

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI BRINDISI
COMUNE DI BRINDISI

Parco Eolico "152 BRINDISI"
composto da 8 turbine da 6.2 MW ciascuna

R14

**CALCOLI PRELIMINARI
DEGLI IMPIANTI**

Note:

Rev. 0 - Prima emissione, elaborato da ACS/MG, approvato da MG, data: 30/11/2023



INTERPLAN

Progettista: INTERPLAN s.r.l.
via Papa Giovanni Paolo I, n. 12 - 70124 Bari
c.f. 04767360722
info@interplan.it

Progettista:
Ing. Axel Ceglie Swoboda
via Messina n. 4
721017 Brindisi
c.f. CGLXLA63B16Z102C

Progettista: Ing. Marcello Gatto
Ord. Ing. Bari n. 3965
via Papa Giovanni Paolo I, n. 12 - 70124 Bari
c.f. GTTMCL63A27A662K
marcello.gatto@interplan.it

Committente: Cubico Lidia s.r.l.
Via Alessandro Manzoni, 43 - 20100 Milano
P.IVA e Codice Fiscale 12943230966
pec: cubicolidia@legalmail.it

Sommario

1	Introduzione	2
2	Impianti di utenza per la connessione	3
3	Normativa di riferimento	5
4	Cavidotti in media tensione	6
5	Impianto di terra	8
	5.1.1 <i>Verifica della resistenza meccanica del dispersore</i>	8
6	Sottostazione elettrica utente	9
	6.1.1 <i>Parametri dimensionali ed elettrici della SSU</i>	9
7	Cavidotto AT di collegamento alla RTN	11

Indice delle figure

Figura 1 - Inquadramento a scala 1:100.000 dell'area di intervento, con limiti comunali.....	3
Figura 2 - Layout dei Cavidotti in media tensione, 1:30.000	6
Figura 3 - Specifiche del cavo Prysmian RG7H1R.....	7
Figura 4 - Layout del Cavidotto in alta tensione, 1:40.000	11

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Coordinate degli Aerogeneratori	3
---	---

1 Introduzione

La presente relazione illustra i calcoli degli impianti per la realizzazione di un **parco eolico** per la produzione industriale di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da **8 aerogeneratori** tripala ad asse orizzontale, ciascuno di potenza nominale pari a **6,2 MW**, per una potenza elettrica complessiva pari a **49,6 MW**. L'intervento è proposto dalla società Cubico Lidia s.r.l., con sede in Via Alessandro Manzoni, 43 - 20100 Milano, P.IVA e Codice Fiscale 12943230966, del gruppo **Cubico**, che ad oggi ha in Italia **46 impianti operativi**, con una potenza complessiva installata di ben **260 MW**, e molti altri nel mondo.

La presente relazione, secondo quanto previsto dall'art. 29 del D.P.R. 207/2010, consente di determinare tutti gli elementi dimensionali dell'opera, dimostrandone la piena compatibilità con l'aspetto architettonico ed impiantistico e più in generale con tutti gli altri aspetti del progetto.

I calcoli degli impianti permettono la definizione degli eventuali volumi tecnici necessari e, per quanto riguarda le reti e le apparecchiature degli impianti, anche la specificazione delle caratteristiche.

I calcoli di dimensionamento e verifica delle strutture e degli impianti sono stati sviluppati ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano significative differenze tecniche e di costo.

2 Impianti di utenza per la connessione

Il progetto prevede l'installazione di 8 aerogeneratori, tutti nel territorio del **Comune di Brindisi**, nei punti di seguito indicati e rappresentati:

Aerogeneratore	Coordinate UTM33N	Coordinate WGS84	Foglio	Particella
10	737287.4; 4506008.7	40.67084, 17.80735	17	871
20	738786.1; 4505408.2	40.66501, 17.82483	18	292
30	739906.5; 4505324.0	40.66392, 17.83804	19	299
40	736745.5; 4505106.8	40.66288, 17.80060	17	184
50	738000.2; 4505189.9	40.66327, 17.81546	17	258
60	738147.7; 4504572.9	40.65768, 17.81697	17	284
70	739647.4; 4504379.3	40.65550, 17.83462	19	35
80	739836.7, 4506301,0	40.67274, 17.83759	19	359

Tabella 1 - Coordinate degli Aerogeneratori



Figura 1 - Inquadramento a scala 1:100.000 dell'area di intervento, con limiti comunali

A seguito di voltura la società proponente è titolare della Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) per la connessione alla rete di trasmissione nazionale (RTN), codice pratica 202203423 del 19/01/2023, regolarmente accettata.

Lo schema di allacciamento alla RTN proposto da Terna spa prevede due possibili soluzioni di connessione alla RTN:

- Soluzione 1, che prevede il collegamento in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) a 380/150 kV denominata "Brindisi";
- Soluzione 2, che prevede il collegamento in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) a 380/150 kV denominata "Brindisi".

La società proponente ha optato per la Soluzione 2 (collegamento a 36 kV) che ha il vantaggio di consentire l'allacciamento ad un livello di tensione inferiore (36 kV) con minori problematiche per l'elettrodotto. Inoltre, a differenza della prima, la seconda soluzione non comporta la necessità di condividere lo stallo con altri operatori.

La STMG chiarisce che, ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell'impianto eolico sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Pertanto, costituiscono impianti di utenza:

- i cavidotti interrati in media tensione;
- la sottostazione utente;
- il cavidotto in alta tensione a 36 kV.

3 Normativa di riferimento

- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- CEI 20-66: Cavi energia con isolamento estruso e loro accessori per tensioni nominali superiori a 36 kV ($U_m = 42$ kV) fino a 150 kV ($U_m = 170$ kV);
- CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni"; • CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo; 8 • CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria; • CEI 11-32: V1: Impianti di produzione eolica;
- CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

4 Cavidotti in media tensione

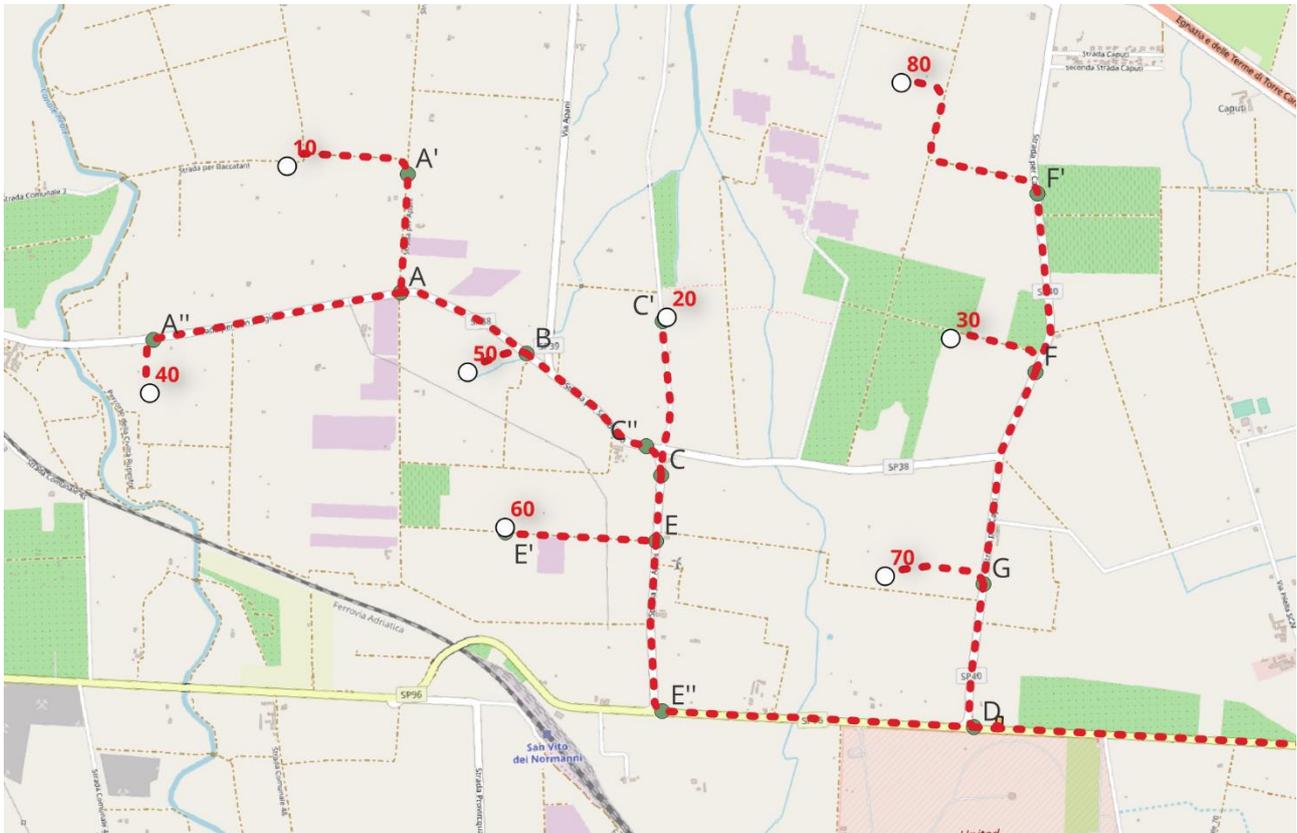


Figura 2 - Layout dei Cavidotti in media tensione, 1:30.000

L'energia prodotta da ciascuno degli aerogeneratori viene trasferita alla sottostazione elettrica utente mediante una singola terna di cavi indipendente, utilizzando i cavidotti rappresentati schematicamente nella figura 2. Si tratta di un sistema elettrico a 30 kV (media tensione), stato elaborato con l'intento di assicurare una adeguata funzionalità e flessibilità di esercizio e di contenere, nel contempo, le perdite dell'impianto.

La posa delle condutture in cavo sarà direttamente interrata, a trifoglio ad una profondità media di 1,3 metri utilizzando cavi in rame RG7H1R 3x1x35 mm² 18/30 kV.

Se si considera il funzionamento a $\cos\phi$ 0.95, poiché ciascun aerogeneratore ha una potenza massima pari a 6.2 MW, si ha:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\phi} = 126 \text{ A}$$

Le specifiche del cavo RG7H1R riportate in figura 3 indicano, per la sezione ed il livello di isolamento considerato, una portata di corrente $I_z=181 \text{ A}$.

Poiché

$$I_b < I_z$$

si conclude che le condutture sono correttamente dimensionate per sopportare la relativa corrente di impiego.



Figura 3 - Specifiche del cavo Prysmian RG7H1R

5 Impianto di terra

L'impianto di dispersione di ognuno degli aerogeneratori è costituito da un triplo anello di terra, il primo (interno) con diametro 6,6 metri, il secondo (intermedio) con diametro 10 metri ed il terzo (esterno) con diametro 24 m, integrato da n. 8 picchetti verticali di lunghezza pari a 4 m cadauno.

Tali impianti, in condizioni normali di esercizio, saranno collegati tra loro, attraverso lo schermo dei cavi MT, pertanto tali impianti di dispersione verranno considerati in parallelo.

Per i dispersori ad anello la resistenza è stata calcolata in base alla formula

$$R = \frac{\rho}{4\pi r^2} \left(\ln \frac{8r}{a} + \ln \frac{8r}{s} + \right)$$

In cui

- ρ è la resistenza del suolo (terreno vegetale), assunta pari a 100 Ωm
- r è il raggio dell'anello
- a è il raggio del conduttore, assunto pari a 4,5 mm per la corda in rame dal 50 mm²
- $s/2$ è la profondità di posa dell'anello.

Sulla base di quanto sopra si ricavano i valori della resistenza di terra associabili ad ognuno dei dispersori ad anello:

- Resistenza dell'anello interno: 32.72 Ω ;
- Resistenza dell'anello intermedio: 19.25 Ω ;
- Resistenza dell'anello quadrato esterno: 8.45 Ω ;

Inoltre, va considerata la resistenza di terra di ognuno dei n. 8 picchetti verticali: 42 Ω . Essi, messi in parallelo determinano complessivamente una resistenza di terra pari a 5.2 Ω ;

Il contributo complessivo dei dispersori, considerati per ognuna delle turbine eoliche, permette di calcolare una resistenza di terra pari a 2.54 Ω .

5.1.1 Verifica della resistenza meccanica del dispersore

La sezione minima per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione indicata nell'Allegato C alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) è di 25 mm². La sezione indicata in progetto è di 50 mm², che risulta adeguata a garantire la resistenza meccanica richiesta.

6 Sottostazione elettrica utente

La sottostazione elettrica utente (SSU) ha la duplice funzione di:

- raccogliere l'energia prodotta in media tensione dagli aerogeneratori del parco eolico,
- elevarne il livello di tensione per la consegna a 36 kV (alta tensione) alla Stazione Elettrica di trasformazione assegnata dal gestore di rete.

La SSU e tutte le opere di connessione necessarie ricadono in agro del Comune di Brindisi (BR).

In particolare, la SSU sarà ubicata lungo la SP96, a breve distanza dall'incrocio con la Strada per Caputi (SP40), come meglio indicato nella relativa tavola del progetto definitivo. Essa sarà composta da:

- Locali Tecnici di MT, che ospiteranno le apparecchiature per la raccolta dell'energia in arrivo dagli aerogeneratori ed il suo invio al trasformatore;
- Trasformatore, che eleverà la tensione fino ai 36 kV della connessione approvata;
- area componenti elettromeccaniche, necessaria per la misura e l'interruzione dell'energia;
- area libera brecciata, necessaria per la movimentazione e per assicurare la necessaria distanza di sicurezza dalle apparecchiature;
- recinzione di sicurezza e varco di accesso.

6.1.1 Parametri dimensionali ed elettrici della SSU

Area occupata dalla Sottostazione:25 x 40 = 1.000 m²;

Locali tecnici:80 m².

Frequenza nominale:50 Hz;

Tensione nominale del sistema A.T.:36 kV;

Stato del neutro del sistema A.T.:franco a terra;

Corrente nominale di guasto a terra del sistema A.T.:16 kA;

Durata del guasto a terra del sistema A.T.:650 ms;

Tensione nominale del sistema M.T.:30 kV;

Tensione massima del sistema M.T.:36 kV;

Stato del neutro del sistema M.T.:isolato;

Corrente nominale di guasto a terra del sistema M.T.:152 A;

Durata del guasto a terra del sistema M.T.:0,5 s;

In accordo con la norma CEI 11-1 le parti attive della sezione A.T. della Sottostazione elettrica rispetteranno le seguenti distanze:

Distanza tra le fasi per le Sbarre e le apparecchiature:3 m;

Altezza minima dei conduttori:4,5 m;

Corrente nominale di cortocircuito delle sbarre:16 kA;

Corrente nominale delle Sbarre: 1250 A.

La parte A.T. a 36 kV della Sottostazione prevede:

- n. 1 modulo arrivo linea in cavo isolato in aria;
- n. 1 trasformatore 36/30 kV da 63 MVA;
- n. 6 scaricatori di sovratensione a 36 kV;
- n. 3 Trasformatori di tensione induttivi 36 kV
- n. 3 Trasformatori di tensione capacitivi a 36 kV;
- n. 6 Trasformatori di corrente a 36 kV;
- n. 2 sezionatori tripolari orizzontali a 36 kV con lame di messa a terra;
- n.1 interruttore tripolare per esterno 36 kV.

7 Cavidotto AT di collegamento alla RTN

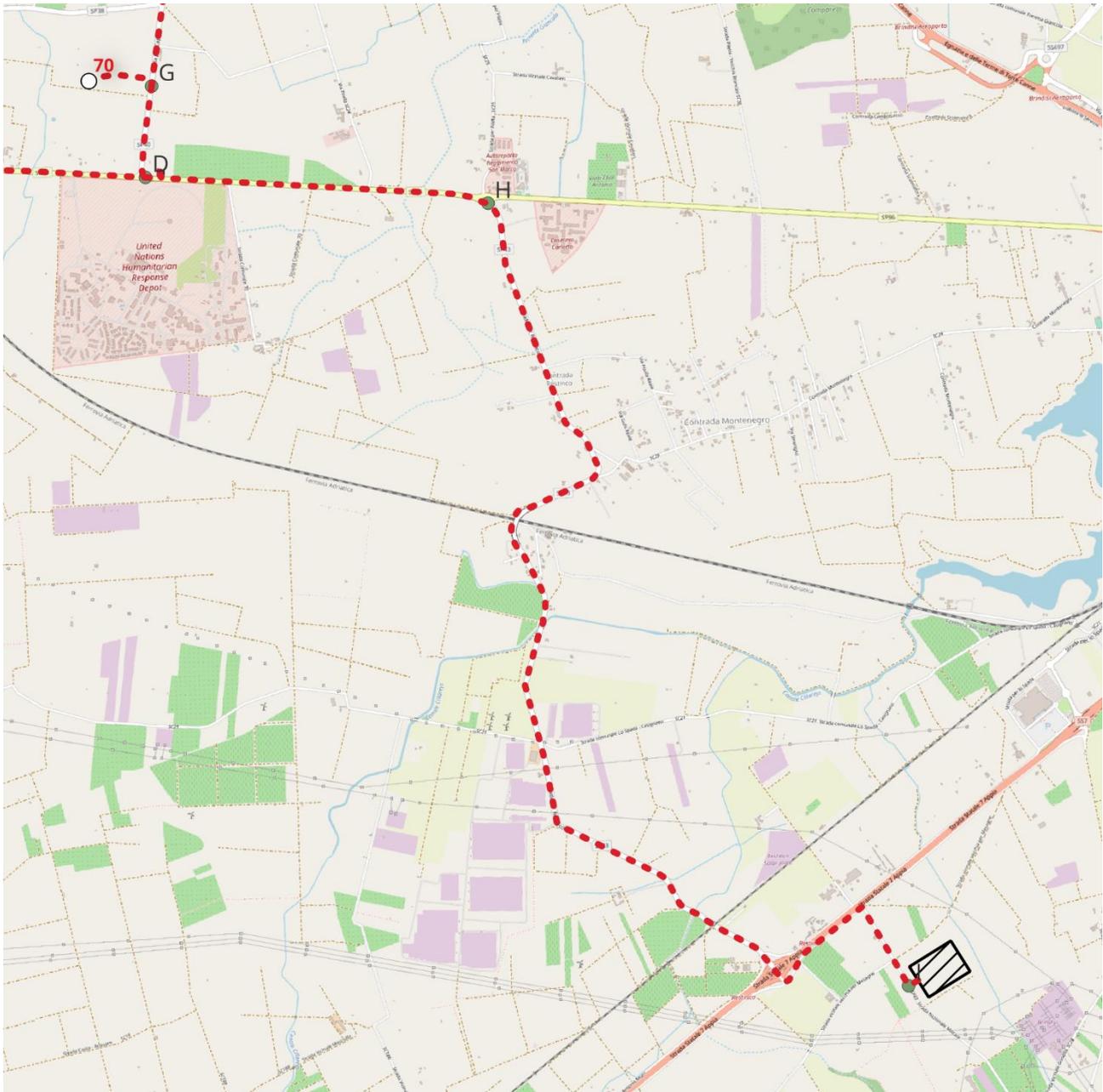


Figura 4 - Layout del Cavidotto in alta tensione, 1:40.000

Dalla sottostazione utente l'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori, innalzata in tensione a 36 kV, viene trasferita alla sottostazione elettrica del gestore di rete Terna mediante una singola terna di cavi che seguono il tracciato rappresentato schematicamente nella figura 4. Si tratta di una linea elettrica a 36 kV (alta tensione).

La posa delle condutture in cavo sarà direttamente interrata, in piano, ad una profondità media di 1,5 metri utilizzando cavi in rame RG7H1R 3x1x630 mm² 26/45 kV.

Le specifiche del cavo RG7H1R riportate in figura 3 indicano, per la sezione ed il livello di isolamento considerato, una portata di corrente $I_z=848$ A.

Il cavo sarà invece soggetto ad una corrente massima di impiego pari a

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi} = \frac{8 \cdot 6.2 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 3.6 \cdot 10^4 \cdot 0,95} = 837 \text{ A}$$

in cui si è cautelativamente ipotizzato il funzionamento con fattore di potenza $\cos \varphi = 0,95$.

Poiché

$$I_b < I_z$$

si conclude che il cavo è correttamente dimensionato per sopportare la corrente di impiego.