

REGIONE BASILICATA

PROVINCIA DI POTENZA

Castelgrande - Muro Lucano - Rapone - San Fele

LOCALITA' "Toppo Macchia"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE - 16 AEROGENERATORI (potenza totale 88,2 MW)

Sezione A :

PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

Titolo elaborato:

A.11.2 - RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

N. Elaborato: **A.11.2**

Scala:

Proponente

MIA WIND Srl

Via della Tecnica, 18 - 85100 - Potenza (PZ)

Amministratore Unico
Donato Macchia

Progettazione



sede legale e operativa

San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61

sede operativa

Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista

Dott. Ing. Nicola Forte



00	NOVEMBRE 2018	RC	MO	NF	RICHIESTA A.U.
Rev.	Data	sigla	sigla	sigla	DESCRIZIONE
		Elaborazione	Approvazione	Emissione	

Nome File sorgente	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2.dwg	Nome file stampa	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2.pdf	Formato di stampa	A4
--------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	-------------------	----

1. INTRODUZIONE	2
2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO.....	2
3. CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	2
4. SISTEMA ELETTRICO	2
4.1 DESCRIZIONE GENERALE.....	2
4.2 DATI DI IMPIANTO.....	3
5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI	5
5.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE	5
5.2 TENSIONE DI ISOLAMENTO DEL CAVO	5
5.3 TEMPERATURE MASSIME DI ESERCIZIO E DI CORTOCIRCUITO.....	5
5.4 CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE.....	5
5.4.1 COLLEGAMENTI MT IMPIANTO EOLICO (INTERNO ED ESTERNO).....	5
5.5.1 COLLEGAMENTI IMPIANTO EOLICO (INTERNO ED ESTERNO)	6
5.5.2 COLLEGAMENTI MT INTERNI ALLA STAZIONE ELETTRICA.....	6
5.5 ACCESSORI	7
6. VERIFICA RETE MT	7
6.1 MODALITÀ E CRITERI DI CALCOLO ELETTRICO.....	7
6.2 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	8
6.3 CALCOLO DI LOAD FLOW.....	8
6.4 VERIFICA DELLA PORTATA.....	10
6.5 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE	11
7. RISULTATI DI CALCOLO	11
7.1 VERIFICA DELLE PERDITE	12

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 2 di 14
---	--	---	--

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano i calcoli di verifica dei cavi MT e Load Flow, nell'ambito della progettazione definitiva dell'impianto eolico proposto dalla società MIA WIND s.r.l. da realizzarsi in località "Toppo Macchia", nei comuni di Castelgrande, Muro Lucano, Rapone e San Fele provincia di Potenza (PZ).

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).

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 16 aerogeneratori di cui n.1 da 4200 kW (B14) e n.15 aerogeneratori da 5600 kW per una potenza nominale complessiva di 88.20 MW.

In dettaglio l'impianto presenta

- 16 aerogeneratori ad asse orizzontale;
- 16 cabine di trasformazione poste all'interno della torre;
- Cavidotto interrato MT (18/30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e la

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 3 di 14
---	--	---	--

stazione elettrica di trasformazione;

- Una linea in fibra ottica che collega tra di loro gli aerogeneratori e la stazione elettrica di trasformazione per il telecontrollo del parco eolico
- 1 stazione elettrica di trasformazione a 150/30 kV nel comune di Rapone (PZ);

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione (720 V), trasmessa attraverso una linea in cavo al trasformatore MT/BT posto internamente alla base della torre dell'aerogeneratore, dove viene trasformata ed innalzata al valore di 30 kV. Diverse linee in cavo interrato collegano fra loro gli aerogeneratori e da questi ultimi mediante una linea in cavo interrato alla sezione in media tensione della stazione di trasformazione.

Gli aerogeneratori del parco eolico in oggetto, ciascuno di potenza attiva pari a 4.2/5.6 MW, sono 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.

Le ragioni di questa suddivisione sono legate alla topologia della rete elettrica, alla potenza complessiva trasmessa su ciascuna linea in cavo, alle perdite connesse al trasporto dell'energia elettrica prodotta. (Consultare l'elaborato "A.16.b.7").

Il collegamento alla RTN del parco eolico appena descritto sarà eseguito mediante la realizzazione di una stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV da collegare alla futura stazione elettrica 150 kV RTN di Rapone (PZ).

4.2 Dati di impianto

Lo schema della rete utilizzato per le valutazioni relative ai calcoli di Load Flow è rappresentato nell'*Alliegato 1*. In seguito si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

RETE MT - AT

- | | |
|-------------------------------|---------|
| • Sistema | trifase |
| • Frequenza | 50 Hz |
| • Tensione nominale (lato MT) | 30 kV |
| • Tensione nominale (lato AT) | 150 kV |

GENERATORI ASINCRONI


- | | |
|----------------------------|---------|
| • Tensione nominale | 0.72 kV |
| • Potenza nominale tipo 1 | 4200 kW |
| • Potenza nominale tipo 2 | 5600 kW |
| • Corrente rotore bloccato | 1.22 In |

TRASFORMATORI MT/BT

- | | |
|--------------------|---------------|
| • Potenza nominale | 4700/6000 kVA |
|--------------------|---------------|

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: S.S. 17 loc. Vaccarella - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 4 di 14
---	--	---	--

- Rapporto trasformazione 30/0.72 kV
- Tensione di c.to c.to 9 %
- Perdite nel ferro 8.2 kW
- Collegamento Dyn 5
- Regolazione $\pm 2 \times 2.5$ %

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 90 MVA
- Rapporto nominale $150 \pm 10 \times 1.25\%$ / 31 kV
- Tensione di c.to c.to 15 %
- Perdite nel ferro 44 kW
- Collegamento YNd11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

TRASFORMATORE SA


- Potenza nominale 100 kVA
- Rapporto nominale $30 \pm 2 \times 2.5\%$ / 0.4 kV
- Tensione di c.to c.to 4 %
- Collegamento Dyn11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN

COLLEGAMENTI MT

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

Tabella 1 - Collegamenti MT, sezione e materiale dei conduttori

COLLEGAMENTI IMPIANTO EOLICO (INTERNO ED ESTERNO)		SEZIONE CONDUTTORE [mm ²]	MATERIALE CONDUTTORE	LUNGHEZZA [m]
GRUPPO 1	B14 – B13	95	Al	1195
	B13 – B12	185	Al	1550
	B12 – B08	300	Al	725
	B08 – SE	630	Al	14210
GRUPPO 2	B15 – B16	95	Al	2860
	B16 – B06	300	Al	5950
	B06 – B03	630	Al	1045
	B03 – SE	630	Al	12630
GRUPPO 3	B10 – B11	95	Al	525
	B11 – B09	185	Al	1625
	B09 – B07	300	Al	1100

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 5 di 14
---	--	---	--

	B07 – SE	630	Al	13600
GRUPPO 4	B05 – B04	95	Al	855
	B04 – B02	185	Al	870
	B02 – B01	630	Al	1940
	B01 – SE	630	Al	11045

Le caratteristiche tecniche dei cavi utilizzati per i calcoli sono ricavate dai data-sheet del costruttore PRYSMIAN, ad essi si rimanda per ulteriori approfondimenti.

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 30 kV
- Tensione massima 36 kV
- Categoria sistema B

5.2 Tensione di isolamento del cavo

Dalla tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento U_0 corrispondente è 18 kV.


5.3 Temperature massime di esercizio e di cortocircuito

Dalla tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

5.4 Caratteristiche funzionali e costruttive

5.4.1 Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate, per il collegamento di potenza tra gli aerogeneratori e tra questi ultimi e la stazione elettrica, saranno del tipo pre-cordato ad elica visibile o “trifoglio”, adatti a posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 6 di 14
---	--	---	--

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=18/30$ kV e tensione massima $U_m=36$ kV, sigla di designazione ARE4H5E(X).

La stessa tipologia di cavi è utilizzata per i collegamenti MT tra quadri e trafo SA e tra quadri e trasformatore AT/MT all'interno della stazione elettrica di trasformazione.

5.5.1 Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno)

Il cavidotto MT 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 (ad elica visibile) direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo **M**, 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, modalità di posa **N**, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata. 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 95, 185, 300, 630, direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 20 cm;
- Posa di tritubo in PEHD del diametro esterno di 50 mm per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 70÷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 mm^2 per la messa a terra dell'impianto.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto "A.16.a.19.1_16"

5.5.2 Collegamenti MT interni alla stazione elettrica

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da 3 terne di cavi unipolari (ad elica visibile) posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità, inglobati in calcestruzzo, ovvero modalità di posa tipo **O.1** (manufatti gettati in opera). La posa verrà eseguita ad una profondità di 0.50 m in uno scavo di profondità 0.60 m e larghezza alla base variabile in base al numero di tubi presenti.

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 7 di 14
---	--	---	--

La linea in media tensione che interessa il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, costituita da una terna di cavi unipolari (ad elica visibile) posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso, ovvero modalità di posa tipo **F oppure P.1/P.2** all'interno del locale utente della stazione elettrica di trasformazione.

5.5 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 nominale del sistema al quale sono destinati, ovvero 30 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 Media Tensione".

6. VERIFICA RETE MT

6.1 Modalità e criteri di calcolo elettrico


Nel seguito si illustrano i risultati di calcolo, atti a verificare che le scelte operate sulle sezioni dei cavi della rete del impianto eolico, in accordo alla normativa vigente.

Il calcolo delle correnti a regime, delle cadute di tensione, delle perdite e le correnti di corto circuito ai nodi è effettuato con il software Neplan[®], mediante un calcolo di load flow (con metodo Newton Raphson) e un calcolo del corto circuito ai nodi, in accordo alla Norma IEC 60909/2001 (CEI 11-25).

Il processo di calcolo è iterativo, se uno dei vincoli imposti non è rispettato si maggiora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.

Questa operazione sarà realizzata tante volte fino a quando tutti i vincoli sono stati rispettati.

Per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e per la scelta definitiva dei cavi, si risolve sulla rete precedentemente modellata (con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti), il problema del corto circuito con la norma IEC 60909/2001 equivalente alla norma CEI 11-25.

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 8 di 14
---	--	---	--

Risolto il problema del corto circuito, si verifica se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per un secondo. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si maggiora la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla risoluzione dei problemi del load flow e del corto circuito, si passa alla scelta dei quadri elettrici e dei componenti di protezione, manovra e misura (interruttori, sezionatori, TA, TV, relé ecc.)

I criteri di verifica sono i seguenti:

- Verifica della portata nei diversi tratti, alla reale condizione di posa;
- Verifica delle perdite complessive delle linee in MT (limite totale = 4%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per i collegamenti tra gli aerogeneratori (limite = 1%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per i collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica (limite = 3%);

Le condizioni di calcolo sono le seguenti:

- Potenza di ciascuna tratta corrispondente alla potenza nominale dei gruppi di generazione;
- Tensione nominale 30 kV;
- Resistenza dei cavi riportata alla massima temperatura operativa (90 °C);
- Fattore di potenza dei gruppi pari a 1;

6.2 Interpretazione dei risultati

Nelle tabelle che seguono sono riassunti i risultati di calcolo del load flow e del corto circuito.

Nelle colonne viene indicato con la sigla **N** ___ l'elemento nodo in bassa tensione, con la sigla **A** ___ l'elemento nodo in media tensione, con la sigla **GA** ___ l'elemento generatore, con la sigla **TR** ___ l'elemento trasformatore e con la sigla **L** ___ l'elemento Linea

6.3 Calcolo di load flow

In *Allegato 2* sono riportati, rappresentati graficamente, i risultati del calcolo di load flow e qui riportati in forma tabellare:

Tabella 2 - Risultati Load Flow

Element name	Type	P kW	Ib A	Loading %	P Loss kW	P Fe kW
G01	Asynchronous Machine	-5600	4404			
G02	Asynchronous Machine	-5600	4395			

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: S.S. 17 loc. Vaccarella - 71036 Lucera (FG)

G03	Asynchronous Machine	-5600	4391			
G04	Asynchronous Machine	-5600	4385			
G05	Asynchronous Machine	-5600	4377			
G06	Asynchronous Machine	-5600	4386			
G07	Asynchronous Machine	-5600	4388			
G08	Asynchronous Machine	-5600	4388			
G09	Asynchronous Machine	-5600	4377			
G10	Asynchronous Machine	-5600	4355			
G11	Asynchronous Machine	-5600	4360			
G12	Asynchronous Machine	-5600	4382			
G13	Asynchronous Machine	-5600	4368			
G14	Asynchronous Machine	-4200	3270			
G15	Asynchronous Machine	-5600	4319			
G16	Asynchronous Machine	-5600	4348			
T01	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T02	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T03	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T04	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T05	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T06	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T07	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T08	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T09	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T10	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T11	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T12	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T13	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T14	2W Transformer	-4160	78	87	40	3
T15	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
T16	2W Transformer	-5544	106	91	56	3
TR - MT	2W Transformer	85291	1649	95	366	44
L14-13	Line	4160	78	37	9	
L13-12	Line	9696	183	60	33	
L12-08	Line	15207	288	72	23	
L08-SE	Line	20728	393	83	415	
L15-16	Line	5546	104	49	38	
L16-06	Line	11054	208	59	99	
L06-03	Line	16499	313	66	19	
L03-SE	Line	22024	418	88	417	
L10-11	Line	5545	105	49	7	
L11-09	Line	11083	209	68	45	
L09-07	Line	16583	314	89	42	
L07-SE	Line	22085	419	88	451	
L05-04	Line	5545	105	49	12	
L04-02	Line	11078	210	86	24	
L02-01	Line	16598	316	66	36	
L01-SE	Line	22105	421	89	369	
RTN	Feeder	84926	330			

6.4 Verifica della portata

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 1 K*m/W;

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 1 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 risulta, 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 3 - 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
7	0.84	0.74	0.67	0.60

Per i dettagli sul percorso e le modalità di posa si rimanda all'elaborato di progetto "A.16.a.19.1_16"

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 11 di 14
---	--	---	---

6.5 Verifica della caduta di tensione

Il calcolo della caduta di tensione è ricavato dal calcolo di load flow ed è atto a stabilire il valore totale per l'intero cavidotto a partire dai gruppi fino alla cabina di smistamento e da questa alla stazione elettrica di trasformazione. I valori delle tensioni ai nodi sono deducibili dal diagramma di *allegato 2*.

7. RISULTATI DI CALCOLO

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

Tabella 4 – Portata effettiva, caduta di tensione di ciascuna tratta

node 1	node 2	Element name	mat	n	sec [mm ²]	Iz [A]	ΔUn [%]
B14	B13	L14 – 13	Al	1	95	212.5	0.2
B13	B12	L13 – 12	Al	1	185	306.6	0.3
B12	B08	L12 - 08	Al	1	300	401.5	0.2
B08	SE	L08 – SE	Al	1	630	475	2.0
B15	B16	L15-16	Al	1	95	212.5	0.7
B16	B06	L16-06	Al	1	300	353.7	0.9
B06	B03	L06-03	Al	1	630	475	0.1
B03	SE	L03 – SE	Al	1	630	475	1.9
B10	B11	L11-10	Al	1	95	212.5	0.1
B11	B09	L11-09	Al	1	185	306.6	0.4
B09	B07	L09-07	Al	1	300	353.7	0.2
B07	SE	L07-SE	Al	1	630	475	2.0
B05	B04	L05-04	Al	1	95	212.5	0.2
B04	B02	L04-02	Al	1	185	244.6	0.2
B02	B01	L02-01	Al	1	630	475	0.2
B01	SE	L01-SE	Al	1	630	475	1.6

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 12 di 14
---	--	---	---

Come si evince dalla tabella il valore della C.d.T. relativa alle linee MT di ogni collegamento tra gli aerogeneratori è inferiore al 1% previsto. Il valore della C.d.T. relative alle linee MT del collegamento tra aerogeneratori e stazione elettrica è inferiore al 3% previsto.

7.1 Verifica delle perdite

Il calcolo delle perdite è ricavato dal calcolo di load flow ed è atto a stabilire la somma delle perdite dell'intera rete MT in cavo, dei trasformatori di macchina, del trasformatore elevatore e dei servizi ausiliari, nelle condizioni di progetto previste.

La tabella 5 riporta le perdite complessive per l'impianto eolico di MIA WIND s.r.l:


Tabella 5 - Perdite complessive

IMPIANTO EOLICO AGB01- MIA WIND s.r.l - SOMMARIO				
WTG	N.	P TOT		kW
	16			88200
Un	Perdite Linee		Perdite trasformatori	
kV	kW	%	kW	%
30	2039,43	2,31%	869,36	0,99%
150	0		365,54	0,41%
Perdite totali impianto				
kW		%	3,71%	
	3274,33			

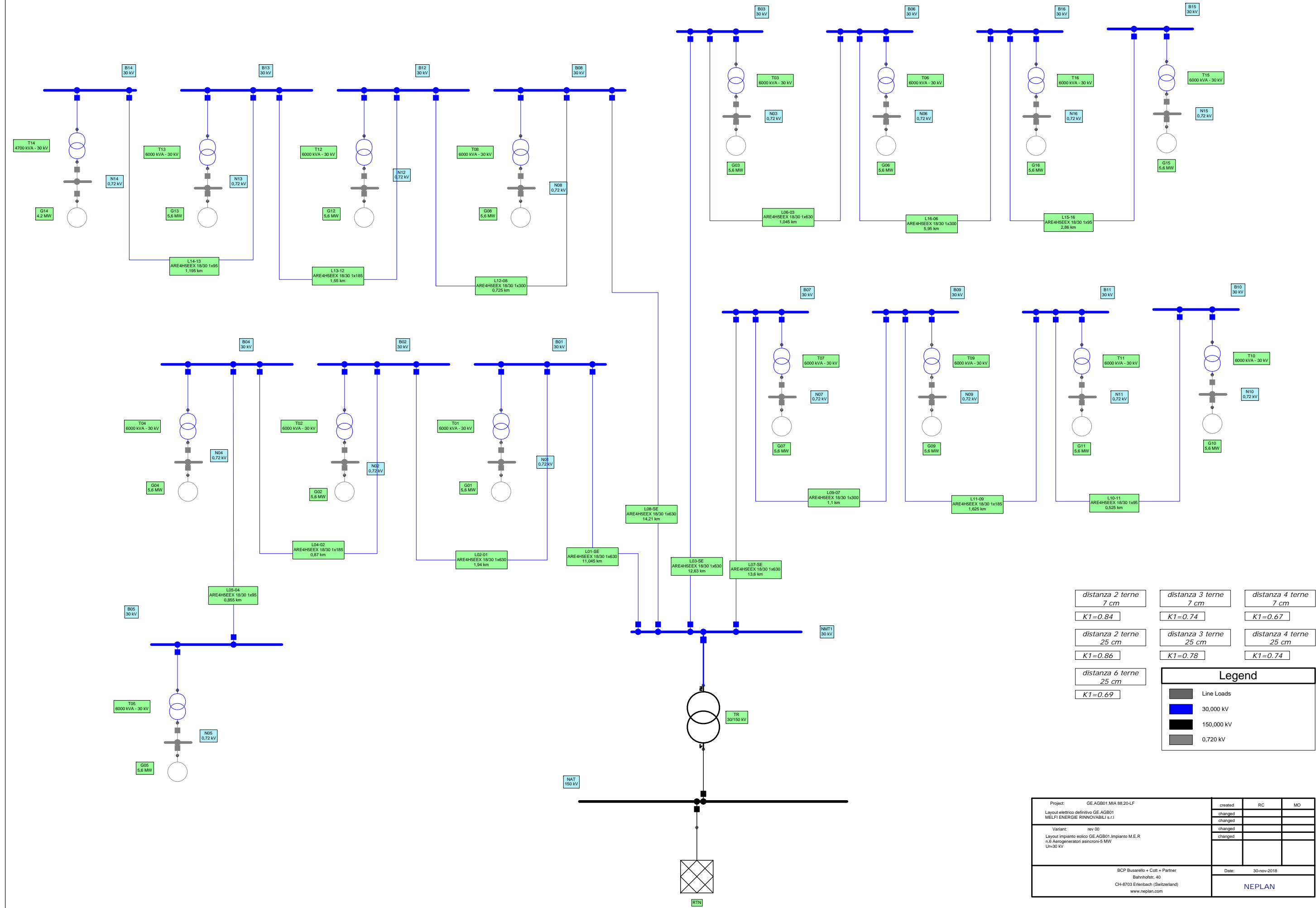
Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 2.31%, inferiore al 4% previsto.

Complessivamente considerando le perdite dei trasformatori di ciascun aerogeneratore e del trasformatore di stazione il valore di perdite complessive raggiunge il 3.71%.

I risultati dei calcoli di cui sopra dimostrano la correttezza delle scelte operate sulle sezioni dei cavi per tutti i tratti.

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 13 di 14
---	--	---	---


**ALLEGATO 1
RETE ELETTRICA**



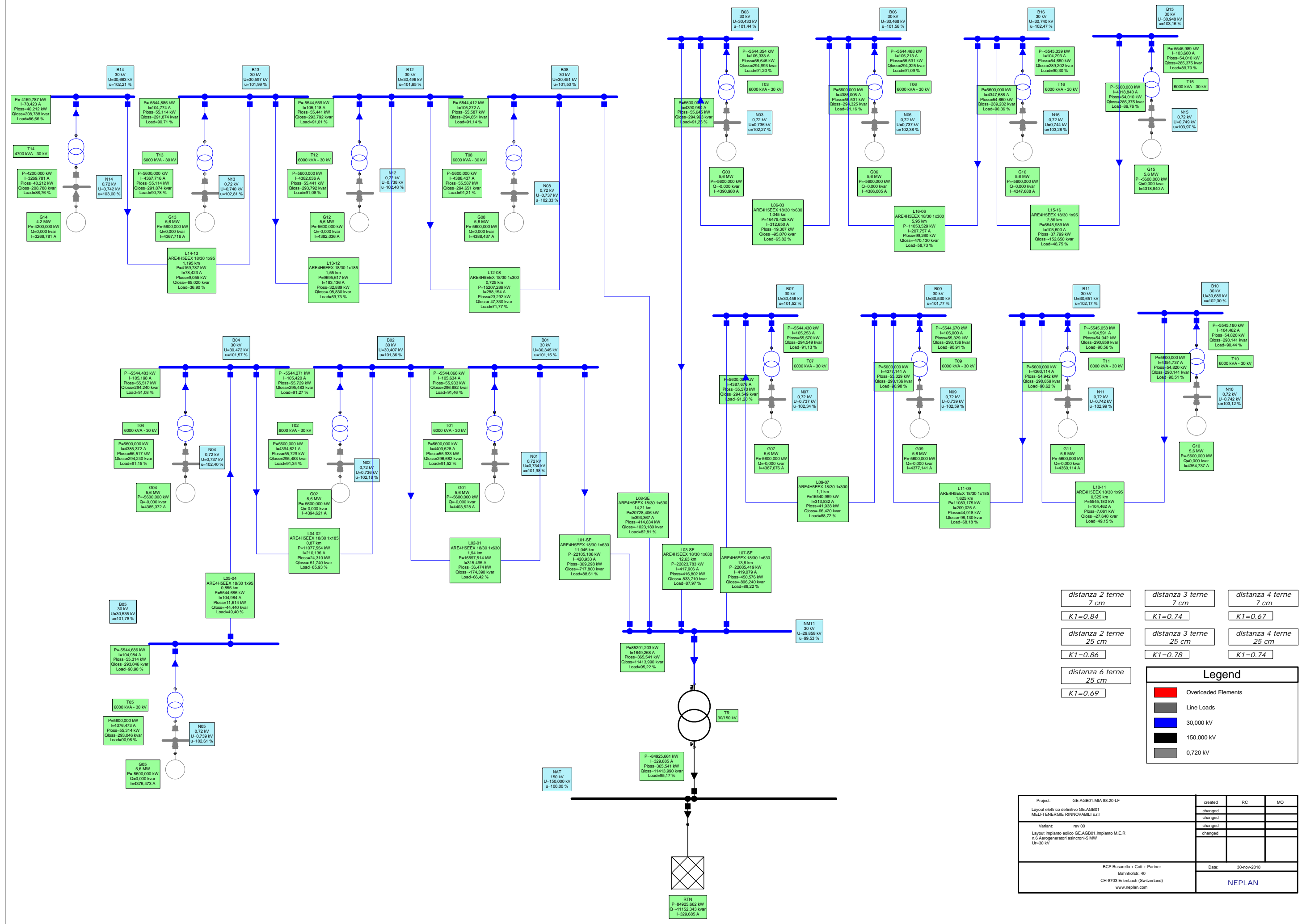
distanza 2 terne 7 cm	distanza 3 terne 7 cm	distanza 4 terne 7 cm
K1=0.84	K1=0.74	K1=0.67
distanza 2 terne 25 cm	distanza 3 terne 25 cm	distanza 4 terne 25 cm
K1=0.86	K1=0.78	K1=0.74
distanza 6 terne 25 cm		
K1=0.69		

Legend	
	Line Loads
	30,000 kV
	150,000 kV
	0,720 kV

Project: GE AGB01 MA 88 20-LF	created	RC	MO
Layout elettrico definitivo GE AGB01	changed		
MELFI ENERGIE RINNOVABILI s.r.l.	changed		
Variant: rev 00	changed		
Layout impianto eolico GE AGB01. Impianto M.E.R	changed		
n.6 Aerogeneratori asincroni-5 MW			
U=30 kV			
BCP Busanello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	30-nov-2018	
	NEPLAN		

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.AGB01.P3.PD.A.11.2 30/11/2018 30/11/2018 00 14 di 14
---	--	---	---

ALLEGATO 2
CALCOLO LOAD FLOW



<p>distanza 2 terne 7 cm</p> <p>$K1=0.84$</p>	<p>distanza 3 terne 7 cm</p> <p>$K1=0.74$</p>	<p>distanza 4 terne 7 cm</p> <p>$K1=0.67$</p>
<p>distanza 2 terne 25 cm</p> <p>$K1=0.86$</p>	<p>distanza 3 terne 25 cm</p> <p>$K1=0.78$</p>	<p>distanza 4 terne 25 cm</p> <p>$K1=0.74$</p>
<p>distanza 6 terne 25 cm</p> <p>$K1=0.69$</p>	<p>Legend</p> <ul style="list-style-type: none"> Overloaded Elements Line Loads 30,000 kV 150,000 kV 0,720 kV 	

<p>Project: GE AGB01 MA 88.20-LF</p> <p>Layout elettrico definitivo GE AGB01</p> <p>MELFI ENERGIE RINNOVABILI s.r.l.</p>	<p>created</p> <p>changed</p> <p>changed</p> <p>changed</p>	<p>RC</p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p>MO</p> <p></p> <p></p> <p></p>
<p>Variant: rev 00</p> <p>Layout impianto eolico GE AGB01. Impianto M.E.R</p> <p>n.6 Aerogeneratori asincroni-5 MW</p> <p>U=30 kV</p>	<p>changed</p> <p>changed</p>		
<p>BCP Busanello + Cott + Partner</p> <p>Bahnhofstr. 40</p> <p>CH-8703 Erlenbach (Switzerland)</p> <p>www.neplan.com</p>	<p>Date: 30-nov-2018</p>	<p>NEPLAN</p>	