

Parco Eolico Marino

Gargano Sud

Relazione Tecnica Impianti

Seanergy s.r.l.



| REV | DESCRIZIONE | DATA |
|-----|-------------|------------|
| 1 | EMISSIONE | 02/11/2022 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

CARATTERISTICHE GENERALI D'IMPIANTO

GENERATORE - Altezza mozzo: fino a 160 m.

Diametro rotore: fino a 260 m.

Potenza unitaria: fino a 16 MW.

IMPIANTO - Numero generatori: 68

Potenza complessiva: fino a 1088 MW.

Il proponente:

Seanergy s.r.l.
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
seanergy@pec.it

Il progettista:

ATS Engineering srl
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il tecnico:

Ing. Eugenio Di Gianvito
atsing@atsing.eu

Sommario

| | |
|--|----|
| Introduzione..... | 2 |
| 1 L'area di Progetto..... | 3 |
| 1.1 Localizzazione dell'area di progetto | 3 |
| 1.2 Punto di connessione | 5 |
| 2 Caratteristiche delle risorse eoliche..... | 6 |
| 2.1 I dati di vento..... | 6 |
| 2.2 I risultati sulla velocità del vento sul sito | 13 |
| 3 Descrizione tecnica del progetto | 16 |
| 3.1 Gli elementi | 16 |
| 3.2 La Turbina | 17 |
| 3.3 Le Fondazioni..... | 17 |
| 3.4 Rete elettrica interna al parco (array cabling)..... | 18 |
| 3.5 Sottostazione di trasformazione..... | 23 |
| 3.6 Il cavidotto di trasmissione OFFshore..... | 25 |
| 3.7 Fossa di giunzione OFFshore-Onshore | 30 |
| 3.8 Il cavidotto di trasmissione ONshore | 31 |
| 3.9 La sottostazione di trasformazione ONshore..... | 33 |
| 3.10 Segnaletica di sicurezza..... | 33 |

Introduzione

Il presente documento “Relazione Tecnica di Progetto” raccoglie le soluzioni tecniche identificate nel progetto del parco eolico marino (offshore) denominato *Gargano Sud*. Tale opera si localizzerà in Puglia, nelle acque del Golfo di Manfredonia a sud del promontorio del Gargano e rimanendo mediamente a una distanza dalla costa di circa 15 km e comunque non inferiore ai 10,5 km.

Il progetto prevede l'installazione di aerogeneratori di nuova generazione classe V236 (15 Mw cadauno rotore 236 metri) oppure classe MY260 (16 MW cadauno rotore 260 metri). Entrambi le tipologie sono disponibili in forma commerciale. Si prevede l'installazione con fondazione diretta su pali infissi direttamente su fondale. La sottostazione utenza e' anch'essa installata su fondazione fissa e pertanto anche tutta l'impiantistica elettrica prevede tecnologia consolidata e disponibile sul mercato. Non sono previste strutture galleggianti o sospese di alcun tipo che possano ritardare la realizzazione o in qualche modo compromettere l'affidabilita' d'impianto nel suo complesso (si evidenzia che il ricorso a strutture di fondazione galleggianti al momento non sono attendibili e commercialmente disponibili e renderebbero necessario il ricorso a cavi elettrici a loro volta sospesi ed anch'essi non disponibili per i prossimi anni). Possiamo concludere che il progetto GS della Seanergy srl e' immediatamente cantierabile sotto tutti gli aspetti.

La ditta proponente e responsabile del presente progetto è la *Seanergy s.r.l.* con sede legale in Piazza Giovanni Paolo II n° 8 - 71017 Torremaggiore (FG).

Il layout di progetto conta 68 aerogeneratori con una Potenza fino a 16 MW cadauno, per una potenza totale fino a 1088 MW.

1 L'area di Progetto

1.1 Localizzazione dell'area di progetto

Il progetto eolico offshore denominato **Gargano Sud** si localizza a sud del promontorio del Gargano, nelle acque antistanti i Comuni di Mattinata (FG), Monte Sant'Angelo (FG), Manfredonia (FG), Zapponeta (FG) e Margherita di Savoia (BT).



Localizzazione del Progetto sulla costa pugliese

Le coordinate geografiche esatte dell'area per la quale si è richiesta la concessione demaniale sono indicate nella seguente tabella.

| Estremo area di concessione | Coordinate geografiche, WGS 84 | | Gauss Boaga 2, Roma 1940 | |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------|---------|
| | Est | Nord | X | Y |
| 1 | 16°11'03.40" | 41°39'38.04" | 2618609 | 4612777 |
| 2 | 16°15'28.91" | 41°39'06.02" | 2624764 | 4611876 |
| 3 | 16°13'36.82" | 41°31'13.90" | 2622378 | 4597278 |
| 4 | 16°09'25.64" | 41°32'41.07" | 2616520 | 4599886 |

Tabella Coordinate dei vertici dell'area del parco

L'area per la quale è stata chiesta la concessione demaniale preliminare:

- Si trova a circa 10,5 km dalla costa;
- Si estende per una fascia di una lunghezza variabile tra 13 e 14,7 km;
- Si sviluppa al largo per 6 km;
- Copre un'area di 86,5 km² su un perimetro di 40,23 km.



Dimensioni e distanze principali

2 Caratteristiche delle risorse eoliche

2.1 I dati di vento

La Puglia ha notevole potenziale eolico, infatti, secondo quanto riportato dall'Atlante Eolico Italiano (3), sviluppato dall'Università di Genova, le velocità del vento in aree costiere della Puglia hanno un valore medio che si aggira fra i 6 ed i 7 m/s a 100 m di altezza s.l.m. Ulteriore conferma della bontà della regione sta nel fatto che nella sola Puglia risiede il 25% dell'installato eolico italiano.

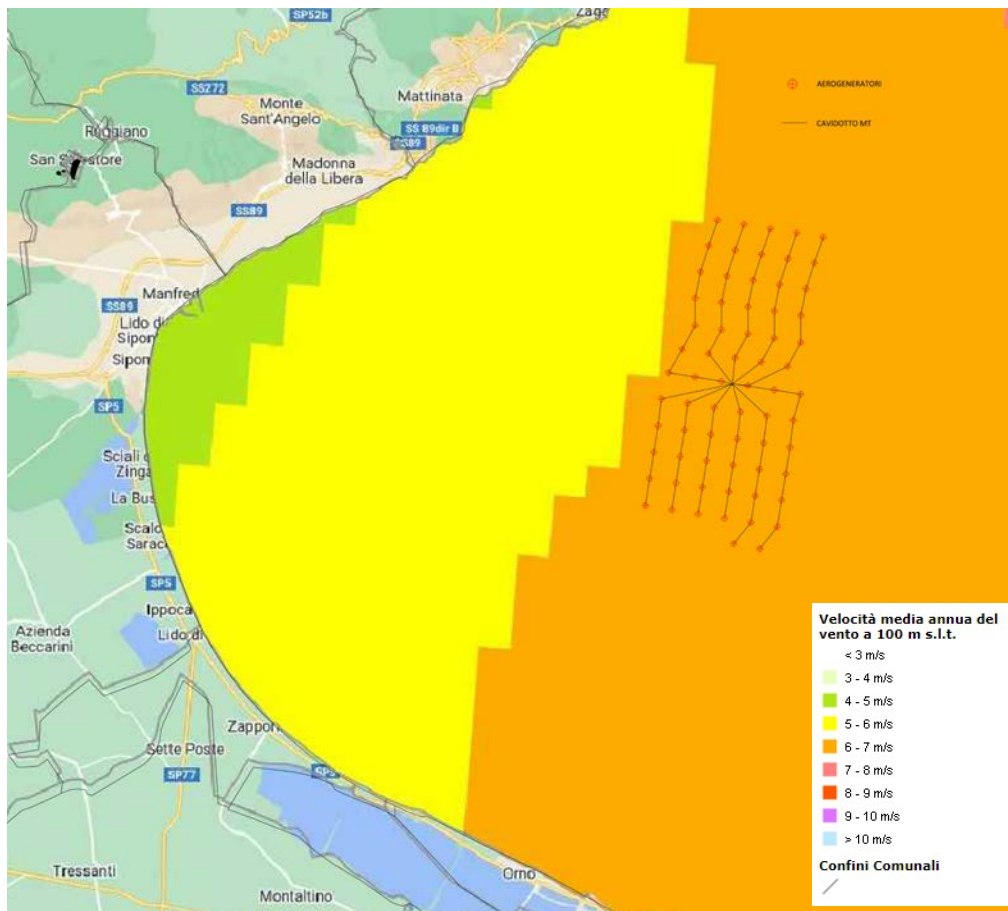


Figura 1 Impianto su Atlante eolico interattivo con velocità media annua a 100 m.s.l.m.

La producibilità varia nell'intervallo compreso tra le 2000 e le 2500 Mwh, tranne per le torri T5 e T10 che hanno una producibilità compresa tra le 2500 e le 3000 Mwh, come indicato nella seguente immagine.

| TABELLA DELLE COORDINATE DEGLI AEROGENERATORI | | | | |
|---|--------------------|--------------|-------------------|---------------|
| Turbina numero | UTM WGS84 ZONA: 33 | | Geografiche WGS84 | |
| | EST | NORD | Latitudine | Longitudine |
| 1 | 599891.0000 | 4612430.0000 | 41°39'26.51"N | 16°11'59.03"E |
| 2 | 601057.6537 | 4612240.1495 | 41°39'19.82"N | 16°12'49.35"E |
| 3 | 602224.3074 | 4612050.2990 | 41°39'13.13"N | 16°13'39.66"E |
| 4 | 603390.9610 | 4611860.4486 | 41°39'6.44"N | 16°14'29.97"E |
| 5 | 604557.6147 | 4611670.5981 | 41°38'59.73"N | 16°15'20.28"E |

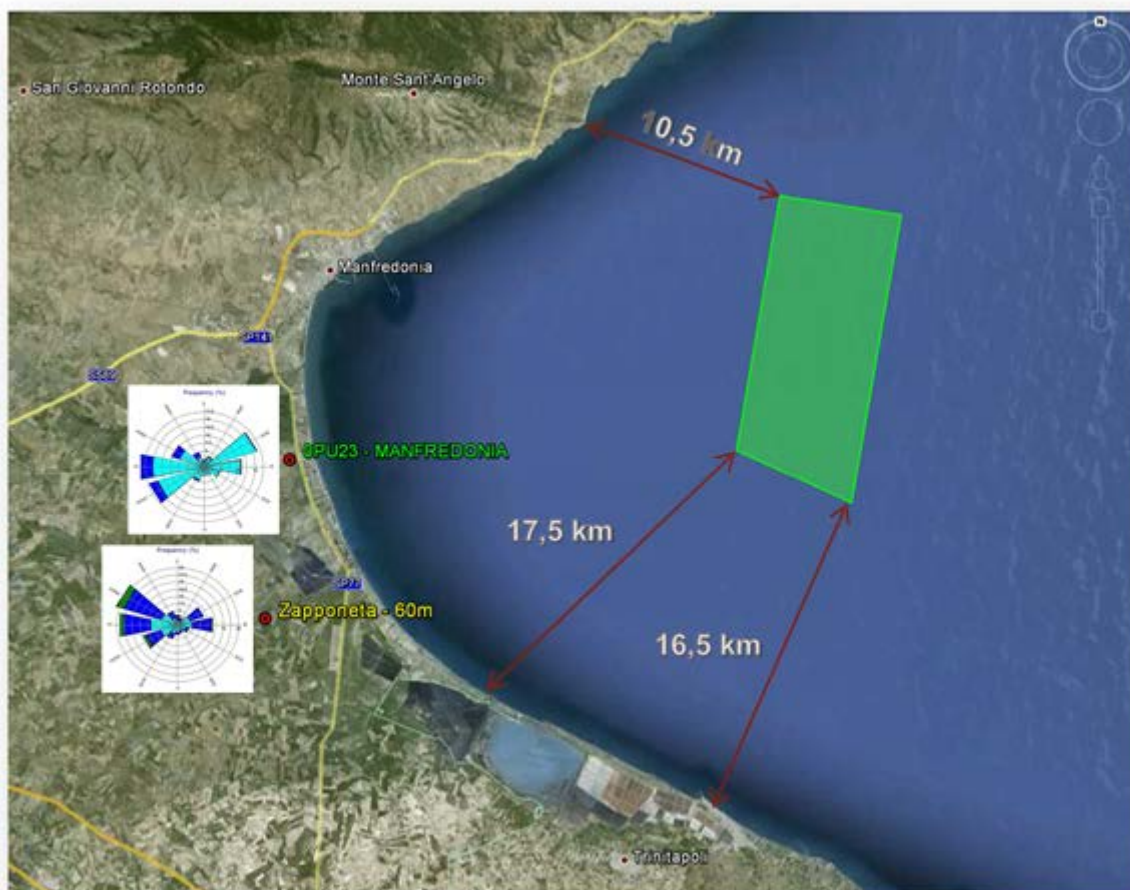
| | | | | |
|----|-------------|--------------|---------------|---------------|
| 6 | 599499.5565 | 4611294.9096 | 41°38'49.89"N | 16°11'41.43"E |
| 7 | 600666.2563 | 4611105.3428 | 41°38'43.21"N | 16°12'31.74"E |
| 8 | 601832.9561 | 4610915.7760 | 41°38'36.53"N | 16°13'22.05"E |
| 9 | 602999.6559 | 4610726.2091 | 41°38'29.85"N | 16°14'12.36"E |
| 10 | 604166.3557 | 4610536.6423 | 41°38'23.16"N | 16°15'2.66"E |
| 11 | 599133.9545 | 4610152.0074 | 41°38'13.00"N | 16°11'24.95"E |
| 12 | 600300.6479 | 4609962.4009 | 41°38'6.33"N | 16°12'15.25"E |
| 13 | 601467.3413 | 4609772.7945 | 41°37'59.65"N | 16°13'5.55"E |
| 14 | 602634.0346 | 4609583.1880 | 41°37'52.96"N | 16°13'55.85"E |
| 15 | 603800.7280 | 4609393.5815 | 41°37'46.27"N | 16°14'46.14"E |
| 16 | 598898.5236 | 4608974.7616 | 41°37'34.94"N | 16°11'14.07"E |
| 17 | 600065.2234 | 4608785.1948 | 41°37'28.27"N | 16°12'4.37"E |
| 18 | 601231.9232 | 4608595.6280 | 41°37'21.59"N | 16°12'54.66"E |
| 19 | 602398.6231 | 4608406.0612 | 41°37'14.91"N | 16°13'44.95"E |
| 20 | 603565.3229 | 4608216.4944 | 41°37'8.22"N | 16°14'35.24"E |
| 21 | 598897.4080 | 4607774.9337 | 41°36'56.04"N | 16°11'13.31"E |
| 22 | 600064.1078 | 4607585.3669 | 41°36'49.37"N | 16°12'3.60"E |
| 23 | 601230.8076 | 4607395.8001 | 41°36'42.70"N | 16°12'53.88"E |
| 24 | 602397.5074 | 4607206.2333 | 41°36'36.02"N | 16°13'44.17"E |
| 25 | 603564.2072 | 4607016.6665 | 41°36'29.33"N | 16°14'34.45"E |
| 26 | 598323.6392 | 4606721.0586 | 41°36'22.13"N | 16°10'47.90"E |
| 27 | 599490.3390 | 4606531.4918 | 41°36'15.46"N | 16°11'38.18"E |
| 28 | 600657.0388 | 4606341.9250 | 41°36'8.79"N | 16°12'28.46"E |
| 29 | 601823.7386 | 4606152.3582 | 41°36'2.11"N | 16°13'18.74"E |
| 30 | 602990.4384 | 4605962.7914 | 41°35'55.43"N | 16°14'9.01"E |
| 31 | 597726.9362 | 4605680.0104 | 41°35'48.64"N | 16°10'21.52"E |
| 32 | 598893.5130 | 4605489.6879 | 41°35'41.96"N | 16°11'11.79"E |
| 33 | 600060.0897 | 4605299.3654 | 41°35'35.26"N | 16°12'2.05"E |
| 34 | 601226.6665 | 4605109.0429 | 41°35'28.56"N | 16°12'52.32"E |
| 35 | 602393.2433 | 4604918.7204 | 41°35'21.86"N | 16°13'42.58"E |
| 36 | 603559.8200 | 4604728.3979 | 41°35'15.15"N | 16°14'32.83"E |
| 37 | 597403.0000 | 4604525.0000 | 41°35'11.34"N | 16°10'6.85"E |
| 38 | 598569.6189 | 4604334.9362 | 41°35'4.66"N | 16°10'57.11"E |
| 39 | 599736.2379 | 4604144.8725 | 41°34'57.98"N | 16°11'47.37"E |
| 40 | 600902.8568 | 4603954.8087 | 41°34'51.29"N | 16°12'37.63"E |
| 41 | 602069.4758 | 4603764.7450 | 41°34'44.60"N | 16°13'27.89"E |
| 42 | 603236.0947 | 4603574.6812 | 41°34'37.90"N | 16°14'18.14"E |
| 43 | 597259.0000 | 4603333.0000 | 41°34'32.76"N | 16°9'59.94"E |
| 44 | 598425.6404 | 4603143.0678 | 41°34'26.09"N | 16°10'50.19"E |
| 45 | 599592.2808 | 4602953.1356 | 41°34'19.41"N | 16°11'40.45"E |
| 46 | 600758.9211 | 4602763.2035 | 41°34'12.73"N | 16°12'30.70"E |
| 47 | 601925.5615 | 4602573.2713 | 41°34'6.04"N | 16°13'20.95"E |
| 48 | 603092.2019 | 4602383.3391 | 41°33'59.34"N | 16°14'11.19"E |
| 49 | 597070.4280 | 4602165.1892 | 41°33'54.98"N | 16°9'51.12"E |
| 50 | 598237.0653 | 4601975.2383 | 41°33'48.31"N | 16°10'41.36"E |
| 51 | 599403.7026 | 4601785.2874 | 41°33'41.63"N | 16°11'31.61"E |
| 52 | 600570.3399 | 4601595.3364 | 41°33'34.95"N | 16°12'21.85"E |
| 53 | 601736.9772 | 4601405.3855 | 41°33'28.26"N | 16°13'12.09"E |
| 54 | 602903.6146 | 4601215.4346 | 41°33'21.57"N | 16°14'2.33"E |
| 55 | 596882.9334 | 4600991.1361 | 41°33'17.00"N | 16°9'42.34"E |

| | | | | |
|----|-------------|--------------|---------------|---------------|
| 56 | 598049.7018 | 4600801.9919 | 41°33'10.36"N | 16°10'32.59"E |
| 57 | 599216.4702 | 4600612.8478 | 41°33'3.71"N | 16°11'22.83"E |
| 58 | 600383.2386 | 4600423.7036 | 41°32'57.05"N | 16°12'13.07"E |
| 59 | 601550.0070 | 4600234.5595 | 41°32'50.39"N | 16°13'3.31"E |
| 60 | 602716.7754 | 4600045.4153 | 41°32'43.72"N | 16°13'53.54"E |
| 61 | 596694.0000 | 4599810.0000 | 41°32'38.79"N | 16° 9'33.50"E |
| 62 | 597860.8179 | 4599620.0385 | 41°32'32.12"N | 16°10'23.74"E |
| 63 | 599027.4583 | 4599430.1064 | 41°32'25.45"N | 16°11'13.97"E |
| 64 | 600194.0987 | 4599240.1743 | 41°32'18.77"N | 16°12'4.20"E |
| 65 | 601360.7391 | 4599050.2423 | 41°32'12.08"N | 16°12'54.42"E |
| 66 | 602527.3795 | 4598860.3102 | 41°32'5.39"N | 16°13'44.64"E |
| 67 | 600599.0000 | 4598119.0000 | 41°31'42.24"N | 16°12'20.99"E |
| 68 | 601758.0000 | 4597896.0000 | 41°31'34.48"N | 16°13'10.86"E |

Lo studio anemologico della zona di progetto è stato condotto usando sia i dati da una torre anemometrica di 60 m, installata nel comune di Zapponeta a circa 5 km dalla costa, sia i dati dalla stazione agrometeo OPU23 di ASSOCODIPUGLIA, distante dalla costa poco più di 1 km.

E' importante mettere in evidenza il generale limite delle misurazioni a terra per la stima del vento offshore nel Golfo di Manfredonia. Infatti in questa zona il vento proveniente dal nord dell' Adriatico aggira il promontorio del Gargano e si combina in mare con i venti che provengono dalla zona del foggiano, dando plausibilmente vita anche a fenomeni di ricircolo della vena fluida. Per questo motivo ci si aspetta che in particolar modo le direzioni registrate da una torre anemometrica a terra, seppur installata vicino alla costa, non siano del tutto rappresentative della direzione del vento offshore nel golfo.

Per quanto illustrato poc' anzi, la PEMGS è ben consapevole che la precisione del risultato finale potrà essere migliorata quando si disporrà di misure del vento a mare. A tal scopo, la PEMGS ha in programma sia di integrare la campagna anemometrica con misurazioni dirette sul sito offshore, sia di stimare le caratteristiche anemologiche nell'area di progetto attraverso l'uso di modelli fisico-matematici a mesoscala.



Localizzazione delle stazioni anemometriche utilizzate nello studio (OPU23-Manfredonia e Zapponeta-60m), relative rose dei venti e distanze principali del parco dalla costa.

Di seguito le principali caratteristiche delle stazioni anemometriche usate:

| Stazione anemometrica | Coordinate UTM WGS 84 Zone: 33 | | Altitudine [m s.l.m.] | Altezza sensori [m s.l.t.] | | Periodo di misura | |
|--------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------|----------------------------|-----------|-------------------|------------|
| | X | Y | | Velocità | Direzione | Inizio | Fine |
| Zapponeta | 572751 | 4591202 | 2 | 20 - 40 - 60 | 60 - 40 | 04/01/2007 | 06/01/2009 |
| OPU23 (stazione storica) | 573911 | 4599238 | 0 | 2 - 10 | 10 | 18/09/2001 | 21/12/2011 |

La stazione di **Zapponeta**, installata il 04/01/2007 e ad oggi ancora attiva, ha misurato con continuità dal 04/01/2007 al 06/01/2009. La torre anemometrica ha struttura tubolare ed è equipaggiata con tre anemometri a 60 m, 40 m e 20 m e due banderuole a 60 m e 40 m.



Figura 2 Stazione di Zapponeta

La stazione **OPU23** fa parte della rete agrometo dell'**Associazione Regionale dei Consorzi di Difesa della Puglia** denominata **ASSOCODIPUGLIA** e i dati misurati sono disponibili pubblicamente. La torre anemometrica, distante circa 8 km dalla stazione di Zapponeta, è situata in località **Manfredonia – Vigna Balsamo (FG)** ed equipaggiata con due anemometri, rispettivamente a 10 m e a 2 m s.l.s., ed una banderuola a 10 m s.l.s. Le misurazioni sono disponibili dal 18/09/2001 al 21/12/2011, per un totale di più di 10 anni.



Figura 3 Stazione OPU23

Sono stati acquistati e analizzati anche i dati di altre tre stazioni mostrate in Figura 3-5, che però si è deciso di non utilizzare nello studio:

Bari Palese (Aeronautica Militare), non utilizzata perché la correlazione con le stazioni OPU23 e Zapponeta non è sufficiente per l'utilizzo dei dati.

Foggia Amendola (Aeronautica Militare), non utilizzata perché la correlazione con le stazioni OPU23 e Zapponeta è incredibilmente scarsa. La pessima correlazione, nonostante la vicinanza della stazione alle altre due usate nello studio, è spiegata dal fatto che le misure anemometriche sono relative solamente alle ore diurne (dalle 5:00 alle 18:00) e quindi la completa assenza d'informazioni sul regime eolico notturno, sia in termini d'intensità che di direzione del vento, rende i dati della stazione incompleti per uno studio anemologico.

Pitagem (CNR ISMAR), unica stazione a mare disponibile, non è stata utilizzata direttamente per la creazione della statistica del vento, ma come verifica dell'intensità del vento offshore. Infatti l'unico anemometro presente (posto a poco più di 2 m s.l.m.) ha misurato con continuità per soli 4,9 mesi (dal 16/12/2004 al 20/04/2005), periodo insufficiente per poter includere i dati nel calcolo della statistica anemologica.

Tuttavia è stata verificata la correlazione su base giornaliera tra i dati Pitagem e quelli di OPU23

(unica stazione delle due usate con dati contemporanei) e il risultato è sufficiente a dare una certa confidenza sulla corrispondenza dell'intensità del vento a terra e a mare. L'incertezza notevole sulle direzioni rimane e va approfondita, come già spiegato in precedenza.



Figura 4 Stazioni anemologiche

| Stazione anemometrica | Periodo | Altezza misura [m] | Velocità misurata [m/s] | Parametri di Weibull | | | Wind shear (°) |
|--------------------------|---------|--------------------|-------------------------|----------------------|-------|---------|----------------|
| | [anni] | | | Vc [m/s] | k | A [m/s] | |
| Zapponeta | 2 | 60 | 5,44 | 5,53 | 2,103 | 6,24 | 0,186 |
| | | 40 | 4,96 | 5,01 | 2,071 | 5,65 | |
| | | 20 | 4,42 | 4,45 | 1,916 | 5,01 | |
| OPU23 (stazione storica) | 10 | 10 | 3,35 | 3,32 | 2,504 | 3,74 | - |

Figura 5 Statistiche dei dati anemometrici delle stazioni di Zapponeta e OPU23

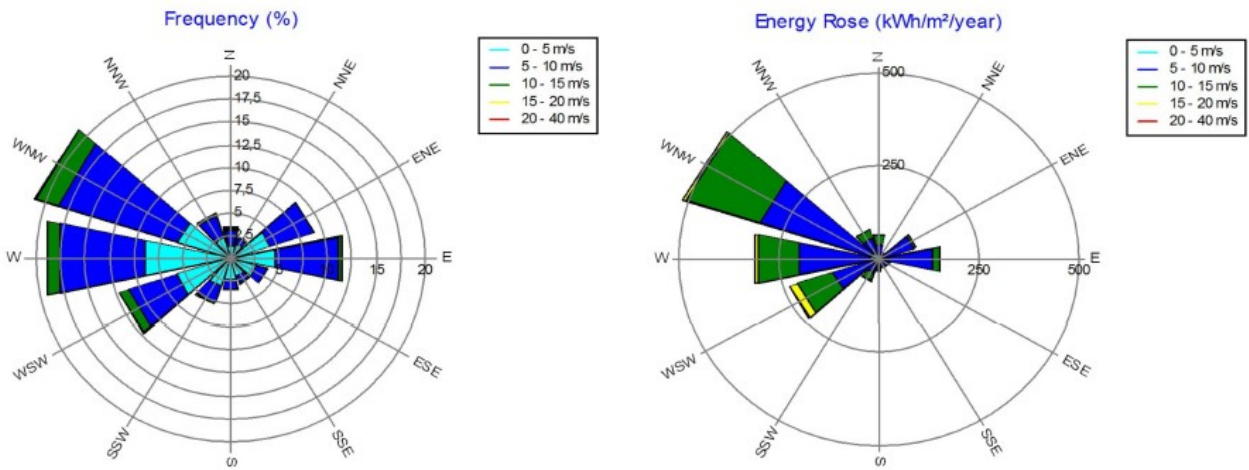


Figura 6 Distribuzione per settori angolari della frequenza del vento e dell'energia per la stazione di Zapponeta

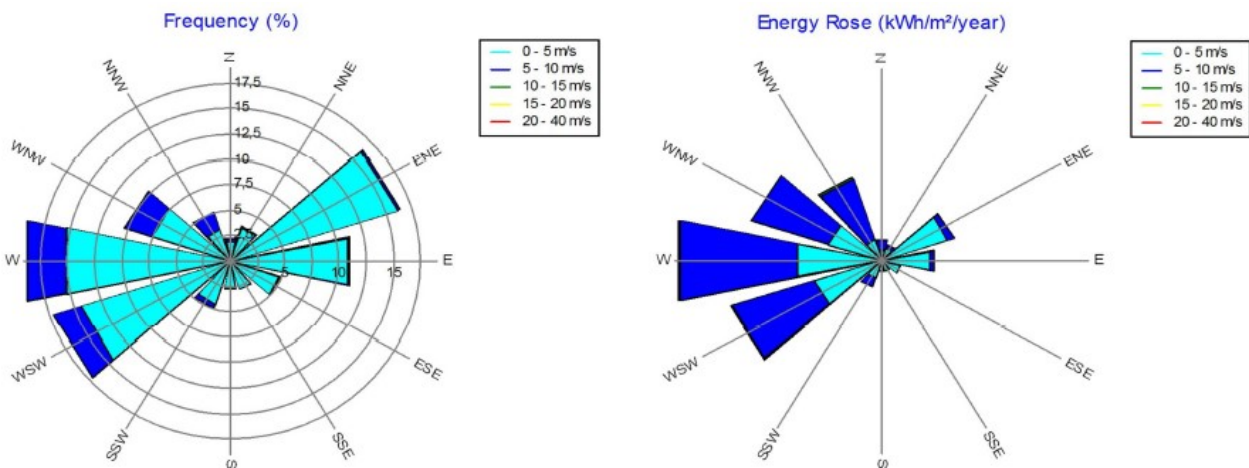
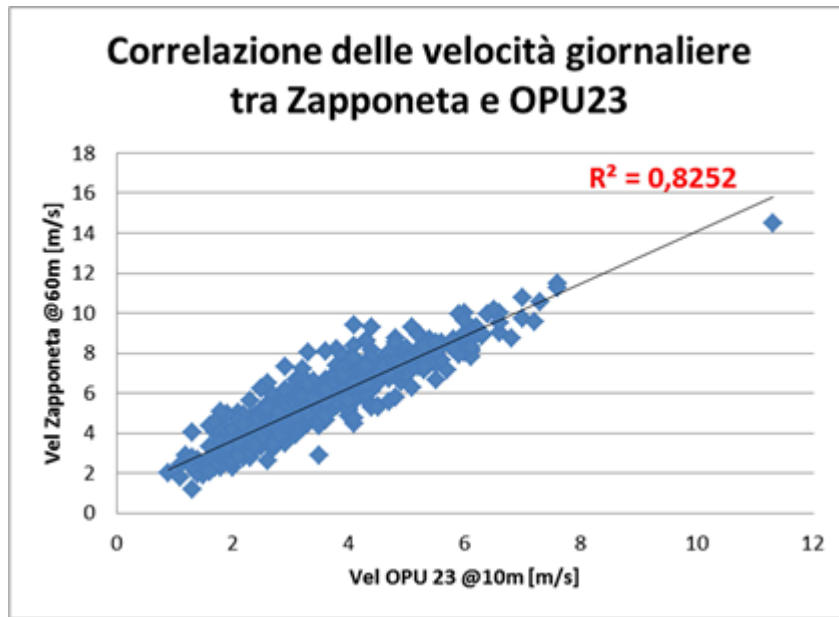


Figura 7 Distribuzione per settori angolari della frequenza del vento e dell'energia per la stazione OPU23

2.2 I risultati sulla velocità del vento sul sito

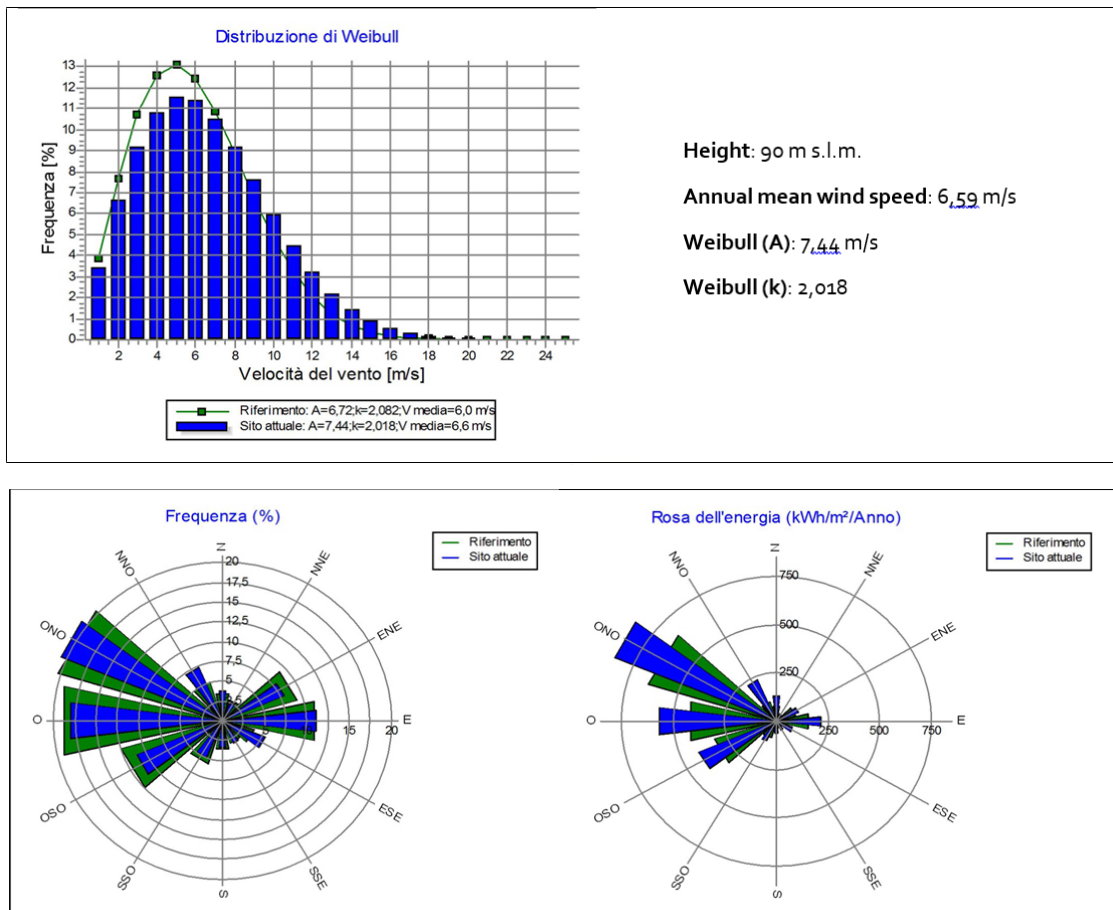
Volendo utilizzare due distinte serie di dati per caratterizzare il regime ventoso, è necessario armonizzarle temporalmente. A tal scopo i dati anemometrici di Zapponeta sono stati correlati con quelli di OPU23 che, avendo una durata di 10 anni, possono essere considerati la serie di riferimento. La correlazione lineare è stata calcolata sulle medie giornaliere dei dati e i valori risultanti di slope ed offset sono stati utilizzati per ricavare la velocità a lungo termine nella posizione della torre anemometrica di Zapponeta a 60 m s.l.t.



Correlazione dati giornalieri OPU23 e Zapponeta.

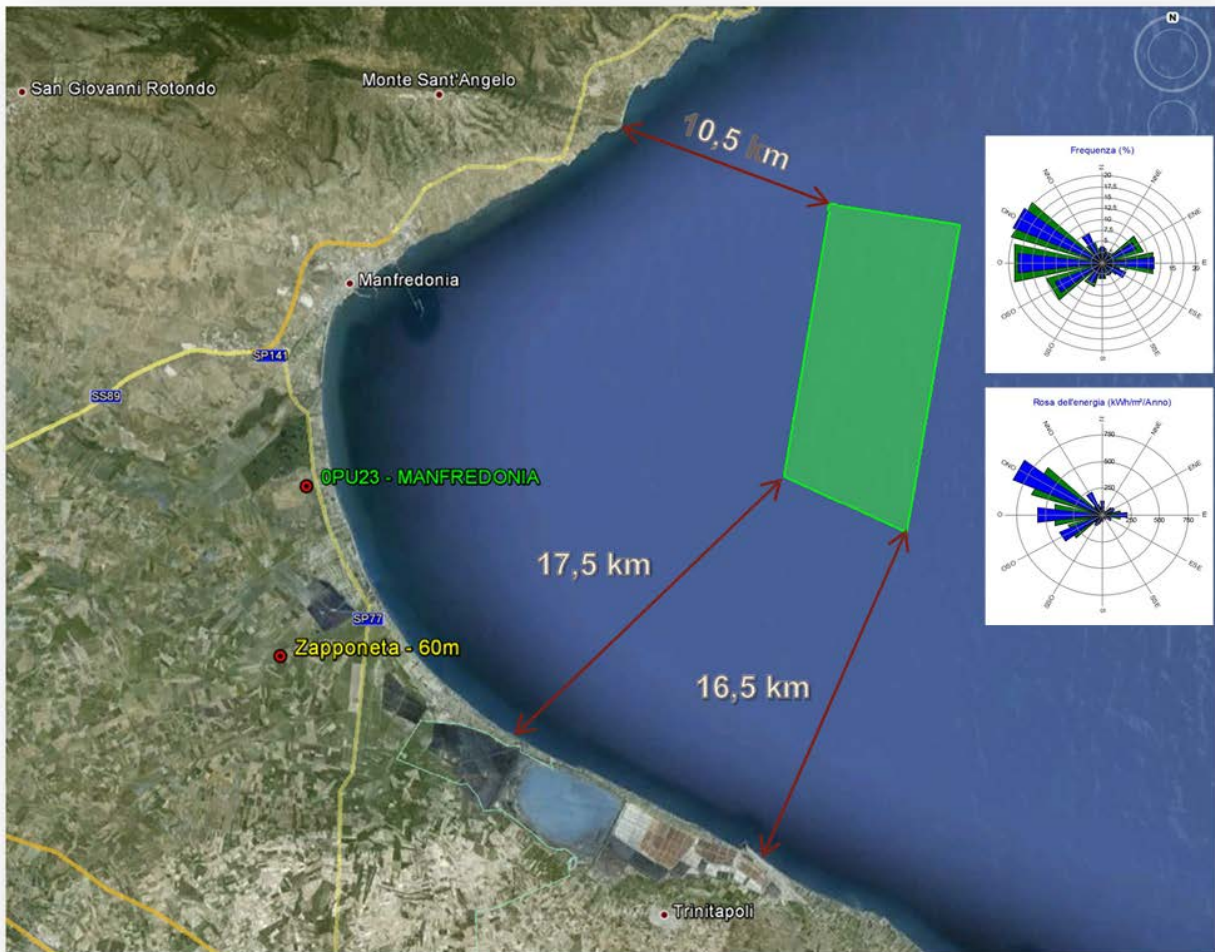
In seguito è stato utilizzato il software WindPRO (della EMD) per creare una statistica del vento a lungo termine (10 anni) nella posizione della torre anemometrica di Zapponeta all’altezza di 90 m s.l.t. che è stata poi usata per il calcolo della producibilità del parco eolico “Gargano Sud”.

Le caratteristiche anemologiche risultanti al centro del parco sono riportate nelle figure seguenti.



Distribuzione di Weibull della velocità a lungo termine (10 anni) al centro del parco eolico a 90 m s.l.m.

E' importante far notare come, in fase di progettazione, si sia scelto di orientare il layout in modo da offrire il fronte più ampio alla direzione principale del vento. In tale modo, essendoci un numero contenuto di file ortogonali al vento prevalente (precisamente sono sei), sarà contenuto anche l'ammontare dell'energia persa per l'effetto scia tra le turbine.



Localizzazione delle stazioni anemometriche utilizzate nello studio (OPU23-Manfredonia e Zapponeta-60m), rose dei venti risultanti al centro dell'area di progetto e distanze principali del parco dalla costa.

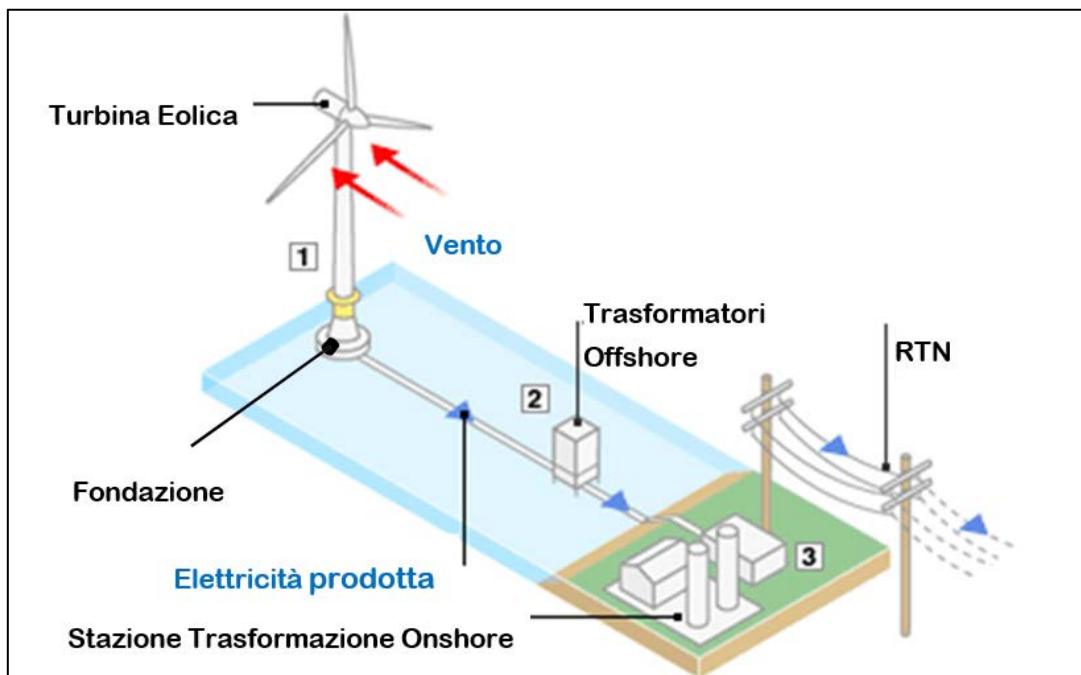
La stima della producibilità è pari a 2.859,26 GWh/anno.

3 Descrizione tecnica del progetto

3.1 Gli elementi

Qui di seguito si vanno a indicare gli elementi costituenti un parco eolico offshore e che quindi verranno considerati nel progetto in questione.

| |
|---|
| TURBINE EOLICHE |
| FONDAZIONI WTG |
| RETE ELETTRICA INTERNA (ARRAY CABLING) (30kV) |
| CAVI MARINI DI TRASMISSIONE OFFSHORE (150kV-30kV) |
| SOTTOSTAZIONI DI TRASFORMAZIONE OFFSHORE (150 KV-30 KV) |
| FOSSA DI GIUNZIONE OFFSHORE-ONSHORE |
| CAVI TERRESTRI DI TRASMISSIONE ONSHORE A 150 KV |
| SOTTOSTAZIONE ONSHORE 380 KV-150 KV |



Schema di un parco eolico offshore

3.2 La Turbina

Le caratteristiche dell'aerogeneratore di progetto sono:

- Altezza al mozzo: fino a 160 m
- Diametro rotore: fino a 260 m
- Potenza unitaria: fino a 16 MW

3.3 Le Fondazioni

Nel gruppo Fondazioni rientrano tutte le strutture che sostengono la turbina e la elevano dal fondo del mare fino ad un livello superiore al pelo dell'acqua, con un margine che tenga conto della variazione delle maree e delle onde.

Considerando le profondità e le caratteristiche geologiche dei fondali finora raccolte, si è valutato che la soluzione migliore sia quella con monopali direttamente battuti nel fondale (driven monopile) tecnologia consolidata da numerose applicazioni, sia per le piattaforme oil & gas che per parchi offshore.



Esempio di fondazione monopalo per aerogeneratore offshore.

3.4 Rete elettrica interna al parco (array cabling)

Nella figura seguente è indicato il layout elettrico concettuale per Gargano Sud, sostanzialmente basato su una disposizione radiale di 11 stringhe convergenti alla sottostazione a mare. Ogni stringa è dimensionata per raccogliere al massimo di 9 turbine.

In dettaglio, ci sono:

- Una stringa da nove aerogeneratori;
- Una stringa da otto aerogeneratori;
- Una stringa da sette aerogeneratori;
- Quattro stringhe da sei aerogeneratori;
- Quattro stringhe da cinque aerogeneratori.



Dettaglio stringhe

I cavi sottomarini andranno interrati nel fondale ad una profondità di circa 1,5 m valore standard per i parchi eolici offshore. Nell'ipotesi progettuale ci si è spinti a considerare un interrimento fino a 3 m: massimo ragionevolmente realizzabile anche se non auspicabile visto il notevole aumento delle difficoltà costruttive (maggiore lentezza nello scavo della trincea e conseguente maggiore quantità di

sedimento) e le peggiori condizioni di dissipazione del calore durante l'operazione.

I cavi utilizzati nelle stringhe sono cavi tripolari con una tensione nominale operativa di 30 kV anche se, appartenendo alla classe dei 36 kV, potrebbero essere utilizzati indifferentemente a 30 kV o 33 kV.

Le undici stringhe sopra menzionate sono così suddivise:

Gruppo A: WTG33-WTG32-WTG31-WTG26-WTG21-WTG16-WTG11-WTG06-WTG01;

Gruppo B: WTG27-WTG22-WTG17-WTG12-WTG7-WTG02;

Gruppo C: WTG28-WTG23-WTG18-WTG13-WTG08-WTG03;

Gruppo D: WTG29-WTG24-WTG19-WTG14-WTG09-WTG04;

Gruppo E: WTG34-WTG30-WTG25-WTG20-WTG15-WTG10-WTG05;

Gruppo F: WTG35-WTG36-WTG42-WTG48-WTG54-WTG60-WTG66-WTG68;

Gruppo G: WTG41-WTG47-WTG53-WTG59-WTG65-WTG67;

Gruppo H: WTG 40-WTG46-WTG52-WTG58-WTG64;

Gruppo I: WTG 39-WTG45-WTG51-WTG57-WTG63;

Gruppo L: WTG38-WTG44-WTG50-WTG56-WTG62;

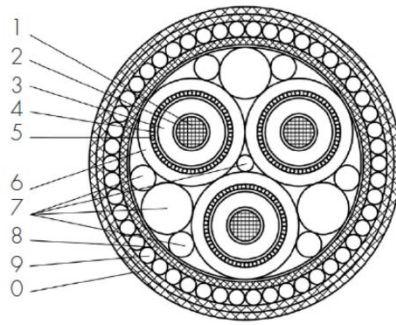
Gruppo M: WTG37-WTG43-WTG49-WTG55-WTG61.

| TRATTO | LUNGHEZZA m | SEZIONE CAVO mm ² | TIPO CAVO |
|-------------|-------------|------------------------------|-----------|
| SSE-WTG33 | 498 | 98,49 | (3X1X70) |
| WTG33-WTG32 | 1182 | 207,80 | (3X1X95) |
| WTG32-WTG31 | 1182 | 181,82 | (3X1X70) |
| WTG31-WTG26 | 1200 | 158,22 | (3X1X70) |
| WTG26-WTG21 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG21-WTG16 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG16-WTG11 | 1200 | 79,11 | (3X1X70) |
| WTG11-WTG06 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG06-WTG01 | 1200 | 26,37 | (3X1X70) |
| SSE-WTG27 | 1712 | 225,73 | (3X1X95) |
| WTG27-WTG22 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG22-WTG17 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG17-WTG12 | 1200 | 79,11 | (3X1X70) |
| WTG12-WTG07 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG07-WTG02 | 1200 | 26,37 | (3X1X70) |
| SSE-WTG28 | 1164 | 153,48 | (3X1X70) |
| WTG28-WTG23 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG23-WTG18 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG18-WTG13 | 1200 | 79,11 | (3X1X70) |
| WTG13-WTG08 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG08-WTG03 | 1200 | 26,37 | (3X1X70) |
| SSE-WTG29 | 1605 | 211,62 | (3X1X95) |
| WTG29-WTG24 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG24-WTG19 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG19-WTG14 | 1200 | 79,11 | (3X1X70) |

| | | | |
|-------------|------|--------|-----------|
| WTG14-WTG09 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG09-WTG04 | 1200 | 26,37 | (3X1X70) |
| SSE-WTG34 | 686 | 105,53 | (3X1X70) |
| WTG34-WTG30 | 1959 | 258,30 | (3X1X120) |
| WTG30-WTG25 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG25-WTG20 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG20-WTG15 | 1200 | 79,11 | (3X1X70) |
| WTG15-WTG10 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG10-WTG05 | 1200 | 26,37 | (3X1X70) |
| SSE-WTG35 | 1867 | 328,22 | (3X1X120) |
| WTG35-WTG36 | 1182 | 181,82 | (3X1X70) |
| WTG36-WTG42 | 1198 | 157,96 | (3X1X70) |
| WTG42-WTG48 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG48-WTG54 | 1183 | 103,99 | (3X1X70) |
| WTG54-WTG60 | 1185 | 78,12 | (3X1X70) |
| WTG60-WTG66 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG66-WTG68 | 1233 | 27,10 | (3X1X70) |
| SSE-WTG41 | 2082 | 274,52 | (3X1X120) |
| WTG41-WTG47 | 1200 | 131,85 | (3X1X70) |
| WTG47-WTG53 | 1183 | 103,99 | (3X1X70) |
| WTG53-WTG59 | 1185 | 78,12 | (3X1X70) |
| WTG59-WTG65 | 1200 | 52,74 | (3X1X70) |
| WTG65-WTG67 | 1203 | 26,44 | (3X1X70) |
| SSE-WTG40 | 1279 | 140,53 | (3X1X70) |
| WTG40-WTG46 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG46-WTG52 | 1182 | 77,92 | (3X1X70) |
| WTG52-WTG58 | 1186 | 52,13 | (3X1X70) |
| WTG58-WTG64 | 1200 | 26,37 | (3X1X70) |
| SSE-WTG39 | 1315 | 144,49 | (3X1X70) |
| WTG39-WTG45 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG45-WTG51 | 1182 | 77,92 | (3X1X70) |
| WTG51-WTG57 | 1187 | 52,17 | (3X1X70) |
| WTG57-WTG63 | 1197 | 26,30 | (3X1X70) |
| SSE-WTG38 | 2149 | 236,12 | (3X1X95) |
| WTG38-WTG44 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG44-WTG50 | 1182 | 77,92 | (3X1X70) |
| WTG50-WTG56 | 1188 | 52,21 | (3X1X70) |
| WTG56-WTG62 | 1192 | 26,28 | (3X1X70) |
| SSE-WTG37 | 3209 | 352,59 | (3X1X150) |
| WTG37-WTG43 | 1200 | 105,48 | (3X1X70) |
| WTG43-WTG49 | 1182 | 77,92 | (3X1X70) |
| WTG49-WTG55 | 1188 | 52,21 | (3X1X70) |
| WTG55-WTG61 | 1196 | 26,28 | (3X1X70) |

Ogni cavo contiene 3 conduttori isolati da una maglia in polietilene (XLPE) resistente fino a 30 kV, oltreché di una armatura protettiva in acciaio. Tra i 3 cavi è anche inserito un cavo in fibra ottica per la trasmissione dei segnali di controllo e comunicazione da e per l'aerogeneratore.

- 1 Conductor
- 2 Conductor screening
- 3 XLPE insulation
- 4 Insulation screening
- 5 Metal screen and separator
- 6 Core sheath
- 7 Fillers / FO cables
- 8 Bedding
- 9 Armour
- 10 Serving



Cavo tripolare XPLE

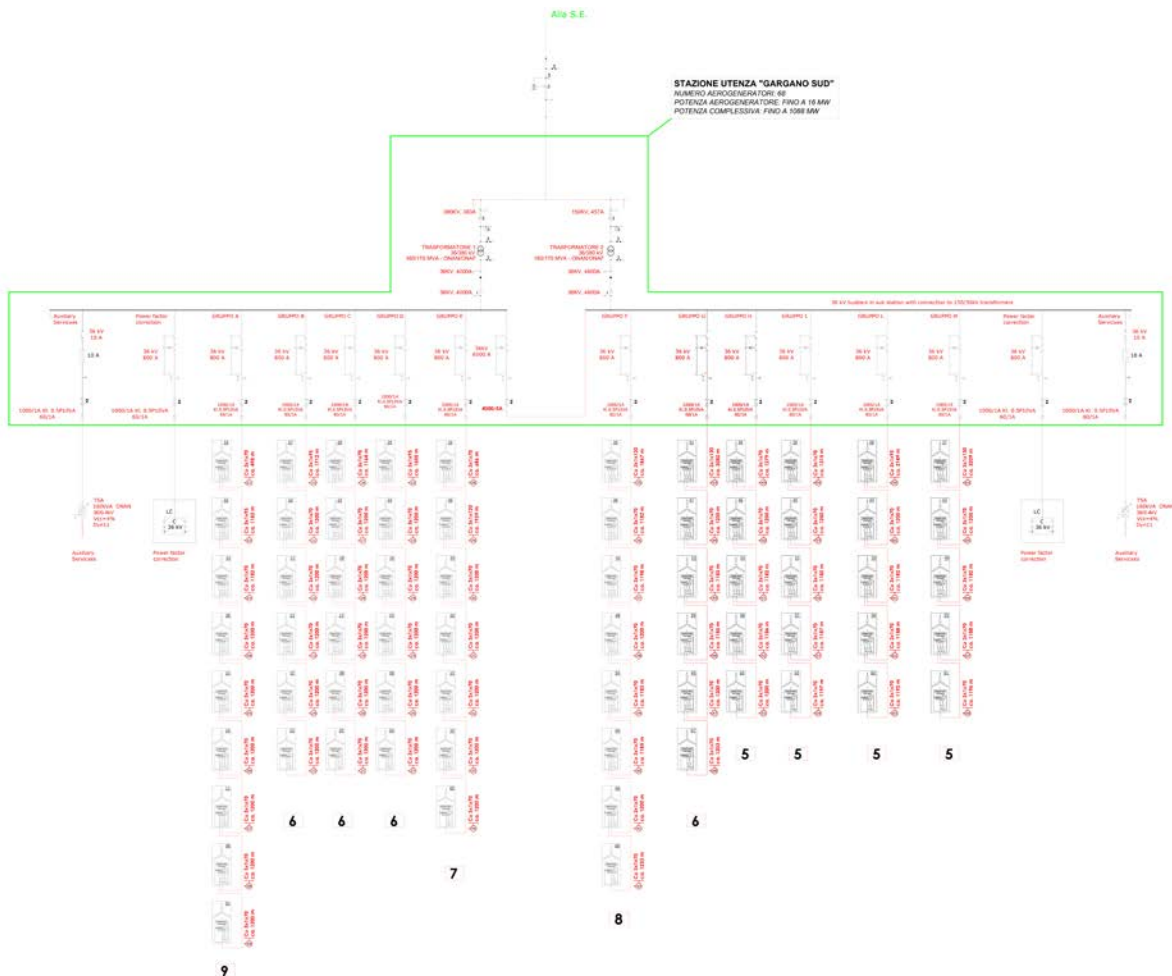


Figura 8 Schema Unifare

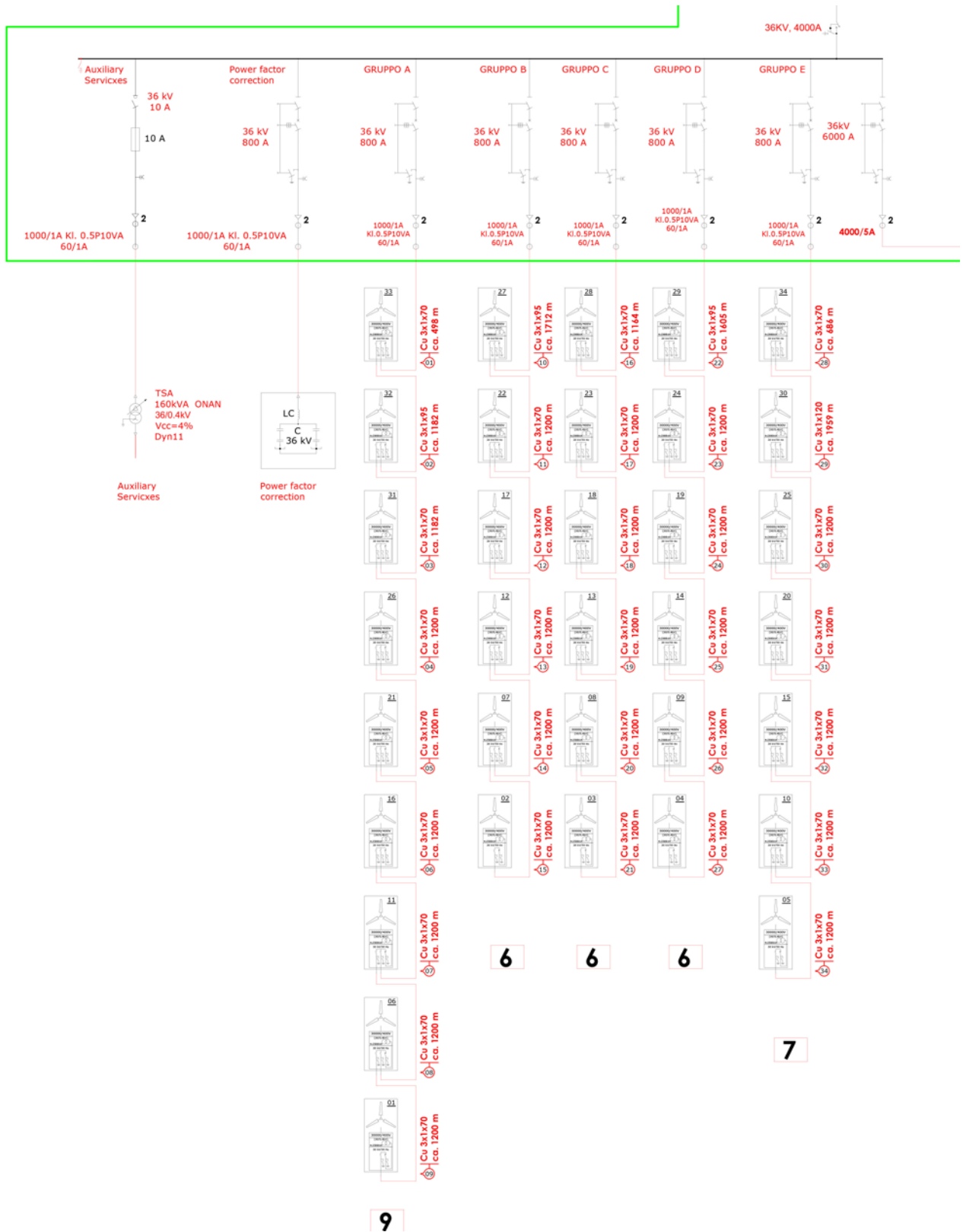


Figura 9 Dettaglio schema unifilare

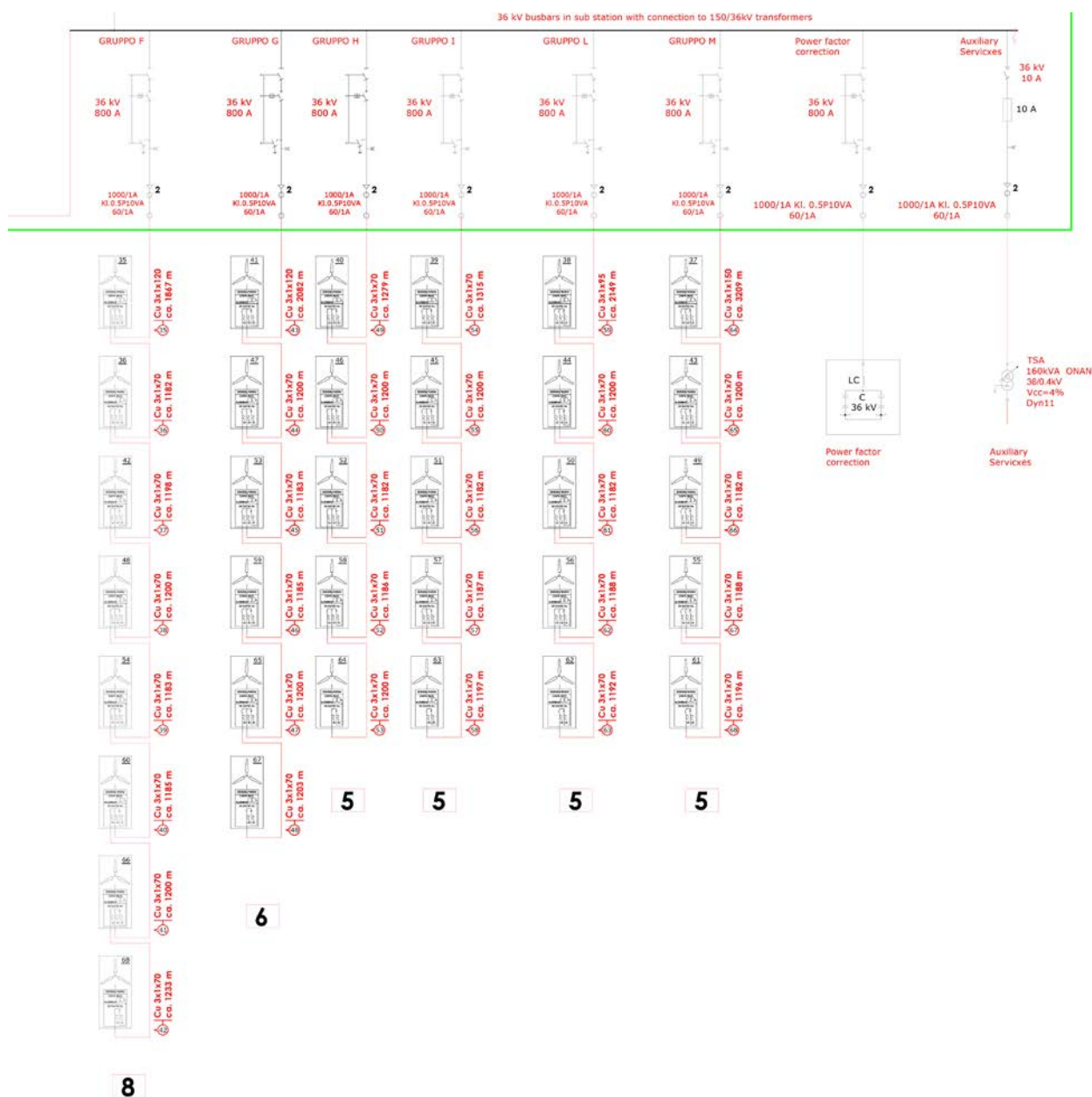


Figura 10 Dettaglio schema unifilare

3.5 Sottostazione di trasformazione

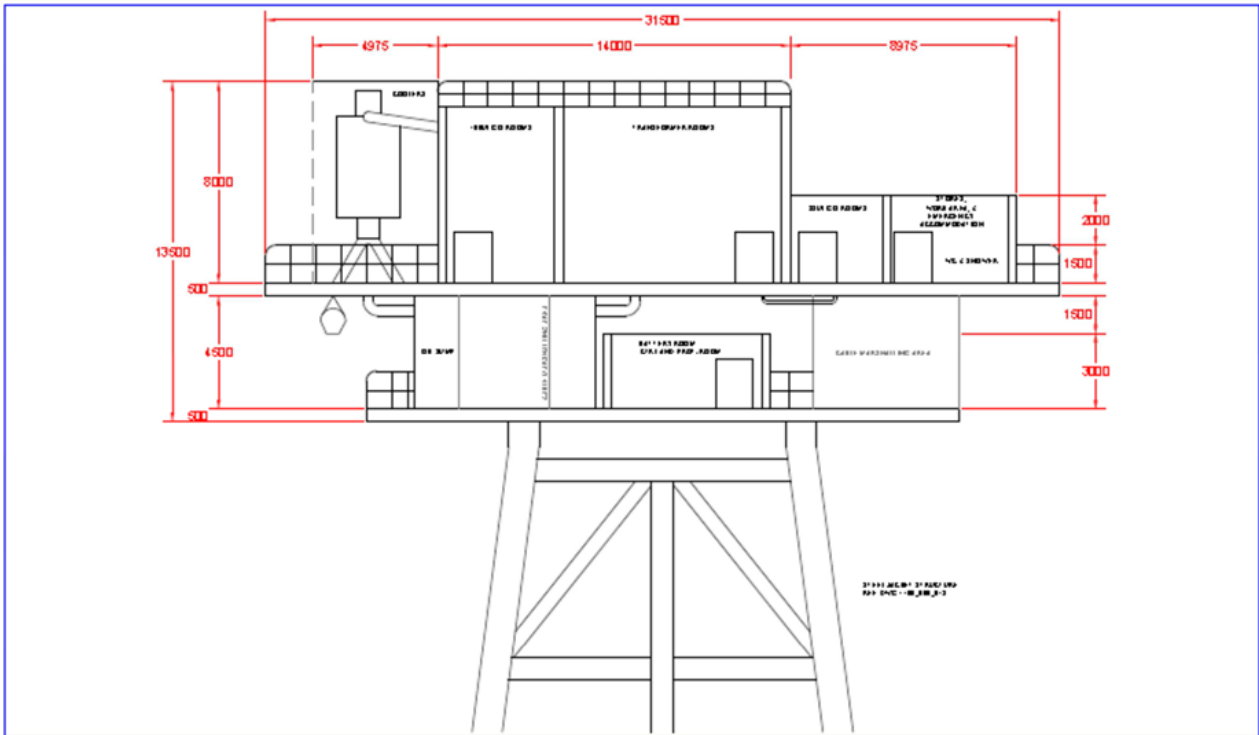
La sottostazione è posizionata al centro del layout al fine di equilibrare le lunghezze delle 11 stringhe e precisamente alle coordinate:

- 41°35'31.32"N, 16°12'22.78"E (in geografiche WGS84)
- 2620551 E, 4605198 N (in Gauss Boaga 2 Roma 40).

Il progetto della sottostazione si rifà alla specifica DNV (Det Norske Veritas) per le sottostazioni di parchi eolici offshore: standard DNV-OS-J201, in particolar modo per gli aspetti legati alla sicurezza. Come le turbine, anche le sottostazioni offshore hanno bisogno di essere costruite per resistere alla

corrosione ed operare con ridotta manutenzione. Pertanto tutti gli equipaggiamenti elettrici saranno del tipo “gas insulated” e chiusi ermeticamente utilizzando solfuro esafluoride (SF6) come mezzo dielettrico.

La sottostazione poggerà su fondazioni fisse a un’altezza di almeno 15 m dal livello medio del mare con un ingombro di circa 31,5 m x 27 m e un’altezza di 13-14 m.



Progetto preliminare per la Sotto stazione a mare, Prospetto



Cavidotto AT Offshore

Se si considera il funzionamento a $\cos\varphi$ pari a 0,95, poiché l'impianto è costituito da **68** aerogeneratori di potenza fino a **16 MW**, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\varphi} = \mathbf{1740\ A}$$

Dalle tabelle dei cavi, per un cavo di sezione pari a **400 mm²** e per le condizioni standard da catalogo (resistività termica del terreno: 1 Km/W; profondità di posa: 1,2 m; temperatura del cavo: 90°C; frequenza elettrica: 50 Hz), considerando la posa a trifoglio, otteniamo un valore di corrente massima I_0 pari **500 A**. Valori indicativi della resistività termica di alcuni materiali e coefficiente di correzione della portata, quindi si opta per una coppia di cavi di sezione pari a **4 x 400mm² = 1600mm²**, quindi **$I_0=500A+500A+500A+500A =2000A$** .

K_4 per resistività termica del terreno diversa da 1 Km/W. Dove:

I_0 = portata per posa interrata ad una temperatura di 20°C per cavi isolati multipolari o uni polari ad una profondità di posa di 1,2 m e resistività termica del terreno di 1 Km/W.

La resistività del terreno non è sempre di facile valutazione, per il calcolo abbiamo assunto un valore pari a circa 1,2 Km/W.

K_1 = fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;

K_2 = fattore di correzione per più circuiti affiancati sullo stesso piano;

K_3 = fattore di correzione per profondità di posa diverse da 1 m;

K_4 = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W.

$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$ = portata massima corretta.

Table 8

| Rating factor for laying depth | |
|--------------------------------|---------------|
| Laying depth, m | Rating factor |
| 0.50 | 1.10 |
| 0.70 | 1.05 |
| 0.90 | 1.01 |
| 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 0.98 |
| 1.50 | 0.95 |

Table 9

| Rating factor for ground temperature | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|------|----|------|------|------|------|------|
| Conductor temperature, °C | Ground temperature, °C | | | | | | | |
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| 90 | 1.07 | 1.04 | 1 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | 0.84 | 0.80 |
| 65 | 1.11 | 1.05 | 1 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.74 | 0.66 |

Table 10

| Rating factor for ground thermal resistivity | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Thermal resistivity, Km/W | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| Rating factor | 1.14 | 1.00 | 0.93 | 0.84 | 0.74 | 0.67 | 0.61 |

Tabella coefficienti correttivi

| Sezione | Posa in aria entro tubi | | Posa in aria libera su passerella | | Posa interrata in tubo | |
|---------|-------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|------------------|
| | 3 cavi unipolari | 1 cavo tripolare | 3 cavi unipolari | 1 cavo tripolare | 3 cavi unipolari | 1 cavo tripolare |
| mm2 | A | A | A | A | A | A |
| 1,5 | 20 | 19,5 | 24 | 23 | 21 | 19 |
| 2,5 | 28 | 26 | 33 | 32 | 27 | 25 |
| 4 | 37 | 35 | 45 | 42 | 35 | 32 |
| 6 | 48 | 44 | 58 | 54 | 44 | 41 |
| 10 | 66 | 60 | 80 | 75 | 59 | 55 |
| 16 | 88 | 80 | 107 | 100 | 77 | 72 |
| 25 | 117 | 105 | 141 | 127 | 100 | 93 |
| 35 | 144 | 125 | 176 | 158 | 121 | 114 |
| 50 | 175 | 154 | 216 | 192 | 150 | 141 |
| 70 | 222 | 194 | 279 | 246 | 184 | 174 |
| 95 | 269 | 233 | 342 | 298 | 217 | 206 |
| 120 | 312 | 268 | 400 | 346 | 251 | 238 |
| 150 | 355 | 300 | 464 | 399 | 287 | 272 |
| 185 | 417 | 340 | 533 | 456 | 323 | 306 |
| 240 | 490 | 398 | 634 | 538 | 379 | 360 |
| 300 | 530 | 455 | 736 | 621 | 429 | |
| 400 | 605 | | 868 | | 500 | |

X2 →

Caratteristiche elettriche dei cavi

Tanto più elevata è la resistività termica del terreno tanto maggiore diventa la difficoltà del cavo a smaltire il calore attraverso gli strati del terreno.

La resistività termica varia a seconda del tipo di terreno e del suo grado di umidità, correggendo i valori della portata con le condizioni di posa considerate, si ottiene:

- $K1 = 1$;

- $K2 = 1$;

- $K3 = (1/0,98) \times 0,95 = 0,97$;

- $K4 = 0,93$;

- $I_z = I_0 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 = 1804.2 \text{ A}$ (portata massima corretta).

Da cui si evince che la sezione selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta. Nel seguito sono riassunte le caratteristiche elettriche principali del collegamento:

Frequenza nominale: **50 Hz**

Tensione nominale: **380 KV**

Potenza nominale dell'impianto eolico da collegare: **1088 MW**

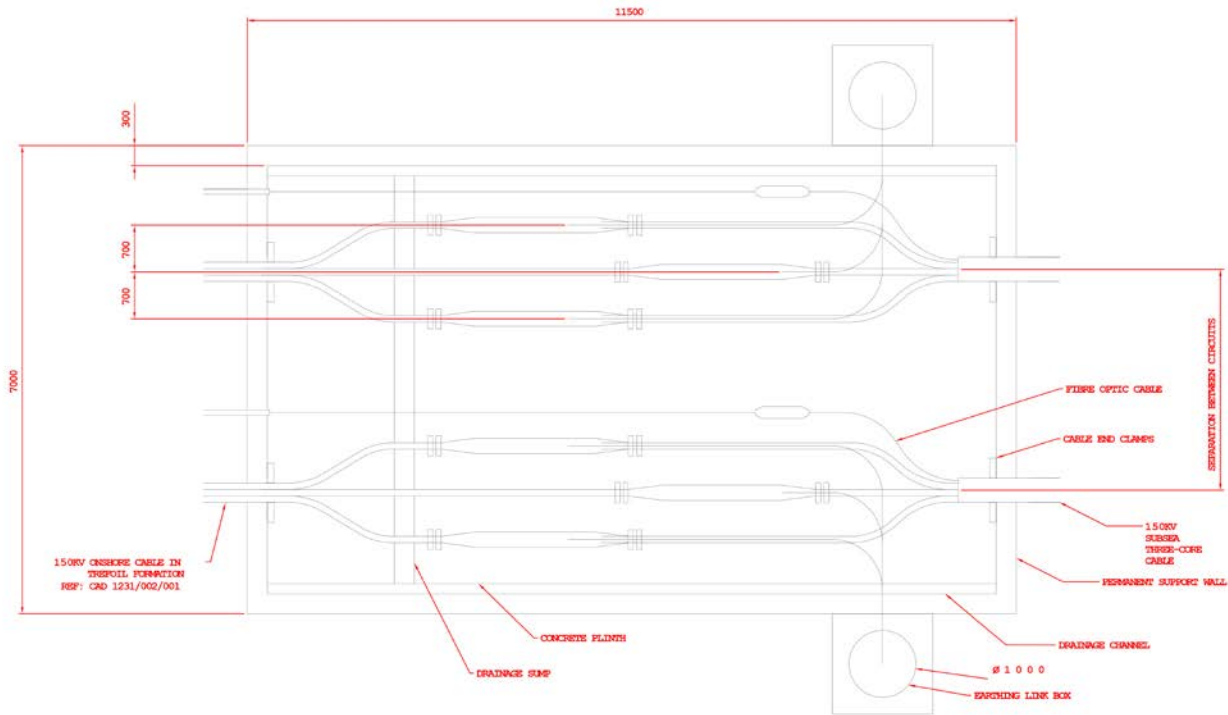
Intensità di corrente nominale I_n (per fase): **1740 A**

Intensità di corrente massima I_z nelle condizioni di posa (per fase): **1804.2 A**

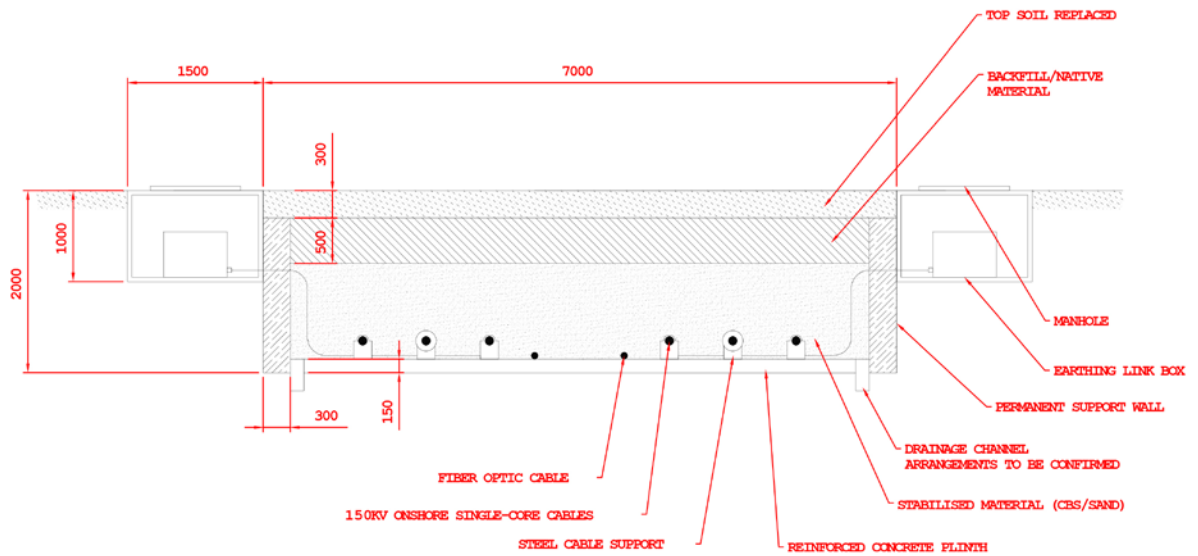
In base ai calcoli precedentemente effettuati, ciascun cavo d'energia a 380 kV sarà costituito da **4 conduttori** in rame compatto di sezione indicativa pari a circa **400 mm²**, pertanto l'intera linea di trasmissione è costituita da quattro terne da 400mm² (4x3x400mm²).

3.7 Fossa di giunzione OFFshore-Onshore

La fossa di giunzione o pozzetto di transizione è la struttura che sarà collocata entro 250 m dalla riva per alloggiare le giunzioni tra i cavi di trasmissione marini e terrestri.



Fossa di giunzione, pianta



Fossa di giunzione, sezione

Il cavo tripolare offshore verrà sfiocato nei 3 conduttori sarà giuntato con un cavo unipolare onshore. Anche le fibre ottiche nel cavo offshore saranno isolate per poterle giuntare con un cavo standard in fibra ottica e saranno alloggiare separatamente dai cavi unipolari di potenza.

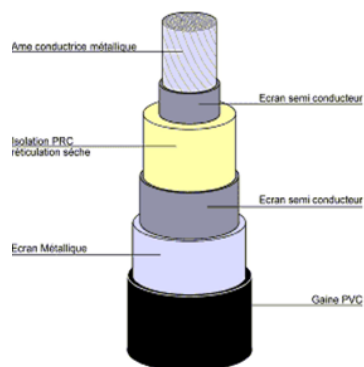
La fossa di giunzione sarà contenuta in un telaio di legno e metallo e protetta lateralmente da fianchi in cemento. I cavi saranno immersi in uno strato materiale stabilizzante. La fossa sarà ricoperta con lo stesso materiale in precedenza rimosso e rimarrà completamente interrata a una profondità di 2-2,5 metri. Le dimensioni saranno di circa 11,5 m x 7 m.

Dalla fossa di giunzione partono i cavi di trasmissione onshore fino alla sottostazione di trasformazione onshore secondo i percorsi illustrati nei paragrafi seguenti.

3.8 Il cavidotto di trasmissione ONshore

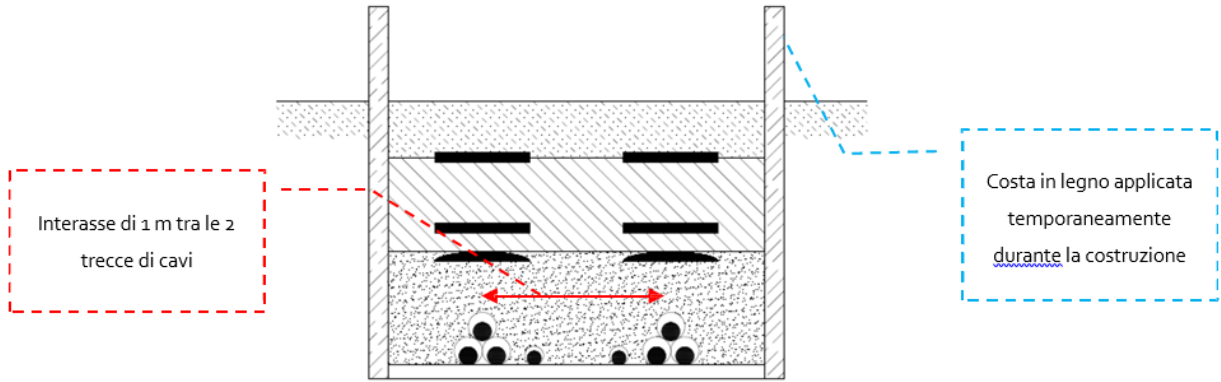
Dalla fossa di giunzione partono i cavi di trasmissione onshore fino alla sottostazione di trasformazione onshore.

Per quanto riguarda le soluzioni tecniche valutate, i cavi di TRASMISSIONE sono cavi monopolari XLPE con un'anima in rame attornita da vari livelli d'isolamento in materiale plastico, materiale semiconduttore, alluminio e guaina finale in PVC (si veda Figura seguente).



Sezione di cavo monopolari terrestre

I cavi saranno posati in configurazione intrecciata, in modo da minimizzare lo spazio utilizzato, quindi la fossa avrà una larghezza di circa 2 m ed una profondità di almeno 1,1m interrati in trincea ad una profondità di 1,5 m. Lo schema è rappresentato nella figura seguente.



Schema definito per i cavi di trasmissione a terra



Cavidotto AT Onshore

3.9 La sottostazione di trasformazione ONshore

La sottostazione di trasformazione Terna 380kv/150kv, è la stazione esistente in località “Macchia Rotonda” in agro di Manfredonia (FG).



Localizzazione stazione esistente di Macchia Rotonda

3.10 Segnaletica di sicurezza

L'autorità Marittima e l'autorità dell'Aviazione civile decideranno l'esatta segnaletica di ostacolo da applicare sulle turbine, sia in fase di costruzione che di operatività, applicando le normative internazionali adattate alle specificità locali.

- Durante la costruzione l'area verrà segnalata tramite delle boe luminose. Secondo quanto già utilizzato in altre cantieri di costruzione di parchi eolici offshore, si può immaginare che le turbine in costruzione saranno Relazione Tecnica di Progetto “Parco Eolico Marino Gargano Sud” segnalate con delle luci intermittenti montate ad un'altezza di circa 15 dal livello del mare fino alla stessa altezza le torri potranno essere colorate in giallo.

- Durante la fase operativa la proponente prevedrebbe:
 - ✓ Visibilità per l'Aviazione: Almeno i quattro aerogeneratori posti sugli angoli delimitanti il lay-out e quelli nei punti intermedi di ogni lato saranno equipaggiati con una luce intermittente rossa di media intensità, normalmente posta sulla navicella o in alternativa sulla punta delle pale. La luce sarà direzionata in modo da essere visibile a una distanza di 5 km con frequenza da 20 a 60 volte al minuto e sincronizzate fra di loro. Le rimanenti turbine saranno dotate di luci rosse intermittenti di bassa intensità.
 - ✓ Visibilità per la navigazione: luci di navigazione saranno installate direttamente sulle turbine delimitanti il layout, su quelle intermedie e sulla sottostazione di trasformazione. Inoltre dei riflettori saranno posti su tutte le turbine perimetrali per rendere sempre visibili le colorazioni di sicurezza sulle torri.