

FEBBRAIO 2023

**GIUDECCA WIND S.R.L.**



**WIND FARM GIUDECCA – IMPIANTO  
EOLICO DA 72 MW**

**COMUNE DI MANDAS, GERGEI E  
VILLANOVAFRANCA (SUD SARDEGNA)**

**Località “Riu Mortoriu”**

**ELABORATI DI PROGETTO**

**ELABORATO R16**

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E  
PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

**Mantovana**

**Progettista**

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n. 1726

**Coordinamento**

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

**Codice elaborato**

*2799\_5298\_GIUD\_PD\_R16\_Rev0\_DISCIPLINARETECNICO.docx*



## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799_5298_GIUD_PD_R16_Rev0_DI SCIPLINARETECNICO.docx	02/2023	Prima emissione	G.d.L.	CP	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Eleonora Lamanna	Coordinamento Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	
Riccardo Festante	Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Carla Marcis	Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Ali Basharзад	Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Giancarlo Carboni	Geologo	Ord. Geologi Sardegna n. 497
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9588
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Marco Iannotti	Ingegnere Civile Idraulico	
Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Lorenzo Griso	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	



Sara Zucca	Architetto – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Andrea Mastio	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Francesca Casero	Esperto Ambientale e GIS Junior	



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. ELEMENTI PRINCIPALI PARCO EOLICO</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 AEROGENERATORE</b> .....	<b>9</b>
2.1.1 Pale .....	10
2.1.2 Rotore .....	10
2.1.3 Navicella .....	11
2.1.4 Sistema di controllo .....	11
2.1.5 Impianto elettrico dell'aerogeneratore .....	11
<b>2.2 PIAZZOLE DI MONTAGGIO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 VIABILITÀ DI SERVIZIO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4 OPERE DI FONDAZIONE</b> .....	<b>17</b>
2.4.1 FONDAZIONI PROFONDE .....	17
2.4.2 PLINTI DI FONDAZIONE AEROGENERATORI.....	17
2.4.3 PLATEE DI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE.....	17
<b>2.5 CAVI E VIE CAVI</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6 COMPONENTI ELETTRICHE AEROGENERATORI</b> .....	<b>21</b>
2.6.1 Impianto elettrico aerogeneratore .....	21
2.6.2 Trasformatore .....	21
2.6.3 Quadro 30 kV .....	21
2.6.4 Dispositivo di generatore BT .....	21
2.6.5 Sistema di ventilazione .....	21
2.6.6 Luci.....	22
2.6.7 Arresto d'emergenza .....	22
2.6.8 Disconnessione dell'energia.....	22
<b>2.7 SOTTOSTAZIONE UTENTE</b> .....	<b>22</b>
<b>3. SPECIFICHE TECNICHE OPERE MECCANICHE</b> .....	<b>23</b>
<b>4. SPECIFICHE TECNICHE OPERE DI MOVIMENTAZIONE TERRENI</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 SCAVI</b> .....	<b>24</b>
4.1.1 Scavi generici.....	24
4.1.2 Scavi di sbancamento .....	25
4.1.3 Scavi di fondazione o a sezione obbligata .....	25
4.1.4 Scavi per la messa a dimora di cavidotti elettrici .....	26
<b>4.2 RILEVATI</b> .....	<b>27</b>
4.2.1 Piano di posa .....	27
4.2.2 Corpo del rilevato e cassonetto stradale .....	27
4.2.3 Strato di finitura .....	28
4.2.4 Pacchetto bitumi.....	29
<b>5. SPECIFICHE TECNICHE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1 LEGANTI</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2 GHIAIE E PIETRISCHI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3 ACQUA</b> .....	<b>33</b>



5.4	SABBIA .....	33
5.5	ACCIAIO PER ARMATURE .....	33
5.6	CASSERI .....	34
5.7	DISARMANTI .....	34
5.8	ADDITIVI .....	34
5.9	IMPASTI .....	34
5.10	FASI DI GETTO .....	35
5.11	RIPRESE DI GETTO .....	35
5.12	CAMPIONI E PROVE DI ROTTURA .....	35
5.13	MATURAZIONE DEL CLS .....	35
5.14	DISARMO E SCASSERATURA.....	36
6.	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA.....	37
7.	NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	39

**ALLEGATO/APPENDICE**

ALLEGATO 01 D2056872/02 SGRE ON SG 6.0-170 Developer Package



## 1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di 72 MW, che prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori da 6,0 MW, da installarsi nei territori comunali di Mandas, Gergei e Villanovafranca, nella Provincia del Sud Sardegna.

Si precisa che l'attribuzione dei Comuni alla Provincia del Sud Sardegna fa riferimento alla situazione amministrativa attuale (L.R. n. 2 del 4 febbraio 2016 - "Riordino del sistema delle autonomie locali della Sardegna").

Con la LR n.7 del 12 aprile 2021 la Regione Sardegna viene riorganizzata in 8 Province: Città Metropolitana di Sassari, Città Metropolitana di Cagliari, Nord-Est Sardegna, Ogliastra, Sulcis Iglesiente, Medio Campidano, Nuoro e Oristano, pertanto i Comuni interessati dalle opere ricadrebbero nella Provincia del Medio Campidano (Villanovafranca) e nella nuova Città Metropolitana di Cagliari (Mandas e Gergei). Tale legge è però stata impugnata dal governo italiano, che ha bloccato l'iter di attuazione in attesa del pronunciamento della Corte costituzionale e il 12 marzo 2022 la Consulta si è pronunciata a favore della Regione Autonoma della Sardegna, dando di fatto il via libera alla re-istituzione delle Province. Pertanto allo stato attuale dovrebbero essere attive le nuove Province, che di fatto non lo sono in quanto sono in attesa dei pronunciamenti referendari dei residenti dei Comuni di confine e il rinvio al 2025 della data per "l'effettiva operatività di Città metropolitane e Province", con un'ulteriore coda di sei mesi, necessaria per l'auspicata elezione diretta dei Consigli comunali e metropolitani<sup>1</sup>.

La Società Proponente è la Giudecca Wind 1 S.R.L., con sede legale in Via Friuli Venezia Giulia 75, 30030 Pianiga (VE).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata, prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius". Tale SE è in progetto in un'area posta a circa 20 km in direzione Sud-Ovest dal layout.

La connessione tra la SE Terna e il parco eolico verrà realizzata mediante una linea interrata AT a 150 kV, di circa 20 km, tra lo stallo dedicato in stazione Terna e la sottostazione elettrica utente (SSEU) dove avverrà la trasformazione AT/MT. La cabina generale MT raccoglierà i cavi provenienti dai singoli aerogeneratori.

Nel suo complesso il parco sarà composto da:

- N° 12 aerogeneratori della potenza nominale di 6.0 MW ciascuno
- Dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti

---

<sup>1</sup> <https://www.lanuovasardegna.it/regione/2022/11/08/news/le-nuove-province-sarde-saranno-operative-solo-fra-quattro-anni-1.100139202>



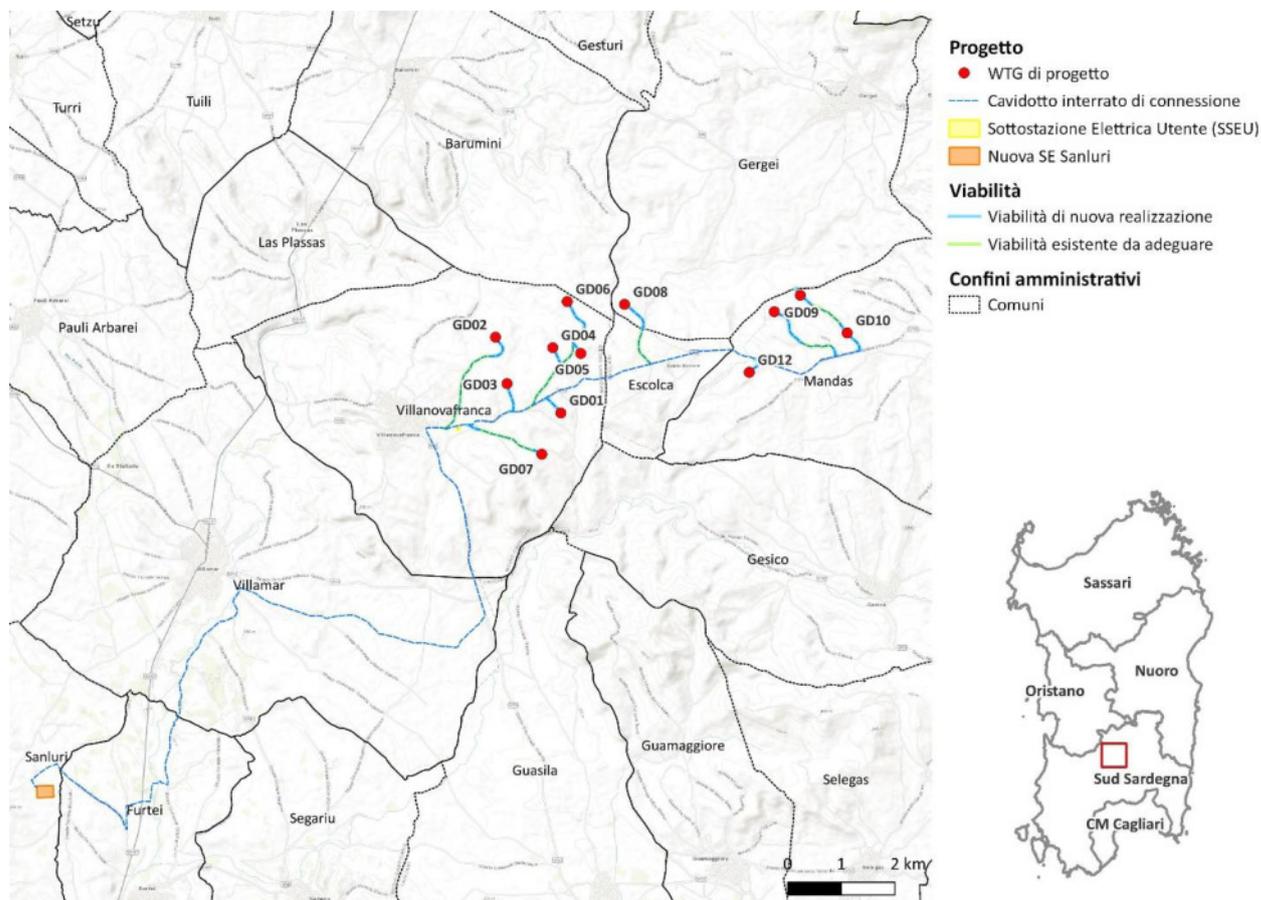
- Dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche
- Da un cavidotto di tensione pari a 30 kV interrato
- Da una cabina MT SSE utente interna all'area del parco
- Da una stazione utente di trasformazione 30/150 kV
- Da una connessione in antenna a 150 kV ad una costruenda SE
- Dalle reti tecnologiche per il controllo del parco

Il presente documento costituisce il Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici.

## 1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nei territori comunali di Villanovafranca, Mandas e Gergei, al di fuori dei centri abitati. Il progetto prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori così collocati (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

- n. 4 aerogeneratori in Comune di Mandas;
- n. 1 aerogeneratore in Comune di Gergei;
- n. 7 aerogeneratori in Comune di Villanovafranca.



La sottostazione di trasformazione sarà ubicata nel territorio comunale di Villanovafranca, complessivamente la linea di connessione attraverserà i territori comunali di Mandas, Escolca, Villanovafranca, Villamar, Furtei e Sanluri.

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1-1.



Tabella 1-1: Coordinate degli aerogeneratori previsti (EPSG 3003).

WTG	X	Y
GD01	1503242,9	4388449,4
GD02	1502022,8	4389874,9
GD03	1502237,6	4389001,8
GD04	1503091,0	4389678,0
GD05	1503614,9	4389569,8
GD06	1503361,1	4390544,8
GD07	1502887,2	4387673,9
GD08	1504431,1	4390492,8
GD09	1507225,4	4390355,4
GD10	1508587,2	4389955,3
GD11	1507710,3	4390664,1
GD12	1506758,2	4389214,5

L’accesso al sito avverrà mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e provinciale partendo dal vicino porto industriale Cagliari o in alternativa da quello poco più distale di Portovesme. All’interno dell’area dell’impianto verranno utilizzate come viabilità primaria le strade statali SS128 e SS197; la Strada Provinciale SP36 rappresenta il perno delle viabilità secondaria, permettendo di raggiungere facilmente le aree per la costruzione degli aerogeneratori, mediante strade secondarie (asfaltate e/o sterrate) esistenti e mediante la realizzazione di apposite piste (Figura 1.1).

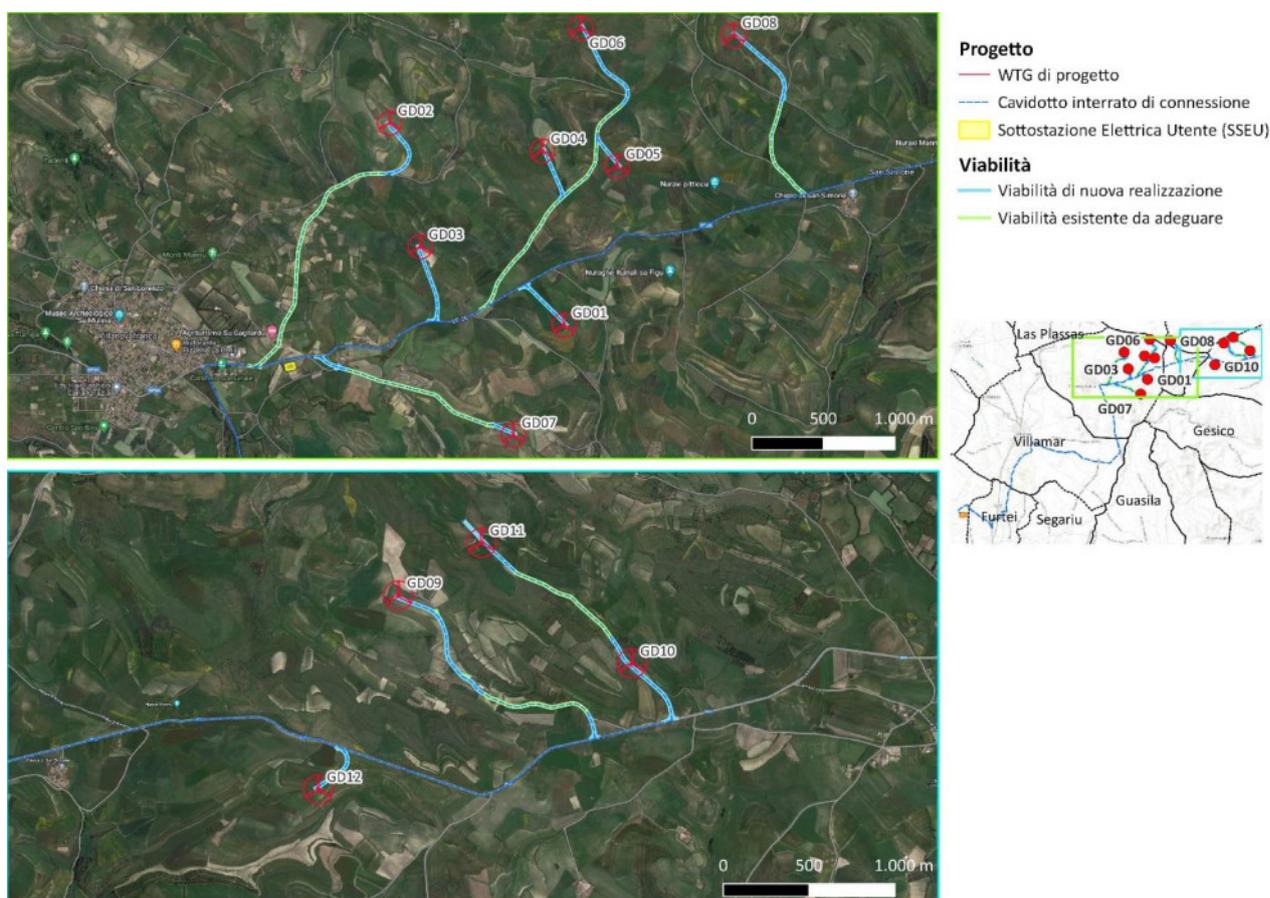


Figura 1.1: Inquadramento della viabilità di progetto.

## 2. ELEMENTI PRINCIPALI PARCO EOLICO

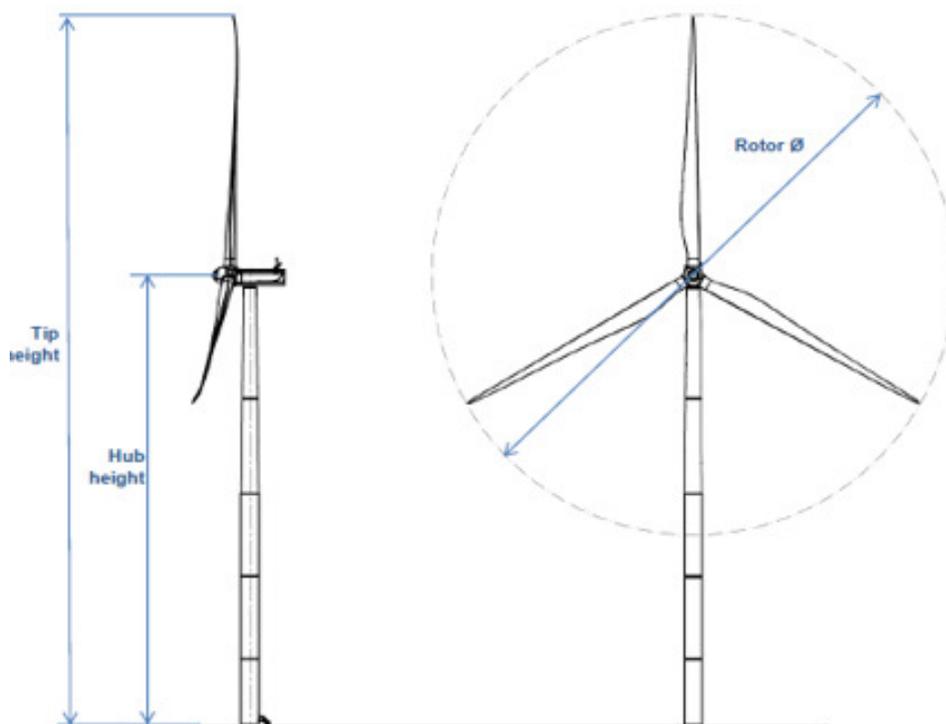
Si descrivono di seguito i principali componenti ed i rispettivi materiali costituenti gli elementi del parco eolico in esame.

### 2.1 AEROGENERATORE

Il tipo di aerogeneratore previsto è ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 6,0 MW, avente le caratteristiche principali di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 170 m, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/30 kV e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio sezionata in 5 elementi;
- altezza del mozzo pari a 115 m;
- altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 200,00 m;
- diametro massimo alla base del sostegno tubolare: 4,80 m;
- area spazzata massima: 22.686 m<sup>2</sup>.

Si riporta nei successivi paragrafi una breve descrizione dei vari elementi e si rimanda alla scheda tecnica generale del costruttore allegata al presente documento per una più completa analisi.



Tip height=200m; hub height=115m; rotor diameter=170m

Figura 2.1: Struttura aerogeneratore



### 2.1.1 Pale

Le pale sono in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fibra di carbonio. Le lame sono realizzate con due gusci ancorati ad una trave portante e sono collegate al mozzo per mezzo di cuscinetti che consentono la rotazione della pala attorno al proprio asse. I cuscinetti sono sferici e vengono imbullonati al mozzo.

### 2.1.2 Rotore

Il rotore avrà una velocità di rotazione variabile. Combinato con un sistema di regolazione del passo delle pale, fornisce la migliore resa possibile adattandosi allo stesso tempo alle specifiche della rete elettrica (accoppiamento con generatore) e minimizzando le emissioni acustiche. Le pale, a profilo alare, sono ottimizzate per operare a velocità variabile e saranno protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato. L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto è il mozzo. I cuscinetti delle pale sono imbullonati direttamente sul mozzo, che sostiene anche le flange per gli attuatori di passo e le corrispondenti unità di controllo. Il gruppo mozzo è schermato secondo il principio della gabbia di Faraday, in modo da fornire la protezione ottimale ai componenti elettronici installati al suo interno. Il mozzo sarà realizzato in ghisa fusa a forma combinata di stella e sfera, in modo tale da ottenere un flusso di carico ottimale con un peso dei componenti ridotto e con dimensioni esterne contenute.

Durante il funzionamento, dei sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico. Con bassa velocità del vento e a carico parziale il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. La bassa velocità del rotore alle basse velocità mantiene bassi i livelli di emissione acustica. A potenza nominale e ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante; le raffiche di vento fanno accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente alla rete energia ad alto livello di compatibilità. Le pale sono collegate al mozzo mediante cuscinetti a doppia corona di rulli a quattro contatti ed il passo è regolato autonomamente per ogni pala. Gli attuatori del passo, che ruotano con le pale, sono motori a corrente continua che agiscono sulla dentatura interna dei cuscinetti a quattro contatti tramite un ingranaggio epicicloidale a bassa velocità. Per sincronizzare le regolazioni delle singole pale viene utilizzato un controller sincrono molto rapido e preciso. Per mantenere operativi gli attuatori del passo in caso di guasti alla rete o all'aerogeneratore ogni pala del rotore ha un proprio set di batterie che ruotano con la pala. Gli attuatori del passo, la carica batteria ed il sistema di controllo sono posizionati nel mozzo del rotore in modo da essere completamente schermati e quindi protetti in modo ottimale contro gli agenti atmosferici o i fulmini. Oltre a controllare la potenza in uscita il controllo del passo serve da sistema di sicurezza primario.

Durante la normale azione di frenaggio i bordi d'attacco delle pale vengono ruotati in direzione del vento. Il meccanismo di controllo del passo agisce in modo indipendente su ogni pala. Pertanto, nel caso in cui l'attuatore del passo dovesse venire a mancare su due pale, la terza può ancora riportare il rotore sotto controllo ad una velocità di rotazione sicura nel giro di pochi secondi. In tal modo si ha un sistema di sicurezza a tripla ridondanza. Quando l'aerogeneratore è in posizione di parcheggio, le pale del rotore vengono messe a bandiera. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre.



### 2.1.3 Navicella

La navicella ospita al proprio interno la catena cinematica che trasmette il moto dalle pale al generatore elettrico. Una copertura in fibra di vetro protegge i componenti della macchina dagli agenti atmosferici e riduce il rumore prodotto a livelli accettabili. Sul retro della navicella è posta una porta attraverso la quale, mediante l'utilizzo di un palanco, possono essere rimossi attrezzature e componenti della navicella. L'accesso al tetto avviene attraverso un lucernario. La navicella, inoltre, è provvista di illuminazione.

### 2.1.4 Sistema di controllo

Tutto il funzionamento dell'aerogeneratore è controllato da un sistema a microprocessori che attua un'architettura multiprocessore in tempo reale. Tale sistema è collegato a un gran numero di sensori mediante cavi a fibre ottiche. In tal modo si garantisce la più alta rapidità di trasferimento del segnale e la maggior sicurezza contro le correnti vaganti o i colpi di fulmine. Il computer installato nell'impianto definisce i valori di velocità del rotore e del passo delle pale e funge quindi anche da sistema di supervisione dell'unità di controllo distribuite dell'impianto elettrico e del meccanismo di controllo del passo alloggiato nel mozzo.

La tensione di rete, la fase, la frequenza, la velocità del rotore e del generatore, varie temperature, livelli di vibrazione, la pressione dell'olio, l'usura delle pastiglie dei freni, l'avvolgimento dei cavi, nonché le condizioni meteorologiche vengono monitorate continuamente. Le funzioni più critiche e sensibili ai guasti vengono monitorate con ridondanza. In caso di emergenza si può far scattare un rapido arresto mediante un circuito cablato in emergenza, persino in assenza del computer e dell'alimentazione esterna. Tutti i dati possono essere monitorati a distanza in modo da consentirne il telecontrollo e la tele gestione di ogni singolo aerogeneratore.

### 2.1.5 Impianto elettrico dell'aerogeneratore

L'impianto elettrico è un componente fondamentale per un rendimento ottimale ed una fornitura alla rete di energia di prima qualità. Il generatore asincrono a doppio avvolgimento consente il funzionamento a velocità variabile con limitazione della potenza da inviare al circuito del convertitore, ed in tal modo garantisce le condizioni di maggior efficienza dell'aerogeneratore. Con vento debole la bassa velocità di inserimento va a tutto vantaggio dell'efficienza, riduce le emissioni acustiche, migliora le caratteristiche di fornitura alla rete. Il generatore a velocità variabile livella le fluttuazioni di potenza in condizioni di carico parziale ed offre un livellamento quasi totale in condizioni di potenza nominale. Ciò porta a condizioni di funzionamento più regolari dell'aerogeneratore e riduce nettamente i carichi dinamici strutturali. Le raffiche di vento sono "immagazzinate" dall'accelerazione del rotore e sono convogliate gradatamente alla rete. La tensione e la frequenza fornite alla rete restano assolutamente costanti. Inoltre, il sistema di controllo del convertitore può venire adattato ad una grande varietà di condizioni di rete e può persino servire reti deboli. Il convertitore è controllato attraverso circuiti di elettronica di potenza da un microprocessore a modulazione di ampiezza d'impulso. La fornitura di corrente è quasi completamente priva di flicker, la gestione regolabile della potenza reattiva, la bassa distorsione, ed il minimo contenuto di armoniche definiscono una fornitura di energia eolica di alta qualità.

La bassa potenza di cortocircuito permette una migliore utilizzazione della capacità di rete disponibile e può evitare costosi interventi di potenziamento della rete. Grazie alla particolare tecnologia delle turbine previste, non sarà necessaria la realizzazione di una cabina di trasformazione BT/30 kV alla base di ogni palo in quanto questa è già alloggiata all'interno della navicella posta in sommità della torre d'acciaio; il trasformatore BT/30 kV con la relativa quadristica di media tensione fa parte dell'aerogeneratore ed è compreso nell'allestimento della navicella dell'aerogeneratore stesso.



L'aerogeneratore sarà collegato alla rete di media tensione attraverso pozzetti di linea per mezzo di cavi posati direttamente in cavidotti interrati convenientemente segnalati.

## **2.2 PIAZZOLE DI MONTAGGIO**

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore verrà realizzata una piazzola di montaggio al fine di consentire le manovre di scarico dei vari elementi delle torri, il loro stoccaggio in attesa della posa in opera, il posizionamento della gru principale di sollevamento e montaggio e il posizionamento delle gru ausiliarie. Tenuto conto delle dimensioni dell'aerogeneratore, la viabilità di servizio all'impianto e le piazzole costituiscono le opere di maggiore rilevanza per l'allestimento del cantiere. Oltre all'area suddetta saranno realizzate alcune aree di servizio per il posizionamento delle gru ausiliarie al montaggio del braccio della gru principale.

Le piazzole di montaggio dovranno avere una superficie piana o con pendenza minima (1÷2%) di dimensioni tali da contenere tutti i mezzi e le apparecchiature garantendo ai mezzi all'interno di essa buona libertà di movimento. Per il progetto in esame, al fine di minimizzare i movimenti terra e quindi gli impatti sul territorio, si è scelto di utilizzare una piazzola per un montaggio in due fasi, denominata "Partial storage" dove verranno utilizzate due tipologie di gru principali e verranno stoccati i diversi componenti in due tempi.

Nelle seguenti figure si riportano degli schemi tipologici.

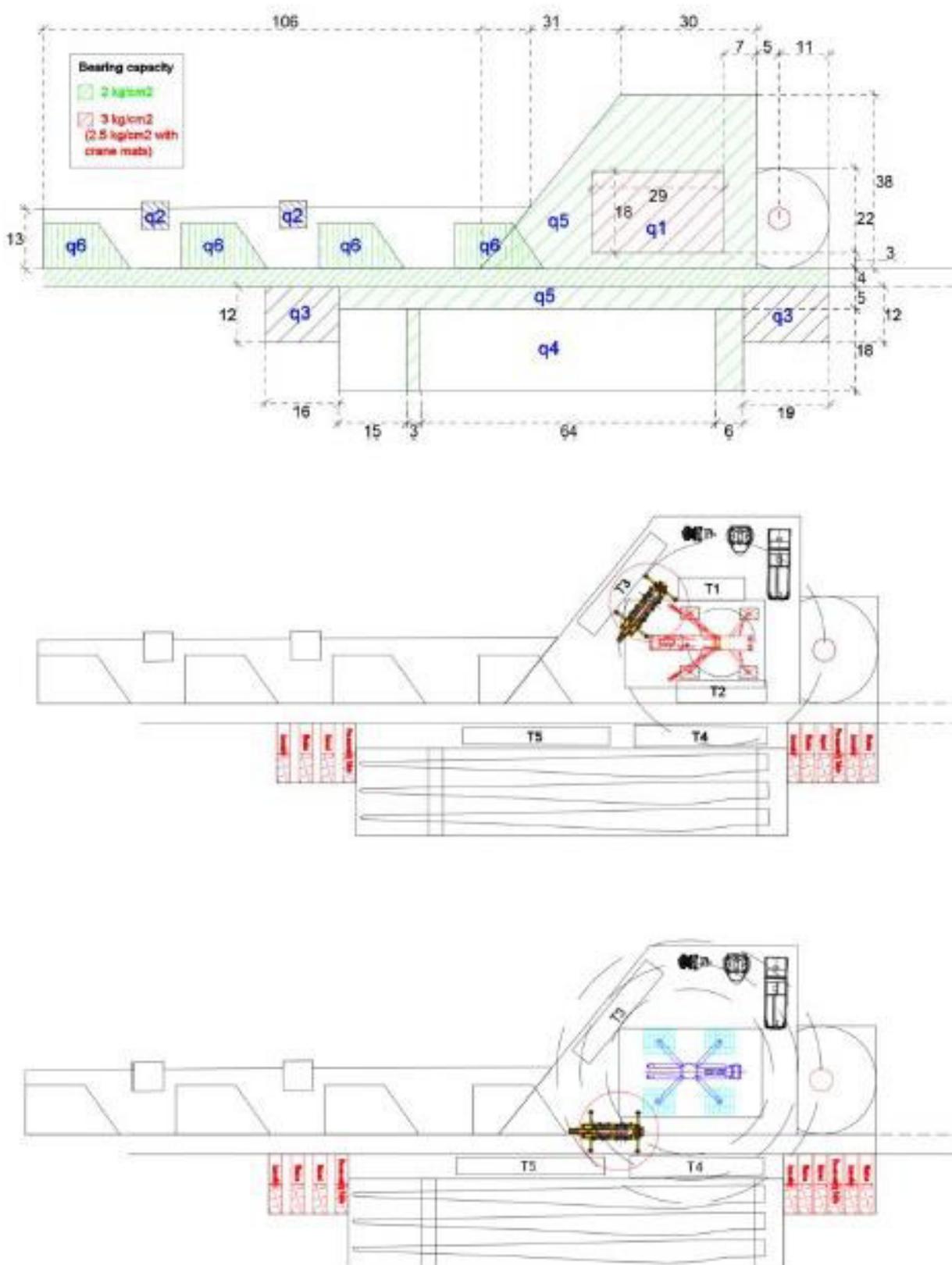


Figura 2.2 – tipologico per il sistema di montaggio “Partial storage”

Per la realizzazione delle piazzole si procede con le seguenti fasi lavorative:

- A. Scotico terreno vegetale
- B. Scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa
- C. Compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti
- D. Ove necessario, stesa per strati e compattazione del corpo del rilevato con materiale da cava o con materiale proveniente dagli scavi se ritenuto idoneo dalla D.L.
- E. Posa di uno strato di fondazione in tout venant compatto o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm
- F. Posa dello Strato di finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm.

Si riporta di seguito una sezione tipo delle piazzole.

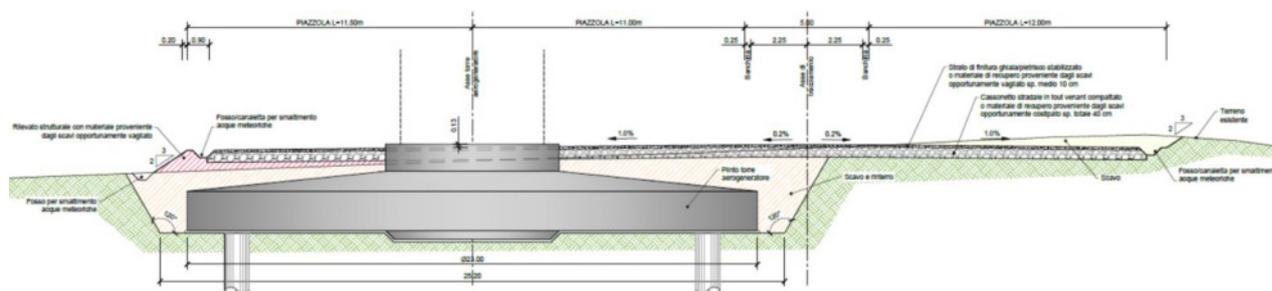


Figura 2.3 – Sezione tipo piazzole

Come si evince dalle figure dei tipologici sopra riportate non tutte le aree della piazzola necessitano delle stesse caratteristiche in termini di portanza ma variano come segue:

- Area destinata al posizionamento della gru principale = 3 kg/cmq
- Area per lo stoccaggio degli elementi = 2 kg/cmq
- Punti di appoggio dei cavalletti per lo stoccaggio delle pale = 2 kg/cmq
- Le rimanenti aree devono avere semplicemente una superficie più o meno piana e libera da ostacoli

Gli spazi per il montaggio della gru principale non richiedono interventi sul terreno dovendo essere semplicemente garantita la libertà spaziale lungo il braccio della gru (lungo tutta la sua estensione non dovranno esserci alberi o ingombri più alti di 1,5-1,8m). Dovranno essere assicurati uno o due punti intermedi di appoggio solo qualora l'orografia del terreno non ne presenti già di idonei. Le aree richieste per le gru ausiliarie di supporto alle operazioni di montaggio del braccio della gru principale non richiedono interventi particolari sul terreno, dovranno semplicemente presentare una modesta pendenza ed essere libere da ostacoli per permettere lo stazionamento della gru e il posizionamento degli stabilizzatori.

Alla fine della fase di cantiere le dimensioni delle piazzole saranno ridotte a 50 x 30 m per un totale di 1500 mq, per consentire la manutenzione degli aerogeneratori stessi, mentre la superficie residua sarà rinverdita e mitigata.

In fase di progettazione esecutiva tutte le ipotesi sopra enunciate dovranno essere verificate ed eventualmente aggiornate e/o integrate in funzione delle specifiche turbine da installare e dei mezzi che si utilizzeranno per trasporti e montaggi, che potrebbero avere sensibili variazioni dimensionali dei mezzi d'opera e degli spazi di manovra.



## 2.3 VIABILITÀ DI SERVIZIO

La viabilità interna campo per accedere alle varie piazzole sarà realizzata su strade esistenti e su nuove piste che consentiranno di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno collocati gli aerogeneratori.

Le strade esistenti verranno adeguate in alcuni tratti per rispettare i raggi di curvatura e l'ingombro trasversale dei mezzi di trasporto dei componenti dell'aerogeneratore. Tali adeguamenti consisteranno quindi essenzialmente in raccordi agli incroci di strade e ampliamenti della sede stradale nei tratti di minore larghezza, per la cui esecuzione sarà richiesta l'asportazione, lateralmente alle strade, dello strato superficiale di terreno vegetale e la sua sostituzione con uno strato di misto granulare stabilizzato. Le piste di nuova costruzione avranno una larghezza di 5,50 m. Per la loro realizzazione verrà eseguito uno scotico/scavo fino al raggiungimento della quota di progetto del piano di posa; dopo l'esecuzione della necessaria compattazione del piano di posa, verrà steso uno strato di geotessile; quindi, verrà realizzata una fondazione in misto granulare dello spessore di 40 cm e infine uno strato superficiale di massicciata dello spessore di 10 cm. Verranno eseguite opere di scavo, compattazione e stabilizzazione nonché riempimento con inerti costipati e rullati così da avere un sottofondo atto a sostenere i carichi dei mezzi eccezionali nelle fasi di accesso e manovra. La costruzione delle strade di accesso in fase di cantiere e di quelle definitive dovrà rispettare adeguate pendenze sia trasversali che longitudinali allo scopo di consentire il drenaggio delle acque impedendo gli accumuli in prossimità delle piazzole di lavoro degli aerogeneratori. A tal fine le strade dovranno essere realizzate con sezione a pendenza con inclinazione di circa il 2%.

Il corpo stradale sarà realizzato secondo le seguenti modalità:

- A. Scotico terreno vegetale
- B. Scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa
- C. Compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti
- D. Ove necessario, stesa per strati e compattazione del corpo del rilevato con materiale da cava o con materiale proveniente dagli scavi se ritenuto idoneo dalla D.L., previa stesura di un geotessile
- E. Posa del Cassonetto stradale in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm
- F. Posa dello Strato di finitura (massicciata) in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm

Si riporta di seguito una sezione tipo delle piste di accesso sopra descritte.

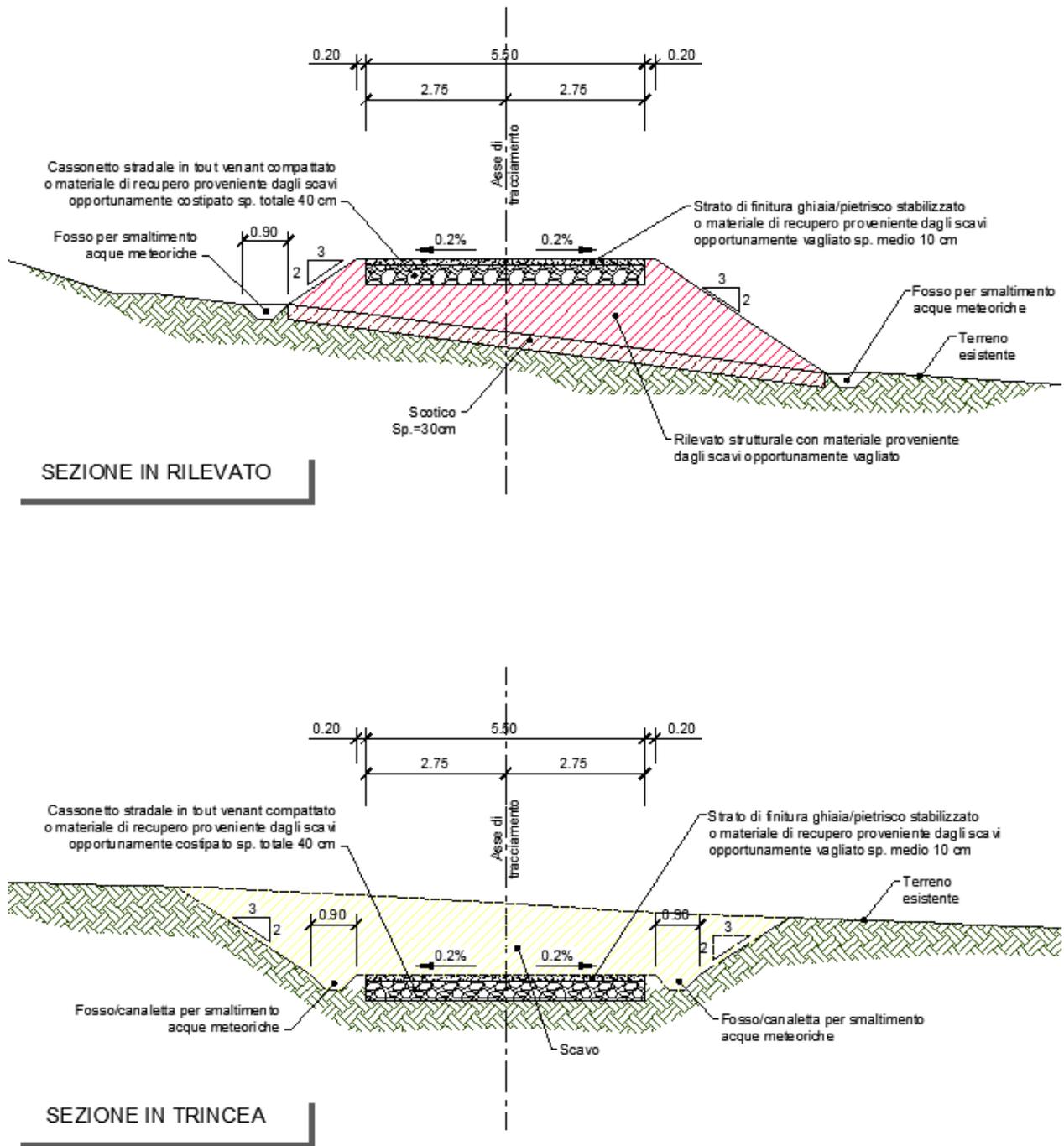


Figura 2.4 – Sezione tipo piste di accesso



## 2.4 OPERE DI FONDAZIONE

### 2.4.1 FONDAZIONI PROFONDE

In questa fase progettuale è stato previsto che le fondazioni delle torri siano costituite da plinti in c.a. (si veda paragrafo successivo) poggianti su N.12 pali di diametro pari a 1000 mm e lunghezza pari a 25 m. I pali saranno di tipo trivellato e realizzati in c.a. con classe di resistenza C25/30. In fase di progettazione esecutiva, in seguito ad una campagna geotecnica dettagliata, numero e geometria dei pali potranno subire variazioni in un'ottica di ottimizzazione del progetto.

### 2.4.2 PLINTI DI FONDAZIONE AEROGENERATORI

Le fondazioni delle torri saranno costituite da un plinto a base circolare del diametro di 22 m, con altezza massima di circa 3.86 m (3,50 m + 0,36 m nella parte centrale), posato ad una profondità massima di 3,37 m circa dal piano campagna finito e sporgente circa 13 cm dal piano finito. Il plinto di fondazione è composto, al netto dell'approfondimento centrale di posa dell'Anchor Cage e del magrone di fondazione, da una parte inferiore cilindrica (h = 1,60 m), una intermedia troncoconica (h = 0,80 m), ed una superiore cilindrica di altezza 1,10 m (sopralzo o colletto) che sporge dal piano campagna di circa 13 cm. Il sistema di connessione torre-fondazione è costituito da un doppio anello di tirafondi ad alta resistenza collegati inferiormente con una flangia circolare ed annegati nel calcestruzzo della fondazione e superiormente collegati a quella del primo concio della torre.

Le dimensioni sopra riportate potranno subire variazioni in fase di progettazione esecutiva, fermo restando le dimensioni di massima del sistema fondazionale.

### 2.4.3 PLATEE DI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE

Le cabine elettriche saranno di tipo prefabbricato e dovranno essere fornite di vasca di fondazione anch'essa di tipo prefabbricato in c.a.v.. Le strutture dovranno essere realizzate in rispondenza alle specifiche di Costruzione dell'ente gestore della rete ed alle Norme Tecniche di Costruzione vigenti. Le vasche dovranno essere realizzate in monoblocco in modo da creare una vasca stagna sottostante tutto il locale. Appositi connettori in acciaio inox, annegati nel calcestruzzo, permettono il collegamento interno-esterno alla rete di terra. Queste vasche prefabbricate saranno poggiate su platee in c.a. gettate in opera dello spessore minimo di 25 cm.

## 2.5 CAVI E VIE CAVI

Nel presente progetto saranno realizzati cavidotti in 150 kV e 30 kV con cavi unipolari schermati con conduttore in alluminio e isolamento estruso in XLPE, riuniti in terne a trifoglio.

Riassumendo dovranno rispettare le seguenti caratteristiche.

Tabella 2.1: CARATTERISTICHE ELETTRICHE

CARATTERISTICHE ELETTRICHE		
	SISTEMA 150 kV	SISTEMA 30 kV
Tensione nominale di esercizio (U)	87/150 kV	18/30 kV
Tensione massima (U <sub>max</sub> )	170 kV	36 kV
Frequenza nominale del sistema	50 Hz	50 Hz



Tabella 2.2: CARATTERISTICHE TECNICHE E REQUISITI

CARATTERISTICHE TECNICHE E REQUISITI		
	SISTEMA 150 kV	SISTEMA 30 kV
Sigla di identificazione	A2XAS(FL)2Y 87/150 kV	ARE4H5R 20,8/30 kV
Conduttori	Alluminio	Alluminio
Isolamento	Mescola a base di polietilene reticolato XLPE	Mescola a base di polietilene reticolato XLPE
Schermo	Nastro di alluminio laminato	Nastro di alluminio laminato
Guaina esterna	HDPE (ST7) rivestimento grafite	PVC (ST2) colore rosso
Potenza da trasmettere	Da definire durante la progettazione esecutiva dei sistemi elettrici	Da definire durante la progettazione esecutiva dei sistemi elettrici
Sezione conduttore	400 mm <sup>2</sup> Sezione indicativa, da definire in fase esecutiva	630 mm <sup>2</sup> Sezione indicativa, da definire in fase esecutiva
Messa a terra della guaina	Da definire durante la progettazione esecutiva dei sistemi elettrici	Da definire durante la progettazione esecutiva dei sistemi elettrici
Tipo di posa	Direttamente interrato	Direttamente interrato

La rete elettrica sarà realizzata con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle seguenti tavole di progetto allegate:

- "2799\_5298\_GIUD\_PD\_T17\_Rev0\_SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE.pdf"

- "2799\_5298\_GIUD\_PD\_T02\_Rev0\_PLANIMETRIA CAVIDOTTI SU CTR.pdf"

Per il collegamento degli aerogeneratori si prevede la realizzazione di linee a 30 kV in configurazione del tipo "entra-esce".

I cavi in 150 kV verranno posati in trincea ad una profondità compresa tra 80 e 145 cm circa, con una placca di protezione ed un nastro segnalatore. La trincea avrà una larghezza di circa 85 cm.

I cavi in 30 kV verranno posati in trincea ad una profondità di 180 cm circa, con una placca di protezione ed un nastro segnalatore. La trincea avrà una larghezza variabile tra di 85 e 165 cm circa a seconda del numero di terne alloggiare.

Nelle stesse trincee, oltre ai cavi di energia, verranno alloggiati la fibra ottica necessaria per la comunicazione e, nel caso di cavidotti 30 kV, anche la corda di terra.

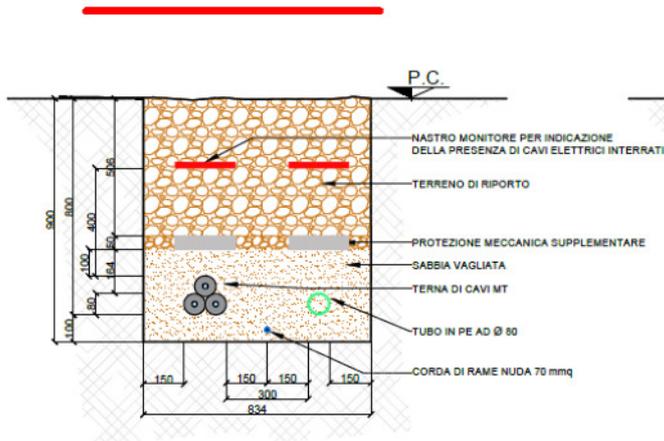
Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

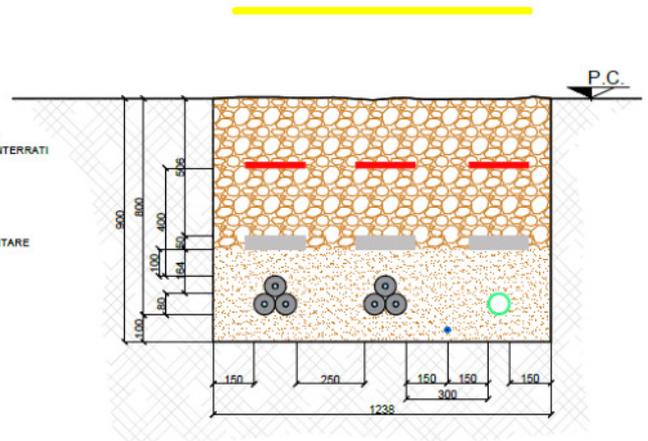
- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- realizzazione supporto di allettamento composto da sabbia vagliata;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- eventuale rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;

- *posa dei tegoli protettivi;*
- *rinterro parziale con terreno di scavo;*
- *posa nastro monitor;*
- *rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;*
- *apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.*

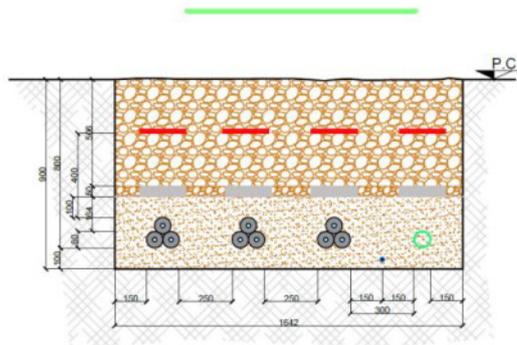
TIPICO SEZIONE DI SCAVO  
 POSA DI SINGOLA TERNA DI CAVI MT,  
 LINEE DI SEGNALE E CORDA DI RAME NUDA INTERRATI



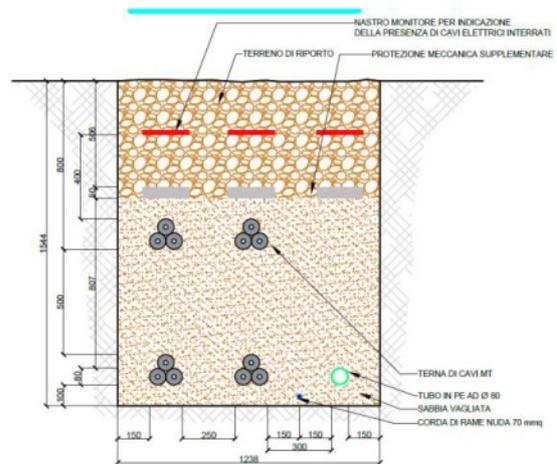
TIPICO SEZIONE DI SCAVO  
 POSA DI n.2 TERNE DI CAVI MT,  
 LINEE DI SEGNALE E CORDA DI RAME NUDA INTERRATI



TIPICO SEZIONE DI SCAVO  
 POSA DI n.3 TERNE DI CAVI MT,  
 LINEE DI SEGNALE E CORDA DI RAME NUDA INTERRATI



TIPICO SEZIONE DI SCAVO  
 POSA DI n.4 TERNE DI CAVI MT,  
 LINEE DI SEGNALE E CORDA DI RAME NUDA INTERRATI



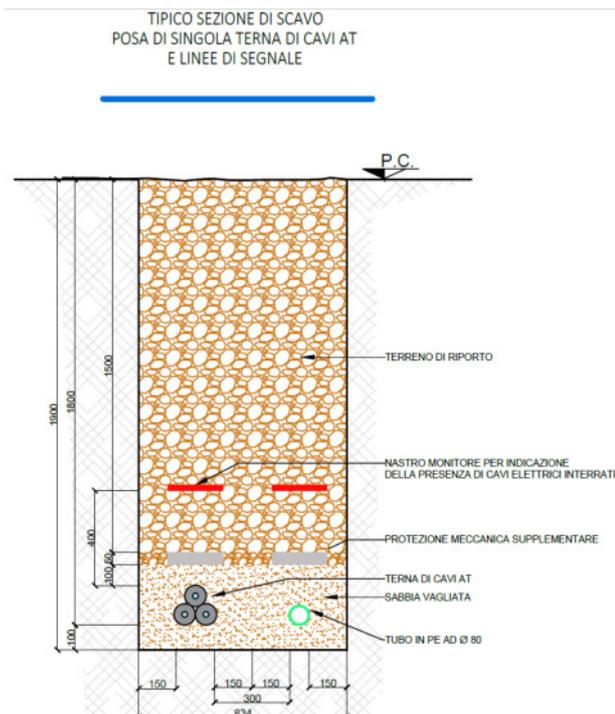


Figura 2.5 – Sezioni tipo posa cavidotti

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di 4 rami di alimentazione che collegano la SSE utente lato 30 kV con le turbine collegate in configurazione entrase a formare 4 cluster.

Tabella 2.3: Configurazione cluster

ID.	TURBINA	CLUSTER	MODELLO	POTENZA (KW)
1	GD02	1	SG 6.0 - 170	6000
2	GD07	1	SG 6.0 - 170	6000
3	GD03	1	SG 6.0 - 170	6000
4	GD06	2	SG 6.0 - 170	6000
5	GD05	2	SG 6.0 - 170	6000
6	GD04	2	SG 6.0 - 170	6000
7	GD12	3	SG 6.0 - 170	6000
8	GD08	3	SG 6.0 - 170	6000
9	GD01	3	SG 6.0 - 170	6000
10	GD09	4	SG 6.0 - 170	6000
11	GD10	4	SG 6.0 - 170	6000
12	GD11	4	SG 6.0 - 170	6000



## 2.6 COMPONENTI ELETTRICHE AEROGENERATORI

### 2.6.1 Impianto elettrico aerogeneratore

Le specifiche tecniche di cui all'ALLEGATO 1 del presente documento contengono le caratteristiche dell'impianto all'interno dell'aerogeneratore comprensivo di:

- a) Dati tecnici sistema di conversione (trasformatore);
- b) Dati tecnici del quadro 30 kV;
- c) Scomparto arrivo/partenza cavi 30 kV di collegamento aerogeneratori;
- d) Dati tecnici del dispositivo di generatore in BT;
- e) Sistema di ventilazione.

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà trasportata alla SSE utente lato 30 kV per poi essere immessa nella RTN allo stallo 150 kV in SE Terna.

Ciascun aerogeneratore sarà dotato di un generatore e relativo convertitore. Inoltre, sarà equipaggiato con un trasformatore elevatore oltre a tutti gli organi di protezione ed interruzione atti a proteggere la macchina e la linea elettrica in partenza dalla stessa.

### 2.6.2 Trasformatore

All'interno del generatore eolico, la tensione BT a 0.690 kV in arrivo dalla macchina verrà elevata a 30 kV tramite un trasformatore elevatore dedicato.

Il trasformatore utilizzato è del tipo in resina del tipo trifase. In caso di guasto del trasformatore questo può essere facilmente smontato e riparato all'interno della torre.

### 2.6.3 Quadro 30 kV

Per ogni aerogeneratore è prevista la dotazione di un quadro 30 kV a bordo macchina per la connessione elettrica alla linea interna al parco eolico, nella configurazione a singolo o doppio ingresso, secondo quanto previsto nello schema elettrico unifilare di progetto. Ogni aerogeneratore è dotato di uno o più quadri per l'arrivo/partenza di una o più linee di connessione secondo lo schema elettrico unifilare al fine di minimizzare la lunghezza della linea 30 kV e di migliorare la continuità di servizio. Il quadro 30 kV sarà dotato dei necessari scomparti arrivo/partenza cavi

### 2.6.4 Dispositivo di generatore BT

Per dispositivo di generatore si intende quel dispositivo in grado di escludere ciascun gruppo di generazione ed è posto solitamente a monte del generatore asincrono. Tale dispositivo rientra tra i dispositivi riconosciuti come "metal enclosed" in accordo alle norme di riferimento dei costruttori: DIN EN 60439.

### 2.6.5 Sistema di ventilazione

All'interno della torre sono evidenziabili 3 piattaforme posizionate a quote diverse in funzione delle apparecchiature montate e connesse tra loro da un sistema di ventilazione forzato; sono riconoscibili:

- Piattaforma "bassa" (posizionamento trasformatore)
- Piattaforma "intermedia" (quadri media tensione)



- Piattaforma “alta” (sistema di conversione)

La parete della torre in corrispondenza della piattaforma intermedia presenta una cavità per l'areazione del sistema di ventilazione proveniente dal vano trasformatore. Quest'ultimo è dotato di 3 “fan coil” in corrispondenza delle tre colonne che vengono azionati da un sistema di controllo per la dissipazione del calore, mediante misurazione della differenza di temperatura tra la camera del trasformatore e gli avvolgimenti dotati di 3 termosonde PT100. Per quanto riguarda il sistema di conversione, è previsto all'interno del convertitore un sistema di estrazione e ventilazione dell'aria che viene azionato in relazione allo stato di funzionamento del dispositivo.

### **2.6.6 Luci**

La turbina è equipaggiata con luci nella torre, nella navicella, nella stanza del trasformatore ed il mozzo. C'è una luce d'emergenza in caso di mancanza di corrente elettrica.

### **2.6.7 Arresto d'emergenza**

Sono presenti pulsanti per l'arresto d'emergenza nella navicella, nel mozzo e alla base della torre.

### **2.6.8 Disconnessione dell'energia**

La turbina è equipaggiata con interruttori per consentire la disconnessione da tutte le fonti di energia in caso d'ispezione o manutenzione. Gli interruttori sono marcati con segnali e sono collocati nella navicella e alla base della torre.

## **2.7 SOTTOSTAZIONE UTENTE**

Di seguito si descrive brevemente la configurazione della SSE utente AT/MT 150/30kV che sarà collegata, tramite cavidotto in AT, alla stazione Terna.

La stazione elettrica sarà costituita essenzialmente da:

- sezione in aria con trasformatore AT/MT 150/30/30kV 90/110 MVA ONAN/ONAF YNd dotato di sistema di regolazione automatica della tensione e neutro a terra la AT e di vasca per la raccolta dell'olio; isolatori in RIP con contenuto silicico composto >30%,
- un sistema sbarre in aria AT 150kV;
- uno stallo di connessione della linea in AT di alimentazione verso SE Terna, costituito dalle seguenti principali terne di apparati: CAVO di connessione da SSE utente, terminali cavo AT, sezionatore a pantografo, TV induttivo a più secondari, TA a più secondari, Interruttore, scaricatori di sovratensione e conta scariche (lato SSE e lato trasformatore AT/MT), sezionatore di terra
- una sezione MT 30 kV, allestita con gli apparati di sezionamento, controllo e misura, per il collegamento agli aerogeneratori.



### 3. SPECIFICHE TECNICHE OPERE MECCANICHE

Nella fase attuale di progettazione, si è ipotizzato l'utilizzo di turbine di tipo SG 6.0-170 sviluppate dalla Siemens Gamesa Renewable Energy. Di seguito si riporta un estratto delle caratteristiche tecniche delle turbine utilizzate mentre in allegato si riporta il documento completo.

## Technical Specifications

#### 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 m
Max chord .....	4.5 m
Aerodynamic profile .....	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material .....	GRE (Glassfiber Reinforced Epoxy) – 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 .....	Forged steel
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 nominal power .....	6.0 MW
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 .....	SGRE SCADA System

#### Tower

Type .....	Tubular steel / Hybrid
Hub height .....	100m 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 .....	10.0 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 .....	All modules weight lower than 80 t for transport
------------------------	---



## 4. SPECIFICHE TECNICHE OPERE DI MOVIMENTAZIONE TERRENI

### 4.1 SCAVI

Gli scavi interessanti l'opera in progetto si dividono in:

#### 4.1.1 Scavi generici

Gli scavi generici, da eseguirsi 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 fuggatori. 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 portate 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.

#### **4.1.2 Scavi di sbancamento**

Per scavi di sbancamento si intenderanno gli scavi per il livellamento o la 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.

#### **4.1.3 Scavi di fondazione o a sezione obbligata**

Per scavi di fondazione si intenderanno gli scavi incassati e a sezione obbligata necessari 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 generate 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. 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.. È vietato all'Impresa, pena la demolizione, di proseguire coi getti dei vari manufatti di fondazione senza l'esplicita accettazione previa verifica da parte della D.L. dei piani delle fondazioni. Nel caso 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.

#### **4.1.4 Scavi per la messa a dimora di cavidotti elettrici**

L'esecuzione degli scavi per la posa dei cavi elettrici dovrà rispettare l'andamento piano-altimetrico riportato sugli elaborati di progetto o quello eventualmente modificato in fase esecutiva dalla D.L.. Le quote di fondo scavo dovranno corrispondere a quelle prescritte: esse dovranno comunque consentire un'altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore dei cavi non inferiore a 70 cm per la media tensione e 1,5 m per l'alta tensione; alla D.L. è riservata peraltro la facoltà insindacabile di disporre - all'atto esecutivo - qualsiasi variante, con aumento o diminuzione delle profondità predette. Il fondo degli scavi aperti per la posa in opera dei cavi dovrà essere livellato e non saranno ammesse rugosità superiori ai 3 cm dal piano delle livellette indicate nel profilo longitudinale. Le pareti degli scavi non dovranno presentare blocchi sporgenti o massi pericolanti. 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 nel presente Disciplinare o per variare l'avanzamento del proprio lavoro in maniera non adeguata a quella della fornitura dei cavi.

La chiusura degli scavi verrà effettuata con il materiale provenienti dagli scavi, se ritenuto idoneo dalla D.L.. Il rinterro dovrà essere iniziato adoperando per il primo strato, fino ad un'altezza di ricoprimento di circa 10 cm sulla generatrice superiore dei cavi, con sabbia vagliata e priva di impurità. 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 fossero approvati dalla D.L. per il rinterro, l'Impresa dovrà sostituirli, in tutto o in parte con materiale approvato dalla D.L. e provenienti da cave di prestito a qualsiasi distanza. Qualora per tutta la durata dei lavori di posa cavi non fosse possibile stoccare il materiale scavato a bordo trincea, questo dovrà essere momentaneamente allontanato e stoccato in apposite aree individuate senza che per ciò possa competere all'Impresa altro compenso all'infuori dei prezzi stabiliti in elenco.



## 4.2 RILEVATI

### 4.2.1 Piano di posa

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere adeguatamente preparato, previo abbattimento di alberi, taglio siepi e cespugli, estirpazione di radici e infine scotico del terreno vegetale per tutta la superficie e per le dimensioni di progetto o modificate dalla D.L.. In presenza di terreni torbosi si dovrà provvedere alla sostituzione del terreno in sito con altro di tipo granulare, per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico, secondo le disposizioni della D.L. L'Impresa dovrà garantire il corretto smaltimento delle acque dagli scavi.

Il terreno vegetale dovrà essere stoccato in aree idonee per poi essere riutilizzato per gli strati di finitura dei rilevati.

Il terreno proveniente dagli scavi, se di natura non idonea al riutilizzo (si veda punti successivi) dovrà essere smaltito e trasportato a discarica a spese dell'Impresa.

Lo strato finale di posa del rilevato (sottofondo) dovrà avere un modulo di deformazione "Md"  $\geq$  15 MPa nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa. Nel caso questa condizione non fosse raggiungibile si dovrà procedere alla sostituzione di circa 30 cm di terreno naturale con altro appartenente ai gruppi A1 e A3 (CNR UNI 10006), costipato fino a raggiungere il 90% della densità massima relativa alla prova AASHTO Modificata.

Nel caso i rilevati risultino su pendii 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..

Infine, sul terreno naturale costituente il piano di posa, dovrà essere posto in opera un telo di geotessile (tessuto non tessuto) sovrapposto ai bordi per circa cm 50. Il tessuto non tessuto dovrà essere di poliestere a filo continuo secondo le caratteristiche di cui all'articolo apposito del presente Disciplinare con grammatura compresa tra 300 e 400 g/mq e con resistenza a punzonatura  $\geq$  3 kN, resistenza a trazione 21 kN in senso longitudinale con allungamento tra il 30 ed il 70%.

### 4.2.2 Corpo del rilevato e cassonetto stradale

I rilevati dovranno essere costituiti da terre idonee, accuratamente scelte, escludendo terre contenenti radici, erbe e materie organiche. Le terre dovranno essere 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., 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 per ottenere, secondo le disposizioni della D.L. medesima, le caratteristiche geomeccaniche minime richieste. In ogni caso sono assolutamente da escludere le terre appartenenti al gruppo A7. Agli ultimi due strati dei rilevati, adiacenti allo strato di finitura (cassonetto stradale sp. 20+20 cm) 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.

La stesa del materiale per la formazione del rilevato dovrà essere eseguita in strati regolari di spessore proporzionale alla natura del materiale stesso e allo spessore, tipo e peso dei mezzi costipanti utilizzati, secondo le disposizioni 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. AASHTO mod. non inferiore a 90% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 20 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 mc 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.

Per una maggiore protezione del rilevato dall'azione diretta degli agenti atmosferici, dovrà essere rivestita la superficie esterna dei terrapieni con uno strato 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 seminata.

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 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.

#### **4.2.3 Strato di finitura**

Per la costruzione dello strato di finitura si dovranno impiegare 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.

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:

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

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 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, in ogni caso per raggiungere lo spessore finito di 10 cm.



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.. In corso d'opera dovrà essere verificata la corrispondenza dei requisiti geotecnici richiesti per i materiali impiegati. Lo strato, quindi, dovrà essere adeguatamente costipato sino al raggiungimento del 98% della densità massima fornita dalla prova AASHD mod. 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/cm<sup>q</sup> nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cm<sup>q</sup>.

#### **4.2.4 Pacchetto bitumi**

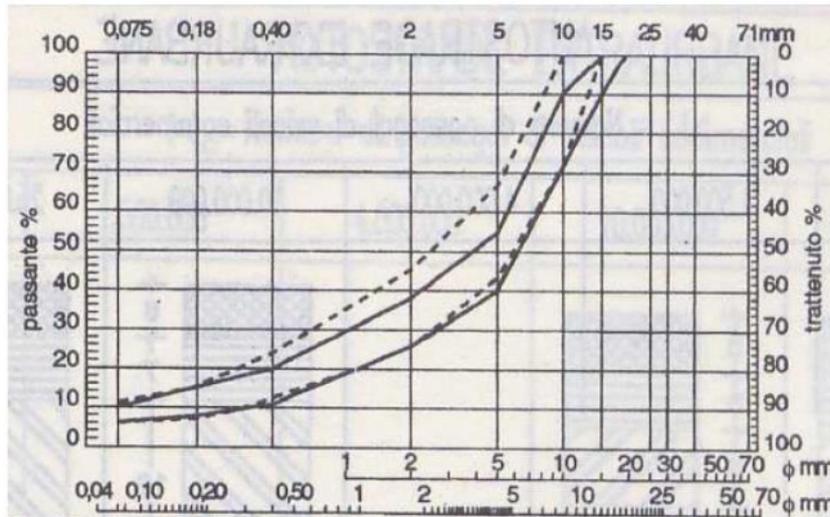
Nel caso in cui le opere stradali o le opere inerenti alla posa dei cavidotti interessino viabilità con un manto stradale asfaltato si dovranno seguire tutte le prescrizioni fornite dall'ente gestore della strada. Qual ora non ci fossero particolari indicazioni si procederà alla realizzazione di un pacchetto dello spessore totale di 15 cm costituito da uno strato di usura (spessore 3 cm), uno strato di collegamento o binder (spessore 5 cm) e uno strato di base (spessore 8 cm). Nella seguente tabella e nelle successive si riportano le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali da utilizzare.



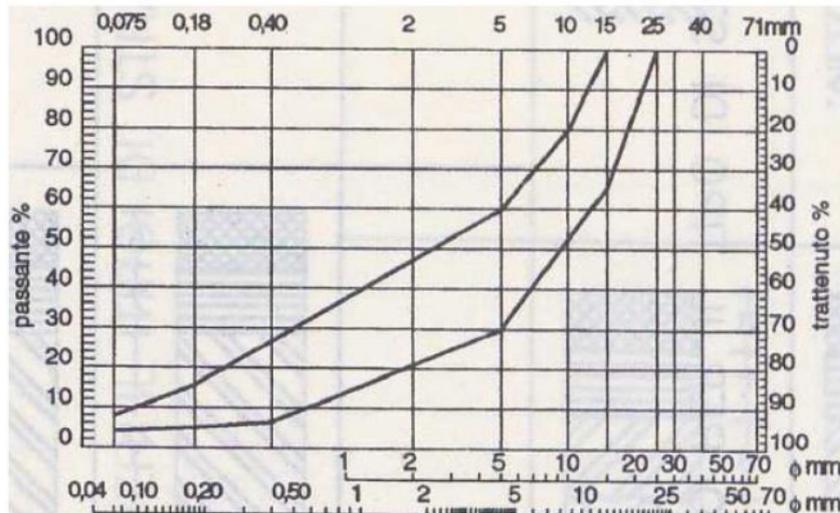
Conglomerato bituminoso per strato di usura						
traffico (l)	granulometria	bitume (%)	stabilità Marshall (75 colpi) (kg) (daN)		rigidezza Marshall (kg/mm)	vuoti residui Marshall (%)
PP	fig. 6.10	4,5 ÷ 6	≥ 1100	≥ 1080	300 ÷ 450	4 ÷ 6
P	"	"	≥ 1100	≥ 1080	300 ÷ 450	4 ÷ 6
M	"	"	≥ 1000	≥ 980	> 300	3 ÷ 6
L	"	"	≥ 1000	≥ 980	> 300	3 ÷ 6
Densità in opera (rispetto alla densità Marshall) ≥ 97%						
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento						
traffico (l)	granulometria	bitume (%)	stabilità Marshall (75 colpi) (kg) (daN)		rigidezza Marshall (kg/mm)	vuoti residui Marshall (%)
PP	fig. 6.11	4,5 ÷ 5,5	≥ 1000	≥ 980	300 ÷ 450	3 ÷ 6
P	"	"	≥ 1000	≥ 980	300 ÷ 450	3 ÷ 6
M	"	4 ÷ 5,5	≥ 900	≥ 880	> 300	3 ÷ 7
L	"	"	≥ 900	≥ 880	> 300	3 ÷ 7
Densità in opera (rispetto alla densità Marshall) ≥ 98%						
Conglomerato bituminoso per strato di base						
traffico (l)	granulometria	bitume (%)	stabilità Marshall (75 colpi) (kg) (daN)		rigidezza Marshall (kg/mm)	vuoti residui Marshall (%)
PP	fig. 6.12	4 ÷ 5	≥ 800	≥ 780	> 250	4 ÷ 7
P	"	"	≥ 800	≥ 780	"	"
M	"	3,5 ÷ 4,5	≥ 700	≥ 690	"	"
L	"	"	≥ 700	≥ 690	"	"
Densità in opera (rispetto alla densità Marshall) ≥ 98%						
Misto granulare non legato						
CBR (dopo 4gg di immersione in acqua)					CBR ≥ 30%	
Densità (rispetto alla densità AASHTO modificata)					≥ 98%	
Misto cementato			Semirigide		Rigide	
Classe di cemento			325		325	
Contenuto di cemento			2,5 ÷ 3,5%		3,5 ÷ 5	
Resistenza media alla compressione a 7gg			2,5 ≤ σ <sub>cm</sub> ≤ 4,5 N/mm <sup>2</sup>		4,0 ≤ σ <sub>cm</sub> ≤ 7,0 N/mm <sup>2</sup>	
Conglomerato cementizio						
Resistenza media a trazione per flessione			f <sub>ctm</sub> = 5,5 N/mm <sup>2</sup> (*) (●)		f <sub>ctm</sub> = 4,0 N/mm <sup>2</sup> (**) (●)	
Modulo elastico			E = 47.000 N/mm <sup>2</sup> (*)		E = 34.000 N/mm <sup>2</sup> (**)	
Coefficiente di Poisson			ν = 0,2 (*)		ν = 0,2 (**)	
Traffico (T) in numero di autoveicoli commerciali per giorno sulla corsia più caricata: PP (molto pesante) T > 3000 autov. comm. ovvero, in termini di traffico totale 365*20*T > 21900000 P (pesante) 1100 < T < 3000 " " 8030000 < 365*20*T < 21900000 M (medio) 450 < T < 1100 " " 3285000 < 365*20*T < 8030000 L (leggero) T < 450 " " 365*20*T < 3285000						
(*) Per le autostrade extraurbane ed urbane, per le strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico e per le urbane di scorrimento.						
(**) Per le strade extraurbane secondarie sia ordinarie che turistiche, per le urbane di quartiere e locali e per le corsie preferenziali.						
(●) Valori corrispondenti approssimativamente a resistenze caratteristiche cubiche R <sub>ck</sub> rispettivamente di 55 e 30 N/mm <sup>2</sup>						



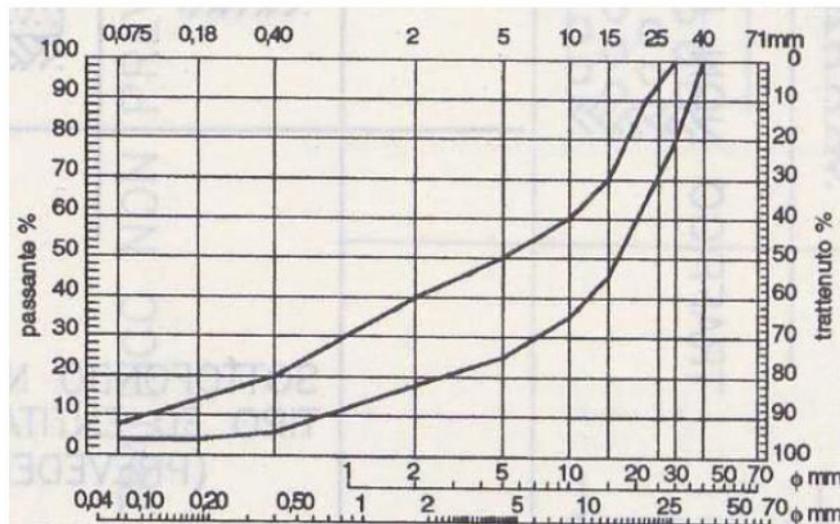
**Fuso granulometrico per strato d'usura**



**Fuso granulometrico per strato di collegamento**



**Fuso granulometrico per strato di base**





## 5. SPECIFICHE TECNICHE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO

I conglomerati cementizi, gli acciai, le parti in metallo dovranno essere conformi alla normativa vigente in materia e alle prescrizioni richiamate dal presente capitolato per tutte le opere in cemento armato, cemento armato precompresso e strutture metalliche.

Le prescrizioni di cui sopra verranno quindi applicate a tutte le opere e a complessi di opere, omogenee o miste, che assolvono una funzione statica con l'impiego di qualunque tipo di materiale.

Tutte le fasi di lavoro sui conglomerati e strutture in genere saranno oggetto di particolare cura da parte dell'Appaltatore nell'assoluto rispetto delle qualità e quantità previste.

In funzione dell'opera in c.a. da eseguire è previsto l'uso dei seguenti calcestruzzi con le relative caratteristiche:

Tabella 5.1: tipologia cls

CLASSE DI RESISTENZA		C12/15	C25/30	C28/35	C35/45	C45/55
Resistenza cubica caratteristica (N/mm <sup>2</sup> )	Rck	15	30	35	45	55
Resistenza cilindrica media (N/mm <sup>2</sup> )	fcm	20,45	32,9	37,05	45,35	53,65
Resistenza cilindrica caratteristica (N/mm <sup>2</sup> )	fck	12,45	24,9	29,05	37,35	45,65
Resistenza cilindrica di calcolo (N/mm <sup>2</sup> )	fcd	8,3	16,6	19,37	24,9	30,43
Resistenza a trazione caratteristica (N/mm <sup>2</sup> )	fctm	1,61	2,56	2,83	3,35	3,83
Resistenza a trazione media (N/mm <sup>2</sup> )	fctk	1,13	1,79	1,98	2,35	2,68
Resistenza a trazione di calcolo (N/mm <sup>2</sup> )	fctd	0,75	1,19	1,32	1,56	1,79
Resistenza tangenziale di calcolo (N/mm <sup>2</sup> )	fbd	1,69	2,69	2,98	3,52	4,02
Modulo di Young (N/mm <sup>2</sup> )	Ec	27267	31447	32588	34625	36416

### 5.1 LEGANTI

Nelle opere in oggetto dovranno essere impiegati esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia.

Tutte le forniture di cemento dovranno avere adeguate certificazioni attestanti qualità, provenienza e dovranno essere in perfetto stato di conservazione; si dovranno eseguire prove e controlli periodici ed i materiali andranno stoccati in luoghi idonei.

Tutte le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi alla normativa vigente ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dal progetto o dalla direzione lavori.

I cementi saranno del tipo:

- cementi normali e ad alta resistenza;
- cementi alluminosi;
- cementi per sbarramenti di ritenuta.

I cementi normali e ad alta resistenza avranno un inizio della presa dopo 45' dall'impasto, termine presa dopo 12 ore e resistenza a compressione e flessione variabili a seconda del tipo di cemento usato e delle quantità e rapporti di impasto.



I cementi alluminosi avranno un inizio presa dopo 30' dall'impasto, termine presa dopo 10 ore e resistenze analoghe ai cementi normali.

I cementi per sbarramenti di ritenuta avranno un inizio presa dopo 45' dall'impasto, termine presa dopo 12 ore e resistenze massime (dopo 90 giorni) di 34 N/mm<sup>2</sup> (350 Kg/cm<sup>2</sup>).

## 5.2 GHIAIE E PIETRISCHI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI

Le ghiaie e i pietrischi (inerti) potranno essere naturali o di frantumazione e saranno costituiti da elementi non friabili, non gelivi e privi di sostanze organiche, argillose o di gesso; saranno classificati in base alle dimensioni massime dell'elemento più grosso. Tutte le caratteristiche, la provenienza e la granulometria saranno soggette alla preventiva approvazione della direzione lavori.

La curva granulometrica dovrà essere studiata in modo tale da ottenere la lavorabilità richiesta alle miscele, in relazione al tipo di impiego e la massima compattezza necessaria all'ottenimento delle resistenze indicate.

## 5.3 ACQUA

Dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche, priva di sali (in particolare cloruri e solfati) e non aggressiva con un pH compreso tra 6 e 8 ed una torbidezza non superiore al 2%, quella usata negli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose, in particolare solfati e cloruri in concentrazioni superiori allo 0,5%. È tassativamente vietato l'impiego di acqua di mare per calcestruzzi armati e per le strutture con materiali metallici soggetti a corrosione.

## 5.4 SABBIA

La sabbia da usare nelle malte e nei calcestruzzi non dovrà contenere sostanze organiche, dovrà essere di qualità silicea, quarzosa, granitica o calcarea, avere granulometria omogenea e proveniente da frantumazione di rocce con alta resistenza a compressione; la perdita di peso, alla prova di decantazione, non dovrà essere superiore al 2%.

## 5.5 ACCIAIO PER ARMATURE

Tutti i materiali in acciaio usati per la realizzazione di opere in cemento armato dovranno avere caratteristiche conformi alle prescrizioni della normativa vigente, certificate da idonei documenti di accompagnamento, confermate dalle prove fatte eventualmente eseguire dalla direzione lavori presso laboratori riconosciuti.

Le stesse prescrizioni si applicano anche agli acciai in fili lisci o nervati, alle reti elettrosaldate ed ai trefoli per cemento armato precompresso.

In generale, le armature non dovranno essere ossidate o soggette a difetti e fenomeni di deterioramento di qualsiasi natura che possano pregiudicare l'aderenza con il conglomerato.

Tutte le armature metalliche dovranno essere tagliate a misura, sagomate e poste in opera comprese le legature di filo di ferro, i distanziatori, eventuali sfidi, sovrapposizioni anche se non chiaramente espresse negli elaborati esecutivi ma richieste dalla normativa vigente.

Si prevede l'utilizzo di barre ad aderenza migliorata tipo B450C (ex Fe B 44 k)

- Tipo di acciaio B450C
- Peso specifico  $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$
- Modulo di elasticità:  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$



- Tensione di snervamento di progetto ( $\gamma_s = 1,15$ ):  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
- Massima tensione di esercizio:  $\sigma_s = 0,8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

## 5.6 CASSERI

I casseri, di qualsiasi tipo, non dovranno presentare deformazioni se non limitate e coerenti con le tolleranze richieste per i vari manufatti. Dovranno avere rigidità tale da evitare forti ampiezze di vibrazione durante il costipamento evitando variazioni dimensionali delle superfici dei singoli casseri che dovranno, inoltre, essere accuratamente pulite dalla polvere o qualsiasi altro materiale estraneo, sia direttamente che mediante getti d'aria, acqua o vapore.

Per getti su superfici con inclinazione sull'orizzontale maggiore di 30° deve essere previsto il controcassero (oppure una rete sufficiente a tenere in forma il calcestruzzo).

Nelle zone dei casseri in cui si prevede, dato il loro particolare posizionamento o conformazione, la formazione di bolle d'aria, si dovranno prevedere fori o dispositivi tali da permetterne la fuoriuscita.

Prima del getto verranno eseguiti, sui casseri predisposte, controlli della stabilità, delle dimensioni, della stesura del disarmante, della posa delle armature e degli inserti; controlli più accurati andranno eseguiti, sempre prima del getto, per la verifica dei puntelli (che non dovranno mai poggiare su terreno gelato), per l'esecuzione dei giunti, dei fissaggi e delle connessioni dei casseri.

I casseri potranno essere in legno, plastica, calcestruzzo e metallo.

## 5.7 DISARMANTI

Le superfici dei casseri andranno sempre preventivamente trattate mediante applicazione di disarmanti che dovranno essere applicabili con climi caldi o freddi, non dovranno macchiare il calcestruzzo o attaccare il cemento, eviteranno la formazione di bolle d'aria, non pregiudichino successivi trattamenti delle superfici; potranno essere in emulsioni, olii minerali, miscele e cere.

Le modalità di applicazione di questi prodotti dovranno essere conformi alle indicazioni delle case produttrici od alle specifiche prescrizioni fissate; in ogni caso l'applicazione verrà effettuata prima della posa delle armature, in strati sottili ed in modo uniforme. Si dovrà evitare accuratamente l'applicazione di disarmante alle armature.

## 5.8 ADDITIVI

Tutti gli additivi da usare per calcestruzzi e malte (aeranti, acceleranti, fluidificanti, etc.) dovranno essere conformi alla normativa specifica ed alle prescrizioni eventualmente fissate.

Dovranno, inoltre, essere impiegati nelle quantità (inferiori al 2% del peso del legante), secondo le indicazioni delle case produttrici; potranno essere eseguite delle prove preliminari per la verifica dei vari tipi di materiali e delle relative caratteristiche.

## 5.9 IMPASTI

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto dovranno essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

L'impiego di additivi dovrà essere effettuato sulla base di controlli sulla loro qualità, aggressività ed effettiva rispondenza ai requisiti richiesti.

Il quantitativo dovrà essere il minimo necessario, in relazione al corretto rapporto acqua-cemento e considerando anche le quantità d'acqua presenti negli inerti; la miscela ottenuta dovrà quindi



rispondere alla necessaria lavorabilità ed alle caratteristiche di resistenza finali previste dalle prescrizioni.

L'impasto verrà effettuato con impianti di betonaggio idonei e tali da garantire l'effettivo controllo sul dosaggio dei vari materiali; l'impianto dovrà, inoltre, essere sottoposto a periodici controlli degli strumenti di misura che potranno anche essere verificati, su richiesta della direzione lavori, dai relativi uffici abilitati.

### **5.10 FASI DI GETTO**

Prima delle operazioni di scarico delle betoniere dovranno essere effettuati controlli sulle condizioni effettive di lavorabilità che dovranno essere conformi alle prescrizioni previste per i vari tipi di getto.

Durante lo scarico dovranno essere adottati accorgimenti per evitare fenomeni di segregazione negli impasti.

Il getto verrà eseguito riducendo il più possibile l'altezza di caduta del conglomerato ed evitando ogni impatto contro le pareti delle casseforme od altri ostacoli; si dovrà, quindi, procedere gettando, in modo uniforme, per strati orizzontali non superiori a 40 cm. vibrando, contemporaneamente al procedere del getto, le parti già eseguite.

Per i getti dei pali di fondazione è fatto d'obbligo l'utilizzo di tubi getto mentre è vietato l'utilizzo di pompe.

Il getto dovrà essere effettuato con temperature di impasto comprese tra i 5 ed i 30°C e con tutti gli accorgimenti richiesti dalla D.L. in funzione delle condizioni climatiche.

### **5.11 RIPRESE DI GETTO**

Il getto andrà eseguito in modo uniforme e continuo; nel caso di interruzione e successiva ripresa, questa non potrà avvenire dopo un tempo superiore (in funzione della temperatura esterna) alle 2 ore a 35°C oppure alle 6 ore a 5°C. Qualora i tempi di ripresa superassero tali limiti si dovranno trattare le zone di ripresa con particolari materiali "adesivi" quali resine viniliche, polisolfuri 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.

### **5.12 CAMPIONI E PROVE DI ROTTURA**

Durante tutta la fase dei getti in calcestruzzo, normale o armato, previsti per l'opera, la direzione lavori farà prelevare, nel luogo di esecuzione, campioni provenienti dagli impasti usati nelle quantità e con le modalità previste dalla normativa vigente, disponendo le relative procedure per l'effettuazione delle prove da eseguire ed il laboratorio ufficiale a cui affidare tale incarico.

### **5.13 MATURAZIONE DEL CLS**

La normale maturazione a temperatura ambiente sarà effettuata nel rispetto delle ordinarie precauzioni e delle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dalla D.L..



#### **5.14 DISARMO E SCASSERATURA**

Per i tempi e le modalità di disarmo si dovranno osservare tutte le prescrizioni previste dalla normativa vigente e le eventuali specifiche fornite dalla D.L.; in ogni caso il disarmo dovrà avvenire per gradi evitando di introdurre, nel calcestruzzo, azioni dinamiche e verrà eseguito dopo che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore richiesto.



## 6. OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Tutti i metalli dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni, nei limiti delle tolleranze consentite ed in accordo con le prescrizioni della normativa specifica.

Le operazioni di piegatura e spianamento dovranno essere eseguite per pressione; qualora fossero richiesti, per particolari lavorazioni, interventi a caldo, questi non dovranno creare concentrazioni di tensioni residue.

I tagli potranno essere eseguiti meccanicamente o ad ossigeno, nel caso di irregolarità queste verranno rifinite con smerigliatrice.

Le superfici, o parti di esse, destinate a trasmettere le sollecitazioni, dovranno combaciare perfettamente.

I fori per i chiodi e bulloni saranno eseguiti con il trapano, avranno diametro inferiore di almeno 3 mm. a quello definitivo e saranno successivamente rifiniti con l'alesatore; salvo diverse prescrizioni non è consentito l'uso della fiamma ossidrica per le operazioni di bucatura.

I giunti e le unioni degli elementi strutturali e dei manufatti verranno realizzate con saldature eseguite ad arco, automaticamente o con altri procedimenti approvati dalla Direzione Lavori. Tali saldature saranno precedute da un'adeguata pulizia e preparazione delle superfici interessate, verranno eseguite da personale specializzato e provvisto di relativa qualifica, le operazioni di saldatura verranno sospese a temperature inferiori ai -5°C e, a lavori ultimati, gli elementi o le superfici saldate dovranno risultare perfettamente lisci ed esenti da irregolarità.

Le bullonature che verranno eseguite, dopo un'accurata pulizia, saranno effettuate con bulloni conformi alle specifiche prescrizioni e fissati con rondelle e dadi adeguati all'uso. Per essi, le operazioni di serraggio dei bulloni dovranno essere effettuate con una chiave dinamometrica.

Le chiodature saranno realizzate, laddove occorrenti, con chiodi riscaldati (con fiamma o elettricamente) introdotti nei fori e ribattuti.

La posa in opera dei manufatti comprenderà la predisposizione ed il fissaggio, dove necessario, di zanche metalliche per l'ancoraggio degli elementi alle superfici di supporto e tutte le operazioni connesse a tali lavorazioni.

Dovranno essere, inoltre, effettuate prima del montaggio le operazioni di ripristino della verniciatura o di esecuzione, se mancante, della stessa; verranno, infine, applicate, salvo altre prescrizioni, le mani di finitura secondo le specifiche già indicate per tali lavorazioni.

La zincatura nelle parti esposte o dove indicato sarà eseguita, a carico dell'Appaltatore, per immersione in bagno di zinco fuso e dovrà essere realizzata solo in stabilimento.

Tutte le strutture in acciaio o parti dovranno essere realizzate in conformità alle già citate leggi e normative vigenti per tali opere.

Le caratteristiche dei materiali in acciaio e ferrosi in genere, sono fissate dalle specifiche riportate di seguito.

### **FERRO- ACCIAIO**

I materiali ferrosi da impiegare dovranno essere esenti da scorie, soffiature e qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, profilatura e simili.

Le caratteristiche degli acciai per barre lisce e ad aderenza migliorata, per reti elettrosaldate, fili, trecce, trefoli, strutture metalliche, lamiere e tubazioni dovranno essere in accordo con la normativa vigente.



### **ACCIAI**

Saranno definiti acciai i materiali ferrosi contenenti meno dell'1,9% di carbonio; le classi e le caratteristiche relative saranno stabilite dalle norme già citate alle quali si rimanda per le specifiche riguardanti le qualità dei vari tipi e le modalità delle prove da eseguire.

### **ACCIAIO INOSSIDABILE**

Presenta un contenuto di cromo superiore al 12% ed elevata resistenza all'ossidazione ed alla corrosione; dovrà essere conforme alle norme citate.

### **ALLUMINIO E LEGHE**

Tutti i prodotti in alluminio saranno conformi alla normativa indicata.

profilati e trafilati saranno forniti, salvo diversa prescrizione, in alluminio primario, dovranno avere sezione costante, superfici regolari ed essere esenti da imperfezioni.

Le lamiere non dovranno presentare tracce di riparazioni o sdoppiature.

Per l'alluminio anodizzato, ogni strato di ossido anodico verrà indicato come: ottico, brillante, satinato, vetroso, etc. oltre ad un numero per lo spessore e l'indicazione del colore.



## 7. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La legislazione e normativa nazionale cui si fa riferimento nel progetto è rappresentata da:

### Eurocodici

- UNI EN 1991 (serie) Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture.
- UNI EN 1993 (serie) Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio.
- UNI EN 1994 (serie) Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
- UNI EN 1997 (serie) Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica.
- UNI EN 1998 (serie) Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- UNI EN 1999 (serie) Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio.

### Altri documenti

Esistono inoltre documenti (Istruzioni CNR) che non hanno valore di normativa, anche se in qualche caso i decreti ministeriali fanno espressamente riferimento ad essi:

CNR 10022/84 Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo;

CNR 10011/97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;

CNR 10024/86 Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

CNR-DT 207/2008, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

Eventuali normative non elencate, se mandatorie per la progettazione del sistema possono essere referenziate.

In caso di conflitto tra normative e leggi applicabili, il seguente ordine di priorità dovrà essere rispettato:

Leggi e regolamenti Italiani;

Leggi e regolamenti comunitari (EU);

Documento in oggetto;

Specifiche di società (ove applicabili);

Normative internazionali.

### Legislazione e normativa nazionale in ambito Civile e Strutturale

Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;

Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”;

Legge 5.11.1971 N° 1086 - (norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica);

CNR-UNI 10021- 85 - (Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione).

### Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico

D. Lgs 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i..

(Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).

CEI EN 50110-1 (Esercizio degli impianti elettrici)

CEI 11-27 (Lavori su impianti elettrici)

CEI 0-10 (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici)

CEI 82-25

CEI 0-16



CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura  
CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

CEI EN 60445 (CEI 16-2) Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori

#### Sicurezza elettrica

CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed M delle imprese distributrici di energia elettrica

CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici

CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

CEI 64-8/7 (Sez.712) - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari

CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario

CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori

IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects

IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems

CEI EN 60529 (CEI 70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

CEI 64-57 Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola

produzione distribuita.

CEI EN 61140 (CEI 0-13) Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

#### Quadri elettrici

CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);

CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD;

CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

#### Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo

CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria

CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante

CEI 11-20, V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori

CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) Esercizio degli impianti elettrici



CEI EN 50160 (CEI 8-9) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica

Cavi, cavidotti e accessori

- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
- CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi  
Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- CEI EN 50262 (CEI 20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- CEI EN 60423 (CEI 23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche  
Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
- CEI EN 61386-23 (CEI 23-83) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche  
Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
- Conversione della Potenza
- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI EN 60146-1-1 (CEI 22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali
- CEI EN 60146-1-3 (CEI 22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori
- CEI UNI EN 45510-2-4 (CEI 22-20) Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4:  
Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza

Scariche atmosferiche e sovratensioni

- CEI EN 50164-1 (CEI 81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione



- CEI EN 61643-11 (CEI 37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

#### Dispositivi di Potenza

- CEI EN 50123 (serie) (CEI 9-26 serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua
- CEI EN 50178 (CEI 22-15) Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua
- CEI EN 60947-1 (CEI 17-44) Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici
- CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori– Contattori e avviatori elettromeccanici

#### Compatibilità elettromagnetica

- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC
- CEI EN 50263 (CEI 95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- CEI EN 61000-2-4 (CEI 110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso 16 A per fase)
- CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-3: Limiti – Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione
- CEI EN 61000-3-12 (CEI 210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e <= 75 A per fase.
- CEI EN 61000-6-1 (CEI 210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 61000-6-2 (CEI 210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera



CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali

#### Energia solare

UNI 8477-1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta  
UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario  
UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

#### Sistemi di misura dell'energia elettrica

CEI 13-4 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica  
CEI EN 62052-11 (CEI 13-42) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Parte 11: Apparato di misura  
CEI EN 62053-11 (CEI 13-41) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 11: Contatori elettromeccanici per energia attiva (classe 0,5, 1 e 2)  
CEI EN 62053-21 (CEI 13-43) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2)  
CEI EN 62053-22 (CEI 13-44) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 22: Contatori statici per energia attiva (classe 0,2 S e 0,5 S)  
CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)  
CEI EN 50470-2 (CEI 13-53) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 2: Prescrizioni particolari - Contatori elettromeccanici per energia attiva (indici di classe A e B)  
CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C)  
CEI EN 62059-31-1 (13-56) Apparati per la misura dell'energia elettrica – Fidatezza Parte 31-1: Prove accelerate di affidabilità - Temperatura ed umidità elevate



# **ALLEGATO 1 - Developer package SG 6.0-170**



# SG 6.0-170 Developer Package



## Developer Package SG 6.0-170

### **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 (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 6.0-170 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. Information contained within the Developer Package may not be treated separately or out of the context of the Developer Package.

The information contained in the Developer Package may not be used as legally binding documentation and cannot be used in contracts between SGRE and any other parties. This Developer Package contains preliminary technical data on SGRE turbines currently under development and can be used in an indicative capacity only.

All technical data is subject to change according to the technical development of the wind turbine.

SGRE and its affiliates reserve the right to change the below specifications without prior notice.

# Developer Package SG 6.0-170

## Table of content

Introduction .....	5
Technical Description .....	6
Technical Specifications .....	8
Nacelle Arrangement .....	9
Nacelle Dimensions .....	9
Elevation Drawing .....	11
Blade Drawing .....	12
Design Climatic Conditions .....	13
Standard Power Curve, Standard power operational mode .....	15
Standard Ct Curve, Standard power operational mode .....	17
Power Curve, Air density, Standard power operational mode .....	19
Ct Curve, Air Density, Standard power operational mode .....	22
Standard Acoustic Emission .....	24
Noise Reduction System (NRS) operational modes .....	25
Electrical Specifications .....	29
Simplified Single Line Diagram .....	30
Transformer Specifications ECO 30 kV* .....	31
Transformer Specifications 34.5 kV* .....	31
Switchgear Specifications .....	32
Preliminary Foundation Loads .....	33
Tower Dimensions .....	33
Foundation Design .....	33
Preliminary Grid Performance Specification, 50 Hz .....	34
Preliminary Grid Performance Specification, 60 Hz .....	36
Reactive Power Capability, 50 Hz .....	39
Reactive Power Capability, 60 Hz .....	41
SCADA, System Description .....	43
Codes and Standards .....	45
Other Performance Features .....	47

## Introduction

The SG 6.0-170 is a new wind turbine of the next generation Siemens Gamesa Onshore Geared product series, which builds on the Siemens Gamesa design and operational experience in the wind energy market.

With a new 83m blade, a 6.0 MW generator and an extensive tower portfolio including hub heights such as 100m, 115m, 135m and 165m, the SG 6.0-170 aims at becoming a new benchmark in the market for efficiency and profitability.

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

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

---

# 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**

The SG 6.0-170 blade is 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 SG 6.0-170 blade uses 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 spherical 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 high speed side 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.

High wind derated mode (HWRT) is a default functionality. When active 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.

# Technical Specifications

## 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 m
Max chord .....	4.5 m
Aerodynamic profile .....	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material .....	GRE (Glassfiber Reinforced Epoxy) – 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.....	Forged steel
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 nominal power ..	6.0 MW
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 .....	SGRE SCADA System

## Tower

Type .....	Tubular steel / Hybrid
Hub height .....	100m 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

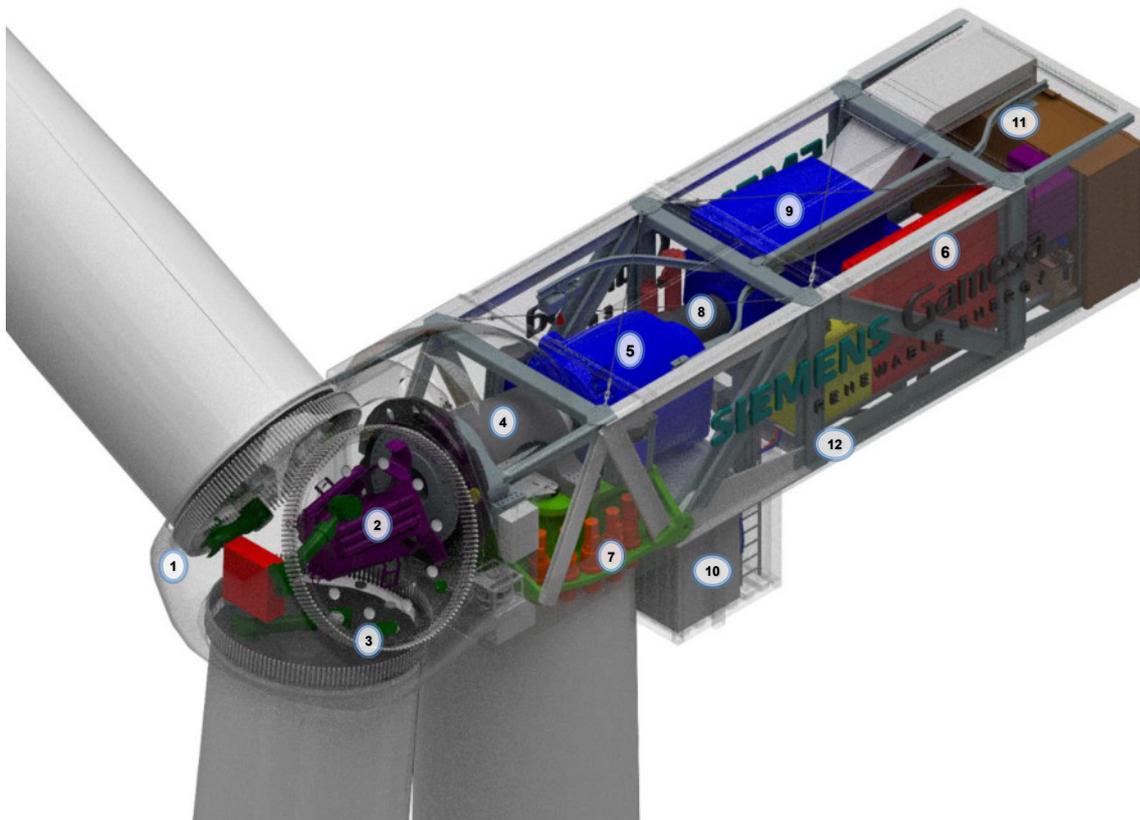
Cut-in wind speed .....	3 m/s
Rated wind speed .....	10.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed .....	25 m/s
Restart wind speed.....	22 m/s

## Weight

Modular approach.....	All modules weight lower than 80 t for transport
-----------------------	---

## Nacelle Arrangement

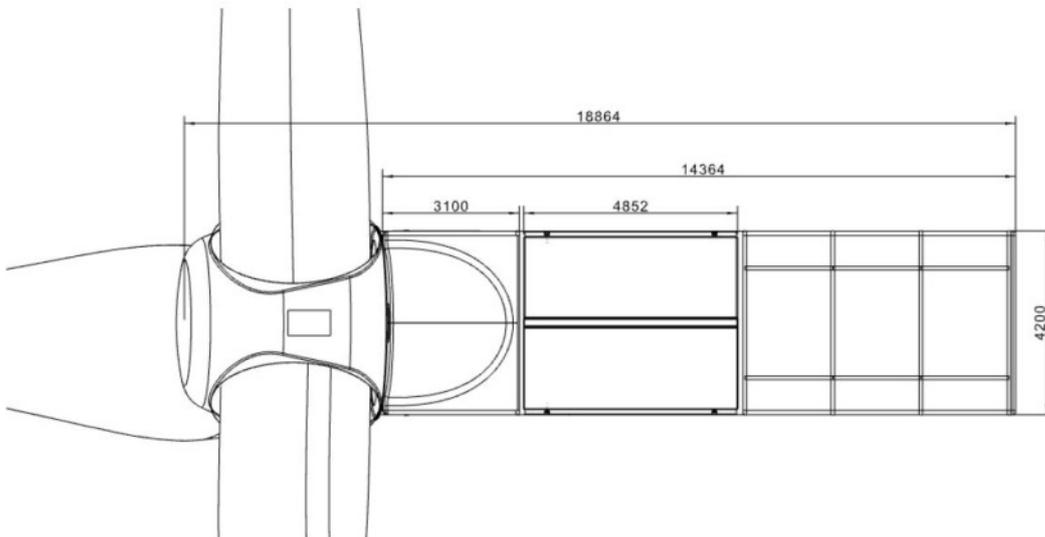
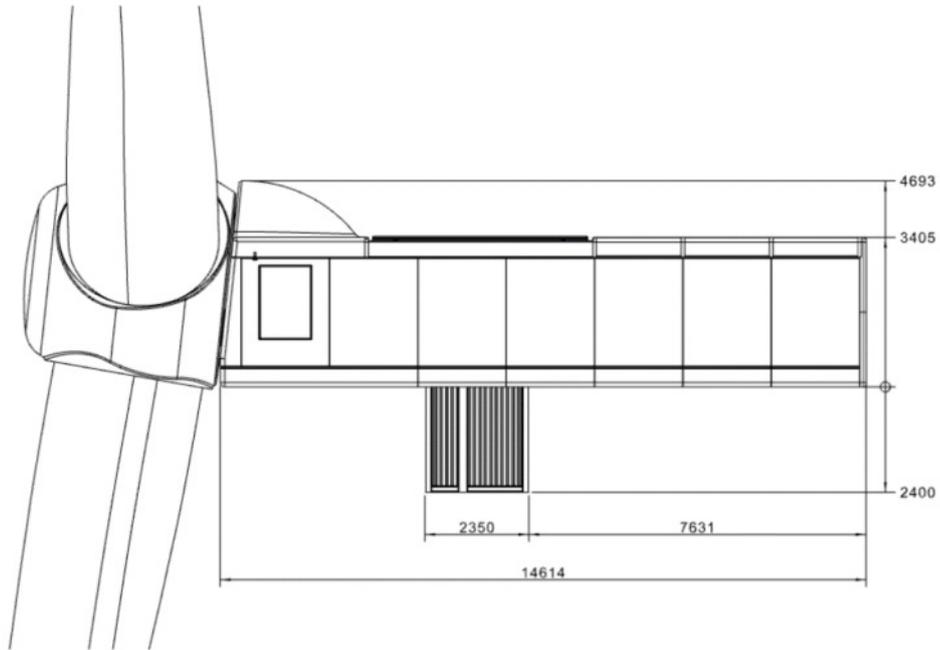
The design and layout of the nacelle are preliminary and may be subject to changes during the development of the product.



1 Hub	7 Yaw system
2 Pitch system	8 High speed shaft
3 Blade bearings	9 Generator
4 Low speed shaft	10 Transformer
5 Gearbox	11 Cooling system
6 Electrical cabinets	12 Rear Structure

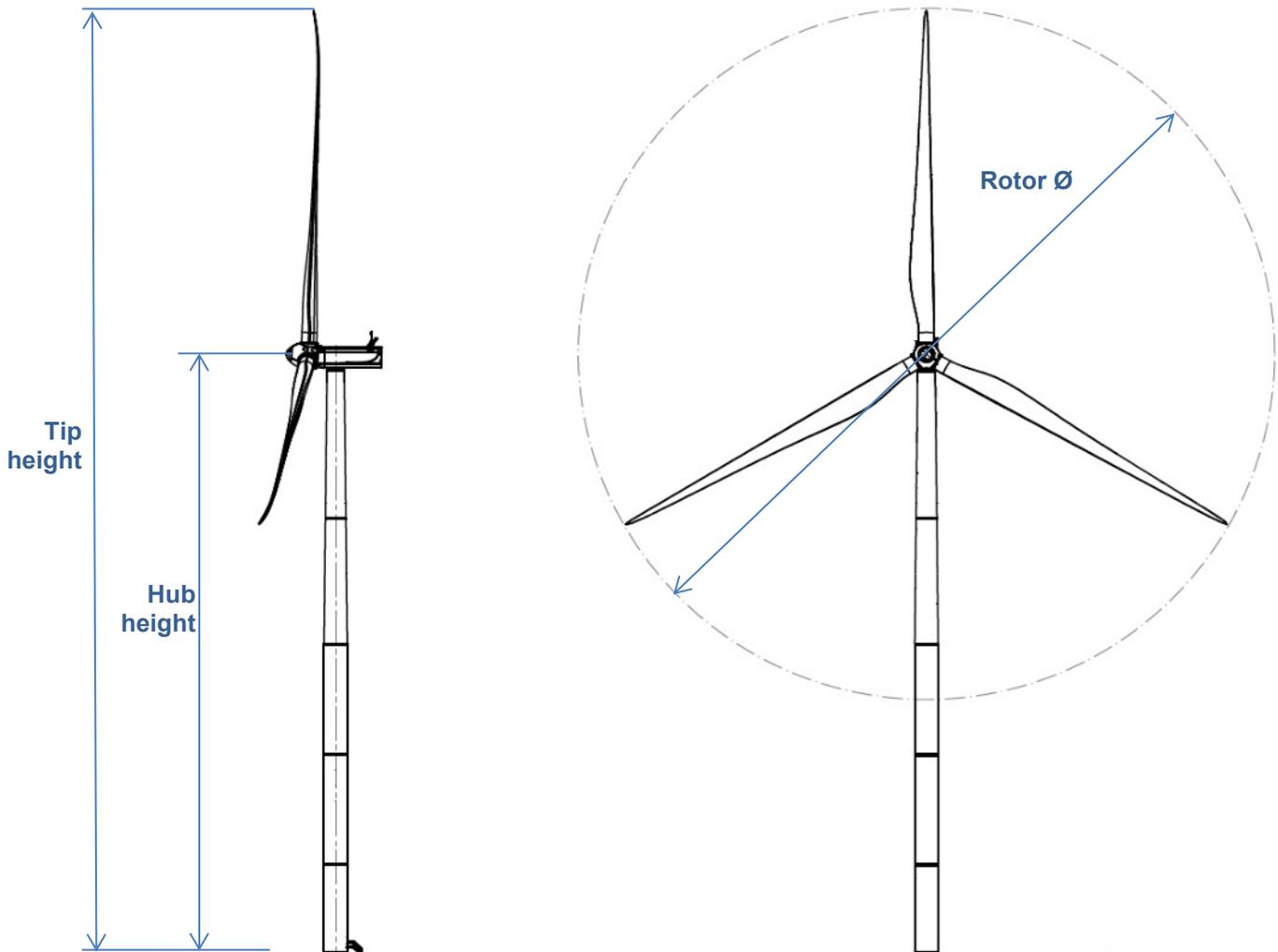
## Nacelle Dimensions

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



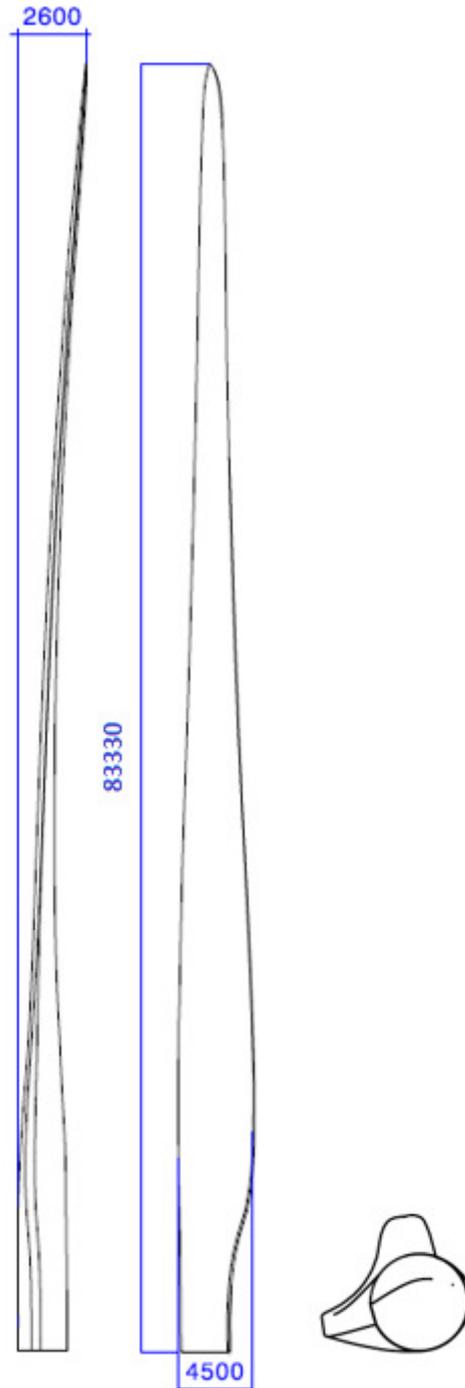
Dimensions in millimeter.

# Elevation Drawing



Tip height	185m, 200m, 220m, 250m, site specific
Hub height	100m, 115m, 135m, 165m, site specific
Rotor diameter	170m

# Blade Drawing



Dimensions in millimeters.

## Design Climatic Conditions

The design climatic conditions are the boundary conditions at which the turbine can be applied without supplementary design review. Applications of the wind turbine in more severe conditions may be possible, depending upon the overall circumstances. A project site-specific review requires the completion by the Client of the “Project Climatic Conditions” form.

Subject	ID	Issue	Unit	Value
Wind, operation	1.1	Wind definitions	-	IEC 61400-1 <sup>1</sup>
	1.2	IEC class	-	IIIA
	1.3	Mean air density, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.225
	1.4	Mean wind speed, $V_{ave}$	m/s	7.5
	1.5	Weibull scale parameter, A	m/s	8.46
	1.6	Weibull shape parameter, k	-	2
	1.7	Wind shear exponent, $\alpha$	-	0.20
	1.8	Reference turbulence intensity at 15 m/s, $I_{ref}$	-	0.16
	1.9	Standard deviation of wind direction	Deg	8
	1.10	Maximum flow inclination	Deg	8
	1.11	Minimum turbine spacing, in rows	D	3
	1.12	Minimum turbine spacing, between rows	D	5
	1.13	Design lifetime	Years	20
Wind, extreme	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	37.5
	2.4	Maximum 3 s gust in hub height, $V_{e50}$	m/s	52.5
	2.5	Maximum hub height power law index, $\alpha$	-	0.11
	2.6	Storm turbulence	-	0.11
Temperature	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, nominal operation, $T_{max, o}$	Deg.C	35
	3.5	Maximum temperature at 2 m, stand-still, $T_{max, s}$	Deg.C	50
Corrosion	4.1	Atmospheric-corrosivity category definitions	-	ISO 12944-2
	4.2	Internal nacelle environment (corrosivity category)	-	C3H
	4.3	Exterior environment (corrosivity category)	-	C3H
Lightning	5.1	Lightning definitions	-	IEC61400-24:2010
	5.2	Lightning protection level (LPL)	-	LPL 1
Dust	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>
Hail	7.1	Maximum hail diameter	mm	20
	7.2	Maximum hail falling speed	m/s	20
Ice	8.1	Ice definitions	-	-
	8.2	Ice conditions	Days/yr	7
Solar radiation	9.1	Solar radiation definitions	-	IEC 61400-1
	9.2	Solar radiation intensity	W/m <sup>2</sup>	1000

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

Subject	ID	Issue	Unit	Value
Humidity	10.1	Humidity definition	-	IEC 61400-1
	10.2	Relative humidity	%	Up to 95
Obstacles	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.		

# Standard Power Curve, Standard power operational mode

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

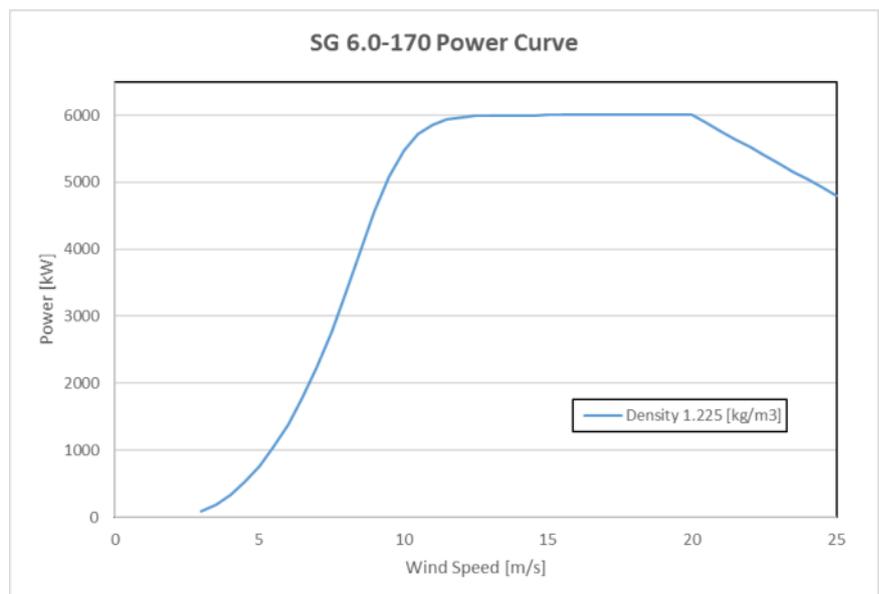
Validity range:

<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, undisturbed air flow, turbine operated within nominal limits according to the Electrical Specification.

Next table shows the electrical power [kW] as a function of the wind speed [m/s] horizontal referred to the 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. The power curve is for the standard version of the turbine.

SG 6.0-170	
Wind Speed [m/s]	Power [kW]
3.0	94
3.5	184
4.0	334
4.5	528
5.0	764
5.5	1047
6.0	1383
6.5	1779
7.0	2238
7.5	2763
8.0	3348
8.5	3969
9.0	4570
9.5	5083
10.0	5464
10.5	5712
11.0	5855
11.5	5931
12.0	5969
12.5	5986
13.0	5994
13.5	5997
14.0	5999
14.5	5999
15.0	6000
15.5	6000



16.0	6000
16.5	6000
17.0	6000
17.5	6000
18.0	6000
18.5	6000
19.0	6000
19.5	6000
20.0	6000
20.5	5900
21.0	5799
21.5	5696
22.0	5594
22.5	5491
23.0	5388
23.5	5284
24.0	5179
24.5	5073
25.0	4967

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.

<b>AEP [MWh]</b>		<b>Annual Average Wind Speed [m/s] at Hub Height</b>										
		<b>5.0</b>	<b>5.5</b>	<b>6.0</b>	<b>6.5</b>	<b>7.0</b>	<b>7.5</b>	<b>8.0</b>	<b>8.5</b>	<b>9.0</b>	<b>9.5</b>	<b>10.0</b>
<b>Weibull K</b>	<b>1.5</b>	12476	14794	16999	19055	20938	22635	24140	25455	26585	27539	28327
	<b>2.0</b>	11449	14237	17000	19660	22169	24498	26630	28555	30269	31771	33062
	<b>2.5</b>	10362	13381	16500	19590	22555	25334	27893	30219	32312	34178	35823

Annual Production [MWh] SG 6.0-170 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>

## Standard Ct Curve, Standard power operational mode

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, 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:

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

where

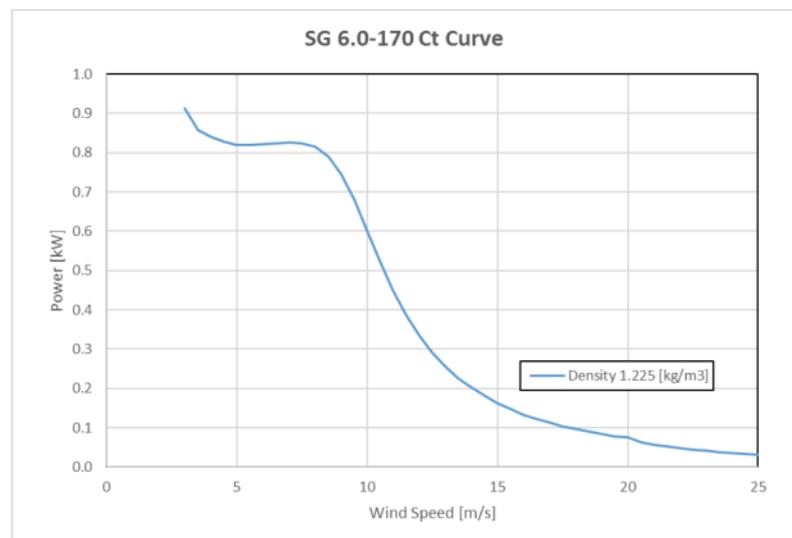
F = Rotor force [N]

ρ = Air density [kg/m<sup>3</sup>]

w = Wind speed [m/s]

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

SG 6.0-170	
Wind Speed [m/s]	C <sub>T</sub> [-]
3.0	0.913
3.5	0.857
4.0	0.840
4.5	0.827
5.0	0.820
5.5	0.819
6.0	0.821
6.5	0.824
7.0	0.825
7.5	0.824
8.0	0.815
8.5	0.791
9.0	0.745
9.5	0.680
10.0	0.602
10.5	0.522
11.0	0.449
11.5	0.386
12.0	0.334
12.5	0.291
13.0	0.256
13.5	0.226
14.0	0.202
14.5	0.181



---

15.0	0.163
15.5	0.147
16.0	0.134
16.5	0.123
17.0	0.113
17.5	0.104
18.0	0.097
18.5	0.090
19.0	0.084
19.5	0.079
20.0	0.075
20.5	0.063
21.0	0.058
21.5	0.053
22.0	0.049
22.5	0.045
23.0	0.042
23.5	0.039
24.0	0.036
24.5	0.033
25.0	0.031

# Power Curve, Air density, Standard power operational mode

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, undisturbed air flow, turbine operated within nominal limits according to the Electrical Specification.

Next table shows the electrical power [kW] as a function of the wind speed [m/s] horizontal referred to the hub height, averaged in ten minutes, for different air densities [kg/m<sup>3</sup>]. The power curve does not include losses in the transformer and high voltage cables. The power curve is for the standard version of the turbine.

<b>P [kW]</b>	<b>Air Density [kg/m3]</b>								
	<b>1.225</b>	<b>1.06</b>	<b>1.09</b>	<b>1.12</b>	<b>1.15</b>	<b>1.18</b>	<b>1.21</b>	<b>1.24</b>	<b>1.27</b>
<b>Wind Speed [m/s]</b>									
3.0	94	79	82	85	87	90	93	96	99
3.5	184	150	156	162	169	175	181	187	194
4.0	334	277	287	298	308	318	329	339	350
4.5	528	444	459	475	490	505	520	536	551
5.0	764	649	670	691	712	732	753	774	795
5.5	1047	894	922	949	977	1005	1033	1060	1088
6.0	1383	1185	1221	1257	1293	1329	1365	1401	1437
6.5	1779	1529	1574	1620	1665	1711	1756	1802	1847
7.0	2238	1927	1984	2040	2097	2153	2210	2266	2322
7.5	2763	2383	2452	2521	2590	2659	2728	2797	2866
8.0	3348	2892	2976	3059	3142	3225	3307	3389	3471
8.5	3969	3442	3540	3637	3734	3829	3923	4015	4105
9.0	4570	4001	4112	4220	4325	4426	4523	4616	4704
9.5	5083	4533	4648	4757	4859	4954	5042	5122	5197
10.0	5464	4995	5103	5200	5287	5365	5433	5493	5547
10.5	5712	5359	5449	5525	5589	5645	5691	5730	5764
11.0	5855	5619	5685	5737	5780	5815	5843	5866	5885
11.5	5931	5787	5831	5863	5889	5909	5924	5937	5947
12.0	5969	5888	5913	5932	5946	5957	5965	5971	5976
12.5	5986	5943	5958	5968	5975	5980	5984	5987	5990
13.0	5994	5972	5980	5985	5989	5991	5993	5994	5996
13.5	5997	5987	5991	5993	5995	5996	5997	5998	5998
14.0	5999	5994	5996	5997	5998	5998	5999	5999	5999
14.5	5999	5997	5998	5999	5999	5999	5999	6000	6000
15.0	6000	5999	5999	5999	6000	6000	6000	6000	6000
15.5	6000	5999	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
16.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

16.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
17.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
17.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
18.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
18.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
19.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
19.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
20.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
20.5	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900
21.0	5799	5799	5799	5799	5799	5799	5799	5799	5799
21.5	5696	5696	5696	5696	5696	5696	5696	5696	5696
22.0	5594	5594	5594	5594	5594	5594	5594	5594	5594
22.5	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491
23.0	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388
23.5	5284	5284	5284	5284	5284	5284	5284	5284	5284
24.0	5179	5179	5179	5179	5179	5179	5179	5179	5179
24.5	5073	5073	5073	5073	5073	5073	5073	5073	5073
25.0	4967	4967	4967	4967	4967	4967	4967	4967	4967

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

AEP [MWh] @ k=2		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
<b>Density [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>1.06</b>	10108	12709	15336	17910	20375	22693	24839	26799	28561	30120	31473
	<b>1.09</b>	10364	13005	15663	18257	20734	23057	25203	27158	28913	30461	31803
	<b>1.12</b>	10614	13293	15977	18590	21077	23403	25548	27497	29243	30781	32111
	<b>1.15</b>	10859	13572	16281	18910	21405	23733	25875	27818	29555	31083	32401
	<b>1.18</b>	11099	13843	16575	19218	21719	24049	26187	28123	29851	31369	32676
	<b>1.21</b>	11333	14107	16860	19515	22022	24351	26484	28413	30132	31640	32936
	<b>1.225</b>	11449	14237	17000	19660	22169	24498	26630	28555	30269	31771	33062
	<b>1.24</b>	11563	14365	17136	19802	22313	24641	26770	28692	30402	31899	33184
	<b>1.27</b>	11789	14617	17406	20081	22596	24922	27046	28960	30660	32147	33421

Annual Production [MWh] SG 6.0-170 wind turbine for the standard version, as a function of the annual mean wind speed at hub height and for different air densities considering a Rayleigh wind speed distribution.

# Ct Curve, Air Density, Standard power operational mode

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, undisturbed air flow, turbine operated within nominal limits according to the Electrical Specification.

The calculated Ct curve data are valid for air densities as stated below, clean rotor blades, substantially horizontal, undisturbed air flow, normal turbulence intensity and normal wind shear.

<b>C<sub>T</sub> [-]</b>	<b>Air Density [kg/m<sup>3</sup>]</b>								
	<b>1.225</b>	<b>1.06</b>	<b>1.09</b>	<b>1.12</b>	<b>1.15</b>	<b>1.18</b>	<b>1.21</b>	<b>1.24</b>	<b>1.27</b>
<b>Wind Speed [m/s]</b>									
3.0	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913
3.5	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857
4.0	0.840	0.840	0.840	0.840	0.840	0.840	0.840	0.840	0.840
4.5	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.828
5.0	0.820	0.817	0.818	0.818	0.819	0.819	0.819	0.820	0.820
5.5	0.819	0.816	0.817	0.817	0.818	0.818	0.819	0.819	0.820
6.0	0.821	0.819	0.820	0.820	0.821	0.821	0.821	0.822	0.822
6.5	0.824	0.822	0.823	0.823	0.823	0.824	0.824	0.824	0.824
7.0	0.825	0.824	0.824	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	0.826
7.5	0.824	0.823	0.823	0.823	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824
8.0	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814
8.5	0.791	0.793	0.793	0.793	0.793	0.792	0.791	0.790	0.788
9.0	0.745	0.756	0.755	0.754	0.752	0.750	0.747	0.743	0.739
9.5	0.680	0.703	0.701	0.698	0.694	0.689	0.683	0.676	0.668
10.0	0.602	0.640	0.636	0.631	0.624	0.616	0.606	0.596	0.586
10.5	0.522	0.573	0.566	0.558	0.548	0.538	0.528	0.516	0.505
11.0	0.449	0.506	0.497	0.487	0.476	0.466	0.454	0.443	0.433
11.5	0.386	0.443	0.433	0.423	0.412	0.402	0.391	0.381	0.371
12.0	0.334	0.387	0.377	0.367	0.357	0.348	0.339	0.330	0.321
12.5	0.291	0.339	0.329	0.320	0.311	0.303	0.295	0.287	0.280
13.0	0.256	0.298	0.289	0.281	0.273	0.266	0.259	0.252	0.246
13.5	0.226	0.263	0.256	0.249	0.242	0.235	0.229	0.223	0.218
14.0	0.202	0.234	0.227	0.221	0.215	0.209	0.204	0.199	0.194
14.5	0.181	0.209	0.203	0.198	0.193	0.188	0.183	0.178	0.174
15.0	0.163	0.188	0.183	0.178	0.173	0.169	0.165	0.161	0.157
15.5	0.147	0.170	0.165	0.161	0.157	0.153	0.149	0.146	0.142
16.0	0.134	0.154	0.150	0.146	0.142	0.139	0.136	0.132	0.129
16.5	0.123	0.141	0.137	0.134	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118

17.0	0.113	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109
17.5	0.104	0.119	0.116	0.113	0.110	0.108	0.105	0.103	0.101
18.0	0.097	0.111	0.108	0.105	0.102	0.100	0.098	0.095	0.093
18.5	0.090	0.103	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087
19.0	0.084	0.097	0.094	0.092	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082
19.5	0.079	0.091	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077
20.0	0.075	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072
20.5	0.063	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062
21.0	0.058	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.056
21.5	0.053	0.061	0.059	0.058	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052
22.0	0.049	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048
22.5	0.045	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044
23.0	0.042	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041
23.5	0.039	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.038
24.0	0.036	0.040	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035
24.5	0.033	0.037	0.037	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032
25.0	0.031	0.035	0.034	0.033	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030

## Standard Acoustic Emission

**Noise Level (LW):** Values reported correspond to the average estimated Sound Power Level emitted by the WTG at hub height, called LW in TS IEC-61400-14. LW values are expressed in dB(A). To obtain LWd value, as defined in IEC-61400-14, it must be applied a 2 dB increase to LW.

**dB(A):** LW is expressed in decibels applying the “A” filter as required by IEC.

Noise generated at standard power operation mode LW is **105.0 dB(A)**. Noise values for different wind speed at hub height are presented in the following table:

SG 6.0-170	
Wind Speed [m/s]	LW [dB(A)]
3,0	92,2
3,5	92,2
4,0	92,2
4,5	92,2
5,0	92,5
5,5	95,0
6,0	97,2
6,5	99,2
7,0	101,0
7,5	102,7
8,0	104,2
8,5	105,0
9,0	105,0
9,5	105,0
10,0	105,0
10,5	105,0
11,0	105,0
11,5	105,0
12,0	105,0
12,5	105,0
13,0	105,0
Up to cut-out	105.0

Noise values included in the present document correspond to the wind turbine configuration equipped with noise reduction add-ons attached to the blade.

## Noise Reduction System (NRS) operational modes

The Noise Reduction System NRS is an optional module available with the basic SCADA configuration and it therefore requires the presence of a SGRE SCADA system to work.

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. This allows wind farms to be located close to urban areas, limiting the environmental impact that they imply.

Noise control is achieved through reducing the active power and rotational speed of the wind turbine. This reduction is dependent on the wind speed:

The task of the Noise Reduction System is to control the noise settings of each turbine to the most appropriate level at all times, in order to keep the noise emissions within the limits allowed.

In order to do this, the SCADA control has to consider the wind speed of each turbine, its direction, and a configured schedule/calendar.

There are 7 low noise modes available, besides the full operation one. Noise levels corresponding to each mode are the following:

<b>Mode:</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>Noise Level [dB(A)]</b>	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0

Noise values included in the present document correspond to the wind turbine configuration equipped with noise reduction add-ons attached to the blade.

Depending on the type of tower selected, some of the low noise modes defined above may not be compatible. Low noise modes compatibility vs tower designs will be analyzed upon request.

Next table presents the power production as a function of the horizontal wind speed measured at hub height for different noise reduction mode settings.

P [kW]	Low Noise Operation Mode					
Wind Speed [m/s]	M2	M3	M4	M5	M6	M7
3.0	89	88	89	89	89	89
3.5	176	175	176	176	176	176
4.0	325	325	325	325	325	325
4.5	520	519	520	520	520	520
5.0	756	756	756	756	756	756
5.5	1038	1038	1038	1038	1038	1038
6.0	1373	1373	1373	1373	1372	1369
6.5	1768	1768	1768	1764	1754	1740
7.0	2227	2222	2218	2202	2167	2125
7.5	2749	2722	2708	2660	2582	2494
8.0	3316	3238	3207	3109	2976	2817
8.5	3893	3733	3677	3519	3328	3073
9.0	4430	4171	4087	3871	3629	3260
9.5	4884	4528	4417	4160	3876	3384
10.0	5231	4795	4665	4385	4073	3463
10.5	5470	4979	4840	4553	4224	3514
11.0	5621	5096	4955	4673	4335	3547
11.5	5708	5164	5028	4753	4410	3568
12.0	5754	5202	5070	4804	4458	3582
12.5	5778	5221	5094	4834	4487	3590
13.0	5790	5231	5107	4851	4503	3595
13.5	5795	5236	5114	4861	4511	3597
14.0	5798	5238	5117	4865	4516	3599
14.5	5799	5239	5119	4868	4518	3599
15.0	5800	5240	5119	4869	4519	3600
15.5	5800	5240	5120	4869	4520	3600
16.0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
16.5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
17.0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
17.5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
18.0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
18.5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
19.0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
19.5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
20.0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
20.5	5721	5208	5105	4870	4520	3600
21.0	5637	5172	5081	4870	4520	3600
21.5	5553	5137	5057	4870	4520	3600
22.0	5469	5101	5033	4870	4520	3600
22.5	5385	5066	5009	4870	4520	3600
23.0	5301	5030	4985	4870	4520	3600
23.5	5217	4995	4961	4870	4520	3600
24.0	5134	4959	4936	4870	4520	3600
24.5	5051	4924	4912	4870	4520	3600
25.0	4967	4888	4888	4870	4520	3600

Next table presents the Ct as a function of the horizontal wind speed measured at hub height for different noise reduction mode settings. The calculated Ct curve data are valid for clean rotor blades, substantially horizontal, undisturbed air flow, normal turbulence intensity and normal wind shear.

Ct [ - ] Wind Speed [m/s]	Low Noise Operation Mode					
	M2	M3	M4	M5	M6	M7
3.0	0.953	0.963	0.953	0.953	0.953	0.953
3.5	0.880	0.886	0.880	0.880	0.880	0.880
4.0	0.847	0.850	0.847	0.847	0.847	0.847
4.5	0.828	0.829	0.828	0.828	0.828	0.828
5.0	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824
5.5	0.828	0.828	0.828	0.828	0.827	0.825
6.0	0.833	0.833	0.832	0.830	0.824	0.815
6.5	0.836	0.833	0.830	0.822	0.803	0.784
7.0	0.835	0.822	0.815	0.795	0.762	0.732
7.5	0.825	0.795	0.782	0.750	0.706	0.666
8.0	0.799	0.750	0.734	0.691	0.641	0.593
8.5	0.754	0.691	0.674	0.626	0.575	0.519
9.0	0.694	0.625	0.606	0.559	0.510	0.448
9.5	0.625	0.556	0.538	0.494	0.451	0.385
10.0	0.553	0.489	0.472	0.434	0.396	0.330
10.5	0.484	0.427	0.412	0.381	0.348	0.285
11.0	0.420	0.371	0.359	0.334	0.306	0.247
11.5	0.365	0.323	0.313	0.293	0.270	0.215
12.0	0.318	0.283	0.274	0.258	0.238	0.189
12.5	0.278	0.248	0.241	0.228	0.210	0.167
13.0	0.245	0.219	0.213	0.202	0.186	0.148
13.5	0.217	0.195	0.190	0.180	0.166	0.132
14.0	0.194	0.174	0.170	0.161	0.149	0.119
14.5	0.174	0.156	0.152	0.145	0.134	0.107
15.0	0.157	0.141	0.138	0.131	0.121	0.097
15.5	0.142	0.128	0.125	0.118	0.110	0.088
16.0	0.129	0.116	0.114	0.108	0.100	0.081
16.5	0.118	0.106	0.104	0.099	0.092	0.074
17.0	0.109	0.098	0.096	0.091	0.084	0.068
17.5	0.100	0.091	0.088	0.084	0.078	0.063
18.0	0.093	0.084	0.082	0.078	0.073	0.059
18.5	0.087	0.078	0.077	0.073	0.068	0.055
19.0	0.081	0.073	0.072	0.068	0.064	0.052
19.5	0.076	0.069	0.068	0.064	0.060	0.049
20.0	0.072	0.065	0.064	0.061	0.056	0.046
20.5	0.062	0.056	0.055	0.053	0.049	0.040
21.0	0.057	0.052	0.052	0.049	0.046	0.038
21.5	0.053	0.049	0.048	0.046	0.043	0.036
22.0	0.049	0.046	0.045	0.044	0.041	0.034
22.5	0.045	0.043	0.042	0.041	0.038	0.032
23.0	0.042	0.040	0.040	0.039	0.036	0.030
23.5	0.039	0.038	0.037	0.037	0.034	0.029
24.0	0.037	0.035	0.035	0.035	0.033	0.027
24.5	0.034	0.033	0.033	0.033	0.031	0.026
25.0	0.032	0.032	0.032	0.031	0.029	0.025

The table below contains the noise levels as a function of the horizontal wind speed measured at hub height for different noise reduction mode settings.

Noise values included in the present document correspond to the wind turbine configuration equipped with noise reduction add-ons attached to the blade.

Noise [dB(A)]	Low Noise Operation Mode					
Wind Speed [m/s]	M2	M3	M4	M5	M6	M7
3.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
4.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
5.0	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5
6.0	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4
7.0	101.8	101.8	101.8	101.0	100.0	99.0
8.0	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0
9.0	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0
10.0	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0
11.0	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0
12.0	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0
13.0	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0
Up to cut-out	104.5	103.0	102.0	101.0	100.0	99.0

# Electrical Specifications

## Nominal output and grid conditions

Nominal power .....	6000 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 .....	6150 kW

Nominal speed .....	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
---------------------	--

## Generator Protection

Insulation class .....	Stator F/H Rotor F/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 .....	Direct cooling
Internal ventilation .....	Air
Control parameter .....	Winding, Bearings temperature

## Frequency Converter

Operation .....	4Q B2B Partial Load
Switching .....	PWM
Switching freq., rotor and 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
----------------------	--------------------

**All data are subject to tolerances in accordance with IEC.**

## Grid Requirements

Nominal grid frequency .....	50 or 60 Hz
Minimum voltage .....	85 % of nominal
Maximum voltage .....	113 % of nominal
Minimum frequency .....	94 % of nominal
Maximum frequency .....	106 % of nominal
Maximum voltage imbalance (negative sequence of component voltage) .....	≤5 %
Max short circuit level at controller's grid	
Terminals (690 V) .....	TBD kA

## Power Consumption from Grid (approximately)

At stand-by, No yawing .....	10 kW
At stand-by, yawing .....	41 kW

## Controller back-up

UPS Controller system .....	Online UPS, Li battery
Back-up time .....	1 min
Back-up time Scada .....	24 h

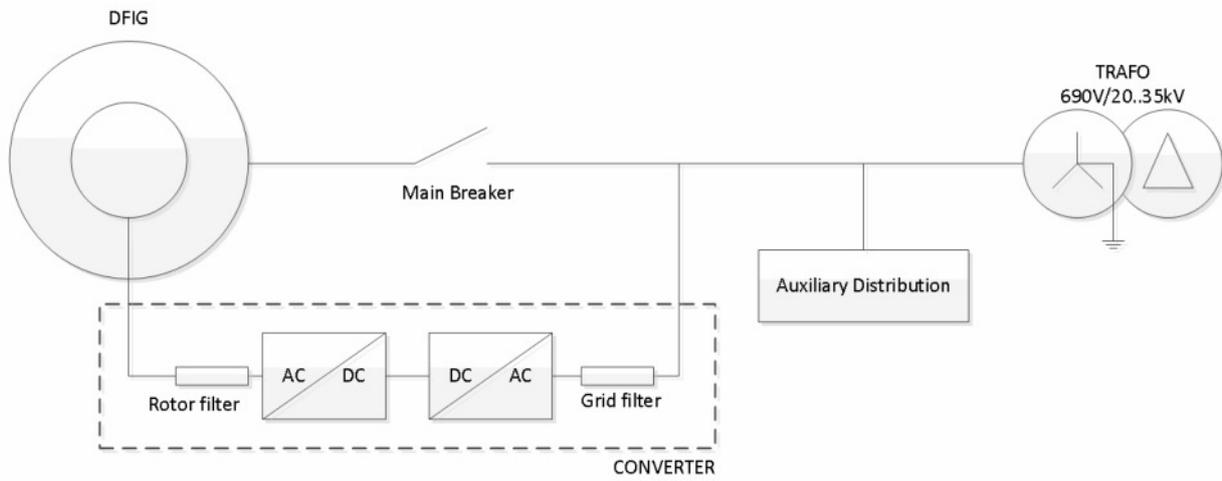
## Transformer Requirements

Transformer impedance requirement .....	8.0 % -9.5%
Secondary voltage .....	690 V
Vector group .....	Dyn 11 or Dyn 1 (star point earthed)

## Earthing Requirements

Earthing system .....	Acc. to IEC62305-3 ED 1.0:2006
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

## Simplified Single Line Diagram



## Transformer Specifications ECO 30 kV\*

### Transformer

Type .....	Liquid type
Nominal power .....	6500 kVA @nominal voltage +13/-10 %
Nominal voltage .....	30/0.69 kV
Frequency .....	50/60 Hz
Transformer impedance ....	8.0% - 10.0%
Loss ( $P_0 / P_{n120^\circ C}$ ).....	ECO Design Directive
Vector group .....	Dyn11
Offload tap changer .....	+/- 2.5% / +/- 5 %
Standard .....	IEC 60076 ECO Design Directive

### Transformer Cooling

Cooling system.....	Water cooled
Control parameter.....	Top liquid temperature

### Transformer Monitoring

Liquid temperature .....	PT100 sensor
--------------------------	--------------

### Transformer Earthing

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

All data are subject to tolerances in accordance with IEC.

\*Example for an ECO 30 kV transformer. For other Medium Voltage transformers, consult with SGRE

## Transformer Specifications 34.5 kV\*

### Transformer

Type .....	Liquid type
Nominal power .....	6500 kVA @nominal voltage +13/-10 %
Nominal voltage .....	34.5/0.69 kV
Frequency .....	50/60 Hz
Transformer impedance ....	8.0% - 10.0%
Loss ( $P_0 / P_{n120^\circ C}$ ).....	ECO Design Directive
Vector group .....	Dyn1/ Dyn11
Offload tap changer .....	+/- 2.5% / +/- 5 %
Standard.....	IEC 60076 ECO Design Directive

### Transformer Cooling

Cooling system.....	Water cooled
Control parameter.....	Top liquid temperature

### Transformer Monitoring

Liquid temperature .....	PT100 sensor
--------------------------	--------------

### Transformer Earthing

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

All data are subject to tolerances in accordance with IEC.

\*Example for an ECO 34.5 kV transformer. For other Medium Voltage transformers, consult with SGRE

# Switchgear Specifications

The installation of a switchgear is an option available upon request.

## Switchgear Specification (33 kV)

### Technical Data for Switchgear

#### Switchgear

Rated voltage	33 kV
Operating voltage	30 - 36 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	1, 2 or 3 panels
Grid cable feeder	Load break switch or direct cable riser
Circuit breaker feeder	Circuit breaker
Degree of protection, vessel	IPX8
Degree of protection, front cover	IP2XD
Degree of protection, LV Comp.	IP2XD
Internal arc classification IAC:	A FLR 20 kA 1s
Pressure relief	Down
Standard	IEC 62271
Temperature range	-30°C to +40°C

#### Grid Cable feeder

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
Switch mechanism	Spring operated
Tripping mechanism	Stored energy
Motor voltage	Under request
Control	Local
Coil for external trip	230 V AC
Voltage detection system	Capacitive

#### Protection

Functions	50/51 50N/51N
Power supply	Dual (Self & Aux. powered)
Current transformer	300/1A; Cl. 5P20

#### Interface- MV Cables

Grid cable feeder	630A bushings type C M16 Max 3 feeder cables
Cable entry	From bottom
Cable clamp size (cable outer diameter)	up to 48mm
Circuit breaker feeder	630 A bushings type C M16
Cable entry	From bottom

#### Interface to turbine control

Breaker status	1 NO + 1 NC contacts
Insulation supervision	Under request

**All data are subject to tolerances in accordance with IEC.**

**Example for a 33 kV Switchgear. For other Medium Voltage variants or different grounding systems, contact SGRE.**

## Preliminary Foundation Loads

Detailed information about foundation loads will be available upon request.

## Tower Dimensions

SG 6.0-170 is offered with a an extensive tower portfolio ranging from 100m-165m, including the 135m and 165m catalogue towers. All the towers are designed in compliance with local logistics requirements.

Information about other tower heights will be available upon request.

## Foundation Design

Detailed information about foundation loads will be available upon request

# Preliminary Grid Performance Specification, 50 Hz

## General

This document describes the grid performance of the SG 6.0-170, 50 Hz wind turbine. 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 are based on the assumption that the electrical network is designed to be compatible with operation of the wind turbine. SGRE will provide a document with guidance to perform an assessment of the network's compatibility.

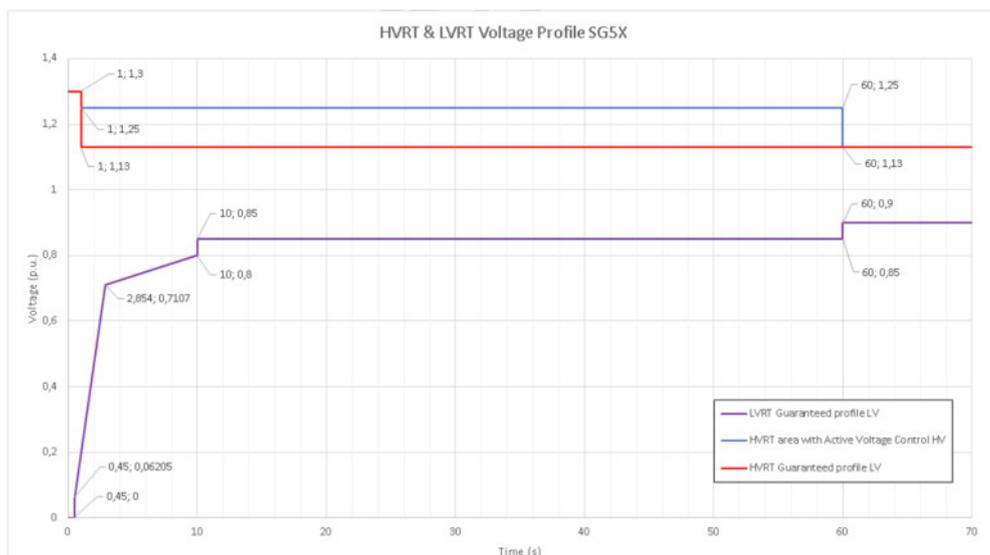
## Fault Ride Through (FRT) Capability

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**. Lower voltage limits for SG 6.0-170, 50 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).

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 (Sk/Sn) 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 in PSS/E. This model is a reduced order model, suitable for balanced simulations with time steps between 4-10 ms.

The standard voltage limits for the SG 6.0-170, 50 Hz wind turbine are presented in **Figure 1**. Lower voltage limits for SG 6.0-170, 50 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).



**Figure 1.** Lower voltage limits for SG 6.0-170, 50 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).

**Power Factor (Reactive Power) Capability**

The wind turbine is able to operate in a wide power factor range at the low voltage side of the wind turbine transformer. See the Reactive Power capability chapter for more details. The control mode for the wind turbine is with reactive power set-points.

**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.

**Frequency Capability**

The wind turbine is able to operate in the frequency range between 47 Hz and 53 Hz.

**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 60ms. The wind turbine's target voltage shall stay between 95% and 105% in order to support the best possible performance by staying within the operation limits.

**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.

**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.

**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.

**All data are subject to tolerances in accordance with IEC.**

# Preliminary Grid Performance Specification, 60 Hz

## General

This document describes the grid performance of the SG 6.0-170, 60 Hz wind turbine. 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 are based on the assumption that the electrical network is designed to be compatible with operation of the wind turbine. SGRE will provide a document with guidance to perform an assessment of the network's compatibility.

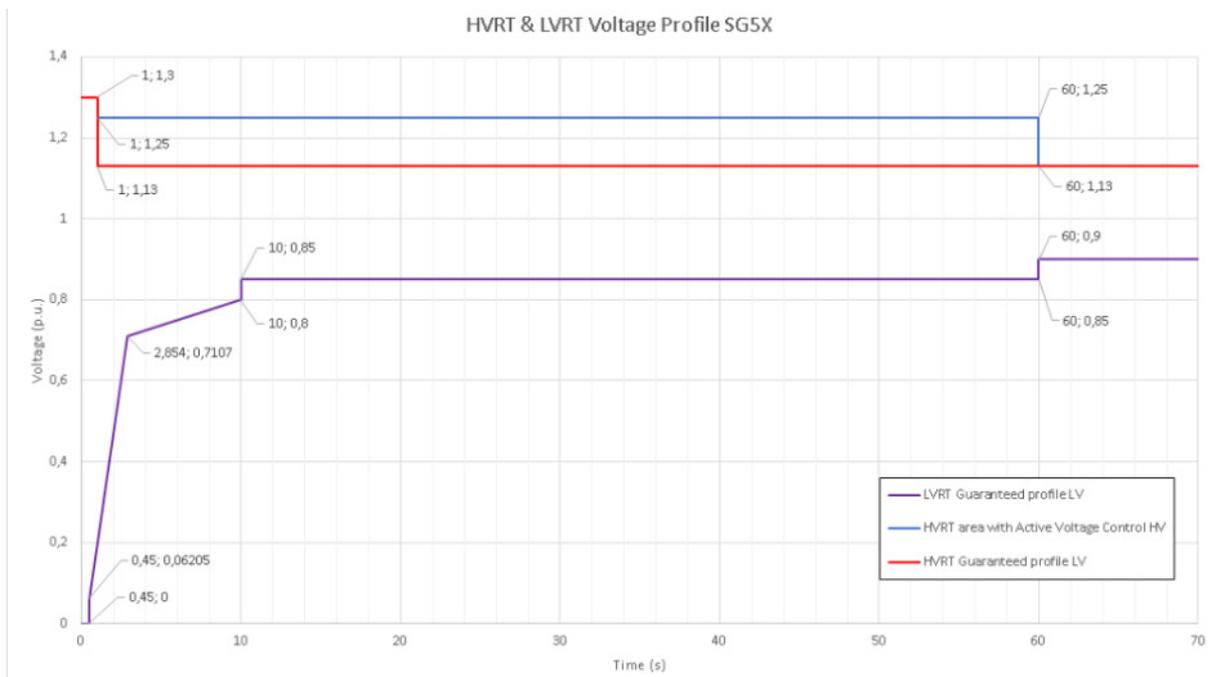
## Fault Ride Through (FRT) Capability

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 2**. Lower voltage limits for SG 6.0-170, 60 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).

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 in PSS/E. This model is a reduced order model, suitable for balanced simulations with time steps between 4-10 ms.

The standard voltage limits for the SG 6.0-170, 60 Hz wind turbine are presented in **Figure 2**. Lower voltage limits for SG 6.0-170, 60 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).



**Figure 2.** Lower voltage limits for SG 6.0-170, 60 Hz wind turbine in the range of 0-70 seconds. The nominal voltage is 690 V (i.e. 1 p.u.).



**Power Factor (Reactive Power) Capability**

The wind turbine is able to operate in a wide power factor range at the low voltage side of the wind turbine transformer. See the Reactive Power capability chapter for more details. The control mode for the wind turbine is with reactive power set-points

**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.

**Frequency Capability**

The wind turbine is able to operate in the frequency range between 56.4 Hz and 63.6 Hz.

**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 60ms. The wind turbine's target voltage shall stay between 95% and 105% in order to support the best possible performance by staying within the operation limits

**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.

**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.

**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.

**All data are subject to tolerances in accordance with IEC.**

# Reactive Power Capability, 50 Hz

## General

This document describes the reactive power capability of SG 6.0-170, 50 Hz wind turbines during active power production. SG 6.0-170 wind turbines are equipped with a B2B Partial load frequency converter which allows the wind turbine to operate in a wide power factor range.

## Reactive Power Capability Curves

The reactive power capability for the wind turbine at the LV side of the wind turbine transformer will be presented in the following Figures.

**Figure 3.** Reactive power capability curves, 50 Hz wind turbine, at LV side of wind turbine transformer. shows the reactive power capability on the LV side of the wind turbine depending on the generated power at LV terminals.

**Figure 4.** Reactive power capability at no wind ( $Q_{wP0}$ ) includes reactive power capability at no wind ( $Q_{wP0}$ ).

The SCADA can send voltage references to the wind turbine in the range of 0.92 p.u. to 1.08 p.u. The wind power plant should be designed to maintain the wind turbine voltage references between 0.95 p.u. and 1.05 p.u. during steady state operation.

The tables and figures assume that the phase voltages are balanced, and that the grid operational frequency and component values are nominal. Unbalanced voltages will decrease the reactive power capability. Component tolerances were not considered in determining curve parameters. Instead, the curves and data are subject to an overall tolerance of  $\pm 5\%$  of the rated power.

The reactive power capability presented in this document is the net capability and accounts for the contribution from the wind turbine auxiliary system, the reactor and the filter.

The reactive power capability described is valid while operating the wind turbine within the limits specified in the Design Climatic Conditions.

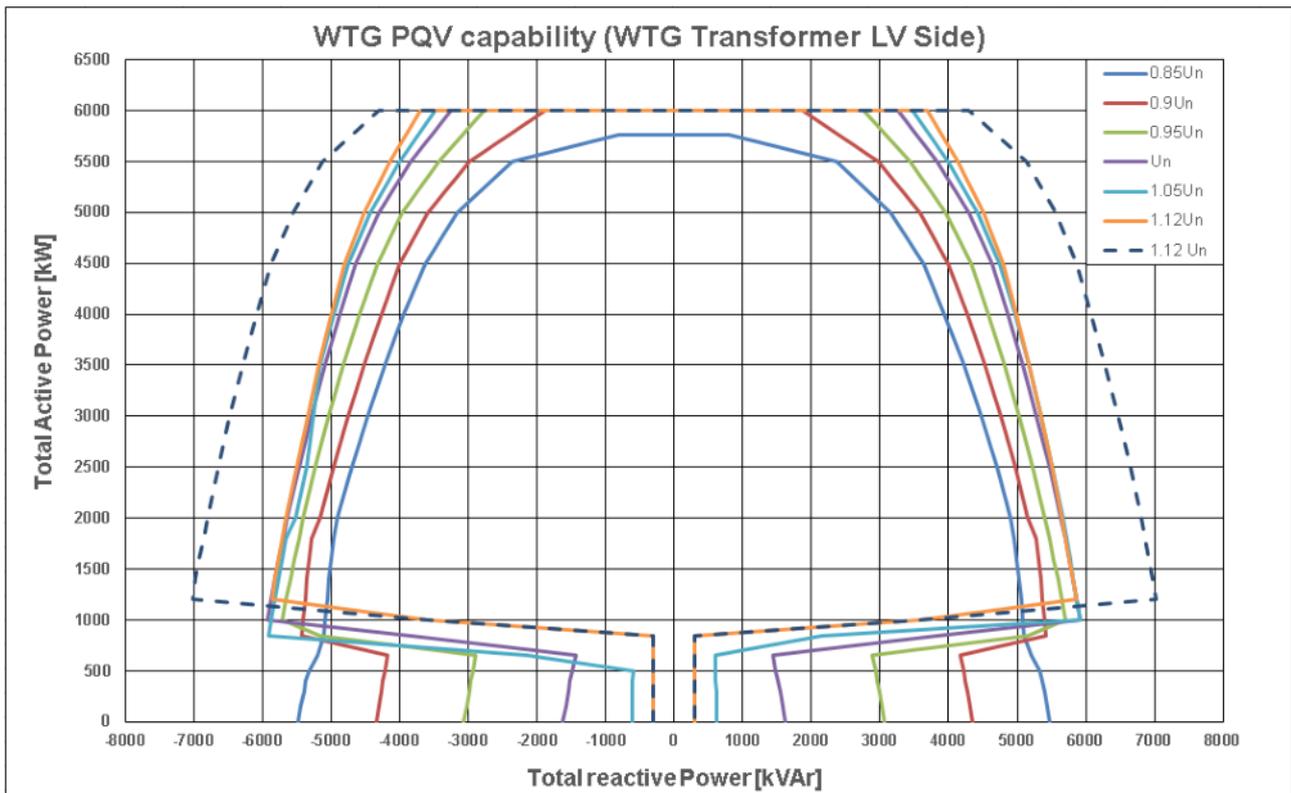


Figure 3. Reactive power capability curves, 50 Hz wind turbine, at LV side of wind turbine transformer.

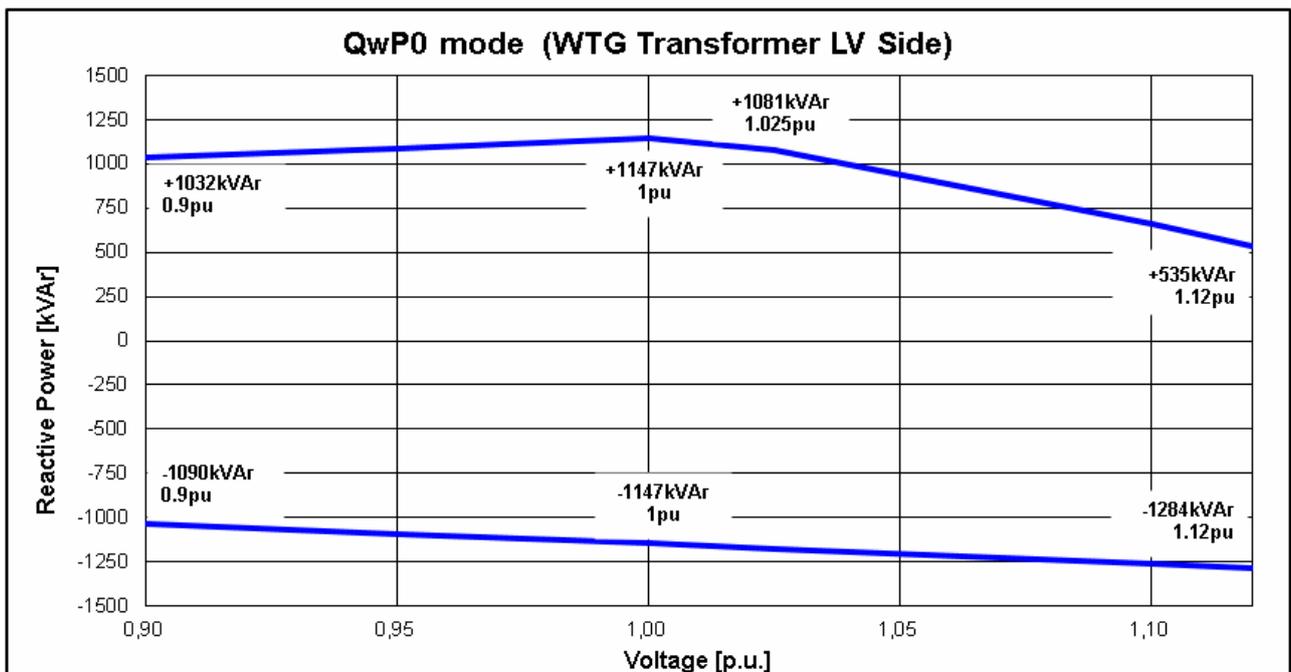


Figure 4. Reactive power capability at no wind (QwP0)

All data are subject to tolerances in accordance with IEC.

---

# Reactive Power Capability, 60 Hz

## General

This document describes the reactive power capability of SG 6.0-170, 60 Hz wind turbines during active power production. SG 6.0-170 wind turbines are equipped with a B2B Partial load frequency converter which allows the wind turbine to operate in a wide power factor range.

## Reactive Power Capability Curves

The reactive power capability for the wind turbine at the LV side of the wind turbine transformer will be presented in the following Figures.

**Figure 5.** Reactive power capability curves, 60 Hz wind turbine, at LV side of wind turbine transformer shows the reactive power capability on the LV side of the wind turbine depending on the generated power at LV terminals.

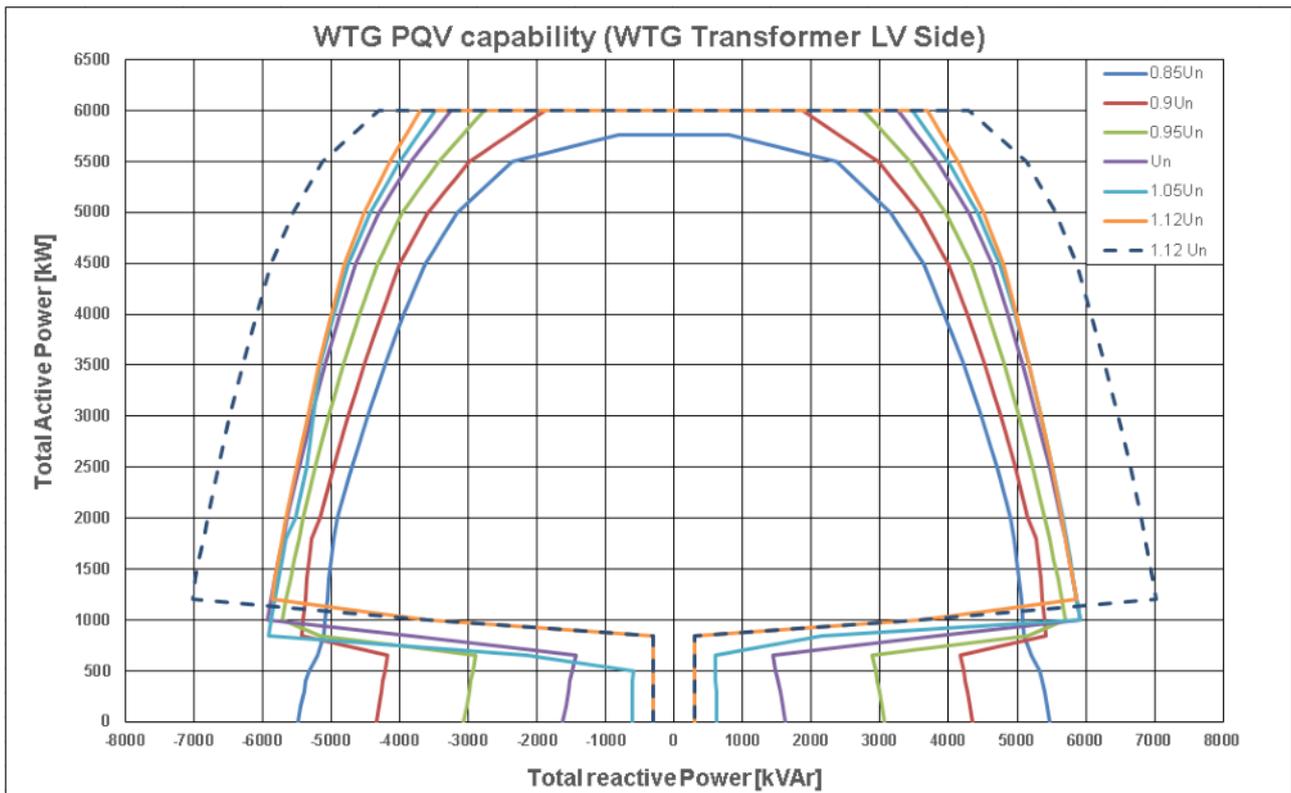
**Figure 6. Reactive power capability at no wind (Q<sub>wP0</sub>).** includes reactive power capability at no wind (Q<sub>wP0</sub>).

The SCADA can send voltage references to the wind turbine in the range of 0.92 p.u. to 1.08 p.u. The wind power plant should be designed to maintain the wind turbine voltage references between 0.95 p.u. and 1.05 p.u. during steady state operation.

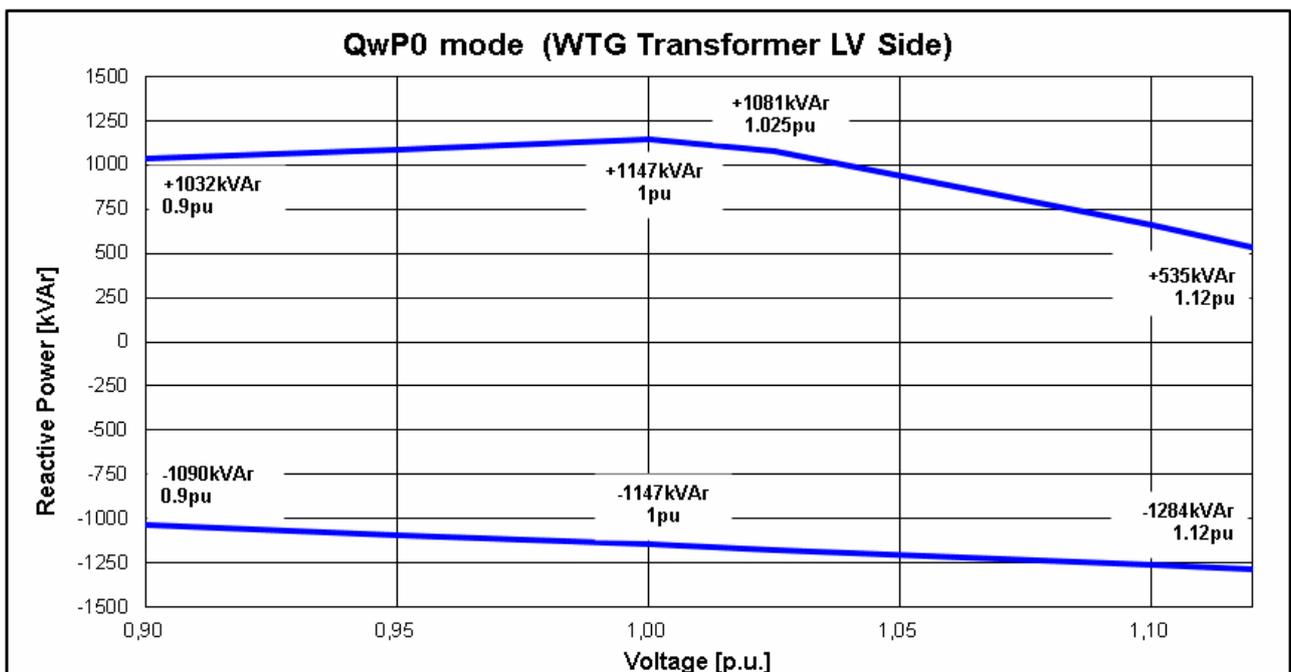
The tables and figures assume that the phase voltages are balanced, and that the grid operational frequency and component values are nominal. Unbalanced voltages will decrease the reactive power capability. Component tolerances were not considered in determining curve parameters. Instead, the curves and data are subject to an overall tolerance of  $\pm 5\%$  of the rated power.

The reactive power capability presented in this document is the net capability and accounts for the contribution from the wind turbine auxiliary system, the reactor and the filter.

The reactive power capability described is valid while operating the wind turbine within the limits specified in the Design Climatic Conditions.



**Figure 5.** Reactive power capability curves, 60 Hz wind turbine, at LV side of wind turbine transformer



**Figure 6.** Reactive power capability at no wind (QwP0).

# SCADA, System Description

## Introduction

This is a general description of the SGRE SCADA System.

The SGRE SCADA system is a system for supervision, data acquisition, control, and reporting for wind farm performance.

## Main features

The SCADA system has the following main features:

- On-line supervision and control accessible via Internet.
- Data acquisition and storage of data in a historical database.
- Local storage of data at wind turbines if communication is interrupted and transferred to historical database when possible.
- System access from anywhere using a standard web browser. No special client software or licenses are required.
- Users are assigned individual user names and passwords, and the administrator can assign a user level to each user name for added security.
- Email function can be configured for fast alarm response for both turbine and substation alarms.
- Interface to park pilot functions for enhanced control of the wind farm and for remote regulation, e.g. MW / Voltage / Frequency / Ramp rate.
- Power curve plots and efficiency calculations with pressure and temperature correction (pressure and temperature correction available only if SGRE MET system supplied).
- Condition monitoring integrated with the turbine controller using designated server.
- Ethernet-based system with compatible interfaces (OPC XML / IEC 60870-5-104 / Modbus TCP).
- Virus Protection Solution.
- Back-up & restore.

## Wind turbine hardware

Components within the wind turbine are monitored and controlled by the individual local wind turbine controller (STC). The STC can operate the turbine independently of the SCADA system, and turbine operation can continue autonomously in case of, e.g. damage to communication cables.

A turbine interface computer (STIC) placed at the tower base handles the interface between the STC and the central SCADA server. Data recorded in the turbine is stored here temporary. In the event that communication to the central server is temporarily interrupted data is kept in the STIC and transferred to the SCADA server when possible. The STIC is considered part of the wind turbine.

## 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 carried out by the Employer.

## SCADA server panel

The central SCADA server panel supplied by SGRE is normally placed at the wind farm substation or control building.

The server panel 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.

For large sites or as option a virtualized SCADA solution can be supplied.

On the SCADA server the data is presented online as a web-service and simultaneously stored in an SQL database. From this SQL database numerous reports can be generated.

Employer "client" connection to the SCADA system establishing via the internet through a point to point TCP/IP VPN-connection.

### **Grid measuring station**

The SCADA system includes a GMS located in one / more GMS panels or in the SCADA server panel. Normally the GMS is placed at the wind farm substation or control building.

The heart of the GMS is a PQ meter and the HPPP. The HPPP/GMS can be scaled to almost any arrangement of the grid connection. The HPPP/GMS requires voltage and current signals from VT's and CT's fitted at the wind farm PCC to enable its control functions.

The GMS interfaces to the SGRE SCADA servers and turbines are via a LAN network.

The HPPP can on request be supplied in a high availability (HA) setup with a redundant server cluster configuration.

Note: In small SGRE SCADA systems (typically <10 turbines) and if the small SGRE SCADA system is placed in a turbine the GMS components (HPPP / GMS) may be arranged otherwise.

### **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 panel. For communication with third party equipment a Modbus TCP, IEC 60870-5-104, and OPC XML compatible interfaces are available as an option.

### **SGRE SCADA software**

The normal SGRE SCADA user interface presents online and historical data. The screen displays can be adjusted to meet individual customer requirements.

Historical data are stored in an MS SQL database as statistical values and can be presented directly on the screen or exported for processing in MS Access or Excel via a ODBC connection.

The SGRE SCADA software also serves as user interface to the HPPP functions.

### **Virus protection solution**

A virus protection solution can be offered as a part of the Service Agreement(SA). An anti-virus client software will in that case be 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.

### **Back-up & restore**

For recovery of a defect SCADA system or component, the SGRE SCADA system provides 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 both locally on the site servers and remotely on SGRE back-up storage servers.

## Codes and Standards

The wind turbine is designed and certified with an external certification body according to:

- 1) Operational Document: OD-501, Type Certification Scheme
- 2) OD501-T01 Type Certificate & Provisional Type Certificate template Wind Turbine
- 3) IEC 61400-22:2010 Ed.1, Wind turbines – Part 22: Conformity testing and certification
- 4) EN 61400-1:2018, Ed.4, Wind turbine generator systems Part 1: Safety requirements, (IEC 61400-1:2005, modified)
- 5) IEC 61400-1:2018 Ed.4 Wind turbines –. Part 1: Design requirements
- 6) DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen - Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015
- 7) IEC 61400-11:2006, Wind turbine generator systems Part 11: Acoustic noise measurement techniques
- 8) IEC 61400-12:2005, Ed.1, Wind Turbine Generator Systems Part 12: Wind turbines power performance testing
- 9) IEC 61400-13: 2015 Wind Turbine Generator Systems - Part 13: Measurement Of Mechanical Loads
- 10) IEC 61400-23 Ed. 1.0 EN :2014 Wind turbines - Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades
- 11) VDI 2230 Blatt 1, 2016, Bolt calculation
- 12) 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
- 13) EN 10029:2010, Hot rolled steel plates 3 mm thick or above - Tolerances on dimensions, shape and mass
- 14) DS/EN 10083:2008, Quenched and tempered steels - Part 1: Technical delivery conditions for special steels (Main shaft)
- 15) DS/EN 1563:2012, Founding - Spheroidal graphite cast irons
- 16) DS/EN 10025-1:2004, Hot rolled products of structural steels - Part 1: General technical delivery conditions
- 17) DS/EN 10025-2:2006, Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels
- 18) DS/EN 10025-3:2004, Hot rolled products of structural steels - Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels
- 19) EN 1993-1-8:2005/AC:2009: Eurocode 3: Design of steel structures
- 20) EN 1999 Design of aluminium structures
- 21) ISO/TS 16281:2008 Rolling bearings - Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings
- 22) DIN ISO 281 Rolling bearings - Dynamic load ratings and rating life - Life modification factor aDIN and calculation of the modified rating life
- 23) DIN ISO 76:2006 Rolling bearings - Static load ratings
- 24) ISO/TS 16281:2008 + Cor. 1:2009 Rolling bearings - Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings
- 25) DNV-DS-J102:2010 Design and Manufacture of Wind Turbine Blades, Offshore and Onshore Wind Turbines
- 26) OD-501-2ed.1.0 Conformity Assessment and Certification of wind turbine gearboxes by RECB

- 
- 27) [IEC 61400-4:2012](#) Wind turbines -- Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes
  - 28) EN 61000-6-2:2005 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
  - 29) EN 61000-6-4:2007 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments
  - 30) EN 60204-1:2006 (+correct 2010) Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
  - 31) EN 61439-1:2014 Low-voltage switchgear and control gear assemblies. General rules
  - 32) EN 61439-2:2011 Low-voltage switchgear and control gear assemblies. Power switchgear and control gear assemblies
  - 33) [IEC 61400-24 Ed. 1.0](#) (2010) Wind turbines - Part 24: Lightning protection
  - 34) DS/EN 60076 – 16:2018 – Power transformers - Part 16: Transformers for wind turbine applications
  - 35) IEC 61400-21:2008 Wind turbine generator systems - Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
  - 36) Low Voltage Directive 2014/35/EU
  - 37) EMC Directive 2014/30/EU
  - 38) EN 61000-6-2:2005 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
  - 39) ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements 2004/108/EF EMC Directive

---

## Other Performance Features

Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) offers the following optional performance features for SG 6.0-170 that can optimize your wind farm by boosting performance, enhancing environmental agility, supporting compliance with legal regulation, and supporting grid stability.

### **High Temperature Derated operational mode (also known as Power Derating due to component temperature)**

Ventilation and cooling systems are designed to allow the WTG operation at rated power up to a certain external nominal temperature and a certain altitude. For sites located beyond 1000m above the sea level, the air density reduction affects the turbine components ventilation capacity, reducing the maximum operational temperature at rated power. However, this maximum ambient temperature can be extended by reducing the delivered power.

Considering the individual components requirements in temperatures at different altitude levels, and their dissipated heat at different power limits, several curves power-temperature will be generated. These curves will define the envelopes inside which SG 6.0-170 could operate assuring the integrity of all components.

The control system, considering the defined turbine type, will dynamically adjust the maximum allowed power as a function of component temperature.

### **Ice Detection System**

A default IDS is included in SG 6.0-170. This system is required in order to prevent the turbine operating under non desirable ice conditions that could represent an out-of-design situation with risk for the turbine integrity or H&S.

The default IDS can be improved by application of additional features, described as follows:

- Ice on nacelle sensor (optional kit). Additional sensor is installed to detect ice on nacelle.
- Improved ice on blade detection algorithm (optional, only available when blade de-icing system is installed). It requires additional hardware. It is a more complex ice detection algorithm defined based on ice probability calculation, and it is a valuable complement for improving the blade de-icing system performance.

### **Noise Reduction System**

The Noise Reduction System NRS is an optional module available with the basic SCADA configuration and it therefore requires the existence of a SGRE SCADA system to work.

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. This allows wind farms to be located close to urban areas, limiting the environmental impact that they imply.

### **Bat Protection System**

To support the installation of wind turbines in areas that constitute a natural habitat for bats, SGRE has developed a Bat Protection System. Bats are usually more active at certain times of the night and at certain times of the year, depending on the local habitat and/or migration routes. The purpose of the SGRE Bat Protection System is to monitor the local environmental conditions in order to reduce the risk of impact on bats.

Specific environmental conditions can be monitored by means of dedicated additional sensors: temperature, light, humidity and rainfall. If conditions for the existence of bats are met, the Bat Protection System tool will

request the wind turbines to be paused. As soon as one of the conditions is no longer met, the affected wind turbine will return to its initial status prior to receiving the pause order from the tool, depending on the configured hysteresis values.

The tool does not require all the sensors associated with the conditions to be installed and, depending on each site, the sensors needed will be configured. If there is no sensor for a specific environmental variable, condition is configured as fulfilled.

Additionally, Bat Protection System can be configured to be triggered depending on calendar (day/time), wind speed range or wind direction.

### **Bird Detection System**

The Bird Detection System is a stand-alone system that monitors the wind farm's surrounding air space and detects flying birds in real time. At the same time, it is capable of handling real-time actions related to bird detection, such as warning and deterring birds at risk of colliding with the wind turbines or automatic shutdown of the selected wind turbines.