a temperature  $> +5$  °C) sormontando i fogli di ca. 20 cm ed estrudendo un cordone di HDPE fuso, previa molatura delle superfici da unire e preriscaldamento dei lembi con aria surriscaldata (saldatura interposta).

Nel caso di brevi tratti di saldatura, riparazioni, raccordi, situazioni sfavorevoli, pareti a forte pendenza le saldature saranno eseguite riportando il cordone di saldatura sovrapposto al giunto (saldatura sovrapposta).

#### **1. Collaudi delle saldature dei manti in HDPE**

Tutte le saldature dovranno essere collaudate dall'Appaltatore in presenza di un incaricato della D.L. come segue:

##### **1. Prove distruttive**

Tali prove devono verificare che il coefficiente di saldatura sia  $> 0,9$ . Il coefficiente di saldatura è dato dal rapporto fra il carico di snervamento del provino saldato e quello del foglio originale. (Norme DVS-Dicembre 1,1982). Si eseguiranno tali provini su

campioni prelevati ogni 300 metri lineari di saldature, semplici prove qualitative sono eseguibili in cantiere e saranno considerate positive se la rottura non ha luogo nell'area di saldatura.

*2. Prove non distruttive sul 100% delle saldature*

Collaudo ad ultrasuoni: le saldature con cordolo interposto a facce parallele verranno collaudate con ultrasuoni per individuare eventuali discontinuità della saldatura stessa.

Collaudo a vista: le saldature con cordone sovrapposto di forma arrotondata, non collaudabili con ultrasuoni, verranno collaudate a vista forzando una punta metallica lungo tutta la lunghezza del cordone di saldatura.

**b) Posa in opera del manto in PVC**

Le saldature verranno eseguite (all'asciutto ed a temperature  $> +5$  °C) sormontando i fogli di almeno 5 cm.

La saldatura dei manti in PVC potrà essere effettuata a freddo mediante solvente tetraidrofurano, oppure ad aria calda mediante cannello LEISTER. Le saldature verranno eseguite da specialisti patentati (di cui dovrà essere esibito il curriculum).

Collaudi delle saldature dei manti in PVC

Tutte le saldature dovranno essere collaudate dall'Appaltatore in presenza di un incaricato della D.L. mediante lo scorrimento sulle giunzioni di una punta metallica.

**c) Documenti di collaudo e verbale di accettazione della posa in opera**

a. Diagramma di posa

L'Appaltatore deve eseguire un diagramma di posa che descrive la disposizione dei fogli. Su tale diagramma, verranno:

- Trascritti i numeri di matricola dei fogli posati nei singoli spazi.
- Indicati i punti di prelievo dei provini di saldature.
- Indicati i punti difettosi risultanti dal collaudo non distruttivo e successivamente ripresi con saldature.

b. Verbale di accettazione

La Direzione Lavori assiste alla esecuzione dei collaudi meccanici e distruttivi, ai rifacimenti dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa e firma il verbale di accettazione del manto posato in opera.

**d) Garanzie**

I manti devono soddisfare i requisiti richiesti dal DPR n° 915 del 10.09.1982 e dalle norme di prima Applicazione le specifiche tecniche del Progetto.

Il fornitore garantisce per 10 anni che l'opera è priva di gravi difetti (Art. 1669 Codice Civile) e si cautela con una polizza assicurativa per risarcire eventuali danni di inquinamento per un valore adeguato al progetto.

## **8 Tessuto non tessuto e materassi drenanti**

I manti in tessuto non tessuto saranno utilizzati per costituire elemento di ripartizione dei carichi e/o di protezione della geo-membrana.

Essi saranno posti generalmente in opera al di sotto dei punti critici della geo-membrana (piegature, risvolti, zone di contatto con i manufatti ecc.), con le modalità e nelle quantità indicate negli allegati grafici di progetto.

I manti saranno giuntati mediante cucitura meccanica continua, oppure con semplice sovrapposizione dei lembi contigui per una profondità non inferiore a 20 cm. per tutto lo sviluppo del manto posato.

I materassi drenanti saranno posti in opera secondo le esigenze di progetto e saranno giuntati mediante cucitura continua meccanizzata o semplice sovrapposizione per una porzione non inferiore a 25 cm.

Ove si tratti di posizionarli su alte pendenze di scarpata essi saranno fissati ad intervalli regolari, stabiliti dalla D.L., alla scarpata od alla eventuale rete sottostante di protezione.

Ad ogni buon conto essi dovranno essere saldamente ancorati sulla testa della scarpata con cordoli o, dove possibile, con puntoni metallici.

## **9 Trasporto e accatastamento di tubi e pezzi speciali in calcestruzzo**

### **a) Trasporto**

I tubi e i pezzi speciali in calcestruzzo devono essere trasportati in modo tale da non essere danneggiati dalle sollecitazioni meccaniche. Si deve perciò fare attenzione a caricare i mezzi di trasporto in condizioni di sicurezza.

I tubi vengono disposti in orizzontale, parallelamente od ortogonalmente rispetto all'asse del veicolo, oppure in verticale. Nel trasporto ferroviario si deve preferire la disposizione parallela all'asse del veicolo. Se esistono i presupposti, i tubi possono essere disposti in parecchi strati.

Si devono osservare le prescrizioni in materia di prevenzione degli infortuni e le specifiche tecniche delle ditte e delle associazioni di categoria. Durante i processi di carico e scarico, gli operatori devono portare idonee protezioni, come elmetto, guanti, scarpe rinforzate, ecc. Durante le operazioni di carico e scarico è vietato fermarsi nella zona di pericolo.

### **b) Mezzi di trasporto**

Il mezzo di trasporto (ad es. veicolo, apparecchio di sollevamento, dispositivo di presa ed alloggiamento) deve essere adatto al trasporto del materiale.

La superficie di carico deve essere libera da residui, che potrebbero favorire lo slittamento di tubi e pezzi speciali. Il carico deve essere effettuato tenendo conto dei limiti ammissibili sia in termini di peso totale che di peso sui singoli assi del veicolo.

Il baricentro deve essere tenuto il più basso possibile. Le sponde laterali dei veicoli stradali possono essere abbassate, se le dimensioni dei materiali caricati lo richiedono.

### **c) Carico e scarico con operazioni manuali**

Se il peso del materiale lo consente, le operazioni di carico e scarico possono essere fatte manualmente. È vietato il gettito del materiale.

Il rotolamento è consentito solo con tubi rotondi, mediante adatti trasportatori a rulli (in legname squadrato). Nei tratti in pendenza, il materiale deve essere guidato con mezzi idonei, per impedire un rotolamento troppo veloce ed irregolare.

Si deve impedire l'urto contro i materiali già scaricati; nel rotolamento si devono tenere a portata di mano dei ceppi frenanti.

**d) Carico e scarico con veicoli per trasporti interni**

I veicoli per trasporti interni devono essere equipaggiati con dispositivi di sollevamento e accatastamento. Nei trasporti di tubi lunghi si deve fare attenzione al loro stabile posizionamento. La superficie di transito deve essere sufficientemente solida e piana.

**e) Carico e scarico con apparecchi di sollevamento**

Apparecchi di sollevamento idonei possono essere ad es. gru, pale caricatori ed escavatori. Essi devono essere equipaggiati con dispositivi di sollevamento e abbassamento graduate, in modo tale da impedire movimenti bruschi del carico.

**f) Carico e scarico con dispositivi di presa ed alloggiamento**

I dispositivi di presa ed alloggiamento del carico devono essere realizzati e applicati in modo tale da non compromettere la sicurezza e non danneggiare il materiale trasportato. Possono essere utilizzati cinghie, pinze e ganci per tubi, colli di cigno, funi di acciaio e di fibra, catene ed altri dispositivi adatti. Non è ammessa l'utilizzazione di funi tirate longitudinalmente.

Non è ammesso applicare dispositivi di imbragamento ai denti del cucchiaio di escavatori e pale caricatori.

Più tubi possono essere fissati contemporaneamente solo per mezzo di palette o simili adatti dispositivi.

Con tubi e pezzi speciali dotati di protezione interna, si devono utilizzare cinghie larghe o altri dispositivi di alloggiamento che non danneggino il rivestimento protettivo; non sono ammesse funi di acciaio senza camicia.

**g) Assicurazione del carico**

Tubi e pezzi speciali devono essere assicurati per il trasporto in modo tale da non compromettere la stabilità del carico.

Il carico viene assicurato mediante sponde, pezzi di legno, cunei e, in caso di necessità, mediante reggiature addizionali con catene di ancoraggio, cinghie o funi di acciaio.

I mezzi per assicurare il carico devono essere applicati in modo tale da evitare sollecitazioni concentrate in punti singoli. Si deve fare attenzione che catene, cinghie e funi di acciaio siano ben tesi. I cunei devono essere assicurati su legni squadrati o direttamente sulle superfici del carico.

Nel caso di accumulo dei tubi in strati sovrapposti, i tubi dello strato superiore possono essere disposti sopra tavole di legno squadrato, oppure nelle selle ricavate tra i tubi strato inferiore. Le tavole in legno devono essere disposte il più possibile una accanto all'altra ed assicurate con cunei anche nella parte inferiore.

I cunei devono essere applicati alle tavole di legno in modo tale che non si possono muovere. Prima dell'uso, tavole e cunei devono essere accuratamente ispezionati.

#### **h) Trasporto**

Nei trasporti su strada, la velocità deve essere fissata in relazione alle condizioni di traffico ed alle caratteristiche del carico e del veicolo onde poter garantire l'assoluta integrità dei condotti.

#### **i) Deposito e accatastamento**

Tutti i pezzi speciali devono essere depositati ed accatastati in modo tale da non essere danneggiati. Le cataste di tubi devono essere assicurate contro il pericolo di caduta per rotolamento.

La stabilità delle fosse di scavo non deve essere messa in pericolo dal materiale depositato o accatastato. A tal fine, si deve lasciar libera una striscia di almeno 60 cm. di larghezza lungo le fosse di scavo.

#### **l) Difesa contro effetti meccanici**

Sia nel deposito di singoli tubi che nell'accumulo in cataste, si deve tener conto della resistenza statica dei tubi, evitando in particolare sollecitazioni unilaterali sui bicchieri.

Come supporto inferiore si devono usare il più possibile tavole di legno; come supporti intermedi legno, trucioli di legno, funi e simili.

#### **m) Difesa contro effetti di temperatura**

Tutti i pezzi speciali in calcestruzzo devono essere protetti contro dannosi influssi della temperatura, in particolare quando sono stati protetti con rivestimenti a base di catrame.

Nel caso in cui tubi e pezzi speciali debbano essere depositati all'aperto in condizioni di gelo, ci si deve preoccupare che non gelino con il suolo e non si raccolga acqua al loro interno.

## 10 Posa in opera di cavi

### a) Posa

Sul fondo dello scavo, adeguatamente preparato, verrà steso uno strato di sabbia dello spessore di circa 15cm.

Prima della posa, si dovrà verificare che i cavi non mostrino danneggiamenti; calandoli nella fossa, poi, si dovrà procedere con la cura necessaria a non rovinare il letto di posa predisposto.

Non si procederà in alcun caso al rinterro se prima non sia stata controllata la corretta posizione della canalizzazione mediante esami condotti con funi, traguardi, tabelle di mira, apparecchi di livellazione, o con altri idonei mezzi.

### b) Rinterri

Per il riempimento dei cavidotti si adopereranno i materiali provenienti dagli scavi, riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori, che si trovano depositati lungo la trincea o in luoghi di deposito qualunque sia lo stato di costipamento delle materie stesse.

Il primo stralcio, fino ad un'altezza di ricoprimento di circa 20 cm sulla generatrice superiore del cavo, sarà realizzato ancora con sabbia vagliata.

Il riempimento successivo, da eseguirsi appena ultimato e compattato lo strato precedente, sarà eseguito per strati successivi di altezza non maggiore di 30 cm., regolarmente spianati e bagnati ed accuratamente compattati fino a superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente.

Qualora le materie di scavo fossero costituite da pietrame o da frammenti rocciosi di dimensioni maggiori di 10 cm., questi saranno messi in opera a mano nella parte di rinterro superiore a quello di prima copertura, in guisa da evitare, col loro getto alla rinfusa, i danneggiamenti dei cavi.

Gli spazi vuoti saranno riempiti con terre minute anche se dovranno essere trasportati da siti più lontani.

In nessun caso il rinterro totale dovrà risultare inferiore alla profondità di scavo, e se per raggiungere tale scopo non bastasse il materiale scavato e depositato lateralmente, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutte sue cure e spese agli eventuali trasporti longitudinali ovvero a prelevarlo e trasportarlo da cave di prestito.

Dette cave dovranno essere aperte a tutte cure e spese dell'assuntore e dovranno essere mantenute in modo che non si abbiano a verificare in esse ristagni di acqua.

Allorché per raggiungere la necessaria altezza di ricoprimento dei cavi, che sarà ordinata dalla Direzione dei Lavori, occorresse spingere il rilevato al di sopra del piano naturale di campagna, questo sarà sagomato a sezione trapezoidale con scarpe ben profilate di adatta inclinazione, secondo le prescrizioni che saranno impartite all'atto pratico dalla Direzione dei Lavori.

Il materiale di rinterro dovrà comunque essere sistemato in modo da superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente.

Se, anche dopo aver raggiunto la minima altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore dei cavi restasse ancora il materiale, questo - ad eccezione di quando possa essere necessario per eventuali successivi ricarichi - dovrà essere rimosso, a tutte cure e spese dell'Appaltatore.

## **11 Palificazioni**

Per il dimensionamento, l'esecuzione della posa in opera ed il collaudo dei pali si dovrà tener conto delle disposizioni di cui al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 11.03.1988 inerente "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" nonché i criteri stabiliti dal parere del Ministero LL.PP. n° 138 del 17.12.1993 concernente le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e stabilità delle opere di fondazione.

### **a) Palificazione con pali in cemento armato formati fuori opera**

Per la confezione dei pali fuori opera si seguiranno le norme stabilite per i lavori in cemento armato; si aggiunge soltanto che la preparazione dei pali dovrà farsi di massima in forme verticali battendo il conglomerato a piccoli strati orizzontali e che i pali stessi dovranno essere muniti di puntazze metalliche robustamente ancorate al conglomerato di cemento.

La infissione di questi pali si farà d'ordinario secondo i sistemi in uso per i pali in legname.

Soltanto i magli dovranno essere di peso non inferiore al peso dei pali, e speciali cautele saranno adottate per impedire la spezzatura delle teste, collocandovi sopra prismi e segatura di legname entro cerchiature di ferro ed attuando quelle altre disposizioni che all'atto pratico fossero ritenute necessarie, a giudizio del Direttore dei Lavori.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente nei terreni sabbiosi e ghiaiosi, la infissione, oltre che con la battitura, potrà farsi col sussidio dell'acqua in pressione, facendo arrivare, mediante un tubo metallico oppure da apposito foro lasciato lungo l'asse di ogni palo, un getto di acqua a pressione sotto la punta del palo.

Gli ultimi colpi di assestamento dovranno però essere dati col solo maglio.

Se durante l'infissione si verificasse in qualche palo lesioni, scheggiature, guasti di qualsiasi genere o deviazione che a giudizio del Direttore dei Lavori non fossero tollerabili, il palo stesso deve essere rimosso e sostituito da altro palo a totali spese dell'appaltatore.

#### **b) Palificazione con pali battuti formati in opera**

I pali battuti formati in opera, del tipo Simplex e derivati, Franchi, etc., saranno eseguiti conficcando nel terreno con uno dei sistemi in uso, o speciali brevettati, un tubo forma, del diametro corrispondente a quello del palo che si vuole costruire, sino a raggiungere la profondità necessaria per ottenere il rifiuto corrispondente al carico che il palo deve sostenere, quale risulta dai calcoli.

I tubi metallici saranno provvisti all'estremità inferiore di puntazze di ghisa o di cemento armato o di acciaio atte a garantire la chiusura stagna durante la battitura, e di tipo da abbandonarsi sul terreno.

Per la battitura dei tubi forma i magli non dovranno essere inferiori al peso di kg 2000 per tubi del diametro di m 0,45 e kg 1.200 per tubi del diametro di cm 30.

Raggiunta la profondità necessaria, il tubo forma verrà riempito con conglomerati cementizio (composto con inerti del volume di me 1.200 complessivamente avente una granulometria che dovrà essere stabilita a priori mediante apposita prova di laboratorio, in mancanza di tale determinazione la composizione potrà essere fissata in me 0,800 di ghiaia o pietrisco e me 0,400 di sabbia per me di conglomerato) e ql 3,50 di cemento che potrà essere del tipo 500 o del tipo 680, battuto e compresso secondo l'uso, o sistemi brevettati riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

A richiesta della Direzione dei Lavori, detti pali potranno essere armati per l'intera lunghezza o per parte di essa, mediante opportuna ingabbiatura metallica da collocarsi nel tubo forma, prima del getto del conglomerato.

Per tutti i pali formati in opera, e quando non siano completamente armati, il collegamento fra teste dei pali e le strutture superiori avverrà mediante una armatura longitudinale costituita da un minimo

di 4 tondini la cui area complessiva non dovrà essere inferiore a 0,6% dell'area del conglomerato, estesa nel palo per una lunghezza non inferiore a quattro volte il diametro interno del tubo forma e nella struttura superiore per una lunghezza non inferiore a 40 volte il diametro del ferro impiegato.

Detti ferri dovranno essere muniti, alla sola estremità superiore, da ganci, come da regolamento, la cui lunghezza non dovrà essere compresa nel calcolo dei 40 diametri suaccennato.

L'armatura longitudinale così descritta potrà essere staffata su disposizione della Direzione dei Lavori da una armatura trasversale a spirale continua del diametro minimo di mm 6 e con passo massimo corrispondente a 20 volte il diametro della armatura longitudinale.

Tanto per i pali trivellati come per quelli formati in opera, la battitura del conglomerato deve essere sorvegliata da agenti della amministrazione i quali dovranno segnare su apposito registro, in contraddittorio, le massime profondità raggiunte, il quantitativo di conglomerato posto in opera, etc.

L'appaltatore non potrà porre in opera le armature in ferro, né effettuare il versamento del conglomerato senza aver fatto prima constatare le profondità raggiunte ed i quantitativi di conglomerato e di ferro impiegati. In difetto di ciò saranno a suo carico tutti gli oneri e le spese occorrenti per i controlli ed accertamenti che la Direzione dei Lavori riterrà insindacabilmente indispensabili.

Per la confezione ed il getto del conglomerato cementizio varranno le norme stabilite negli articoli che seguono relativi alla esecuzione delle opere in cemento armato.

Per la esecuzione del bulbo od espansione di base, raggiunta con l'estremità inferiore del tubo la quota stabilita, senza ritirare o sollevare il tubo forma si verseranno piccole quantità di conglomerato e le si comprimeranno energicamente con maglio del peso non inferiore a quello del maglio impiegato per la battitura del tubo-forma sino ad ottenere, sotto l'azione di una volata di 10 colpi di maglio aventi una caduta libera di m 1,50, un rifiuto non maggiore di quello indicato dal Direttore dei Lavori in relazione alla natura del terreno.

Si procederà poi alla esecuzione del fusto sollevando gradatamente il tubo con tutti gli accorgimenti necessari per non abbandonare il calcestruzzo ed evitare l'introduzione dell'acqua.

Al di sotto delle strutture di collegamento delle testate dei pali dovrà eseguirsi un getto di calcestruzzo magro (200 Kg. per metro cubo) dello spessore minimo di 115 del diametro di tubo forma.

L'interasse dei pali, salvo nei casi particolari da ordinarsi dalla Direzione dei lavori (ad es. quando la palificazione debba servire anche al compito di paratia) non dovrà essere inferiore a 3 diametri.

Per i pali battuti la portanza del Palo verrà calcolata con la formula del Brix applicando un adeguato

coefficiente di sicurezza stabilito dalla Direzione dei Lavori dopo aver rilevato le caratteristiche geognostiche del terreno e basandosi sui risultati di una preventiva prova di carico eseguita su uno o più pali pilota.

In ogni caso, la portata di esercizio non dovrà mai provocare nel calcestruzzo alla testa del palo (la cui superficie sarà considerata corrispondente a quella del tubo forma) una sollecitazione superiore a 40 chilogrammi per cmq quando sia usato conglomerato confezionato con ql. 3,50 di cemento tipo 504 per me di impasto e kg 50 per cmq quando, con lo stesso dosaggio, sia impiegato cemento tipo 680.

Precisate all'atto esecutivo le condizioni geognostiche del terreno nel quale sono da eseguire le palificate, a palificata ultimata dovranno eseguirsi, delle prove di carico su singoli pali.

Tali prove ordinate dalla Direzione dei Lavori, saranno eseguite a cure e spese dell'impresa su almeno il 2% dei pali interessanti la medesima opera, e dovranno dimostrare il buon comportamento del palo sotto un carico massimo pari a due volte la portata prefissata e mantenuto per 24 ore.

Il recupero del cedimento durante lo scarico non dovrà essere inferiore a 1/3 del cedimento totale misurato. Nel caso di opere d'arte aventi un numero di pali inferiore a 50, la prova di carico dovrà essere effettuata su di un palo scelto dalla Direzione dei Lavori.

#### **c) Palificazione eseguita in opera con tubo infisso (pali trivellati)**

Per i pali eseguiti in opera con tubi infissi mediante trivellazione, con procedimento quindi che non modifica le proprietà meccaniche e la consistenza in genere del terreno entro il quale verrà eseguito il getto del conglomerato, si eseguirà la perforazione del terreno facendo scendere via via un tubo metallico (tubo forma) con elemento di estremità con ghiera tagliente, di diametro uguale a quello teorico del Palo.

Il tubo metallico, ove non sia di un sol pezzo, dovrà essere formato con elementi filettati che assicurano la perfetta direzione del palo e garantisca la perfetta coassialità.

Comunque dovrà essere possibile applicare all'estremità superiore un coperchio con presa per tubazione ad aria compressa ove occorresse adoperarlo o per espellere l'acqua o per provvedere con tale metodo all'esecuzione e costipamento della base e prima tronco del fusto sino a che non vi sia più introduzione di acqua.

Si dovrà avere la possibilità di proseguire la perforazione mediante appositi scalpelli quando si incontrano trovanti e vecchie murature.

Quando sia stata raggiunta la profondità voluta, si fermerà l'affondamento del palo e senza sollevarlo o ritirare il tubo e messa in opera la gabbia metallica se questa sia prevista per tutta la lunghezza, si inizierà la formazione della base gettando con una benna (chiusa all'estremità inferiore da una valvola automatica) o con altro sistema idoneo piccole e successive quantità di calcestruzzo e costipandole o mediante battitura (con maglio di peso variabile da ql. 12 per tubi del diametro di cm 45, a ql. 6 per tubi del diametro di cm 30) o con una dei pistoni in uso.

Prima di procedere al getto sarà resa stagna la estremità inferiore del tubo provvedendo alla costruzione di un tappo di conglomerato alla base del palo e sarà estratta l'acqua eventualmente penetrata nel tubo.

La sbulbatura di base ottenuta con la pilonatura del calcestruzzo od in qualsiasi altro modo che la natura dei terreni e le modalità di esecuzione possono consigliare, sarà la maggiore possibile.

Eseguita la base, si procederà poi alla esecuzione del fusto mediante piccole successive introduzioni di calcestruzzo per tratti di altezza conveniente, in relazione alla natura del terreno, e sollevando gradatamente il tubo-forma metallico, in modo tale che restino nel tubo almeno 50 cm di conglomerato, senza abbandonarlo mai in modo da evitare che nel tubo si introducano acqua o terra; dopo il getto di ciascuno dei tratti si procederà al costipamento del calcestruzzo o con battitura con una dei sistemi brevettati e dalla Direzione dei Lavori riconosciuto idoneo in relazione alla lunghezza dei pali.

Nel caso di attraversamento di vene dilavanti si effettuerà l'incamiciatura del tratto di palo con un controtubo di lamierino leggero esterno al tubo forma, che verrà lasciato in posto. Cura particolare dovrà usarsi affinché non si verifichino soluzioni di continuità nel getto di calcestruzzo, in particolare quando il costipamento avviene per pestonatura e ciò specialmente al momento della sfilatura del tubo forma.

In presenza di terre sciolte in acqua potrà procedersi al getto del conglomerato per maggiori altezze, senza pestonamento al fine di evitare sifonamenti nel tubo.

Per i pali trivellati la portata limite verrà determinata in sede di progetto in relazione alle caratteristiche geognostiche degli strati attraversati e con l'uso di formule ben conosciute (Dorr, Cagnot, Kerisel o altre) considerando nella sua probabile realtà l'attrito laterale. La portata di esercizio sarà data dalla portata limite divisa per il coefficiente di sicurezza derivante dalla formula usata. La effettiva portata verrà valutata all'atto esecutivo mediante prove di carico su prototipi.

Per le prove di carico si terranno presenti le norme e prescrizioni indicate per i pali battuti formati in opera.

#### **d) Micropali**

I micropali saranno eseguiti mediante trivellazione a rotazione o rotoperussione a mezzo di speciale attrezzatura atta a consentire l'esecuzione del palo con una prevista inclinazione in terreno di qualsiasi natura e consistenza, compresa la roccia.

A trivellazione compiuta si procederà al getto che sarà eseguito ad aria compressa con l'aiuto di apposita testa di tenuta con estrazione graduale del tubo forma.

L'impasto sarà dosato con b q.li/mc di cemento 425 per me di sabbia vagliata e con eventuale aggiunta di sostanze speciali per rendere l'impasto fluido. Il getto dovrà essere compatto e privo di vuoti.

#### **e) Tiranti di ancoraggio**

Sono costituiti da elementi orizzontali o sub-orizzontali di collegamento fra parade ed il terreno retrostante, aventi lo scopo di assorbire le spinte da monte, per consolidamento di opere preesistenti e contenimento di masse di terreno instabile.

I tiranti sono costituiti da nuclei di acciaio ad elevato limite elastico tipo c.a.p., formati con fili, trecce, trefoli, barre, alloggiati in appositi fori dove sono avvolti da malta cementizia ed ancorati saldamente al terreno mediante la parte terminate (bulbo): sono sottoposti ad adeguata tensione preventiva attraverso l'apposita testata di ancoraggio.

I fori del diametro di 154 mm. e di lunghezza fino a 30 m, saranno eseguiti con sonde a rotazione o a rotoperussione, con rivestimento se necessario e con eventuale impiego di fanghi bentonitici; le iniezioni di adatta miscela dovranno assicurare dapprima la formazione del bulbo terminate e quindi il rivestimento della parte libera, sino alla testata.

La pretensione da applicare ai tiranti sarà effettuata solo dopo sufficiente maturazione del bulbo di ancoraggio (28 giorni dall'ultima iniezione, o meno secondo il tipo di miscela), e dovrà raggiungere un valore finale pari a 1,15 T, dove T è la capacità utile della pretensione definita nello 0,55 della trazione corrispondente all'allungamento permanente dello 0,2%/0; l'aumento del 15% è previsto per assorbire la caduta di tensione per rilassamento.

Prima di iniziare la tesatura di ogni singolo tirante, saranno tirati singolarmente e con forza opportuna gli elementi componenti, per eliminare le eventuali differenze di lunghezze nella parte libera; la tensione finale al valore di carico verrà raggiunta per successivi incrementi di 0,25 T e con un'ultima quinta fase di tiro, pari allo 0,15 T, di cui sopra si è detto.

Per alcuni tiranti (uno ogni 10 o frazioni) scelti dalla Direzione Lavori, si dovranno lasciare accessibili le teste di ancoraggio, per eventuali controlli o ritature.

In caso di cedimenti all'atto del tiro, saranno sospese le operazioni per riprendere le iniezioni del bulbo di ancoraggio.

Le altre norme da applicare per il controllo degli acciai, per l'esecuzione delle iniezioni e della tesatura, ecc. sono le stesse del D.M. 14.02.1992 e successivi aggiornamenti emanati in applicazione dell'art. 21 della Legge 511111971 n. 1086.

Le opere murarie interessate dai descritti tiranti di ancoraggio saranno costituite in precedenza, o potranno venir eseguite mano a mano che i tiranti si realizzano; le relative modalità esecutive così come quelle per la loro misurazione e valutazione sono riportate nei rispettivi articoli.

#### **f) Ordine da tenersi nell'andamento dei lavori**

Prima di dare inizio ai lavori l'Impresa è tenuta ad informarsi presso i proprietari se eventualmente nelle zone nelle quali ricadono le opere esistano cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, fognature, metanodotti, etc.).

In caso affermativo l'Impresa dovrà comunicare agli Enti proprietari di dette opere la data presumibile della esecuzione dei lavori nelle zone interessate chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, etc.) necessari al fine di mettersi in grado di eseguire i lavori con quelle cautele opportune per evitare danni alle accennate opere.

Qualora, una volta riconosciuta l'esatta ubicazione di dette opere, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, si ritenesse indispensabile lo spostamento di alcune di queste che necessariamente intralciano o la cui posizione non è compatibile con la realizzazione delle opere previste in progetto si procederà al loro spostamento, dandone avviso ai rispettivi proprietari.

Qualsiasi opera che verrà danneggiata ed il cui spostamento non sarà stato preventivamente concordato con la Direzione dei Lavori, sarà ripristinata a spese della Ditta appaltatrice. Nei confronti dei proprietari delle opere danneggiate l'unica responsabile rimane l'Impresa, rimanendo del tutto estranea l'Amministrazione da qualsiasi vertenza, sia essa civile che penale.

Nella demolizione si dovrà avere particolare attenzione a non deteriorare quei materiali o manufatti che possono ancora, a giudizio della Direzione dei Lavori, impegnarsi utilmente sottopena di rivalsa danni verso la Ditta appaltatrice.

In genere l'Appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché essa, a giudizio della Direzione, non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere.

La Stazione Appaltante si riserva in ogni modo il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze dipendenti dalla esecuzione di opere ed alla consegna delle forniture escluse dall'appalto, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o fame oggetto di richiesta di speciali compensi.

## **12 Opere elettriche**

Gli impianti elettrici sono costituiti da:

- *Parco Eolico*: costituito da n°6 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,6 MW che convertono l'energia cinetica del vento in energia elettrica per mezzo di un generatore elettrico. Un trasformatore elevatore 0,690/36 kV porta la tensione al valore di trasmissione interno dell'impianto;
- *linee interrate in AT a 36 kV*: convogliano la produzione elettrica degli aerogeneratori alla Cabina di Consegna;
- *Cabina di Consegna*: raccoglie le linee in AT a 36 kV per la successiva consegna alla rete AT. In questa cabina vengono posizionati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta;
- *Sistema di accumulo*: della potenza di 12 MW;
- *Cavidotto di consegna a 36 kV*: cavo di collegamento a 36 kV tra la Cabina di Consegna e la futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 220/150/36 Kv della RTN.

### **12.1 Linee interrate a 36 kV**

La rete di alta tensione a 36 kV dell'impianto eolico sarà composta da n° 2 circuiti con posa completamente interrata, a cui va aggiunto una breve 3° circuito per l'impianto di accumulo. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole allegate.

Nelle tavole allegate al progetto vengono anche riportati lo schema unifilare dove con indicazione della lunghezza e della sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e viene descritta la modalità e le caratteristiche di posa interrata.

### **12.2 Caratteristiche dei cavi**

La rete a 36 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARE4H1R (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella seguente tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1 K m /W):

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]
630	704	0,061

Caratteristiche elettriche cavo MT

### **12.3 Profondità di posa e disposizione dei cavi**

I cavi verranno posati con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore. Su terreni pubblici e su strade pubbliche la profondità di posa dovrà essere comunque non inferiore a 1,2 m previa autorizzazione della Provincia. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata. Mantenendo valide le ipotesi di temperatura e resistività del terreno, i valori di portata indicati nel precedente paragrafo vanno moltiplicati per dei coefficienti di correzione che tengono conto della profondità di posa di progetto, del numero di cavi presenti in ciascuna trincea e della ciclicità di utilizzo dei cavi. Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 o 750, mentre i tubi 250 devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

In questi casi si applicheranno i seguenti coefficienti:

- lunghezza  $\leq$  15m: nessun coefficiente riduttivo,
- lunghezza  $\geq$  15 m: 0,8 m,
- Si installerà una terna per tubo che dovrà avere un diametro doppio di quello apparente della terna di cavi.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

### **12.4 Rete di terra**

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 Cabina di Consegna (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza),
- maglia di terra della Cabina di Consegna.

La rete sarà formata da un conduttore nudo in rame da 50 mm<sup>2</sup> e si assumerà un valore di resistività  $\rho$  del terreno pari a 150  $\Omega$ m.

### **12.5 Cadute di tensione e perdite di potenza**

Sulla base dei calcoli svolti e di seguito riportati, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- Cadute di tensione massima nel circuito 1: 3,7 %
- Perdite totali rete AT: 2,4 % (938 kW)

### **12.6 Cabina di consegna**

La Cabina di Consegna è necessaria per raccogliere le linee a 36 kV provenienti dal parco eolico e dal BESS per lo scambio di energia con la rete di TERNA.

La corrente massima di esercizio in AT è di 699 A, corrispondente al regime di piena potenza del PE, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati.

Il sistema è costituito da:

- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della linea di consegna a TERNA,
- N°2 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della rete a 36 kV del Parco Eolico ed il sistema di accumulo,
- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione per il sistema di accumulo,
- N°1 celle di misura,
- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari.

All'interno dell'edificio tecnico saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

### **12.7 Caratteristiche apparati**

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale:..... 36 kV
- Tensione massima:..... 40,5 kV
- Livello di isolamento
  - Tensione a impulso atmosferico ..... 185 kV
  - Tensione a frequenza industriale..... 95 kV
- Corrente nominale di cortocircuito:..... 31,5 kA
- Tempo di estinzione del guasto: ..... 0,5 s

Nel sistema a 36 kV all'interno della Cabina di Consegna si utilizzano cavi isolati e segregati in apposite celle prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

### **12.8 Impianto di accumulo**

L'impianto eolico sarà dotato di un sistema di accumulo della potenza di 12 MW. Il layout prevede la disposizione di n. 14 battery container (dim. 12,142 m x 2,438 m), n. 4 inverter e n. 2 trasformatori, il tutto all'interno di un'area recintata avente un'area di circa 1.575 m<sup>2</sup>.

L'impianto di accumulo potrà operare come sistema integrato all'impianto al fine di accumulare una parte della produzione del medesimo, non dispacciata in rete e rilasciarla in orari in cui l'impianto non è in produzione o ha una produzione limitata. L'impianto di accumulo, inoltre potrà operare in maniera indipendente al fine di fornire servizi ausiliari alla rete operando sui mercati dell'energia elettrica e dei servizi, in particolare come arbitraggio sul MGP (Mercato del Giorno Prima) e sul MI (Mercato Intra-giornaliero) e come Riserva Primaria, Riserva Secondaria, Riserva Terziaria sul MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) e partecipare ai progetti speciali che verranno banditi da Terna negli anni a venire per l'approvvigionamento di nuovi servizi di rete. Infine, l'Impianto di accumulo con l'impianto di produzione, potrà partecipare al mercato della capacità sulla piattaforma dell'operatore di rete.

### ***12.9 Cavidotto di consegna a 36 kV***

La Cabina di Consegna verrà collegata alla nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 220/150/36 kV della RTN per mezzo di un breve tratto di linea interrata a 36 kV della lunghezza di circa 113,719 m. Verranno utilizzate n°2 terne di cavi unipolari ARE4H1R (o equivalente) di sezione unitaria pari a 630 mm<sup>2</sup>, in parallelo con posa diretta nel terreno.

La linea di collegamento a 36 kV dell'impianto di Utente alla stazione RTN sarà dotata di vettori ridonati in Fibra Ottica fra gli estremi con coppie di fibre disponibili e indipendenti utilizzabili per telemisure e telesegnali da scambiare con Terna, lo scambio dei segnali associati alla regolazione locale della tensione, segnali di telescatto associati al sistema di protezione dei reattori shunt di linea, eventuali segnali logici e/o analogici richiesti dai sistemi di protezione e segnali per il sistema di Difesa.

### **13. Lavori diversi non specificati nei precedenti articoli**

Per tutti i materiali, le forniture e le categorie di lavoro previste nei prezzi di Elenco, ma non specificate o descritte negli articoli precedenti, si applicheranno integralmente, per quanto applicabili, le norme di accettazione e le modalità di esecuzione (nonché i criteri di misurazione) prescritte negli articoli di pertinenza del "Capitolato Speciale tipo per appalti di lavori edilizi" stampato dalla Tipografia dello Stato a cura del Ministero dei LL.PP., ultima edizione, nonché tutte le norme legislative successivamente emanate a modifica delle stesse materie.

ALLEGATI:

Developer Package

I progettisti:



ing. Giovanni Guzzo Foliaro



ing. Amedeo Costabile



ing. Francesco Meringolo

# Developer Package

## SG 6.6-170

Document ID and revision	Status	Date (yyyy-mm-dd)	Language
D2830475/016	Approved	2022-07-08	en-US

Original or translation of
Original

File name
D2830475_016 SGRE ON SG 6.6-170 Developer Package/.pdf

Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 222, 48170, Zamudio, Vizcaya, Spain  
+34 944 03 73 52 – info@siemensgamesa.com – www.siemensgamesa.com

**Disclaimer of liability and conditions of use** To the extent permitted by law, neither Siemens Gamesa Renewable Energy A/S nor any of its affiliates in the Siemens Gamesa group including Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. and its subsidiaries (hereinafter “SGRE”) gives any warranty of any type, either express or implied, with respect to the use of this document or parts thereof other than the use of the document for its intended purpose. In no event will SGRE be liable for damages, including any general, special, incidental or consequential damages, arising out of the use of the document, the inability to use the document, the use of data embodied in, or obtained from, the document or the use of any documentation or other material accompanying the document except where the documents or other material accompanying the documents becomes part of an agreement between you and SGRE in which case the liability of SGRE will be regulated by the said agreement. SGRE reviews this document at regular intervals and includes appropriate amendments in subsequent issues. The intellectual property rights of this document are and remain the property of SGRE. SGRE reserves the right to update this documentation from time to time, or to change it without prior notice.

## Application of the Developer Package

The Developer Package serves the purpose of informing customers about the latest planned product development from Siemens Gamesa Renewable Energy A/S and its affiliates in the Siemens Gamesa group including Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. and its subsidiaries (hereinafter “SGRE”). By sharing information about coming developments, SGRE can ensure that customers are provided with necessary information to make decisions.

Furthermore, the Developer Package can assist in guiding prospective customers with the indicated technical footprint of the SG 6.6-170 and the different product variants in cases where financial institutes, governing bodies, or permitting entities require product specific information in their decision processes.

All technical data contained in the Developer Package is subject to change owing to ongoing technical developments of the wind turbine. Consequently, SGRE and its affiliates reserve the right to change the below specifications without prior notice. Information contained within the Developer Package may not be treated separately or out of the context of the Developer Package.

## Table of contents

Application of the Developer Package .....	2
1. Introduction .....	4
2. Technical Description .....	5
3. Technical Specification .....	7
4. Nacelle Arrangement .....	8
5. Nacelle Dimensions .....	9
6. Elevation Drawing .....	10
7. Blade Drawing .....	13
8. Tower Dimensions .....	14
9. Design Climatic Conditions .....	17
10. Power Derating Curves by Ambient Temperature .....	19
11. Flexible Rating Specification .....	26
12. Standard Ct and Power Curve, Rev. 1, Mode AM 0 .....	28
13. Acoustic Emission .....	33
14. Electrical Specification .....	26
15. Simplified Single Line Diagram .....	35
16. Transformer Specifications ECO 30 kV .....	35
17. Switchgear Specifications .....	36
18. Grid Connection Capabilities .....	38
19. Reactive Power Capability - 50 & 60 Hz .....	41
20. SCADA System Description .....	48
21. Codes and Standards .....	50
22. Ice Detection System and Operations with Ice .....	52

# 1. Introduction

The SG 6.6-170 is a new variant of the next generation Siemens Gamesa Onshore Geared product platform called Siemens Gamesa 5.X, which builds directly on the SG 6.2-170 variant.

With an updated 83.3 m blade, an upgraded gearbox and an extensive tower portfolio including hub heights ranging from 115 m to 165 m, the SG 6.6-170 aims at becoming a new benchmark in the market for efficiency and profitability.

This Developer Package describes the turbine technical specifications and provides information for the main components and subsystems.

For further information, please contact your regional SGRE Sales Manager.

## 2. Technical Description

### **Rotor-Nacelle**

The rotor is a three-bladed construction, mounted upwind of the tower. The power output is controlled by pitch and torque demand regulation. The rotor speed is variable and is designed to maximize the power output while maintaining loads and noise level.

The nacelle has been designed for safe access to all service points during scheduled service. In addition, the nacelle has been designed for safe presence of service technicians in the nacelle during Service Test Runs with the wind turbine in full operation. This allows a high-quality service of the wind turbine and provides optimum troubleshooting conditions.

### **Blades**

Siemens Gamesa 5.X blades are made up of fiberglass infusion & carbon pultruded-molded components. The blade structure uses aerodynamic shells containing embedded spar-caps, bonded to two main epoxy-fiberglass-balsa/foam-core shear webs. The Siemens Gamesa 5.X blades use a blade design based on SGRE proprietary airfoils.

### **Rotor Hub**

The rotor hub is cast in nodular cast iron and is fitted to the drive train low speed shaft with a flange connection. The hub is sufficiently large to provide room for service technicians during maintenance of blade roots and pitch bearings from inside the structure.

### **Drive train**

The drive train is a 4-points suspension concept: main shaft with two main bearings and the gearbox with two torque arms assembled to the main frame.

The gearbox is in cantilever position; the gearbox planet carrier is assembled to the main shaft by means of a flange bolted joint and supports the gearbox.

### **Main Shaft**

The low speed main shaft is forged and transfers the torque of the rotor to the gearbox and the bending moments to the bedframe via the main bearings and main bearing housings.

### **Main Bearings**

The low speed shaft of the wind turbine is supported by two tapered roller bearings. The bearings are grease lubricated.

### **Gearbox**

The gearbox is 3 stages high speed type (2 planetary + 1 parallel).

### **Generator**

The generator is a doubly-fed asynchronous three phase generator with a wound rotor, connected to a frequency PWM converter. Generator stator and rotor are both made of stacked magnetic laminations and formed windings. Generator is cooled by air.

### **Mechanical Brake**

The mechanical brake is fitted to the non-drive end of the gearbox.

### **Yaw System**

A cast bed frame connects the drive train to the tower. The yaw bearing is an externally geared ring with a friction bearing. A series of electric planetary gear motors drives the yawing.

**Nacelle Cover**

The weather screen and housing around the machinery in the nacelle is made of fiberglass-reinforced laminated panels.

**Tower**

The wind turbine is as standard mounted on a tapered tubular steel tower. Other tower technologies are available for higher hub heights. The tower has internal ascent and direct access to the yaw system and nacelle. It is equipped with platforms and internal electric lighting.

**Controller**

The wind turbine controller is a microprocessor-based industrial controller. The controller is complete with switchgear and protection devices and is self-diagnosing.

**Converter**

Connected directly with the Rotor, the Frequency Converter is a back to back 4Q conversion system with 2 VSC in a common DC-link. The Frequency Converter allows generator operation at variable speed and voltage, while supplying power at constant frequency and voltage to the MV transformer.

**SCADA**

The wind turbine provides connection to the SGRE SCADA system. This system offers remote control and a variety of status views and useful reports from a standard internet web browser. The status views present information including electrical and mechanical data, operation and fault status, meteorological data and grid station data.

**Turbine Condition Monitoring**

In addition to the SGRE SCADA system, the wind turbine can be equipped with the unique SGRE condition monitoring setup. This system monitors the vibration level of the main components and compares the actual vibration spectra with a set of established reference spectra. Review of results, detailed analysis and reprogramming can all be carried out using a standard web browser.

**Operation Systems**

The wind turbine operates automatically. It is self-starting when the aerodynamic torque reaches a certain value. Below rated wind speed, the wind turbine controller fixes the pitch and torque references for operating in the optimum aerodynamic point (maximum production) taking into account the generator capability. Once rated wind speed is surpassed, the pitch position demand is adjusted to keep a stable power production equal to the nominal value.

If high wind derated mode is enabled, the power production is limited once the wind speed exceeds a threshold value defined by design, until cut-out wind speed is reached and the wind turbine stops producing power.

If the average wind speed exceeds the maximum operational limit, the wind turbine is shut down by pitching of the blades. When the average wind speed drops back below the restart average wind speed, the systems reset automatically.

### 3. Technical Specification

Rotor	
Type	3-bladed, horizontal axis
Position	Upwind
Diameter	170 m
Swept area	22,698 m <sup>2</sup>
Power regulation	Pitch & torque regulation with variable speed
Rotor tilt	6 degrees

Blade	
Type	Self-supporting
Blade length	83,5 m
Max chord	4.5 m
Aerodynamic profile	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO2813
Surface color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Aerodynamic Brake	
Type	Full span pitching
Activation	Active, hydraulic

Load-Supporting Parts	
Hub	Nodular cast iron
Main shaft	Nodular cast iron
Nacelle bed frame	Nodular cast iron

Mechanical Brake	
Type	Hydraulic disc brake
Position	Gearbox rear end

Nacelle Cover	
Type	Totally enclosed
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO2813
Color	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Generator	
Type	Asynchronous, DFIG

Grid Terminals (LV)		
Baseline power	nominal	6.6MW
Voltage	690 V	
Frequency	50 Hz or 60 Hz	

Yaw System	
Type	Active
Yaw bearing	Externally geared
Yaw drive	Electric gear motors
Yaw brake	Active friction brake

Controller	
Type	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA system	MySite360

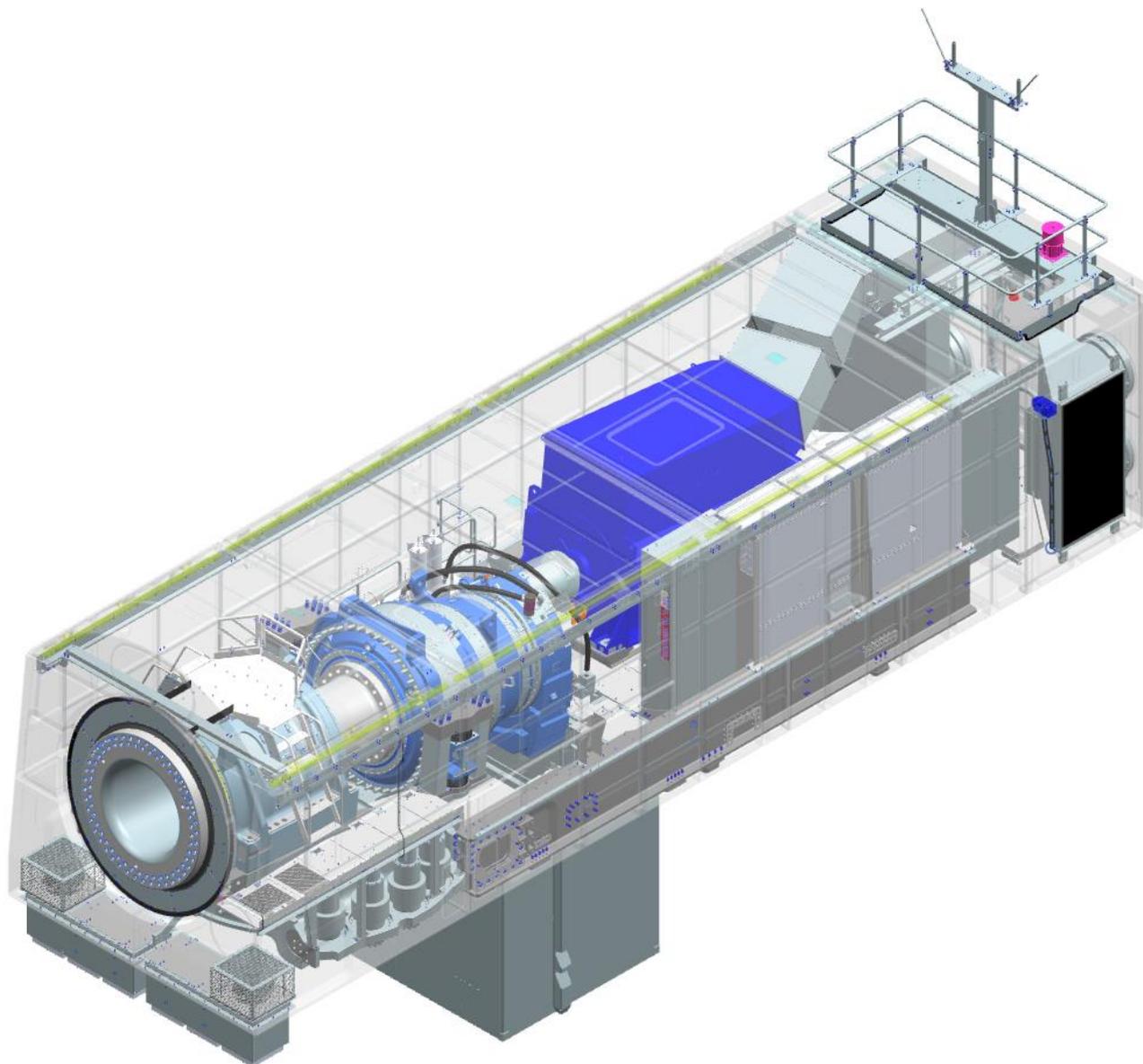
Tower	
Type	Tubular steel / Hybrid
Hub height	115m to 165 m and site-specific
Corrosion protection	
Surface gloss	Painted
Color	Semi-gloss, <30 / ISO-2813 Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Operational Data	
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	11.5 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed	25 m/s
Restart wind speed	22 m/s

Weight	
Modular approach	Different modules depending on restriction

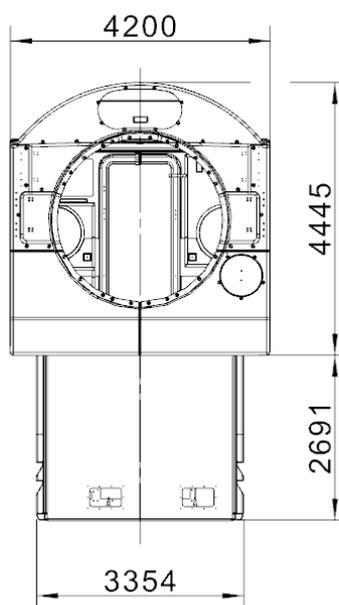
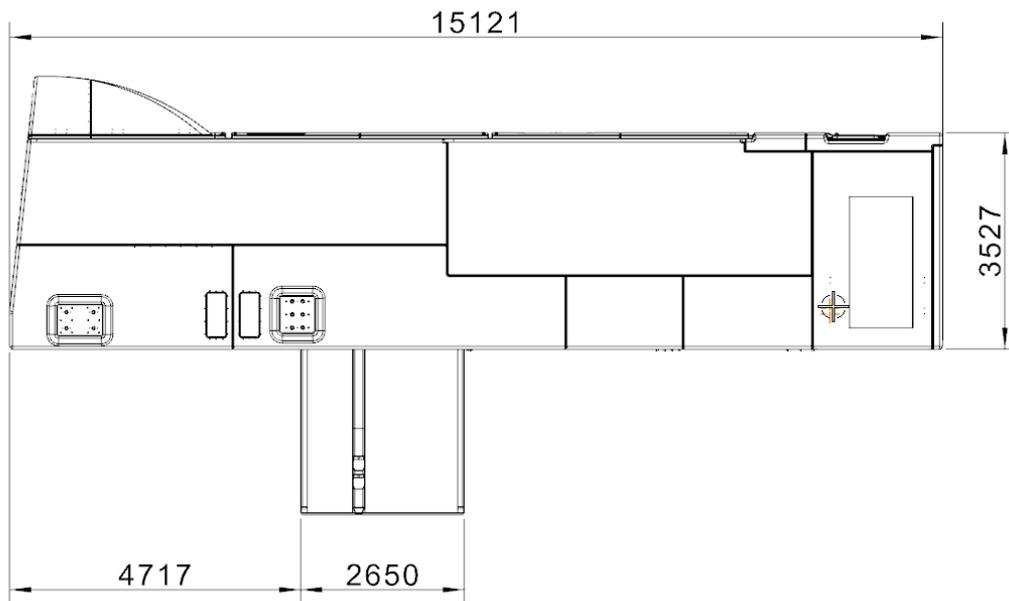
## 4. Nacelle Arrangement

The design and layout of the nacelle are preliminary and may be subject to changes during the development of the product.



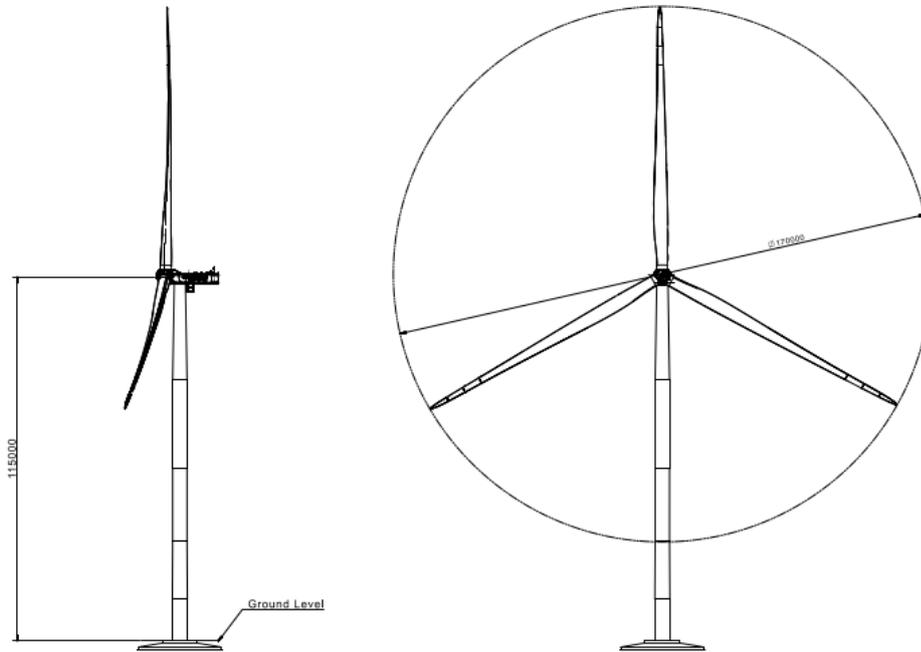
## 5. Nacelle Dimensions

The design and dimensions of the nacelle are preliminary and may be subject to changes during the development phases of the product.

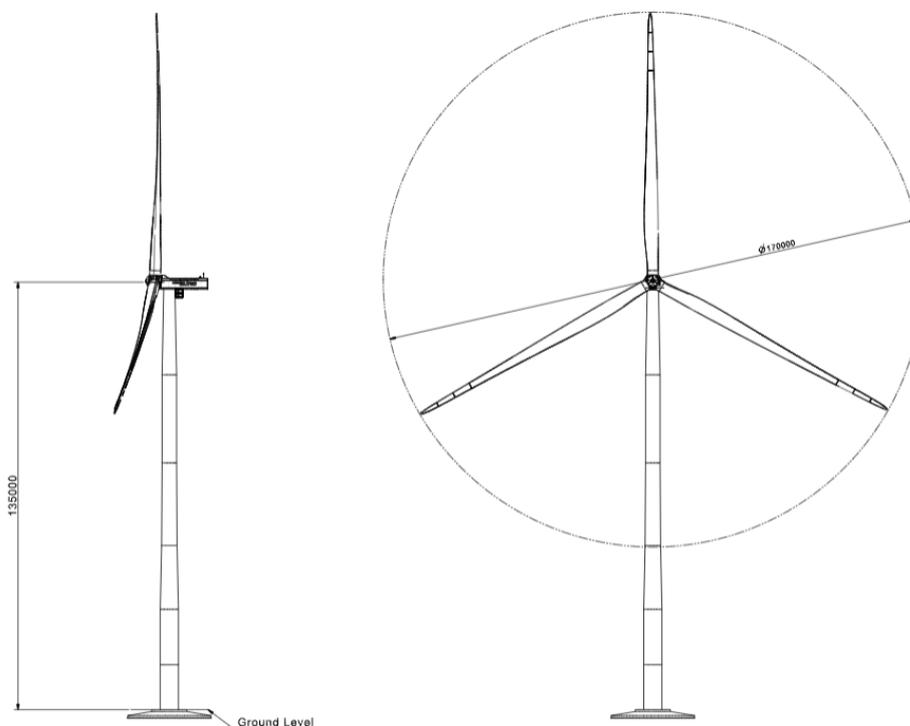


## 6. Elevation Drawing

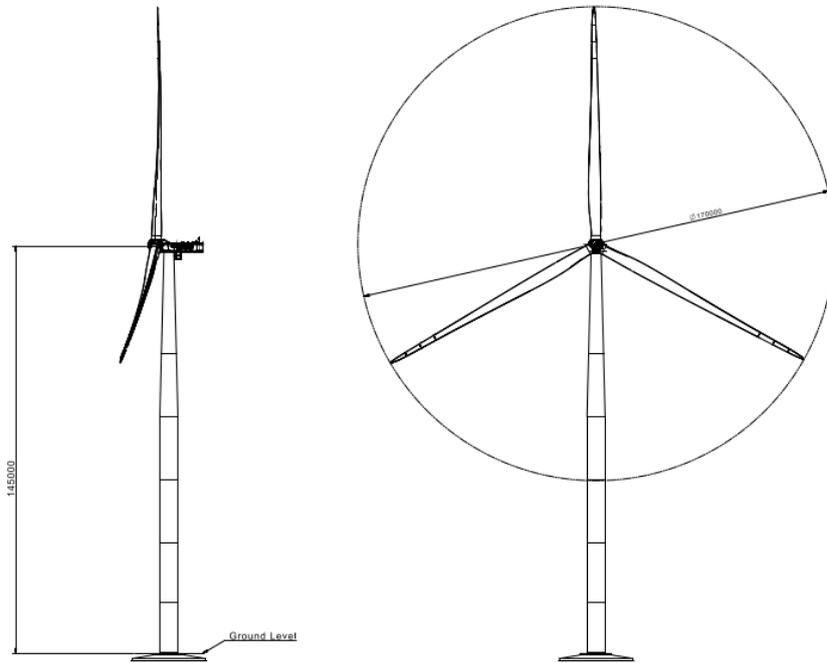
### 6.1. SG 6.6-170 115 m



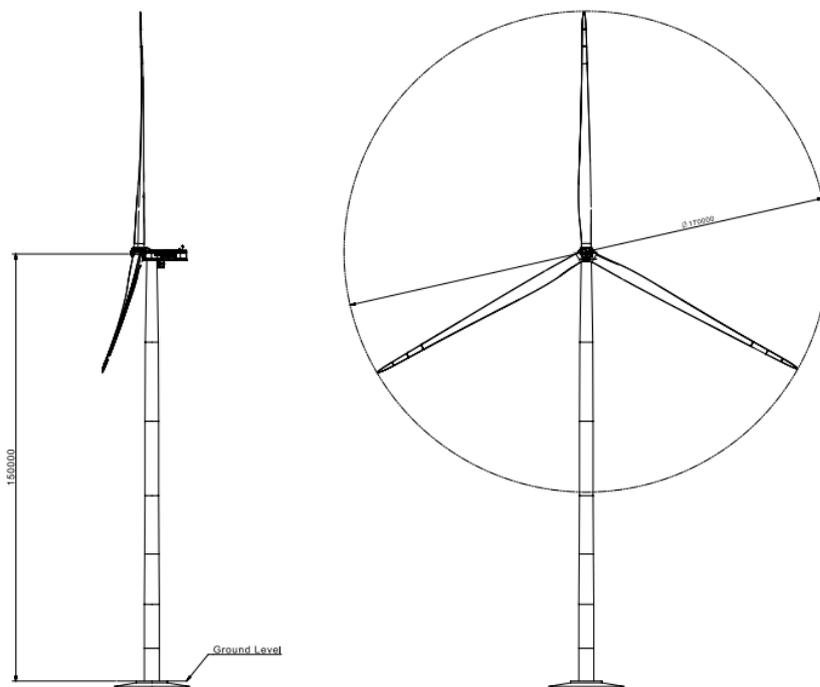
### 6.2. SG 6.6-170 135m



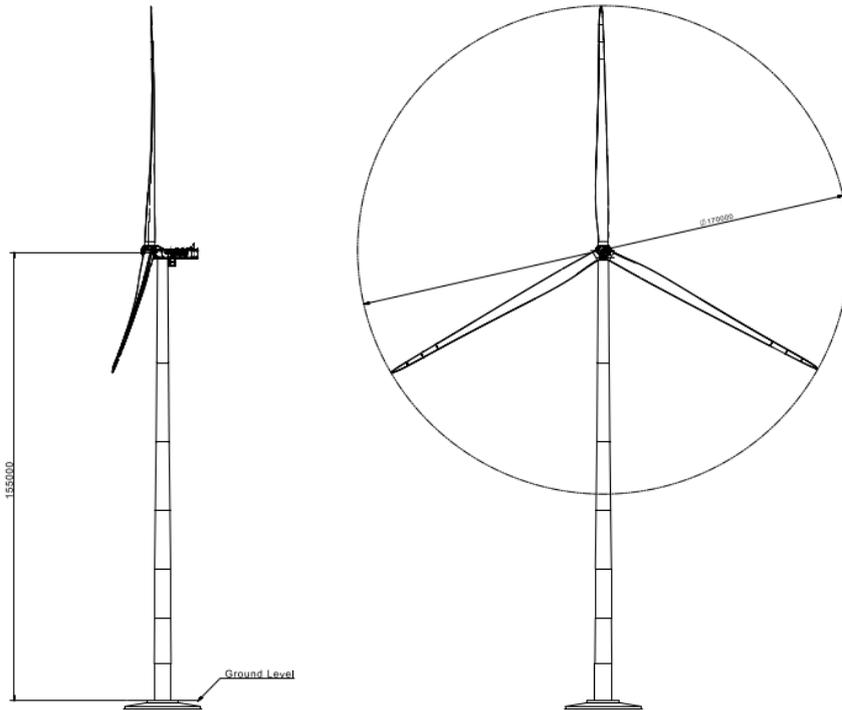
### 6.3. SG 6.6-170 145 m



### 6.4. SG 6.6-170 150 m



## 6.5. SG 6.6-170 155m



## 7. Blade Drawing



Dimensions in millimeter

## 8. Tower Dimensions

SG 6.6-170 is offered with an extensive tower portfolio ranging from 100m-165m. All towers are designed in compliance with local logistics requirements. Information about other tower heights and logistic will be available upon request.

### 8.1. Tower hub height 100m. Tapered tubular steel tower

T100-51B_Rev02b	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4
External diameter upper flange (m)	4,493	4,493	4,493	3,380
External diameter lower flange (m)	4,700	4,493	4,493	4,493
Section's height (m)	14,234	21,840	26,880	34,450
Flange type [bottom-top]	T-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	73788	78604	73621	69651
Total Tower weight (kg)	295664			

### 8.2. Tower hub height 110.5m. Tapered tubular steel tower

T110.5-50A_Rev03a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
External diameter upper flange (m)	4,543	4,543	4,543	4,543	4,543	3,503
External diameter lower flange (m)	4,551	4,543	4,543	4,543	4,543	4,543
Section's height (m)	9,304	14,840	17,920	20,440	22,400	23,000
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	62.150	68.398	69.997	63.621	53.106	50.336
Total Tower weight (kg)	367608					

### 8.3. Tower hub height 115m. Tapered tubular steel tower

T115.0-56A_Rev03a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
External diameter upper flange (m)	4,700	4,485	4,490	4,490	3,503
External diameter lower flange (m)	4,700	4,700	4,485	4,490	4,490
Section's height (m)	13,274	18,200	22,960	28,000	29,970
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	80089	78827	82122	74150	66283
Total Tower weight (kg)	381471				

### 8.4. Tower hub height 115m. Tapered tubular steel tower

T115.0-57A_Rev02a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
External diameter upper flange (m)	4.500	4.393	4.385	4.020	3.503
External diameter lower flange (m)	4.205	4.500	4.393	4.385	4.020
Section's height (m)	12,292	16,520	22,400	29,120	30,082
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	82.426	79.395	82.286	75.510	60.537
Total Tower weight (kg)	380154				

### 8.5. Tower hub height 115m. Tapered tubular steel tower

T115-58B_Rev01b	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
External diameter upper flange (m)	4.700	4.433	4.427	4.020	3.380
External diameter lower flange (m)	4.700	4.700	4.433	4.427	4.020
Section's height (m)	13,284	18,200	23,800	27,160	29,970
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	80.055	78.241	80.502	68.289	57.145
Total Tower weight (kg)	364232				

## 8.6. Tower hub height 135m. Tapered tubular steel tower

T135-52A_Rev03a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
External diameter upper flange (m)	5,683	5,680	4,832	4,524	4,518	3,503
External diameter lower flange (m)	6,000	5,683	5,680	4,832	4,524	4,518
Section's height (m)	14,160	17,360	20,160	26,040	27,720	26,974
Flange type [bottom-top]	T-L	L-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	87.286	83.972	83.763	86.821	68.428	56.565
Total Tower weight (kg)	466.836					

## 8.7. Tower hub height 135m. Tapered tubular steel tower

T135-54A_Rev08b	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
External diameter upper flange (m)	5,137	5,200	5,195	5,189	4,900	3,503
External diameter lower flange (m)	5,200	5,137	5,200	5,195	5,189	4,900
Section's height (m)	11,574	14,840	17,640	22,400	29,960	36,000
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	84.229	82.305	81.010	82.625	82.192	72.157
Total Tower weight (kg)	484.518					

## 8.8. Tower hub height 145m. Tapered tubular steel tower

T145.0-51A_Rev05a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
External diameter upper flange (m)	6,390	6,390	6,390	6,200	4,895	3,503
External diameter lower flange (m)	6,400	6,390	6,390	6,390	6,200	4,895
Section's height (m)	17,924	21,280	22,400	22,400	22,400	36,000
Flange type [bottom-top]	T-L	L-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	102614	102123	94235	81970	64755	84291
Total Tower weight (kg)	529988					

## 8.9. Tower hub height 150m. Tapered tubular steel tower

T150-50A_Rev02a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7
External diameter upper flange (m)	5,200	5,200	4,934	4,730	4,724	4,518	3,503
External diameter lower flange (m)	5,200	5,200	5,200	4,934	4,730	4,724	4,518
Section's height (m)	11,486	15,400	17,640	20,440	26,040	27,720	28,688
Flange type [bottom-top]	T-T	T-T	T-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	89875	87575	86506	86758	87129	68463	60905
Total Tower weight (kg)	567212						

## 8.10. Tower hub height 155m. Tapered tubular steel tower

T155.0-51A_Rev05a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7
External diameter upper flange (m)	5,758	5,510	5,507	5,010	4,432	4,015	3,503
External diameter lower flange (m)	5,800	5,758	5,510	5,507	5,010	4,432	4,015
Section's height (m)	12,880	15,680	17,080	20,160	23,520	27,440	35,850
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	90081	86929	85534	85621	85117	77921	74076
Total Tower weight (kg)	585279						

### 8.11. Tower hub height 165m. Hybrid concrete tower

T165-55A-MB_Rev01b	Concrete	Section 1	Section 2
External diameter upper flange (m)	4,528	4,291	3,503
External diameter lower flange (m)	9,148	4,301	4,291
Section's height (m)	94,69 <sup>1)</sup>	29,710	36,000
Flange type [bottom-top]		L-L	L-Top
Total weight (kg)		81659	71074
Total Tower weight (kg)		152733	

<sup>1)</sup> Raised foundation (2,3m) not included in concrete height

### 8.12. Tower hub height 165m. Tapered tubular steel tower

T165.0-57A_Rev02a	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8
External diameter upper flange (m)	5,800	5,799	5,795	5,791	5,256	4,668	4,079	3,503
External diameter lower flange (m)	5,800	5,800	5,799	5,795	5,791	5,256	4,668	4,079
Section's height (m)	12,034	15,120	16,800	19,040	22,680	24,920	24,920	26,890
Flange type [bottom-top]	T-T	T-L	L-L	L-L	L-L	L-L	L-L	L-Top
Total weight (kg)	89873	90083	89627	89599	89533	79877	60592	54913
Total Tower weight (kg)	644097							

## 9. Design Climatic Conditions

The design climatic conditions are the boundary conditions at which the turbine can be applied without supplementary design review. The specification in this document applies to SG 6.6-170.

Applications of the wind turbine in more severe conditions may be possible, depending upon the overall circumstances.

The design climatic conditions in this document are the standard climatic conditions but there are tower configurations which are designed to specific climatic conditions. These conditions are documented as part of the specific tower documentation.

All references made to standards such as the IEC and ISO are further specified in the document “Codes and Standards”. The design lifetime presented in the below table only applies to the fatigue load analysis performed in accordance with the presented IEC code. The term design lifetime and the use thereof do not constitute any express and/or implied warranty for actual lifetime and/or against failures on the wind turbines. Please see document for “design lifetime of wind turbine components” for more information.

Subject	ID	Issue	Unit	Value
<b>0. Design lifetime</b>	0.0	Design lifetime definition	-	IEC 61400-1 <sup>1</sup>
	0.1	Design lifetime	years	25
<b>1. Wind, operation</b>	1.1	Wind definitions	-	IEC 61400-1
	1.2	IEC class	-	S
	1.3	Mean air density, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.25
	1.4	Mean wind speed, $V_{ave}$	m/s	7.38
	1.5	Weibull scale parameter, A	m/s	8.3
	1.6	Weibull shape parameter, k	-	2.64
	1.7	Wind shear exponent, $\alpha$	-	0.36
	1.8	Reference turbulence intensity at 15 m/s, $I_{ref}$	-	0.16 <sup>2</sup>
	1.9	Standard deviation of wind direction	Deg	-
	1.10	Maximum flow inclination	Deg	8
	1.11	Minimum turbine spacing, in rows	D	-
	1.12	Minimum turbine spacing, between rows	D	-
<b>2. Wind, extreme</b>	2.1	Wind definitions	-	IEC 61400-1
	2.2	Air density, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.225
	2.3	Reference wind speed average over 10 min at hub height, $V_{ref}$	m/s	42.5 <sup>3</sup>
	2.4	Maximum 3 s gust in hub height, $V_{e50}$	m/s	59.5
	2.5	Maximum hub height power law index, $\alpha$	-	0.11
	2.6	Storm turbulence	-	N/A
<b>3. Temperature</b>	3.1	Temperature definitions	-	IEC 61400-1
	3.2	Minimum temperature at 2 m, stand-still, $T_{min, s}$	Deg.C	-30
	3.3	Minimum temperature at 2 m, operation, $T_{min, o}$	Deg.C	-20
	3.4	Maximum temperature at 2 m, operation, $T_{max, o}$	Deg.C	40 <sup>4,5</sup>
	3.5	Maximum temperature at 2 m, stand-still, $T_{max, s}$	Deg.C	50
<b>4. Corrosion</b>	4.1	Atmospheric-corrosivity category definitions	-	ISO 12944-2

<sup>1</sup> All mentioning of IEC 61400-1 refers to IEC 61400-1:2018 Ed4.

<sup>2</sup> NTM and ETM as per IEC A

<sup>3</sup> EWM as per IEC 2

<sup>4</sup> Maximum power output may be limited after an extended period of operation with a power output close to nominal power. The limitation depends on air temperature and air density as further described in the High Temperature Ride Through specification.

<sup>5</sup> When ambient temperature exceeds 40deg turbine will go into extended operation. Turbine will not stop until component temperature thresholds are exceeded. Actual turbine stop is expected between 42-45deg.

Subject	ID	Issue	Unit	Value
	4.2	Internal nacelle environment (corrosivity category)	-	C3H (std) ≥C3H (high C)
	4.3	Exterior environment (corrosivity category)	-	C3H (std) ≥C3H (high C)
<b>5. Lightning</b>	5.1	Lightning definitions	-	IEC61400-24:2010
	5.2	Lightning protection level (LPL)	-	LPL 1
<b>6. Dust</b>	6.1	Dust definitions	-	IEC 60721-3-4:1995
	6.2	Working environmental conditions	mg/m <sup>3</sup>	Average Dust Concentration (95% time) → 0.05 mg/m <sup>3</sup>
	6.3	Concentration of particles	mg/m <sup>3</sup>	Peak Dust Concentration (95% time) → 0.5 mg/M <sup>3</sup>
<b>7. Hail</b>	7.1	Maximum hail diameter	mm	20
	7.2	Maximum hail falling speed	m/s	20
<b>8. Ice</b>	8.1	Ice definitions	-	-
	8.2	Ice conditions	Days/yr	7
<b>9. Solar radiation</b>	9.1	Solar radiation definitions	-	IEC 61400-1
	9.2	Solar radiation intensity	W/m <sup>2</sup>	1000
<b>10. Humidity</b>	10.1	Humidity definition	-	IEC 61400-1
	10.2	Relative humidity	%	Up to 95
<b>11. Obstacles</b>	11.1	If the height of obstacles within 500m of any turbine location height exceeds 1/3 of (H – D/2) where H is the hub height and D is the rotor diameter then restrictions may apply. Please contact Siemens Gamesa Renewable Energy for information on the maximum allowable obstacle height with respect to the site and the turbine type.		
<b>12. Precipitation<sup>6</sup></b>	12.1	Annual precipitation	mm/yr	1100

<sup>6</sup> The specified maximum precipitation considers standard liquid Leading Edge Protection. For sites with higher annual precipitation and/or longer lifetime, it is recommended to consider optional reinforced Leading Edge Protection.

## 10. Power Derating Curves by Ambient Temperature

### 10.1. SG 6.6-170 AM0 STD

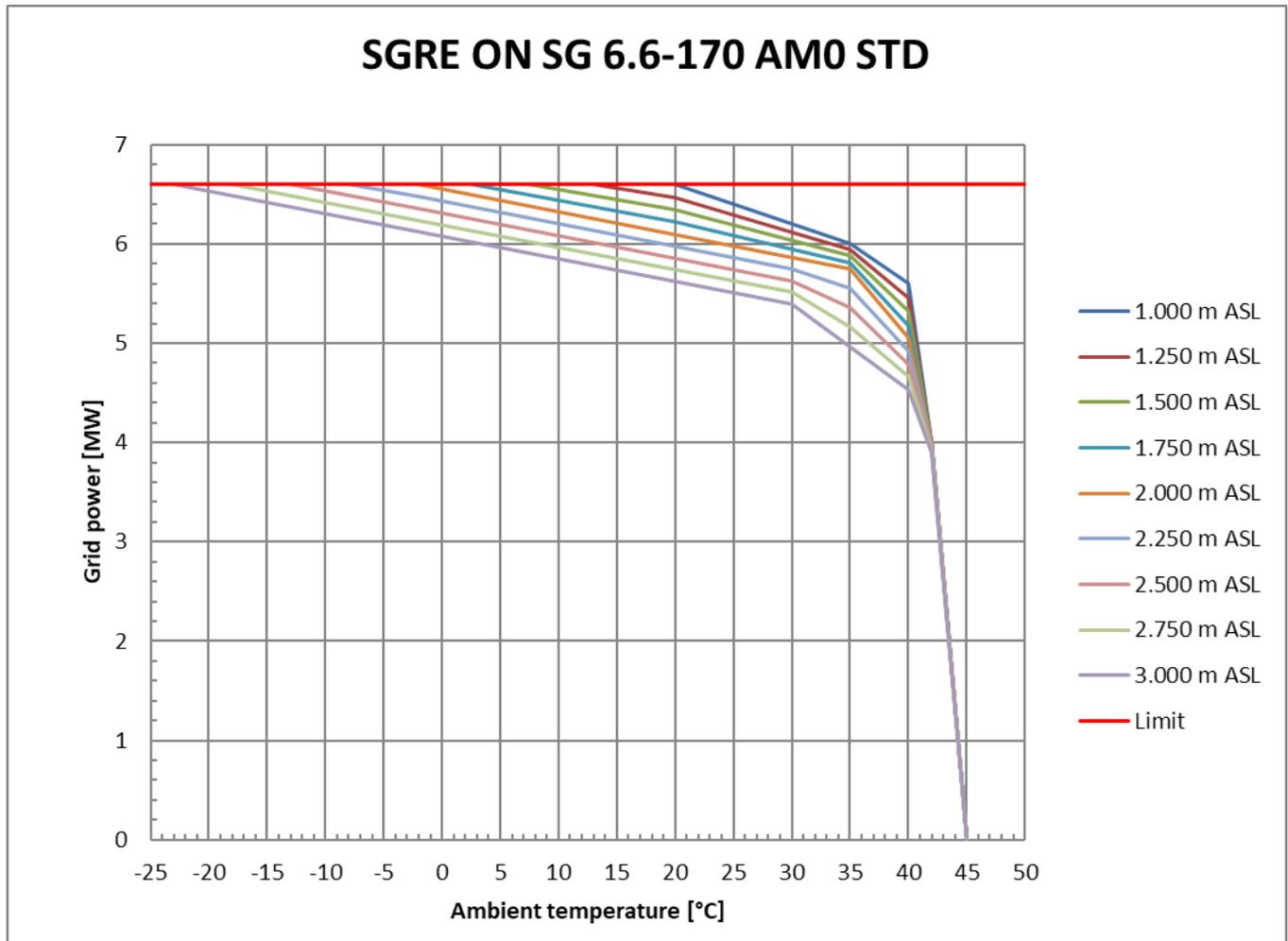


Figure 1: SG 6.6-170 AM0 STD power derating curves by ambient temperature and altitude

Table 1: SG 6.6-170 AM0 STD grid power as function of ambient temperature and altitude

<b>SGRE ON SG 6.6-170 AM0 STD</b>		<b>6.60</b>	<b>MW</b>	<b>8.83</b>	<b>RPM</b>			
<b>Altitude</b>		<b>1,000 m ASL</b>						
<b>Temp.</b>	<b>°C</b>	<b>20</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>45</b>		
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>6.6</b>	<b>6</b>	<b>5.6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		
<b>Load</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.91</b>	<b>0.85</b>	<b>0.61</b>	<b>0</b>		
<b>Altitude</b>		<b>1,250 m ASL</b>						
Temp.	°C	13	20	35	40	42	45	
Power	MW	6.6	6.47	5.94	5.46	4	0	
Load	-	1	0.98	0.9	0.83	0.61	0	
<b>Altitude</b>		<b>1,500 m ASL</b>						
Temp.	°C	7.5	20	35	40	42	45	
Power	MW	6.6	6.35	5.88	5.32	4	0	
Load	-	1	0.96	0.89	0.81	0.61	0	
<b>Altitude</b>		<b>1,750 m ASL</b>						
Temp.	°C	2.5	20	35	40	42	45	
Power	MW	6.6	6.22	5.81	5.18	4	0	
Load	-	1	0.94	0.88	0.79	0.61	0	
<b>Altitude</b>		<b>2,000 m ASL</b>						
<b>Temp.</b>	<b>°C</b>	<b>-2</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>45</b>		
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>6.6</b>	<b>5.75</b>	<b>5.05</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		
<b>Load</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.87</b>	<b>0.77</b>	<b>0.61</b>	<b>0</b>		
<b>Altitude</b>		<b>2,250 m ASL</b>						
Temp.	°C	-8	-2	30	35	40	42	45
Power	MW	6.6	6.48	5.75	5.55	4.92	3.97	0
Load	-	1	0.98	0.87	0.84	0.74	0.6	0
<b>Altitude</b>		<b>2,500 m ASL</b>						
Temp.	°C	-13	-2	30	35	40	42	45
Power	MW	6.6	6.36	5.63	5.36	4.79	3.95	0
Load	-	1	0.96	0.85	0.81	0.73	0.6	0
<b>Altitude</b>		<b>2,750 m ASL</b>						
Temp.	°C	-18	-2	30	35	40	42	45
Power	MW	6.6	6.24	5.52	5.16	4.66	3.92	0
Load	-	1	0.95	0.84	0.78	0.71	0.59	0
<b>Altitude</b>		<b>3,000 m ASL</b>						
<b>Temp.</b>	<b>°C</b>	<b>-23</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>45</b>		
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>6.6</b>	<b>5.4</b>	<b>4.53</b>	<b>3.9</b>	<b>0</b>		
<b>Load</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.82</b>	<b>0.69</b>	<b>0.59</b>	<b>0</b>		

Table 2: SG 6.6-170 AM0 STD ambient temperature as function of grid power and altitude

SGRE ON SG 6.6-170 AM0 STD		6.6 MW			8.83 RPM					
Altitude	m ASL	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000
Power	MW	Ambient temperature (°C)								
6.6	6.6	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-23
6.6	6.6	20	13	7.5	2.5	-2	-8	-13	-18	-23
6.5	6.5	22.5	18.5	12.5	7	2.5	-3	-8.5	-13.5	-18.5
6.4	6.4	25	22	17.5	11.5	6.5	1.5	-3.5	-9	-14
6.3	6.3	27.5	25	21.5	16.5	11	6	1	-4.5	-10
6.2	6.2	30	27.5	24.5	21	15.5	10.5	5	0	-5.5
6.1	6.1	32.5	30.5	28	24.5	20	14.5	9.5	4.5	-1
6.0	6.0	35	33.5	31	28	24	19	14	8.5	3.5
5.9	5.9	36.5	35.5	34	32	28.5	23.5	18.5	13	8
5.8	5.8	37.5	36.5	35.5	35	33	27.5	22.5	17.5	12.5
5.7	5.7	39	37.5	36.5	36	35.5	31	27	22	17
5.6	5.6	40	38.5	37.5	36.5	36	34	30.5	26.5	21
5.5	5.5		39.5	38.5	37.5	37	35.5	32.5	30	25.5
5.4	5.4		40	39.5	38.5	37.5	36	34.5	31.5	30
5.3	5.3			40	39	38	37	35.5	33	31
5.2	5.2	40.5			40	39	38	36.5	34.5	32.5
5.1	5.1					39.5	38.5	37.5	35.5	33.5
5.0	5.0		40.5			40	39.5	38	36.5	34.5
4.9	4.9			40.5		40.5	40	39	37.5	35.5
4.8	4.8	41			40.5			40	38.5	37
4.7	4.7		41						39.5	38
4.6	4.6			41			40.5		40	39
4.5	4.5				41	41		40.5	40.5	40
4.4	4.4	41.5					41			40.5
4.3	4.3		41.5	41.5				41		
4.2	4.2				41.5	41.5	41.5		41	41
4.1	4.1							41.5	41.5	
4.0	4.0	42	42	42	42	42				41.5
3.9	3.9						42	42	42	42
3.3	3.3	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5			
3.2	3.2							42.5	42.5	42.5
2.6	2.6	43	43	43	43	43	43	43	43	43
2.0	2.0	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5				
1.9	1.9						43.5	43.5	43.5	43.5
1.3	1.3	44	44	44	44	44	44	44	44	44
0.6	0.6	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5
0.0	0.0	45	45	45	45	45	45	45	45	45

## 10.2. SG 6.6-170 AM0 HT

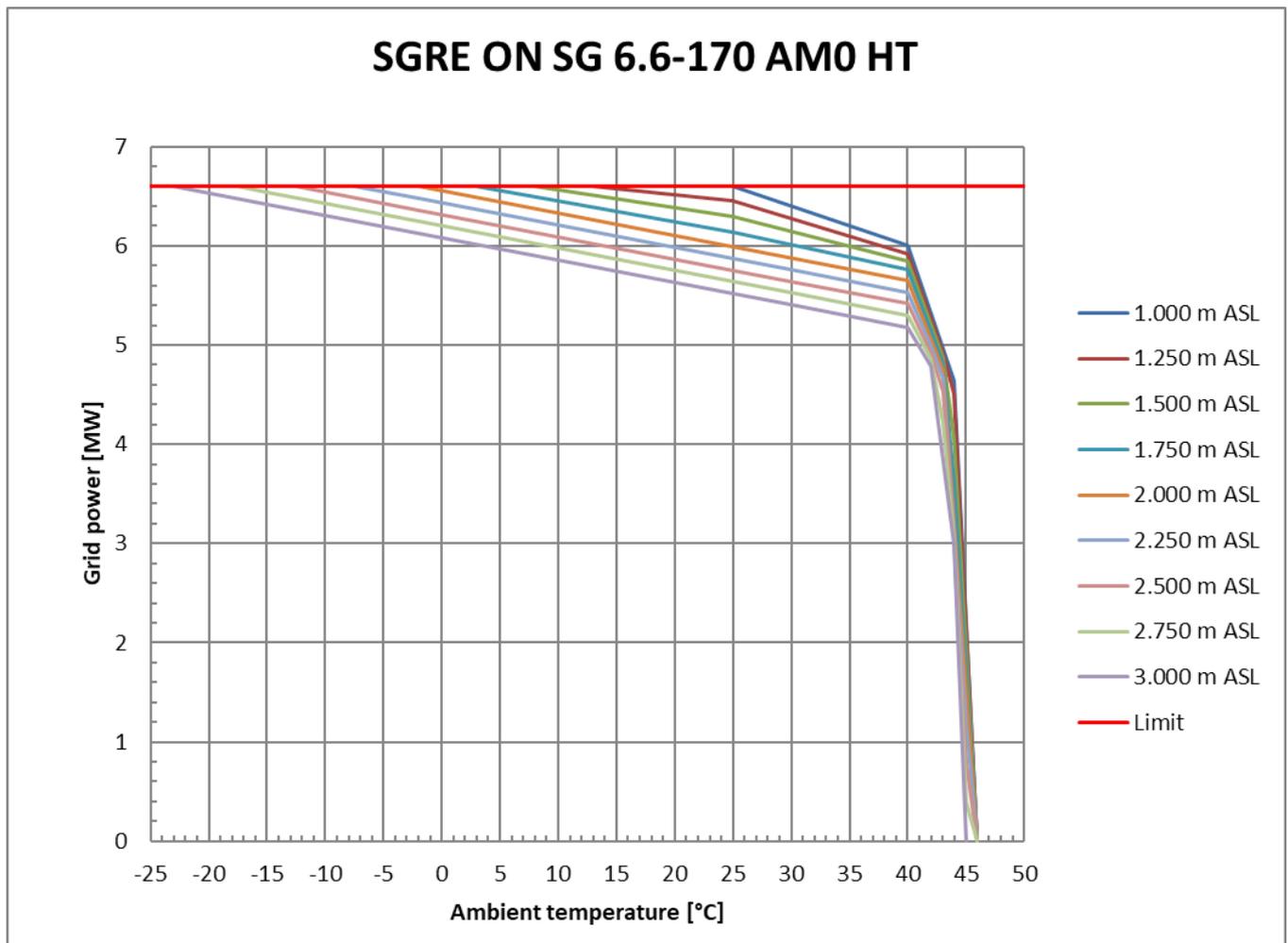


Figure 2: SG 6.6-170 AM0 HT power derating curves by ambient temperature and altitude

Table 3: SG 6.6-170 AM0 HT grid power as function of ambient temperature and altitude

SGRE ON SG 6.6-170 AM0 HT		6.60	MW	8.83	RPM						
<b>Altitude</b>		<b>1,000 m ASL</b>									
<b>Temp.</b>	<b>°C</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>46</b>						
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>6.6</b>	<b>6</b>	<b>4.64</b>	<b>0</b>						
<b>Load</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.91</b>	<b>0.7</b>	<b>0</b>						
<b>Altitude</b>		<b>1,250 m ASL</b>									
Temp.	°C	13	25	40	43	44	46				
Power	MW	6.6	6.45	5.92	4.92	4.51	0				
Load	-	1	0.98	0.9	0.75	0.68	0				
<b>Altitude</b>		<b>1,500 m ASL</b>									
Temp.	°C	8	25	40	43	44	46				
Power	MW	6.6	6.29	5.84	4.87	4.06	0				
Load	-	1	0.95	0.89	0.74	0.61	0				
<b>Altitude</b>		<b>1,750 m ASL</b>									
Temp.	°C	3	25	40	43	44	46				
Power	MW	6.6	6.14	5.76	4.81	3.61	0				
Load	-	1	0.93	0.87	0.73	0.55	0				
<b>Altitude</b>		<b>2,000 m ASL</b>									
<b>Temp.</b>	<b>°C</b>	<b>-2</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>46</b>						
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>6.6</b>	<b>5.65</b>	<b>4.75</b>	<b>0</b>						
<b>Load</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.86</b>	<b>0.72</b>	<b>0</b>						
<b>Altitude</b>		<b>2,250 m ASL</b>									
Temp.	°C	-7.5	-2	30	40	42	43	44	45	46	
Power	MW	6.6	6.48	5.76	5.53	4.99	4.66	3.12	1.19	0	
Load	-	1	0.98	0.87	0.84	0.76	0.71	0.47	0.18	0	
<b>Altitude</b>		<b>2,500 m ASL</b>									
Temp.	°C	-12.5	-2	30	40	42	43	44	45	46	
Power	MW	6.6	6.36	5.64	5.42	4.92	4.53	3.08	0.79	0	
Load	-	1	0.96	0.86	0.82	0.75	0.69	0.47	0.12	0	
<b>Altitude</b>		<b>2,750 m ASL</b>									
Temp.	°C	-17.5	-15	-2	30	40	42	43	44	45	46
Power	MW	6.6	6.54	6.25	5.53	5.3	4.86	4.21	3.04	0.39	0
Load	-	1	0.99	0.95	0.84	0.8	0.74	0.64	0.46	0.06	0
<b>Altitude</b>		<b>3,000 m ASL</b>									
<b>Temp.</b>	<b>°C</b>	<b>-23</b>	<b>-15</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>45</b>			
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>6.6</b>	<b>6.42</b>	<b>5.41</b>	<b>5.18</b>	<b>4.79</b>	<b>2.99</b>	<b>0</b>			
<b>Load</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.97</b>	<b>0.82</b>	<b>0.78</b>	<b>0.73</b>	<b>0.45</b>	<b>0</b>			

Table 4: SG 6.6-170 AM0 HT ambient temperature as function of grid power and altitude

SGRE ON SG 6.6-170 AM0 HT		6.6 MW		8.83 RPM						
Altitude	m ASL	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000
Power	MW	Ambient temperature (°C)								
6.6	6.6	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-23
6.6	6.6	25	13	8	3	-2	-7.5	-12.5	-17.5	-23
6.5	6.5	27.5	21	13.5	7.5	2.5	-3	-8	-13.5	-18.5
6.4	6.4	30	26.5	19	12.5	7	1.5	-3.5	-9	-14
6.3	6.3	32.5	29	24.5	17.5	11.5	6	1	-4.5	-9.5
6.2	6.2	35	32	28	22	15.5	10.5	5.5	0	-5
6.1	6.1	37.5	35	31.5	26.5	20	15	9.5	4.5	-0.5
6.0	6.0	40	38	35	30.5	24.5	19.5	14	9	3.5
5.9	5.9	40.5	40	38	34.5	29	24	18.5	13.5	8
5.8	5.8		40.5	40	38.5	33.5	28	23	18	12.5
5.7	5.7			40.5	40	38	32.5	27.5	22.5	17
5.6	5.6	41			40.5	40	37	32	26.5	21.5
5.5	5.5		41	41	41	40.5	40	36.5	31	26
5.4	5.4	41.5	41.5			41	40.5	40	35.5	30.5
5.3	5.3	42		41.5			41	40.5	40	35
5.2	5.2		42		41.5	41.5		41	40.5	39
5.1	5.1	42.5		42	42		41.5	41.5	41	40.5
5.0	5.0		42.5	42.5		42			41.5	41
4.9	4.9	43	43		42.5	42.5	42	42	42	41.5
4.8	4.8	43.5		43	43		42.5			42
4.7	4.7		43.5			43		42.5		
4.6	4.6	44					43			
4.5	4.5		44					43	42.5	
4.4	4.4			43.5						
4.3	4.3									42.5
4.2	4.2				43.5				43	
4.0	4.0			44						
3.9	3.9					43.5				
3.8	3.8						43.5	43.5		43
3.6	3.6				44				43.5	
3.4	3.4	44.5								43.5
3.3	3.3		44.5							
3.1	3.1					44	44			
3.0	3.0			44.5				44	44	
2.9	2.9									44
2.7	2.7				44.5					
2.3	2.3	45				44.5				
2.2	2.2		45							
2.1	2.1						44.5			
2.0	2.0			45						
1.9	1.9							44.5		

<b>SGRE ON SG 6.6-170 AM0 HT</b>										
<b>6.6 MW 8.83 RPM</b>										
<b>Altitude</b>	<b>m ASL</b>	<b>1,000</b>	<b>1,250</b>	<b>1,500</b>	<b>1,750</b>	<b>2,000</b>	<b>2,250</b>	<b>2,500</b>	<b>2,750</b>	<b>3,000</b>
<b>Power</b>	<b>MW</b>	<b>Ambient temperature (°C)</b>								
<b>1.8</b>					<b>45</b>					
<b>1.7</b>									<b>44.5</b>	
<b>1.5</b>						<b>45</b>				
<b>1.4</b>										<b>44.5</b>
<b>1.1</b>		<b>45.5</b>	<b>45.5</b>				<b>45</b>			
<b>1.0</b>				<b>45.5</b>						
<b>0.9</b>					<b>45.5</b>					
<b>0.7</b>						<b>45.5</b>		<b>45</b>		
<b>0.5</b>							<b>45.5</b>			
<b>0.3</b>								<b>45.5</b>	<b>45</b>	
<b>0.1</b>									<b>45.5</b>	
<b>0.0</b>		<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>45</b>

## 11. Flexible Rating Specification

The SG 6.6-170 is offered with various operational modes that are achieved through the flexible operating capacity of the product, enabling the configuration of an optimal power rating that is best suited for each wind farm. The operating modes are broadly divided into two categories: Application Modes and Noise Reduction System Modes<sup>7</sup>.

### 11.1. Application Modes

Application Modes ensure optimal turbine performance with maximum power rating allowed by the structural and electrical systems of the turbine. There are multiple Application Modes, offering flexibility of different power ratings. All Application Modes are part of the turbine Certificate.

SG 6.6-170 can offer increased operation flexibility with modes based on AM 0 with reduced power rating.

### 11.2. Full list of Application Modes SG 6.6-170

Rotor Configuration	Application mode	Rating [MW]	Noise [dB(A)]	Power Curve Document	Acoustic Emission Document	Electrical Performance			Max temperature With Max active power and electrical capabilities <sup>8</sup>
						Cos Phi	Voltage Range	Frequency range	
SG 6.6-170	AM 0	6.6	106.0	D2849164	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	20°C
SG 6.6-170	AM-1	6.5	106.0	D2861213	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	23°C
SG 6.6-170	AM-2	6.4	106.0	D2863704	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	25°C
SG 6.6-170	AM-3	6.3	106.0	D2863706	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	28°C
SG 6.6-170	AM-4	6.2	106.0	D2863708	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	30°C
SG 6.6-170	AM-5	6.1	106.0	D2863710	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	33°C
SG 6.6-170	AM-6	6.0	106.0	D2863712	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	35°C

<sup>7</sup> It should be noted that the definition of various modes as described in this chapter is applicable in combination with standard temperature limits and grid capabilities of the turbine. Please refer to High Temperature Power De-rating Specification and Reactive Power Capability Document for more information

### 11.3. Noise Reduction System (NRS) Modes ®

The Noise Reduction System is an optional module available with the basic SCADA configuration and it therefore requires the presence of a SGRE SCADA system to work. NRS Modes are noise curtailed modes enabled by the Noise Reduction System. The purpose of this system is to limit the noise emitted by any of the functioning turbines and thereby comply with local regulations regarding noise emissions.

Noise control is achieved through the reduction of active power and rotational speed of the wind turbine. This reduction is dependent on the wind speed. The Noise Reduction System always controls the noise settings of each turbine to the most appropriate level, in order to keep the noise emissions within the limits allowed. Sound Power Levels correspond to the wind turbine configuration equipped with noise reduction add-ons attached to the blade.

### 11.4. List of NRS Modes SG 6.6-170

Rotor Configuration	NRS Mode	Rating [MW]	Noise [dB(A)]	Power Curve Document	Acoustic Emission Document	Max temperature With Max active power and electrical capabilities <sup>9</sup>
SG 6.6-170	N1	6.40	105.5	D2863684	D2844535	20°C
SG 6.6-170	N2	6.10	104.5	D2863686	D2844535	20°C
SG 6.6-170	N3	5.24	103.0	D2863688	D2844535	30°C
SG 6.6-170	N4	5.12	102.0	D2863690	D2844535	30°C
SG 6.6-170	N5	4.87	101.0	D2863692	D2844535	30°C
SG 6.6-170	N6	4.52	100.0	D2863697	D2844535	30°C
SG 6.6-170	N7	3.60	99.0	D2863699	D2844535	30°C

### 11.5. Control Strategy

The Application Modes are implemented and controlled in the Wind Turbine Controller. The NRS modes are also handled in the SCADA, however it shall also be possible to deploy custom NRS modes from the SCADA to the Wind Turbine Controller.

<sup>9</sup> Please refer to "High Temperature Ride Through" for more details'.

## 12. Standard Ct and Power Curve, Rev. 1, Mode AM 0

### 12.1. Standard Power Curve, Application Mode - AM 0

Air density= 1.225 kg/m<sup>3</sup>

Validity range:

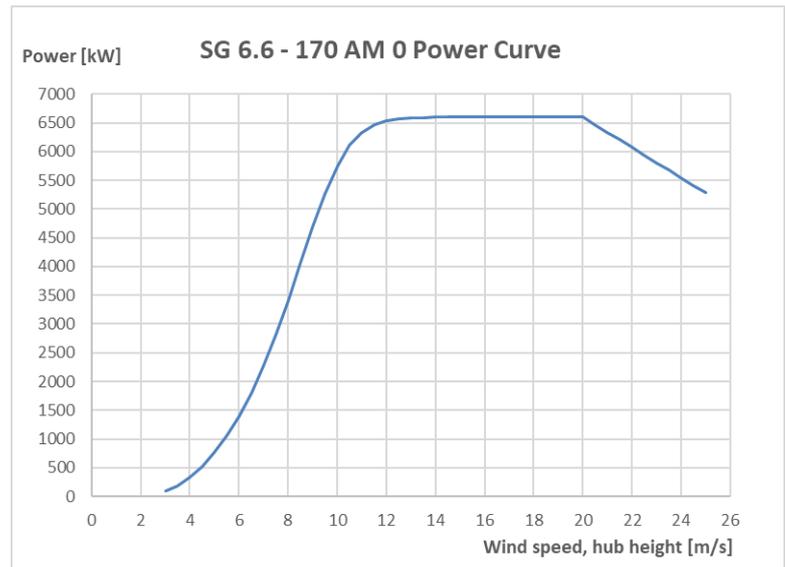
<b>Wind Shear (10min average)</b>	$\leq 0.3$
<b>Turbulence intensity TI [%] for bin i</b>	$5\% \frac{(0.75v_i + 5.6)}{v_i} < TI_i < 12\% \frac{(0.75v_i + 5.6)}{v_i}$
<b>Terrain</b>	Not complex according to IEC 61400-12-1
<b>Upflow <math>\beta</math> [°]</b>	$-2^\circ \leq \beta \leq +2^\circ$
<b>Grid frequency [Hz]</b>	$\pm 0.5$ Hz

Other considerations: Clean rotor blades, substantially horizontal, undisturbed air flow, turbine operated within nominal limits according to the Electrical Specification.

Next table shows the electrical power as a function of wind speed in hub height, averaged in ten minutes, for air density = 1.225 kg/m<sup>3</sup>. The power curve does not include losses in the transformer and high voltage cables.

For a detailed description of Application Mode – AM 0, please refer to latest version of Flexible Rating Specification (D2316244).

SG 6.6-170 Rev. 1, AM 0	
Wind Speed [m/s]	Power [kW]
3.0	89
3.5	178
4.0	328
4.5	522
5.0	759
5.5	1046
6.0	1393
6.5	1801
7.0	2272
7.5	2809
8.0	3407
8.5	4045
9.0	4685
9.5	5272
10.0	5753
10.5	6101
11.0	6327
11.5	6460
12.0	6531
12.5	6567
13.0	6585
13.5	6593
14.0	6597
14.5	6599
15.0	6599
15.5	6600
16.0	6600
16.5	6600
17.0	6600
17.5	6600
18.0	6600
18.5	6600
19.0	6600
19.5	6600
20.0	6600
20.5	6468
21.0	6336
21.5	6204
22.0	6072
22.5	5940
23.0	5808
23.5	5676
24.0	5544
24.5	5412
25.0	5280



The annual energy production data for different annual mean wind speeds in hub height are calculated from the above power curve assuming a Weibull wind speed distribution, 100 percent availability, and no reductions due to array losses, grid losses, or other external factors affecting the production.

AEP [MWh]		Annual Average Wind Speed [m/s] at Hub Height										
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
Weibull K	1.5	12997	15492	17881	20121	22183	24050	25713	27171	28430	29497	30385
	2.0	11760	14722	17687	20569	23309	25870	28229	30371	32289	33977	35436
	2.5	10535	13696	17003	20320	23540	26588	29420	32015	34367	36476	38346

Annual Production [MWh] SG 6.6-170 Rev.1, AM 0 wind turbine for the standard version, as a function of the annual mean wind speed at hub height, and for different Weibull parameters. Air density 1.225 kg/m<sup>3</sup>

## 12.2. Standard Ct Curve, Application Mode - AM 0

Air density= 1.225 kg/m<sup>3</sup>

Validity range:

<b>Wind Shear (10min average)</b>	≤ 0.3
<b>Turbulence intensity TI [%] for bin i</b>	$5\% \frac{(0.75v_i + 5.6)}{v_i} < TI_i < 12\% \frac{(0.75v_i + 5.6)}{v_i}$
<b>Terrain</b>	Not complex according to IEC 61400-12-1
<b>Upflow β [°]</b>	-2° ≤ β ≤ +2°
<b>Grid frequency [Hz]</b>	± 0.5 Hz

Other considerations: Clean rotor blades, substantially horizontal, undisturbed air flow, turbine operated within nominal limits according to the Electrical Specification.

The thrust coefficient Ct is used for the calculation of the wind speed deficit in the wake of a wind turbine.

Ct is defined by the following expression:

$$C_t = F / (0.5 * \rho * w^2 * A)$$

where

F = Rotor force [N]

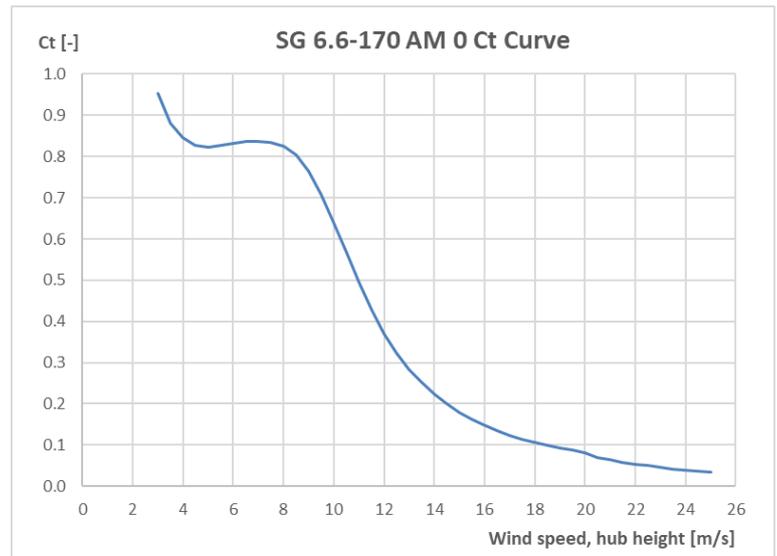
ρ = Air density [kg/m<sup>3</sup>]

w = Wind speed [m/s]

A = Swept area of rotor [m<sup>2</sup>]

For a detailed description of Application Mode - AM 0, please refer to latest version of Flexible Rating Specification (D2316244).

SG 6.6-170 Rev. 1, AM 0	
Wind Speed [m/s]	Ct [-]
3.0	0.953
3.5	0.880
4.0	0.847
4.5	0.828
5.0	0.824
5.5	0.828
6.0	0.833
6.5	0.836
7.0	0.837
7.5	0.835
8.0	0.825
8.5	0.803
9.0	0.765
9.5	0.709
10.0	0.640
10.5	0.566
11.0	0.493
11.5	0.428
12.0	0.371
12.5	0.323
13.0	0.284
13.5	0.251
14.0	0.223
14.5	0.200
15.0	0.180
15.5	0.162
16.0	0.148
16.5	0.135
17.0	0.124
17.5	0.114
18.0	0.106
18.5	0.099
19.0	0.093
19.5	0.087
20.0	0.082
20.5	0.069
21.0	0.064
21.5	0.058
22.0	0.054
22.5	0.049
23.0	0.046
23.5	0.042
24.0	0.039
24.5	0.036
25.0	0.034



## 13. Acoustic Emission

### Typical Sound Power Levels

The sound power levels are presented with reference to the code IEC 61400-11 ed. 3.0 (2012). The sound power levels ( $L_{WA}$ ) presented are valid for the corresponding wind speeds referenced to the hub height.

Wind speed [m/s]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Up to cut-out
AM 0	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-1	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-2	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-3	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-4	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-5	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-6	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
N1	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5
N2	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5
N3	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0
N4	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0
N5	92.0	92.0	94.5	98.4	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
N6	92.0	92.0	94.5	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N7	92.0	92.0	94.5	98.4	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

Table 1: Acoustic emission,  $L_{WA}$  [dB(A) re 1 pW] (10 Hz to 10 kHz)

### Low Noise Operations (NRS ®)

The lower sound power level is also available and can be achieved by adjusting the turbines controller settings, i.e. an optimization of rpm and pitch. The noise settings are not static and can be applied to optimize the operational output of the turbine. Noise settings can be tailored to time of day as well as wind direction to offer the most suitable solution for a specific location. This functionality is controlled via the WebWPS SCADA system and is described further in the white paper on Noise Reduction Operations. Furthermore, tailored power curves can be provided which take wind speed into consideration allowing for management of the turbine output power and noise emission level to comply with site specific noise requirements. Tailored power curves are project and turbine specific and will therefore require Siemens Gamesa Siting involvement to provide the optimal solutions. The lower sound power levels may not be applicable to all tower variants. Please contact Siemens Gamesa for further information.

1/1 oct.band, center freq.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
AM 0	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
AM-1	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
AM-2	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
AM-3	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
AM-4	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
AM-5	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
AM-6	86.5	93.4	96.1	97.9	101.8	99.9	93.3	83.0
N1	86.2	93.0	95.6	97.4	101.3	99.4	92.8	82.5
N2	85.7	92.0	94.6	96.4	100.3	98.4	91.8	81.5
N3	84.9	90.7	93.0	94.8	98.7	96.8	90.2	79.9
N4	84.4	89.7	92.0	93.8	97.7	95.8	89.2	78.9
N5	83.8	88.7	91.0	92.8	96.7	94.8	88.2	77.9
N6	83.3	87.8	90.0	91.8	95.7	93.8	87.2	76.9
N7	82.7	86.8	89.0	90.8	94.7	92.8	86.2	75.9

Table 2: Typical 1/1 octave band spectrum for 63 Hz to 8 kHz at rated power level at 12 m/s

## 14. Electrical Specification

### Nominal output and grid conditions

Nominal power .....	6600 kW
Nominal voltage.....	690 V
Power factor correction .....	Frequency converter control
Power factor range.....	0.9 capacitive to 0.9 inductive at nominal balanced voltage

### Generator

Type.....	DFIG Asynchronous
Maximum power .....	6750 kW @20°C ext. ambient
Nominal speed.....	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)

### Generator Protection

Insulation class .....	Stator H/H Rotor H/H
Winding temperatures.....	6 Pt 100 sensors
Bearing temperatures.....	3 Pt 100
Slip Rings	1 Pt 100
Grounding brush.....	On side no coupling

### Generator Cooling

Cooling system .....	Air cooling
Internal ventilation.....	Air
Control parameter .....	Winding, Air, Bearings temperatures

### Frequency Converter

Operation .....	4Q B2B Partial Load
Switching .....	PWM
Switching freq., grid side ...	2.5 kHz
Cooling.....	Liquid/Air

### Main Circuit Protection

Short circuit protection .....	Circuit breaker
Surge arrester.....	varistors

### Peak Power Levels

10 min average.....	Limited to nominal
---------------------	--------------------

### Grid Capabilities Specification

Nominal grid frequency.....	50 or 60 Hz
Minimum voltage.....	85 % of nominal
Maximum voltage.....	113 % of nominal
Minimum frequency.....	92 % of nominal
Maximum frequency.....	108 % of nominal
Maximum voltage imbalance (negative sequence of component voltage).....	≤5 %
Max short circuit level at controller's grid	
Terminals (690 V).....	82kA.

### Power Consumption from Grid (approximately)

At stand-by, No yawing.....	10 kW
At stand-by, yawing.....	23 kW

### Controller back-up

UPS Controller system .....	Online UPS, Li battery
Back-up time.....	1 min
Back-up time Scada.....	Depend on configuration

### Transformer Specification

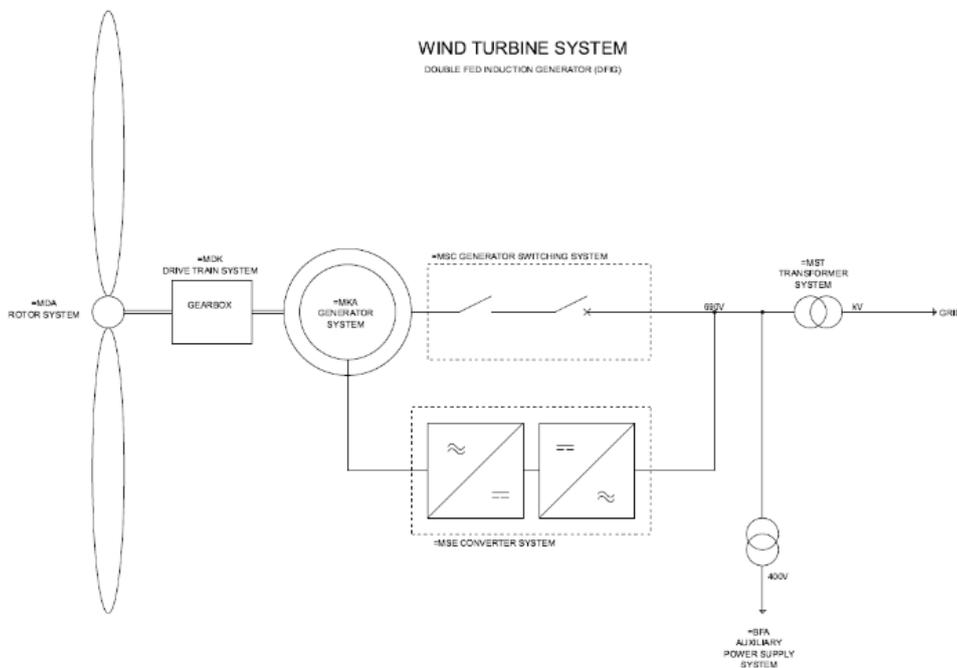
Transformer impedance requirement .....	8.5 % - 10.5%
Secondary voltage .....	690 V
Vector group.....	Dyn 11 or Dyn 1 (star point earthed)

### Earthing Specification

Earthing system .....	Acc. to IEC62305-3 ED 1.0:2010
Foundation reinforcement..	Must be connected to earth electrodes
Foundation terminals.....	Acc. to SGRE Standard

HV connection .....	HV cable shield shall be connected to earthing system
---------------------	---

## 15. Simplified Single Line Diagram



## 16. Transformer Specifications ECO 30 kV

### Transformer

Type .....	Liquid filled
Max Current.....	7.11 kA + harmonics at nominal voltage $\pm 10\%$
Nominal voltage .....	30/0.69 kV
Frequency .....	50 Hz
Impedance voltage .....	9.5% $\pm 8.3\%$ at ref. 6.5 MVA
Tap Changer.....	$\pm 2 \times 2.5\%$ (optional)
Loss ( $P_0 / P_{k75^\circ C}$ ).....	4.77/84.24 kW
Vector group .....	Dyn11
Standard.....	IEC 60076 ECO Design Directive

### Transformer Monitoring

Top oil temperature.....	PT100 sensor
Oil level monitoring sensor...	Digital input
Overpressure relay.....	Digital input

### Transformer Cooling

Cooling type.....	KFWF
Liquid inside transformer	K-class liquid
Cooling liquid at heat exchanger	Glycantin

### Transformer Earthing

Star point .....	The star point of the transformer is connected to earth
------------------	---

## 17. Switchgear Specifications

The switchgear will be chosen as factory-assembled, type-tested, and maintenance-free high-voltage switchgear with single-busbar system. The device will be metal-enclosed, metal-clad, gas-isolated, and conforms to the stipulations of IEC 62271-200.

The switchgear vessel of the gas-insulated switchgear is classified according to IEC as a “sealed pressure system”. It is gas-tight for life. The switchgear vessel accommodates the busbar system and switching device (such as vacuum circuit breaker, three-position switch disconnecting and earthing).

The vessel is filled with sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) at the factory. This gas is non-toxic, chemically inert, and features a high dielectric strength. Gas work on site is not required, and even in operation it is not necessary to check the gas condition or refill, the vessel is designed for being gas tight for life. To monitor the gas density, every switchgear vessel is equipped with a ready-for-service indicator at the operating front. This is a mechanical red/green indicator, self-monitoring and independent of temperature and variations of the ambient air pressure.

MV cables connected to the grid cable- and circuit-breaker feeders are connected via cast-resin bushings leading into the switchgear vessel. The bushings are designed as outside-cone system type “C” M16 bolted 630 A connections according to EN 50181. The compartment is accessible from the front. A mechanical interlock ensures that the cable compartment cover can only be removed when the three-position switch is in the earthed position.

The circuit-breaker operates based on vacuum switching technology. The vacuum interrupter unit is installed in the switchgear vessel together with the three-position switch and is thus protected from environmental influences. The operating mechanism of the circuit-breaker is located outside the vessel. Both, the interrupters and the operating mechanisms, are maintenance-free.

Padlock facilities are provided to lock the switchgear from operation in disconnecter open and close position, earth switch open and close position, and circuit breaker open position, to prevent improper operation of the equipment.

Capacitive Voltage detection systems are installed both in the grid cable and the circuit breaker feeders. Pluggable indicators can be plugged at the switchgear front to show the voltage status.

The switchgear is equipped with an over-current protection relay with the functions over current, short circuit and earth fault protection. The relay ensures that the transformer is disconnected if a fault occurs in the transformer or the high voltage installation in the wind turbine. The relay is adjustable to obtain selectivity between low voltage main breaker and the circuit breaker in the substation.

The protective system shall cause the circuit breaker opening with a dual powered relay (self-power supply + external auxiliary power supply possibility). It imports its power supply from current transformers, that are already mounted on the bushings inside the circuit breaker panel and is therefore ideal for wind turbine applications.

Trip signals from the transformer auxiliary protection and wind turbine controller can also disconnect the switchgear.

The switchgear consists of two or more feeders\*; one circuit breaker feeder for the wind turbine transformer also with earthing switch and one or more grid cable feeders\*\* with load break switch and earthing switch.

The switchgear can be operated local at the front or by use of portable remote control (circuit breaker only) connected to a control box at the wind turbine entrance level.

\* Up to four feeders.

\*\* SGRE to be contacted for possible feeder configurations of circuit breaker and grid feeder combinations.

The switchgear is located in the bottom of the tower. The main transformer, LV switchgear and converters are located on the nacelle level above the tower.

Grid cables, from substation and/or between the turbines, must be installed at the bushings in the grid cable feeder cubicles of the switchgear. These bushings are the interface/grid connection point of the turbine. It is possible to connect grid cables in parallel by installing the cables on top of each other. The space in the MV cable compartments of the switchgear allows the installation of two connectors per phase or one connector + surge arrester per phase.

The transformer cables are installed at the bottom of the circuit breaker feeder. The cable compartment is accessible from the front. A mechanical interlock ensures that the cable compartment cover can only be removed when the three-position switch is in the earthed position.

Optionally, the switchgear can be delivered with surge arresters installed in between the switchgear and wind turbine transformer on the outgoing bushings of the circuit breaker feeder.

## 17.1. Technical Data for Switchgear

### Switchgear

Make	Ormazabal or Siemens
Type	8DJH, 8DJH 36/cgmcocosmos cgm.3
Rated voltage	20-40,5(Um) kV
Operating voltage	20-40,5(Um) kV
Rated current	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Peak withstand current	50 kA
Power frequency withstand voltage	70 kV
Lightning withstand voltage	170 kV
Insulating medium	SF <sub>6</sub>
Switching medium	Vacuum
Consist of	2/3/4 panels
Grid cable feeder	Cable riser or line cubicle
Circuit breaker feeder	Circuit breaker
Degree of protection, vessel	IP65
Internal arc classification IAC:	A FL 20 kA 1s
Pressure relief	Downwards
Standard	IEC 62271
Temperature range	-25°C to +45°C

### Grid cable feeder (line cubicle)

Rated current, Cubicle	630 A
Rated current, load breaker	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Short circuit making current	50 kA/1s
Three position switch	Closed, open, earthed
Switch mechanism	Spring operated
Control	Local
Voltage detection system	Capacitive

### Circuit breaker feeder

Rated current, Cubicle	630 A
Rated current circuit breaker	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Short circuit making current	50 kA/1s
Short circuit breaking current	20 kA/1s
Three position switch	Closed, open, earthed
Switch mechanism	Spring operated
Tripping mechanism	Stored energy
Control	Local
Coil for external trip	230V AC
Voltage detection system	Capacitive

### Protection

Over-current relay	Self-powered
Functions	50/51 50N/51N
Power supply	Integrated CT supply

### Interface- MV Cables

Grid cable feeder	630 A bushings type C M16 Max 2 feeder cables
Cable entry	From bottom
Cable clamp size (cable outer diameter) **	26 - 38mm 36 - 52mm 50 - 75mm
Circuit breaker feeder	630 A bushings type C
Cable entry	M16 From bottom
<b>Interface to turbine control</b>	
Breaker status	
SF6 supervision	1 NO contact
External trip	1 NO contact

\*Cable clamps are not part of switchgear delivery.

## 18. Grid Connection Capabilities

This document describes the grid performance of the Siemens Gamesa 5.X, 50Hz & 60Hz. Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) will provide wind turbine technical data for the developer to use in the design of the wind power plant and the evaluation of requirements compliance. The developer will be responsible for the evaluation and ensuring that the requirements are met for the wind power plant. The capabilities described in this document assume that the electrical network is designed to be compatible with operation of the wind turbine.

### 18.1. Fault Ride Through (FRT) Capability

The wind turbine is capable of operating when voltage transient events occur on the interconnecting transmission system above and below the standard voltage lower limits and time slot according to Figure 1 and Figure 2.

This performance assumes that the installed amount of wind turbines is in the right proportion to the strength of the grid, which means that the short circuit ratio ( $S_k/S_n$ ) and the X/R ratio of the grid at the wind turbine transformer terminals must be adequate.

Evaluation of the wind turbine's fault ride through capability in a specific system must be based on simulation studies using the specific network model and a dynamic wind turbine model provided by SGRE. This model is a reduced order model, suitable for balanced simulations with time steps between 4-10 ms.

The standard voltage limits for the Siemens Gamesa 5.X, 50 Hz wind turbine are presented in Figure 1 between 0 - 70 seconds.

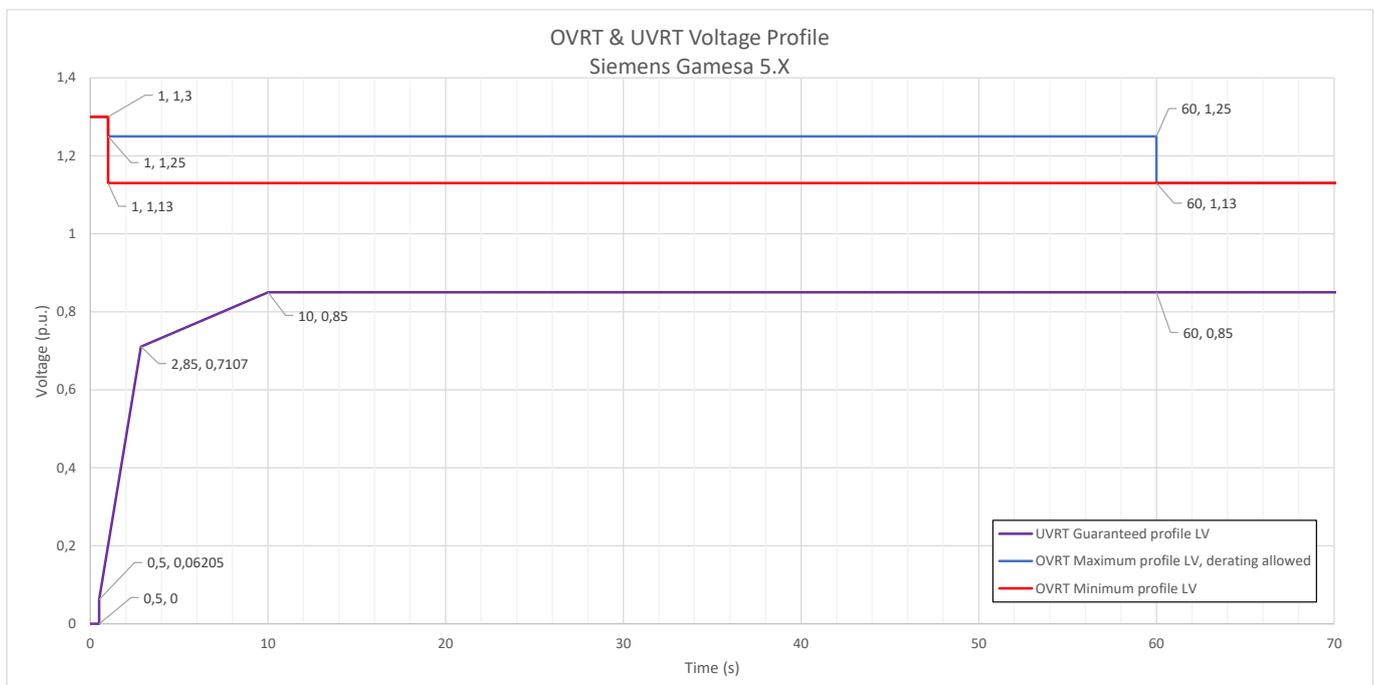


Figure 3. High and Low voltage limits for Siemens Gamesa 5.X, 50 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).

## 18.2. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Capability

The SGRE SCADA system has the capability to transmit and receive instructions from the transmission system provider for system reliability purposes depending on the configuration of the SCADA system. The project specific SCADA requirements must be specified in detail for design purposes.

## 18.3. Frequency Capability 50Hz

The wind turbine can operate in the frequency range between 46 Hz and 54 Hz, making a difference between a steady state operation (full simultaneity):  $\pm 3\%$ , and transients' events (limited simultaneity):  $\pm 8\%$  over rated frequency.

Simultaneities of main operation parameters shall be considered for evaluating the permitted operation ranges, mainly:

- Active Power level
- Reactive Power provision
- Ambient Temperature
- Voltage level of operation
- Frequency level of operation

And the total time that the turbine is operating under such conditions.

## 18.4. Frequency Capability 60Hz

The wind turbine can operate in the frequency range between 55.2 Hz and 64.8 Hz, making a difference between a steady state operation (full simultaneity):  $\pm 3\%$ , and transients' events (limited simultaneity):  $\pm 8\%$  over rated frequency.

Simultaneities of main operation parameters shall be considered for evaluating the permitted operation ranges, mainly:

- Active Power level
- Reactive Power provision
- Ambient Temperature
- Voltage level of operation
- Frequency level of operation

And the total time that the turbine is operating under such conditions.

## 18.5. Voltage Capability

The voltage operation range for the wind turbine is between 85% and 113% of nominal voltage at the low voltage side of the wind turbine transformer. The voltage can be up to 130% for 1s, see Figure 1. The wind turbine's target voltage shall stay between 95% and 112% to support the best possible performance by staying within the operation limits. Operation outside this range might lead to power derating.

Beyond  $\pm 10\%$  of voltage deviation, automatic voltage support algorithms could execute Reactive Power control, to secure a continuous operation of the Wind Turbine Generator and maximizing the availability, overriding external control and setpoints of Reactive Power.

## 18.6. Flicker and Harmonics

Flicker and Harmonics values will be provided in the power quality measurement report extract in accordance with IEC 61400-21 Edition 2.

## 18.7. Reactive Power – Voltage Control

The power plant controller can operate in four different modes:

- Q Control – In this mode reactive power is controlled at the point of interconnection, according to a reactive power reference
- V Control – Voltage is directly controlled at the point of interconnection, according to a voltage reference
- V-Q static – Voltage is controlled at the point of interconnection, by means of a pre-defined voltage – reactive power characteristic
- Power factor (cosphi) control – Power factor is controlled at the point of interconnection, according to a power factor reference

The SCADA system receives feedback/measured values from the Point of Interconnection depending on the control mode it is operating. The wind power plant controller then compares the measured values against the target levels and calculates the reactive power reference. Finally, reactive power references are distributed to each individual wind turbine. The wind turbine's controller responds to the latest reference from the SCADA system and will generate the required reactive power accordingly from the wind turbine.

## 18.8. Frequency Control

The frequency control is managed by the SCADA system together with the wind turbine controller. The wind power plant frequency control is carried out by the SCADA system which distributes active power set-points to each individual wind turbine, to the controllers. The wind turbine controller responds to the latest reference from the SCADA system and will maintain this active power locally.

## 18.9. Summary of Grid Connection Capabilities

Characteristic	Value	Comments
Rated Voltage	690V	
Maximum Voltage Range	+13% -15%	Q & P deratings due to V-f Simultaneities could apply
Rated Frequency	50 / 60 Hz	
Maximum Frequency Range	± 8%	Q & P deratings due to V-f Simultaneities could apply
Minimum SCR at WTG MV Terminals	V-Direct: ≥ 2.0* Q-Direct: ≥ 3.0**	See note 1.
Minimum X/R at WTG MV Terminals	3.0	
Max. Frequency gradient (ROCOF)	≤ 4 Hz/s	
Allowable Max Negative Sequence Voltage	≤ 5%	
Voltage support after FRT recovery	3s	Configurable by parameter
Power recovery to 95% of Pre- Fault value	< 1000ms	Standard Configuration. Configurable by parameters adjustment.
Voltage support during FRT	Available	Configurable by parameter
Active current priority during Voltage Dip	Available	Configurable by parameter
Active Power damping after Dip	±5% pre-fault level in <2s	Can be affected if Power Recovery Ramps after Voltage Dip is modified
I <sub>q</sub> Injection Curve during FRT	k = 2	Configurable by parameters.
I <sub>q</sub> Response Time (FRT)	≤ 30ms	+20ms for 1 cycle RMS calculation
I <sub>q</sub> Settling Time (FRT)	≤ 60ms	+20ms for 1 cycle RMS calculation -10% +20% required step
Active Power Ramp	+ 20% Prated / s	Standard
Active Power Ramps - Fast Mode	± 25% Prated/s	When commanded by SCADA
Reactive Power Ramp	±5000 kVar/s	Configurable by parameter see note 2

### Note 1.

\* SCR ratio can be reduced further if Active Power recovery ramps are limited to a certain value, that secures stable operation, after voltage dip events.

\*\* SCR ratio can be reduced further if Reactive Power Management configuration is done correctly by means of detailed grid studies, trying to avoid voltage saturation extremes in any case (over and under voltage saturation levels).

### Note 2.

In weak grids maximum ramp is limited to ±2500 kVar /s further limitation are done when reaching voltage limits.

## 19. Reactive Power Capability - 50 & 60 Hz

This document describes the reactive power capability of Siemens Gamesa 5X, 50/60 Hz wind turbines during active power production. Siemens Gamesa 5X wind turbines are equipped with a B2B Partial load frequency converter which allows the wind turbine to operate in a wide power factor range.

The maximum amount of Reactive Power to be generated or consumed depends on a wide range of parameters, some of them not possible to consider in a general way as they are fully dependent on the site, grid and Wind Turbine operation conditions.

Between others, the Reactive Power Capability at a given Operating Conditions depends on existing Active Power, internal temperature of Wind Turbine components, external ambient temperature, Grid conditions (voltage level, frequency level, etc.) and impact, thermally, in high inertial systems. So, the required operation time in worse conditions is also a parameter to be considered.

Online maximum capabilities estimation is executed by the Reactive Power Controller algorithm, to provide the possibility of maximizing the Capabilities in favorable grid and site conditions.

## 19.1. Reactive Power Capability. Generalities.

The estimated reactive power capability for the wind turbine at the LV side of the wind turbine transformer will be presented in the following Figures and Tables.

**Figure 4** shows the reactive power capability depending on the generated Active Power at various voltages at the LV terminals, starting by 91% of rated voltage (PQV curves).

**Figure 5** shows the reactive power capability depending on the voltage level (QV curve) at full power operation.

**Figure 3** includes reactive power capability at no wind operating conditions.

The SCADA can send voltage references to the wind turbine in the range of 92% to 108% (references of 90% to 110% in specific cases). The wind power plant is recommended to be designed to maintain the wind turbine voltage references between 95% and 105% during steady state operation.

The included capability assume that the phase voltages are balanced (unbalance value below the maximum guaranteed,  $\leq 5\%$ ) and that the grid operational frequency is nominal.

Given the uncertainties in determining the overall Wind Turbine operation state variables tolerances, the given Reactive Power Capability is subjected to a tolerance up to  $\pm 10\%$ .

These figures consider Wind Turbine operation around its expected generator speed for each operation condition (P-n operation curve). Extreme speed excursions caused by specific Wind gusts, up and down from standard value, may cause punctual Reactive Power restrictions due to Generator and Converter limits of voltage and currents. All this is also fully dependent on the Grid conditions of voltage level and external setpoint.

Values of Reactive Power for those operational points in between the shown curves can be calculated by means of linear interpolation.

The reactive power capability presented in this document is the net capability and accounts for the contribution from the wind turbine auxiliary system, the reactors and the existing filters.

The reactive power capability described is valid while operating the wind turbine within the limits specified in the Design Climatic Conditions.

## 19.2. Operation below 90% of rated voltage

Standard operation at voltages in between 85% to 90% over rated is considered a special situation where both Reactive Power and Active Power may be de-rated depending on operation conditions of the Wind Turbine Generator.

Usually, depending on specific local regulations, Under Voltage Ride Through (UVRT) support happens in voltage values below 90% of rated voltage, so this operation case is not compatible as during UVRT support, Reactive Power is internally controlled depending on demands from applicable Grid Codes of Operation. This is also applicable during OVRT transients.

Specific studies should be executed in order to determine the operation and the possible values to be reached in such special operation cases, where and when required.

### 19.3. Reactive Power / Voltage limiting function

When Wind Turbine operation is close to voltage limits (under-voltage and over-voltage grid protection configured values), a specific Reactive Power / Voltage limiting function acts causing a so-called *Voltage Saturation*. The intention of this algorithm is to avoid a self-trip due to activation of over or under-voltage protections caused by Reactive Power operation of the turbine.

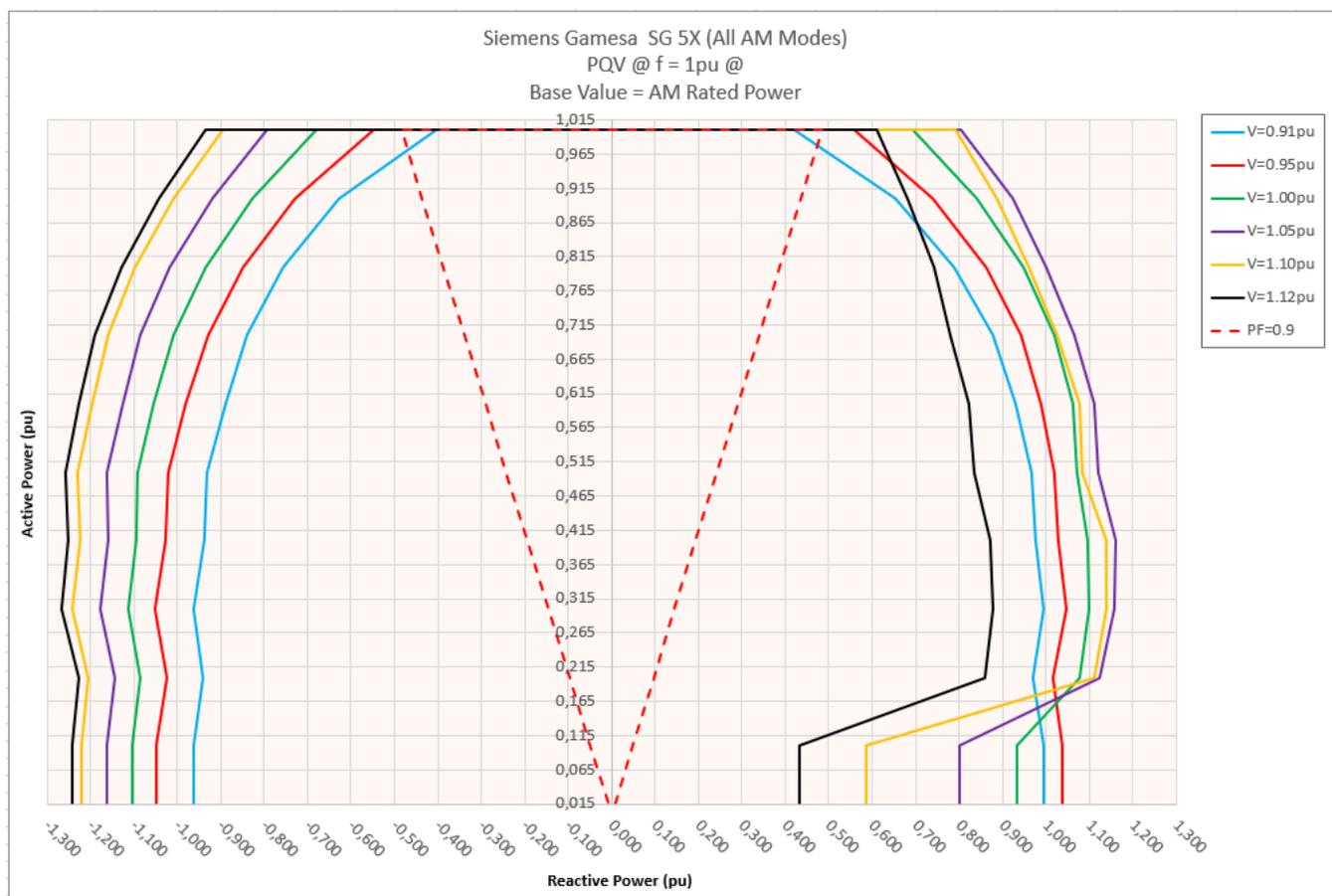
In the maximum configurable values of the voltage protection parameters (permanent operation, 85% and 113%):

- In case of under-voltage, the negative Reactive Power (Inductive, under-excited) is linearly limited from *No\_Limit* to 0, in the voltage range 90% to 85%.
  - The voltage used for evaluating and executing this Saturation is the minimum of the 3 phase voltages.
- In case of over-voltage, the positive Reactive Power (Capacitive, over-excited) is linearly limited from *No\_Limit* to 0, in the voltage range 112% to 113%.
  - The voltage used for evaluating and executing this Saturation is the maximum of the 3 phase voltages.

All these levels are possible to be set by parameters, depending on necessities, local requirements and as results of stability studies.

Reactive Power capabilities and curves shown in this document are generated having configured the next saturation values (values by default). This can be observed in figure 2. QV diagram.

- Under-Voltage saturation: 91% to 90% of rated voltage.
- Over-Voltage saturation: 112% to 113% of rated voltage.

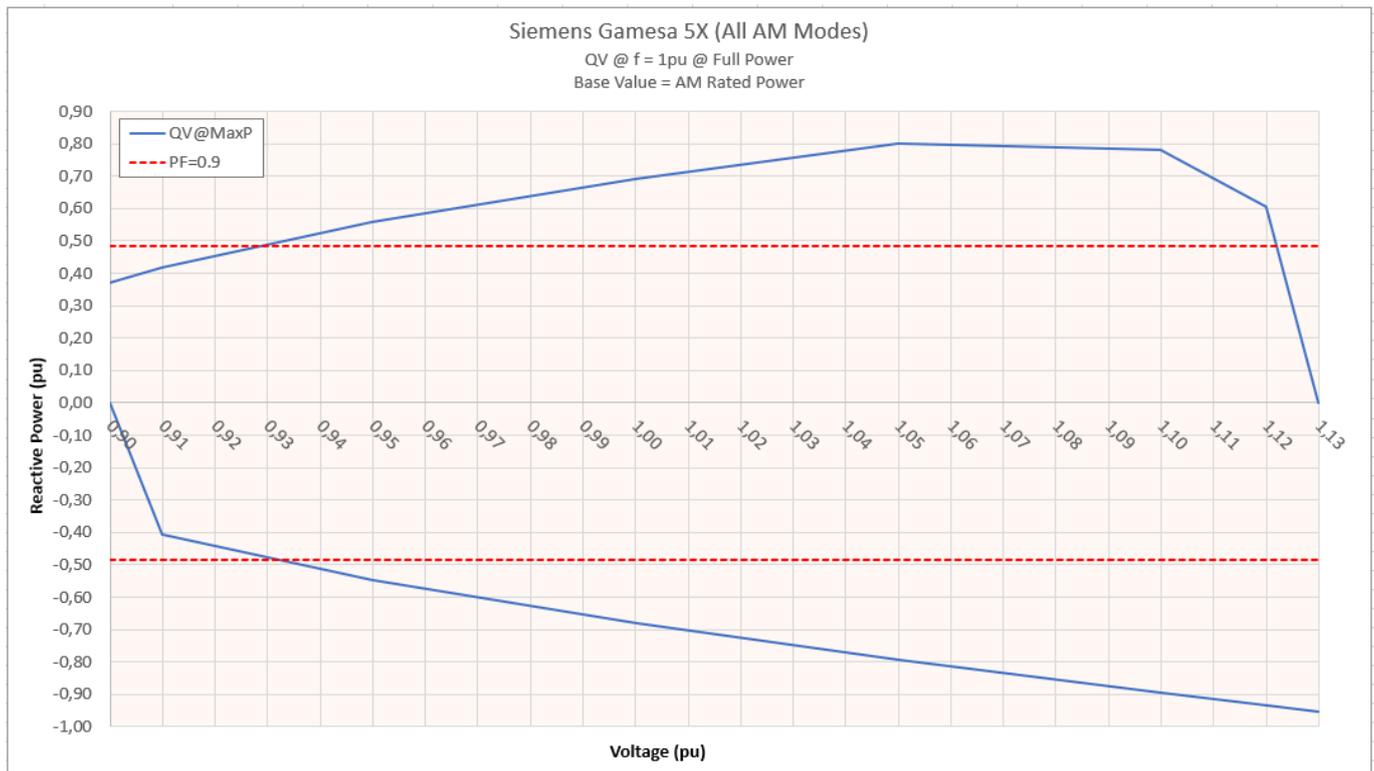


**Figure 4:** Siemens Gamesa 5.X Reactive power capability curves (PQV), 50/60 Hz Wind Turbine, at LV terminals.

Note: Voltage Saturation set to 91% and 112% (refer to *Reactive Power / Voltage limiting function* section)

Application mode (AM)	Rating	External Nacelle Temperature
	Kw	°C
AM 0	6600	20
AM-1	6500	23
AM-2	6400	25
AM-3	6300	28
AM-4	6200	30
AM-5	6100	33
AM-6	6000	35

**Table 5:** Application modes definition.



**Figure 5:** Siemens Gamesa 5.X→ Reactive power capability curves (QV), 50/60 Hz Wind Turbine, at LV terminals, at Full Power operation.

Note: Voltage Saturation set to 91% and 112% (refer to *Reactive Power / Voltage limiting function* section)

Base Value = AM Rated Power		Voltage (pu)							
		0,9	0,91	0,95	1	1,05	1,1	1,12	1,13
Active Power (pu)	<b>0,015*</b>	0,985	0,997	1,038	0,933	0,803	0,586	0,433	0
	<b>0,10</b>	0,985	0,997	1,038	0,933	0,803	0,586	0,433	0
	<b>0,20</b>	0,957	0,969	1,018	1,077	1,124	1,112	0,860	0
	<b>0,30</b>	0,982	0,995	1,047	1,098	1,157	1,140	0,877	0
	<b>0,40</b>	0,962	0,975	1,029	1,095	1,160	1,139	0,873	0
	<b>0,50</b>	0,955	0,968	1,018	1,073	1,121	1,085	0,834	0
	<b>0,60</b>	0,914	0,929	0,990	1,063	1,112	1,076	0,823	0
	<b>0,70</b>	0,861	0,877	0,942	1,019	1,065	1,026	0,781	0
	<b>0,80</b>	0,770	0,789	0,862	0,949	1,001	0,962	0,742	0
	<b>0,90</b>	0,629	0,652	0,741	0,842	0,923	0,888	0,682	0
<b>1,00</b>	0,373	0,419	0,559	0,693	0,803	0,791	0,611	0	

**Table 6:** Siemens Gamesa 5.X Reactive power capability values (pu), 50/60 Hz Wind Turbine, at LV terminals.

Capacitive / Over-excited operation.

Note: Voltage Saturation set to 91% and 112% (refer to *Reactive Power / Voltage limiting function* section)

\* Case of Wind turbine operating with very low wind, but with generator connected to the grid.

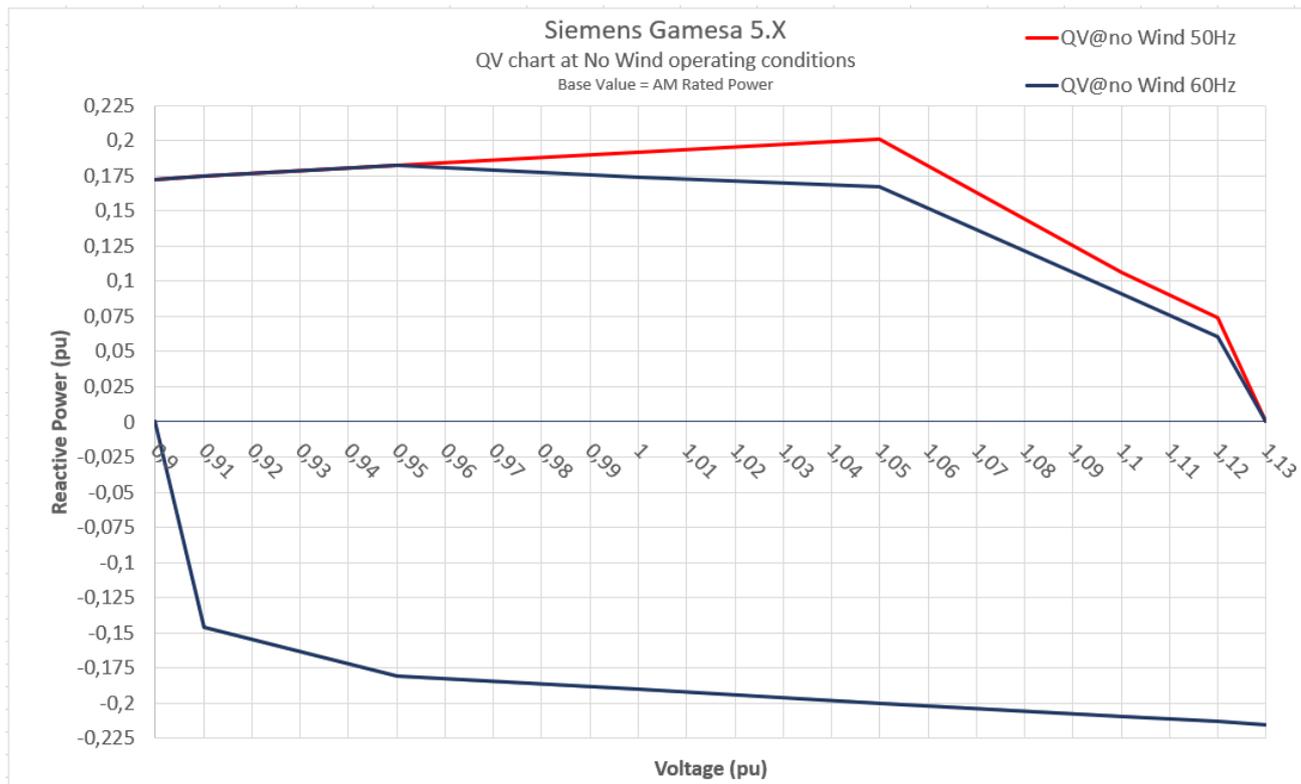
Base Value = AM Rated Power		Voltage (pu)							
		0,9	0,91	0,95	1	1,05	1,1	1,12	1,13
Active Power (pu)	0,015*	0	-0,963	-1,048	-1,105	-1,162	-1,220	-1,242	-1,253
	0,10	0	-0,963	-1,048	-1,105	-1,162	-1,220	-1,242	-1,253
	0,20	0	-0,941	-1,024	-1,085	-1,144	-1,204	-1,228	-1,241
	0,30	0	-0,962	-1,050	-1,114	-1,178	-1,241	-1,266	-1,279
	0,40	0	-0,937	-1,027	-1,093	-1,159	-1,224	-1,250	-1,263
	0,50	0	-0,930	-1,022	-1,092	-1,161	-1,230	-1,257	-1,271
	0,60	0	-0,890	-0,980	-1,054	-1,126	-1,197	-1,225	-1,239
	0,70	0	-0,839	-0,929	-1,008	-1,085	-1,160	-1,189	-1,204
	0,80	0	-0,756	-0,847	-0,934	-1,017	-1,097	-1,129	-1,144
	0,90	0	-0,629	-0,727	-0,828	-0,921	-1,009	-1,044	-1,061
	1,00	0	-0,403	-0,546	-0,679	-0,793	-0,895	-0,934	-0,953

**Table 7:** Siemens Gamesa 5.X→ Reactive power capability values (pu), 50/60 Hz Wind Turbine, at LV terminals.

Inductive / Under-excited operation.

Note: Voltage Saturation set to 91% and 112% (refer to *Reactive Power / Voltage limiting function* section)

\* Case of Wind turbine operating with very low wind, but with generator connected to the grid.



**Figure 6:** Reactive Power Capability chart (pu) at no wind conditions, at LV terminals, 50/60Hz.

Case of Wind turbine not in operation, with generator stopped or below the connection speed.

Siemens Gamesa 5.X50Hz Base Value = AM Rated Power		
Voltage (pu)	Q+ (pu)	Q- (pu)
0,90	0,173	0,00
0,91	0,174	-0,146
0,95	0,182	-0,181
1,00	0,192	-0,190
1,05	0,201	-0,200
1,10	0,107	-0,209
1,12	0,074	-0,213
1,13	0,000	-0,215

Siemens Gamesa 5.X60Hz Base Value = AM Rated Power		
Voltage (pu)	Q+ (pu)	Q- (pu)
0,90	0,173	0,000
0,91	0,174	-0,146
0,95	0,182	-0,181
1,00	0,174	-0,190
1,05	0,167	-0,200
1,10	0,091	-0,209
1,12	0,061	-0,213
1,13	0,000	-0,215

**Table 8:** Reactive Power Capability values (pu) at no wind conditions, at LV terminals, 50/60Hz.

Case of Wind turbine not in operation, with generator stopped or below the connection speed.

## 20. SCADA System Description

The SGRE SCADA system is a system for supervision, data acquisition, control, and reporting for wind farm performance.

### 20.1. Main features

The SCADA system has the following main features:

- On-line supervision and control accessible via secured tunnel over the Internet.
- Data acquisition and storage of data in a historical database.
- Temporary local storage of data at wind turbines. If communication is temporarily interrupted, data is kept in the Wind Turbine Control and transferred to the SCADA when possible.
- System access from anywhere using a standard web browser. No special client software or licenses are required.
- Users are assigned individual usernames and passwords, and the administrator can assign a user level to each username for added security.
- Email function can be configured for alarm notification. Configuration can also support alarm notification via SMS service.
- Interface to power plant control functions for enhanced control of the wind farm and for remote regulation, e.g. MW / Voltage / Frequency / Ramp rate.
- Interface for integration of substation equipment for monitoring.
- Interface for monitoring of Reactive compensation equipment, control of this equipment is achieved via the SGRE power plant controller
- Integrated support for environmental control such as noise, shadow/flicker, wildlife bat and birds and ice.
- Turbine Power curve plots with pressure and temperature correction (pressure and temperature correction available only if SGRE MET system supplied).
- Condition Monitoring System integrated with the turbine controller using virtualized server.
- Ethernet-based system with secure compatible interfaces (OPC UA) for online data access.
- Access to historical - scientific and optional high resolution data via Restfull API.
- Antimalware Solution.
- Back-up & restore feature.

### 20.2. Wind turbine hardware

Components within the wind turbine are monitored and controlled by the individual local wind turbine controller (SICS II). The SICS II can operate the turbine independently of the SCADA system, and turbine operation can continue autonomously in case of, e.g. damage to communication cables.

Data recorded at the turbine is stored at the SICS. In the event that communication to the central server is temporarily interrupted data is kept in the SICS and transferred to the SCADA server when possible.

### 20.3. Communication network in wind farm

The communication network in the wind farm must be established with optical fibers. The optimum network design is typically a function of the wind farm layout. Once the layout is selected, SGRE will define the minimum requirements for the network design.

The supply, installation, and termination of the communication network are typically carried out by the Employer. If specifically agreed the division of responsibility for the communication network can be changed.

## 20.4. SCADA server cabinet

The central SCADA server cabinet supplied by SGRE is normally placed at the wind farm substation or control building. The server cabinet comprises amongst others:

- The server is configured with standard disk redundancy (RAID) to ensure continuous operation in case of disk failure. Network equipment. This includes all necessary switches and media converters.
- UPS back up to ensure safe shut down of servers in case of power outage.

SCADA solutions stands on a Virtualized Server Infrastructure solution which means that the software is run virtually over a non-redundant or redundant hardware server(s) (depending on customer's needs).

On the SCADA server the data is presented online as a web-service and simultaneously stored in a database. From this-database numerous reports can be generated.

## 20.5. Grid measuring station and Wind Farm Controller

The SCADA system includes a grid measuring station located in an Auxiliary cabinet. Normally the grid measuring station is placed at the wind farm substation or control building close to the Point of Connection.

The heart of the grid measuring station is a PQ meter. The Wind Farm Control /grid measuring station can be scaled to almost any arrangement of the grid connection. The grid measuring station requires voltage and current signals from VT's and CT's fitted at the wind farm PCC to enable the control functions.

The grid measuring station and the Wind Farm Control interfaces to the SGRE SCADA servers and turbines are via a LAN network.

The Wind Farm Control can on request be supplied in a high availability (HA) setup with a redundant server cluster.

Note: In small SGRE SCADA systems (typically <10 turbines) and if the small SGRE SCADA system is placed in a turbine the Wind Farm Control and grid measuring station may be arranged otherwise.

## 20.6. Signal exchange

Online signal exchange and communications with third party systems such as substation control systems, remote control systems, and/or maintenance systems is possible from both the module and/or the SGRE SCADA server cabinet. For communication with third party equipment OPC UA and IEC 60870-5-104 are supported.

## 20.7. SGRE SCADA software

The normal SGRE SCADA user interface presents online and historical data.

Historical data are stored in a database as statistical values and can be presented directly on the screen or exported for processing via a RESTfull API.

The SGRE SCADA software can also serve as user interface to the Wind Farm Control functions.

## 20.8. Virus protection solution

A virus protection solution is always installed. An anti-virus client software is installed on all MS-Windows based components at the SCADA system and the WTGs.

The virus protection solution is based on a third-party anti-virus product. Updates to the anti-virus client software and pattern files are automatically distributed from central SGRE based servers.

## 20.9. Back-up & restore

For recovery of a defect SCADA system or component, the SGRE SCADA system optionally can provide back-up of configuration files and basic production data files. Both configuration and selected production data are backed up automatically on a regular time basis for major components. The back-up files are stored locally on the site servers. This functionality is optional.

## 21. Codes and Standards

This document lists codes and standards according to which turbines are designed, manufactured and tested. The scope of this document is limited to the Siemens Gamesa 5.X platform.

SGRE Onshore geared turbines are designed, manufactured, and tested to SGRE's technical drawings, procedures, and processes that are generally in compliance with the applicable sections of the codes and standards listed herein. This list of codes and standards for design, manufacturing, and testing forms a part of the design basis documentation. The edition of the codes and standards is the version used for the certification process which is conducted by an external certifying body.

### 21.1. General

- IEC-RE Operational Document: OD-501, Type and Component Certification Scheme\*
- IEC 61400-5:2020 Wind energy generation systems - Part 5: Wind turbine blades
- IEC 61400-6:2020 Wind energy generation systems - Part 6: Tower and foundation design requirements
- *IEC 61400-1:2019 Ed.4 Wind turbines – Part 1: Design requirements*
- IEC 61400-11:2012/AMD1:2018 Amendment 1 - Wind turbines - Part 11: Acoustic noise measurement techniques
- *IEC 61400-12-1:2017, Ed.1, Wind Turbine Generator Systems Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*
- *IEC 61400-13: 2015 Wind Turbine Generator Systems - Part 13: Measurement of Mechanical Loads*
- *IEC 61400-23 Ed. 1.0 EN :2014 Wind turbines - Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades*
  
- *EN 10025-1:2004, Hot rolled products of structural steels - Part 1: General technical delivery conditions*
- *EN 10025-2:2004, Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*
- *EN 10025-3:2004, Hot rolled products of structural steels - Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels*
- *EN 10029:2010, Hot rolled steel plates 3 mm thick or above - Tolerances on dimensions, shape and mass*
- *ISO 683-1:2018 Heat-treatable steels, alloy steels and free-cutting steels. Non-alloy steels for quenching and tempering*
- *EN 1563:2018, Founding - Spheroidal graphite cast irons*
- *EN 1993-1-8:2005/AC:2009: Eurocode 3: Design of steel structures Part 1-8: Joints*
- *EN 1999-1-1-2008 Design of aluminum structures – part 1-1: General structural rules*
  
- *ISO 16281:2008 Rolling bearings - Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings*
- *ISO 16281:2008 / Cor. 1:2009 Rolling bearings - Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings*
- *ISO 281:2007 Rolling bearings - Dynamic load ratings and rating*
- *ISO 76:2006/Amd 1:2017 Rolling bearings – Static load ratings AMENDMENT 1*
- *ISO 898-1:2013, Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel -- Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes -- Coarse thread and fine pitch thread*
- *VDI 2230 Blatt 1, 2016, Systematic calculation of highly stressed bolted joints - Joints with one cylindrical bolt*
- *ISO 4413:2010 Hydraulic fluid power -- General rules and safety requirements for systems and their components*
  
- *DIN 51524-3:2017 Pressure fluids - Hydraulic oils - Part 3: HVLP hydraulic oils, Minimum requirements*
  
- *ISO 16889:2008 + A1:2018 Hydraulic fluid power -- Filters -- Multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element*
- *UNE-EN 14359:2008+A1:2011: Gas-loaded accumulators for fluid power applications.*
- *PED 2014/68/EU Pressure Equipment Directive*

- *DNV-DS-J102:2010 Design and Manufacture of Wind Turbine Blades, Offshore and Onshore Wind Turbines*
- *DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen - Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015*
- *DIBt – Richtlinie für Windenergieanlagen:2012, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung.*

## 21.2. Gearbox

- *IEC 61400-4:2012 Wind turbines -- Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes*

## 21.3. Electrical

- *IEC 61400-21-1:2019 Wind energy generation systems - Part 21-1: Measurement and assessment of electrical characteristics - Wind turbines*
- *IEC 61400-24:2019 Wind energy generation systems - Part 24: Lightning protection*
- *IEC 60076-16:2018 – Power transformers - Part 16: Transformers for wind turbine applications*
- *IEC 60204-1:2016 Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements*
- *IEC 61000-6-2:2016 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*
- *IEC 61000-6-4:2018 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*
- *IEC 61439-1:2020 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*
- *IEC 61439-2:2020 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies*
- *Low Voltage Directive 2014/35/EU*
- *EMC Directive 2014/30/EU*

## 21.4. Quality

- *ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements*

## 21.5. Personal Safety

- *2006/42/EC Machinery Directive*
- *EN 50308:2004, Wind turbines – Protective measures – Requirements for design, operation and maintenance.*
- *OSHA 2005 Requirements for clearances at doorways, hatches, and caged.*
  - *OSHA's Subpart D Walking-Working Surfaces Section 1910.27v*
- *ISO12100:2011 Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*
- *ISO 13849-1:2015 – Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*
- *ISO 13849-2:2013 - Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation*

## 21.6. Corrosion

- *ISO 12944-1:2017, Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 1: General introduction (class C3 to C4)*

## 22. Ice Detection System and Operations with Ice

Siemens Gamesa Renewable Energy's (SGRE) Ice detection and Operation with Ice system offers functionality that extends the range of operation during ice conditions. The main configurable options determine if maximum production or maximum safety is required.

The following options for ice detection sources can be used:

- Low power detection curve (LPDC)
- No cut-in detection
- **Optional extra:** External sensor detection, nacelle- or blade-based.

Once ice has been detected through any of the selected sources the following ice detection response is handled by the Operation with Ice strategy where the following options are available:

- Stop the turbine, either awaiting automatic reset or manual reset
- Stop the turbine, combined with yawing to a specific angle
- Adaptive Operation, continued operation optimizing the power

Figure 1 shows a visualization of the available options and how they are connected.

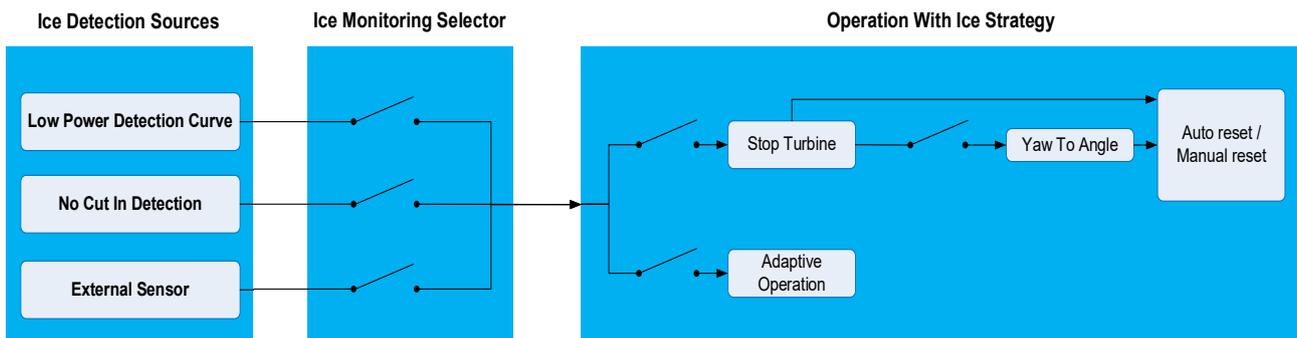


Figure 1: Ice Detection and Operation with Ice Strategy interface for individual turbines



Adaptive Operation used as the Operation With Ice strategy requires the Low Power Detection Curve and No Cut In Detection to be used, it is therefore not compatible with the external sensor.

Ice build-up on the turbine can possibly cause damage to objects and people in the vicinity. The ice detection and Operation with Ice system will not protect against ice being thrown from the turbine(s). What the system does is either optimize performance and yield maximum production despite ice on the turbine or stop the turbine to prevent operating with ice. There may be ice on blades upon start and/or stop of the turbine. It is the sole responsibility of the owner of the turbine to ensure that the public is protected from ice being thrown from the turbine. The Owner must always ensure that the operation of the turbine complies with all restrictions applicable to the turbine, irrespective of whether such restrictions follows from permits, legislation or otherwise. SGRE accepts no responsibility for any violation of requirements.

## 22.1. Ice Detection Sources

### 22.1.1. Low Power Detection Curve (LPDC)

The LPDC functionality is an integrated part of the turbine controller, thus not requiring additional sensors.

LPDC is a requirement to be active when the *Operation with Ice Strategy: Adaptive* is selected.

LPDC detects ice when power production degrades due to ice build-up on the blades during operation when the turbine produces power in cold weather by comparing the actual power production to the sales power curve shown in Figure 2 when the ambient temperature is below 5° C (configurable). LPDC is based on a percentage of the sales power curve with a minimum separation to the sales power curve.

If production falls below the “LPDC Ice Detection” (Blue) curve shown in Figure 2, the selected Operation with Ice strategy is activated.

If *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* is selected and the production increases above the “LPDC Ice Detection” curve, Adaptive Operation is deactivated.

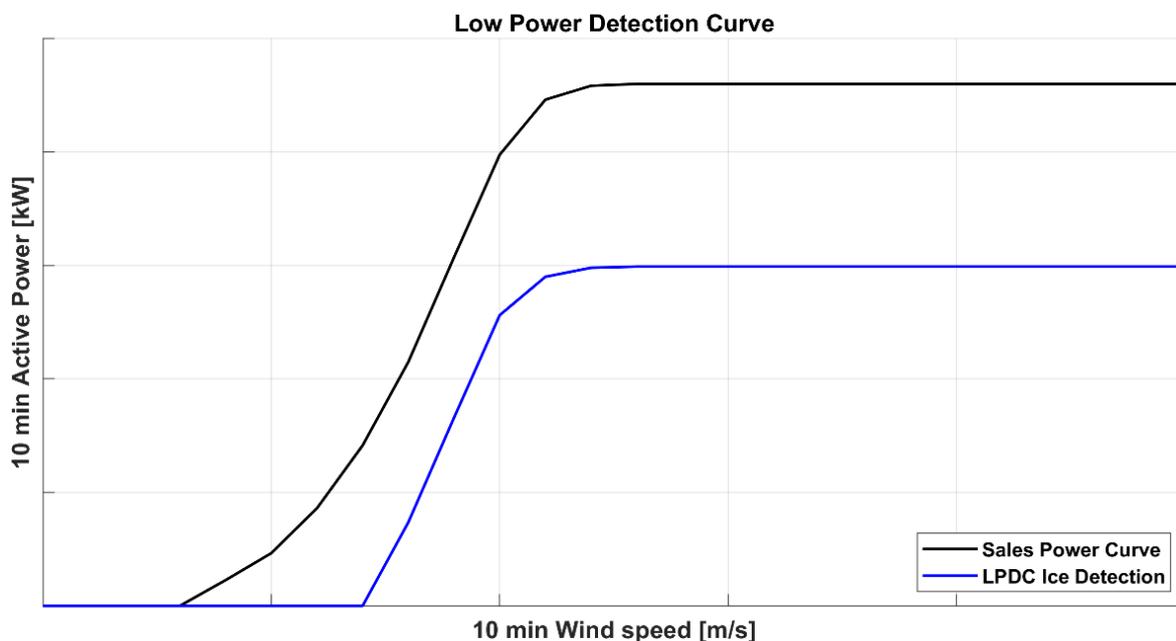


Figure 2: Illustration of Low Power Detection Curve (LPDC)

### 22.1.2. No Cut-in

The No Cut-in functionality is an integrated part of the turbine controller, thus not requiring additional sensors. No Cut-in is a requirement to be active when *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* is configured.

No Cut-in is an ice detection method that indicates when there is enough wind for the wind turbine to produce power, but the turbine is unable to cut-in, connect to the grid, and produce power for a period of time due to severe ice build-up in cold weather.

If *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* is selected as the ice detection response strategy, the turbine will cut-in and connect to the grid at an adapted power production level given the conditions. See further below in chapter “Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation”.

### 22.1.3. External Sensor Options

The external ice detector sensor functionality is an optional extra system that can be used to create a response directly from the sensor on the turbine. The sensor reports data to SCADA which controls the turbines at the site with respect to stopping them. It is intended for installation on wind turbines located in areas where there is a risk that ice can build up on either the turbine nacelle or blades and there are personal safety or legislation concerns that required the turbine to be stopped instantly when ice is detected. Compared to the LPDC and No Cut-in ice detection source options are designed to detect when performance is impacted where ice may already exist on the turbine.

The external sensor is only compatible with Operation with Ice Strategy:

- Stop the turbine
- Stop the turbine, yawing to a specific angle

The external sensor communicates with the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system. Typically, only a few external sensors are installed on a given site, and SCADA can be configured to stop the entire site or clusters or individual turbines if deemed necessary.

There are two separate types of use for the external sensor:

- External sensor is selected as the turbines ice detection source (Figure 1) for individual turbines, which allows the individual turbine itself to react to the sensor. Additionally, SCADA can still react to the signal and stop turbine(s) at the site.
- External sensor is not selected as the turbines ice detection source (Figure 1), so the individual turbine itself will not react to the external sensor, but SCADA can still react to the signal and stop turbine(s) at the site.

### 22.1.4. External Sensor Types

#### 22.1.5. Nacelle Based Ice Detection Sensor (Optional)

The nacelle ice detection sensor is an optional system intended for installation on wind turbines located in areas where ice can build up on the turbine. The purpose of the ice detector system is to provide the turbine controller information about potential risk for ice on the turbine. The ice detection system can detect in-cloud icing as well as freezing rain. Depending on requirements when ice is detected an ice alarm can initiate a turbine stop.

The system can come with a valid certification from accredited institutes.

#### 22.1.6. Blade-Based Ice Detection Sensor (Optional)

An additional option is to install a blade-based ice detection system. Such system includes a set of sensors (accelerometers) on each blade, plus a central monitoring unit. The ice detection is performed by analysis of blade eigenfrequencies with respect to ice accumulation. Therefore, the system needs a calibration prior to enter service (varying, and up to 3 months depending on the conditions and WTG configuration).

Ice detection is possible at standstill and during operation. No minimum rotation per minute (rpm) is required, however a minimum wind speed of 2 m/s is required to ensure sufficient excitation of blade.

The system can also come with a valid certification from accredited institutes.

### 22.1.7. Options and logging in SCADA

Possible options in SCADA to configure the usage of the external sensor on site level (independent of the individual turbine interface):

- Set predefined ice conditions using ice parameters
- Enable or disable automatic stop of individual turbines
- Enable or disable automatic restart of individual turbines

- Group turbines for auto stop and auto restart. SGRE recommends using SCADA to group ice sensor installed turbines along with turbines on which ice sensors are not installed.

Ice parameters are set in the SCADA interface. Depending on requirements, ice parameters can be modified to configure new ice conditions through the SCADA interface. Below is a list of the parameters:

- **Ice Restart Delay:** Turbines that are stopped due to ice are restarted only if ice is not reported from the sensor during the “Ice Stop Delay” in seconds configured by the user.
- **Ice Stop Delay:** Turbines are stopped due to ice only if ice is detected on turbine(s) for more than the ice stop delay in seconds configured by the user.
- **Ambient Temperature Duration:** Duration in seconds for how long the ambient temperature for ice detection should be exceeded to restart the turbines which are stopped due to ice.
  - E.g. above 5°C for 600 seconds
- **Ambient Temperature Threshold:** This parameter defines the temperature which must be exceeded to restart turbines stopped due to ice detection.
  - E.g. above 5°C for 600 seconds
- **Ice Control Start Time and Ice Control End Time:** Configured turbines will be stopped due to ice detection when the actual time is between Ice Control Start Time and Ice Control End Time. When the current time falls outside the range specified in Ice Control Start Time and Ice Control End Time, the turbines are restarted.

The alarms are presented in the ‘Alarm log’ of the Web WPS SCADA interface.

From Time	To Time	Duration	Group	Station	Code	Description	Parameter	User	Comment
28-02-2012 - 08:54:04	28-02-2012 - 09:20:00	00:25:56	Turbine	T05	8210	Stopped, due to icing			
			Turbine	T01	8215	Ice has been detected			Add

Figure 3 - Presentation of alarms related to the ice detection system in Web WPS SCADA

## 22.2. Operation with Ice Strategy

### 22.2.1. Operation with Ice Strategy: Stop Turbine

Stopping the turbine is often used in scenarios where it is not safe to keep running the turbine during icing conditions, e.g. where potential wildlife, people or equipment can be damaged/hurt. Only if using the external sensor can this approach be seen as safe, as the external sensors are often mounted on the nacelle and will detect when ice is forming and not based on production as the “Low Power Curve Detection” and “No Cut In” features do.

*Operation with Ice Strategy: Stop Turbine* makes sure the turbine is stopped when ice is detected. Additional option is possible in combination with the stop: Yaw to Angle.

Regardless of how *Operation with Ice Strategy: Stop Turbine* is configured, it is possible to determine if the turbine should auto reset or manually reset. The following options exist for auto reset:

- A stopped turbine with an ice detection alarm is reset after X hours
- A stopped turbine with an ice detection alarm requires manual reset
- A stopped turbine with an ice detection alarm that is yawed to a specific angle due to safety constraints is reset after X hours
- A stopped turbine with an ice detection alarm that is yawed to a specific angle due to safety constraints requires manual reset

### 22.2.2. Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation

*Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* provides customers with a way to optimize the wind turbine so that it continues operation when ice builds up on the blades and ice detection is triggered, thereby limiting shutdown events. By allowing continued operation, ice accumulates more slowly on the blades compared to if it were at a standstill. Therefore, the yield of production with ice buildup will increase due to adaptation/optimization to icing conditions through pitch angle and speed-power modification.

*Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* offers a limited power production under managed loads and thereby reduces the turbines’ shutdown events. *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* is a wind turbine controller software functionality for optimizing performance, allowing the turbine to maintain operation in ice conditions.

When ice is detected via the LPDC or No Cut-in ice detection sources, *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* finds the optimal operational setup in order to maximize production by first modifying the speed power curve (as shown in Figure 4). *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* increases the rotor speed to avoid the blades stalling and the turbine from cutting out. The speed will not exceed nominal speed.

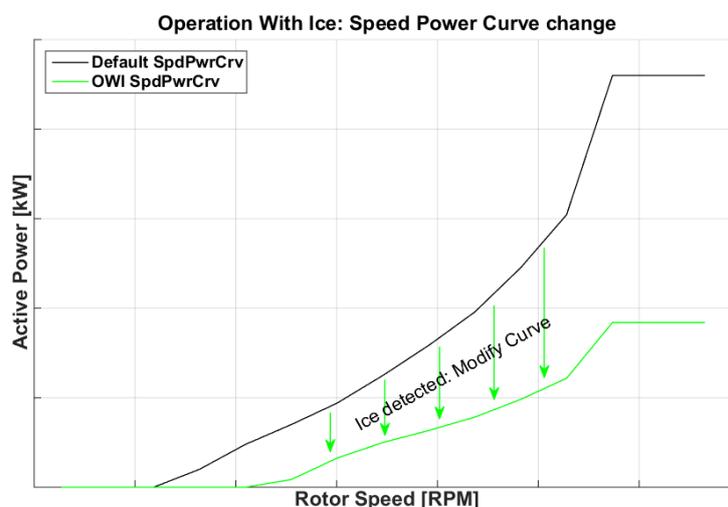


Figure 4: Illustration of OWI Speed-Power curve modification

Use of the *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* functionality may under certain conditions increase the noise emissions from the turbine, and the noise emissions may exceed the levels indicated in the turbine supply agreement. Any noise levels indicated or warranted in the turbine supply agreement shall not be applicable in the event of operation of the turbine with the *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* functionality activated.

It is the sole responsibility of the owner of the turbine to ensure that the turbine operating with *Operation with Ice Strategy: Adaptive Operation* functionality activated complies with any noise restriction applicable, irrespective of whether such limits follow from permits, legislation or otherwise. Siemens Gamesa accepts no responsibility for any violation of such limits.