



REGIONE PUGLIA

Provincia di Bari (BA)

TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED
ACQUAVIVA DELLE FONTI



OGGETTO	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)
---------	--

COMMITTENTE	 BayWa r.e. OCEANO RINNOVABILI Srl Largo Augusto, 3 Cap: 20122 Milano (MI) PEC/mail: oceanorinnovabili@legalmail.it
-------------	--

PROGETTAZIONE	Codice Commessa PHEEDRA: 23_22_EO_TUR	
		PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285 e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it
	Direttore Tecnico: Dott. Ing. Angelo Micolucci 	

01	Gennaio 2024	PRIMA EMISSIONE	MS	AM	VS
REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

OGGETTO DELL'ELABORATO	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
	FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO				NOME FILE		FOGLI	
	A4	-	SOC. TUR	DISC. CIV	TIPO DOC. REL	PROG. 012	REV. 01	TUR-CIV-REL-012_01		

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	2
3.	CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	3
4.	SISTEMA ELETTRICO.....	3
4.1.	DESCRIZIONE GENERALE	3
4.1.1.	Descrizione del progetto.....	4
4.2.	Dati di impianto	5
5.	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI.....	6
5.1.	Caratteristiche elettriche	6
5.2.	Temperature massime di esercizio e di cortocircuito	7
5.3.	Caratteristiche funzionali e costruttive	7
5.3.1.	Collegamenti 36 kV impianto eolico (interno ed esterno).....	7
5.3.2.	Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno).....	8
5.4.	Accessori	9
6.	DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	9
6.1.	Portata dei Cavi.....	9
6.2.	Caduta di tensione	10
6.3.	Schema di impianto.....	12
7.	CIRCUITI AUSILIARI.....	13
7.2.	Rete dati in fibra ottica	13

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica specialistica è riferita al progetto di realizzazione di un “Parco Eolico” per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell’energia elettrica prodotta, attraverso la rete di connessione dedicata, sino alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 6 aerogeneratori ognuno da 6,8 MW nominali, per un totale di 40,8 MW da installare nei Comuni di Turi, Rutigliano e Conversano (BA), in località “Cisterne” con opere di connessione ricadenti nei medesimi Comuni e nei Comuni di Casamassima e Acquaviva delle Fonti (BA). Inoltre l’opera comprende la realizzazione di un impianto di accumulo di energia elettrica (BESS) di potenza nominale pari a 30 MW, e l’autorizzazione per la costruzione della futura stazione elettrica in agro del Comune di Casamassima (BA).

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione 36 kV interrato, che collegherà l’impianto, così come il sistema di accumulo BESS, in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Andria – Brindisi Sud ST”.

L’aerogeneratore preso in considerazione per tale progetto (tipo V162-6,8 della Vestas) fa parte di una classe di macchine che possono essere dotate di generatore di diversa potenza, in funzione delle esigenze progettuali. Si precisa che le macchine in progetto avranno potenza nominale pari a 6,8 MW ognuna.

L’impianto BESS sarà costituito da 8 unità, per una potenza totale di 30 MW.

Nella presente relazione si riportano i calcoli di verifica dei cavi AT, nell’ambito della progettazione definitiva dell’impianto eolico proposto.

2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche e i documenti di riferimento utilizzate per la stesura del progetto esecutivo sono:

- IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um=1.2 kV) up to 30 kV (Um=36 kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um=7.2 kV) up to 30 kV (Um=36 kV) (03/2005);
- CEI EN 60909 (11-25) – Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata (12/2001);
- IEC 60287: Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006);
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo (07/2006).

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 2 di 14
---	--	----------------

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

3. CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO

- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| • Altezza sul livello del mare | < 1000 m; |
| • Temperatura ambiente | -25 +40°C; |
| • Temperatura media | 25°C; |
| • Umidità relativa | 90%; |
| • Inquinamento | leggero; |
| • Tipo di atmosfera | non aggressiva. |

4. SISTEMA ELETTRICO

4.1. DESCRIZIONE GENERALE

L'impianto eolico è costituito da 6 aerogeneratori da 6,8 MW di potenza nominale per una potenza complessiva di 40,8 MW ed un impianto di accumulo Bess da 30 MW.

In dettaglio le opere da autorizzare sono:

- n° 6 aerogeneratori da 6,8 MW – Modello V (Vestas) 162 - 6,8 con altezza al mozzo 119 m e diametro 162 m per una potenza totale pari a 40,8 MW;
- opere di fondazione degli aerogeneratori;
- n° 6 piazzole temporanee di montaggio con adiacenti piazzole di stoccaggio;
- n° 6 piazzole definitive per l'esercizio e la manutenzione degli aerogeneratori e piste di accesso;
- Cavidotto interrato per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e la cabina utente a 36 kV;
- Cavidotto interrato per il collegamento tra la cabina di campo dell'impianto BESS e la cabina utente a 36 kV;
- Cavidotto interrato per il collegamento della cabina utente a 36 kV e lo stallo predisposto nella Futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV;
- Cabina utente a 36 kV ubicata in agro Acquaviva delle Fonti (BA);
- Impianto di accumulo Bess con Tecnologia Tesla o similari da 30 MW;
- Cabina di campo a servizio dell'impianto BESS;
- Una linea in fibra ottica che collega tra di loro gli aerogeneratori e la stazione elettrica di trasformazione per il telecontrollo del parco eolico;
- Futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST";
- Elettrodotto aereo a 380 kV dalla nuova SE della RTN fino alla linea RTN a 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST", e relative opere di connessione alla stessa linea 380 kV per realizzare l'entra-esce.

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione (690 V), trasmessa attraverso una linea in cavo al trasformatore AT/BT posto internamente alla base della torre dell'aerogeneratore, dove viene trasformata ed innalzata al valore di 36 kV. Diverse linee in cavo interrato collegano fra loro gli aerogeneratori e la cabina utente a 36 kV; da quest'ultima mediante una linea in cavo interrato partono i collegamenti alla sezione 36 kV della futura SE di trasformazione della RTN.

Gli aerogeneratori del parco eolico in oggetto, saranno collegati elettricamente tra loro a formare una rete radiale, le lunghezze di ciascuna linea, comprensive di scorta cabina e macchina, relative al collegamento interno ed esterno, sono riportate in tabella 1.

L'energia elettrica accumulata dall'impianto BESS, sarà trasmessa attraverso una linea in cavo alla cabina di campo prevista nella stessa area; da quest'ultima mediante una linea in cavo interrato parte il collegamento alla cabina utente a 36 kV adiacente e da questa partirà la connessione alla sezione 36 kV della futura SE di trasformazione della RTN.

Le ragioni di questa suddivisione sono legate alla tipologia della rete elettrica, alla potenza complessiva trasmessa su ciascuna linea in cavo, alle perdite connesse al trasporto dell'energia elettrica prodotta.

4.1.1. Descrizione del progetto

La configurazione del BESS è stata fatta in funzione delle tecnologie disponibili e della modularità dell'impianto. Quest'ultima è stata realizzata considerando i componenti principali del BESS: trasformatori BT/AT, cabinet personalizzati di "Power Converter System" (PCS) e container di batterie.

Più in particolare gli interventi in progetto saranno i seguenti:

- Installazione di n. 32 Battery Energy Storage System (BESS) per una potenza totale di 30 MW;
- Installazione di n. 8 trasformatori a 36 kV da 5,32 MVA;
- Installazione di una cabina di campo.

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

ESS (Energy Storage System) is a system to store electricity and to use it later time in order to increase the utilization of renewable energy, improve power quality and save electricity costs.

Components of ESS (Energy Storage System)

PCS (Power Conditioning System)

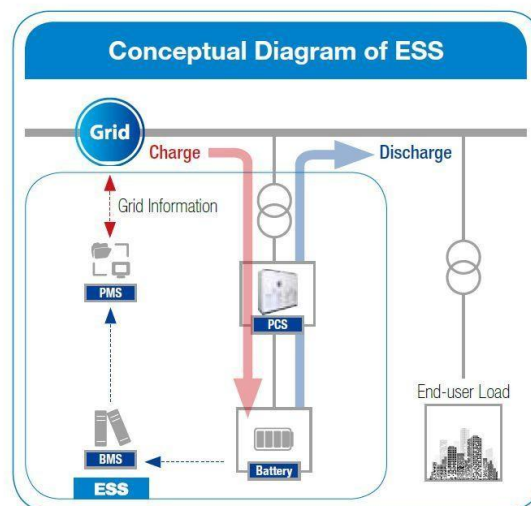
: High efficiency (97% or above)

Battery / BMS (Battery Management System)

: Reliable and stable battery system

PMS (Power Management System)

: ESS Integrated management system



Le batterie e i PCS saranno connessi ai trasformatori a 36 kV presenti nell'area BESS, uno per unità base composta da n. 4 BESS. I trasformatori saranno collegati tra di loro in configurazione "entra-esci" per gruppi di due e avranno il compito di distribuire la potenza erogata/assorbita dalle batterie verso un quadro 36 kV allocato nella cabina di campo. Il quadro 36 kV sarà collegato, tramite cavi interrati a 36 kV, alla cabina utente a 36 kV adiacente.

4.2. DATI DI IMPIANTO

Di seguito si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

RETE 36 kV

- Sistema trifase
- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 36 kV

GENERATORI ASINCRONI

- Tensione nominale 0.69 kV
- Potenza nominale 6.600 kW
- Corrente rotore bloccato 1.22 In

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

TRASFORMATORI AT/BT

- Potenza nominale 7000 kVA
- Rapporto trasformazione 36/0.69 kV
- Tensione di c.to c.to 15 %
- Regolazione $\pm 2 \times 2.5$ %
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

COLLEGAMENTI 36 kV

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche dei collegamenti dei cavi 36 kV oggetto del calcolo.

Tabella 1 - collegamenti 36 kV, sezione e materiale dei conduttori

		Lunghezza L[m]	Materiale Conduttore	Sezione [mm ²]
SOTTOCAMPO 1	WTG06 - WTG04	1.700	Al	3*1*95
	WTG05 - WTG04	1.500	Al	3*1*95
	WTG04 - CU	20.000	Al	2*(3*1*400)
SOTTOCAMPO 2	WTG01 - WTG02	900	Al	3*1*95
	WTG02 - WTG03	3.700	Al	3*1*240
	WTG03 - CU	17.000	Al	2*(3*1*400)
	BESS - CU	50	Al	3*1*630
	CU - SE	900	Al	4*(3*1*630)

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Scopo del presente paragrafo è quello di fornire le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento in media tensione.

5.1. CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

- Sistema elettrico 3 fasi – c.a.
- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 36 kV
- Tensione massima 42 kV
- Tensione nominale di fase 20,8 kV

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 6 di 14
---	--	----------------

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

5.2. TEMPERATURE MASSIME DI ESERCIZIO E DI CORTOCIRCUITO

I cavi 36 kV presi in considerazione sono in grado di lavorare alla massima temperatura di esercizio di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C per massimo 5 secondi.

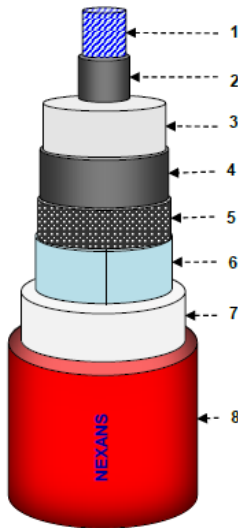
5.3. CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE

5.3.1. Collegamenti 36 kV impianto eolico (interno ed esterno)

I cavi 36 kV utilizzati per le linee elettriche interrate, per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina utente a 36 kV, tra l'impianto BESS e la cabina utente a 36 kV e tra quest'ultima e la futura stazione elettrica, saranno del tipo unipolare, adatti a posa interrata, con conduttore a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, schermo a nastro di alluminio, guaina in PE.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=20,8/36$ kV e tensione massima $U_m=42$ kV, sigla di designazione ARE4H5EE.

La stessa tipologia di cavi sarà utilizzata per i collegamenti interni all'impianto eolico e all'impianto BESS.

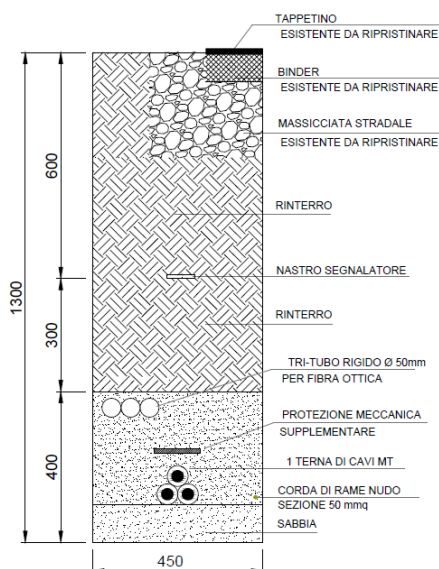
		ARE4H5EE 20,8/36 kV 1x... SK2												
HIGH VOLTAGE CABLE SINGLE CORE CABLE WITH ALUMINIUM CONDUCTOR, REDUCED THICKNESS XLPE INSULATION, ALUMINIUM TAPE SCREEN AND DOUBLE PE SHEATH, SHOCK RESISTANT.														
APPLICATIONS AND CHARACTERISTICS In HV energy distribution networks for voltage systems up to 42kV. Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location. SHOCK PROOF SK2 has a very good shock resistance characteristics. The two special outer sheaths provide an excellent protection against impact and mechanical abuse during the lifetime of the cable. Shock Proof SK2 cable performances has been evaluated against mechanical protection by the abrasion test and the impact test included in CEI 20-68 standard. This type of cable can be directly buried without additional protections because it is comparable to an armoured cable.														
FUNCTIONAL CHARACTERISTICS <table> <tr> <td>Rated voltage U_0/U:</td> <td>20,8/36 kV</td> </tr> <tr> <td>Maximum voltage U_m:</td> <td>42 kV</td> </tr> <tr> <td>Test voltage:</td> <td>2,5 U_0</td> </tr> <tr> <td>Max operating temperature of conductor:</td> <td>90 °C</td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature:</td> <td>250 °C (for max 5 s)</td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature (screen):</td> <td>150 °C</td> </tr> </table>			Rated voltage U_0/U :	20,8/36 kV	Maximum voltage U_m :	42 kV	Test voltage:	2,5 U_0	Max operating temperature of conductor:	90 °C	Max short-circuit temperature:	250 °C (for max 5 s)	Max short-circuit temperature (screen):	150 °C
Rated voltage U_0/U :	20,8/36 kV													
Maximum voltage U_m :	42 kV													
Test voltage:	2,5 U_0													
Max operating temperature of conductor:	90 °C													
Max short-circuit temperature:	250 °C (for max 5 s)													
Max short-circuit temperature (screen):	150 °C													
CONSTRUCTION 1. Conductor <i>stranded, compacted, round, aluminium - class 2 acc. to IEC 60228</i> 2. Conductor screen <i>extruded semiconducting compound</i> 3. Insulation <i>extruded cross-linked polyethylene (XLPE) compound</i> 4. Insulation screen <i>extruded semiconducting compound - fully bonded</i> 5. Longitudinal watertightness <i>semiconducting water blocking tape</i> 6. Metallic screen and radial water barrier <i>aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)</i> 7. First sheath - 1 <i>extruded PE compound</i> 8. Second sheath - 2 <i>extruded PE compound - colour: red with improved impact resistance</i>														

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

5.3.2. Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno)

Il cavidotto 36 kV che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata (TOC). La posa verrà eseguita ad una profondità di 1.20 m in uno scavo di profondità 1.30-1.50 m (la seconda profondità è da considerarsi in terreno agricolo) e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti. La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente.

- Strato di sabbia di 10 cm;
- Cavi posati a trifoglio di sezione 185, 240, 400, 630 direttamente sullo strato di sabbia;
- Ricopertura dei cavi con sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa del tritubo in PEHD del diametro esterno di 50 mm per inserimento di linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 60÷90 cm;
- Nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.



Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm² per la messa a terra dell'impianto.

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

5.4. ACCESSORI

Le terminazioni e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie ed anomale (sovracorrenti e sovratensioni).

La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione di isolamento del sistema al quale sono destinati, ovvero 40,5 kV. I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo, secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17: 2006-07.

I percorsi interrati dei cavi devono essere segnalati, in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi, mediante l'utilizzo di nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0.2 m al di sopra dei cavi, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17: 2006-07. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Alta Tensione".

6. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

6.1. PORTATA DEI CAVI

La portata dei cavi in regime permanente viene determinata in accordo alla norma IEC 60502-2, tenendo conto del declassamento dovuto alla temperatura, profondità e tipologia di posa.

In particolare è utilizzata la formula seguente:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

dove:

I_0 = portata in condizioni nominali dei conduttori con isolante polimerico, E4 e G7, ed è ricavata dai datasheet del costruttore;

k_1 = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);

k_2 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;

k_3 = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento;

k_4 = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento: Il

valore di I_0 ricavato dalle tabelle è riferito alle seguenti condizioni:

- Temperatura del terreno 20°C;
- Profondità di posa 1.20 m;
- Resistività termica del terreno 2 K*m/W;

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 9 di 14
---	--	----------------

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc...), è stato considerato una resistività termica pari a 2 K*m/W. Tale valore risulta essere cautelativo e rappresenta una media tra i valori di resistività dei materiali costituenti il letto di posa (sabbia, materiale di riporto, ecc...).

Per la temperatura è mantenuto il valore di riferimento di 20 °C.

Per i circuiti affiancati, la distanza tra le terne considerata è 7 cm, le tabelle del costruttore prevedono i seguenti coefficienti di abbattimento della portata:

Tabella 2 - Coefficienti di derating della portata per più circuiti affiancati

Distanza tra i cavi o terne	Numero di cavi o terne (in orizzontale)				
	2	3	4	6	9
7	0.84	0.74	0.67	0.60	0.55

Tabella 3 - Verifica della portata dei cavi

		Lunghezza L[m]	Materiale Conduttore	Sezione [mm ²]	I ₀ [A]	Terne in parallelo [n.]	I ₂ [A]	Posa in opera	Potenza P [MW]	Corrente di linea I _b [A]	I ₀ <I ₂
SOTTOCAMPO 1	WTG06 - WTG04	1.700	Al	3*1*95	223	3	165	Direttamente interrati	6,8	109	VERIFICATO
	WTG05 - WTG04	1.500	Al	3*1*95	223	3	165	Direttamente interrati	6,8	109	VERIFICATO
	WTG04 - CU	20.000	Al	2*(3*1*400)	956	9	526	Direttamente interrati	20,4	328	VERIFICATO
SOTTOCAMPO 2	WTG01 - WTG02	900	Al	3*1*95	223	2	187	Direttamente interrati	6,8	109	VERIFICATO
	WTG02 - WTG03	3.700	Al	3*1*240	370	2	311	Direttamente interrati	13,6	218	VERIFICATO
	WTG03 - CU	17.000	Al	2*(3*1*400)	956	9	526	Direttamente interrati	20,4	328	VERIFICATO
	BESS - CU	50	Al	3*1*630	620	2	521	Direttamente interrati	30,0	482	VERIFICATO
	CU - SE	900	Al	4*(3*1*630)	2480	9	1364	Direttamente interrati	70,8	1137	VERIFICATO

6.2. CADUTA DI TENSIONE

Di seguito riportata la formula per il calcolo della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta v \times L \times I}{V} \times 100$$

Dove:

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 10 di 14
---	--	-----------------

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

V = tensione di linea [V]

Δv = caduta di tensione specifica, $\sqrt{3} \times (r \cos \phi + x \sin \phi)$ [V/A km]

L = lunghezza della linea [km]

I = corrente di carico [A]

r = resistenza specifica [Ω /km]

x = reattanza specifica [Ω /km]

$\cos \phi$ = fattore di potenza

Tabella 4 - Resistenza specifica dei cavi

FORMAZIONE	RESISTENZA a 20°C [Ω /km]
3x1x95	0,320
3x1x185	0,164
3x1x240	0,125
3x1x400	0,0778
3x1x630	0,0469

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di calcolo relativi alla portata effettiva ed alla caduta di tensione di ciascuna tratta in media tensione costituente la rete dell'impianto eolico.

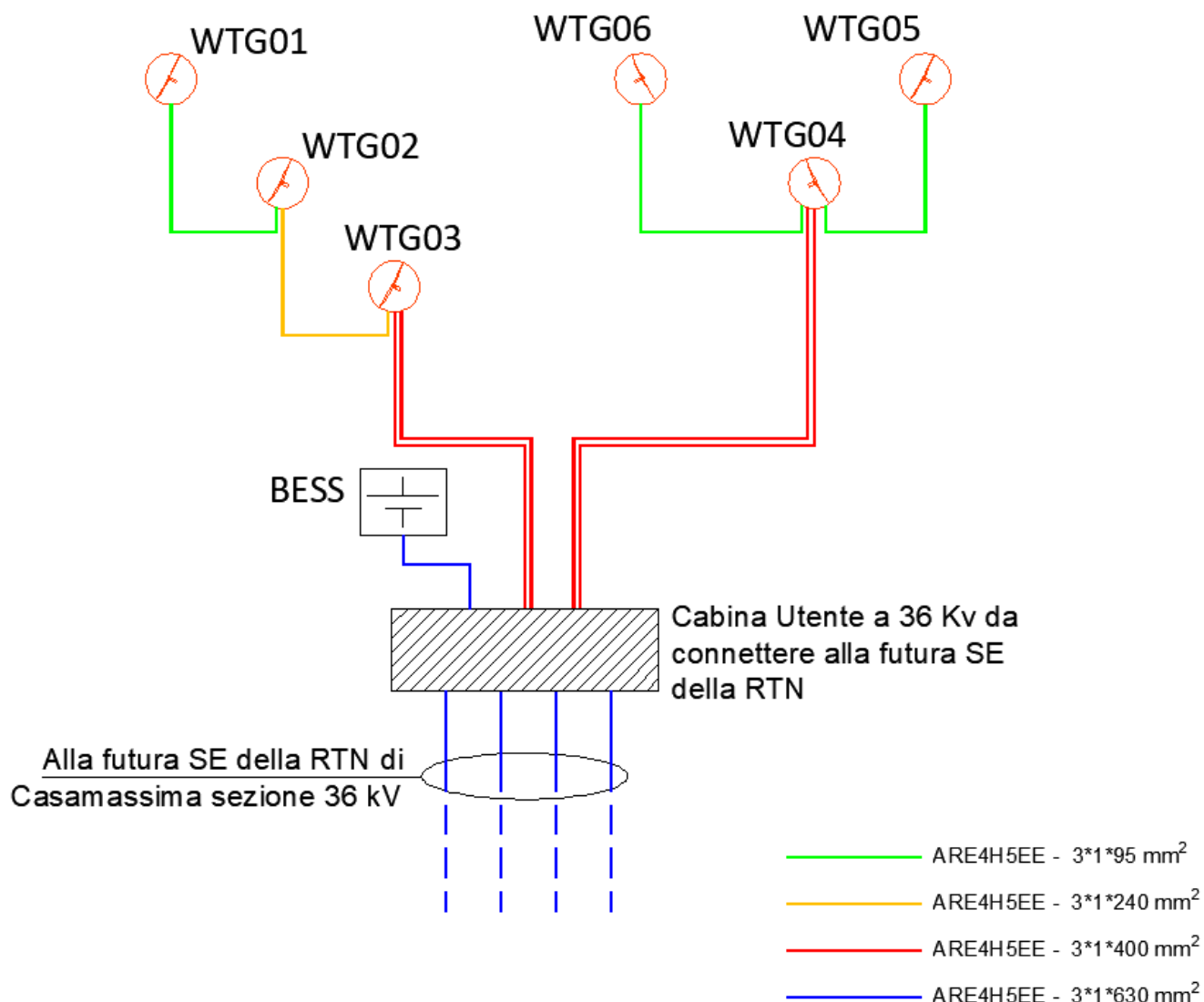
Tabella 5 - Calcolo della caduta di tensione

		Lunghezza L [m]	Materiale Conduttore	Sezione [mm ²]	Posa in opera	Potenza P [MW]	Corrente di linea I_b [A]	Caduta di Tensione ΔV_i [V]	Caduta di Tensione ΔV_i [%]	Caduta di Tensione complessiva ΔV_i [%]
SOTTOCAMPO 1	WTG06 - WTG04	1.700	Al	3*1*95	Direttamente interrati	6,8	109	102,88	0,29	0,29
	WTG05 - WTG04	1.500	Al	3*1*95	Direttamente interrati	6,8	109	90,77	0,25	0,25
	WTG04 - CU	20.000	Al	2*(3*1*400)	Direttamente interrati	20,4	328	441,39	1,23	1,76
SOTTOCAMPO 2	WTG01 - WTG02	900	Al	3*1*95	Direttamente interrati	6,8	109	54,46	0,15	0,15
	WTG02 - WTG03	3.700	Al	3*1*240	Direttamente interrati	13,6	218	174,93	0,49	0,64
	WTG03 - CU	17.000	Al	2*(3*1*400)	Direttamente interrati	20,4	328	375,18	1,04	1,68
	BESS - CU	50	Al	3*1*630	Direttamente interrati	30,0	482	1,96	0,01	0,01
	CU - SE	900	Al	4*(3*1*630)	Direttamente interrati	70,8	1137	20,78	0,06	0,06

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

6.3. SCHEMA DI IMPIANTO

Di seguito si riporta lo schema logico-dimensionale del cavidotto di connessione.



Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

7. CIRCUITI AUSILIARI

Il parco eolico sarà dotato di una rete dati cablata in fibra ottica. Pertanto, all'interno dello scavo dei cavidotti verrà messa in opera opportuno tritubo in PEAD.

Il collegamento dei singoli aerogeneratori con il sistema di controllo avverrà secondo lo schema già rappresentato per i cavi di potenza e confluirà all'interno della SE.

7.2. RETE DATI IN FIBRA OTTICA

Il sistema di trasmissione tramite cavo in fibra ottica rappresenta il riferimento nelle situazioni che richiedono elevata larghezza di banda, alta velocità, trasmissione dati a lunga distanza e immunità all'interferenza elettrica ed elettromagnetica, pertanto rappresenta la soluzione ideale nell'ambito del progetto oggetto di studio.

Tutti i cavi in fibra ottica sono dimensionati in base al diametro esterno del nucleo, misurato in micron (μm), e si suddividono nelle due tipologie monomodale (SM) e multimodale (MM).

Le elevate dimensioni del nucleo dei cavi in fibra multimodale consentono la trasmissione contemporanea di molteplici segnali (modi) luminosi ovvero di trasmettere più tipologie di dati. Sono disponibili diverse versioni di cavo multimodale differenziate in base al diametro del nucleo, che può essere di 50 o 62,5 micron, e all'ottimizzazione per una sorgente a LED oppure. Tutte le versioni hanno il medesimo diametro esterno del rivestimento (125 micron).

Il cavo monomodale dispone di un nucleo in vetro con diametro compreso tra 8 e 10 micron ovvero molto più piccolo del cavo multimodale. Prevede la trasmissione di luce a un'unica lunghezza d'onda (modo singolo) e questo implica l'assenza di interferenze o sovrapposizioni tra le diverse lunghezze d'onda.

Queste caratteristiche rendono la fibra multimodale particolarmente adatta ad applicazioni locali, per collegamenti orizzontali e tra siti con distanze ridotte, tipicamente fino a 2 km.

La fibra monomodale ha una larghezza di banda significativamente maggiore rispetto alla fibra multimodale, perché l'invio di luce in modalità singola annulla il ritardo in modalità differenziale (DMD), che è il principale fattore di limitazione della larghezza di banda del multimodale.

Il cavo monomodale supporta connessioni su una distanza molto maggiore rispetto al cavo multimodale arrivando fino a 40 Km.

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-012_01
---	---	---

	TIPO DI FIBRA OTTICA	
	Multimodale	Monomodale
Numero delle fibre	12	12/24
Tipo di fibra	62.5/125	9/125/250
Diametro cavo	11,7 mm	9 mm
Peso del cavo	130 kg/km circa	75 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	10 cm	15 cm

Il cablaggio dati degli aerogeneratori sarà fatto mediante cavo di tipo monomodale, in funzione delle lunghe distanze di trasmissione del segnale.

I cavi in fibra ottica saranno installati in apposito tritubo allettato in idoneo strato di sabbia all'interno dello stesso scavo per l'installazione dei cavi di potenza. Il tracciato dei cavi in fibra ottica seguirà lo stesso percorso dei cavi AT riportato nelle planimetrie di progetto. Durante le operazioni di posa, lo sforzo di tiro che dovrà essere applicato non dovrà superare i 3 kN. Il raggio di curvatura dei cavi non dovrà in nessun caso essere inferiore a 20 cm, né tantomeno il cavo dovrà subire deformazioni seppur temporanee. Il rispetto dei limiti di tiro e di piegatura sono garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche e della funzionalità del sistema di trasmissione dei dati.