

PROPONENTE
ESE SALADINO S.R.L.
Via Lavaredo, 44/52
30174 Venezia



PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

LAAP ARCHITECTS®
urban quality consultants

LAAP ARCHITECTS Srl
via Francesco Laurana 28
90143 - Palermo - Italy
t 091.7834427 - fax 091.7834427
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 383

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo



N° COMMESSA

1570

PARCO EOLICO SALADINO
POTENZA EOLICA 64,8 MW + 41,6 MW SISTEMA DI ACCUMULO
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI AGRIGENTO
IMPIANTO E OPERE DI CONNESSIONE COMUNI DI NARO (AG), CAMASTRA (AG) E LICATA (AG)

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

DISCIPLINARE PRESTAZIONALE

CODICE ELABORATO

PD.18

NOME FILE: 1570_CART_elaborato_r00.dwg

00	31/05/2024	PRIMA EMISSIONE	LAAP ARCHITECTS	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE

INDICE

1. PREMESSA.....	4
1.1. Dati di Progetto	6
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	7
3. FONDAZIONI.....	12
3.1. Generalità	12
3.2. Fondazioni sostegni elettrodotto a 220 kV	14
3.3. Classificazione del calcestruzzo	14
3.4. Classi di esposizione ambientale	14
3.5. Classi di resistenza del calcestruzzo	15
3.6. Consistenza del calcestruzzo	17
3.7. Specifiche per la produzione del calcestruzzo:	18
3.7.1. Acqua	18
3.7.2. Cemento	18
3.7.3. Aggregati	18
3.7.4. Additivi.....	19
3.8. Copriferro minimo di aderenza delle armature	19
3.8.1. Copriferro minimo per garantire la durabilità dell'opera	19
3.9. Dimensione massima degli aggregati	20
3.10. Messa in opera e disarmo	21
3.11. Calcestruzzo non strutturale - Magrone.....	21
3.12. Tipologia di acciaio	21
4. PIAZZOLE, VIABILITÀ DI SERVIZIO AGLI AEROGENERATORI	23
4.1. Piazzole	23
4.2. Viabilità di servizio	23
4.3. Materiali per rilevati e sovrastrutture	26
4.3.1. Rilevati e sovrastrutture per piazzole e strade	26
4.3.2. Sovrastrutture per piazzole e strade.....	27
4.3.3. Sistemazione del piano di posa	27
4.3.4. Pavimentazione	29
5. OPERE IDRAULICHE	30
6. AEROGENERATORI.....	31
7. CAVIDOTTI	33
7.1. Directional drilling (T.O.C.)	35
7.2. Tipologia di cavo a 36kV impiegato	35



7.2.1. Giunti tra i cavi 36 kV.....	36
7.2.1. Terminali dei cavi 36 kV.....	37
7.3. Fibra ottica.....	38
7.4. Sistema di terra.....	38
8. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE 36 KV	39
8.1. Sistema a 36 kV.....	39
8.2. BESS - Battery Energy Storage System	40
8.2.1. Sistema di Conversione Pcs	42
8.2.2. Dati Tecnici del Bess	43
8.3. Servizi ausiliari.....	43
8.4. Edificio di comando	44
9. OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN	47
9.1. Stallo produttore RTN 220/36 kV “	47

1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo del parco eolico denominato “Saladino” composto da nove aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 64,8 MW, e delle opere di rete ubicate nei Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG). Il progetto è proposto dalla società ESE SALADINO SRL con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 cap 30174.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Parco eolico** con n° **9 aerogeneratori**, il cui modello selezionato avrà potenza nominale di 7,2 MW con altezza al mozzo pari a 125 m, diametro rotore pari a 162 m e altezza massima al vertice della pala pari a 206 m. Questa tipologia di aerogeneratore, allo stato attuale, è quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell’impianto.

L’area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nella contrada Saladino (T1-T2) e nella Contrada Risichittè (T5-T6) nel **Comune di Naro**, nella contrada Campofranco (T3-T7-T8) e nella Contrada Vizzino (T9) nel **Comune di Camastra** e nella Contrada Sottàfari e Marotta nel **Comune di Licata** su aree a destinazione agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l’impianto sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un’orografia prevalentemente pianeggiante con la presenza di alcuni rilievi naturali, le posizioni delle macchine vanno da un’altitudine di 63.00 m. slm. a 202.00 m. slm.

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

2. **Cavidotti interrati 36kV**, ubicati nel comune di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG), per il vettoriamento dell’energia elettrica prodotta dal campo eolico fino alla Sottostazione Utente;
3. La **Sottostazione Utente SSEU**, ubicata nel comune di Licata;
4. Una nuova **stazione elettrica SE TERNA** di smistamento con **stallo di trasformazione a 220/150/36 kV**, ubicata nel comune di Licata, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV “Chiaromonte Gulfi - Favara” con dei nuovi raccordi di progetto;

Secondo le indicazioni del D.L 199/2021 al comma 8 dell’art. 20 che disciplina l’individuazione di superfici e aree idonee per l’installazione di impianti a fonti rinnovabili e verificata la compatibilità con:

- i beni culturali con dichiarazioni di notevole interesse pubblico ai sensi del titolo II del D.lgs 42/2004 (*VINCOLI IN RETE* <http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html> ed elenco beni architettonici della Provincia di Agrigento);
- i beni paesaggistici ai sensi del D.lgs 42/2004 art. 10, art. 136 e art. 134, lett. c, estrapolati dal SITR regionale (Piano paesaggistico di Agrigento);
- il portale dei beni culturali (SITAP) e il portale della Paesaggistica (<https://paesaggistica.sicilia.it/>)

Si evidenzia che l’impianto eolico Saladino non rientra nella fascia di rispetto dei 3 km dei beni sottoposti a tutela ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, né ricadono nella fascia di rispetto dei beni sottoposti a tutela ai sensi della parte seconda oppure dell’articolo 136. Pertanto l’impianto si colloca in area idonea. Si fa riferimento all’elaborato cartografico cod. SIA.14.A “Carta delle aree non idonee ai sensi dell’art.20 comma 8 del D.lgs. 199/2021 e smi”.



La connessione alla RTN è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica **202400719**, ricevuta per l'impianto in oggetto da Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.

Il presente elaborato riporta il disciplinare prestazionale con lo scopo di indicare e descrivere i contenuti prestazionali tecnici dei materiali e delle lavorazioni previsti nella realizzazione del parco eolico denominato Saladino.



1.1. Dati di Progetto

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto

ESE SALADINO SRL	
Luogo di installazione:	Parco Eolico: Contrada Saladino Località: Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)
Denominazione impianto:	Parco eolico: Saladino
Dati area di progetto:	Parco eolico: Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)
Potenze impianto (kW):	Parco eolico: 64.800 kW Immissione BESS: 41.600 kW Prelievo BESS + AUSILIARI: 44.100 kW
Dati generali sistema di accumulo BESS	Potenza massima in immissione in rete: 41.600 kW Potenza massima in prelievo dalla rete (AC): 41.600 kW Capacità energetica: 184,32 MWh
Informazioni generali del sito:	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
Tipologia aerogeneratore	Impianto Eolico: Aerogeneratore tripala con regolazione attiva del passo pala e dell'orientamento del rotore avente diametro di 162 m con mozzo a 125 m di altezza
Connessione:	Connessione ad uno stallo a 36 kV di una stazione TERNA
Caratterizz. -urbanistico/vincolistica:	Piano Regolatore di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Gli aerogeneratori (in numero di nove) dell'impianto sono denominati con le sigle T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 e T9. Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Naro (AG) è interessato da n. 4 aerogeneratori, identificati dalle sigle T1, T2, T5, T6 e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;
- il Comune di Camastra (AG) è interessato da n. 4 aerogeneratori, identificati dalle sigle T3, T7, T8, T9 e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;
- il Comune di Licata (AG) è interessato da n. 1 aerogeneratori, identificati dalle sigle T4, dalla Sottostazione Utente, SSEU, dalla Stazione Elettrica, SE, Terna e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;

L'impianto sarà collocato in agro del Comune di Naro, Camastra e di Licata, in provincia di Agrigento, all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 271-I-NO-Naro, 271-I-SO-Palma di Montechiaro e 271-I-SE-Favarotta
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 637100, 637110, 637140, 637150, 642020, 642030.
- Fogli di mappa nn. 122, 123 e 199 del comune di Naro, fogli di mappa nn. 6, 11, 12 del Comune di Camastra (AG) e fogli di mappa nn. 1, 13 e 14 del Comune di Licata (AG).

Tabella 2. Coordinate aerogeneratori

Inquadramento geografico						
	Coordinate Torri Eoliche (SR WGS84 DMS)		Coordinate Torri Eoliche (SR ETRS89 / UTM33)		Alt.	Comune
T1	37.230109°	13.790509°	392707.24 m E	4121084.79 m N	257 m	Naro (AG)
T2	37.237748°	13.794286°	393053.12 m E	4121928.04 m N	292 m	Naro (AG)
T3	37.234591°	13.807561°	394226.27 m E	4121562.91 m N	255 m	Camastra (AG)
T4	37.227518°	13.835500°	396694.94 m E	4120747.34 m N	277 m	Licata (AG)
T5	37.233278°	13.821033°	395419.48 m E	4121402.28 m N	228 m	Naro (AG)
T6	37.239462°	13.824312°	395718.88 m E	4122084.71 m N	247 m	Naro (AG)
T7	37.238807°	13.815092°	394900.17 m E	4122022.25 m N	240 m	Camastra (AG)
T8	37.247358°	13.814466°	394856.50 m E	4122971.61 m N	249 m	Camastra (AG)
T9	37.259226°	13.808639°	394356.22 m E	4124294.74 m N	296 m	Camastra (AG)

Tabella 3. Coordinate baricentriche SSEU

Inquadramento geografico					
	Coordinate SSEU (SR WGS84 DMS)		Coordinate SSEU (SR ETRS89 / UTM33)		Alt.
SSEU	37.182498°	13.866641°	399397.91 m E	4115719.16 m N	359 m
					Licata (AG)

Tabella 4. Particelle catastali aerogeneratori

	Inquadramento catastale				
	Foglio	Particella	Coltura	Destinazione Progetto	Comune
T1	123	48 - 49	SEMINATIVO - MANDORLETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T2	122	153	ULIVETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T3	12	170 - 171 - 177	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Camastra (AG)
T4	1	71	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Licata (AG)
T5	199	143	SEMINATIVO - ULIVETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T6	199	70 - 71 - 72	SEMINATIVO - ULIVETO	Piazza torre eolica e servizi	Naro (AG)
T7	12	50 - 75 - 76	SEMINATIVO - PASCOLO	Piazza torre eolica e servizi	Camastra (AG)
T8	11	285	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Camastra (AG)
T9	6	130 - 526 - 415 - 509 - 416 - 471 - 510	SEMINATIVO - MANDORLETO	Piazza torre eolica e servizi	Camastra (AG)

Tabella 5. Particelle catastali SSEU

	Inquadramento catastale				
	Foglio	Particella	Coltura	Destinazione Progetto	Comune
SSEU	13	142 - 169 - 33 - 180	SEMINATIVO - MANDORLETO - ULIVETO - VIGNETO	Area SSEU	Licata (AG)

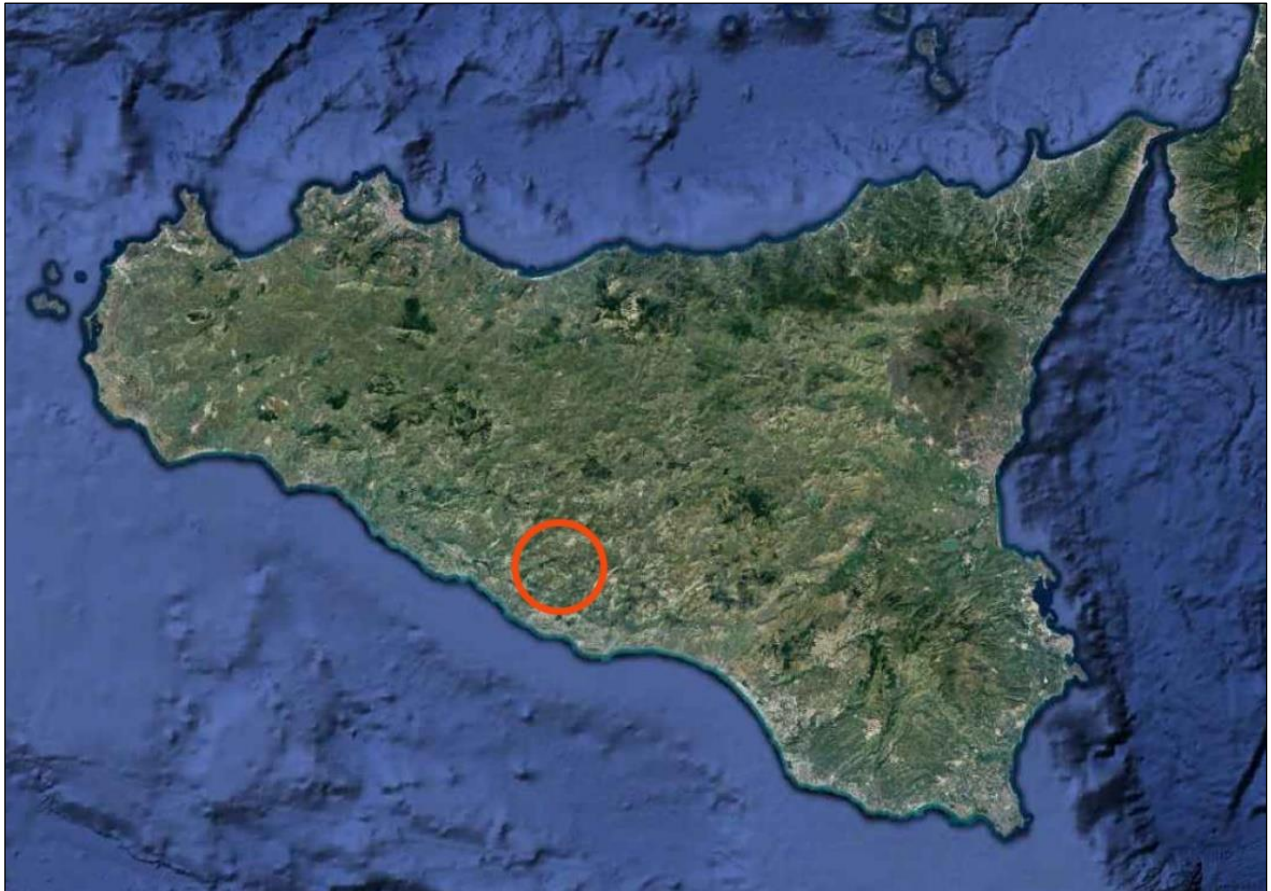


Figura 1. Ubicazione dell'impianto da foto satellitare

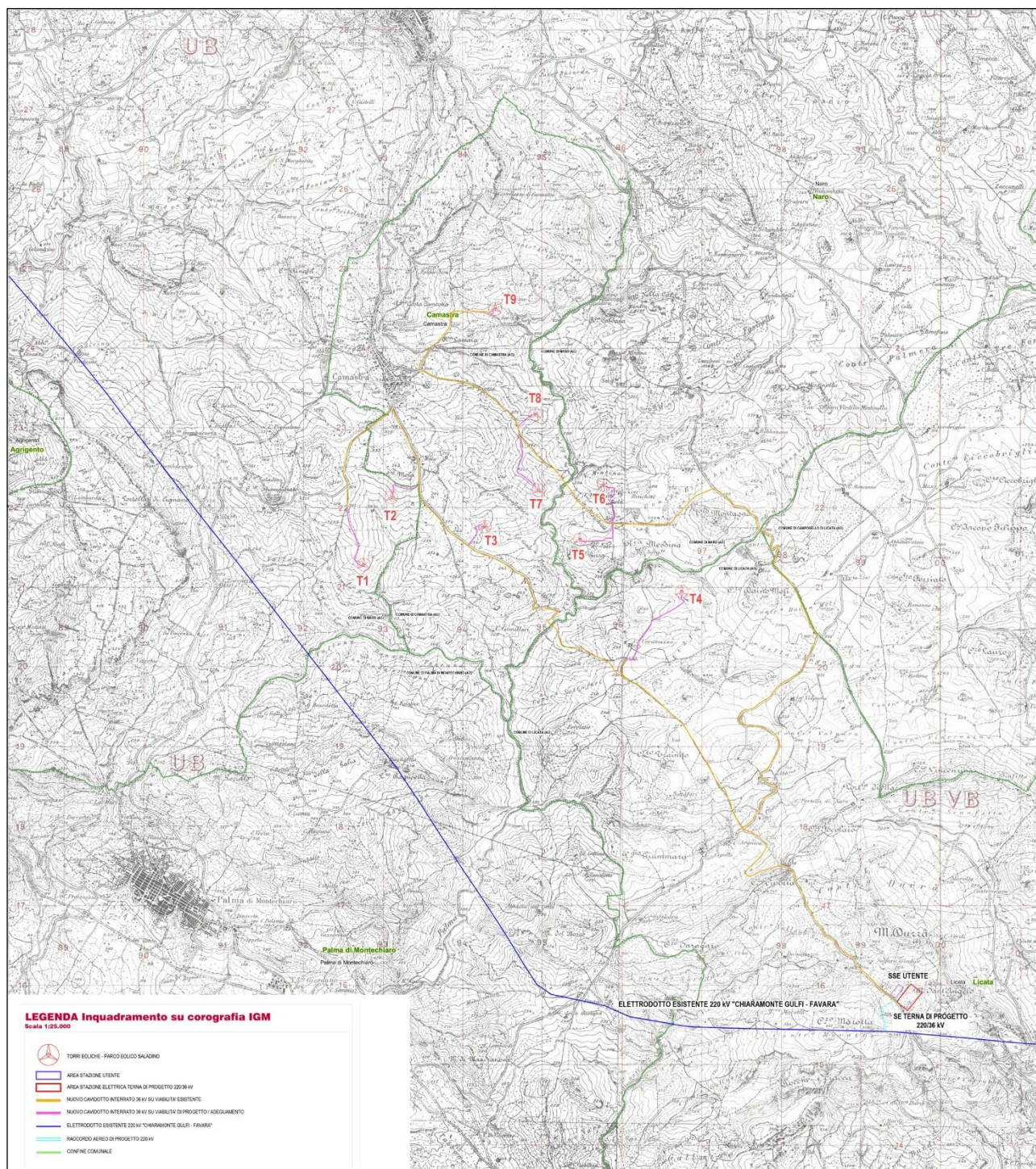


Figura 2. Ubicazione dell'impianto da cartografia IGM

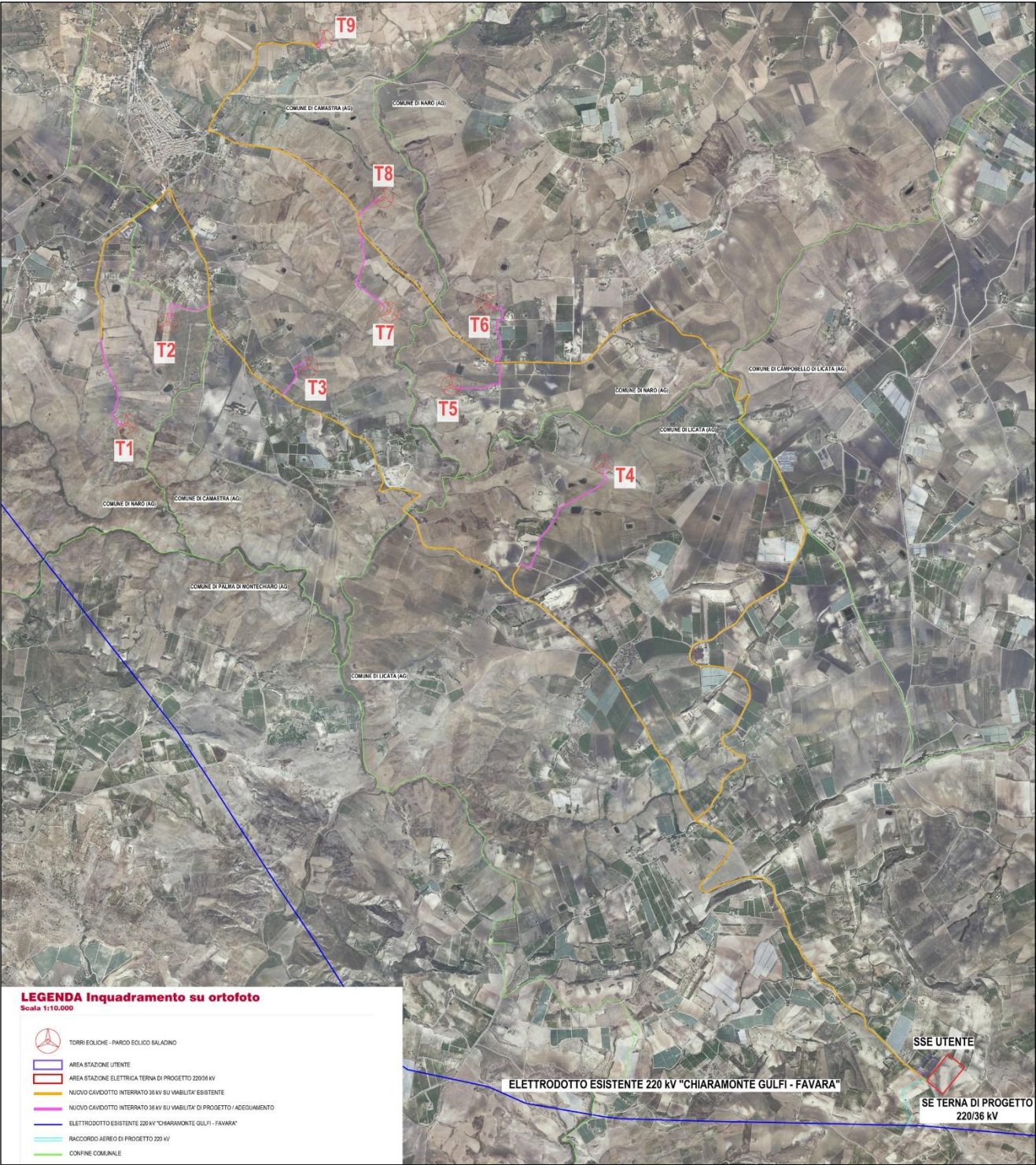


Figura 3. Inquadratura delle opere in progetto su Ortofoto

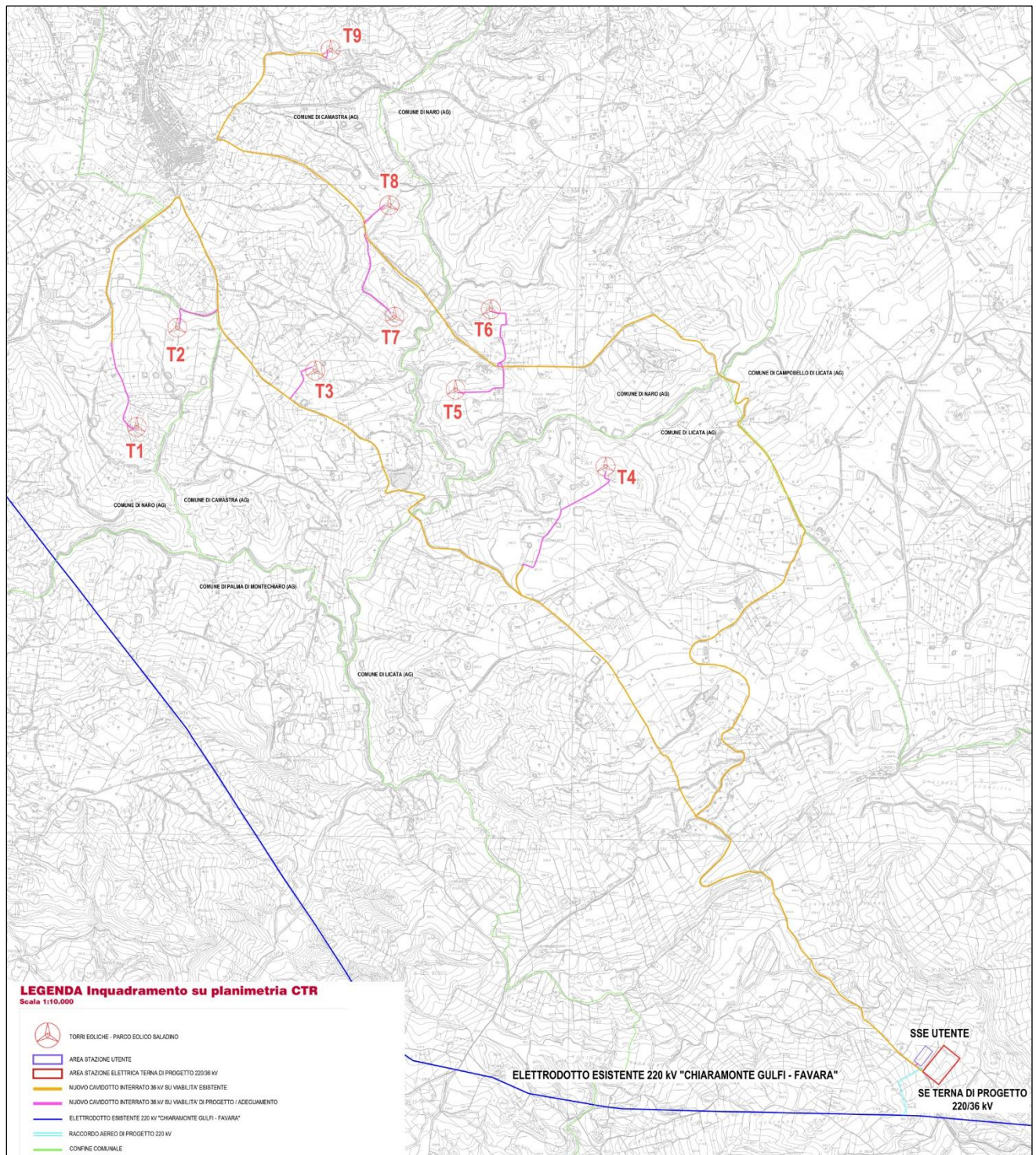


Figura 4. Inquadramento delle opere in progetto su CTR

3. FONDAZIONI

3.1. Generalità

Il dimensionamento delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

Le fondazioni degli aerogeneratori saranno in cemento armato del tipo indiretto, con platea di fondazione su pali, e saranno progettate secondo il D.M. 17/01/2018. L'analisi dei terreni e il predimensionamento delle fondazioni "Relazione Di Calcolo Preliminare Delle Strutture" e "Relazione Geotecnica e Sismica") suggeriscono l'adozione di una fondazione su pali.

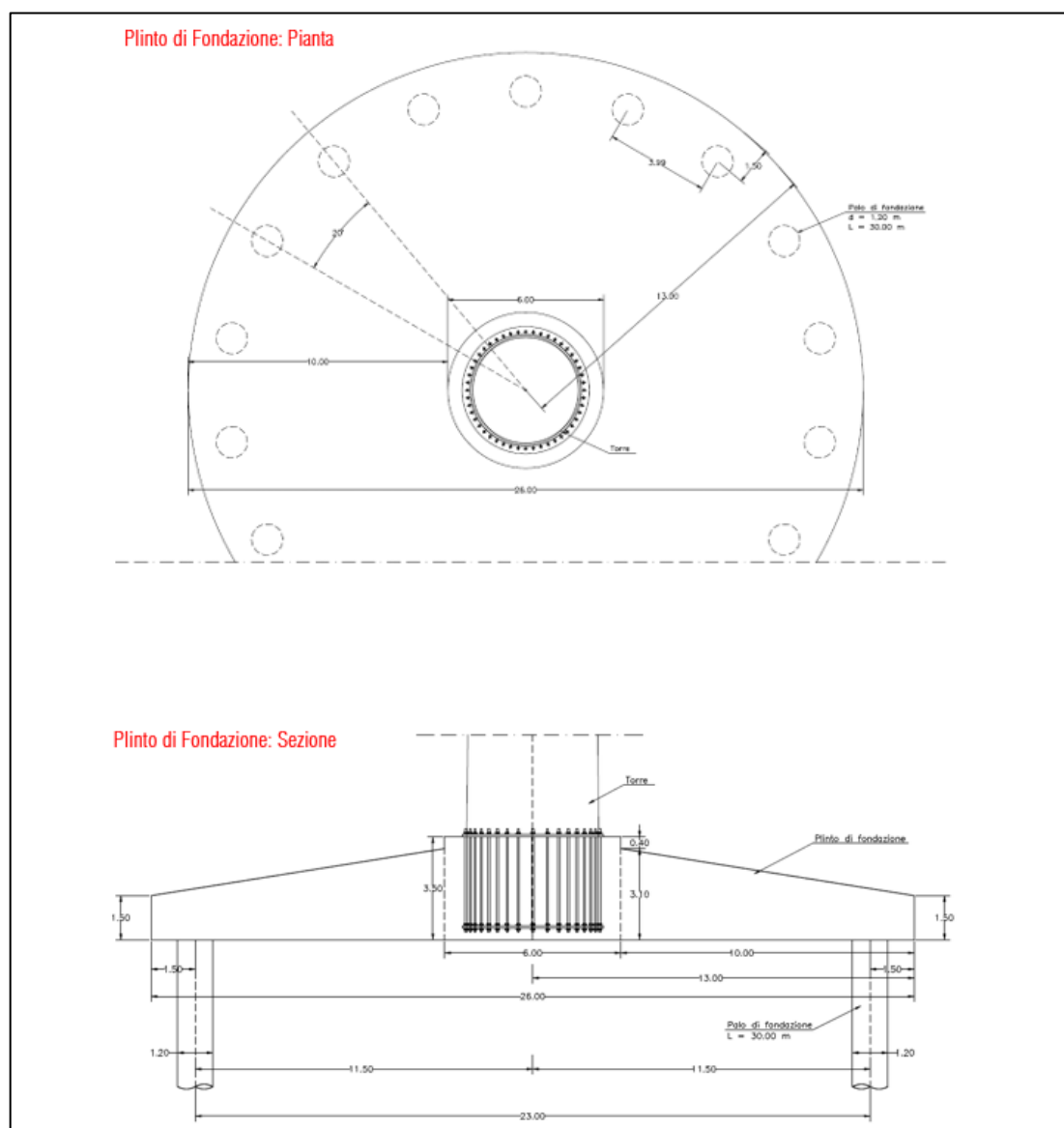


Figura 5 Vista planimetrica e vista laterale del plinto di fondazione (Cfr. elaborato cod. PD.35-Carta del Plinto di Fondazione)

Sarà realizzata una fondazione diretta a plinto (platea) circolare del diametro di 26,00 m, su n. 18 pali del diametro di 1,20 m e lunghezza di 30,00 m, ad eccezione della torre T6, dove i pali di fondazione sono di 32,00 m.

Il plinto sarà composto da un anello esterno a sezione tronco conica di altezza variabile tra 150 cm e 310 cm e da un nucleo centrale cilindrico del diametro di 6,00 m e di altezza pari a 3,50 m. All'interno del nucleo centrale saranno annegati i tiranti di collegamento della torre alle fondazioni, eseguito a mezzo di flange serrate con bulloni.

I pali di fondazione saranno posti ad una distanza di 11,50 m dal centro del plinto e saranno equidistanti tra loro. Prima della posa dell'armatura del plinto sarà gettato un magrone di fondazione di altezza non inferiore a 15 cm.

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate. L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo

Il plinto sarà ricoperto da uno strato di terreno proveniente dagli scavi, allo scopo di realizzare un appesantimento dello stesso per contrastare le forze ribaltanti scaricate dalla torre. Infatti il loro compito è quello di assicurare il sostegno alle sollecitazioni della torre sia in termini di forza di gravità che di momenti flettenti e o torcenti. Sono realizzate seguendo i riferimenti normativi:

- Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018";
- Legge n. 1086 del 05.11.1971 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica";
- Legge n. 64 del 02.02.1974 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";
- Guidelines for Design of Wind Turbines, DNV/Riso;
- Eurocodice 2 "Design of concrete structures";
- Eurocodice 3 "Design of steel structures";
- Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures";
- Eurocodice 7 "Geotechnical design";
- Eurocodice 8 "Design of structures for earthquake resistance".

Prima della effettiva realizzazione delle opere sarà redatto il progetto esecutivo strutturale che sarà depositato presso l'Ufficio del Genio Civile, territorialmente competente, ai sensi dell'art. 93 del D.P.R. n. 380/2001 (ex art. 17 della Legge 02/02/1974, n. 64) e richiesta l'autorizzazione alla realizzazione dei lavori ai sensi dell'art. 94 del D.P.R. n. 380/2001 (ex art. 18 della Legge 02/02/1974, n. 64).



3.2. Fondazioni sostegni elettrodotto a 220 kV

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni, composto principalmente da di tre parti:

- I. un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- II. un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- III. un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

3.3. Classificazione del calcestruzzo

I dati fondamentali per identificare i calcestruzzi a prestazione, specificati nel seguito, comprendono:

- a) **classe di esposizione ambientale;**
- b) **classe di resistenza;**
- c) **classe di consistenza;**
- d) **acqua da impasto;**
- e) **tipo di cemento;**
- f) **tipo di aggregati e loro dimensione massima;**
- g) **additivi;**
- h) **valore nominale del copri ferro.**

Dopo avere definito ciascuno degli elementi sopra indicati, si potrà procedere alla caratterizzazione prestazionale del calcestruzzo da impiegare per la costruzione delle strutture in cemento armato.

3.4. Classi di esposizione ambientale

In accordo con la normativa europea UNI EN 206-1 e con quella italiana UNI 11104, il livello di rischio per una determinata opera dipende dalle azioni chimico-fisiche alle quali potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere stessa e che causa effetti che non possono essere imputati a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni. A tal fine, le norme suddette suddividono gli ambienti in base alla tipologia del degrado atteso per le armature e per l'acciaio, individuando delle classi di esposizione ambientale. Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre, quindi, classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale risulterà inserito.

Di seguito si riportano le classificazioni delle classi di esposizione in funzione all'ambiente di esposizione, secondo le norme nazionale ed europee.



Tabella 6 Classificazioni delle classi di esposizione

Ambiente d'esposizione	Classi di esposizione	
UNI 9858	UNI 9858	Linee Guida / UNI EN206-1
Secco/ molto secco (0)	1	X0(0)
Umido senza gelo	2a	XC1 XC2
Umido con gelo	2b	XF1
Umido con gelo e sali disgelanti	3	XF2
Marino senza gelo	4a	XS1 XD2
Marino con gelo	4b (1)	XF3
Debolmente aggressivo	5a	XC3 XD1 XA1
Moderatamente aggressivo	5b	XA2 XC4
Fortemente aggressivo	5c	XD3 XS2 XS3 XF4 XA3

Per le opere di fondazione del progetto del parco eolico in oggetto, si è considerata una classe di esposizione ambientale XC4

Per ogni classe di esposizione ambientale, la normativa impone il rispetto di alcuni requisiti minimi (norma UNI 11140). Tali requisiti sono:

- a) classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- b) rapporto acqua/cemento;
- c) dosaggio minimo di cemento.

3.5. Classi di resistenza del calcestruzzo

La resistenza a compressione del calcestruzzo è espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore di resistenza al di sotto del quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

La resistenza caratteristica cubica R_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cubi di 150 mm di lato, per aggregati con diametro massimo fino a 32 mm, o di 200 mm di lato per aggregati con diametro massimo maggiore.

La resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza.

Per indicare la classe di resistenza si utilizza la simbologia C_{xx}/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} e yy il valore della resistenza caratteristica cubica R_{ck} , entrambi espressi in N/mm² (1 N/mm² ~ 10 Kg/cm²).

Di seguito si riporta la tabella rappresentativa delle classi di esposizione in funzione della resistenza cubica minima R_{ck} .

Tabella 7 Classi di esposizione in funzione della resistenza cubica minima R_{ck}

Classe di esposizione ambientale	R_{ck} minima (N/mm ²)
XS2 XS3 XA3 XD3 XA3	45
XC3 XC4 XS1 XA1 XA2 XD1 XD2 XF1 XF3 XF4 XA1	37
XC2 XF2	30
XC1	25
X0	15

Altri due parametri da considerare sono il rapporto acqua cemento a/c massimo e il contenuto minimo di cemento kg, per mc di opera realizzata, in funzione dell'ambiente di esposizione. Nelle normali condizioni operative il rispetto dei valori di Rck e a/c possono comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

Tabella 8 Rapporto acqua cemento minimo, e di contenuto minimo di cemento

Classe di esposizione ambientale	Rapporto a/c massimo
XS2 XS3 XA3 XD3 XA3 XF4	0.45
XC4 XS1 XF3 XA2	0.50
XC3 XA1 XD1 XD2 XF1 XF2 XA1	0.55
XC2	0.60
XC1	0.65
X0	-

Tabella 9 Contenuto minimo di cemento

Classe di esposizione ambientale	Contenuto minimo in cemento [Kg/m3]
XC1	260
XC2 XC3	280
XC4 XS1 XD1 XD2 XF1 XF2 XA1	300
XD3 XS2 XF3 XA2	320
XS3 XF4	340
XA3	360

In conseguenza di quanto riportato, per garantire la stabilità e la durabilità dell'opere in oggetto la loro realizzazione dovrà avvenire utilizzando le seguenti classi di resistenza, distinte in funzione dell'ubicazione:

- Pali di fondazione:

- classe di resistenza C28/35
- rapporto acqua/cemento minore o uguale a 0,50
- contenuto minimo di cemento 300 kg/m3;

- Plinto di fondazione:

- classe di resistenza C28/35
- rapporto acqua/cemento minore o uguale a 0,50
- contenuto minimo di cemento 300 kg/m3;

- Plinto di fondazione(colletto):

- classe di resistenza C45/55
- rapporto acqua/cemento minore o uguale a 0,50
- contenuto minimo di cemento 300 kg/m3.

- Plinto di fondazione plinti elettrodotti:

- classe di resistenza C28/35
- rapporto acqua/cemento minore o uguale a 0,50
- contenuto minimo di cemento 300 kg/m³

3.6. Consistenza del calcestruzzo

La lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma, viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche: di conseguenza può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova. Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi:

- Abbassamento del cono (UNI 9418)
- Spandimento (UNI 8020)

Tabella 10 Classificazione della consistenza in funzione dell'abbassamento del cono

Classe di consistenza	Abbassamento mm	Denominazione corrente
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

Tabella 11 Classificazione della consistenza in funzione dello spandimento

Classe di consistenza	Spandimento mm
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	≥630

La classe di consistenza del calcestruzzo al momento della posa dovrà essere distinta in funzione dell'ubicazione secondo quanto appresso indicato:

Pali di Fondazione:

- classe di consistenza S4
- classe di spandimento F5

Plinti di Fondazione:

- classe di consistenza S4
- classe di spandimento F5

Plinto di Fondazione colletto:

- classe di consistenza S4
- classe di spandimento F5

3.7. Specifiche per la produzione del calcestruzzo:

3.7.1. Acqua

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella produzione del calcestruzzo, poiché una sua errata scelta o dosaggio può dare origine a fenomeni di ritardo o di accelerazione nel processo di presa e di indurimento, con un possibile conseguente degrado delle strutture. Al fine di evitare tali inconvenienti è necessario che l'acqua di impasto possieda i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1008.

Malgrado la normativa consenta l'uso di acque di riciclo, se ne sconsiglia l'uso poiché essa può contenere sostanze solide in sospensione che potrebbero compromettere la reologia del calcestruzzo.

3.7.2. Cemento

Per il confezionamento del calcestruzzo devono essere usati i cementi che posseggono marcatura CE e siano conformi alle prescrizioni definite dalla norma UNI EN 197-1. Tale norma individua 162 classi di cemento suddivisi per composizione e prestazione. Nel caso di strutture massive, come nel caso in oggetto, al fine di ridurre i gradienti termici tra la superficie e l'interno della struttura, si devono usare cementi con ridotto sviluppo di calore.

Per il plinto si raccomanda l'impiego di cemento provvisto di marcature CE di tipo "Low Heat" a basso sviluppo di calore (LH) conforme ai requisiti specificati al punto 7 e al punto 9.2.3 della UNI EN 197-1 di classe 32.5R.

Mentre per i pali si raccomanda l'uso di cemento CEM II/A-LL 42.5R o CEM II/A-S 42.5R nel caso il getto sia eseguito nei mesi invernali, CEM II/A o II/B-LL 32.5N o 32.5R nel caso il getto sia eseguito nei mesi estivi, oppure cemento pozzolanico alle ceneri volanti (CEM IV/A-V o IV/B-V) o d'altoforno (CEM III/A o CEM III/B). In ogni caso il cemento dovrà essere provvisto di marcatura CE e conforme alla norma UNI-EN 197-1.

3.7.3. Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi riciclo, ottenuti da frantumazione di macerie provenienti dalla demolizione di edifici, di strutture in calcestruzzo armato o dagli scarti di produzione degli stabilimenti di calcestruzzo, conformi alla Norma Europea UNI EN 12620 e della UNI EN 8520-2 e, per gli aggregati leggeri, alla Norma Europea UNI EN 13055-1. I limiti per l'uso di aggregati di riciclo sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 12 Percentuale massima di impiego di aggregati

Aggregati di riciclo provenienti da	Classe di resistenza del calcestruzzo	Percentuale massima di impiego
Demolizione di edifici	C8/10	Fino al 100%
Demolizione di solo calcestruzzo o c.a.	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C20/27	Fino al 60%

Gli aggregati dovranno comunque presentare una massa volumica non inferiore a 2600 Kg/m³, al fine di evitare l'uso di materiale poroso che può compromettere la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo.

Nella realizzazione della malta cementizia dovranno essere usate:

- Sabbia viva con grani assortiti da 0 a 7 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materiale organico o di salsedine;
- Ghiaia, non friabile, priva di sostanze estranee, terra o salsedine. Se sporca, dovrà essere accuratamente lavata.

Gli aggregati usati dovranno, inoltre, essere non gelivi, cioè la capacità di assorbimento di acqua dovrà essere inferiore all'1% in peso, in modo tale da evitare eventuali fenomeni di congelamento interno alla struttura.

3.7.4. Additivi

Gli additivi per calcestruzzo sono classificati dalla norma UNI EN 934-2 in base all'azione che essi hanno sulle proprietà dell'impasto.

Nel caso in studio si dovrà ricorrere a:

- additivi superfluidificanti provvisti di marcature CE conforme alla norma UNI EN 934-2, nel caso in cui il getto sia effettuato nei mesi invernali;
- additivo superfluidificante ritardante provvisto di marcatura CE conforme alla norma UNI EN 934-2; nel caso in cui il getto sia realizzato nei mesi estivi.

Data la natura delle opere di fondazione, per le quali è complessa la vibratura del getto, e vista la notevole quantità di armatura metallica, si consiglia anche l'uso di:

- additivo modificatore di viscosità, che consenta di ottenere impasti fluidi, o similari, dosato in misura di 0,5 – 1,5 l/mc.

3.8. Copriferro minimo di aderenza delle armature

Il copriferro necessario per garantire un corretto trasferimento degli sforzi tra l'armatura metallica ed il calcestruzzo ed è pari al diametro delle barre aumentato di 5 mm. Facendo riferimento all'armatura di base, costituita da ferri di diametro Φ 30 mm:

$$c_{\min,b} = \Phi + 5 = 30 + 5 = 35 \text{ mm.}$$

3.8.1. Copriferro minimo per garantire la durabilità dell'opera

L'Eurocodice 2 fornisce i valori minimi del copriferro in funzione del tipo di armatura, della classificazione strutturale e della classe di esposizione ambientale, come riportato nella seguente tabella:

Tabella 13 Valore del copriferro minimo in funzione delle classi di esposizione

Classe di esposizione ambientale							
Classe strutturale	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

L'Eurocodice 2 stabilisce che le opere con vita nominale minore o uguale a 50 anni, ricadono in classe S4. Quindi, per una classe di esposizione XC4, si ha un valore di c_{min} , $dur = 30$ mm.

Quindi il valore minimo del copriferro dovrà essere, quindi, posto pari al valore massimo tra i seguenti:

- $c_{min}, b = 35$ mm;
- $c_{min}, dur = 30$ mm
- 10 mm.

Infine si ricava, il valore nominale del copriferro c_{nom} , considerando che, in funzione dell'opera da realizzare una tolleranza di posizionamento delle armature Δh di 10mm, si ricava:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta h = 35 + 10 = 50 \text{ mm}$$

3.9. Dimensione massima degli aggregati

La dimensione massima degli inerti è scelta in modo tale da soddisfare contemporaneamente le seguenti disequazioni:

- $D_{max} \leq 1/4$ della sezione minima dell'elemento strutturale;
- $D_{max} \leq \text{interferro} - 5$ mm;
- $D_{max} \leq \text{copriferro nominale} * 1,3$.

Per valutare l'interferro, si fa riferimento all'armatura radiale inferiore della fondazione in prossimità del colpetto formata da $\Phi 30$ posti ogni 7 cm: interferro pari a 3,5 cm.

Di conseguenza:

- $D_{max} \leq 1/4$ della sezione minima dell'elemento strutturale = $1/4 * 1500 = 375$ mm;
- $D_{max} \leq \text{interferro} - 5 \text{ mm} = 35 - 5 = 30$ mm;
- $D_{max} \leq \text{copriferro nominale} * 1,3 = 40 * 1,3 = 52$ mm;

Il soddisfacimento delle disequazioni sopra riportate ha come obiettivo quello di usare inerti che permettano, un corretto riempimento della cassaforma, al calcestruzzo di fluire attraverso l'armatura, garantire che parte del copriferro sia occupato dagli inerti più grossi.



In considerazione della notevole quantità di armatura metallica presente e vista la distanza molto piccola tra le barre d'armatura, soprattutto nella parte inferiore della fondazione, la dimensione massima degli inerti nella miscela cementizia non dovrà essere superiore a:

- 16 mm per la parte di fondazione in cui è presente lo strato superiore e inferiore di armatura (per uno spessore di almeno 10 cm);
- 20 mm per il resto della fondazione.

3.10. Messa in opera e disarmo

I getti saranno opportunamente stipati e vibrati e la loro superficie verrà tenuta umida per almeno tre giorni. Sarà comunque vietata l'esecuzione di getti quando la temperatura esterna è minore di zero gradi.

Il disarmo delle casseforme, nelle costruzioni in cemento armato normale, nelle migliori condizioni atmosferiche, dovrà avvenire non prima di tre giorni.

3.11. Calcestruzzo non strutturale - Magrone

Al di sotto di tutte le opere di fondazione delle strutture in cemento armato, per livellare nel miglior modo possibile il piano di posa delle fondazioni, si dovrà eseguire un getto di calcestruzzo magro. Poiché tale calcestruzzo non ha nessuna funzione strutturale, si potrà eseguire il getto con un calcestruzzo di classe C20/25.

3.12. Tipologia di acciaio

Le armature da impiegare dovranno essere in barre ad aderenza migliorata **B450C**, con caratteristiche meccaniche e chimiche rispondenti alle norme vigenti.

L'impiego di reti elettrosaldate dovrà essere limitato ai soli casi specificatamente previsti dal progetto esecutivo.

Esse dovranno essere dei tipo a fili nervati e con caratteristiche chimiche e meccaniche tali da consentire, in accordo con le prescrizioni di cui al 17/01/2018, una tensione caratteristica a rottura non inferiore a $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dai certificati di origine del produttore, secondo le prescrizioni del D.M. 17/01/2018.

Le barre dovranno avere la superficie priva di ossidazione accentuata e di sostanze estranee che possano pregiudicare l'aderenza al conglomerato e, ove occorra, dovranno essere idoneamente pulite.

Nella lavorazione delle armature le sagomature delle barre dovranno essere eseguite a freddo (ad una temperatura non inferiore a 5°C), almeno per ferri fino al diametro di 30 mm; i raggi di curvatura e gli sviluppi degli ancoraggi dovranno essere quelli indicati dalle norme vigenti ed eventuali ulteriori prescrizioni del progettista.

Il posizionamento delle armature dovrà essere effettuato esattamente come indicato nei disegni esecutivi, curando il rispetto delle giunzioni per sovrapposizione delle barre e degli ancoraggi.

Tabella 14 Tipologia di acciaio utilizzato

Acciaio ad adherenza migliorata B 450 C	
f_{yk}	4500 kg/cm ² (Tensione caratt. di snervamento)
f_{tk}	5400 kg/cm ² (Tensione caratt. di rottura)
A_s	≥7,5 % Allungamento

4. PIAZZOLE, VIABILITÀ DI SERVIZIO AGLI AEROGENERATORI

4.1. Piazzole

Per consentire il montaggio del plinto di fondazione e aerogeneratore è prevista la realizzazione di una piazzola di montaggio, che avrà una superficie in pianta dell'ordine di 1.500 mq.

Le piazzole di montaggio saranno realizzate previo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione dell'intera superficie e verranno impiegati materiali drenanti, in particolare in tout venant di cava permeabile, che non altererà i valori di deflusso esistenti non variando sostanzialmente il regime idrologico dei bacini presenti all'interno dell'area d'impianto.

All'interno della piazzola è prevista la collazione di:

- plinto di fondazione
- cavi interrati e dispersori di terra
- navicella (in attesa di montaggio)
- rotore (in attesa di montaggio)
- appoggio della gru principale (temporaneo)

Inoltre negli immediati dintorni sarà collocata un'area di circa 1.200 mq per lo stoccaggio delle pale eoliche. La fondazione sarà intestata su un terreno di sedime avente idonee caratteristiche geotecniche.

Al termine dei lavori la piazzola di montaggio verrà mantenuta anche per la gestione dell'impianto e le manutenzioni delle macchine, mentre le altre aree eccedenti la piazzola definitiva e quelle utilizzate temporaneamente per le attività di cantiere saranno ripristinate come ante operam, prevedendo il riporto di terreno vegetale per favorire la crescita di vegetazione spontanea.

4.2. Viabilità di servizio

All'interno del parco verrà realizzata una rete viaria che sarà utilizzata per accedere ad ognuna delle piattaforme degli aerogeneratori, sia durante la fase di esecuzione delle opere che nella successiva manutenzione del parco eolico e costituiranno peraltro spesso una utile viabilità aperta a tutti per la fruizione del territorio. Nella definizione del layout dell'impianto è stata sfruttata la viabilità di servizio delle turbine esistenti (strade provinciali, comunali, vicinali, piste, ecc.), onde contenere gli interventi. A tal fine è stata predisposta la progettazione, sulla scorta dei rilievi effettuati, dell'intera viabilità interna al parco eolico interessando quasi esclusivamente strade e piste esistenti. In fase di esecuzione dei tracciati stradali sarà ottimizzato il deflusso delle acque.

La viabilità del parco serve tutti gli aerogeneratori ed è costituita dagli assi viari riportati nelle relative cartografie di progetto, come negli elaborati *"Carta planimetria progetto stradale"*, e *"Carta dei layout dei cavidotti"*

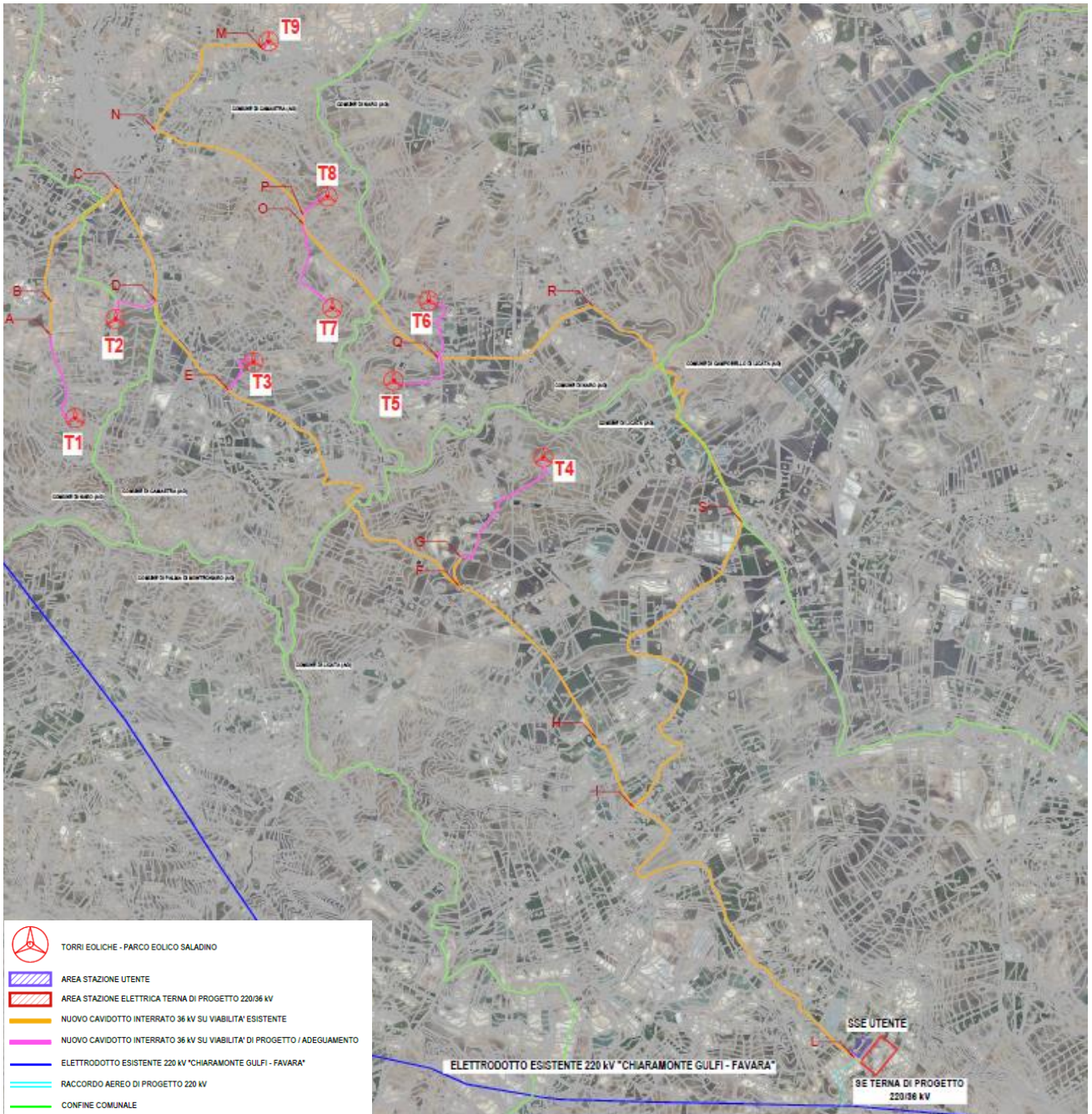


Figura 6 Viabilità esistente e viabilità di progetto

Tabella 15 Tipologie di strade interessate dalla viabilità del parco

TIPICI CAVIDOTTI PARCO EOLICO SALADINO					
TRATTA	LUNGHEZZA [m]	TIPOLOGIA DI POSA	TIPICO	CAVI	LOCALIZZAZIONE DELL'OPERA
T2 - A	816	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 1	3x1x400	STRADA VICINALE
A - B	270	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 1	3x1x400	STRADA VICINALE
B - C	1.260	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x400	S.S. 410
C - D	1.028	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x400	S.P. 5
D - T2	475	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 2	3x1x400+3x1x500	STRADA VICINALE
D - E	1.013	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x500	S.P. 5
E - T3	370	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 2	3x1x500+3x1x630	STRADA VICINALE
E - F	3.080	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x630	S.P. 5
F - G	275	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 4	2x(3x1x630)	
G - T4	1.240	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 2	2x(3x1x630)	STRADA VICINALE
F - H	1.783	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x630	S.P. 5
H - I	682	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 1	3x1x630	S.P. 5
I - L	3.590	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 5	2x(3x1x500)+3x1x630	S.P. 5
L -SSEU	27	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 6	2x(3x1x500)+4x(3x1x630)	STRADA VICINALE
L -SE RTN	68	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 5	3x(3x1x630)	S.P. 5
T9 - M	86	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 1	3x1x400	STRADA VICINALE
M - N	1.363	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x400	STRADA VICINALE
N - O	1.510	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x400	VIA PETRUZZELLA
O - T8	234	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 2	3x1x400+3x1x500	STRADA VICINALE
O - P	77	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x500	VIA PETRUZZELLA
P - T7	822	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 2	3x1x500+3x1x630	STRADA VICINALE
P - Q	1.645	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 3	3x1x630	VIA PETRUZZELLA
Q - T6	658	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 4	2x(3x1x630)	STRADA VICINALE
Q - T5	622	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE BIANCHE	TIPO 7	2x(3x1x500)+3x1x630	STRADA VICINALE
Q - R	1.484	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 4	2x(3x1x500)	VIA PETRUZZELLA
R - S	2.613	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 4	2x(3x1x500)	S.P.46
S - I	3.625	CAVIDOTTO 36 kV SU STRADE ASFALTATA	TIPO 4	2x(3x1x500)	S.P.63

Complessivamente la lunghezza della viabilità del parco eolico è pari a 30.716,3 m, di cui 23.733,0 m riguardano viabilità esistente (principalmente strade provinciali e statale fino alla stazione utente e alla stazione) mentre 6.983,3 m riguardano adeguamenti alla viabilità esistente, per lo più strade vicinali, e la realizzazione di viabilità di accesso alle piazzole degli aerogeneratori.

La viabilità di progetto di nuova realizzazione, ove possibile, sarà prevista in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire, per quanto possibile, la morfologia propria del terreno evitando eccessive opere di scavo o riporto. La progettazione della viabilità è stata condotta secondo le specifiche tecniche tipiche dei maggiori fornitori di aerogeneratori con dimensioni e pesi compatibili.

La sezione stradale, con larghezza di 4,00 m, sarà realizzata in massicciata composta da uno strato di fondazione in misto cava o materiale provenienti da scavi, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto una sovrapposizione

di uno strato di 25 cm di pietrame con pezzatura di 10-18 cm, una strato di pietrame con pezzatura di 4-7 cm, ed infine finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 10 cm.

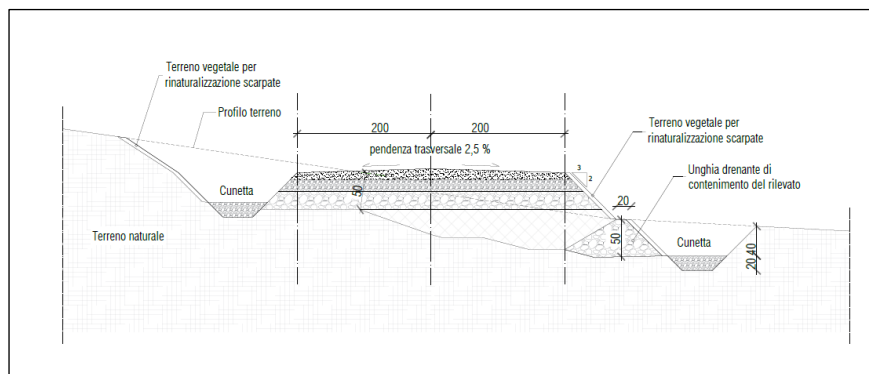


Figura 7 Sezione tipo: nuova viabilità di progetto

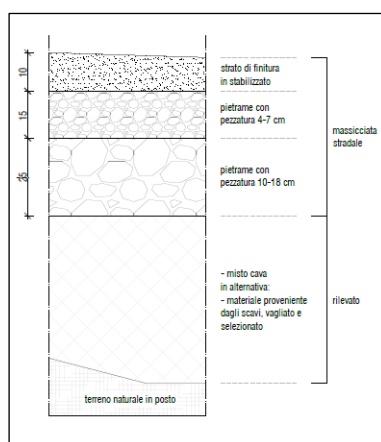


Figura 8 Pacchetto stradale tipo

4.3. Materiali per rilevati e sovrastrutture

4.3.1. Rilevati e sovrastrutture per piazzole e strade

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle sovrastrutture (ossatura di sottofondo) per strade e per le piazzole di alloggiamento degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto.

È richiesta particolare attenzione nella preliminare "gradonatura" dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle sovrastrutture, specie nelle piazzole.

I materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati delle strade e, o delle piazzole dovranno appartenere alle categorie A1, A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A3 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando il terreno in sito risulta scoticato, gradonato e costipato con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno; il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Modulo di deformazione "Md" di almeno 30 N/mm², da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 500 m² di area trattata o frazione di essa.

4.3.2. Sovrastrutture per piazzole e strade

Per la formazione della sovrastruttura per piazzole e strade si deve utilizzare esclusivamente il misto granulare di cava classificato A1 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione della sovrastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Md" di almeno 30 N/mm² per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Md" di almeno 80 N/mm² per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra riportata.

Sia nell'esecuzione dei rilevati che delle sovrastrutture il materiale deve essere steso a strati di 20-25 cm d'altezza, secondo quanto stabilito nei disegni di progetto, compattati, fino al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata, inclusi tutti i magisteri per portare il materiale all'umidità ottima, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e rifilato secondo progetto. Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale innaffiamento o ventilazione fino all'ottimo di umidità. Il corpo di materiale può dirsi costipato al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata e comunque quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Md" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Per l'eventuale primo strato della sovrastruttura è richiesto un Md di almeno 80 N/mm² mentre per lo strato finale della sovrastruttura è richiesto un Md di almeno 100 N/mm².

Il controllo delle compattazioni in genere viene eseguito su ogni strato, mediante una prova di carico su piastra ogni 500 m² di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

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

4.3.3. Sistemazione del piano di posa

Il piano di posa è costituito dall'intera area di appoggio dell'opera in terra ed è rappresentato da un piano ideale al disotto del piano di campagna ad una quota non inferiore a cm 30, che viene raggiunto mediante un opportuno scavo di sbancamento che allontani tutto il terreno vegetale superficiale; lo spessore dello sbancamento dipenderà dalla natura e consistenza dell'ammasso che dovrà rappresentare il sito d'impianto dell'opera.

Qualora, al disotto della coltre vegetale, si rinvenga un ammasso costituito da terreni A1, A3, A2 (secondo la classificazione C.N.R.) sarà sufficiente eseguire la semplice compattazione del piano di posa così che il peso del secco in sito (massa volumica apparente secca nelle unità S.I.) risulti pari al 90% del valore massimo ottenuto in laboratorio nella prova A.A.S.H.T.O. Mod. su un campione del terreno.

Per raggiungere tale grado di addensamento si potrà intervenire, prima dell'operazione di compattazione, modificando l'umidità in sito per modo che questa risulti prossima al valore ottimo rilevabile dalla prova A.A.S.H.T.O. Mod.

Se, invece, tolto il terreno superficiale (50 cm di spessore minimo) l'ammasso risulta costituito da terreni dei gruppi A4, A5, A6, A7 sarà opportuno svolgere una attenta indagine che consenta di proporre la soluzione più idonea alla luce delle risultanze dei rilevamenti geognostici che occorrerà estendere in profondità.

I provvedimenti da prendere possono risultare i seguenti:

- approfondimento dello scavo di sbancamento, fino a profondità non superiori a 1,50 - 2,00 m dal piano di campagna, e sostituzione del terreno in sito con materiale granulare Al (Al(a) od Al(b)), A3 od A2, sistemato a strati e compattato così che il peso secco di volume risulti non inferiore al 90% del valore massimo della prova A.A.S.H.T.O. Mod. di laboratorio; si renderà necessario compattare anche il fondo dello scavo mediante rulli a piedi di montone;
- approfondimento dello scavo come sopra indicato completato, dove sono da temere risalite di acque di falda per capillarità, da drenaggi longitudinali con canalette di scolo o tubi drenanti che allontanino le acque raccolte dalla sede stradale;
- sistemazione di fossi di guardia, soprattutto per raccogliere le acque superficiali lato monte, di tombini ed acquedotti in modo che la costruzione della sede stradale non modifichi il regime idrogeologico della zona.

Qualora si rinvenissero strati superficiali di natura torbosa di modesto spessore (non superiore a 2,00 m) è opportuno che l'approfondimento dello scavo risulti tale da eliminare completamente tali strati.

Per spessori elevati di terreni torbosi o limo-argillosi fortemente imbibiti d'acqua, che rappresentano ammassi molto compressibili, occorrerà prendere provvedimenti più impegnativi per accelerare l'assestamento (con pali di sabbia o mediante precompressione statica per mezzo di un sovraccarico) ovvero sostituire l'opera in terra (rilevato) con altra più idonea alla portanza dell'ammasso.

Nei terreni acclivi la sistemazione del piano di posa dovrà essere realizzata a gradoni facendo in modo che la pendenza trasversale dello scavo non superi il 5%; in questo caso risulta sempre necessaria la costruzione lato monte di un fosso di guardia e di un drenaggio longitudinale se si accerta che il livello della falda è superficiale.

Per individuare la natura meccanica dei terreni dell'ammasso si consiglia di eseguire, dapprima, semplici prove di caratterizzazione e di costipamento:

- umidità propria del terreno;
- granulometria;
- limiti ed indici di Atterberg;
- prova di costipamento A.A.S.H.T.O. Mod.

Nei terreni che si giudicano molto compressibili si procederà ad ulteriori accertamenti mediante prove edometriche (su campioni indisturbati) o prove penetrometriche in sito.

Per i terreni granulari di apporto (tipo A1, A3, A2) saranno sufficienti le analisi di caratterizzazione e la prova di costipamento.

I controlli della massa volumica in sito negli strati ricostituiti con materiale granulare idoneo dovranno essere eseguiti ai vari livelli (ciascuno strato non dovrà avere spessore superiore a 30 cm a costipamento avvenuto) ed estesi a tutta la larghezza della fascia interessata. Ad operazioni di sistemazione ultimate potranno essere ulteriormente controllate la portanza del piano di posa mediante la valutazione del modulo di compressibilità M_e , secondo le norme CNR, eventualmente a doppio ciclo:

- per rilevati fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,5 a 1,5 daN/cm²;
- per rilevati da 4 a 10 m, si adotterà il Δp compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm².

In ogni caso dovrà risultare $Me \geq 300 \text{ daN/cm}^2$.

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stesa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (prova A.A.S.H.T.O. Mod.), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

Prima dell'esecuzione dell'opera dovrà essere predisposto un tratto sperimentale così da accertare, con il materiale che si intende utilizzare e con le macchine disponibili in cantiere, i risultati che si raggiungono in relazione all'umidità, allo spessore ed al numero dei passaggi dei costipatori. Durante la costruzione ci si dovrà attenere alle esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, e ciascuno strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita.

Le scarpate saranno perfettamente profilate e, ove richiesto, saranno rivestite con uno spessore (circa 20 cm) di terra vegetale per favorire l'inerbimento. Il volume compreso fra il piano di campagna ed il piano di posa del rilevato (definito come il piano posto 30 cm al disotto del precedente) sarà eseguito con lo stesso materiale con cui si completerà il rilevato stesso.

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di Md pari a 30 N/mm^2 .

4.3.4. Pavimentazione

Il pacchetto stradale avrà uno spessore complessivo di cm 60 e dovrà essere realizzata con materiale classificato come A1.

I primi 30 cm. a contatto con il terreno naturale, saranno realizzati con materiali provenienti dagli scavi, previa classificazione tipo A1 secondo la classificazione UNI 10006 mentre i rimanenti 30 cm saranno realizzati con misto granulometrico, proveniente da cava, tipo A1 avente dimensioni massima degli inerti pari a 30 mm, rullato fino all'ottenimento di un $Md > 100 \text{ N/mm}^2$.

5. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto, costituite dai seguenti elementi:

- Canali di gronda in terra di sezione e forma variabile;
- Opere di dissipazione;
- Pozzetti in cls prefabbricato;
- Attraversamenti stradali con tubi "Armco".

La tipologia di strade da realizzarsi permette di affermare che non vi è alcuna modifica apprezzabile dell'equilibrio della circolazione idrica superficiale preesistente. Le opere idrauliche tendono da una parte a garantire l'equilibrio idrico e dall'altra a mantenere agibili le suddette strade.

I fossi di guardia, a sezione trapezoidale, hanno un duplice ruolo di protezione della scarpata lungo la sede stradale e di allontanamento delle acque dalla sede stradale agli impluvi naturali.

I fossi di guardia sono posti alla base della scarpata nel caso di sezione stradale in rilevato, mentre sono in testa alla scarpata nel caso di sezione in trincea.

Pur trattandosi di opere idrauliche modeste si è preferito non tralasciare nulla e supportare le scelte progettuali da appositi calcoli idraulici riportati nella apposita relazione.

Si rimanda all'elaborato "Relazione idrologica – idraulica" per tutti i dettagli dello studio e delle opere di protezione idraulica.

Di seguito sono riportate alcune immagini dei i manufatti idraulici utilizzati per la regimentazione idraulica stradale e per lo scarico delle acque presso il reticolo idrografico naturale.

6. AEROGENERATORI

Un generatore eolico (o aerogeneratore) è una macchina elettro-meccanica costruita per trasformare l'energia posseduta dal vento sottoforma di energia cinetica (energia eolica) in energia elettrica.

Le pale dell'aerogeneratore sono l'elemento della macchina atto a trasformare il suddetto contenuto energetico posseduto dall'aria in lavoro meccanico.

Successivamente tale lavoro meccanico viene convertito in energia elettrica attraverso un opportuno generatore elettrico.

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento.

Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione. Gli aerogeneratori sono collegati fra di loro mediante un cavidotto a 36 kV e a loro volta sono connessi alla sottostazione utente (SE) mediante cavidotto interrato a 36 kV. Nella stessa sottostazione sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione ottimale.

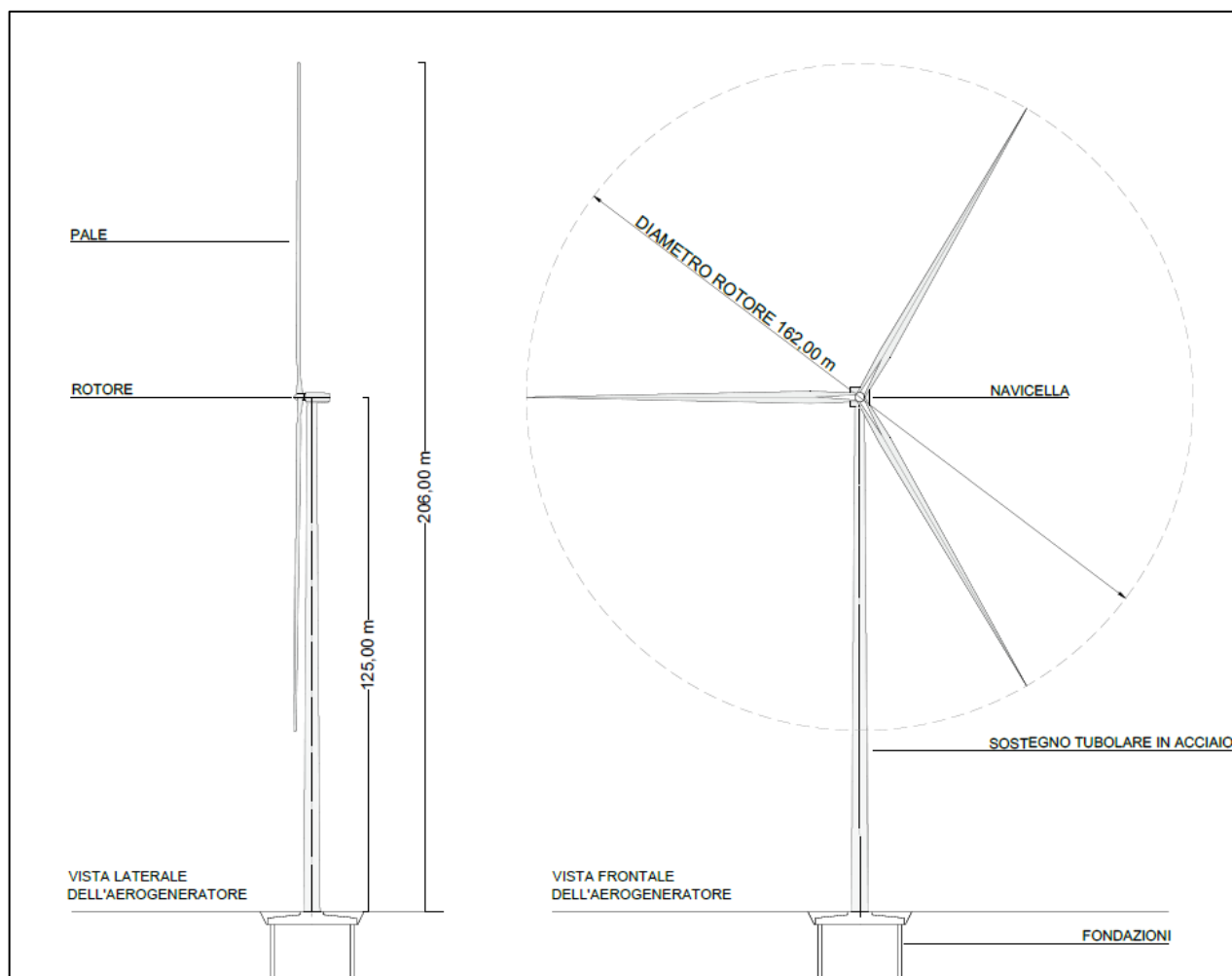


Figura 10 Schema tipo aerogeneratore avente altezza al mozzo pari a 125 m. e diametro rotore di 162 m per un'altezza complessiva di 206 m

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala modello **VESTAS V162** potenza massima installata di **7,2 MW**, le cui caratteristiche principali sono:

- **plinto di fondazione** realizzato in conglomerato cementizio armato;
- **torre di sostegno tubolare troncoconica**, realizzato in lastre di acciaio laminato, avente altezza fino all'asse del rotore pari a 125,00 m;
- **un corpo centrale (navicella)**, realizzata in carpenteria metallica e rivestimento in fibra di vetro e resina epossidica, in cui sono collocati il generatore elettrico, i dispositivi di controllo e le apparecchiature idrauliche;
- **rotore tripala a passo variabile**, realizzato in fibra di vetro e resina epossidica, di diametro 162,00 m e collegato alla navicella tramite mozzo rigido in acciaio.
- **velocità di rotazione** 4.3 – 12.1 giri/min.

L'altezza massima al colmo dell'aerogeneratore sarà quindi di 206 m (125 m fino all'asse del rotore + 81 m di raggio del rotore).

Tra le diverse componenti tecniche della turbina, sono presenti:

- Un sistema di segnalazione notturna, che consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore (in accordo con le disposizioni dell'ENAC)
- Un sistema di segnalazione diurna che consiste nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande bianche e rosse di 6 m l'una per larghezza, in modo da impegnare gli ultimi 18 m delle pale stesse
- Un sistema antincendio nella navicella, che consiste in rilevatori di fumo e CO e sistemi di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici.
- Un sistema antifulmine, in grado di catturare il fulmine per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, e incanalarla fino al sistema di messa a terra.
- Un sistema di controllo che, a velocità del vento superiori a quella per cui la turbina raggiunge la sua potenza nominale (10-14 m/s, mentre entra in funzione alla velocità di 3 m/s), inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi, fino a bloccare la macchina attraverso il sistema frenante in caso di venti estremi.



7. CAVIDOTTI

Il collegamento entra-esce tra le varie turbine eoliche e il successivo collegamento alla cabina di raccolta nella sottostazione utente SSE avviene per mezzo di elettrodotti interrati alla tensione di esercizio di 36 kV. La posa di questi ultimi avverrà prevalentemente tramite scavo a cielo aperto. Il tracciato dei cavidotti interrati è stato studiato al fine di assicurare il minor impatto possibile sul territorio, prevedendo il percorso all'interno delle sedi stradali esistenti. I cavidotti transiteranno all'interno dei comuni di Naro (AG), Camastra (AG), Licata (AG) e in minima parte nel comune di Campobello di Licata (AG).

Secondo norma, il dimensionamento è stato eseguito in base ad una conducibilità termica media. La geometria e le dimensioni dello scavo nell'intorno del cavo influenzano la capacità di smaltimento del calore disperso per effetto Joule dai cavi stessi. Sempre secondo norma CEI 20-21, per la valutazione del calore smaltibile dai cavidotti, e quindi il loro corretto dimensionamento, è stato utilizzato un valore medio di resistività termica specifica del terreno, compreso tra gli 0,7 (°C m) /W ed i 3,0 (°C m) /W consigliati dalla norma stessa.

I cavidotti principali sono:

- Cavidotto 36kV interno al parco eolico per il collegamento in entra-esce tra gli aerogeneratori (in particolare si prevede il collegamento in entra-esce degli aerogeneratori);
- Cavidotto 36kV esterno al parco eolico per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta e smistamento della SSEU;
- Collegamento 36 kV fra la Sottostazione Utente e la Stazione Elettrica SE Terna

In caso di tragitto comune dei cavidotti a 36kV, essi saranno posizionati nella medesima trincea ad una opportuna distanza.

Per l'elettrodotto in cavo sono solitamente previsti le seguenti componenti:

- Conduttori di energia;
- Giunti;
- Terminali;
- Cassette di sezionamento;
- Cassette unipolari di messa a terra;
- Termosonde.

La profondità minima di posa dei tubi, deve essere tale da garantire almeno 1,0 m misurato dall'estradosso superiore del tubo, con posa su di un letto di sabbia o di cemento magro, dello spessore di circa 5 cm. Va tenuto conto che detta profondità di posa minima deve essere osservata, in riferimento alla strada, tanto nella posa longitudinale che in quella trasversale.

Laddove le amministrazioni competenti non diano particolari prescrizioni in merito alle modalità di ricoprimento della trincea, valgono le seguenti indicazioni:

- la prima parte del rinterro del cavo sarà effettuata con il medesimo materiale usato per la realizzazione del letto di posa (sabbia o cemento magro) per uno spessore maggiore di 30 cm.
- la restante parte della trincea (esclusa la pavimentazione) dovrà essere riempita a strati successivi utilizzando il materiale di risulta dallo scavo (i materiali utilizzati dovranno essere fortemente compressi ed eventualmente irrorati al fine di evitare successivi cedimenti).

All'interno della trincea è prevista l'installazione di un tubo di segnale rigida da diametro di 50 mm entro il quale potranno essere posti cavi a fibra ottica e di segnalamento. Al di sopra dei cavidotti ad un'altezza compresa tra i 35 e i 50 cm dall'estradosso del tubo stesso (a seconda del tipo di posa), sarà collocato un nastro di segnalazione cavi in P.V.C. di colore rosso.

Nella tabella, estratta dall'elaborato sopra citato, si riporta calcolo preliminare delle linee elettriche di collegamento da rivalutare in fase esecutiva per il collegamento del parco eolico con la SSEU e dalla stazione SSEU alla stazione Terna SE

7.1. Directional drilling (T.O.C.)

La tecnica della trivellazione orizzontale controllata (TOC) appartiene alle tecnologie “guidate” e rappresenta un metodo estremamente versatile per la posa di sottoservizi con un limitato o nullo ricorso agli scavi a cielo aperto. Questa tecnologia, come quasi tutte le tecnologie definite “No-Dig”, ha un elevato contenuto tecnologico e richiede pertanto un alto livello di professionalità da parte di chi le utilizza. La TOC consiste in perforazioni guidabili e direzionabili da una postazione remota, che consentono di superare ostacoli naturali ed artificiali nella posa di tubazioni e cavi o semplicemente di evitare lo scavo a cielo aperto per la posa di servizi interrati di qualsiasi genere. Questo sistema consente di realizzare installazioni di condotte con un intervallo dei diametri di perforazione compreso tra 0,2 m e 1,8 m e lunghezze fino a 2000 m.

Un progetto in TOC prevede un sito di lancio in cui le aste sono installate e posizionate per eseguire un foro pilota lungo un percorso pianificato fino a una fossa di uscita in cui l'alesatore viene collegato e tirato indietro attraverso il foro pilota. L'angolo di entrata e di uscita delle trivellazioni orizzontali deve essere correlato al diametro e alle specifiche dei materiali della tubazione da installare. Indicativamente, l'angolo di entrata dovrebbe essere compreso tra 6° e 15°.

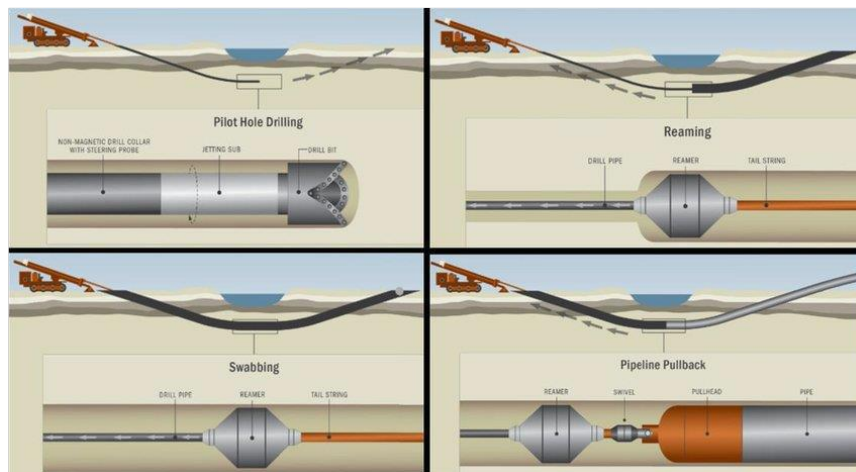


Figura 11 Esecuzione tipica di una T.O.C.

7.2. Tipologia di cavo a 36kV impiegato

Il cavo impiegato per la veicolazione dell'energia elettrica a 36 kV nel presente progetto è lo RG7H1R 26/45 kV. La Figura seguente mostra schematicamente la struttura costruttiva del cavo in esame.

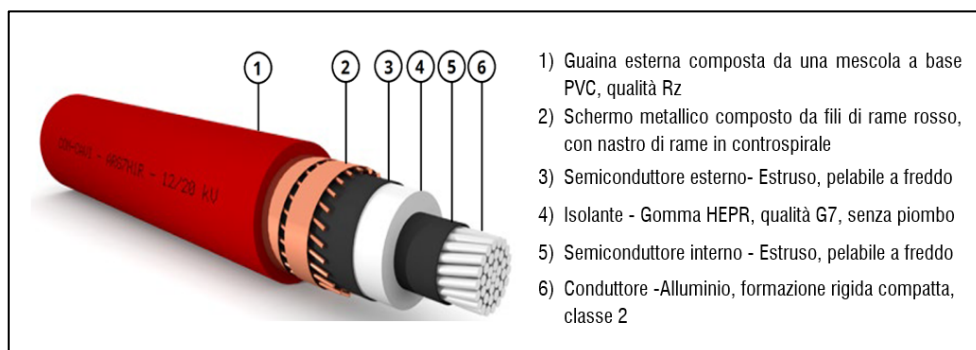


Figura 12 Parti costituenti il cavo unipolare

Vista l'elevata potenza installata nel campo eolico, sarà necessario prevedere più collegamenti in maniera tale da non oltrepassare i limiti di sovraccarico termico e di caduta di tensione ai capi delle linee.

Si prevede di ubicare tutte le linee necessarie all'interno della medesima trincea in maniera tale da minimizzare l'impatto sul territorio e sui costi di scavo. Le trincee saranno inoltre opportunamente distanziate in maniera tale da diminuire, per quanto possibile, la mutua influenza termica delle medesime.

Per la realizzazione delle canalizzazioni a 36kV sono da impiegare tubi in materiale plastico conformi alle Norme CEI 23-46 (CEI EN 50086-2-4), tipo 450 o 750 come caratteristiche di resistenza a schiacciamento, nelle seguenti tipologie:

- rigidi lisci in PVC (in barre)
- rigidi corrugati in PE (in barre)
- pieghevoli corrugati in PE (in rotoli)

I tubi corrugati devono avere la superficie interna liscia.

Per quanto riguarda la coesistenza tra cavidotti a 36 kV e condutture di altri servizi del sottosuolo si è fatto riferimento alle Norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo".

Nello specifico le Norme CEI 11-17 precisano le distanze minime da mantenere tra i cavidotti MT e le linee di telecomunicazione, le tubazioni metalliche in genere e i serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

7.2.1. Giunti tra i cavi 36 kV

I giunti servono per collegare i terminali di due cavi contigui al fine di unire due o più conduttori in un unico conduttore.

Una giunzione deve quindi assicurare il corretto collegamento tra le parti costituenti il conduttore mostrate nel paragrafo precedente e garantire allo stesso tempo la medesima protezione da e verso l'esterno.

Un giunto effettuato a regola d'arte deve garantire:

- Connessione metallica tra i conduttori interni dei 2 terminali
- Continuità del semiconduttore interno per la schermatura del campo elettrico
- Continuità dell'isolamento interno del cavo
- Continuità del semiconduttore esterno
- Continuità dello schermo metallico esterno
- Protezione meccanica e di impermeabilità da e verso l'esterno

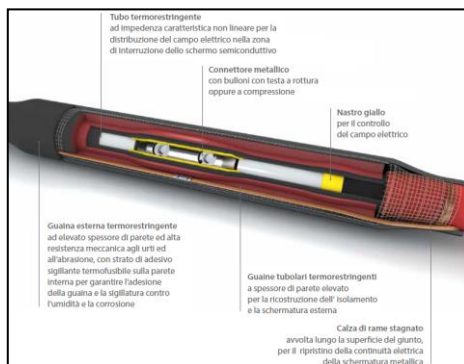


Figura 13: Esempio di giunto per cavo a 36 kV

7.2.1. Terminali dei cavi 36 kV

I terminali rappresentano uno fra le componenti e i dispositivi che realizzano il collegamento dei cavi fra loro e quello dei cavi con le apparecchiature elettriche e gli altri componenti di un impianto.

Questi sono utilizzati per collegare l'estremità di un cavo ad altri componenti dell'impianto come trasformatori o apparecchiature di comando. Essi sono stati scelti secondo quanto indicato dalla norma CEI 20-62/1.

I terminali considerati per il presente progetto sono dei terminali auto restringenti per media tensione TAMT-36 della Etelec (conformi alla Norma CEI 20-62/1).

Essi sono composti dai seguenti elementi principali:

- Unico corpo autorestringente in gomma siliconica che assolve sia al controllo del campo elettrico che alla funzione antitraccia
- Alette integrate, nelle versioni TAMT-I da interno e TAMT-E da esterno, consentendo l'installazione del terminale anche in ambienti inquinati o ad elevata presenza di umidità.
- Nastro sigillante e riempitivo in gomma siliconica per il riempimento degli spazi vuoti e la protezione dall'umidità degli elementi metallici.
- Lubrificante siliconico liquido per agevolare l'installazione del corpo sul cavo.

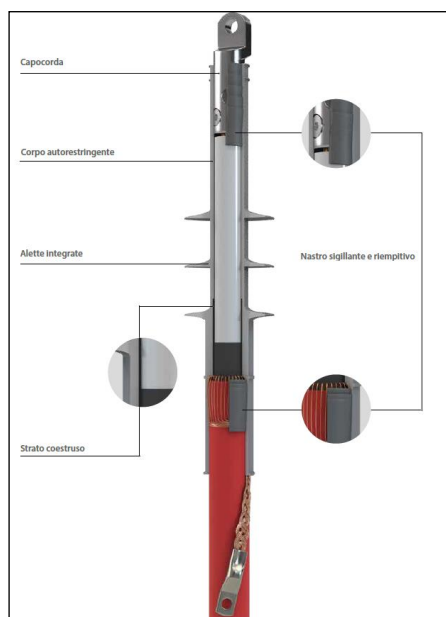


Figura 14: Esempio di terminale per cavo 36 kV

7.3. Fibra ottica

Per permettere il monitoraggio e controllo dei singoli aerogeneratori, il presente progetto prevede la realizzazione di un nuovo sistema di telecontrollo, il quale sovrintenderà al funzionamento del parco eolico in esame. Per la realizzazione del sistema si farà uso di un collegamento in fibra ottica, in configurazione entra-esce da ciascun aerogeneratore. Lo schema di collegamento del sistema di monitoraggio segue la stessa logica dello schema di collegamento elettrico riportato nel paragrafo precedente.

In particolare, si farà uso di un cavo in fibra ottica mono-modale da 12 fibre, idoneo alla posa interrata, di caratteristiche prestazionali tali da garantire una attenuazione del segnale minima, così da permettere la migliore qualità nella trasmissione delle informazioni. Le fibre devono essere corredate di tutti gli accessori necessari alla loro giunzione ed attestazione.

7.4. Sistema di terra

Il sistema di terra del parco eolico è costituito da una maglia di terra formata dai sistemi di dispersori dei singoli aerogeneratori e dal conduttore di corda nuda che li collega. La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente. Il sistema di terra di ciascun aerogeneratore consisterà in più anelli dispersori concentrici, collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori consiste invece in una corda di rame nudo da 50 mmq, posta in intimo contatto con il terreno. Particolare attenzione va posta agli attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto. Per evitare infatti che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95mm² del tipo FG7(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo di 50 mm².

8. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE 36 KV

La Sottostazione Utente del parco Eolico Saladino si troverà nei pressi della nuova stazione di trasformazione Terna nel comune Licata (AG) occupando un'area di forma pressoché rettangolare di circa 12.160 mq



Figura 15. Planimetria SSEU

All'interno della suddetta area saranno ubicate:

- **Edificio utente:** presso il quale verranno ubicati i quadri 36 kV, i trasformatori MT/BT e i quadri ausiliari.
- **Sistema di accumulo elettrochimico (BESS)**
- **Servizi Ausiliari (SS.AA.)**

8.1. Sistema a 36 kV

Il sistema è costituito dagli elementi necessari a connettere la rete del parco eolico allo stallo a 36 kV della stazione RTN 36 kV", ad alimentare i Servizi Ausiliari (SS.AA.) ed a connettere con la rete il sistema BESS.

Il sistema a 36 kV comprende l'edificio utente, nel quale sarà installato un quadro 36 kV di tipo protetto in apposito locale, costituito da:

- Scomparto misure;
- Trasformatore servizi ausiliari;
- Partenza della linea 36 kV verso lo stallo della stazione RTN;

- Dispositivo di interfaccia per la linea in partenza verso la stazione RTN;
- Interruttori di linea relativi alle linee in arrivo dai sottocampi del parco eolico;
- Interruttori di linea relativi alle dorsali in arrivo dal BESS – sistema di accumulo energetico;
- Sistema di rifasamento.

Oltre agli apparati principali sopra menzionati, si prevedono i corrispondenti apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto installati all'interno dell'edificio di controllo.

Come dati di progetto per la protezione di rete sulla sbarra 36 kV dell'Utente si adottano i seguenti valori:

Tabella 16 Caratteristiche elettriche sistema a 36 kV

CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Tensione di esercizio [kV]	36
Tensione massima [kV]	41,4
Frequenza nominale [Hz]	50
Minima frequenza [Hz] (1a soglia)	47,5
Massima frequenza [Hz] (1a soglia)	51,5

8.2. BESS - Battery Energy Storage System

All'interno della stazione Utente è prevista l'installazione di un sistema di accumulo elettrochimico utilizzando celle elettrolitiche a ioni di Litio (tecnologia FePO₄) assemblate in moduli e quindi in rack, uniti tra loro ed atti a costituire soluzioni modulari di batterie. I rack, assemblati in appositi armadi elettricamente collegati tra loro, determinano i valori di potenza, tensione e corrente previsti dallo specifico design.

Il BESS sarà costituito dai seguenti componenti (cfr. elaborato *"Carta dello Schema Elettrico Unifilare del parco eolico_Cod. PD.46"*):

- N° 32 container 45FT contenenti i rack di moduli di celle

Ogni container contiene un sistema di management dell'assemblato batterie (BMS, *Battery Management System*);

- N°16 skid PCS (*Power Conversion System*, ognuno associato a N°2 container batterie) con le apparecchiature elettriche di potenza e controllo (quadri, equipaggiamenti e cavidotti BT DC, sistemi di conversione DC/AC e trasformazione BT/ MT, quadri, equipaggiamenti e cavidotti MT, sistemi di protezione e misura ecc.);
- Quadri di arrivo e protezione MT dai N°16 skid PCS, la trasformazione MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari del sistema BESS, il sistema misure dell'energia scambiata dal sistema BESS, il quadro di partenza verso la trasformazione MT/AT, tutti posti all'interno dell'edificio previsto nella stazione utente, dove troveranno collocazione anche il sistema di management dell'insieme degli 16 skid PCS (EMS, *Energy Management System*);

Il sistema BESS sarà equipaggiato con tutti i dispositivi previsti dal Regolamento:

- Phasor Measurement Unit (PMU);
- Unità Periferica per il Distacco e Monitoraggio (UPDM);
- Apparat per lo scambio informativo.

Il sistema BESS realizzerà una Unità di Produzione di tipo “stand alone” nel rispetto di quanto previsto nel sistema GAUDì (Gestione delle Anagrafiche Uniche Degli Impianti di produzione) gestito da Terna SpA.

I containers batterie, gli skid PCS, i quadri potenza e controllo 36 kV, gli equipaggiamenti in 36 kV e la componentistica ausiliaria saranno installati su fondazioni in calcestruzzo armato e rispondenti alle prescrizioni tecniche dei fornitori e nel rispetto delle condizioni ambientali richieste. Ogni container batterie sarà fornito già assemblato e perfettamente funzionante direttamente dal produttore e sarà dotato di sistema rilevazione incendi, impianto di spegnimento automatico a gas, sistema antintrusione, sistema di emergenza, impianto di condizionamento.

I container batterie previsti in fornitura saranno di tipo metallico con struttura realizzata ad hoc per ospitare i rack batterie; la carpenteria verrà realizzata su progetto personalizzato e comprenderà: pannelli esterni grecati e sandwich metallici per le coibentazioni delle pareti perimetrali; controtelaio e supporto per gli allestimenti delle apparecchiature interne; pavimento sopraelevato ed asportabile; portelloni con maniglione antipanico; parete superiore in sandwich coibentato idoneo per installazione impianti tecnologici (luci, fem, rilevazione incendi, ecc.); ciclo di verniciatura idoneo per ambienti marini.

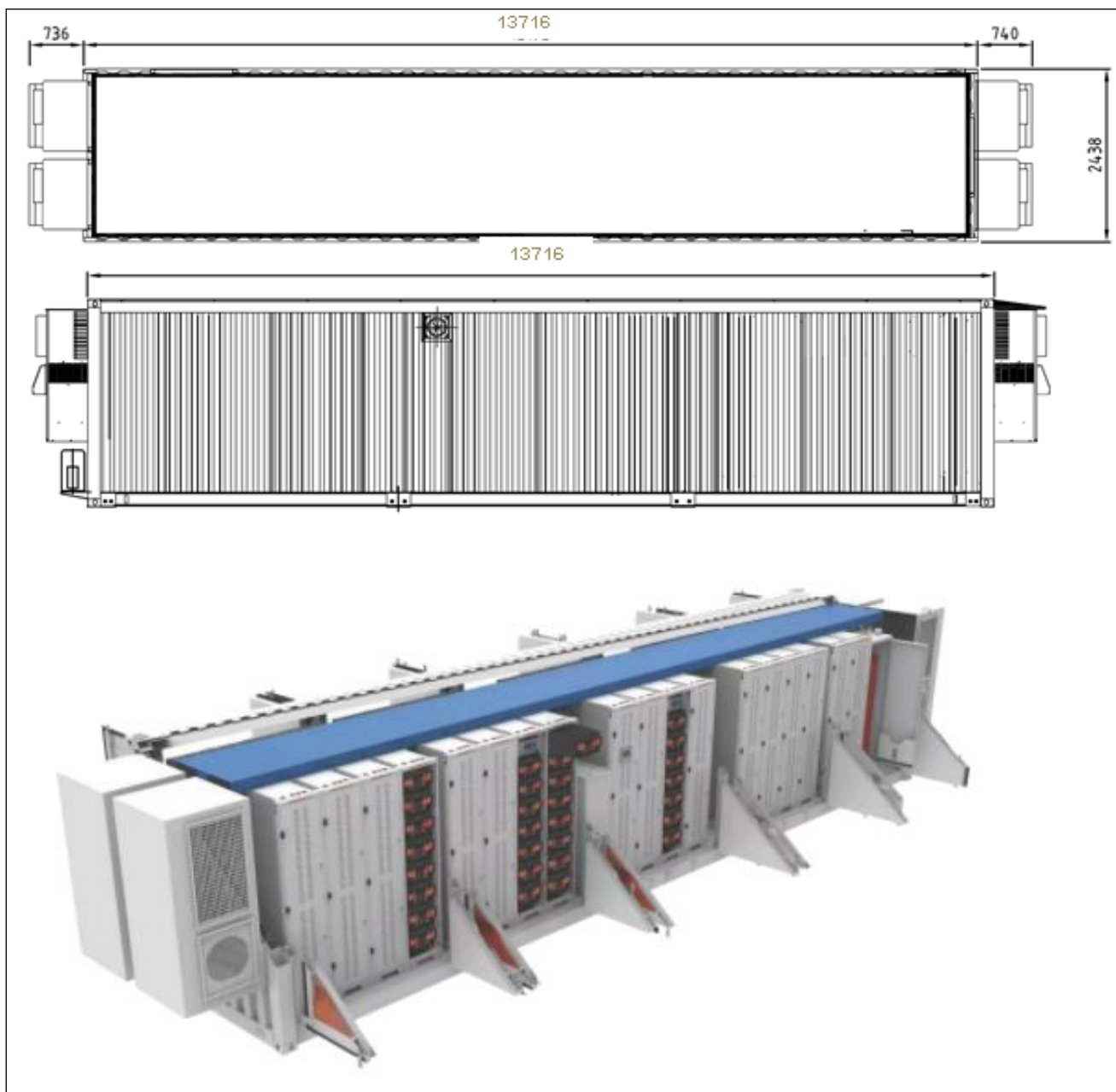


Figura 16 Modulo Container Batterie

8.2.1. Sistema di Conversione Pcs

Il sistema di conversione statico dell'alimentazione PCS (Power conversion system) ha il compito di adeguare le caratteristiche della corrente elettrica proveniente dalle batterie da DC ad AC, per consentirne l'immissione in rete. Per la progettazione della PCS è prevista una struttura a skid progettata ad hoc per installazione outdoor e provvista di PCS costituito da inverter da 2,60 MVA collegato a trasformatore elevatore 36/0,66 kV nelle sue immediate vicinanze.

In dettaglio ogni Power Conversion system sarà equipaggiato con:

- Quadro di conversione bidirezionale AC/DC, costituito da:
- Quadro con il sistema di supervisione, controllo e monitoraggio delle PCS

- Quadro per l'alimentazione dei servizi ausiliari dei quadri di conversione (es. alimentazione sistemi di comando e controllo, condizionamento etc);
- Sistemi di apparecchiature di manovra e protezione (interruttori, fusibili etc), e dispositivi di sicurezza (antincendio, etc).

8.2.2. Dati Tecnici del Bess

Si prevede l'installazione un sistema di accumulo di energia con batterie al litio composto da N° 32 container batterie (ciascuno equipaggiato con rack aventi capacità energetica pari a 5,76 MWh 100% SOC BoL) con relativi sistemi skid con PCS AC ed impianti tecnologici. Si prevede che il sistema BESS venga suddiviso in 16 moduli ciascuno costituito da N°2 container batterie (5.76x2=11,52 MWh 100% SOC BoL) e N°1 sistema PCS questo ultimo costituito da Inverter di taglia 2,60 MVA e di un trasformatore elevatore 36/0,66 kV di taglia 3,0 MVA. Si precisa che il dato in capacità energetica fa riferimento alle condizioni ambientali forzate dal sistema di condizionamento che manterrà l'ambiente delle batterie ad una temperatura nel range 15-30 °C con impostazione target a 25°C. I dati tecnici di progetto del BESS sono riportati nella tabella sottostante:

Potenza totale nominale del BESS	MVA	48.0	
Prelievo per servizi ausiliari	MW	2.08	
Potenza installata al trasformatore PCS (36/0,66 kV)	MVA	48.0	16 unità x 3,0 MVA
Potenza installata inverter PCS (0,66 kV AC, cosfi=1)	MW	41.6	16 unità x 2,6 MVA
Capacità energetica installata (100% soc, BoL)	MWh	184.32	32 unità x 5,76 MWh/unità
SOC min	%	3	
SOC max	%	98	
Capacità energetica utilizzabile (BoL)	MWh	175.10	
Capacità energetica utilizzabile (EoL)	MWh	137.46	
after 15 years - assumed 1,6%/y (78,5%)			

Tabella 17– Dati Tecnici BESS

Al fine di render più agevole la comprensione dei parametri relativi allo specifico dimensionamento effettuato per il BESS in **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata.** è rappresentato uno schema a blocchi del sistema in analisi. Sono altresì riportati i risultati del modello di calcolo dei flussi di potenza in regime stazionario sia in fase di carica che scarica includendo i prelievi per servizi ausiliari e calcolati nell'ipotesi di garantire al nodo AC di ciascun inverter la potenza massima erogabile: **16 x 2,60 = 41,60 MW**.

8.3. Servizi ausiliari

I servizi ausiliari (SS.AA.) della Sottostazione verranno alimentati dal trasformatore servizi ausiliari che si trova nel locale 36 kV dell'edificio utente del parco eolico in oggetto.

I servizi ausiliari sono costituiti dai sistemi necessari per il funzionamento della sottostazione e per l'alimentazione dei servizi del sistema BESS. Si installeranno sistemi di alimentazione in corrente alternata e per alimentare i distinti componenti di controllo, protezione e misura. I servizi di corrente alternata saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

Si è stimata una potenza richiesta in prelievo per i servizi ausiliari del parco eolico in oggetto di circa 1,25 MW, di cui 1,04 [MW] sono necessari per l'alimentazione della componentistica del sistema di accumulo e la restante parte (circa 210 kW) per l'alimentazione della strumentazione presente all'interno della SSE (quadri di controllo, illuminazione ecc..).

Per disporre dei **Servizi ausiliari in CA** è prevista l'installazione di un trasformatore con le seguenti caratteristiche

Tabella 18 Caratteristiche trasformatore servizi ausiliari

TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI	
Potenza nominale [kVA]	1250
U1n [Kv]	36 ±3x2,5
U2n [v]	420
Gruppo di connessione	Dyn11
Principali utenze	- Raddrizzatori - Motori di manovra - Illuminazione - FM privilegiata - Ausiliari BESS

L'edificio comando sarà inoltre munito di apposito loculo per ospitare un gruppo elettrogeno idoneo.

L'alimentazione dei **Servizi in CC** è assicurata da un idoneo sistema raddrizzatore/batterie a 110 Vcc. Le caratteristiche del raddrizzatore e delle batterie verranno scelte durante la fase esecutiva.

Le apparecchiature alimentate alla tensione di 110 Vcc funzioneranno ininterrottamente. Il processo di carica delle batterie sarà gestito automaticamente, senza la necessità di alcun tipo di vigilanza o controllo, quindi più sicuro per il mantenimento di un servizio permanente. Le apparecchiature saranno idonee a funzionare con temperature interne all'edificio comprese tra 10°C e 40°C. In condizioni di normale funzionamento (corrente alternata presente), il raddrizzatore fornirà sia la corrente di funzionamento degli ausiliari in corrente continua, sia la corrente di mantenimento o di carica necessaria per la batteria.

In assenza di corrente alternata di alimentazione, la batteria deve essere in grado di alimentare i circuiti ausiliari in corrente continua utilizzatori per il tempo prefissato.

L'alimentazione dei servizi ausiliari, in condizioni di emergenza, sarà effettuata con un generatore Diesel da 25 kVA in BT dimensionato per alimentare i carichi "privilegiati" sia per la stazione Utente che per l'impianto di Accumulo. L'attivazione del generatore diesel avverrà in assenza di alimentazione dalla rete di connessione RTN.

8.4. Edificio di comando

La struttura prefabbricata è costruita secondo quanto prescritto dalle norme CEI EN 61936-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata Parte 1: Prescrizioni comuni", dalle Norme CEI 11-35 "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/Utente finale" e dalle Norme CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica". La struttura è realizzata in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno, IP 33 Norme CEI 70-1.

Essa è composta da elementi componibili prefabbricati in cemento armato vibrato e prodotte in modo tale da garantire pareti interne lisce e senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box è additivato con idonei fluidificanti e impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità.

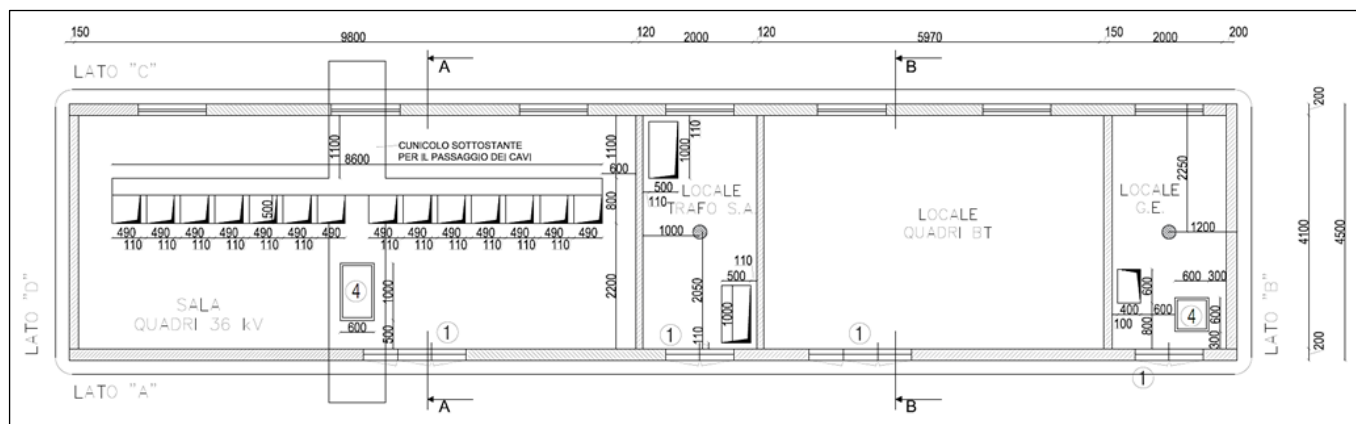


Figura 17 Edificio comandi

L'armatura interna dei fabbricati è totalmente collegata meccanicamente ed elettricamente in modo da creare una vera e propria gabbia di faraday che dal punto di vista elettrico protegge il manufatto da sovratensioni di origine. Le dimensioni e le armature metalliche delle pareti sono sovradimensionate rispetto a quelle occorrenti per la stabilità della struttura in opera, in quanto le sollecitazioni indotte nei vari elementi durante le diverse fasi di sollevamento e di posa in opera sono superiori a quelle che si generano durante l'esercizio. Le pareti sono realizzate in calcestruzzo vibrato tipo RCK35 con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato, di spessore pari a 20cm ed incombustibile come previsto dalla CEI 11-1 al punto 6.5.2.1. Nel caso di locali adibiti ad usi particolari (ad esempio locale per gruppo elettrogeno) garantiscono una resistenza al fuoco R 120.

Per l'installazione delle porte vengono annegati, nel getto di calcestruzzo, degli inserti filettati in acciaio M 12x30, chiusi sul fondo, facenti filo con la superficie della parete e saldati all'armatura della parete stessa. Il pavimento è calcolato per un carico uniformemente distribuito pari a 10KN/mq. Sul pavimento sono previste le aperture per il passaggio dei cavi posizionate secondo le indicazioni della DD.LL o del tecnico ENEL.

Esso può avere spessori che variano da 10/15cm a seconda della profondità della struttura da realizzare. La copertura calcolata per un carico uniformemente distribuito, determinato secondo quanto previsto dal D.M. Infrastrutture e Trasporti 14 gennaio 2008, viene opportunamente ancorato alla struttura mediante ancoranti filettati M30 e adeguatamente impermeabilizzata mediante doppio strato di guaina elastomerica incrociata applicata a caldo dello spessore 4+4 mm., di cui uno con superficie ardesiata con funzione protettiva e riflettente dai raggi solari. Per garantire la ventilazione all'interno del locale verranno installate griglie di aerazione in resina U.E. DS 927 omologate ENEL, smontabili solo dall'interno per impedire eventuali intrusioni e sulla copertura possono essere installati aspiratori eolici in acciaio inox o torrioni di aspirazione elettrici a tiraggio forzato.

Per le strutture prefabbricate a pannelli componibili è previsto il pannello con mensola integrata, per l'appoggio del pavimento, con fori a frattura prestabilita, idonei ad accogliere le tubazioni in pvc contenente i cavi, gli stessi fori appositamente flangiati possono ospitare dei passacavi a tenuta stagna che in entrambe le soluzioni garantiscono comunque un grado di protezione contro le infiltrazioni anche in presenza di falde acquifere. L'accesso alla vasca avviene tramite botole ricavate nel pavimento interno della



struttura; il pavimento prevede fori per permettere il passaggio di cavi per il cablaggio delle apparecchiature. La rete di terra esterna è costituita da una treccia di rame nuda di opportuno spessore, posizionata all'interno dello scavo distanziata perimetralmente di circa 1 metro dal basamento in opera, collegata:

- alla rete elettrosaldata annegata nel basamento;
- punto di terra interno alla cabina prefabbricata;
- n. 4 spandenti a croce infissi nel terreno adiacenti agli angoli del basamento (come riportato nella tabella “materiali e dimensioni minime” dell'allegato A della Norma CEI 11-1) (come previsto dalla Norma CEI 11-1 al punto 9.3) e nelle specifiche Enel DG10061 ed.V. Le pareti interne ed il soffitto sono tinteggiate con pitture a base di resine sintetiche di colore bianco. Le pareti esterne possono essere trattate con rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sinteti che pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiranno il perfetto ancoraggio sul manufatto, resistenza agli agenti atmosferici anche in ambiente industriale e marino, inalterabilità del colore alla luce solare e stabilità agli sbalzi di temperatura. A richiesta possono essere realizzate diverse finiture esterne atte a soddisfare specifiche esigenze di impatto ambientale e della DD.LL.: Le strutture possono essere realizzare senza alcuna limitazione progettuale. La struttura è rifinita a perfetta regola d'arte sia internamente che esternamente. I giunti di unione dei diversi elementi che compongono la struttura vengono stuccati per una perfetta tenuta d'acqua con interposte guaine elastiche a miscela bituminosa al fine di attribuire alla struttura, un grado di protezione IP33 Norme CEI 70-1;
- porte;
- griglie di aerazione;
- aperture sul pavimento per il passaggio cavi di media e bassa tensione.

9. OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE ALLA *rtn*

9.1. Stallo produttore RTN 220/36 kV “

Verrà realizzato uno stallo produttore 36 kV nella stazione RTN per il collegamento in antenna della Sottostazione Elettrica Utente, il quale si configura come opera di rete per la connessione. Lo schema di inserimento in stazione può essere dedotto dall'allegato A.17 (rev.03 del Maggio 2022) del Codice di rete Terna per il nuovo standard di connessione ad uno stallo a 36 kV.

In Figura 18 è rappresentato un tipico stallo di trasformazione 220/36 kV, mentre in nella seguente tabella, sono elencati i componenti elettromeccanici presenti in un tipico stallo trasformatore 220/36 kV.

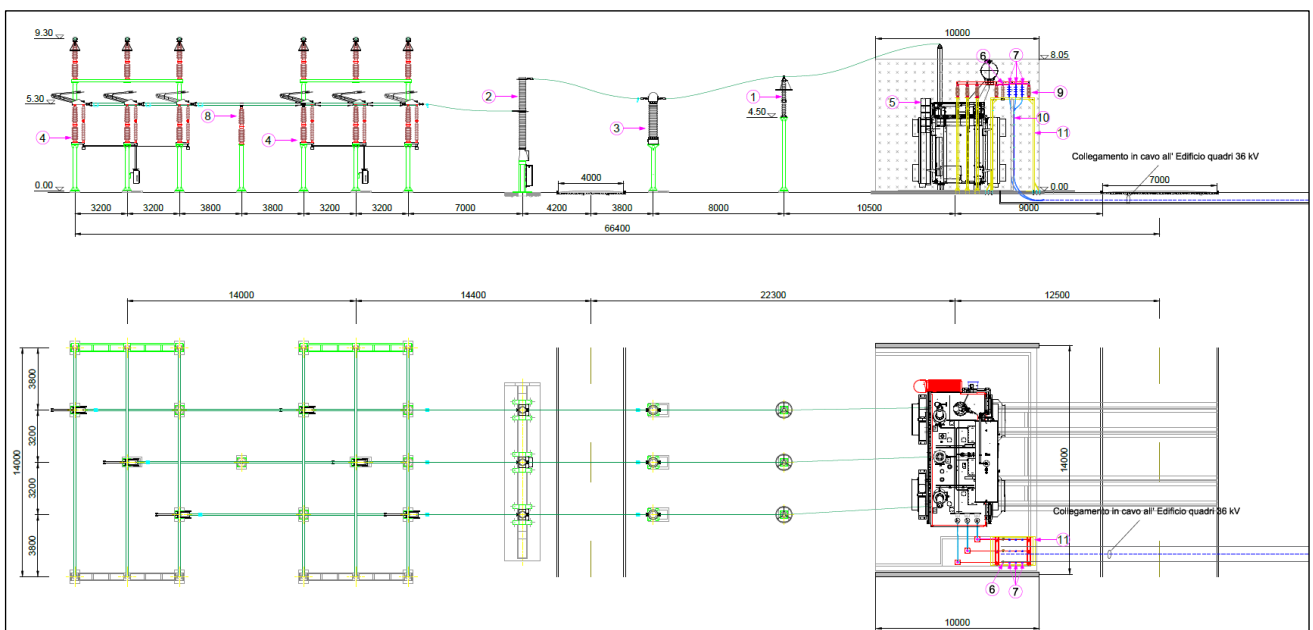


Figura 18: Stallo TR 220/36 kV

Tabella 19: elenco componenti stallo trasformatore 220/36 kV

Elenco componenti	
rif.	descrizione
1	Scaricatore 220kV
2	Interruttore 220kV
3	TA 220kV
4	Sezionatore verticale
5	Trasformatore 220/36 kV
6	Scaricatore 36kV
7	Terminali cavo 36kV
8	Isolatore 220 kV
9	Isolatore 36 kV
10	Cavi 36 kV
11	Castelletto distribuzione cavi 36 kV

PARCO EOLICO SALADINO
POTENZA EOLICA 64,8 MW + 41,6 MW SISTEMA DI ACCUMULO
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI AGRIGENTO
IMPIANTO E OPERE DI CONNESSIONE COMUNI DI NARO (AG),
CAMASTRA (AG) E LICATA (AG)
DISCIPLINARE PRESTAZIONALE



elettrostudio

LAAP ARCHITECTS®
urban quality consultants