

AGOSTO 2022

TORCELLO WIND S.r.l.

IMPIANTO EOLICO TORCELLO

PROVINCIA DI VITERBO

COMUNE DI BAGNOREGIO E LUBRIANO

Montagna

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

Progettista

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

Coordinamento

Corrado Pluchino

Codice elaborato

2799_4680_R03_Rev0_Relazione_tecnico-des.docx



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799_4680_R03_Rev0_Relazione_tecnico-des.docx	07/2022	Prima emissione	ML	C. Pluchino	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	Coordinamento Progettazione	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Riccardo Festante	Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9583J
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Sergio Alifano	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	Ord. Ing. Cagliari n. 8788 – Sez. A



Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Davide Lo Conte	Geologo	Ordine Geologi Umbria n.445
Riccardo Baecker	Ingegnere Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Matteo Cuda	Naturalista	
Marco Corrù	Architetto	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Fabrizio Columbro	Ingegnere Ambientale	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	



INDICE

1. PREMESSA	5
2. DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO.....	6
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	8
2.2. INQUADRAMENTO URBANISTICO, PAESAGGISTICO E CATASTALE	9
2.2.1. Inquadramento urbanistico.....	9
2.2.2. Inquadramento catastale	14
2.2.3. Inquadramento Paesaggistico	15
2.3. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO	16
2.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO	17
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	20
3.1. VIABILITÀ DI ACCESSO ALLE TORRI.....	20
3.2. PIAZZOLE DI MONTAGGIO.....	22
3.3. AREA DI CANTIERE TEMPORANEA	24
3.4. PLINTI DI FONDAZIONE	25
3.5. AEROGENERATORI	28
3.6. CAVIDOTTI	30
3.7. SISTEMA DI CONNESSIONE	30
4. FASI ESECUTIVE	32
5. DISMISSIONI	33
5.1. DISMISSIONE CANTIERE.....	33
5.2. DIMISSIONE IMPIANTO.....	33
6. COSTI.....	35



1. PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la Relazione Tecnico-Descrittiva che, unitamente agli elaborati grafici, descrive il Progetto definitivo delle opere civili ed elettriche per la realizzazione del Parco Eolico “Torcello” sito nei comuni di Bagnoregio e Lubriano (VT), nell’area nord occidentale della regione Lazio sviluppato dalla società Torcello Wind S.r.l..



Figura 1.1 - Carta geografica del Lazio con ubicazione dell’impianto

Il documento descrive tutte le opere necessarie all’installazione di un parco eolico della potenza complessiva di 42 MW. Nel suo complesso il parco sarà composto da N° 7 aerogeneratori della potenza nominale di 6.0 MW ciascuno, da un cavi-dotto di MT interrato, da una Stazione elettrica di condivisione MT/AT, dalla viabilità di servizio interna, dalle reti tecnologiche per il controllo del parco e dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche.

L’impianto in esame sarà del tipo collegato in rete e funzionerà quindi in parallelo alla rete elettrica nazionale.

La connessione alla linea elettrica nazionale è stata prevista, come da STMG 202002709 rilasciata da TERNA, in prossimità di una nuova stazione elettrica di futura realizzazione e già autorizzata, sita nel comune di Viterbo.

Nello specifico la STMG prevede che la Stazione MT/AT Utente venga collegata in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN da inserire in entra – esce sull’ elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Roma Nord - Pian della Speranza”.

Il progetto si inquadra nell’ambito della ricerca di fonti energetiche alternative da utilizzare per la produzione di energia elettrica.

2. DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'intera area di realizzazione del parco in esame è ubicata in zone al di fuori dei centri abitati limitrofi e, per quanto riguarda l'area produttiva di installazione degli aerogeneratori, si estende in parte nel territorio comunale di Lubriano (torre B01 e torre B02) e in parte nel territorio del comune di Bagnoregio (torre B03÷B07).

La sottostazione di trasformazione sarà ubicata nel territorio comunale di Viterbo mentre la linea di connessione attraverserà, oltre ai comuni in cui sono posizionate le piazzole anche i territori comunali di Montefiascone, Celleno e Viterbo.

L'accesso al sito si ipotizza possa avvenire mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e regionale partendo dal vicino porto industriale di Civitavecchia. All'interno dell'area del parco, verranno utilizzate come viabilità primaria la Strada Regionale 71 TER, la Strada Provinciale 130, la Strada Provinciale 54 e la Strada per la località Tortolaio. Dalla viabilità primaria, le aree per la costruzione degli aerogeneratori saranno raggiunte mediante strade secondarie (asfaltate e/o sterrate) esistenti o mediante la realizzazione di apposite piste. Nella figura successiva si riporta una vista planimetrica della viabilità.

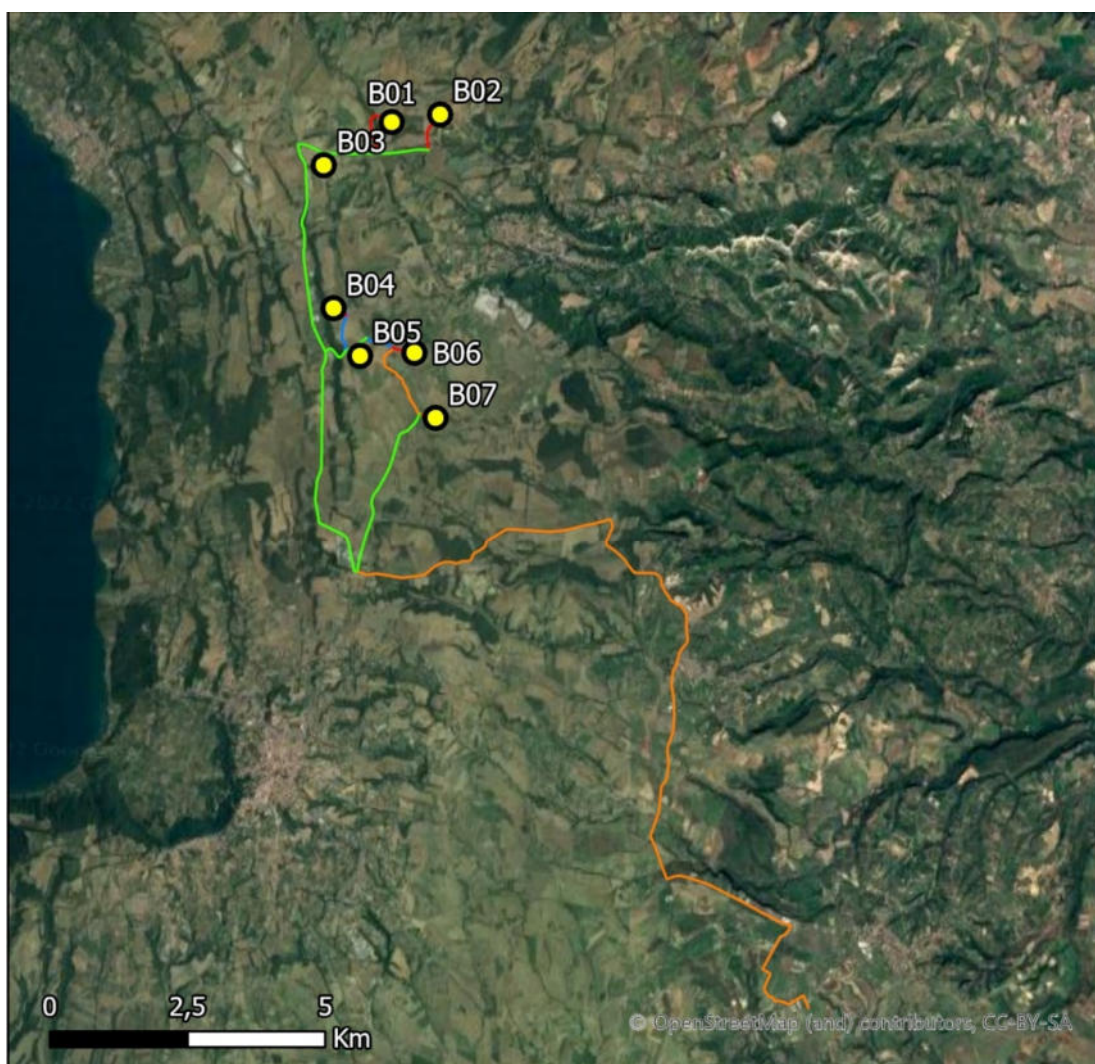


Figura 2.1 - Inquadramento generale dell'area di progetto e della viabilità (rosso=pista di accesso; blu=secondaria; verde=principale) e della connessione (linea arancio)

Le aree che si raggiungeranno con la viabilità sopra descritta, dove è prevista l'installazione delle pale eoliche, saranno in terreni di proprietà privata, per i quali si cercheranno appositi accordi con i proprietari.

Le infrastrutture a servizio del parco, strade, cavidotti e reti tecnologiche, interesseranno per la quasi totalità aree di proprietà pubblica (comunali, provinciali, statali e ministeriali), solo in alcuni tratti, il cavidotto potrebbero interessare catastalmente terreni privati.

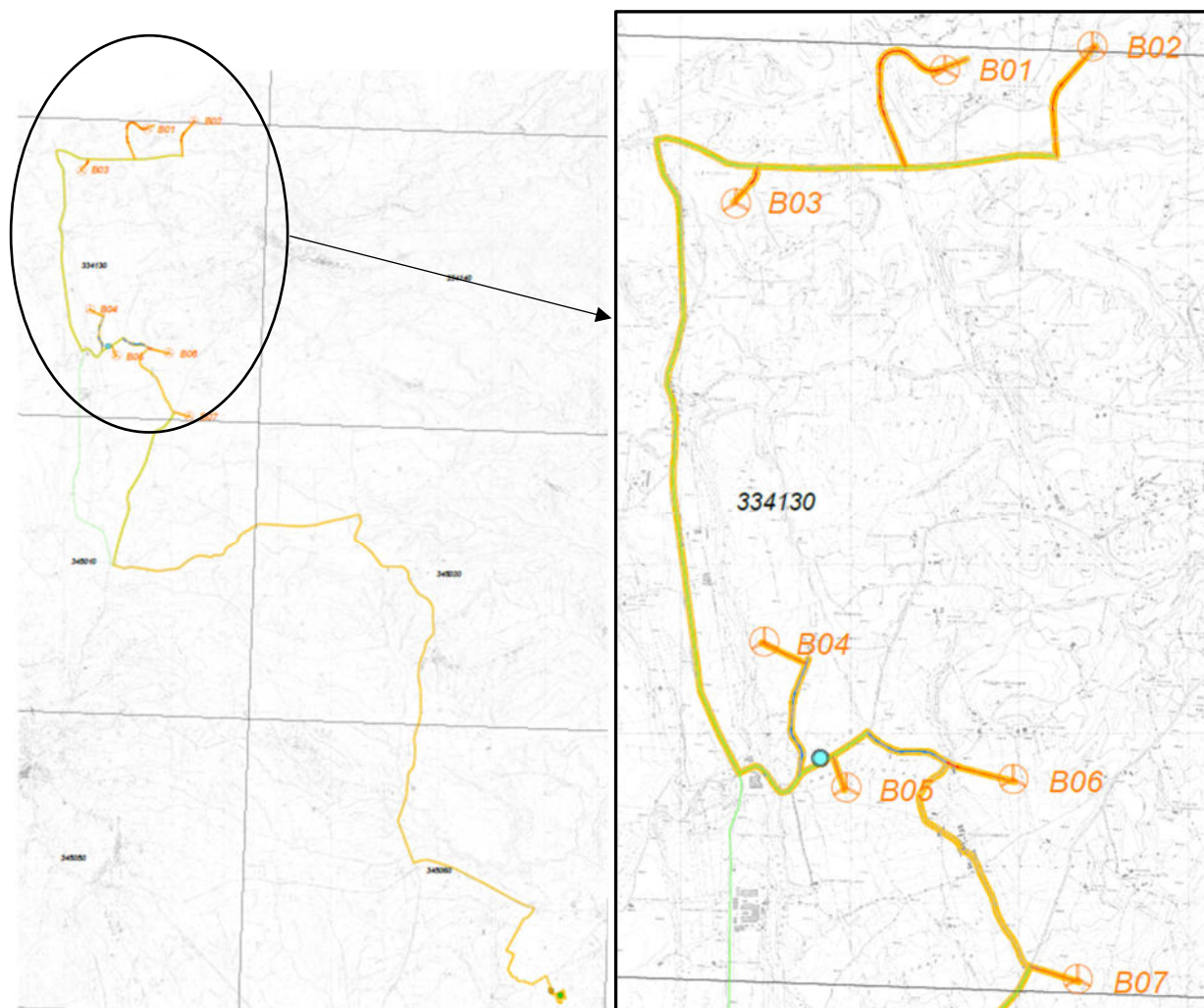


Figura 2.2 - Area impianto in progetto

Il Parco eolico si estende in zona compresa tra il lago di Bolsena e l'abitato di Bagnoregio, posto a circa 3 km in direzione est. Con una distribuzione Nord-Sud, il parco può essere suddiviso in due aree: una più a nord, comprendente gli aerogeneratori denominati B01, B02 e B03 situati in territorio con andamento collinare con quote altimetriche comprese tra 520 e 580 m slm; ed una più a sud, in cui sono riunite le torri B04, B05, B06 e B07, posizionate in territorio pianeggiante con quote altimetriche comprese tra 550 e 590 m

La realizzazione della Stazione Elettrica di condivisione MT/AT è invece prevista nel comune di Viterbo in prossimità della stazione elettrica TERNA di nuova realizzazione denominata "Piscinale" - Frazione di Grotte S. Stefano.

Il collegamento elettrico tra gli aerogeneratori e la sottostazione avverrà mediante un elettrodotto interrato che seguirà in gran parte il tracciato delle strade esistenti e in piccola parte il tracciato di quelle di nuova realizzazione (nuove strade di interconnessione degli aerogeneratori e strada di accesso alla sottostazione elettrica).

Nella seguente tabella si riportano le coordinate dei 7 aerogeneratori in esame, mentre nei paragrafi successivi si descrivono dettagliatamente gli inquadramenti tecnici dell'area di progetto.



Tabella 2.1: Coordinate aerogeneratori

WTG	UTM – ZONA 33T		GAUSS BOAGA	
	m Est	m Nord	m Est	m Nord
-				
B01	258554,27	4725906,30	2278557,78	4725918,27
B02	259424,84	4726046,41	2279428,36	4726058,39
B03	257321,30	4725122,06	2277324,78	4725134,03
B04	257488,51	4722531,26	2277491,99	4722543,17
B05	257972,74	4721670,68	2277976,22	4721682,58
B06	258957,58	4721720,94	2278961,08	4721732,84
B07	259339,23	4720541,16	2279342,74	4720553,04

2.1. Inquadramento geografico e cartografico

Il presente progetto è ubicato nella parte nord occidentale della regione Lazio al confine con la regione Umbria, più precisamente nel territorio comunale di Bagnoregio (VT), dove ricadono 5 aerogeneratori in esame e nel territorio di Lubriano dove ricadono i rimanenti 2 aerogeneratori. Quest’ultimo comune viene interessato solo marginalmente in quanto le torri si trovano praticamente sul confine con Bagnoregio.

Bagnoregio è un paese della Provincia di Viterbo nel territorio della Tuscia, posto a circa 30 Km dal Capoluogo di provincia, confinante a nord con il territorio comunale di Lubriano, ad est con il territorio di Castiglione in Teverina e Civitella d’Agliano, a sud con quelli di Celleno, Viterbo e Montefiascone e, infine, ad ovest con il comune di Bolsena. Il nucleo urbano è situato a circa 480 m s.l.m. presenta una superficie totale del territorio di circa 72.81 km², disposti in gran parte a ovest e sud dell’abitato. Le principali vie di accesso e comunicazione al territorio di Bagnoregio sono costituite dalla Strada Regionale SR71, dalle Strade Provinciali SP6, SP54 e SP55. All’interno del territorio comunale sono poi presenti numerose strade comunali, asfaltate e sterrate che uniscono le diverse frazioni.

Le opere necessarie per la realizzazione del parco eolico, si collocano oltre che nei territori di Bagnoregio e Lubriano (aerogeneratori, primo tratto di cavidotto, tratti di viabilità di accesso al sito), nei territori di Montefiascone, Celleno e Viterbo dove ricade il restante tratto di cavidotto e di viabilità di accesso alla stazione elettrica di connessione.

Dal punto di vista cartografico il territorio di Bagnoregio risulta inquadrabile come segue:

- Carta IGM in scala 1:100.000 foglio n° 137 VITERBO
- Carta IGM in scala 1:25.000 Foglio 137-IV NE “Bagnoregio”, Foglio 137-IV SE “Celleno”, Foglio 137-IV SO “Montefiascone”, Foglio 137-IV NO “Bolsena”.
- SEZIONI: 334090, 334100, 334110, 334130, 334140, 334150, 345010, 345020, 345030, 345050, 345060, 345070, 345090, 345100, 345110 della Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio in scala 1:10000.

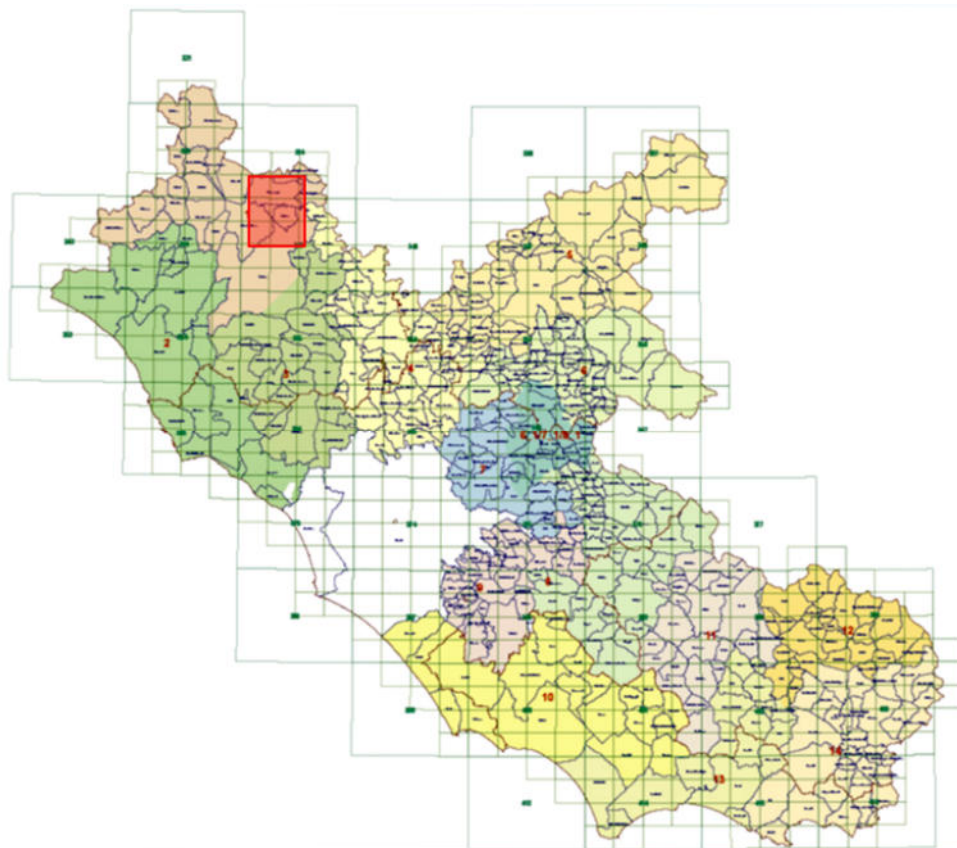


Figura 2.3 – quadro di unione C.T.R. Lazio

La Carta Tecnica Regionale CTR in scala 1:10.000, georiferita nel sistema Gauss Boaga, rappresenta la base cartografica su cui sono stati programmate e svolte le elaborazioni in fase progettuale. Inoltre sono state utilmente sfruttate le carte Ortofoto e le carte consultabili online da geoportale della Regione Lazio e Google Earth Pro.

2.2. Inquadramento urbanistico, paesaggistico e catastale

2.2.1. INQUADRAMENTO URBANISTICO

Le opere in progetto, come già illustrato, interessano aree territoriali di differenti amministrazioni comunali. L'area produttiva dell'impianto è collocata nei comuni di Bagnoregio e Lubriano mentre i territori di Montefiascone, Celleno e Viterbo vengono interessati esclusivamente dal cavidotto e dalla sottostazione elettrica.

Di seguito si riporta un estratto dei piani regolatori dei comuni di Bagnoregio, Lubriano e Viterbo mentre i PRG di piani regolatori dei Comuni di Montefiascone e Celleno non verranno analizzati in quanto interessati esclusivamente dalla posa del cavidotto di Media Tensione che risulta essere localizzato su sede stradale esistente.

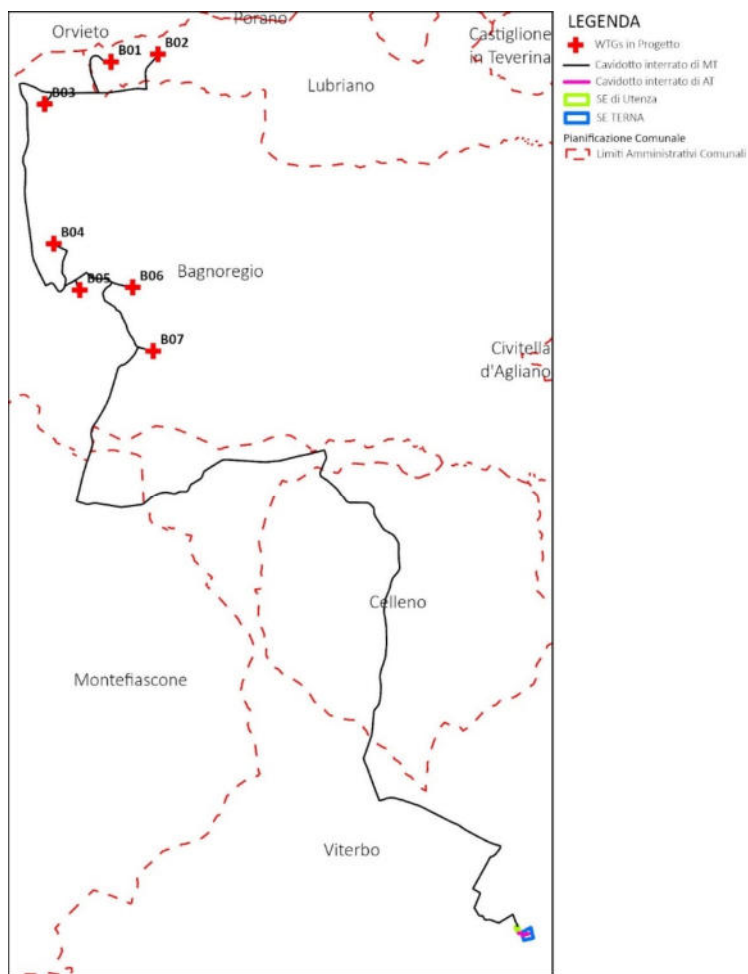


Figura 2.4: Comuni interessati dall'intervento

Piano Regolatore Generale di Lubriano

Il Piano Regolatore Generale del Comune di Lubriano è stato approvato con delibera di G.R n. 1825 del 23/3/1982. L'Attuale Variante Generale del P.R.G è stata approvata da Regione Lazio con delibera di G.R. n. 825 del 4/10/2005.

Si riporta di seguito uno stralcio Cartografico del Piano.

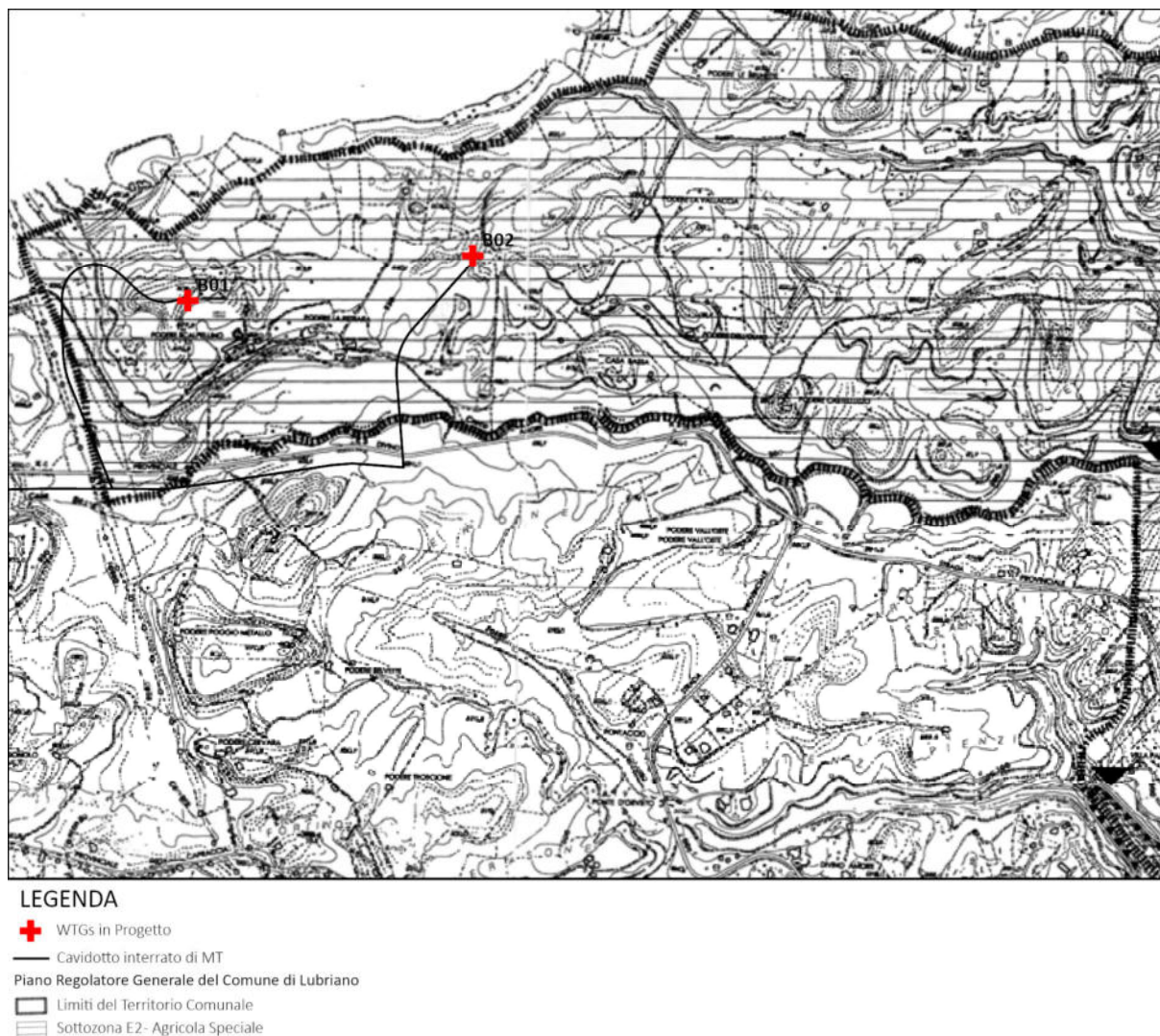


Figura 2.5: Piano Regolatore Generale di Lubriano – Stralcio Tav. 3 “Zonizzazione”7

Da Stralcio Cartografico sopra riportato si evidenzia che le WTGs B01 e B02, localizzate nel territorio comunale di Lubriano risultano essere localizzate in *Zottozona E2 – Agricola Speciale*.

L’articolo 9 del Piano *Zona E – Aree Produttive Agricole* indica che la zona riguarda tutte le parti del territorio comunale destinate all’attività zootecnica, agricola e silvo – pastorale, boschiva e alle attività comunque connesse con l’agricoltura, alla salvaguardia ambientale e alla difesa idrogeologica del territorio.

Nell’ambito della zona agricola lo svolgimento di qualsiasi attività (costruzione, trasformazione dei prodotti agricoli, allevamento) deve essere finalizzata, per quanto sostenibile, all’attuazione delle direttive della Comunità Economica Europea per la riforma dell’agricoltura di cui alle leggi n. 153/1975 e n. 352/1976, recepite nella Legge Regionale n. 63 del 27 Settembre 1978.

Per quanto riguarda eventuali edifici, presenti nel territorio agricolo, aventi valore monumentale, di pregio architettonico o di valore storico – architettonico, sono consentiti solo interventi di restauro e risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia, senza alterazione dei volumi e senza possibilità di demolizione e ricostruzione delle superfetazioni che possono essere demolite ma non ricostruite.

Il progetto in esame non comporterà interventi diretti su edifici di pregio artistico e architettonico, per questa motivazione l’intervento risulta essere compatibile con le previsioni del Piano.

Il Piano Comunale di Bagnoregio è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 6 del 14/03/2015.

Si riporta di seguito uno Stralcio Cartografico del Piano.

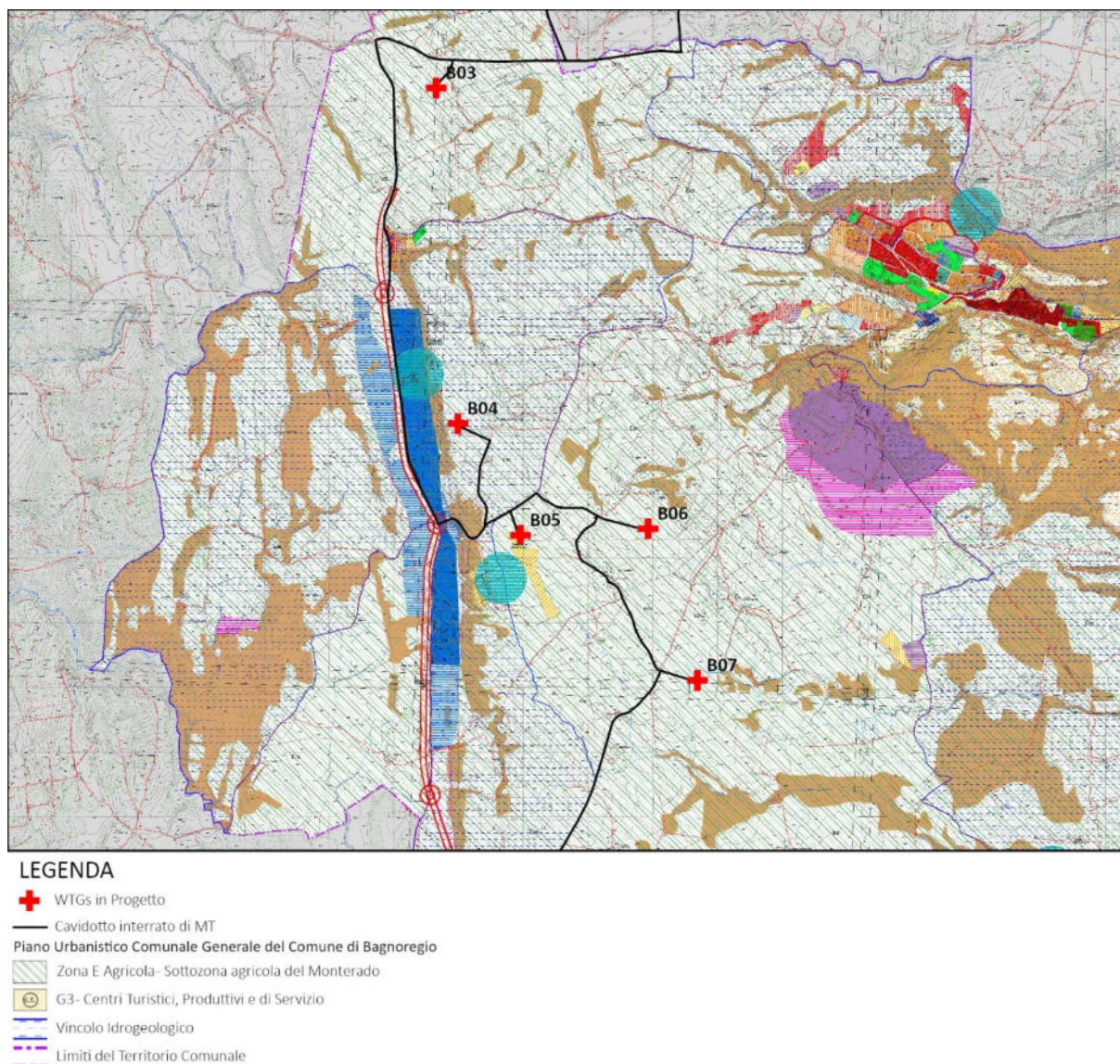


Figura 2.6: Piano Urbanistico Comunale Generale– Stralcio Tav. 2 “Zonizzazione”

Da Stralcio Cartografico soprariportato si evidenzia che:

- Le WTGs B03, B04, B06, B07 ricadono in Zona E Agricola, precisamente nella *Sottozona Agricola del Monterado*;
- La WTG B05 ricade nella Zona G3 *Centri Turistici, Produttivi e di Servizio*;
- La WTG B04 ricade nella perimetrazione del Vincolo Idrogeologico;

In merito a quanto sopra esposto si evidenzia che L’Articolo 35 del Piano definisce la “Sottozona Agricola Monterado” indicando:

- Caratteristiche: agricoltura di “monte” con produzione meno specializzata e tendente ad una dimensione aziendale sostanziosa;
- Trasformabilità: limitazione dei nuovi insediamenti con incentivazione al recupero dell’architettura rurale presente; mantenimento di una tipologia di agricoltura estesa e incline a produzioni volte ai “grandi numeri”.



Per quel che riguarda gli Aerogeneratori all'interno delle Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico, le Norme Tecniche di Attuazione del Piano indicano che ogni movimentazione di terreno dovrà preventivamente essere autorizzata dall'ente delegato.

In merito a quanto sopra riportato si evidenzia che nonostante la WTG sia localizzata all'interno della Perimetrazione del *Vincolo Idrogeologico* non si riscontra la presenza di Aree Boscate che possano essere intaccate dall'installazione dell'Aerogeneratore. In ogni caso il progetto sarà accompagnato da Relazione Geologica e Geotecnica.

In merito alla WTG ricadente all'interno della Perimetrazione della Zona G3 *Centri Turistici Produttivi e di Servizio* si evidenzia che la medesima ricade in Aree Agricole interne all'Area perimetrata dal Comune.

I cavidotti di connessione saranno realizzati lungo viabilità esistente e saranno interrati, al termine della posa è previsto il ripristino dello stato dei luoghi.

In riferimento a quanto sopra esposto si ritiene l'intervento compatibile con le previsioni del Piano.

Piano Regolatore Generale di Viterbo

Il Piano Regolatore generale di Viterbo è stato approvato con Delibera della Giunta Regionale n. 2877 del 11 Aprile 1989.

Se ne riporta di seguito uno stralcio Cartografico.

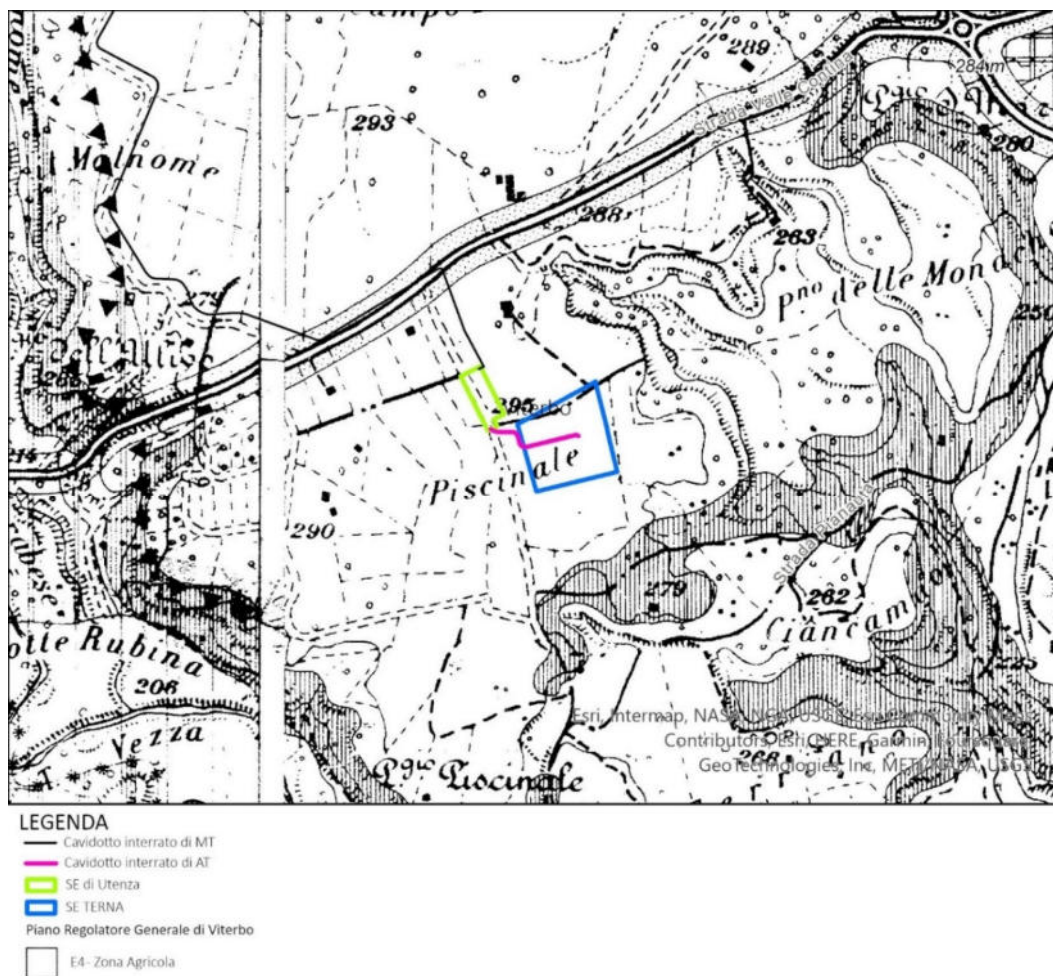


Figura 2.7: Piano Regolatore Generale– Stralcio Tav. E “Zonizzazione”

In riferimento allo Stralcio Cartografico sopra riportato si evidenzia che la Stazione Elettrica di Utenza, il Cavidotto interrato di Alta Tensione e la SE TERNA ricadono in *zona Agricola E*.



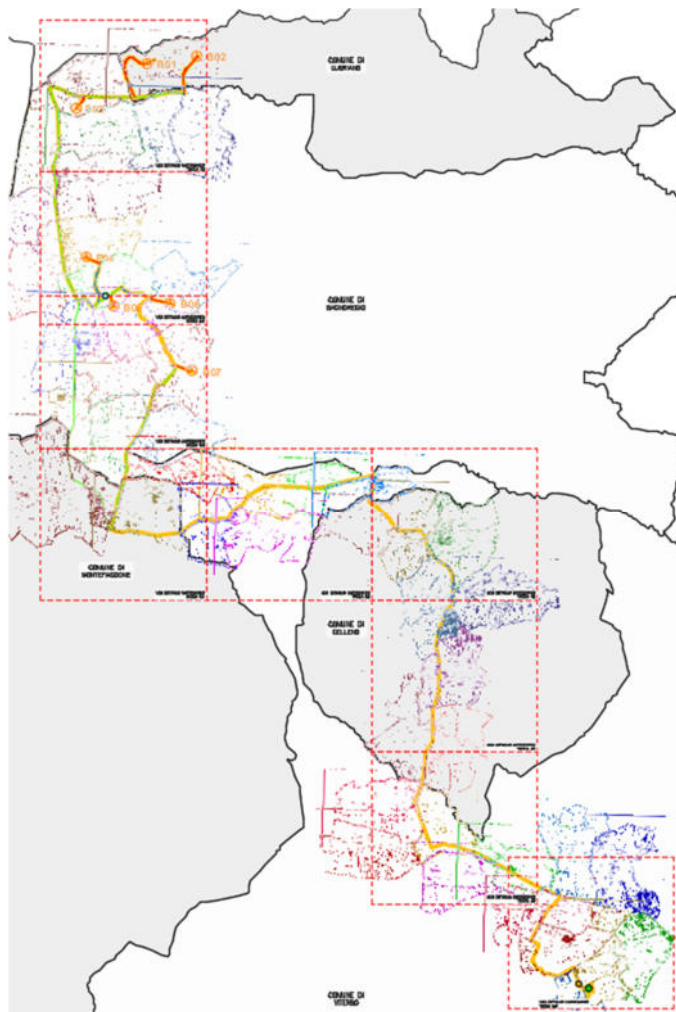
Il Piano all'Art. 11 *Zona E – Zona Agricola* indica che Tale zona comprende la parte di territorio comunale attualmente destinata all'agricoltura di diverse specie. Tale funzione si intende conservare in considerazione sia del carattere paesistico di tale zona, che nella coltura che vi si praticano.

In riferimento alla Sottozona E4 viene riportato che tale sottozona è destinata all'esercizio dell'attività agricola diretta o connessa all'agricoltura.

Il progetto risulta essere compatibile con le previsioni del Piano.

2.2.2. INQUADRAMENTO CATASTALE

Anche dal punto di vista catastale, le opere in progetto interessano aree territoriali di differenti amministrazioni comunali. L'area produttiva dell'impianto è totalmente collocata nei comuni di Bagnoregio e Lubriano mentre i territori comunali di Montefiascone, Celleno e Viterbo vengono interessati esclusivamente dal cavidotto e dalla sottostazione elettrica. Gli inquadramenti catastali relativi ai comuni interessati sono riportati negli elaborati grafici T04.1÷T04.9 "Planimetrie Catastali di dettaglio". Il collegamento tra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica seguirà interamente il tracciato delle strade pubbliche vicinali, comunali e statali esistenti e di brevi tratti realizzati ex novo. La realizzazione dei cavidotti interesserà aree e strade di proprietà pubblica (nello specifico comunali, provinciali, statali e ministeriali) e solo in alcuni tratti il cavidotto, benché sempre realizzati realmente all'interno della viabilità pubblica esistente; potrebbe interessare terreni intestati a privati cittadini poiché non vi è corrispondenza fra tracciati reali della viabilità e i tracciati degli stessi sulla cartografia ufficiale CTR e sulle mappe catastali. Si riporta di seguito un estratto della tavola di unione T03.

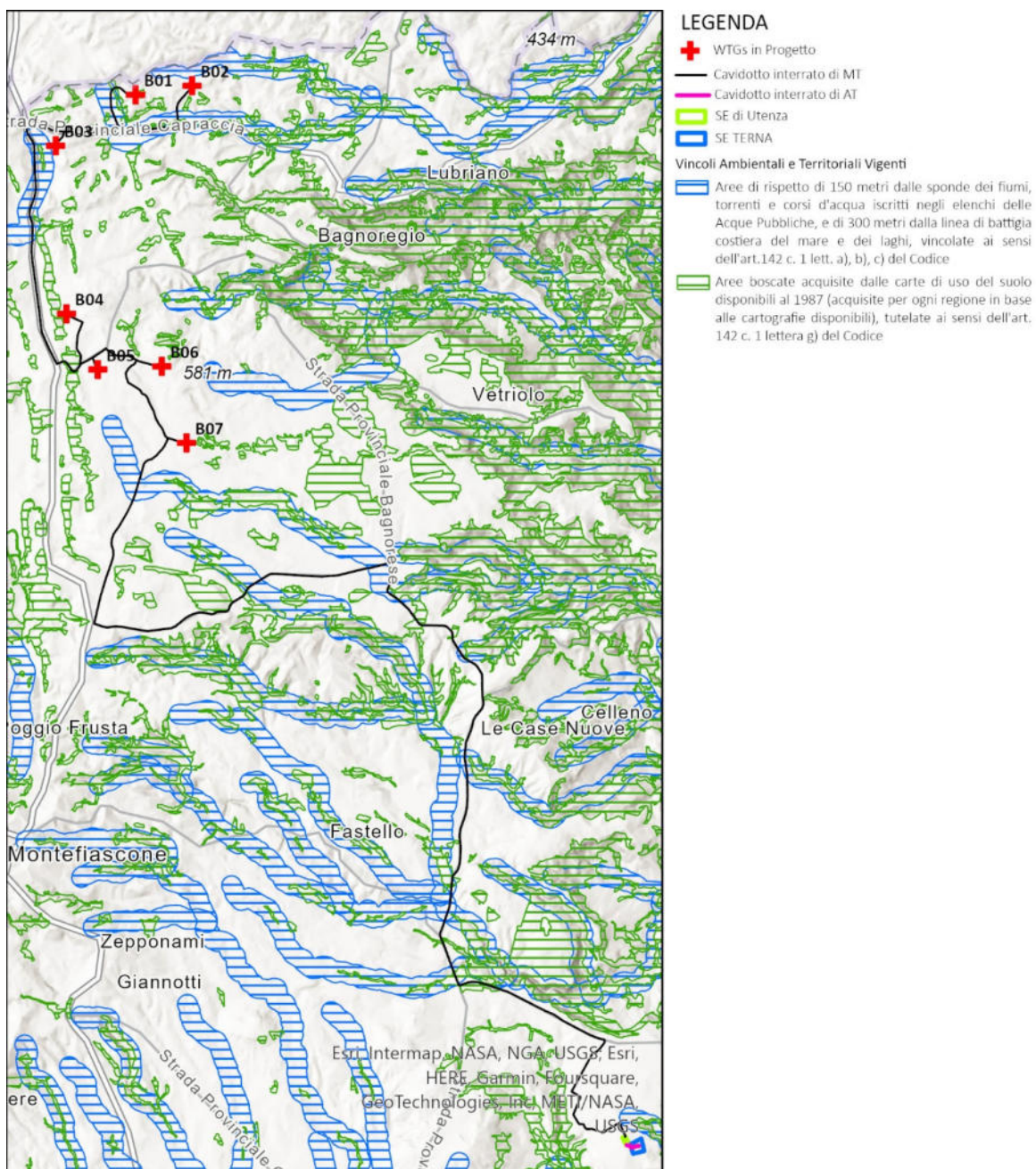




2.2.3. INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO

Da un punto di vista paesaggistico l’area del parco è stata inquadrata e analizzata sulla base dell’elaborato B del PTPR. Dal quale emerge che le torri eoliche non interessano aree vincolate ad eccezione di alcuni segmenti della viabilità di accesso alle piazzole che attraversano zone boschive e fasce di rispetto dei corsi d’acqua. Le stesse perimetrazioni sono attraversate anche dal cavidotto di Media Tensione sfruttando però la sede stradale esistente.

Nella seguente figura si riporta una carta riassuntiva dei vincoli analizzati.



Per una più completa e dettagliata analisi della vincolistica interessante l’area in esame si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale (2799_4680_R01_Rev0_SIA) e alla relazione Paesaggistica (2799_4680_R23_Rev0_Relazione paesaggistica).



2.3. Inquadramento morfologico e geologico

L'assetto geologico dell'area di intervento è stato ricostruito mediante rilevamenti di superficie eseguiti nella zona in esame e tramite il raffronto con i dati ricavati dalla Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, Foglio 137 "Viterbo". L'area oggetto di studio ricade nell'ambito dei depositi vulcanici originati dal Complesso vulcanico Vulsino, costituiti da tufi stratificati, lave e scorie che si susseguono nella serie stratigrafica le cui prime fasi si ebbero circa 576-500.000 anni fa.

La distribuzione delle alternanze di depositi vulcanici e lacustri indica come il lago abbia subito, nel corso della sua storia, profonde modificazioni legate alla complessa evoluzione del Distretto Vulsino. Le prime grandi eruzioni sono caratterizzate dall'emissione di non meno di 50 km³ di magma, successivamente si verificò una fase di intensa deposizione di scorie da attività di fontana di lava nella zona circumcalderica settentrionale (360-352.000 anni fa), cui seguirono alternanze di depositi ignimbrici, lave e depositi lacustri. Questo apparato è stato protagonista delle più imponenti ed estese manifestazioni vulcaniche della regione; durante la sua vita, lunga e complessa, si è avuta l'emissione di una grande varietà di prodotti vulcanici attestanti un'attività che iniziata nel Pleistocene, è durata fino a tempi molto recenti ed è tuttora in atto sotto forma idrotermale e solfatarica. L'apparato vulcanico Vulsino è un vasto stratovulcano, policentrico, costruito in più fasi da una sequenza di lave, piroclastiti di vario tipo, epiclastiti e sedimenti variamente compenetrati, di difficile correlazione stratigrafica. Il carattere policentrico del distretto vulcanico dei Vulsini, con la sua complessa stratigrafia derivante dalla compenetrazione di prodotti emessi nel tempo dai differenti centri di emissione distribuiti su una vasta area, ha uno stretto legame con l'evoluzione tettonica recente. Vari Autori hanno evidenziato alcuni elementi caratteristici di tali relazioni nel tentativo anche di chiarire le possibili implicazioni petrogenetiche per i prodotti vulcanici (LOCARDI et alii, 1975; NICOLETTI et alii, 1979-1980; VAREKAMP, 1979, 1980, 1981; METZELTIN & VEZZOLI, 1983; BARBERI et alii, 1984). Gli autori riportano che l'attività vulcanica è avvenuta tramite centri di emissione di tipo fessurale, da cui venivano emesse lave generalmente basaltiche, tefritico-fonolitiche e leucitiche oltre a prodotti piroclastici ed una serie di centri di emissione di tipo craterico (caldera di Bolsena), i cui prodotti erano di tipo eruttivo acido, prevalentemente piroclastici ed ignimbrici. La storia geologica dell'area (G. BUONASORTE ET ALII "Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina (Lazio – Umbria) Estratto da Boll. Soc. Geol. It., 107, 1998, 265-337, 38ff., 11tab., 1tav. n.t., 1 tav. f.t.), può essere così schematicamente riassunta. Nel Pliocene inferiore si sono verificati movimenti di sprofondamento a carattere regionale, con i quali è connessa una estesa ingressione marina che viene colmata da sedimenti prevalentemente argillosi. A tale sprofondamento si accompagnò l'attivazione o riattivazione di faglie dirette e la formazione di un sistema di depressioni tettoniche ed alti strutturali allungati in direzione NNO-SSE; seguì un sollevamento regionale che portò all'emersione, prima del bacino occidentale (Bacino di Radicofani) alla fine del Pliocene inferiore e successivamente del bacino orientale (Bacino del Tevere) nel Pliocene medio-superiore (BRANDI et al., 1970; BALDI et al., 1974). All'inizio dell'attività vulcanica, dunque, i principali elementi tettonico-strutturali erano già delineati e la situazione paleomorfologica vedeva le argille affioranti modellate dal nuovo ciclo erosivo che si era instaurato. Intorno a 1 milione di anni fa l'area vulsina inizia ad essere interessata da una intensa attività vulcanica, con manifestazioni sia effusive che esplosive che coinvolgono differenti centri di emissione e determinano la messa in posto di depositi differenziati ma comunque ricadenti in quelli della Provincia Magmatica Romana. La successione cronologica degli eventi che hanno portato alla messa in posto dei depositi vulcanici che costituiscono la struttura del bacino idrogeologico può essere così schematizzata:

- 0.8-0.6 Ma : inizio di una intensa attività piroclastica fessurale con messa in posto di depositi da caduta e marginalmente da flusso, con colate laviche tefritico leucitiche di aspetto basaltico (Prodotti Piroclastici di Base) . I diversi prodotti vulcanici di caduta, unitamente alle colate, si distribuiscono su una superficie con spessori variabili in relazione soprattutto alla paleomorfologia. Si forma così, in questa fase, una potente successione vulcano-sedimentaria, tipica dei livelli basali dell'intero complesso vulcanico ed ha inizio una forte subsidenza dell'area interessata dal vulcanismo;



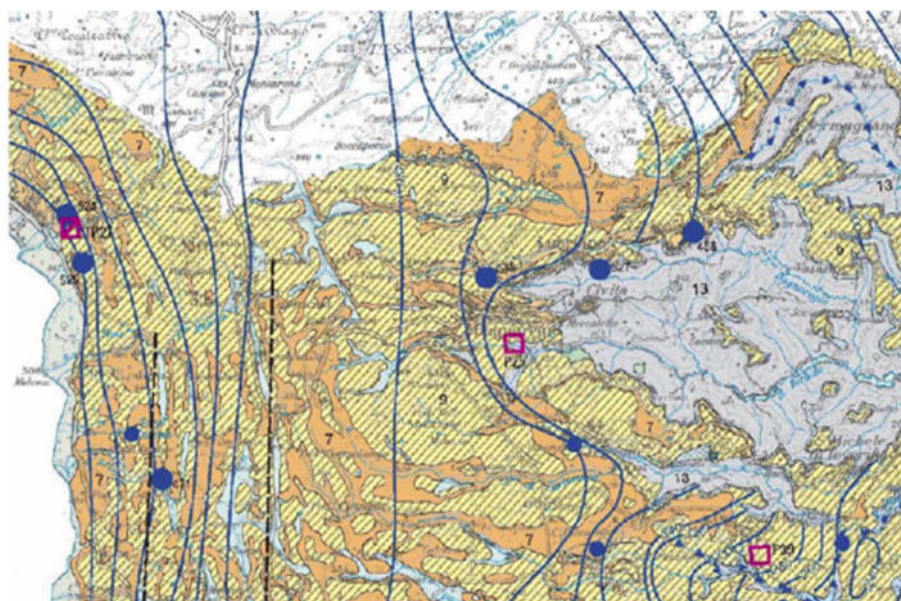
- 0,6 - 0,3 Ma : Prodotti di Attività Mista, essenzialmente effusiva costituite da colate di latiti, leucititi, tefriti, basaniti, fonoliti e trachiti talora accompagnate da prodotti piroclastici con locali intercalazioni lacustri (apparato policentrico di Bolsena e suoi centri periferici);
- 0,3 - 0,15 Ma : Prodotti Piroclastici Finali rappresentati da coltri ignimbriche e da depositi di caduta.

Sotto il punto di vista geomorfologico, la zona in esame si colloca ad una quota che va da 550 a 590 m slm, lungo un terrazzo morfologico inserito nell'ampia zona dell'altopiano vulsino. Sotto il punto di vista geomorfologico l'area di intervento, si pone nella porzione sommitale del plateau, è, quindi caratterizzata da forme molto addolcite su cui si riconoscono modeste inflessioni, in corrispondenza delle piccole incisioni delle aste idriche secondarie, che vengono a modellare solo in maniera estremamente blanda il paesaggio. Il paesaggio, nel complesso, è quello tipico dell'altopiano vulcanico dell'apparato Vulsino, caratterizzato da un andamento dolce, sia in termini di elevazione altimetrica che di pendenze, delle forme. I morfotipi prevalenti sono rappresentati da blande collinette, solitamente allungate in direzione delle antiche colate, separate da blandi compluvi in cui si imposta il locale reticolo idrografico che, talora, si sviluppa lungo le direzioni di contatto litologico. Considerate le favorevoli condizioni morfologiche, praticamente pianeggianti e vista per la notevole distanza rispetto al più prossimo corso d'acqua e tenuto conto delle caratteristiche di resistenza complessive dei materiali in presenza, non si rilevano elementi geomorfici evolutivi in grado di interferire con le strutture in oggetto, che vengono ad inserirsi in un'area stabile. Tutte le aree oggetto di intervento si pongono a distanza da elementi geomorfologici rilevanti e nel complesso non si denotano segni di squilibrio o elementi manifesti che possano far nutrire dubbi sulla sua stabilità d'insieme; questa situazione di sostanziale stabilità sarebbe ulteriormente confermata dalla presenza nel sottosuolo di litotipi dotati di buone caratteristiche di resistenza e dalla assenza di dinamiche erosive imputabili all'idrografia superficiale. Dall'analisi cartografica le pale BN5 e B02 ricadono all'interno del Bacino del Fiume Fiora mentre le altre all'interno del Bacino del Fiume Tevere. Ad ulteriore conferma della stabilità del territorio in oggetto, come riportato nella "Carta inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana" del P.A.I a scala 1:10.000, edita dall'Autorità di bacino del Fiume Tevere, per l'area in esame non vengono segnalati fenomeni di dissesto e processi morfogenetici di tipo evolutivo in atto e/o allo stato latente e dalla tavola 1.1.4 Arre Vulnerabili dal punto di vista Idrogeologico del P.T.P.G. della Provincia di Viterbo Assessorato ambiente e Pianificazione Territoriale. Pertanto, l'assetto morfologico generale dell'area, nonché le caratteristiche di resistenza dei terreni in presenza, evidenziano una sostanziale stabilità dell'area e, nel dettaglio dell'opera, i lavori non interferiranno con la stabilità dell'area.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geologia e Geotecnica di riferimento.

2.4. Inquadramento idrogeologico e idraulico

L'idrogeologia della zona è caratterizzata dalla presenza delle formazioni vulcaniche appartenenti al complesso vulcanico vulsino. La potenzialità dell'acquifero basale delle vulcaniti dipende oltre che dal generale afflusso proveniente dalle aree a monte, anche dalla paleomorfologia sepolta del basamento impermeabile sedimentario. Infatti, ove questo risulta più approfondito vi è un maggiore spessore di materiali vulcanici ed un maggiore spessore dell'acquifero. Dove invece, il basamento sedimentario forma delle zone di alto sepolte, lo spessore delle vulcaniti e quindi dell'acquifero tende a diminuire drasticamente, fino a volte, a scomparire.



- | | |
|----------|--|
| 1 | COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - potenzialità acquifera da bassa a medio alta
Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti, anche terrazzate e coperture di tufi e coltivate (OLOCENE). Spessore variabile da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. Dove il complesso è costituito dai depositi alluvionali dai corsi d'acqua perenni presenti gli spessori maggiori (da una decina ad oltre un centinaio di metri) e contiene falde multistrato di importanza regionale. I depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri, possono essere sede di falde locali di limitata estensione. |
| 2 | COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI - potenzialità acquifera medio alta
Detriti di falda e di pendio, depositi morenici, di conoidi e di frana e terre rosse (PLEISTOCENE – OLOCENE) con spessori variabili fino ad alcune decine di metri. Dove poggia su un substrato più permeabile non contiene falde significative, ma contribuisce alla ricarica delle falde del substrato. Dove è sovrastato da un substrato meno permeabile ospita falde sospese che alimentano sorgenti diffuse a regime generalmente stagionale. Le grandi conoidi possono contenere falde perenni alimentate da infiltrazione zonitale e, localmente, da apporti provenienti dagli acquiferi con cui sono in continuità idraulica. |
| 3 | COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI - potenzialità acquifera bassa
Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose antiche terrazzate, (PLEISTOCENE). L'eterogeneità granulometrica dei litipi di questo complesso favorisce la presenza di piccole falde sospese locali. |
| 4 | COMPLESSO DEI TRAVERTINI - potenzialità acquifera medio alta
Travertini antichi, recenti ed attuali, concrezioni travertinose intercalate a depositi alluvionali e lacustri (PLEISTOCENE - OLOCENE). Spessore variabile fino ad un massimo di un centinaio di metri. Dove affiora in estese placche isolate è sede di una circolazione idrica significativa che dà luogo a falde locali di buona produttività, dove si trova in continuità idraulica con gli acquiferi alluvionali e/o carbonatici regionali, la produttività della falda aumenta perché ben alimentata. |
| 5 | COMPLESSO DELLE SABBIE DUNARI - potenzialità acquifera medio alta
Sabbie dunari, depositi interdunari, depositi di spiaggia recenti e dune deliziose (PLEISTOCENE - OLOCENE). Spessore di alcune decine di metri. Il complesso è sede di una significativa circolazione idrica sotterranea che dà origine a falde continue ed estese la cui produttività è limitata dalla ridotta permeabilità delle sabbie. |
| 6 | COMPLESSO DEI DEPOSITI FLUVIO PALUSTRI E LACUSTRI - potenzialità acquifera bassa
Depositi prevalentemente limo - argillosi in facies palustre, lacustre e salinastre con locali intercalazioni ghiaiose e/o travertinose (PLEISTOCENE - OLOCENE). Spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa, la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali. Il complesso può assumere il ruolo di acquiclud confinando la circolazione idrica sotterranea dagli acquiferi carbonatici (Piana Pontina e di Cassino). |
| 7 | COMPLESSO DELLE LAVI, LACCOLITI E CONI DI SCORIE - potenzialità acquifera medio alta
Scorie generalmente sabbiate, lave e laccoliti (PLEISTOCENE). Spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri. Questo complesso contiene falde di importanza locale ad elevata produttività, ma di estensione limitata. |
| 8 | COMPLESSO DELLE POZZOLANE - potenzialità acquifera media
Depositi da colata prodatistica, generalmente massivi e cotti, prevalentemente litoidi. Nel complesso sono comprese le ignimbrite e tuffi (PLEISTOCENE). Spessore da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base da grandi acquiferi vulcanici regionali. |
| 9 | COMPLESSO DEI TUFFI STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE - potenzialità acquifera bassa
Tuffi stratificati, tuffi freatici, bronco prodatistico, pomice, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (PLEISTOCENE). I termini del complesso si presentano interdigiti tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo |

Figura 2.8 – Sezione tipo piste di accesso

L'acquifero locale sembra costruito da un'unica falda di notevole potenzialità che da rilevazioni effettuate nell'area si è riscontrato che il livello della falda di base, si pone ad una profondità dell'ordine di 50 m dal p.c. come confermato anche Tav. 034 della Carta delle Isopieze dello studio redatto a corredo del PTPG del territorio provinciale (Assessorato Ambiente settore Tutela delle Acque), essendo la quota del piano campagna media di circa 570 m slm e la falda posta circa 320 m slm, la soggiacenza della falda principale (profondità della superficie piezometrica misurata a partire del piano campagna) è di circa 50 m.

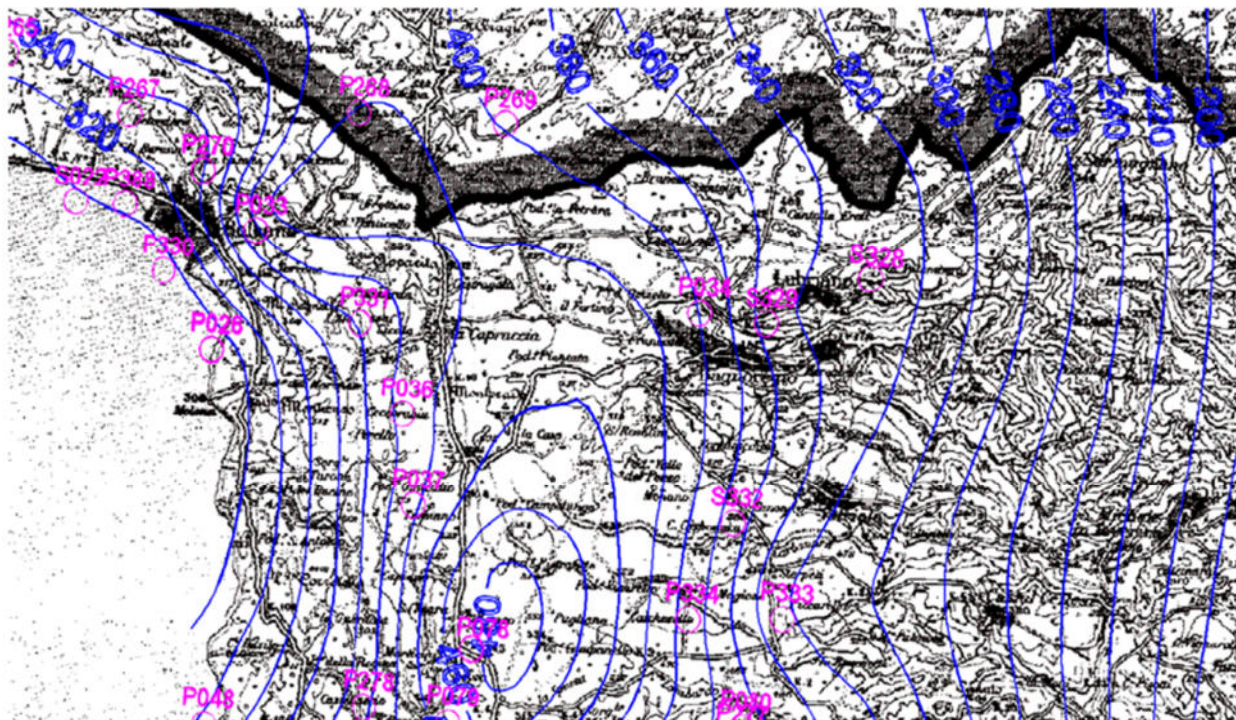


Figura 2.9 – Stralcio PAI – Tav. 034 della Carta delle Isoplezie

I litotipi affioranti nell'area in esame, presentano nel complesso caratteristiche di permeabilità per porosità e fatturazione medio-alta, l'andamento della falda freatica di base è omogeneo ed in direzione ovest - est. Nella "Carta della vulnerabilità degli acquiferi superficiale" Tav 041 dello studio redatto a corredo del PTPG del territorio provinciale (Assessorato Ambiente settore Tutela delle Acque), l'area ricade fra le aree ricomprese nelle classi con grado di vulnerabilità delle acque sotterranee da Media (M) ad Alta (A) con un tempo di arrivo da sei mesi ad un anno. La formazione sedimentaria al disotto delle vulcaniti funge da acquiclude.

Inoltre, in base alla modesta entità dell'intervento in progetto, si ritiene che esso non alteri le condizioni idrogeologiche attualmente in essere, e che esso abbia impatto pressoché nullo sull'equilibrio geomorfologico ed idrogeologico esistente.



3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il parco in esame sarà costituito da N° 7 aerogeneratori e sarà collegato alla rete elettrica nazionale. La connessione sarà garantita da un cavidotto interrato in media tensione (MT 30 kV) che si allaccerà alla Stazione Elettrica di condivisione MT/AT sita nel territorio comunale di Viterbo in località Piscinale - Frazione di Grotte S. Stefano. L'energia generata verrà poi immessa sulla rete AT a 150 kV mediante la nuova stazione elettrica di TERNA Piscinale ubicata in un'area limitrofa alla Stazione Elettrica di condivisione MT/AT.

Per determinare le soluzioni tecniche adottate nel progetto, si è fatta una valutazione ed una successiva comparazione dei costi economici, tecnologici e soprattutto ambientali che si devono affrontare in fase di progettazione, esecuzione e gestione del parco eolico.

Viste le diverse caratteristiche dell'area, la scelta è ricaduta su di un impianto caratterizzato da un'elevata potenza nominale in grado di ridurre, a parità di potenza da installare, i costi di trasporto, di costruzione e l'incidenza delle superfici effettive di occupazione dell'intervento. Nel caso in esame, la scelta è ricaduta su di un impianto costituito di macchine tripala della potenza nominale di 6.0 MW, che meglio rispondono alle esigenze progettuali.

La tipologia di turbina è stata scelta basandosi sul principio che turbine di grossa taglia minimizzano l'uso del territorio a parità di potenza installata; mentre l'impiego di macchine di piccola taglia richiederebbe un numero maggiore di dispositivi per raggiungere la medesima potenza, senza peraltro particolari benefici in termini di riduzione delle dimensioni di ogni singolo aerogeneratore.

La scelta dell'ubicazione dei vari aerogeneratori è stata fatta, per quanto possibile nelle vicinanze di strade, piste e carrarecce esistenti, con lo scopo di ridurre notevolmente la costruzione di nuove piste di accesso, minimizzando di conseguenza le lavorazioni per scavi e i riporti.

Nei seguenti paragrafi verranno descritte singolarmente le diverse lavorazioni e componenti che costituiscono il parco eolico.

3.1. Viabilità di accesso alle torri

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade Regionali, Provinciali, Comunali e poderali), mentre l'accesso alle singole pale avviene mediante strade di nuova realizzazione e/o su strade interpoderali esistenti, che saranno adeguate al trasporto di mezzi eccezionali.

In particolare il collegamento tra le diverse piazzole sfrutterà a nord la SP54 (B01, B02 e B03), al centro la SP130 (B04, B05 e B06) ed a sud la via Montefiascone del comune di Bagnoregio (B07). Tutte le strade sopra menzionate confluiscono sulla strada regionale SR71 che costituisce la principale via di accesso al parco. Laddove necessario tali strade saranno solo localmente adeguate al trasporto delle componenti degli aerogeneratori.

Dove necessario tali strade saranno adeguate al trasporto delle componenti degli aerogeneratori.

Negli elaborati grafici allegati e redatti per ciascun aerogeneratore, sono illustrati i percorsi per il raggiungimento degli aerogeneratori, sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio. Come illustrato nelle planimetrie di progetto, saranno anche realizzati opportuni allargamenti degli incroci stradali per consentire la corretta manovra dei trasporti eccezionali. Detti allargamenti saranno rimossi o ridotti, successivamente alla fase di cantiere, costituendo delle aree di "occupazione temporanea" necessarie appunto solo nella fase realizzativa. Per il tracciamento delle piste di accesso ci si è attenuti alle specifiche tecniche del produttore delle turbine che impongono raggi di curvatura, raccordi altimetrici e pendenze. Nelle seguenti figure si riportano alcuni dei parametri richiesti mentre allegato alla presente relazione si riporta il documento tecnico del produttore (D2165151-006 SGRE ON SG 6.0-170 - Generic Site Roads and Hardstands requirements).



	Longitudinal Gradients (%)				Transversal Gradients (%)	
	Maximum		Minimums		Maximum	Minimum
	Straight section	Curved section	Straight section	Curved section	Straight/curved section	Straight/curved section
A. Wind farm access road and internal wind farm road	>10 and ≤13 without concreting if gradient < 200 m. ⁽¹⁾ >10 and ≤13 improved concreting or paving if gradient > 200 m. ⁽¹⁾ >13 and ≤15 improved concreting or paving + 6x6 tractor unit >15 need for towing study	Up to 7 without concreting ⁽¹⁾ >7 and ≤10 improved concreting or paving ⁽¹⁾ >10 need for towing study	0.50	0.50	2	0.20
B. Access and internal roads reverse driving	≤ 3 up to a max. of 1000 m without concreting. ≥3 and ≤5 max. 1000m improved concreting or paving	<2 up to max. 500 m without concreting. ≥2 and ≤3 max. 500 m improved concreting or paving	0.50	0.50	2	0.20
(1) SGRE standard values are ≤13 % for longitudinal gradients and <10 % for curved sections. (2) Improved paving: Roadbed with friction coefficient of at least 0.35						

La sezione stradale avrà larghezza carrabile di 5,00 m, dette dimensioni sono necessarie per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto delle componenti dell'aerogeneratore eolico.

Il corpo stradale sarà realizzato secondo le seguenti modalità:

- Scotico terreno vegetale
- Scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa
- Compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti
- 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.
- Posa del Cassonetto stradale in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm
- Posa dello Strato di finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm.

Per un tratto di circa 100 m della pista di accesso alla piazzola B01 si è reso necessario l'utilizzo di una pendenza pari al 20%, pertanto come prescritto nella tabella soprariportata, dovrà essere previsto uno strato di finitura migliorato con l'ausilio di cemento o asfalto e si dovranno utilizzare dei mezzi di trazione aggiuntivi. Tale tratto sarà oggetto di specifica progettazione in fase esecutiva.

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

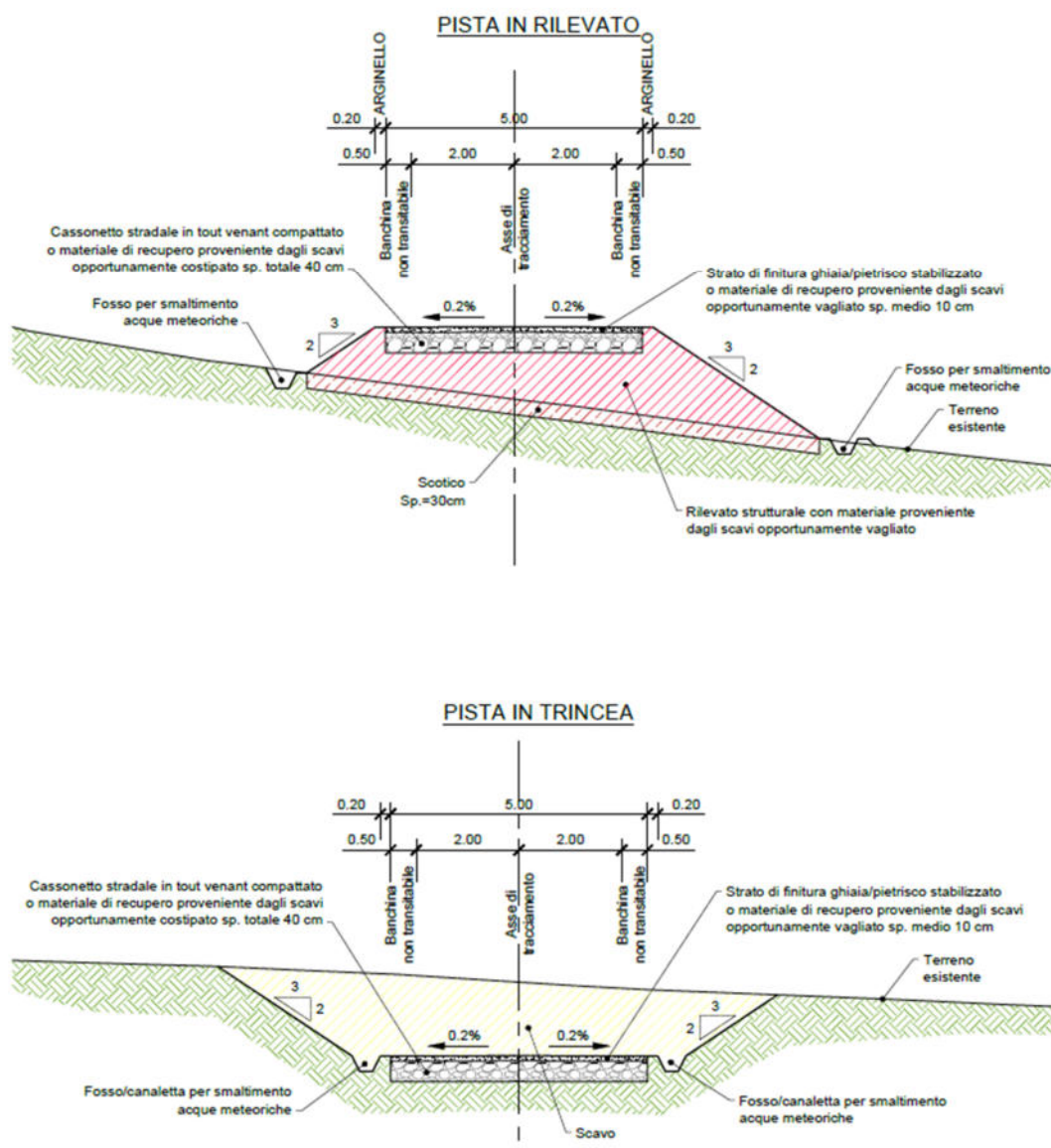


Figura 3.1 – Sezione tipo piste di accesso

Per la viabilità esistente (strade regionali, provinciali, comunali e poderali), ove fosse necessario ripristinare il pacchetto stradale per garantire la portanza minima o allargare la sezione stradale per adeguarla a quella di progetto, si eseguiranno le modalità costruttive in precedenza previste.

3.2. 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 della gru ausiliaria. Tenuto conto delle dimensioni del generatore, 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 due 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 due tipologie di piazzole entrambe previste negli elaborati tecnici del produttore degli aerogeneratori:

- Una piazzola per un montaggio in due fasi, denominata “Partial storage” dove verranno utilizzate due tipologie di gru e verranno stoccati i diversi componenti due tempi
- Una piazzola per un montaggio denominato “just in time” in cui verranno stoccati solamente le pale e gli elementi meccanici (navicella, rotore, etc.) lasciando esclusi i componenti cilindrici del fusto della torre che verranno scaricati dai rimorchi ed immediatamente eretti.

Nelle seguenti figure si riportano degli schemi tipologici.

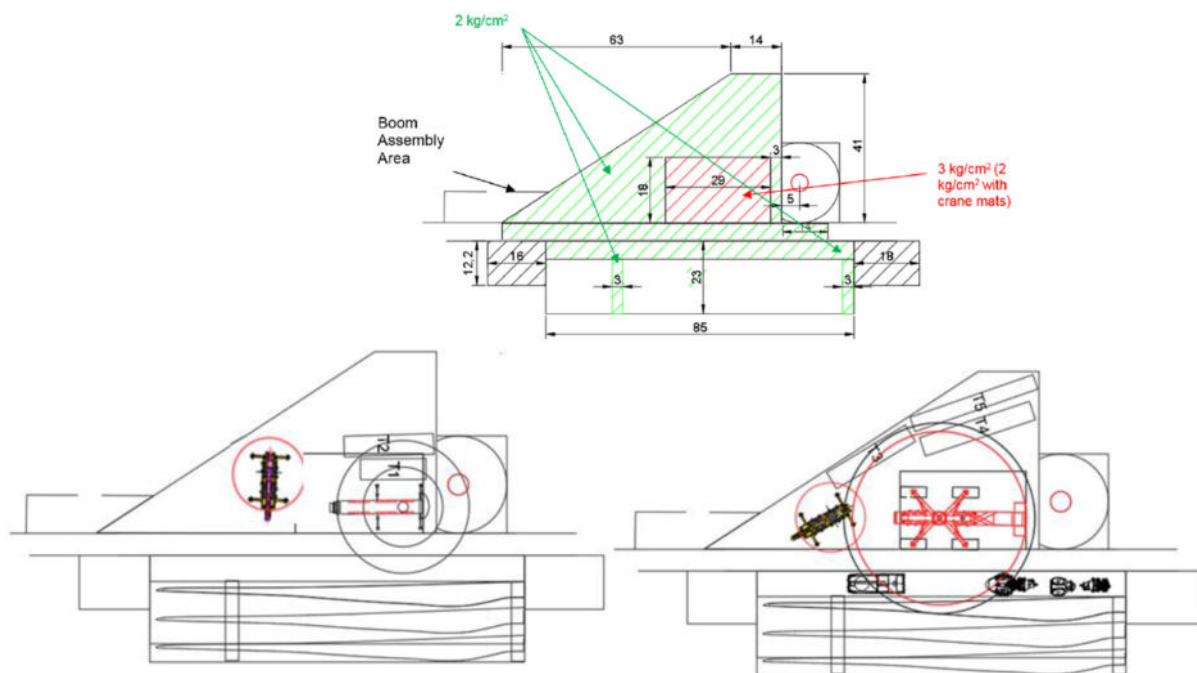


Figura 3.2 – tipologico per il sistema di montaggio “Partial storage”

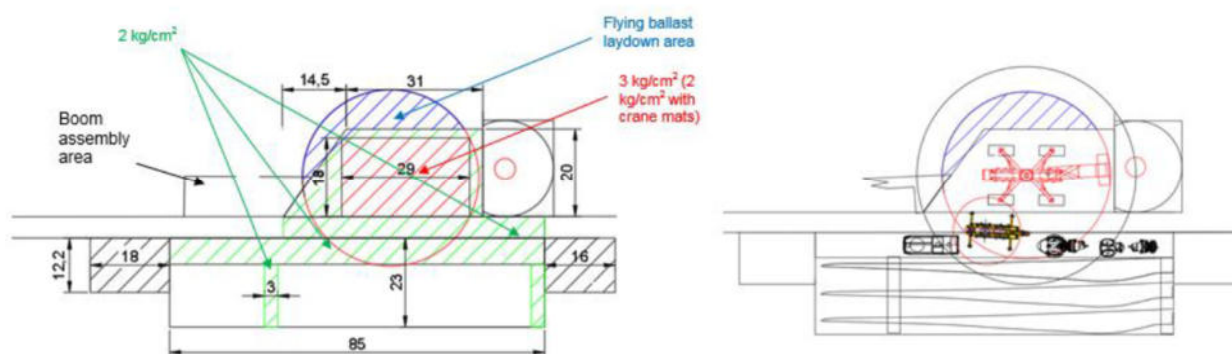


Figura 3.3 – tipologico per il sistema di montaggio “just in time”

Per la realizzazione delle piazzole si procede in modo analogo a quello sopra descritto per le strade:

- g) Scotico terreno vegetale
- h) Scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa
- i) Compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti
- j) 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.



- k) Posa di uno strato di fondazione in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm
- l) 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.

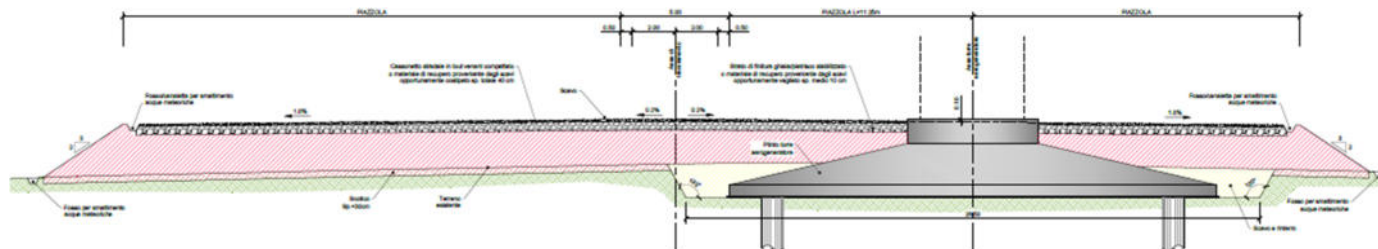


Figura 3.4 – Sezione tipo piazzole

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 rimanti 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.

Per più precise informazioni sulle geometrie e dimensioni delle piazzole si rimanda all'elaborato grafico "2799_4680_T14_Rev0_Tipologici piazzole".

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.

3.3. Area di cantiere temporanea

È prevista la realizzazione di un'area di cantiere dove si svolgeranno le attività logistiche di gestione dei lavori e dove verranno stoccati i materiali e le componenti da installare oltre al ricovero dei mezzi. Le aree di cantiere saranno divise tra l'appaltatore delle opere civili ed elettriche e il fornitore degli aerogeneratori. Ogni area di cantiere avrà una superficie di circa 4500mq e sarà realizzata mediante la pulizia e lo spianamento del terreno e verrà finita con stabilizzato. L'area si trova in posizione baricentrica rispetto all'impianto ed in prossimità della piazzola B05.



Al termine dei lavori di realizzazione del parco eolico, le piazzole di stoccaggio, le aree per il montaggio del braccio gru e le aree di cantiere saranno dismesse prevedendo la rinaturalizzazione delle aree e il ripristino allo stato ante operam.

3.4. Plinti di Fondazione

I plinti di fondazione in calcestruzzo armato hanno la funzione di scaricare sul terreno il peso proprio e quello del carico di vento dell’impianto di energia eolica. Ad opera ultimata la fondazione risulterà totalmente interrata con materiale di cava o terra di riporto proveniente dagli scavi opportunamente rullata e compattata se ritenuta idonea, sulla superficie della terra verrà disposto uno strato di ghiaietto che ne permetterà il drenaggio superficiale e quindi la carrabilità. Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo avente classe di resistenza variabile, C35/45 per il getto della prima fase e C45/55 per il getto della seconda (sopralzo), come indicato nella relazione di calcolo preliminare e negli elaborati di progetto (vedi tav. 2799_4680_T15_Rev0_Schema tipo delle strutture di fondazione). Il getto della fondazione verrà realizzato su uno strato di magrone di pulizia con classe di resistenza C12/15 dello spessore minimo di 10 cm. Le armature saranno costituite da acciaio ad aderenza migliorata B450C.

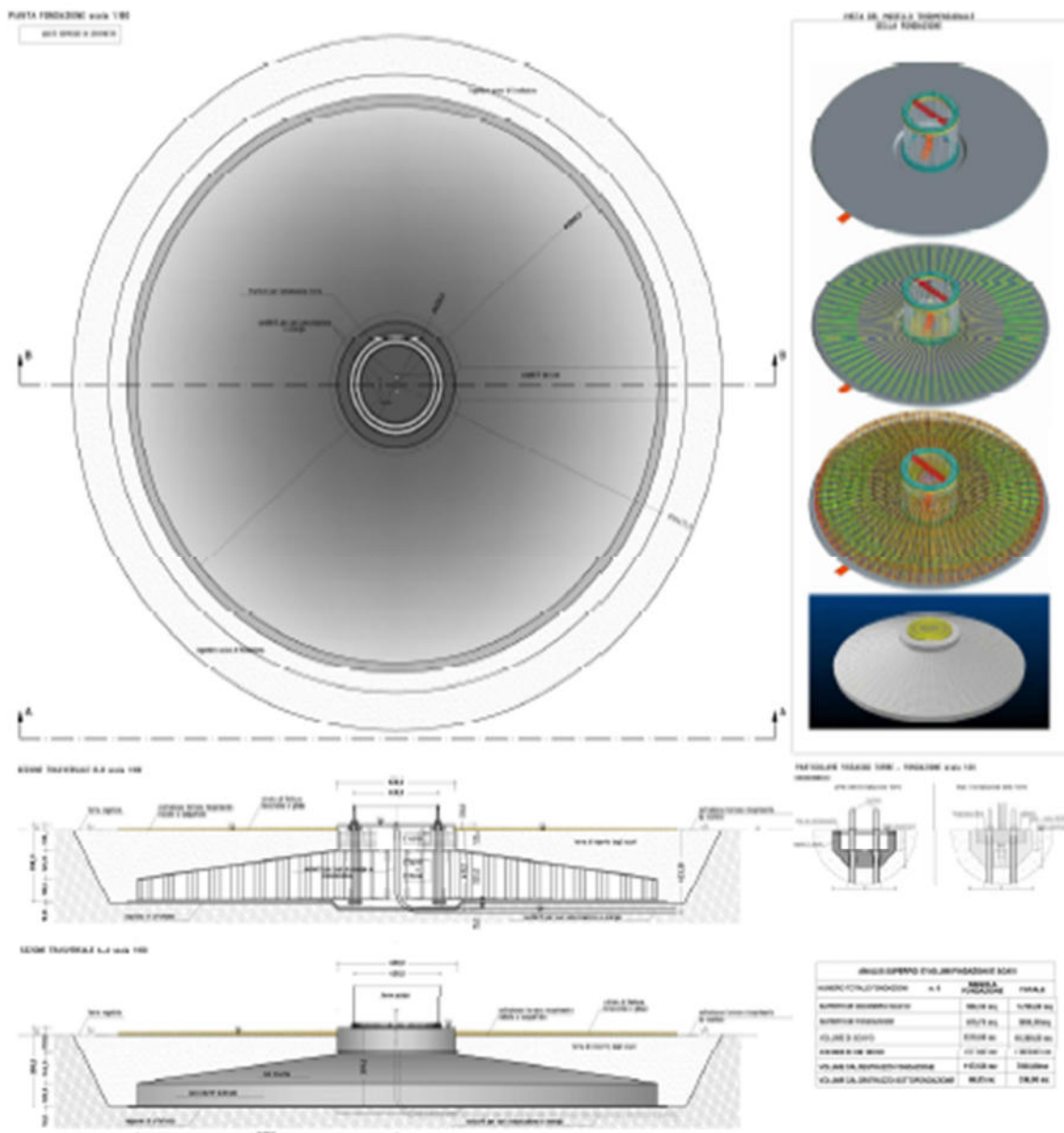


Figura 3.5 – Pianta e sezione tipo fondazioni



In questa fase di Progetto è stato previsto 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. Il colletto terminale alto 1,10 m permetterà oltre che di garantire la sporgenza da terra di 13 cm, anche di mantenere il grosso della fondazione interrato di 1 m sotto il piano di campagna. Tale geometria consentirà, a fine vita in fase di dismissione, con semplici e minime operazioni di demolizione del solo sopralzo, di ottenere, come richiesto dalla normativa, un interrimento di almeno un metro della fondazione residua. Per la realizzazione del plinto di fondazione sarà effettuato uno scavo di profondità pari a 3,50 m rispetto al piano di campagna finito, accresciuto nella parte centrale di ulteriori 36 cm. La superficie di ingombro della fondazione è pari a circa 380 mq. Per il dimensionamento si è stato ipotizzato un aerogeneratore della potenza di 6.0 MW avente un'altezza massima del mozzo di 115 m dal piano di campagna e un diametro massimo del rotore di 170 m.

Il plinto sopra descritto poggerà su 12 pali trivellati in c.a. con classe di resistenza C25/30 del diametro nominale di 1000mm e lunghezza pari a 25 m. L'ancoraggio della torre alla fondazione garantirà la trasmissione sia delle forze che dei momenti agenti lungo tutte e tre le direzioni del sistema di riferimento adottato. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo preliminare e agli elaborati grafici di riferimento.

Tutti i calcoli eseguiti e la relativa scelta dei materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche sostanziali per garantire i necessari livelli di sicurezza o per rendersi consoni a modifiche subite nei tempi dell'iter autorizzativo.

Pertanto, quanto riportato nel presente progetto, potrà subire variazioni in fase di progettazione esecutiva, fermo restando le dimensioni di massima del sistema fondazionale.

Nella seguente immagine si riportano alcuni esempi delle fasi di costruzione dei plinti.



Realizzazione pali trivellati



scavo



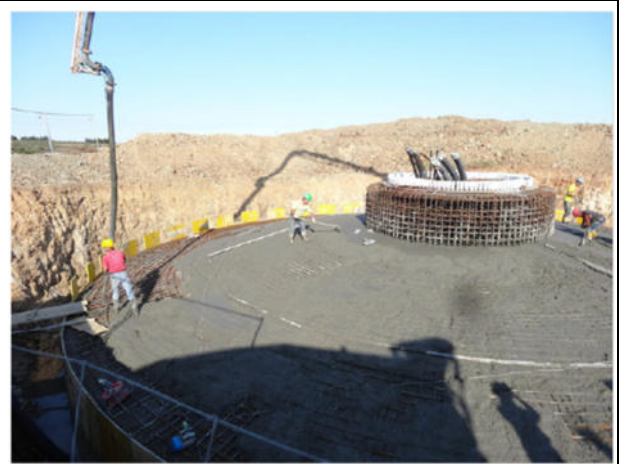
Scapitozzatura dei pali



Getto magrone di pulizia



Posa ferri e cassetta



Fasi di getto



Parziale rinterro



Plinto ultimato

Nella fondazione verranno alloggiate anche le tubazioni in pvc corrugato per i cavidotti e le corde di rame per i collegamenti della messa terra. Alla fine delle lavorazioni i basamenti dovranno risultare totalmente interrati e l'unica parte che dovrà emergere, per circa 13 cm, sarà il colletto in calcestruzzo che ingloba la ghiera superiore, alla quale andrà fissato il primo elemento tubolare della torre.

3.5. Aerogeneratori

Un aerogeneratore ha la funzione di convertire l'energia cinetica del vento prima in energia meccanica e successivamente in energia elettrica.

Sostanzialmente un aerogeneratore è così composto:

- Un rotore, nel caso in esame a tre pale, per intercettare il vento
- Una "navicella" in cui sono alloggiati tutte le apparecchiature per la produzione di energia
- Un fusto o torre che ha il compito di sostenere gli elementi sopra descritti (navicella e rotore) posizionandoli alla quota prescelta in fase di progettazione

In questa fase progettuale l'aerogeneratore scelto è un Siemens-Gamesa della potenza nominale di 6.0 MW ad asse orizzontale. In fase esecutiva, in funzione anche della probabile evoluzione dei macchinari, la scelta dell'aerogeneratore potrà variare mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche massime.

Di seguito si riporta uno schema grafico dell'aerogeneratore e della navicella.

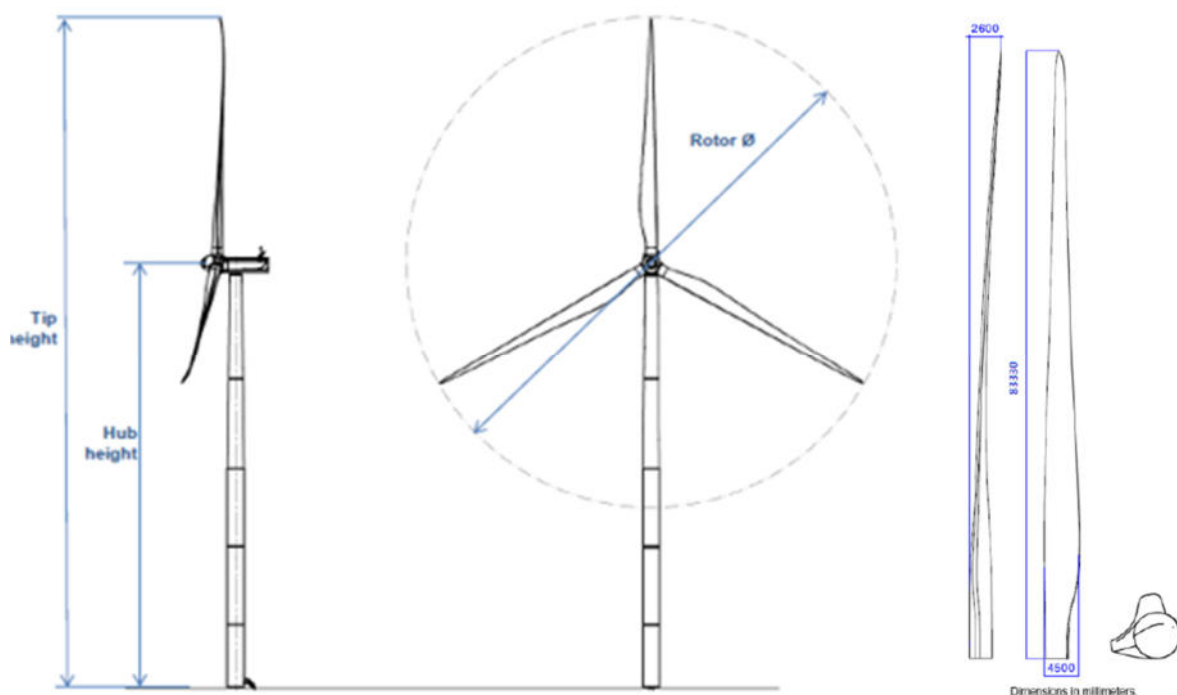


Figura 3.6 - Struttura aerogeneratore

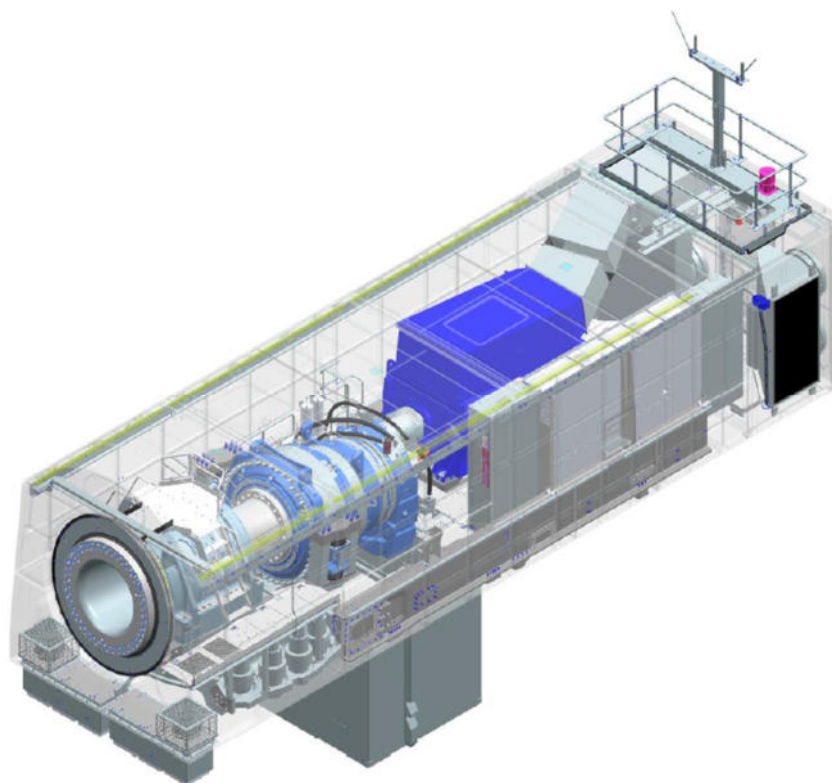


Figura 3.7 - Struttura navicella

All'interno della navicella sono alloggiati l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico ed i dispositivi ausiliari. All'estremità dell'albero lento, corrispondente all'estremo anteriore della navicella, è fissato il rotore costituito da un mozzo sul quale sono montate le pale, costituite in fibra di vetro rinforzata. La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata); inoltre è dotata di un sistema di controllo del passo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di energia al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza invece di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di energia scegliendo la combinazione ottimale tra velocità del rotore e angolo di orientamento delle pale in modo da avere massimo rendimento. Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da un'unità a microprocessore.

Da un punto di vista elettrico schematicamente l'aerogeneratore è composto da:

- generatore elettrico;
- interruttore di macchina BT;
- trasformatore di potenza MT/BT;
- cavo MT di potenza;
- quadro elettrico di protezione MT;
- servizi ausiliari;
- rete di terra.

Il generatore produce corrente elettrica in bassa tensione (BT) che viene innalzata a 30 kV (MT) da un trasformatore posto internamente alla navicella.

Infine, gli aerogeneratori saranno equipaggiati con un sistema di segnalazione notturna con luce rossa intermittente posizionato sulla sommità posteriore navicella dell'aerogeneratore, mentre la segnalazione diurna verrà garantita da una verniciatura della parte estrema delle pale con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m. L'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) potrà fornire eventuali



prescrizioni concernenti la colorazione delle strutture o la segnaletica luminosa, diverse o in aggiunta rispetto a quelle precedentemente descritte.

3.6. Cavidotti

Il tracciato di connessione delle diverse torri del campo eolico con la rete nazionale è riportato nei diversi elaborati di inquadramento dell'opera (ortofoto, carta IGM, carta CTR) e negli elaborati specifici "2799_4680_T18_Rev0_Planimetria Interferenze Cavidotto" e "2799_4680_T16_Rev0_Schema tipo scavi cavidotti".

Il collegamento sarà realizzato mediante linee interrate. La realizzazione del cavidotto di collegamento degli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione avverrà lungo tracciati stradali esistenti o nuovi tratti in progetto. Oltre alle piste di nuova realizzazione che uniscono le varie piazzole con le strade pubbliche esistenti, si dovranno quindi percorrere tratti delle strade interne al parco e tratti di strade per raggiungere la Stazione Elettrica di condivisione MT/AT.

Per il collegamento dei 7 aerogeneratori e per la connessione alla SSE sarà necessario realizzare circa 34 km m di cavidotti interrati con una profondità minima di 1,10 m e una larghezza variabile tra 90 e 200 cm. Lo scavo ospiterà, da 1 a 4 terne composte ciascuna da n° 3 cavi tipo ARG7H1RNR 18/30 kV e 1 tubo in PEAD dal diametro di 250 mm per la rete di controllo degli aerogeneratori.

Salvo particolari impedimenti, lo scavo del cavidotto verrà realizzato ad una delle estremità della sede stradale.

Di seguito si riassumono le principali fasi esecutive:

- apertura dello scavo a sezione obbligata (profondità minima dello scavo di 1,10 m e larghezza variabile fra 90 e 200 cm a seconda del numero di terne posizionate all'interno);
- stesura di un primo strato di sabbia (circa 20 cm);
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- stesura di un secondo strato di sabbia vagliata (circa 10 cm);
- posa di protezione meccanica realizzata con strato di magrone dello spessore di 10 cm;
- rinterro parziale con materiale proveniente dagli scavi con inframezzato nastri segnalatori;
- posa del pacchetto di rifinitura in funzione della tipologia della superficie;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.

Nei tratti di cavidotto che interconnettono gli aerogeneratori lo scavo dovrà contenere, oltre a quanto già descritto, anche una corda in rame nuda da 70 mm² per tutta la sua lunghezza, collegata all'anello della rete di terra di ciascuna torre presente nel parco.

Per maggiori e più precise informazioni si rimanda alle relazioni e agli elaborati grafici specifici.

3.7. Sistema di connessione

In base alla soluzione di connessione del gestore della rete (STMG TERNA/P20220030423 del 08/04/2022), l'impianto sarà collegato, mediante una stazione elettrica di condivisione MT/AT, in antenna a 150 kV con la nuova stazione di Terna S.p.A. da realizzare nel Comune di Viterbo in località Piscinale. La connessione in antenna avverrà mediante raccordo in cavo aereo AT tra lo stallo in sottostazione MT/AT e lo stallo di arrivo in stazione RTN.

Come da richieste del gestore, per l'ottimizzazione dell'uso delle infrastrutture di rete, lo stallo di arrivo Terna sarà condiviso tra diversi Produttori così come la stazione elettrica di condivisione MT/AT.

La sottostazione MT/AT di condivisione comprenderà un montante AT, che sarà principalmente costituito da due stalli trasformatore 150/30 kV, e da una terna di sbarre e uno stallo linea (questi ultimi due elementi costituiranno parte comune ai produttori che condividono la sottostazione).

In ottemperanza alle indicazioni TERNA la sottostazione prevedrà anche l'aggiunta di ulteriori due stalli produttore per un eventuale nuovo utente futuro per un totale di quattro stalli complessivi. Tutti gli stalli previsti saranno indipendenti ed avranno un proprio accesso. Inoltre, sarà prevista una zona



comune all'interno della quale sarà installato lo stallo di linea per la connessione alla RTN dei produttori.

Per il collegamento degli aerogeneratori alla sottostazione utente è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Cavidotto MT, composto da 4 linee provenienti ciascuna da un sottocampo del parco eolico, esercito a 30 kV, per il collegamento elettrico degli aerogeneratori con la suddetta sottostazione di trasformazione AT/MT. I cavidotti saranno installati all'interno di scavi in trincea (vedi paragrafo precedente) principalmente lungo la viabilità esistente e lungo le piste di nuova realizzazione a servizio del parco eolico.
- Rete di monitoraggio in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

Partendo dalle condizioni al contorno indicate, si sono studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico con l'obiettivo di rendere funzionale e flessibile l'intero parco eolico, gli aerogeneratori sono stati collegati con soluzione "entra-esce" raggruppandoli anche in funzione del percorso dell'elettrodotto, contenendo le perdite ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi stessi.

I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici, potranno essere meglio definiti in fase costruttiva.

All'atto dell'esecuzione dei lavori, i percorsi delle linee elettriche saranno accuratamente verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture, altri impianti ed effetti di qualunque genere;
- evitare curve inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa o infilaggio del cavo;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.

La rete elettrica a 30 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla sottostazione. Si possono pertanto identificare due sezioni della rete in MT:

- la rete di raccolta dell'energia prodotta suddivisa in 4 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri MT delle torri in configurazione entra/esce;
- le reti di vettoriamento che collegano l'ultimo aerogeneratore del sottocampo alla sottostazione di trasformazione MT/AT.

Ciascuna delle suddette linee provvede, con un percorso interrato, al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, punto di partenza della linea elettrica di vettoriamento alla sottostazione di trasformazione MT/AT.

Il percorso di ciascuna linea della rete di raccolta è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;
- migliore condizione di posa (ossia, in presenza di forti dislivelli tra i due lati della strada, contenendo, comunque, il numero di attraversamenti, si è cercato di evitare la posa dei cavi elettrici dal lato più soggetto a frane e smottamenti).

Per le reti MT non è previsto alcun passaggio aereo.



4. FASI ESECUTIVE

Terminato l’iter autorizzativo si potrà procedere alla realizzazione del progetto che può essere schematizzata come segue:

- Progettazione Esecutiva delle opere Civili, Strutturali e degli impianti Elettrici e Meccanici
- Definizione delle proprietà ed acquisizione delle aree (in modo temporaneo o definitivo in base agli accordi)
- Preparazione delle aree di cantiere con l’attribuzione degli spazi destinati a ciascuna figura professionale coinvolta
- Tracciamento e realizzazione della viabilità di servizio con i relativi scavi e riporti
- Tracciamento delle piazzole di servizio per la costruzione di ciascun aerogeneratore con i relativi scavi e riporti
- Realizzazione delle opere di fondazione (pali e plinti)
- Realizzazione dei cavidotti
- Montaggio delle torri
- Posa in opera dei quadri elettrici, dei sistemi di controllo ausiliari e collegamenti degli stessi
- Realizzazione delle opere edili/civili nella stazione MT/AT
- Allacciamento delle diverse linee del parco
- Avviamento e collaudo del parco
- Dismissione del cantiere
- Realizzazione opere di ripristino ed eventuali opere di mitigazione.

Per quanto sopra descritto si ipotizza siano necessari circa 14 mesi di lavoro.

mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
rilevi, indagini in sito e prove di laboratorio	█	█												
progettazione esecutiva	█	█	█	█										
cantierizzazione			█											
adeguamenti strade esistenti			█	█										
realizzazione piste e piazzole			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
realizzazione pali di fondazione					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
scavi e realizzazione plinti di fondazione						█	█	█	█	█	█	█	█	█
trasporto, preparazione e montaggio torri								█	█	█	█	█	█	█
realizzazione Stazione MT/AT Utente								█	█	█	█	█	█	█
realizzazione cavidotti			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
commissioning													█	█
sistemazione ambientale delle piazzole													█	█
collaudi														█

Figura 4.1 – Cronoprogramma



5. DISMISSIONI

5.1. Dismissione cantiere

Al termine dei lavori di costruzione la maggior parte delle aree impegnate in fase di cantiere verranno ripristinate al loro stato originario o rinverdate e mitigate. Gli interventi di dismissione riguarderanno tutte le aree realizzate durante il cantiere per permettere il passaggio, la movimentazione e lo stoccaggio di tutte le componenti di grandi dimensioni. Saranno quindi rinverdate e mitigate tutte quelle aree utilizzate, ad esempio, per lo stoccaggio delle pale, per il posizionamento delle gru principali e ausiliare e per tutte le aree riservate alla logistica. Saranno rimossi anche tutti gli allargamenti delle strade e delle piste non necessari per il transito dei mezzi di manutenzione ordinaria.

Le piazzole in corrispondenza dei vari aerogeneratori verranno ridotte sensibilmente raggiungendo una superficie di circa 30 m x 50 m.

Le scarpatine sia della viabilità sia delle piazzole saranno oggetto di interventi di rinverdimento con specie arbustive ed arboree compatibilmente con la destinazione ad uso agricolo della maggior parte dei terreni su cui insiste il parco. Le opere di rinverdimento delle superfici hanno la duplice funzione di attenuare gli impatti sull'ambiente circostante ma anche la funzione contrastare i fenomeni erosivi.

Oltre alle opere a verde sopra citate, al termine dei lavori, saranno sistemate anche le strade esistenti procedendo al rifacimento di eventuali cassonetti ceduti nonché al ripristino dei manti stradali.

Infine, vista la natura prevalentemente agricola della zona, si dovrà procedere al ripristino delle aree in precedenza coltivate o adibite a pascolo con una rimessa a coltura dei terreni. Tutte le operazioni di messa a coltura saranno effettuate, seguendo le tempistiche e gli accorgimenti dettati dalla classica tecnica agronomica locale.

5.2. Dimissione impianto

Mediamente la vita utile di un impianto eolico è stimata tra 25 e i 30anni. Al termine di questo periodo sono possibili due scenari:

- a. ripotenziamento dell'impianto (repowering), con conseguente installazione di nuove e solitamente più performanti macchine previo nuovo iter autorizzato e riprogettazione
- b. dismissione dell'impianto (decommissioning), che comporta lo smantellamento quasi totali delle opere realizzate in fase costruttiva

Nell'ipotesi di attuazione dello scenario b) le operazioni di dismissione relative ad un parco eolico, risultano piuttosto semplici e soprattutto sono ripetitive, vista la tipologia dell'impianto che risulta modulare in quanto costituito da un determinato numero di unità produttive (aerogeneratori) assolutamente identiche l'una all'altra.

Il decommissioning dell'impianto prevede pertanto, sulla base di un programma preventivamente definito, la disinstallazione di ognuna delle unità produttive con mezzi ed equipaggiamenti appropriati, e successivamente si procede per ogni macchina, al disaccoppiamento e alla separazione dei suoi macro componenti (generatore, mozzo, fusti metallici torre, etc.).

Da questa operazione verranno selezionati i componenti:

- riutilizzabili
- riciclabili
- da rottamare secondo le normative vigenti
- materiali plastici da trattare secondo la natura dei materiali e le normative vigenti.

La prima operazione riguarda la disattivazione dell'impianto eolico con conseguente sospensione dell'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta, a cui segue il disassemblaggio degli aerogeneratori mediante utilizzo di autogrù di portata opportuna, che vengono impiegate per la rimozione del mozzo (pale comprese), della navicella, e della torre.



A seguito dello smobilizzo delle macchine dal territorio, si procede con la rimozione, ovvero con la demolizione delle opere di fondazione superficiale (plinti) come riportato, e la rimozione dei singoli elementi accessori costituenti il parco (cavi di connessione, cabine elettriche ecc.).

Le misure di ripristino interesseranno anche le strade e le piazzole, che saranno ripristinate a seconda delle prescrizioni contenute negli atti autorizzativi e nelle convenzioni stipulate con le amministrazioni Comunali; le operazioni di ripristino saranno modulate attraverso la ricopertura integrale con trattamenti naturali e eventualmente rilavorate con trattamenti addizionali, per il riadattamento al terreno e l'adeguamento al paesaggio. Per facilitare e velocizzare le opere di inerbimento delle superfici, saranno stesi materiali vegetali sulla superficie delle stesse vie di accesso e piazzole.

La dismissione interesserà anche le aree e le opere relative alla sottostazione elettrica. Si procederà allo smantellamento delle apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche, alla disinstallazione dei trasformatori con relativo trasporto e smaltimento, alla demolizione della struttura in elevazione della stazione e della relativa base di fondazione con conferimento a discarica autorizzata del materiale, ed, infine, allo scavo per la rimozione del materiale costituente il rilevato per il piano di posa di fondazione della sottostazione.

Tutte le operazioni comportano un ripristino della situazione ante operam.

Le attività dovranno avvenire nel pieno rispetto delle norme di sicurezza ai sensi del D.Lgs. 81/08 s.m.i. "Testo Unico in materia di Salute e Sicurezza dei Lavoratori", e in conformità con i requisiti delle normative ambientali ovvero del D.Lgs 152/06 s.m.i. "T.U. Ambiente".

Di seguito si riporta un elenco delle principali lavorazioni da svolgere, dettagliatamente descritte nell'elaborato dedicato "2799_4680_R04_Rev0_Piano di dismissione".

- Disattivazione dell'impianto eolico e prime attività preliminari di dismissione
- Rimozione degli aerogeneratori
- Demolizione dei plinti di fondazione delle torri
- Rimozione dei rilevati delle piazzole e delle strade di servizio
- Dismissione della sottostazione elettrica
- Sistemazioni generali delle aree
- Sistemazioni a verde/ripristino dei terreni a coltivo

Complessivamente si stima che il costo totale delle opere di disattivazione e smantellamento sia pari a circa euro 1.640.073,09. Il dettaglio dei costi è riportato nel computo metrico allegato al Piano di dismissione.



6. COSTI

Si riporta di seguito il quadro economico per la realizzazione e dismissione dell'opera. La valutazione previsionale dei costi di progetto dell'impianto è riportata in dettaglio nell'elaborato Rif. 2799_4680_R10_Rev0_Quadro Economico.

Tabella 6.1: Quadro economico

TORCELLO WIND S.r.L. - 42 MWp				
QUADRO ECONOMICO				
DESCRIZIONE	Importo (€)	IVA %	Importo IVA (€)	Importo totale € (IVA compresa)
A) COSTO DEI LAVORI				
A.1) Interventi previsti	€ 59.836.498,27	10%	€ 5.983.649,83	€ 65.820.148,10
A.2) Oneri per la sicurezza	€ 1.199.838,03	10%	€ 119.983,80	€ 1.319.821,84
A.3) Opere di mitigazione	€ 155.403,36	10%	€ 15.540,34	€ 170.943,70
A.4) Spese previste da Studio di Impatto Ambientale, Studio Preliminare Ambientale e Progetto di Monitoraggio Ambientale	€ 110.000,00	22%	€ 24.200,00	€ 134.200,00
A.5) Opere connesse (STMG)	€ 58.140,00	22%	€ 12.790,80	€ 70.930,80
TOTALE A	€ 61.359.879,66			€ 67.516.044,43
B) SPESE GENERALI				
B.1) Spese tecniche (Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, alle conferenze dei servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità)	€ 1.227.197,59	22%	€ 269.983,47	€ 1.497.181,06
B.2) Spese consulenza e supporto tecnico	€ 150.000,00	22%	€ 33.000,00	€ 183.000,00
B.3) Collaudo tecnico e amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€ 100.000,00	22%	€ 22.000,00	€ 122.000,00
B.4) Spese per Rilievi, accertamenti	€ 80.000,00	22%	€ 17.600,00	€ 97.600,00
B.5) Oneri di legge su spese tecniche (B.1, B.2, B.3 e B4)	€ 62.287,90	22%	€ 13.703,34	€ 75.991,24
B.6) Imprevisti 1%	€ 613.598,80	22%	€ 134.991,74	€ 748.590,53
B.7) Spese varie	€ 2.007.691,00	22%	€ 441.692,02	€ 2.449.383,02
TOTALE B	€ 4.240.775,29			€ 5.173.745,86
COSTO TOTALE REALIZZAZIONE (A+B)	€ 65.600.654,95			€ 72.689.790,29

Per la descrizione dettagliata delle singole voci e dei relativi prezzi delle fasi realizzative si rimanda all'elaborato "2799_4680_R09_Rev0_Computo metrico" mentre per le voci inerenti le fasi di dismissione si fa riferimento al documento "2799_4680_R04_Rev0_Piano di dismissione" ed al relativo computo allegato.



ALLEGATO 1 - SG 6.0-170 Site roads and Hardstands

Generic Site Roads and Hardstands requirements

SG 6.0-170

Document ID and revision	Status	Date (yyyy-mm-dd)	Language
D2165151/006	Approved	2020-12-13	en-US

Original or translation of
Original

File name
D2165151_006- Site roads and Hardstands SG 6.0-170.docx/.pdf

Updates made since the previous revision
Migrated to new templated. For further details see document history section.

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

Disclaimer of liability and conditions of use

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

Table of contents

Document history	5
1. Aim and scope	7
2. Definitions and acronyms	8
3. Description	9
3.1. Roads	9
3.1.1. Reference legislation	9
3.1.2. Design of the windfarm internal roads.....	9
3.1.3. Road composition and structure.....	10
3.1.4. Road width.....	12
3.1.5. Turning Radii – General	14
3.1.6. Gradients and grade changes	15
3.1.7. Passing areas and turning points	17
3.1.8. Drainage	18
3.2. Hardstand composition and structure.....	18
3.2.1. Hardstand design	19
3.2.2. Bearing capacity	19
3.2.3. Hardstand composition and structure.....	20
3.2.4. Hardstand gradients	21
3.2.5. Hardstand dimensions.....	21
3.2.5.1. T100m-T101.5 tubular steel tower Hardstand with strategy 3	23
3.2.5.2. T100m-T101.5m tubular steel tower Hardstand with strategy 4	26
3.2.5.3. T115m tubular tower Hardstand with strategy 3	29
3.2.5.4. T115m tubular steel tower Hardstand with strategy 4.....	32
3.2.5.5. T135m tubular steel tower Hardstand with strategy 3.....	35
3.2.5.6. T135m tubular steel tower Hardstand with strategy 4.....	38
3.2.5.7. T145m steel tower Hardstand with strategy 3.....	41
3.2.5.8. T145m tubular steel tower Hardstand with strategy 4.....	44
3.2.5.9. T165m tubular steel tower Hardstand with strategy 3.....	47
3.2.5.10. T165m tubular steel tower Hardstand with strategy 4.....	50
3.2.6. Requirements for tower assembly with T-flange configuration between section 1 and 2.....	53
3.2.7. Requirements for assembly the main crane.....	54
3.3. Safety distance from power lines.....	56
4. Additional documentation	57
5. Annexes	57
5.1. Weights and dimensions for SG 6.0-170.....	57
5.2. Transport requirements	60
5.3. Quality tests and requirements for civil works projects	60
5.4. Legislations.....	60

Table index

Table 1 WTG models	7
Table 2 SGRE strategies	7
Table 3 components of each strategy	8
Table 4 Acronyms and definitions	9
Table 5 Minimum road width in access and internal roads	12
Table 6 Gradients and grade changes	15
Table 7 Load- bearing capacity (kg/cm ²)	19
Table 8 Hardstand gradients (%).....	21
Table 9 Installation area codes and description	22
Table 10 Dimensions of the areas of model T100m-101.5m with strategy 3 – Tailing crane offloading.....	23
Table 11 Dimensions of the areas of model T100m-T101.5m with strategy 4 – Tailing crane offloading	26
Table 12 Dimensions of the areas of model T115m with strategy 3 – Tailing crane offloading	29
Table 13 Dimensions of the areas of model T115m strategy 4 – Tailing crane offloading	32
Table 14 Dimensions of the areas of model T135m strategy 3 – Tailing crane offloading	35
Table 15 Dimensions of the areas of model T135m with strategy 4 – Tailing crane offloading	38
Table 16 Dimensions of the areas of model T145m with strategy 3 – Tailing crane offloading	41
Table 17 Dimensions of the areas of model T145m with strategy 4 – Tailing crane offloading	44
Table 18 Dimensions of the areas of model T165m with strategy 3 – Tailing crane offloading	47
Table 19 Dimensions of the areas of the model T165m with strategy 4 – Tailing crane offloading	50
Table 20 Requirements for assembly the main crane	54
Table 21 3.3 Safety distance from power lines to work areas	56
Table 22 Weights and dimensions of T100m	57
Table 23 Weights and dimensions of T101.5	57
Table 24 Weights and dimensions of T115m	58
Table 25 Weights and dimensions of T135	58
Table 26 Weights and dimensions of T145	59
Table 27 Weights and dimensions of T165 MB.....	59
Table 28 Weights and dimensions of Nacelle	59
Table 29 Weights and dimensions of full drive train	59
Table 30 Weights and dimensions of HUB.....	59
Table 31 Weights and dimensions of Blades	59
Table 32 Weights and dimensions of Transformer unit	60
Table 33 Weights and dimensions of Generator	60

Figure index

Figure 1 Minimum road width in access and internal roads	13
Figure 2 Turning radius at the curve.....	14
Figure 3 Transitions between gradient changes.....	16
Figure 4 The most restrictive transport and its respective KV	17
Figure 5 Turning point geometry suggestion	18
Figure 6 Model T100m-T101.5m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase	24
Figure 7 Model T100m-T101.5m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases	25
Figure 8 Model T100m-101.5m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase.....	27
Figure 9 Model T100m-101.5m – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases.....	28
Figure 10 Model T115m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase	30
Figure 11 Model T115m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases	31
Figure 12 Model T115m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase	33
Figure 13 Model T115m – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases	34
Figure 14 Model T135m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase	36
Figure 15 Model T135m -.Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases.....	37
Figure 16 Model T135m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase	39
Figure 17 T135m – Partial storage with strategy 4 in 2 phases	40
Figure 18 Model T145m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase	42
Figure 19 Model T145m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases	43
Figure 20 Model T145m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase	45
Figure 21 Model T145 – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases	46
Figure 22 Model T165m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase	48
Figure 23 Model T165m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases	49
Figure 24 Model T165m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase	51
Figure 25 Model T165m – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases	52
Figure 26 Example of hardstand layout and access road/ramp	54
Figure 27 Distribution areas for main crane boom assembly	55

Document history

Revision:	Change notes	Responsible
002	<ul style="list-style-type: none"> - Transfer to PCD template and updates for SRD floating gate - Small changes for clarification implemented (e.g. self-off-loading tower section clamp system not considered) - Hardstand layouts updated - Section 3.2.4.1 added (T-flange requirements) - Section 7.2 added (Turning radii..) 	Christian Kielhorn
003	<ul style="list-style-type: none"> - Include table and figure index - 1.Aim and Scope excluded T100 from - 2. Definitions and acronyms <ul style="list-style-type: none"> • Auxiliary crane → Pre-installation crane • Retention crane → Tailing crane • Pneumatic crane → Mobile crane • Mobile crane divided into Telescopic and Lattice mobile crane • Remove Tower crane <p>Each previous change uploaded in the document</p> - 3.1.2. Road composition and structure: <i>maximum load to minimum load</i> - 3.1.3. Road width: complete dimensions in section diagrams - 3.1.4. Turning radii – General: change of figures and description - 3.1.5 Gradients and grade changes update value KV, new requirement transition gradient changes. - 3.1.6. Intersection and turning areas <ul style="list-style-type: none"> • Change of title to passing areas and turning points • Add HSE conditions and reverse manoeuvre - 3.1.7. Drainage - 3.2.4. Hardstand dimensions <ul style="list-style-type: none"> • Change introduction note transferred from the Annex. • Qs definition table • Change format of dimension table (depending on Qs) followed by sketches. • Change bearing capacity to legend in each sketch • Add self-offloading platforms STG 03 and STG 04 • Remove JIT hardstands and its dimensions in the tables - 4.2.6. Requirements for assembly the main crane: table updated - 5. Work execution control plan removed - Component weight updated in Annex 1 - Section 7.2 changed (Turning radii..) to Section 5.2 Transports requirements. 	Soares, Keith
004	<ul style="list-style-type: none"> - Include table and figure index - 2. Definitions and acronyms <ul style="list-style-type: none"> • Auxiliary crane → Pre-installation crane • Retention crane → Tailing crane • Pneumatic crane → Mobile crane • Mobile crane divided into Telescopic and Lattice mobile crane • Remove Tower crane <p>Each previous change uploaded in the document</p> 	Soares, Keith

	<ul style="list-style-type: none"> - 3.1.2. Road composition and structure: <i>maximum load to minimum load</i> - 3.1.3. Road width: complete dimensions in section diagrams - 3.1.4. Turning radii – General: change of figures and description - 3.1.5 Gradients and grade changes update value KV, new requirement transition gradient changes. - 3.1.6. Intersection and turning areas <ul style="list-style-type: none"> • Change of title to passing areas and turning points • Add HSE conditions and reverse manoeuvre - 3.1.7. Drainage - 3.2.4. Hardstand dimensions <ul style="list-style-type: none"> • Change introduction note transferred from the Annex. • Qs definition table • Change format of dimension table (depending on Qs) followed by sketches. • Change bearing capacity to legend in each sketch • Add self-offloading platforms STG 03 and STG 04 • Remove JIT hardstands and its dimensions in the tables - 4.2.6. Requirements for assembly the main crane: table updated - 5. Work execution control plan removed - Component weight updated in Annex 1 - Section 7.2 changed (Turning radii.) to Section 5.2 Transports requirements. 	
005	<ul style="list-style-type: none"> - Document format updated. 	Soares, Keith
006	<ul style="list-style-type: none"> - 1. Aim and scope: <ul style="list-style-type: none"> • Updated machine power • Updated tables with new tower models. - 3.1.2. Included Design of the windfarm internal roads - 3.1.3. Road composition and structure: <ul style="list-style-type: none"> • Updated requirements. • Included the complementary documentation for Quality requirements. - 3.1.4 Road Width: <ul style="list-style-type: none"> • new note about the minimum road width requirement per region/project. - 3.2 Hardstands: Reviewed the general requirements. - 3.2.1 Hardstand design: new requirements for the hardstands design. - 3.2.2. Bearing capacity: Updated table with new tower models. - 3.2.3 Hardstand composition and structure: updated the requirements. - 3.2.3. Hardstand dimensions: updated the table according to the new tower models. - 3.2.4. Hardstand dimensions <ul style="list-style-type: none"> • Remove self-offloading platforms STG 03 and STG 04 - 3.2.5. Requirements for assembly the main crane: updated. 	Soares, Keith

	<ul style="list-style-type: none"> - 5.1. Weights and dimensions for SG 6.0-170: updated. - 5.2. Transport requirements: Updated info. - 5.3. Quality tests and requirements for civil works projects: included a new referenced documentation. 	
--	--	--

1. Aim and scope

The aim of this specification is to describe the minimum geometrical requirements of the roads and platforms required for a safe component transportation and assembly of the wind turbines. Additionally, it includes the minimum deliverables that will be needed from SGRE to start with the transportation and erection works. The scope includes all W.F. with the following WTG models and erection strategies:

Tower	No. of tubular steel section	Power	Blade
T100	6	6.2	SG170
T101.5	6	6.2	
T115	5	6.2	
T135	6	6.2	
T145	8	6.2	
T165MB	3	6.2	

Table 1 WTG models

Tower	STG3	STG4 (SGRE Standard)
T100	✓	✓
T101.5	✓	✓
T115	✓	✓
T135	✓	✓
T145	✓	✓
T165MB	✓	✓

Table 2 SGRE strategies

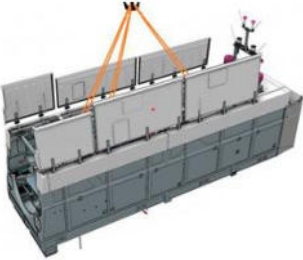


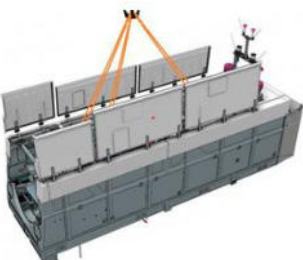



Strategy	Nacelle	DT	Hub	Blade
Strategy 3	Modular 	DT/Hub 		Blade To Blade (SBI) 
Strategy 4	Modular 	DT 	Hub 	BladeTo Blade (SBI) 

Table 3 components of each strategy

Note:

This specification sets a guide to be followed for the design and construction of a wind farm civil engineering project. The project undertaken in accordance with this specification must be reviewed and approved by SGRE prior to execution. However, the civil designer is solely responsible for making sure that the design complies with this specification, the contract requirements and local norms and standards.

2. Definitions and acronyms

Acronyms	Definition
SGRE	Siemens Gamesa Renewable Energy
Main crane	Capable of lifting any component to the highest point of the wind turbine.
Pre-installation crane	Used for installing elements at the lower part of the tower.

Tailing crane	Supports the main and pre-installation crane for mounting and unloading components.
Mobile crane	Telescopic mobile crane
	Lattice boom mobile crane
NTC	Narrow-Track Crane
WTC	Wide-Track Crane
Intermediate hardstand	The work area for wind turbine assembly is parallel and close to the internal roads of the wind farm.
End-of-road hardstand	Work area for wind turbine assembly at the end of internal wind farm roads.
Wind farm access roads	These roads do not pass by asphalt roads and they are used to transport components and disassembled cranes.
Wind farm internal roads	Roads that pass between wind turbines for the transportation of components and with the capacity for transporting cranes.
SP	Standard Proctor
MP	Modified Proctor
WTG	Wind Turbine Generator

Table 4 Acronyms and definitions

3. Description

3.1. Roads

3.1.1. Reference legislation

The legislation of the corresponding country on the design of civil engineering must be applied. If there is no such legislation, the legislation given as a reference in the annexes should be followed as a guide.

3.1.2. Design of the windfarm internal roads

In case there is no legislation for the road design the dimensioning of the road pavement should be based on the AASHTO method for roads with a low volume of traffic (Part 2, Chapter 4). This methodology is based on an empirical formula that relates the characteristics of the pavement layers with their performance, in order to determine whether the road pavement section will be capable of bearing the traffic loads to which it will be applied.

The design of the road and the geotechnical report will be provided to Siemens Gamesa together with the quality control of the roads during the handover of the civil works and before starting with the transportation and the erection process.

3.1.3. Road composition and structure

Wind farm access roads must support a **minimum load** of 12t per axle corresponding to the transportation of wind turbine elements and crane elements.

Internal wind farm roads must support a **minimum load** of:

- Without mounted crane movement:
 - 1.4 kg per cm² in the case of crawler cranes (NTC and WTC).
 - 22.5t per axle in the case of mobile cranes.
- With mounted crane movement:
 - 2.45 kg per cm² in the case of crawler cranes (NTC and WTC).
 - 22.5t per axle in the case of lattice boom mobile cranes.
 - 24.5t per axle in the case of telescopic mobile cranes.
 - 14.7t per axle in the case of pre-installation telescopic mobile cranes.

The dimensions of the roadbed must be in accordance with the number of WTGs at the wind farm, allowing for the number of transport vehicles per WTG.

Tests must be carried out on the material used for the subgrade and for the roadbed, in order to control the compaction of the different layers and ensure that the civil works are correctly executed. The quality control and the requirements for the civil works design is defined according to the **5.3 Quality tests and requirements for civil works plan projects**.

With the trace material, once analyzed, suitable compaction means must be used to find a subgrade of enough elasticity modulus value. The elasticity module will be measured from the compressibility module of the second cycle of the loading plate test as per DIN 18134 (or in its absence, NLT-357), the acceptance criteria will be indicated in the road section design.

The dry density required after compaction for the different types of materials forming the roadbed is 98% of that obtained in the PM test or above.

Fill material will be compacted in layers to a maximum thickness of 30 cm to ensure the effectiveness of the machinery along the entire section.

Where expansive material (expansive clay, etc.) or loose soil conditions are indicated in the geotechnical report, the use of geosynthetics is strongly recommended (at least with the soil reinforcement and separation functions).

The elasticity module of the finished roadbed must be measured based on the compressibility module of the second cycle of the load plate test as per DIN 18134 (or in its absence, NLT-357), and the result must never be less than $E_{v2}=80$ MPa (*). Likewise, the relation between the first and second load cycle must be less than 3.

(*) In countries where the load plate is not usually used, use the following relationship to obtain the acceptance criteria for the roadbed built:

$$E = \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{3} \cdot E v_2$$

$$E = \pi \cdot (1 - \nu^2) \cdot 3 \cdot E v_2$$

- E: elasticity module
- ν : Poisson's ratio
- $E v_2$: second plate loading test cycle compressibility module

Additionally, remember that the dry density required after compaction for the different types of materials forming the roadbed is 98% of that obtained in the MP test or above.

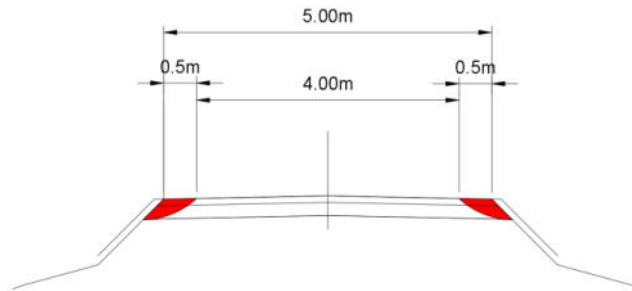
3.1.4. Road width

The road width will vary for curves according to the following section "Turning Radii"

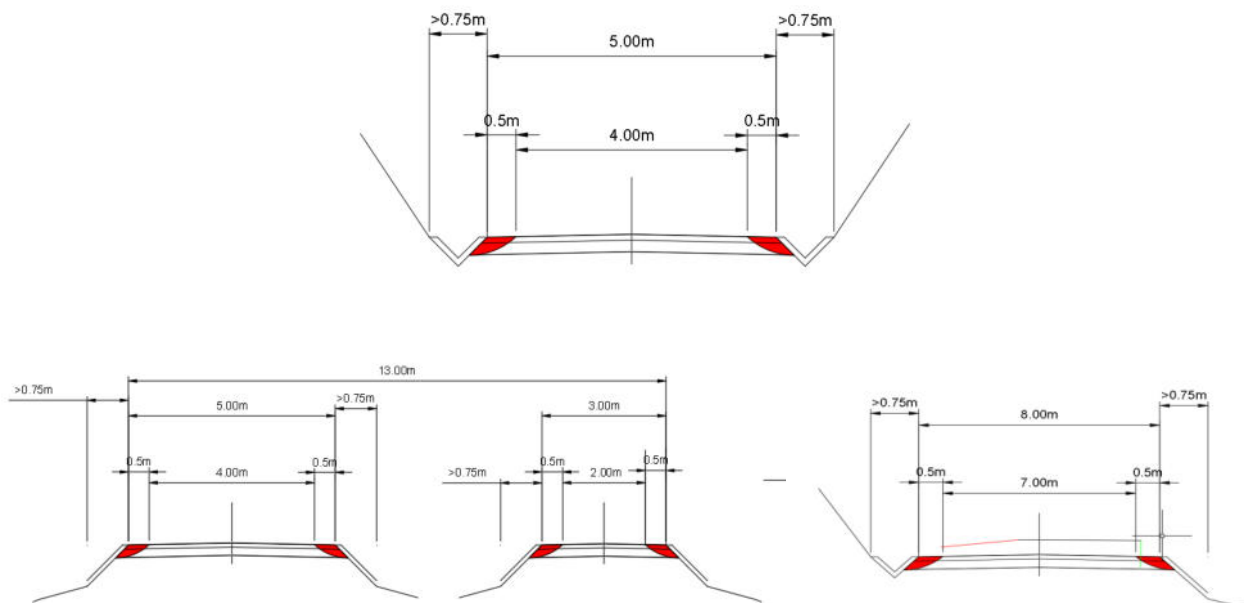
Minimum road width	
A. Wind farm access road transportation of components	As a minimum and usable 4.0m* + 2 x 0.50m free of obstacles
B. Internal wind farm road with crane movement	Pneumatic Crane As a minimum and usable 4.0m + 2 x 0.75m free of obstacles
	WTC <ul style="list-style-type: none"> • Usable 12 to 14m* • 4m + 3m parallel tread (making 12 to 14 m)
	NTC As a minimum and usable 7m
C. Access road to the wind farm Transportation of components and Internal roads of the wind farm without crane movement. (Wind Farms in the United States)	As a minimum and usable 5m + 2 x 0.8m free of obstacles
<p>Note:</p> <p>Usable m (meters) - Space capable of bearing the loads to which the road will be submitted without the risk of caving-in, sliding or sinking. Furthermore, the last 50cm prior to the curbs on these roads (not included in the usable meters) are not valid for withstanding weights, due to the danger of horizontal creep of the ground. Thus, the carrier transporting the nacelle and heavy haulers in general must never go beyond these limits under any circumstances whatsoever.</p> <p>This table marks the minimum requirement for the road width as general.</p> <p>They may vary considering the regions and specific conditions for each project.</p> <p>*Width based on crane model</p>	

Table 5 Minimum road width in access and internal roads

A. Wind farm access road Transportation of components



B. Internal wind farm road with crane movement



C. Access road to the wind farm. Transportation of components and Internal wind farm road without circulation of cranes (e.g wind farms in the United States)

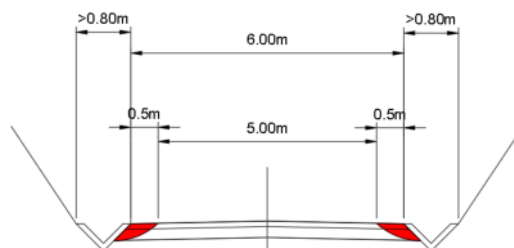


Figure 1 Minimum road width in access and internal roads

For curves with an interior cleared profile, the inside curb of the curve must be pipelined or have a maximum depth of 10 cm.

The slope of cutting on internal roads must be limited in accordance with the wind farm's geotechnical survey and determined by the crane being used for assembly. The most restrictive case is movement of NTC without dismounting.

3.1.5. Turning Radii – General

The smaller the curve radius of the alignment curve, the greater the road width must be (difference between outside and inside radius) at the curve.

Blade transportation is considered a limiting element in the calculation of curve radii.

The following example table is completed for each model with these widths:

- A: Road width
- SAE: Exterior widening
- SAI: Interior widening

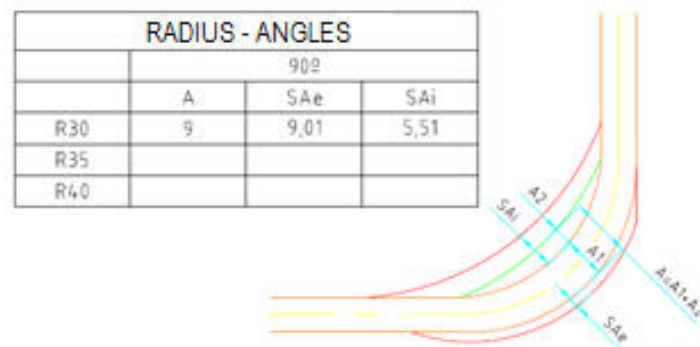


Figure 2 Turning radius at the curve

The conclusions of the study will be reflected in a table where:

- A: is the width of the road necessary for transport ($A = A1 + A2$)
- A1: represents the road width (at least 5 m at each point of trajectory = baseline), which may be increased depending on the width necessary for maneuvering the vehicle
- A2: Is the occupation of the vehicle when maneuvering cannot adjust to the A1 road width
- SAI: Is the maximum interior sweep of the vehicle or its cargo
- SAE: Is the maximum exterior sweep of the vehicle or its cargo
- R30: Represents the radius curve at the center of the road
- 90°: Represents the angle formed by two straight sections of road joined by a curve of a given radius

This study was made taking into account an estimate vehicle (General vehicle). Later, each region will carry out a study of turning radii with its most restrictive vehicles. The general results analysis for turbine model is defined according to the **5.2 Transport requirements**.

Besides, per each specific project, inner and outer widening for each curve along the route should be studied per transport simulation.

3.1.6. Gradients and grade changes

	Longitudinal Gradients (%)				Transversal Gradients (%)	
	Maximum		Minimums		Maximum	Minimum
	Straight section	Curved section	Straight section	Curved section	Straight/ curved section	
A. Wind farm access road and internal wind farm road	>10 and ≤13 without concreting if gradient < 200 m. ⁽¹⁾	Up to 7 without concreting ⁽¹⁾				
	>10 and ≤13 improved concreting or paving if gradient > 200 m. ⁽¹⁾	>7 and ≤10 improved concreting or paving ⁽¹⁾	0.50	0.50	2	0.20
	>13 and ≤15 improved concreting or paving + 6x6 tractor unit					
	>15 need for towing study	>10 need for towing study				
B. Access and internal roads reverse driving	≤ 3 up to a max. of 1000 m without concreting.	<2 up to max. 500 m without concreting.	0.50	0.50	2	0.20
	>3 and ≤5 max. 1000m improved concreting or paving	≥2 and ≤3 max. 500 m improved concreting or paving				
(1) SGR standard values are ≤13 % for longitudinal gradients and <10 % for curved sections. (2) Improved paving: Roadbed with friction coefficient of at least 0.35						

Table 6 Gradients and grade changes

The transport vehicles used to transport various components of the turbine up to the site must be equipped with self-steering rear axles.

For gradients near 10% without concreting, 6 x 4 tractor units or four-wheel drive truck will be required.

In the specified cases in which road paving must be improved, the solution to be used and the envisaged friction coefficient must be submitted so that transport can be executed.

In the specified cases in which road paving must be improved, the technical characteristics of the solution to be used must be submitted, as well as the friction coefficient for the roadway layer envisaged for said solution, thereby ensuring that all components are transported correctly.

If the longitudinal gradient is $>13\%$ and $\leq 15\%$, improved concreting or paving will be required, and a 6 x 6 tractor unit used. This means that the slope will also have to be reviewed since it is not within SGRE standards.

In the extreme case that a longitudinal gradient in a straight section is $>15\%$ and/or is $>10\%$ in a curved section, a towing study must be conducted in addition to improving the road paving along the affected section. This study must be conducted by the logistics company in charge of supplying the wind farm with the wind turbine components.

Regarding to guarantee the proper transitions between gradient changes, the minimum straight-line total length of the convoy must be kept in mind. According to the complexity of the wind farm project, these points must be analyzed and discussed to find the proper solution.

Ltot: Total length of the convoy.

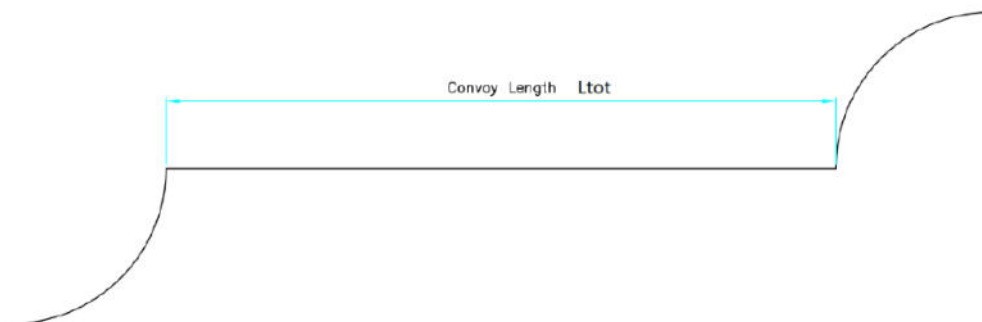


Figure 3 Transitions between gradient changes

For the calculation of the more restrictive Kv that appears in this document, estimated generic vehicles have been considered. This does not mean that there are not others that improve or even worsen the Kv figure. It is advisable to carry out a specific study in each region of the SGRE, with the vehicles planned to be used in local projects.

The kv value considered in the wind farm design for this WTG model shall be, **as a minimum:**

KV= 550m

With the information we have now, **the most restrictive transport would be the SG170 blade on dolly**. Bearing in mind that all the axles of the platform would be in contact with the ground. Considering that all the axles of the platform would be in contact with the ground and a rear overhang of 15,64m. Which of course will be different considering the restrictions of each country. The overhang may differ according to the restrictions of each country, which should be considered.

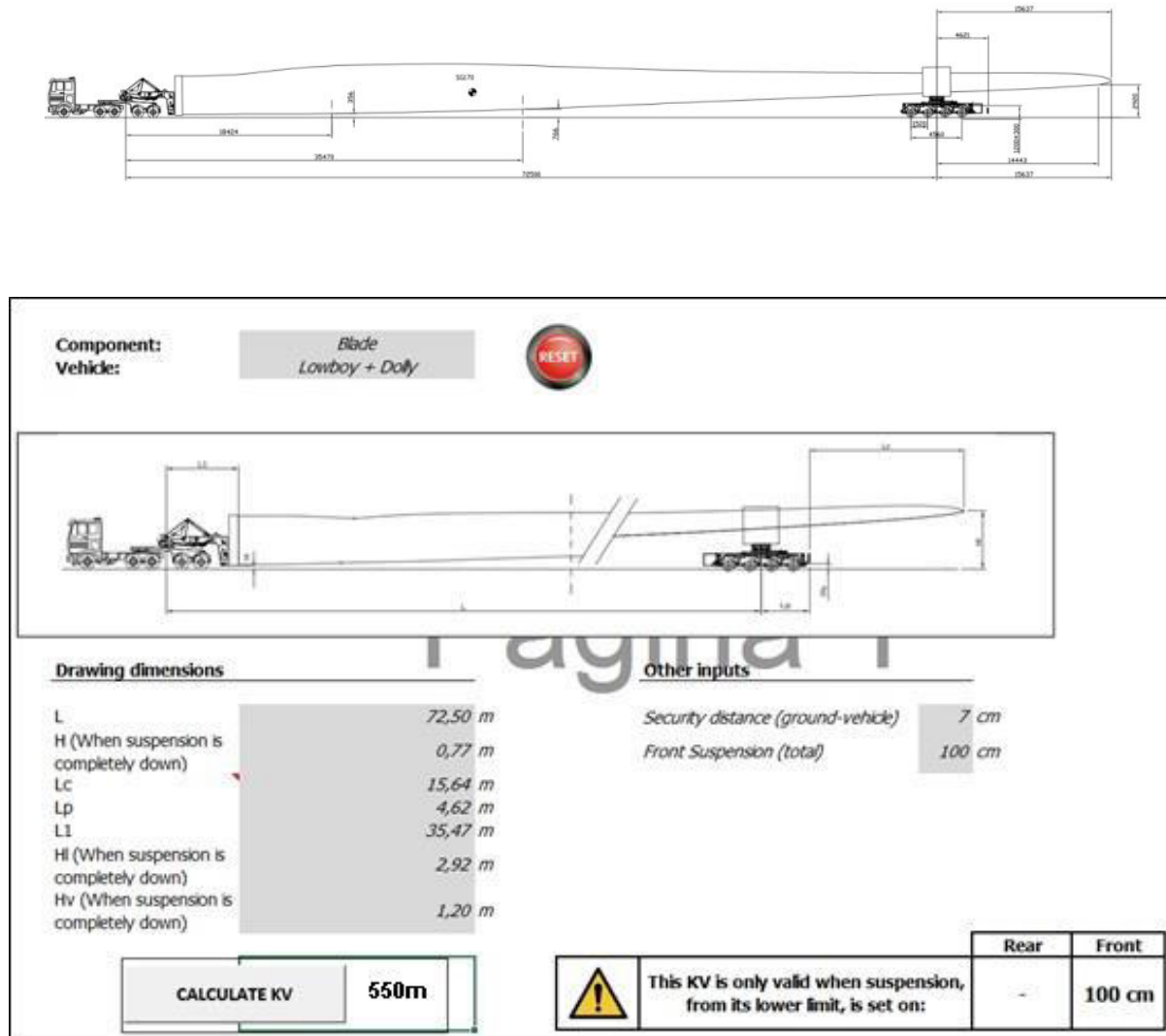


Figure 4 The most restrictive transport and its respective KV

The value above is for reference only. Depending on the complexity of the terrain, the Kv value that minimizes LCoE (levelized cost of energy) might be higher (flat wind farm) or lower (mountainous wind farm). Prior to signing the contract, a specific study shall be done in order to define the proper Kv for the wind farm, considering development constraints in force and locally available transports in order to adapt logistics means accordingly.

The specific study could include nonstandard solutions and extra resources for each solution.

The roads must be smooth, removing, as far as possible, any protrusions such as stones, rocks, etc., which could damage the nacelle platform or the tower sections and hinder transportation.

3.1.7. Passing areas and turning points

Parking areas will be created at intervals of approximately 5 km, attempting to take advantage of the areas where there are less actions to be performed if possible and they must have an extra width of 5 m with a minimum length equal to the total length of the convoy (Ltot) with a greater length. It is important to consider the entry and exit areas

to facility access to the area. The waiting areas must be clear of any obstacle, leveled, compacted and drained. QHSE will determine the number of rest areas that must be created.

The turning points must be defined according with the maximum allowed reverse maneuver as described at the item **3.1.5 Gradients and grade changes.**

Where dead end roads are constructed or where loaded transports must turn around prior to delivery to the Installation Area, turning Areas are required to avoid long reverse driving. For each wind farm project, these points must be analyzed to find the proper solution.

(Note) Truck length* - The turning area will be different considering two situations: Loaded truck and empty truck. The additional area must be considered around the turning point - cleared of obstacles and levelled to allow oversail/overhang during transportation. The turning point could be adapted regarding the orography and/or complexity of the windfarm terrain, the new geometry must be approved by SGRE in order to comply with the transport requirements.

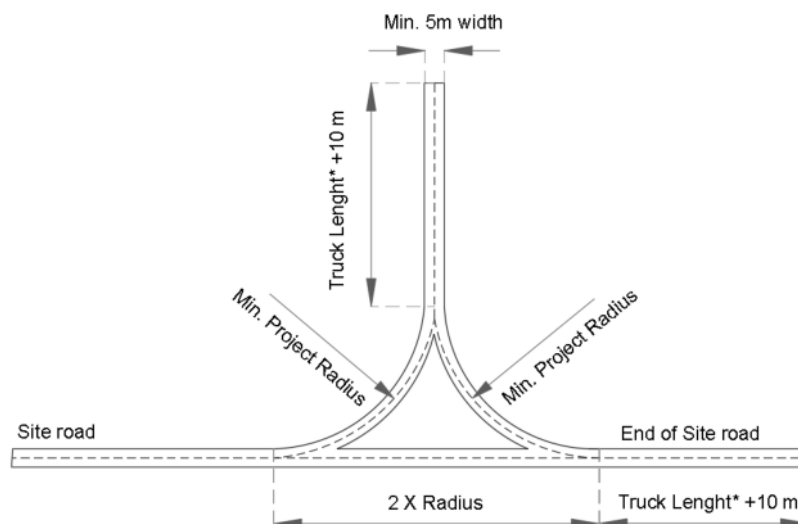


Figure 5 Turning point geometry suggestion

3.1.8. Drainage

The surface drainage system must be of a size to collect any rainwater from the roadway layer as well as any water collected from small flows of runoff water intercepted by the road or even, where applicable, to provide continuity for any larger natural watercourses also intercepted. The calculation will be considered for a return period of 25 years for transverse drainage and 10 years for longitudinal drainage works.

3.2. Hardstand composition and structure

The hardstands will include a crane work area and areas defined as storage areas. The main components will be stored on the storage area and they will be hoisted by the cranes from the hardstand – crane work area, as a standard concept. Regarding the high-power and communications networks avoid placing them across the hardstand. If this cannot be avoided, then the network must be pipelined, and the pipes covered with concrete.

3.2.1. Hardstand design

The design of the hardstand section must be done based on the geotechnical report and the load transferred by the crane support legs, also it must be considered the use of crane mats if any, under the crane support.

The structural verifications that must be performed and the criteria to be used is as follows:

- For the bearing capacity analysis, Meyerhof and Hanna (1978) methodology will be used.
- The safety factor for the verification of the bearing capacity will be 2, for both long term and short term.
- For the analytical calculation of the settlements, the Steinbrenner methodology will be used.
- The maximum differential settlement under the crane support leg will be 25mm.

When it comes to unfavorable geotechnical conditions, in addition to the verifications carried out with analytical methodologies, described above, it will be necessary to develop a finite element model (FEM) to compare and contrast the results obtained with analytical methodologies.

The design of the hardstand and the geotechnical report will be provided to Siemens Gamesa together with the quality control of the hardstand, during the handover of the civil works and before starting with the erection process.

3.2.2. Bearing capacity

	Crane work area	Component storage area	Boom assembly area
SGRE standard	2	2	2
Without crane mats	3 (T100m) 3 (T101.5m) 3 (T115m) 4 (T135m) 5 (T145m) 5 (T165m)	2	2

Table 7 Load- bearing capacity (kg/cm²)

The composition of the crane work area must have a good subgrade, $E_{v2}=60\text{MPa}$ or above. Transmitted loads must be 2kg/cm^2 (approx 0.2MPa). A surface of 30 m^2 must be laid, 6 crane mats ($5\text{ m} \times 1\text{ m}$) per crane leg or crane chain.

If opting not to use crane mats, the necessary bearing capacity will be 3 kg/cm² for T100m, T101.5m and T115m, 4 kg/cm² for T135m and 5 kg/cm² for T145m and T165m tower models. The possible supply of crane mats is not included in the scope of SGRE, whereby if opting to use crane mats, the cost thereof shall be incurred by the Contracting Party.

3.2.3. Hardstand composition and structure

In the hardstand, the upper level of the subgrade must be above the highest foreseeable level of the water table. Where expansive material (expansive clay, etc.) or loose soil conditions are indicated in the geotechnical report, the use of geosynthetics is strongly recommended (at least with the soil reinforcement and separation functions).

The fill material will be compacted on the hardstands and in the storage areas in layers to a maximum thickness of 30 cm to ensure the effectiveness of the machinery along the entire section. The compaction level will be such that the dry density after compaction is 95% MP or higher. The elasticity module of the subgrade must be measured based on the compressibility module of the second cycle of the load plate test as per DIN 18134 (or in its absence, NLT-357), 600 o 762mm plate will be used for this test, the acceptance criteria will be indicated in the hardstands section design.

Regarding the finished hardstand, the compaction level will be such that the dry density after compaction is 98% MP or higher. The elasticity module of the finished hardstand surface must be measured based on the compressibility module of the second cycle of the load plate test as per DIN 18134 (or in its absence, NLT-357), and the result must never be less than $E_{v2} > 80$ MPa. Likewise, the relation between the first and second load cycle must be less than 3.

In case there is a doubt about the hardstand capacity, it will be necessary to execute at least one borehole, in the center of the crane area, with core recovery and a depth of 8m. During the execution of the borehole, the following works should be conducted:

- SPT: from the surface where a test must be performed every meter.
- Extracting non-disturbed samples, plus laboratory test (triaxial tests or direct shear tests).
- Determining the ground water level depth, if encountered.
- Collect sampling for laboratory characterization of all the encountered materials.

The storage areas that are at the same level and position of the crane work area (for towers and nacelle), the requirements for the subgrade and finished layer are the same as above-mentioned. For the blade storage areas, the compaction level of the subgrade will be such that the dry density after compaction is 95% MP or higher. The transmitted loads, at least, must be 2kg/cm² (approx. 0.2MPa). In case of need of granular layer, the compaction level will be such that the dry density after compaction is 98% MP or higher.

In case the subgrade of the storage areas is good enough to withstand the loads, no layer of granular material will be needed, but this must be justified accordingly in the design.

Tests must be carried out on the material used for the subgrade and for the roadbed, in order to control the compaction of the different layers and ensure that the civil works are correctly executed. The quality control and the requirements for the civil works design is defined according to the **5.3 Quality tests and requirements for civil works plan projects**.

Before the arrival of the transport vehicles and crane, the hardstand must be accepted by SGRE for the works to commence.

3.2.4. Hardstand gradients

Crane Type	Hardstand gradients (%)			
	Crane work area		Component storage area	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
NTC or Mobile cranes	3	0.2	2	0.2
WTC	0.5			

Table 8 Hardstand gradients (%)

The minimum slope in the crane work area as well as the storage area is 0.2%, for the drainage of surface water; concave areas that may result in the formation of pools and the consequential drift of material under heavy loads cannot be accepted. Furthermore, take care that the hardstand or storage area surface must not drain off onto its access road.

3.2.5. Hardstand dimensions

Hardstand layout considers standard SGRE assembly strategy 4

(Note) – Following hardstand layouts covering tailing crane offloading.

Use of clamp system doesn't require cranes for off-loading but additional space for maneuvering of trailers to release the tower sections is needed. The system is not available for all regions and must be confirmed by SGRE before building the windfarm. Bear in mind, once chosen the hardstands without consulting or to require a confirmation from SGRE is the responsibility of the civil designer's decision. The different concept reflects an impact in hardstand layout, assembly phase and costs. Unusual situations must be evaluated and approved project specific.

Position of blade fingers is depending on location of transport equipment (TEQ) on blade -> Use of TEQ concept and/or positioning on blade might be different per region. Final location of blade fingers must be evaluated and approved project specific.

Area	Description
q1	Hardstand for main crane

q2	Hardstand for assistant crane
q3	Storage area for containers and miscellaneous items
q4	Blade storage area and blade fingers hardstand
q5	Storage area for components
q6	Hardstand for boom assembly
q7	Free obstacles area for rotation superlift ballast or suspended ballast of main crane

Table 9 Installation area codes and description

HARDSTAND LEGEND

	Site Road		q4 Trestle area for blades
	q1 Hardstand for Main Crane		q5 Storage area for components
	q2 Hardstand for Assist Crane		q6 Hardstand for Boom Assembly
	q3 Storage/Assembly Area		q7 Hardstand for Superlift ballast

3.2.5.1. T100m-T101.5 tubular steel tower Hardstand with strategy 3

- Tailing crane offloading T100m-101.5m

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 37.5m x 43.5m + (55m x 43.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 31.5m x 43.5m + (46m x 43.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 10 Dimensions of the areas of model T100m-101.5m with strategy 3 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1 phase

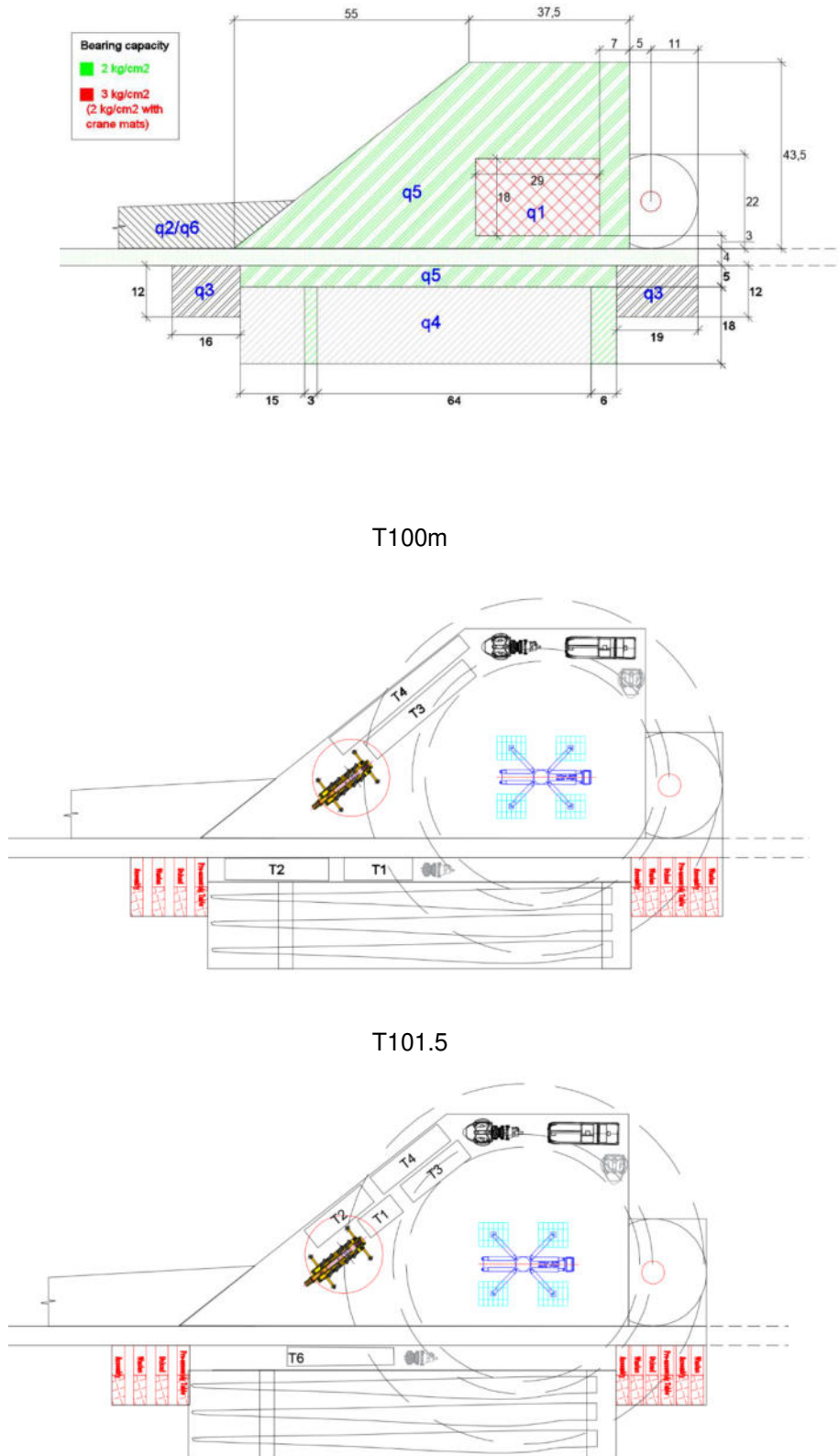
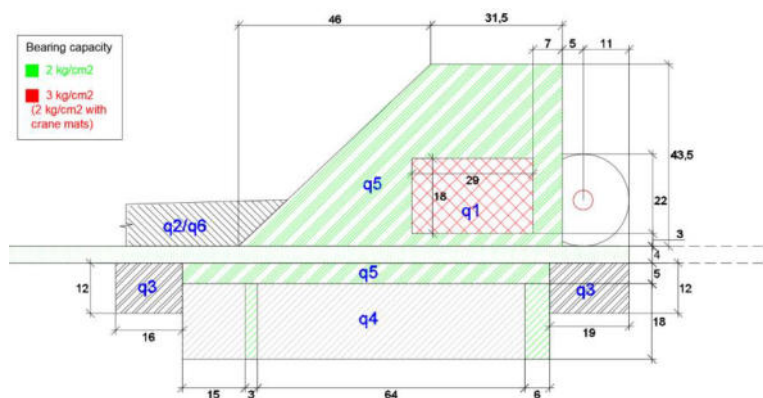
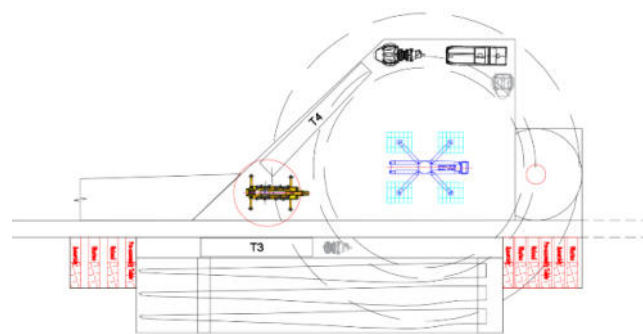
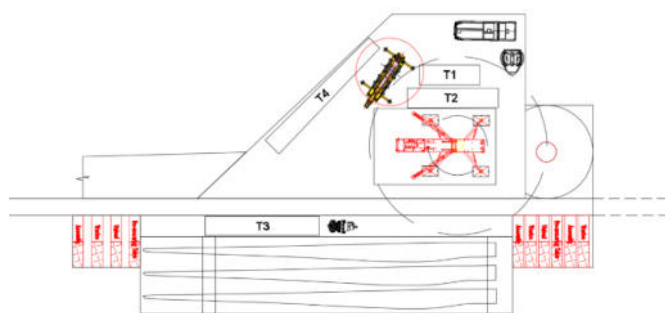


Figure 6 Model T100m-T101.5m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE Standard)



T100M



T101.5m

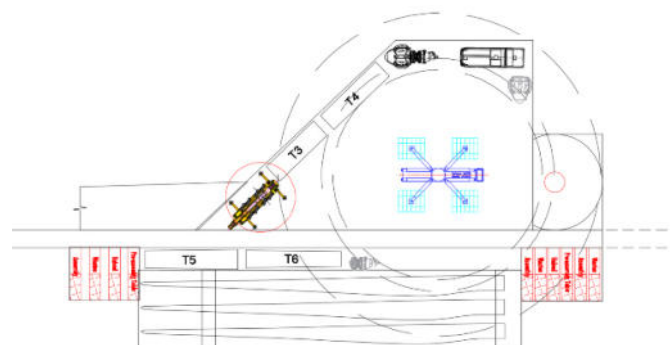
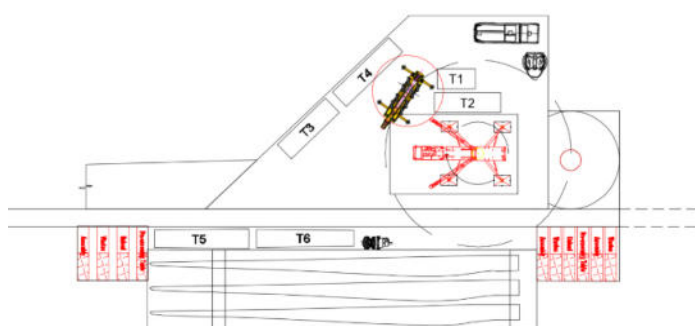


Figure 7 Model T100m-T101.5m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases

3.2.5.2. T100m-T101.5m tubular steel tower Hardstand with strategy 4

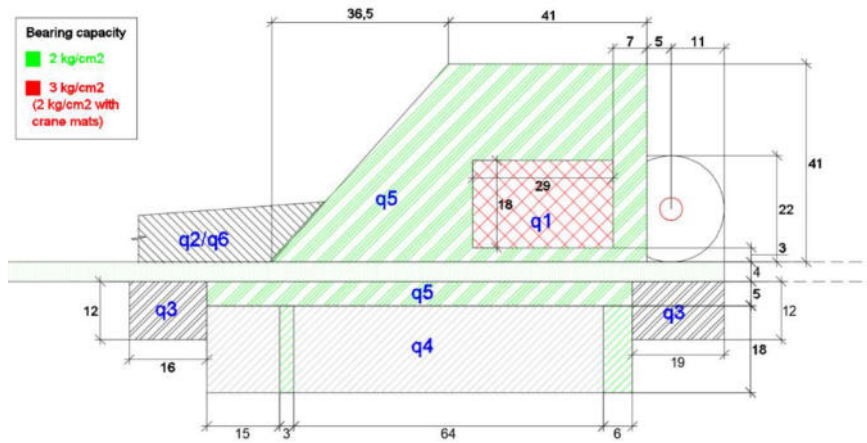
- Tailing crane offloading T100m-T101.5m

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 41m x 41m + (36.5m x 41m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 33.5m x 41m + (36.5m x 41m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

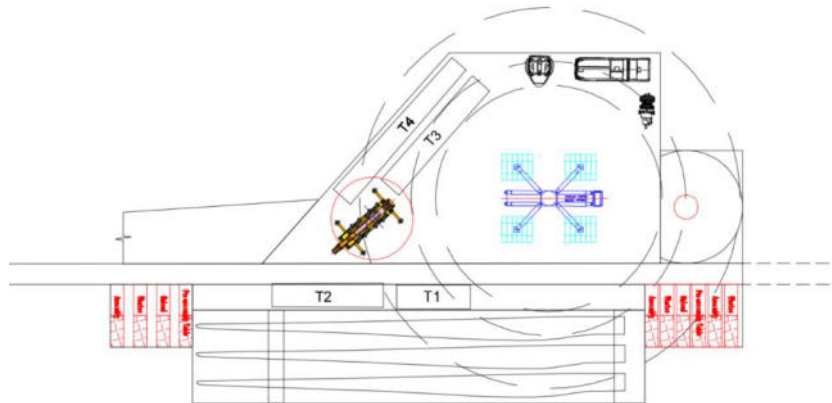
Table 11 Dimensions of the areas of model T100m-T101.5m with strategy 4 – Tailing crane offloading

*Referred to 3.1.4 Road width

- Total storage – Assembly in 1 phase



T100m



T101.5m

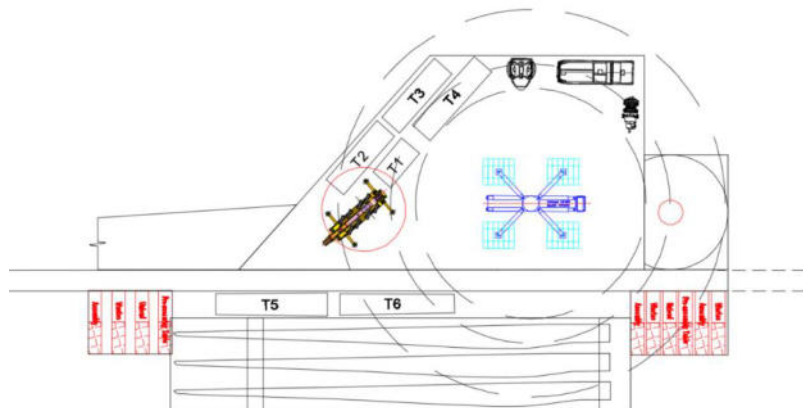
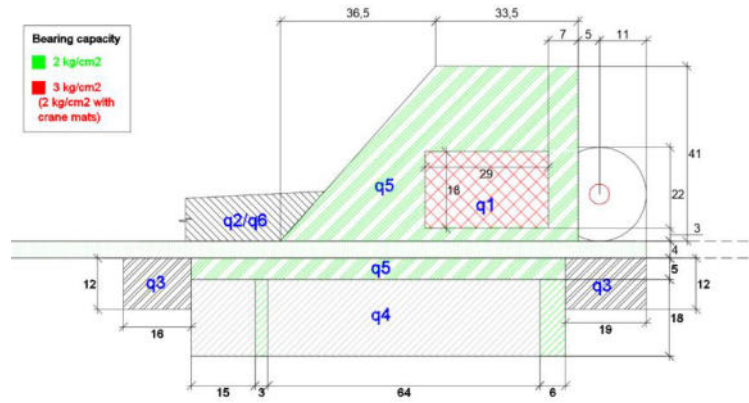
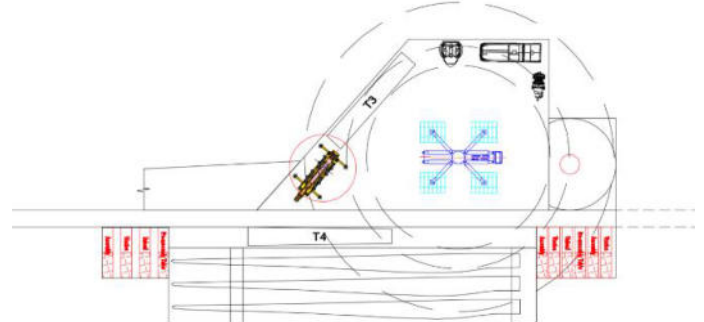
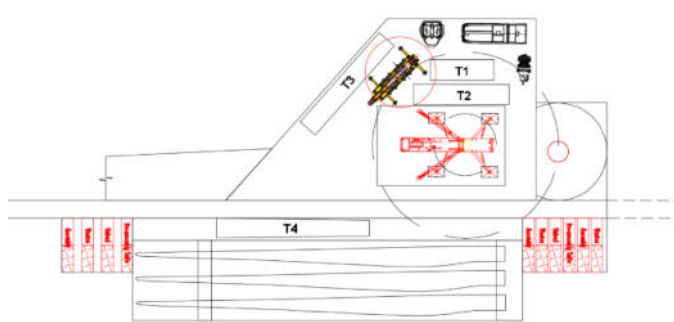


Figure 8 Model T100m-101.5m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE standard)



T100m



T101.5m

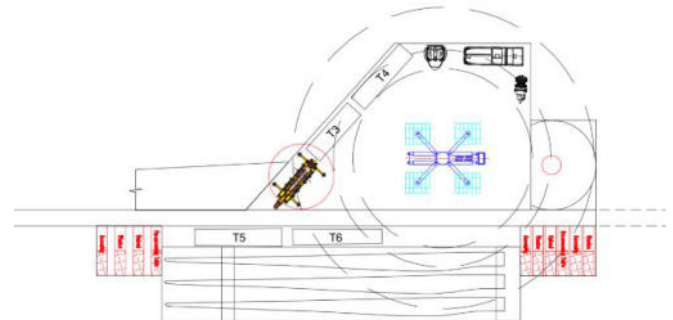
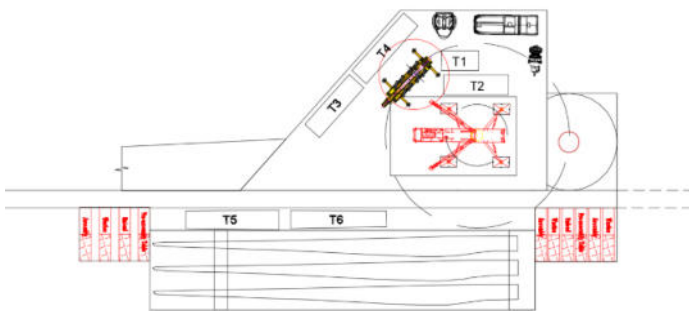


Figure 9 Model T100m-101.5m – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases

3.2.5.3. T115m tubular tower Hardstand with strategy 3

- Tailing crane offloading

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 47m x 43.5m + (54.5m x 43.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 38.5m x 43.5m + (43.5m x 43.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 12 Dimensions of the areas of model T115m with strategy 3 – Tailing crane offloading

- Total storage – assembly in 1 phase

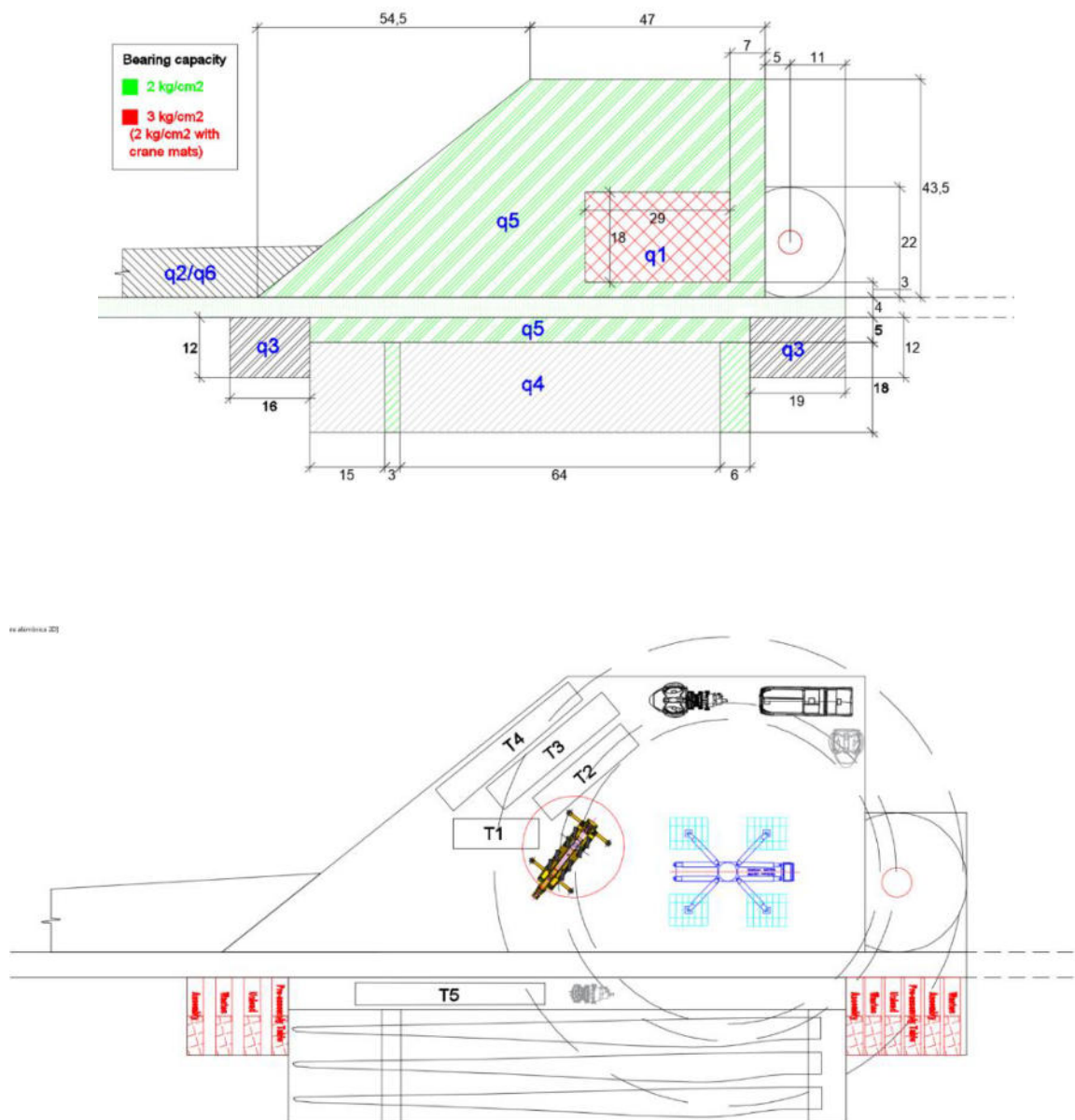


Figure 10 Model 115m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE standard)

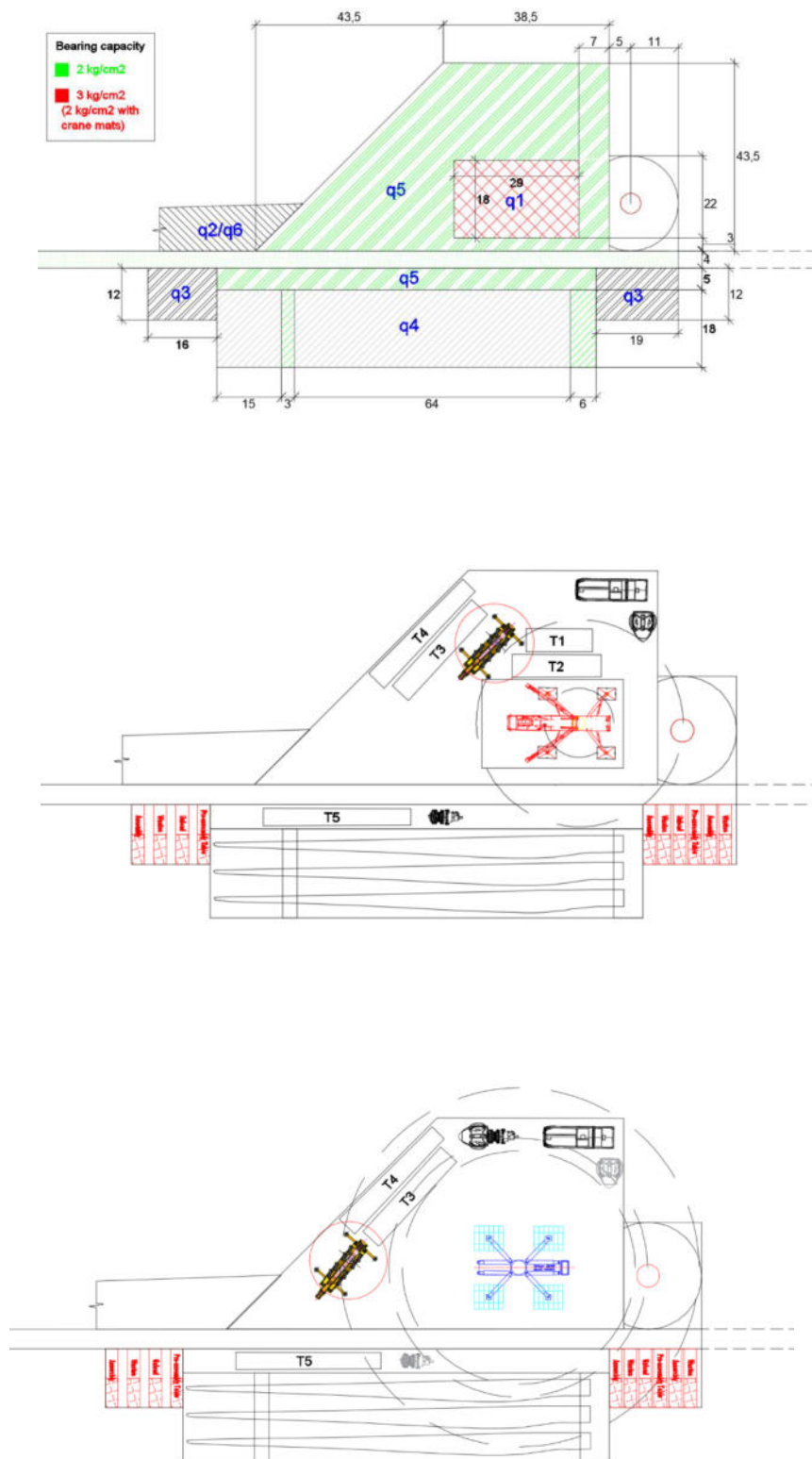


Figure 11 Model T115m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases

3.2.5.4. T115m tubular steel tower Hardstand with strategy 4

- Tailing crane offloading T115m

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 44.5m x 41m + (50m x 41m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 39.5m x 41m + (42.5m x 41m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 13 Dimensions of the areas of model T115m strategy 4 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly strategy in 1 phase

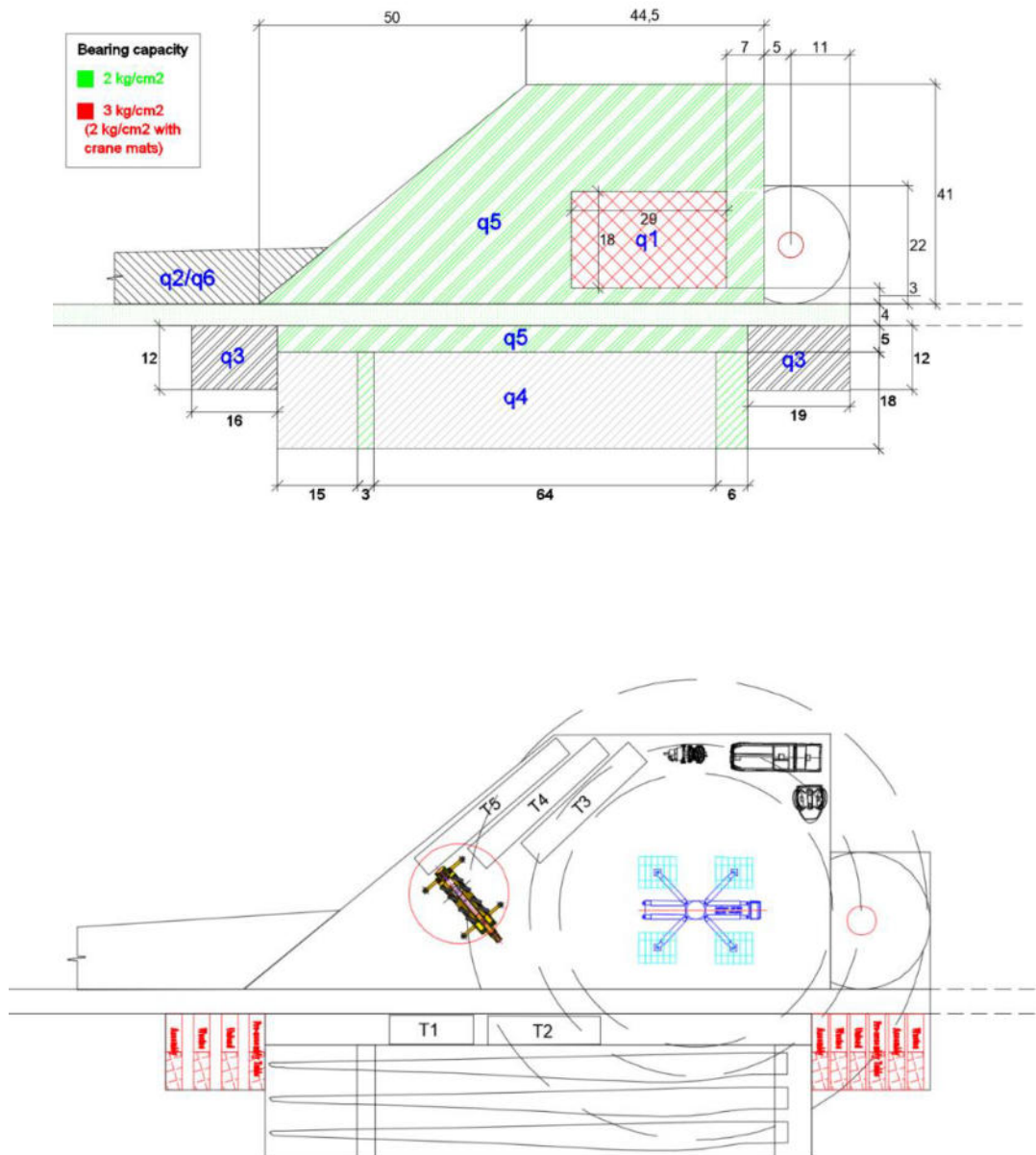


Figure 12 Model T115m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE standard)

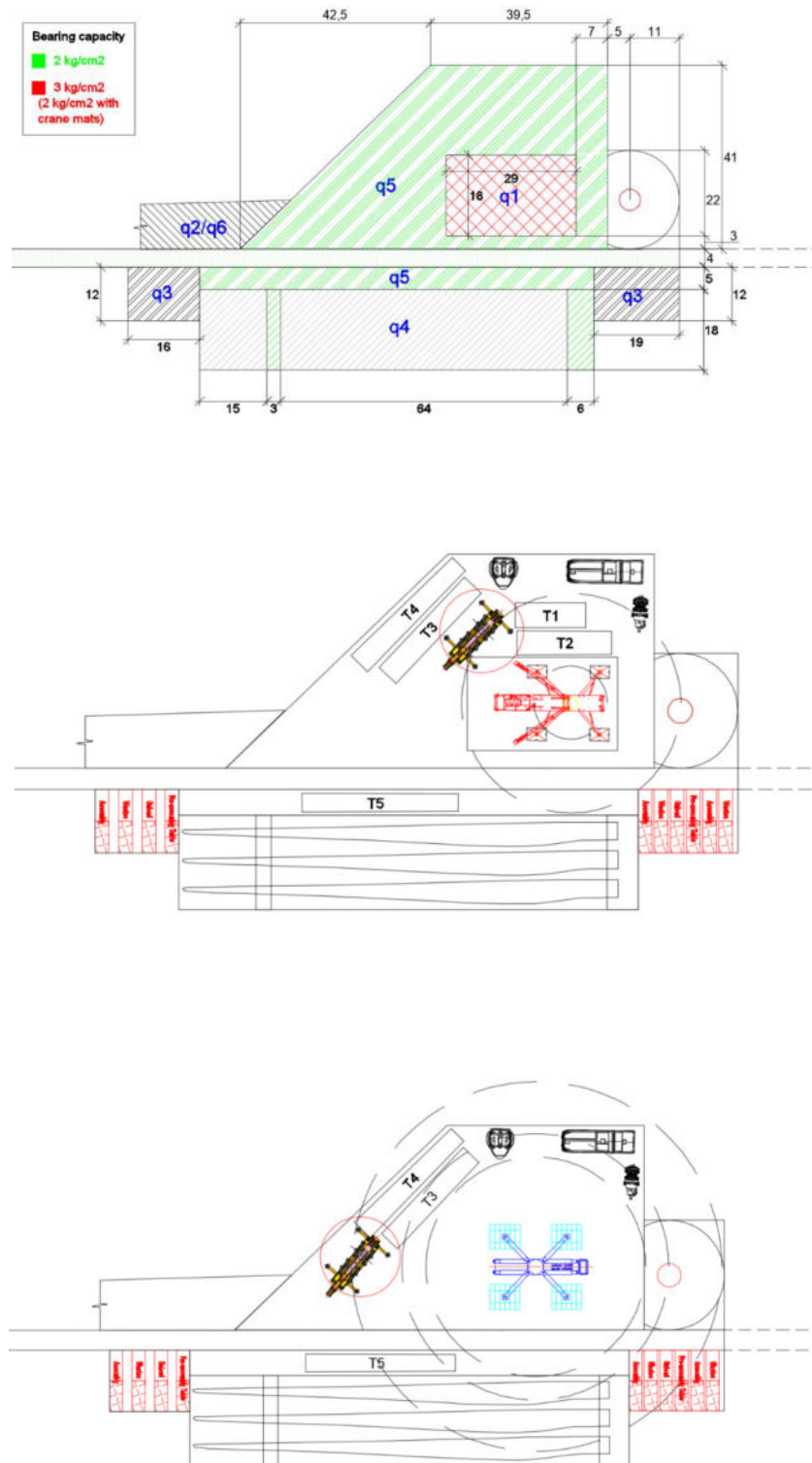


Figure 13 Model T115m – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases

3.2.5.5. T135m tubular steel tower Hardstand with strategy 3

- Tailing crane offloading T135m

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m
+ 19m x 12m
	q4 88m x 18m
	(with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
Partial storage (SGRE standard)	q5 50m x 43.5m
	+ (45m x 43.5m)/2
	- q1
	+88m x 5m
	+ reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m
	+ 19m x 12m
	q4 88m x 18m
	(with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
Partial storage (SGRE standard)	q5 41m x 45.5m
	+ (45m x 45.5m)/2
	- q1
	+ 88m x 5m
	+ reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 14 Dimensions of the areas of model T135m strategy 3 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1 phase

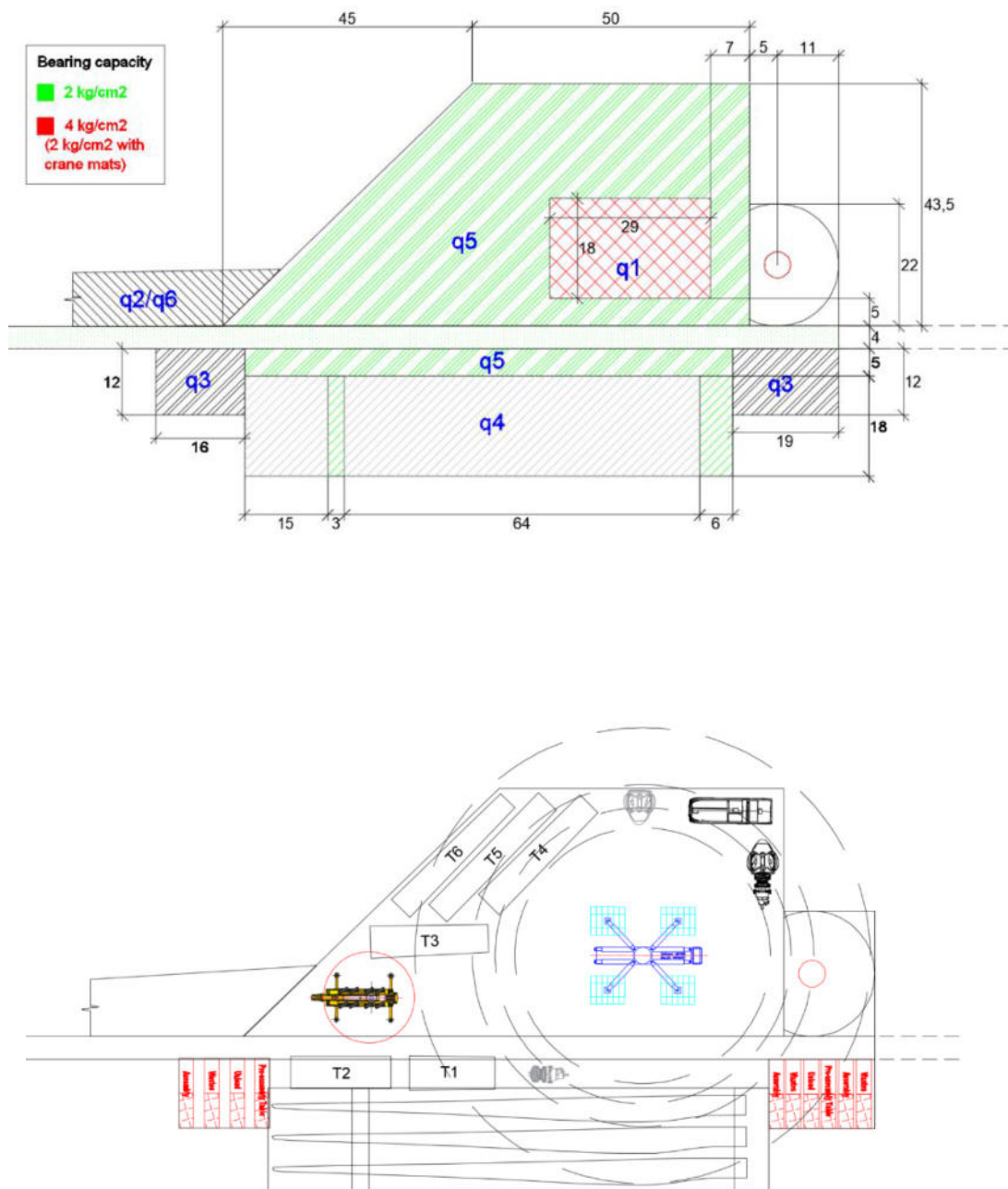


Figure 14 Model T135m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase

3.2.5.6. T135m tubular steel tower Hardstand with strategy 4

- Tailing crane offloading

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 50m x 51m + (38.5m x 51m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 29m x 18m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 40.5m x 49.5m + (41.5m x 49.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 15 Dimensions of the areas of model T135m with strategy 4 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1 phase

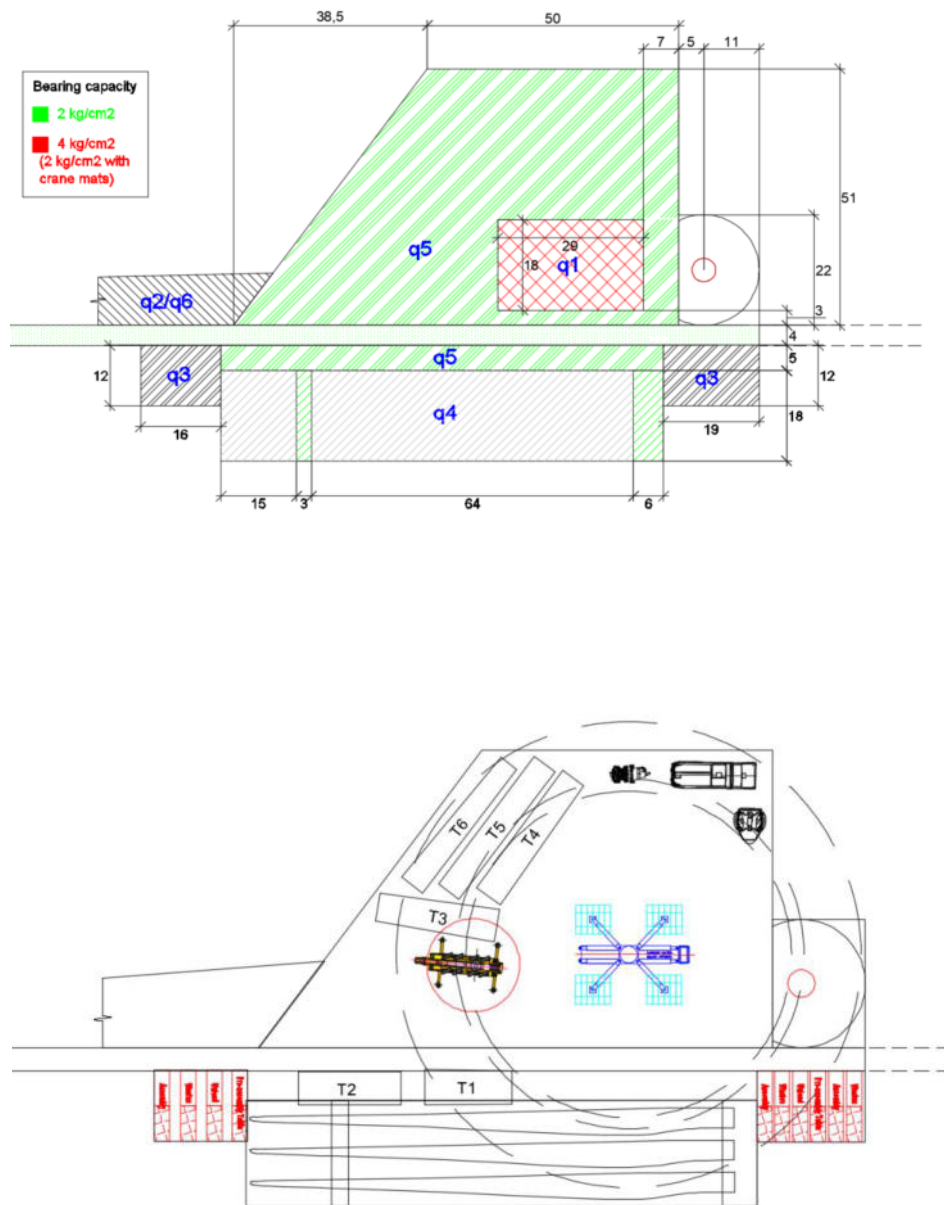


Figure 16 Model T135m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE standard)

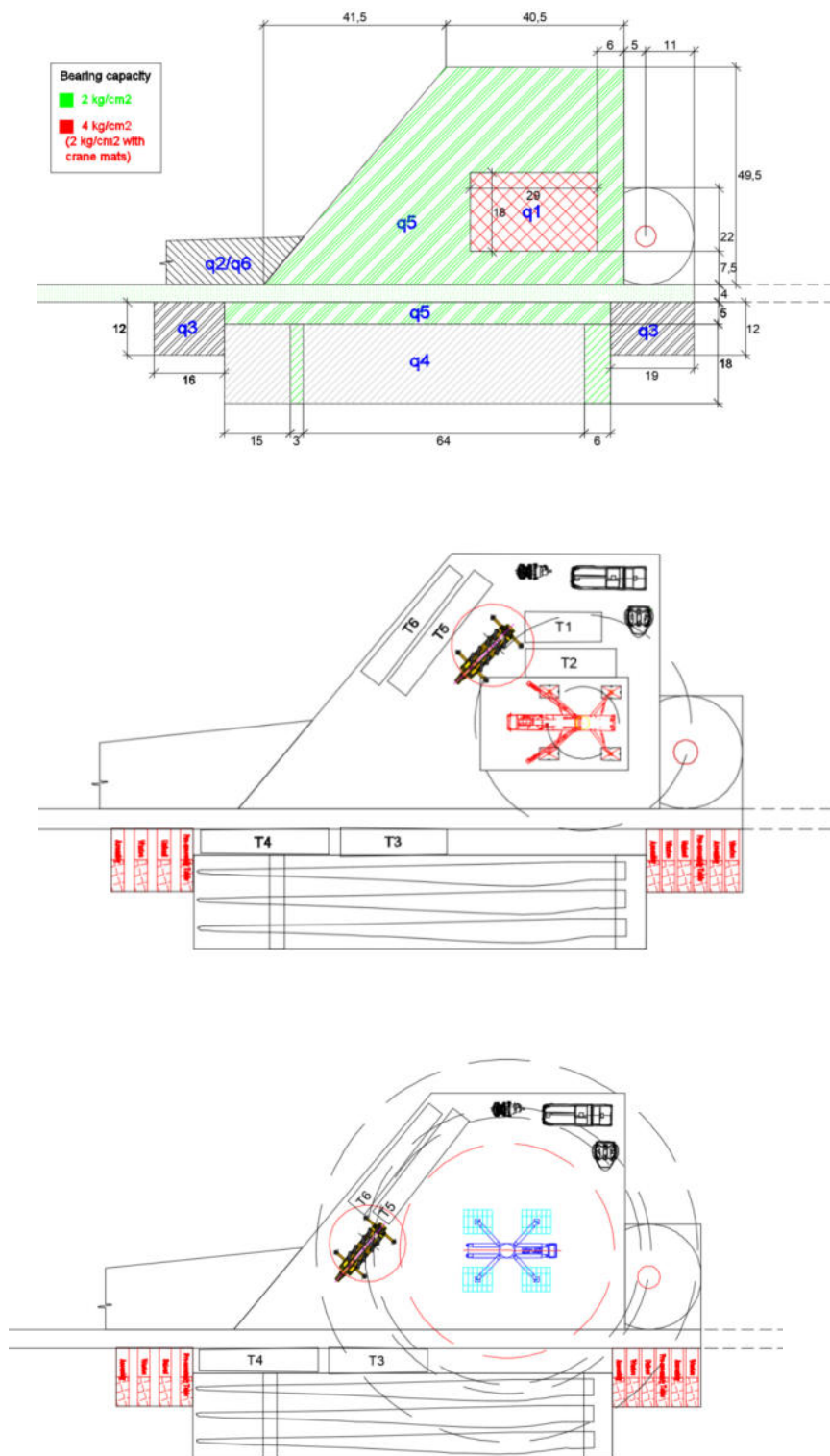


Figure 17 T135m – Partial storage with strategy 4 in 2 phases

3.2.5.7. T145m steel tower Hardstand with strategy 3

- Tailing crane offloading

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 26m x 22m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 60m x 51m + (38.5m x 51m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 34m x 23m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 50m x 49.5m + (41m x 49.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 16 Dimensions of the areas of model T145m with strategy 3 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1 phase

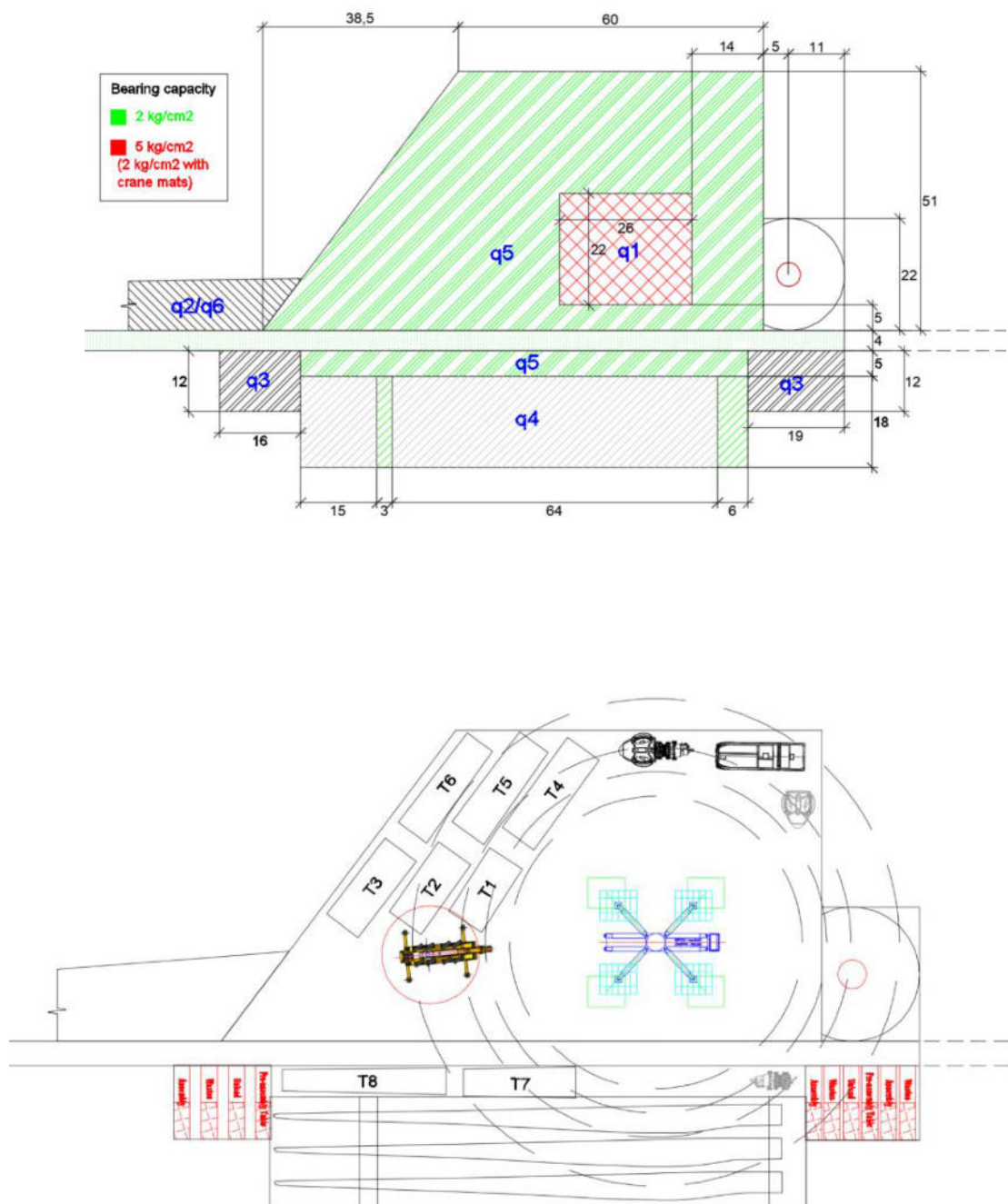


Figure 18 Model T145m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE standard)

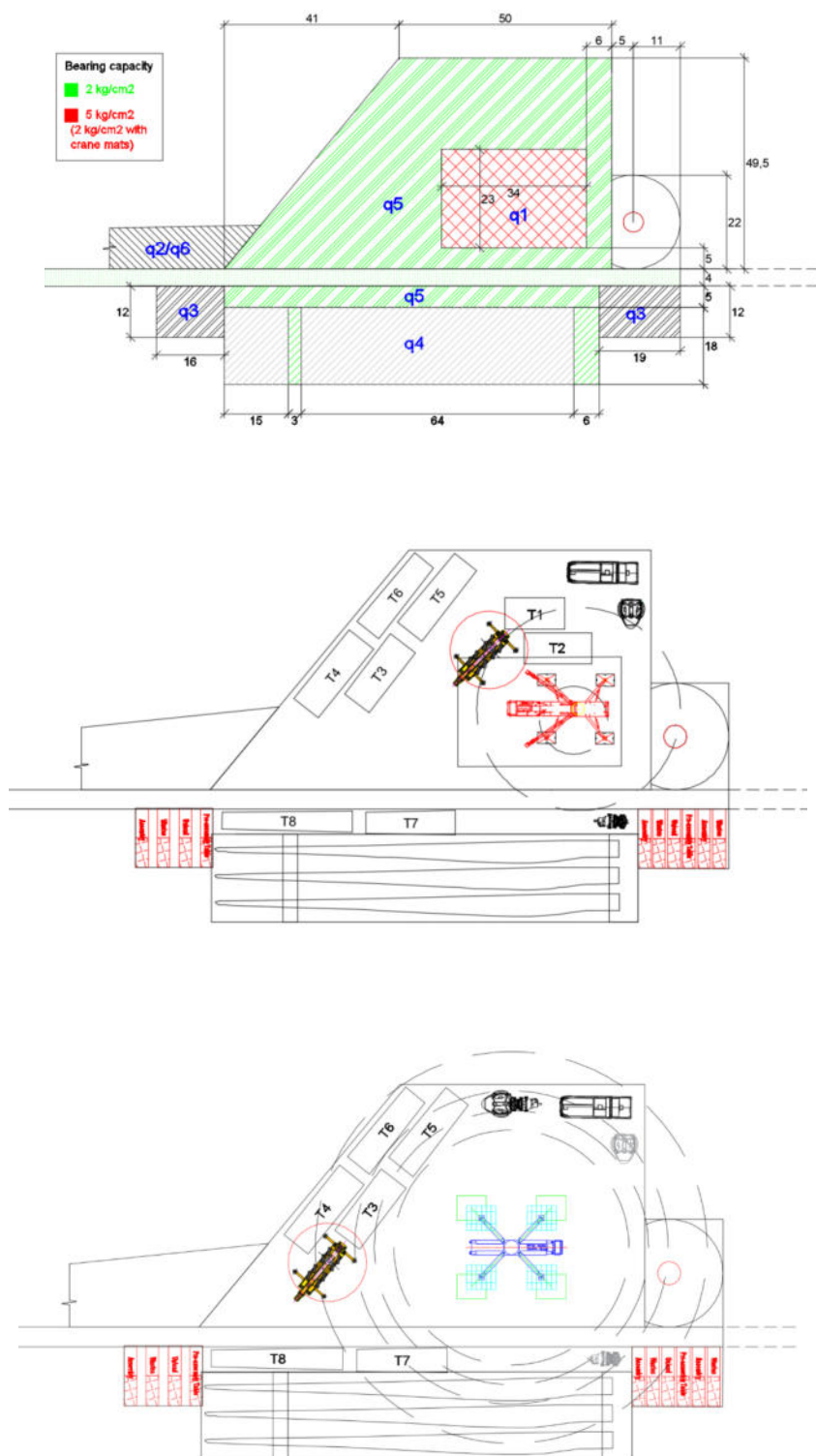


Figure 19 Model T145m – Partial storage assembling with strategy 3 in 2 phases

3.2.5.8. T145m tubular steel tower Hardstand with strategy 4

- Tailing crane offloading

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 26m x 22m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 60m x 51m + (38.5m x 51m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 34m x 23m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 50m x 49.5m + (41m x 49.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 17 Dimensions of the areas of model T145m with strategy 4 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1 phase

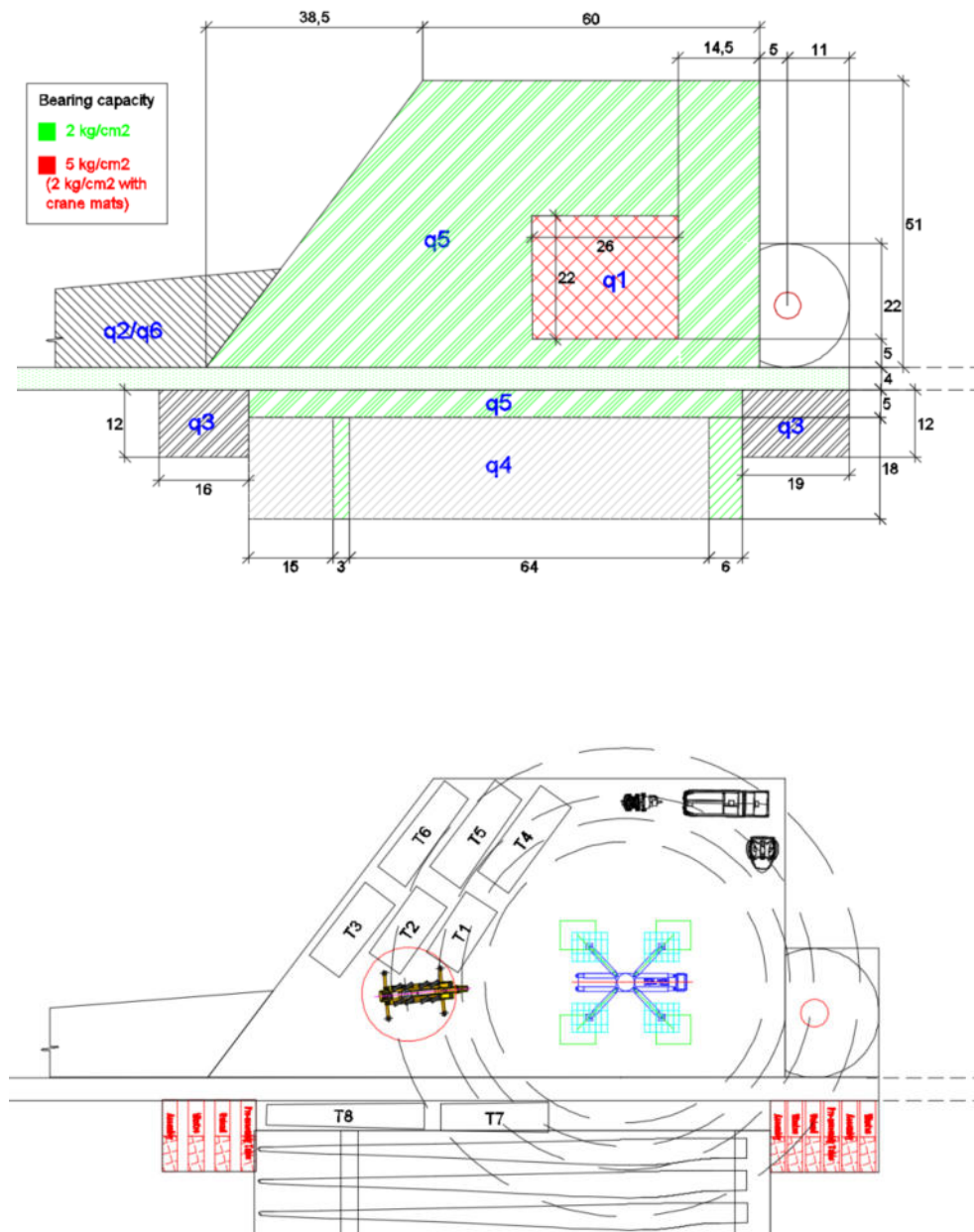


Figure 20 Model T145m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase

- Partial storage – Assembly in 2 phases (SGRE standard)

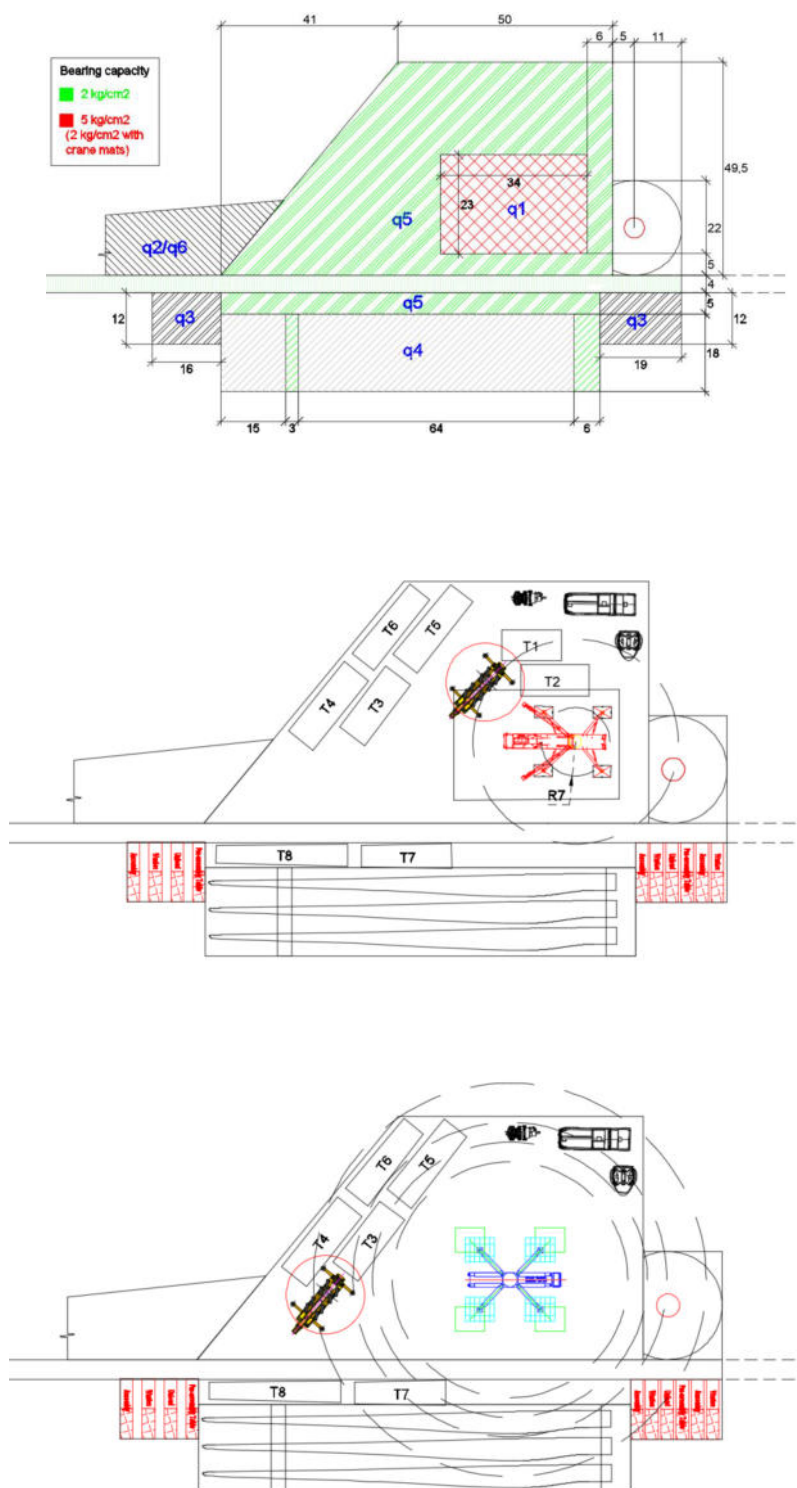


Figure 21 Model T145 – Partial storage assembling with strategy 4 in 2 phases

3.2.5.9. T165m tubular steel tower Hardstand with strategy 3

- Tailing crane offloading

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 51m x 22m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 58.5m x 50m + (18m x 50m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 51m x 22m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 53m x 42m + (14.5m x 42m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 18 Dimensions of the areas of model T165m with strategy 3 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1 phase

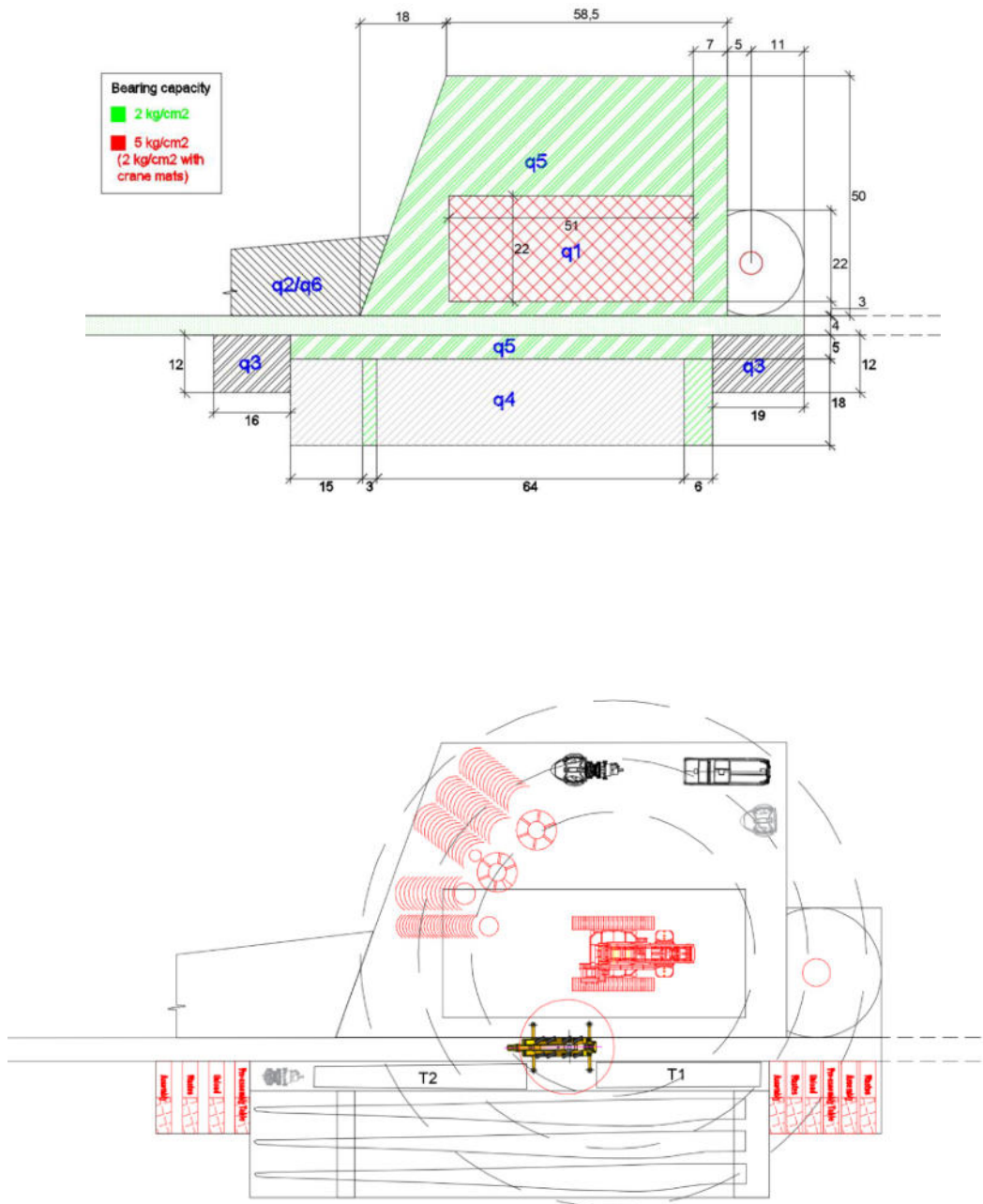


Figure 22 Model T165m – Total storage assembling with strategy 3 in 1 phase

3.2.5.10. T165m tubular steel tower Hardstand with strategy 4

- Tailing crane offloading T115m

Storage conditions	Width x length
Total Storage	q1 33m x 22m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 66.5m x 45.5m + (23m x 45.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*
Partial storage (SGRE standard)	q1 33m x 22m
	q3 16m x 12m + 19m x 12m
	q4 88m x 18m (with fingers of q5 hardstand 3m x 18m + 6m x 18m)
	q5 47.5m x 45.5m + (18m x 45.5m)/2 - q1 + 88m x 5m + reinforced road part*

*Referred to 3.1.4 Road width

Table 19 Diemensions of the areas of the model T165m with strategy 4 – Tailing crane offloading

- Total storage – Assembly in 1phase

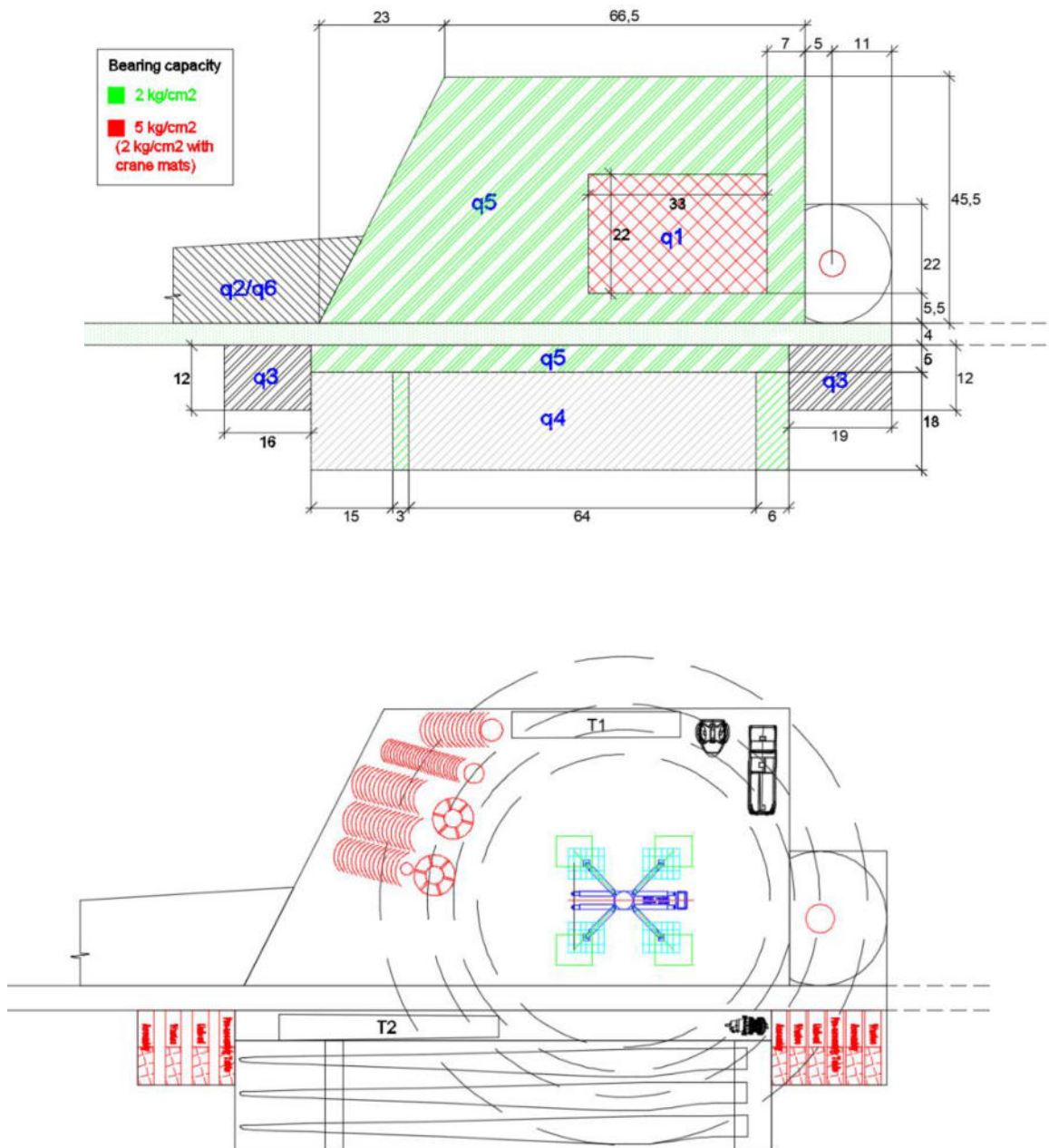


Figure 24 Model T165m – Total storage assembling with strategy 4 in 1 phase

In all hardstands, 2 additional areas of 19 m x 12 m and 16 m x 12 m will be required for storing the containers and miscellaneous items. These areas must be close to the hardstand. They can be positioned alongside the foundation providing they remain accessible for removing material by boom truck or telescopic forklift.

The blade storage area will be formed by two different zones. The first one-part is two "fingers" and these must be levelled and elevated as a minimum 1m over the surrounding terrain to avoid blade touching the ground and be able to operate the blade lifting yoke (clamber).

There must be provided also, the second part an accessible Working Area between the fingers and tip end of the blade. The working area must be levelled with the adjoining road where the blades are offloaded from. It is necessary to remove any high obstacles and trip hazards within this area to ensure safe operation.

If the blade storage area is higher or lower than the adjoining road, this must be approved by Siemens Gamesa as it will have an impact on the delivery of the blades.

The dimensions of the vehicle and crane work areas as well as the storage areas inevitably determine the configurations of the equipment used for assembly. For this reason, this section also defines some of the standard or normal conditions used to define the basic prices as well as relevant exceptional cases.

The recommendable distance from the center of the ring to the start of the useable surface of the hardstand will be 5 m. (Each specific case may be studied).

The concrete foundation pedestal and hardstand must have the same level where possible.

It can be lower with prior approval from SGRE.

If design requirements call for the foundation pedestal level to differ from the ground surface potentially the level of standard hardstand layout will differ from foundation pedestal, too. In case of a project specific evaluation together with SGRE is required (e.g adaptation of hardstand level to foundation pedestal level or change of crane set up and updated of size of the hardstand).

(Note: If opting for an elevated foundation due to design reasons, its height in relation to the hardstand should be considered as tower height.)

Intermediate hardstand adjacent to the road, but at a different level, must have a separate hardstand entrance and exit. Otherwise it must be considered end-of-road hardstand.

For end-of-road hardstands, the foundation should be at the end of the hardstand, avoiding having the foundation at the entrance of the hardstand as much as possible.

The hardstand and road must be at the same level to be able to operate support cranes located partially on hardstand and road.

3.2.6. Requirements for tower assembly with T-flange configuration between section 1 and 2

A compacted area around the tower (on top of foundation) need to be prepared in advance of start of 1st tower section installation. This is needed to enable tower access from all sides for installation of T-flange bolt joints with e.g. cherry picker (man basket).

The compacted area needs to have a minimum width of 10m for operation of cherry picker.

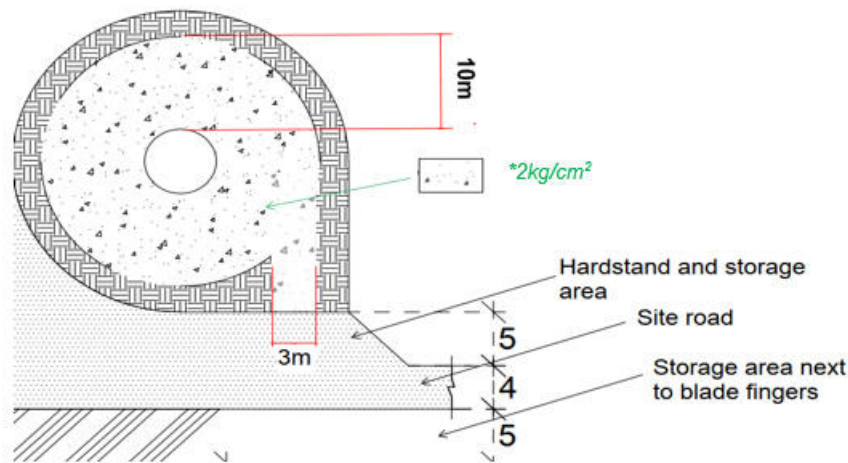


Figure 26 Example of hardstand layout and access road/ramp

Note:

If an elevated foundation is applicable a road/ramp for access to compacted must be created, too. Maximum gradient of 15% must be considered.

*The bearing capacity for the backfilling is a recommendation for complying with the CNS requirements. This number needs to fulfill also the foundation design requirements.

3.2.7. Requirements for assembly the main crane

		T100m	T101.5m	T115m	T135m	T145m	T165m MB
Mobile/ Crawler cranes	Wheeler Crane	Area for assembly and disassembly on each hardstand and along site road					
	NTC						
	WTC	Assembly area at the beginning and end of the Wind Farm or each branch					
Dimensions	In a straight line	119m	120m	134m	150m	160m	177m
	Wide	3m	3m	3m	3m	3m	3m

Table 20 Requirements for assembly the main crane

If there are several branches far away from one another, an area must be prepared for assembling and disassembling the boom of the main crane at the beginning and end of each wind farm branch or on each hardstand depending on the crane model to be used.

The boom assembly configuration and area may vary according to the crane models to be used.

If there are very steep gradients, power lines, etc., more assembly and disassembly areas for the boom of the main crane may be needed on each hardstand.

This area must have a minimum length in a straight line equal to:

- 100m tower: Tower height + 19m and a minimum width of 3m, with two 6m x 6m supporting areas (depending on the crane, the location of the crane and the boom configuration)
- 101.5m tower: Tower height + 19m and a minimum width of 3m, with two 6m x 6m supporting areas (depending on the crane, the location of the crane and the boom configuration)
- 115m tower: Tower height + 19m and a minimum width of 3m, with two 6m x 6m supporting areas (depending on the crane, the location of the crane and the boom configuration)
- 135m tower: Tower height + 15m and a minimum width of 3m, with two 6m x 6m supporting areas (depending on the crane, the location of the crane and the boom configuration)
- 145m tower: Tower height + 15m and a minimum width of 3m, with two 6m x 6m supporting areas (depending on the crane, the location of the crane and the boom configuration)
- 165m tower: Tower height + 12m and a minimum width of 3m, with two 6m x 6m supporting areas (depending on the crane, the location of the crane and the boom configuration)

There must be areas without vegetation, flat and compacted with a surface area of 8 m x 12 m, every 24 m along the boom for assembly for the tailing cranes operation:

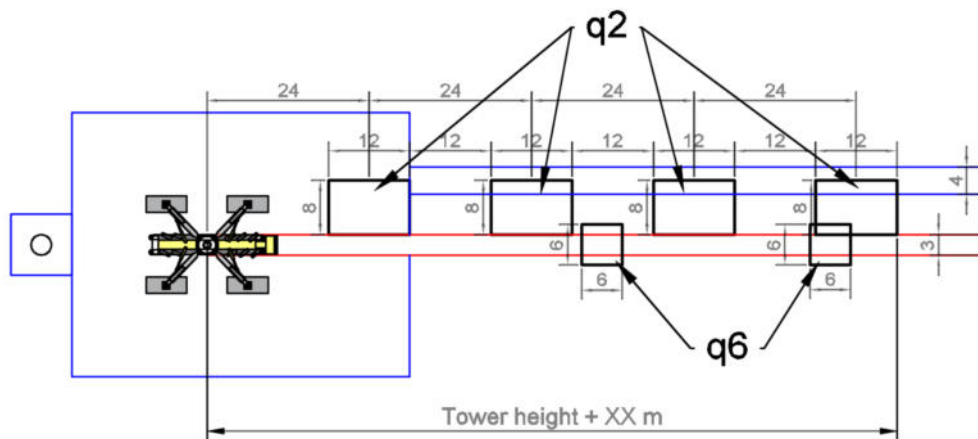


Figure 27 Distribution areas for main crane boom assembly

This area must also be as horizontal as possible, and any gradient should preferably be upward (in the direction in which the boom assembly advances). Were it downward, the boom assembly conditions would be more complex, increasing the crane means required for the assembly process. This would not be a SGRE standard and a specific study would need to be done.

Furthermore, the subgrade for assembly and disassembly of the boom, including the pre-installation crane positioning areas, must have a supporting capacity over the entire area at work level of 2 kg/cm² (approx. 0.2 MPa).

The areas for mounting and dismounting the main crane should be next to a hardstand but not overlap the hardstand area. Furthermore, they will be laid out as parallel as possible to the road reaching the hardstand, but without overlapping it, **in order to avoid invading the outgoing WF road in case of.**

3.3. Safety distance from power lines

The Orders and Regulations in force in each country must be considered where high and low-voltage lines pass over the internal wind farm roads or wind farm access roads.

Distance limits for working areas are included as a reference.

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Table 21 3.3 Safety distance from power lines to work areas

(Note)

The distances for intermediate voltage values will be calculated using linear interpolation.

Where:

- U_n - Rated voltage of the installation (kW).
- D_{PEL-1} - Distance to the outer limit of the danger area whenever there is a risk of voltage stressing due to lightning (cm).
- D_{PEL-2} - Distance to the outer limit of the danger area when there is no risk of overvoltage due to lightning (cm).

- D_{PROX-1} - Distance to the outer limit of the danger area whenever it is possible to mark out the work area accurately and control that this is not exceeded during the carrying-out of the work (cm).
- D_{PROX-2} - Distance to the outer limit of the danger area whenever it is not possible to mark out the work area accurately and control that this is not exceeded during the carrying-out of the work (cm).

4. Additional documentation

Document to be completed based on the wind farm conditions. This document will present the data for road width, longitudinal and transversal gradients, load-bearing capacity of hardstands and hardstand sizing for each wind turbine and crane model needed for assembly.

These data will give a visualization of each wind turbine of the wind farm and they will convey any needed extra methods or measures in addition to the SGRE standards.

5. Annexes

5.1. Weights and dimensions for SG 6.0-170

100m tower

Element	W (kg)	L (m)	Ø Lower flange (m)	Ø Upper Flange (m)
Section 1	84,030	14.30	4.70	4.70
Section 2	79,750	21.56	4.70	4.49
Section 3	76,060	26.88	4.49	4.49
Section 4	75,790	34.45	4.49	3.50

Table 22 Weights and dimensions of T100m

101.5m tower

Element	W (kg)	L (m)	Ø Lower flange	Ø Upper Flange
Section 1	61,270	8.46	4.50	4.50
Section 2	69,800	14.84	4.50	4.50
Section 3	57,630	15.12	4.50	4.50
Section 4	53,450	17.64	4.50	4.50
Section 5	48,050	21.00	4.50	4.10
Section 6	49,720	21.85	4.10	3.50

Table 23 Weights and dimensions of T101.5

115m tower

Element		W (kg)	L (m)	Ø Lower flange (m)	Ø Upper Flange (m)
50A	Section 1	84,960	13.56	4.70	4.70
	Section 2	84,330	18.20	4.70	4.44
	Section 3	84,550	23.80	4.44	4.43
	Section 4	71,770	26.88	4.43	4.02
	Section 5	63,860	29.97	4.02	3.50
51A	Section 1	86,800	11.78	4.80	4.80
	Section 2	84,640	17.92	4.80	4.79
	Section 3	81,560	21.84	4.79	4.79
	Section 4	77,290	28.00	4.79	4.79
	Section 5	72,510	32.77	4.79	3.50

Table 24 Weights and dimensions of T115m

135m tower

Element		W (kg)	L (m)	Ø Lower flange (m)	Ø Upper Flange (m)
50A	Section 1	90,710	15.00	6.00	5.68
	Section 2	83,940	47.64	5.68	5.68
	Section 3	85,050	20.72	5.68	4.83
	Section 4	84,470	24.92	4.83	4.42
	Section 5	69,790	27.44	4.42	4.42
	Section 6	56,930	26.69	4.42	3.50

Table 25 Weights and dimensions of T135

145m tower

Element	W (kg)	L (m)	Ø Lower flange (m)	Ø Upper Flange (m)
Section 1	83,350	12.32	6.40	6.40
Section 2	82,480	14.00	6.40	6.40
Section 3	83,110	15.68	6.40	6.40
Section 4	83,910	18.20	6.40	6.40
Section 5	73,260	18.48	6.40	5.75
Section 6	62,220	18.48	5.75	5.10
Section 7	50,400	18.48	5.10	4.45
Section 8	64,480	26.89	4.45	3.50

Table 26 Weights and dimensions of T145

165 MB tower

Element	W (kg)	L (m)	Ø Lower flange (m)	Ø Upper Flange (m)
Concrete (MB)	-	98.94	9.29	4.53
Section 1	83,160	27.77	4.30	4.29
Section 2	72,290	36.00	4.29	3.50

Table 27 Weights and dimensions of T165 MB

Nacelle, incl. TU and GEN

Element	W (kg)	L (m)	Width (m)	Height (m)
Nacelle	103,508	15.03	4.20	3.50

Table 28 Weights and dimensions of Nacelle

Full Drive Train

Element	W (kg)	L (m)	Width (m)	Height (m)
Drive Train	80,790	7.60	3.20	3.13

Table 29 Weights and dimensions of full drive train

Hub

Element	W (kg)	L (m)	Width (m)	Height (m)
Hub	55,000	5.20	4.72	4.10

Table 30 Weights and dimensions of HUB

Blades

Element	W (kg)	L (m)	Width (m)	Height (m)
Blade SG5.X-170	25,000	83.50	4.50	3.40

Table 31 Weights and dimensions of Blades

Transformer Unit

Element	W (kg)	L (m)	Width (m)	Height (m)
---------	--------	-------	-----------	------------

TU	16,300	-	-	-
----	--------	---	---	---

Table 32 Weights and dimensions of Transformer unit

Generator

Element	W (kg)	L (m)	Width (m)	Height (m)
GEN	16,500	-	-	-

Table 33 Weights and dimensions of Generator

5.2. Transport requirements

(Note): The data represented below is the result of the of the study was obtained from the modelling, showing the following widening according to the cargo and bed. The values are a reference considering the transport from the item **3.1.5 Gradients and grade changes**. For each windfarm and region, please bear in mind some changes could be possible. Concerning this, a new study must be done by Logistics department according with the transport available per region/project to avoid some nonconformities.

5.3. Quality tests and requirements for civil works projects

The quality control and the requirements for the civil works design is defined according to the **GD483525-EN, Quality Test Plan for Roads and Hardstands**.

5.4. Legislations

Siemens Gamesa and its affiliates reserve the right to change the above specifications without prior notice.