

PROPONENTE

**Repower Renewable Spa**

Via Lavaredo, 44  
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott. Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



**TENPROJECT**

Tenproject Srl - via De Gasperi 61  
82018 S. Giorgio del Sannio (BN)  
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315  
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

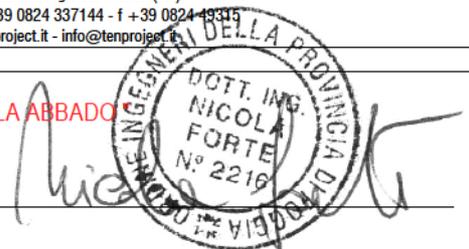
**1478**

NUOVO PARCO EOLICO CASAMASSIMA "LOC. PARCO SAN NICOLA" e "VILLA ABBADO"

PROVINCIA DI BARI

COMUNI DI CASAMASSIMA - RUTIGLIANO - TURI

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE



RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT

CODICE ELABORATO

**10.2**

NOME FILE

1478-PD\_A\_10.2\_REL\_r00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	12/2021	PRIMA EMISSIONE	FDM	MO	NF

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 1 di 16
---	--	--	--

## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO .....	2
3	CONDIZIONI AMBIETALI DI PROGETTO .....	2
4	SISTEMA ELETTRICO .....	3
4.1	Descrizione generale .....	3
4.2	Dati di impianto .....	3
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI.....	6
5.1	Caratteristiche elettriche .....	6
5.2	Tensione di isolamento del cavo.....	6
5.3	Temperature massime di esercizio e di cortocircuito.....	6
5.4	Caratteristiche funzionali e costruttive .....	6
5.4.1	Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno) .....	6
5.4.2	Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno) .....	7
5.4.3	Collegamenti MT interni alla stazione elettrica.....	7
5.5	Accessori.....	8
6	VERIFICHE RETI MT .....	9
6.1	Modalità e criterio di calcolo elettrico .....	9
6.2	Interpretazione dei risultati .....	9
6.3	Calcolo di load flow .....	10
6.4	Verifica della portata .....	11
6.5	Verifica della caduta di tensione .....	12
7	RISULTATI DI CALCOLO.....	13
7.1	Verifica delle perdite.....	14

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 2 di 16
---	--	--	--

## 1 INTRODUZIONE

Il progetto in oggetto della presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da sette aerogeneratori della potenza di 6,0 MW ciascuno, per una potenza complessiva di 42 MW, comprensivo di un sistema di accumulo con batterie agli ioni di litio di potenza pari a 15,20 MW, per una potenza complessiva di 57,20 MW, da installare nei comuni di Rutigliano, Turi e Casamassima, in Provincia di Bari in località “Parco San Nicola” e “Villa Abbado”, con opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nel comune di Casamassima in località “Patalino”.

Proponente dell’iniziativa è la società Repower Renewable SpA.

La presente relazione descrive, nel dettaglio, il calcolo e dimensionamento della rete in media tensione.

## 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 (10/2011).

## 3 CONDIZIONI AMBIETALI 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.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 3 di 16
---	--	--	--

## 4 SISTEMA ELETTRICO

### 4.1 Descrizione generale

Il progetto prevede l'installazione di 7 aerogeneratori, ognuno di potenza nominale pari a 6,00 MW per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 15,2 MW, per una potenza complessiva in immissione di 57,2 MW.

L'aerogeneratore previsto in progetto è il modello V150-6.0 MW della Vestas con altezza al mozzo pari a 125 metri e diametro del rotore pari a 150 metri per un'altezza totale pari a 200 metri.

Il sito di installazione degli aerogeneratori è ubicato tra i centri abitati di Casamassima, Rutigliano e Turi, dai quali gli aerogeneratori più prossimi distano rispettivamente 2,6 km, 4,2 km e 9 km.

Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto "cavidotto interno") che sarà posato sempre al di sotto di viabilità esistente.

Dall'aerogeneratore denominato A06 parte il tracciato del cavidotto in media tensione (detto "cavidotto esterno") che percorre anch'esso viabilità esistente fino a raggiungere la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza). Il tracciato del cavidotto esterno è lungo poco meno di 10 km.

La SE di utenza, infine, è collegata in antenna a 150 kV alla sezione 150 kV della prevista stazione elettrica di trasformazione della RTN 380/150 kV di proprietà di Terna SpA (in breve SE Terna), da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST" tramite raccordi aerei di lunghezza inferiore a 500 m.

La futura SE Terna in progetto sarà a servizio anche di altri impianti di produzione di energia elettrica, sia da fonte eolica che da fonte fotovoltaica, e costituirà un vero e proprio hub per la connessione degli impianti di produzione da fonte rinnovabile nell'area vasta di riferimento.

All'interno della stazione utente è prevista l'installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System, basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia. Il sistema di accumulo è dimensionato per 15,2 MW con soluzione containerizzata, composto sostanzialmente da:

- 8 Container metallici Batterie HC ISO con relativi sistemi di comando e controllo;
- 4 Container metallici PCS HC ISO per le unità inverter completi di quadri servizi ausiliari e relativi pannelli di controllo e trasformazione BT/MT.

### 4.2 Dati di impianto

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

#### RETE MT- AT

- Sistema trifase

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 4 di 16
---	--	--	--

- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale (lato MT) 30 kV
- Tensione nominale (lato AT) 150 kV
- Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN)<sup>1</sup> 31.5 kA
- Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN)<sup>1</sup> 20 kA

#### **AEROGENERATORI**

- Tensione nominale 0.72 kV
- Potenza nominale 6000 kW
- Corrente rotore bloccato 1.45 In

#### **TRASFORMATORI MT/BT WTG**

- Potenza nominale 7000 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.72 kV
- Tensione di c.to c.to 9,9 %
- Perdite nel ferro 3,7 kW
- Collegamento Dyn 11
- Regolazione  $\pm 2 \times 2.5$  %

#### **TRASFORMATORI MT/BT BESS (VALORI TIPICI DA DEFINIRE IN FASE PE)**

- Potenza nominale 4200 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.55 kV
- Tensione di c.to c.to 8 %
- Perdite nel ferro 15 kW

#### **TRASFORMATORE MT/AT**

- Potenza nominale 63 MVA
- Rapporto nominale  $150 \pm 12 \times 1.25\%$  / 31 kV
- Tensione di c.to c.to 14 %
- Perdite nel ferro 31 kW
- Collegamento YNd11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

#### **COLLEGAMENTI MT**

<sup>1</sup> Valore raccomandato dall'Allegato A.8 al Codice di Rete per stazioni vicine a punti di interconnessione 150 kV.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 5 di 16
---	--	--	--

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 <sup>2</sup> ]	MATERIALE CONDUTTORE	LUNGHEZZA [m]
GRUPPO 1	A04 – A03	<b>95</b>	Al	1310
	A03 – A02	<b>300</b>	Al	804
	A02 – SSE	<b>630</b>	Al	16107
GRUPPO 2	A01 – A05	<b>95</b>	Al	2194
	A05-SSE	<b>300</b>	Al	14800
GRUPPO 3	A07 – A06	<b>95</b>	Al	2376
	A06-SSE	<b>300</b>	Al	12763
ACCUMULO	BESS1-SSE	<b>95</b>	Al	30
	BESS2-SSE	<b>95</b>	Al	50
	BESS3-SSE	<b>95</b>	Al	70
	BESS4-SSE	<b>95</b>	Al	90

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

	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b></p>	<p>Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina</p>	<p>1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 6 di 16</p>
---	--	---	---

## 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.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto (Consultare l'elaborato 1478-PD\_A\_3.3\_TAV\_r00).

### 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 la stazione elettrica di trasformazione, sono adatti a posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.

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.

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

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 7 di 16
---	--	--	--

#### 5.4.2 Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica di trasformazione seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari 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, 300, 630 direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa del tubo in PEHD del diametro esterno di 63 mm per inserimento di una 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 le cabine di campo sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm<sup>2</sup> per la messa a terra dell'impianto.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto 1478-PD\_A\_3.3\_TAV\_r00).

#### 5.4.3 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 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. La medesima modalità di posa verrà eseguita per i cavi di collegamento in media tensione tra i 4 Container PCS HC ISO ed il quadro MT.

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 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.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 8 di 16
---	--	--	--

## 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.

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: 2011-10. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Media Tensione".

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 9 di 16
---	--	--	--

## 6 VERIFICHE RETI MT

### 6.1 Modalità e criterio 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 corti circuito ai nodi è effettuato con il software Neplan®, mediante un calcolo di load flow (con metodo Newton Raphson), 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 migliora 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.

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 il collegamento tra il gruppo di aerogeneratori e la stazione elettrica (limite = 4%);

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.

Nelle colonne viene indicato con la sigla **N**\_\_\_ l'elemento nodo in bassa tensione, con la sigla **M**\_\_\_ l'elemento nodo in media tensione, con la sigla **A**\_\_\_ 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

IMPIANTO EOLICO VEGLIE - LOAD FLOW						
Element	Type	P	Ib	Loading	P Loss	P Fe
name		kW	A	%	kW	kW
A04	Macchina asincrona	-6000	4657,9			
A03	Macchina asincrona	-6000	4673,5			
A02	Macchina asincrona	-6000	4679,5			
A01	Macchina asincrona	-6000	4638,2			
A05	Macchina asincrona	-6000	4664			
A07	Macchina asincrona	-6000	4651,7			
A06	Macchina asincrona	-6000	4679,9			
BESS1	Alimentazione rete	-3800	3949,3			
BESS2	Alimentazione rete	-3800	3949,1			
BESS3	Alimentazione rete	-3800	3949			
BESS4	Alimentazione rete	-3800	3948,9			
TR04	Trasformatore 2 avv.	6000	4657,9	85,71	30,885	8,744
TR03	Trasformatore 2 avv.	6000	4673,5	85,71	30,975	8,686
TR02	Trasformatore 2 avv.	6000	4679,5	85,71	31,01	8,664
TR01	Trasformatore 2 avv.	6000	4638,2	85,71	30,771	8,818
TR05	Trasformatore 2 avv.	6000	4664	85,71	30,92	8,721
TR07	Trasformatore 2 avv.	6000	4651,7	85,71	30,849	8,767
TR06	Trasformatore 2 avv.	6000	4679,9	85,71	31,013	8,662
TRB1	Trasformatore 2 avv.	3800	3949,3	90,48	40,078	15,241
TRB2	Trasformatore 2 avv.	3800	3949,1	90,48	40,078	15,242
TRB3	Trasformatore 2 avv.	3800	3949	90,48	40,077	15,243
TRB4	Trasformatore 2 avv.	3800	3948,9	90,48	40,077	15,244
L04-03	Linea	5969,11	111,6	69,18	20,354	
L03-02	Linea	11917,79	223,5	73,59	16,384	
L01-05	Linea	5969,23	111,2	68,89	33,781	
L07-06	Linea	5969,15	111,5	69,09	36,794	
L02-SSE	Linea	17870,39	335,6	80,56	400,225	
L05-SSE	Linea	11904,53	222,8	78,98	298,305	
L06-SSE	Linea	11901,34	223,5	79,22	258,952	
LBESS1-SSE	Linea	3759,92	72,1	60,32	0,194	

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice	1478PD_A_10.2_REL_r00
		Revisione	00
		Data di creazione	26/11/2021
		Data revisione	14/12/2021
		Pagina	11 di 16

LBESS2-SSE	Linea	3759,92	72,1	60,31	0,324	
LBESS3-SSE	Linea	3759,92	72,1	60,31	0,454	
LBESS4-SSE	Linea	3759,92	72,1	60,31	0,583	
TR AT/MT	Trasformatore 2 avv.	55756,91	1067	88,53	231,523	31,978
RTN	Alimentazione rete	55525,38	216			

## 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 per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;

$k_2$  = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);

$k_3$  = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento

$k_4$  = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento;

Il valore di  $I_0$  ricavato dalle tabelle del fornitore ed è riferito alle seguenti condizioni:

- temperatura del terreno 20°C;
- profondità di posa 0,8 m;
- resistività termica del terreno ad 1,0 K\*m/W o 2,0 K\*m/W.

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

La distanza tra cavi è stata considerata pari a 7 cm qualora nello scavo siano presenti due cavi o 25 cm per 3 cavi, per più circuiti affiancati 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
7 cm	0.84	\
25 cm	\	0.78

	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b></p>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 12 di 16
---	--	--	---

Per i collegamenti tra i 4 Container PCS HC ISO ed il quadro MT con terne in tubi di polietilene ad alta densità, le tabelle del costruttore prevedono invece i seguenti coefficienti.

**Tabella 4 - Coefficienti di derating della portata per più circuiti affiancati in tubi a contatto**

Numero di cavi o terne (in orizzontale)		
2	3	4
0.82	0.69	0.61

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc...), è stata considerata una resistività termica pari a  $2 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$  per tutti i collegamenti. 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...).

È stata infine considerata una profondità di posa media pari a 1,2 m.

Per i dettagli sul percorso e le modalità di posa dei collegamenti interni ed esterni dell'impianto eolico, si rimanda all'elaborato di progetto 1478-PD\_A\_3.3\_TAV\_r00).

## **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 stazione elettrica di trasformazione. I valori delle tensioni ai nodi sono deducibili dal diagramma di *Allegato 2*.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 13 di 16
---	--	--	---

## 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 5 – Portata effettiva, caduta di tensione di ciascuna tratta.

node 1	node 2	Element name	mat	n	sec [mm <sup>2</sup> ]	Iz [A]	ΔUn [%]
M04	M03	L04-03	Al	1	95	161,3	0,3
M03	M02	L03-02	Al	1	300	303,8	0,1
M01	M05	L01-05	Al	1	95	161,3	0,6
M07	M06	L07-06	Al	1	95	161,3	0,6
M02	NMT	L02-SSE	Al	1	630	416,6	2,2
M05	NMT	L05-SSE	Al	1	300	282,1	2,5
M06	NMT	L06-SSE	Al	1	300	282,1	2,2
MB1	NMT	LBESS1-SSE	Al	1	95	119,6	0
MB2	NMT	LBESS2-SSE	Al	1	95	119,6	0
MB3	NMT	LBESS3-SSE	Al	1	95	119,6	0
MB4	NMT	LBESS4-SSE	Al	1	95	119,6	0

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 di trasformazione è inferiore al 4% previsto nei criteri di verifica descritti nel paragrafo 6.1.**

## 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 e del trasformatore elevatore, nelle condizioni di progetto previste.

La tabella 6 riporta le perdite complessive per impianto eolico:

Tabella 6 - Perdite complessive

IMPIANTO EOLICO CASAMASSIMA - SOMMARIO					
	N.	P TOT	kW		
WTG	7		57200		
ACCUMULO	4				

Un	Perdite Linee		Perdite trasformatori	
kV	kW	%	kW	%
30	1066,35	1,86%	498,765	0,87%
150	0		266,158	0,47%

Perdite totali impianto				
kW	1828,616	%	3,20%	

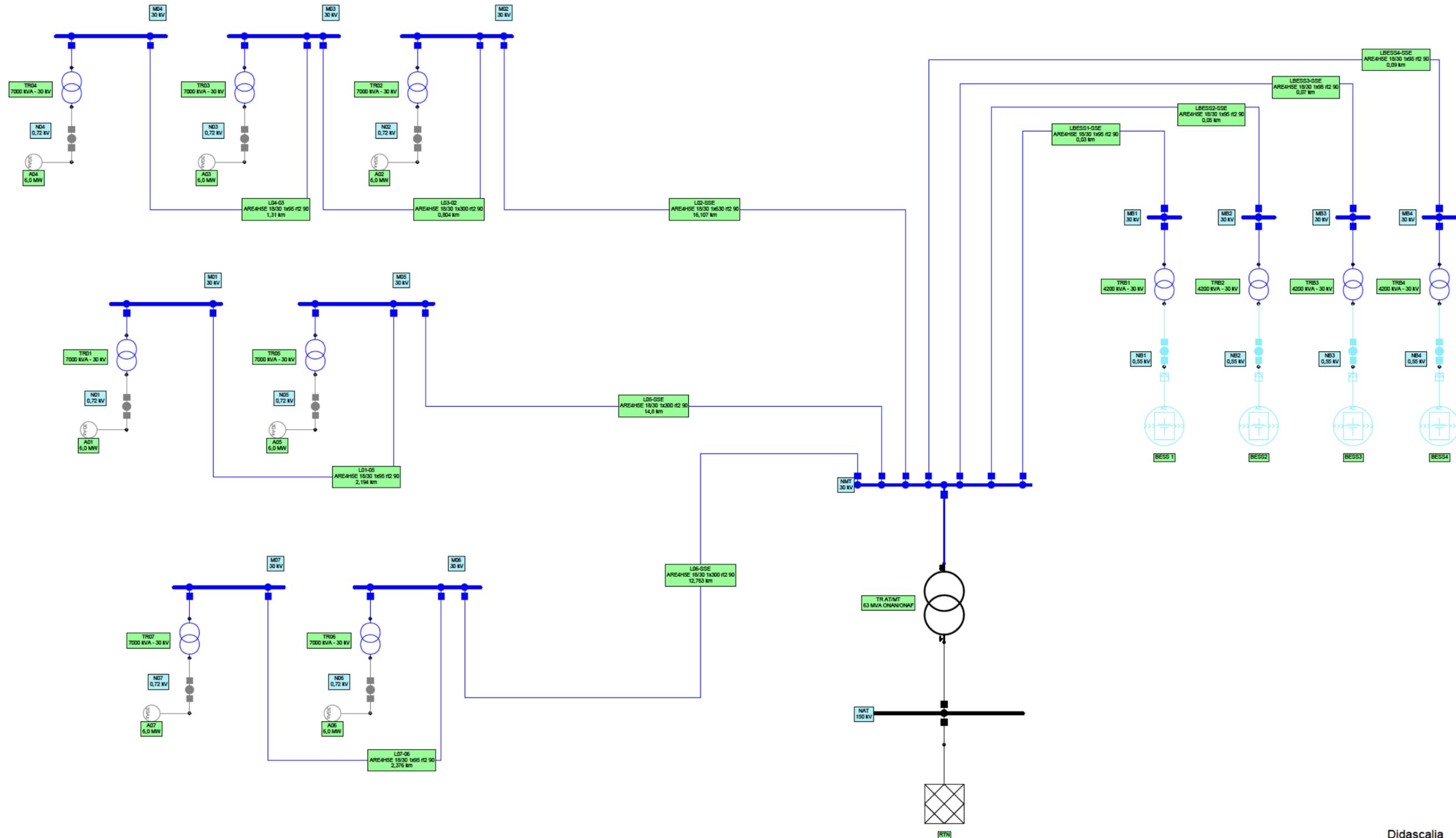
Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 1,86%, inferiore al 4% previsto.

Complessivamente considerando le perdite dei trasformatori di ciascun aerogeneratore e del trasformatore di stazione il valore di perdite complessive raggiunge il 3,20%.

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

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 21 di 23
---	--	--	---

**ALLEGATO 1  
RETE ELETTRICA**



**Didascalia**

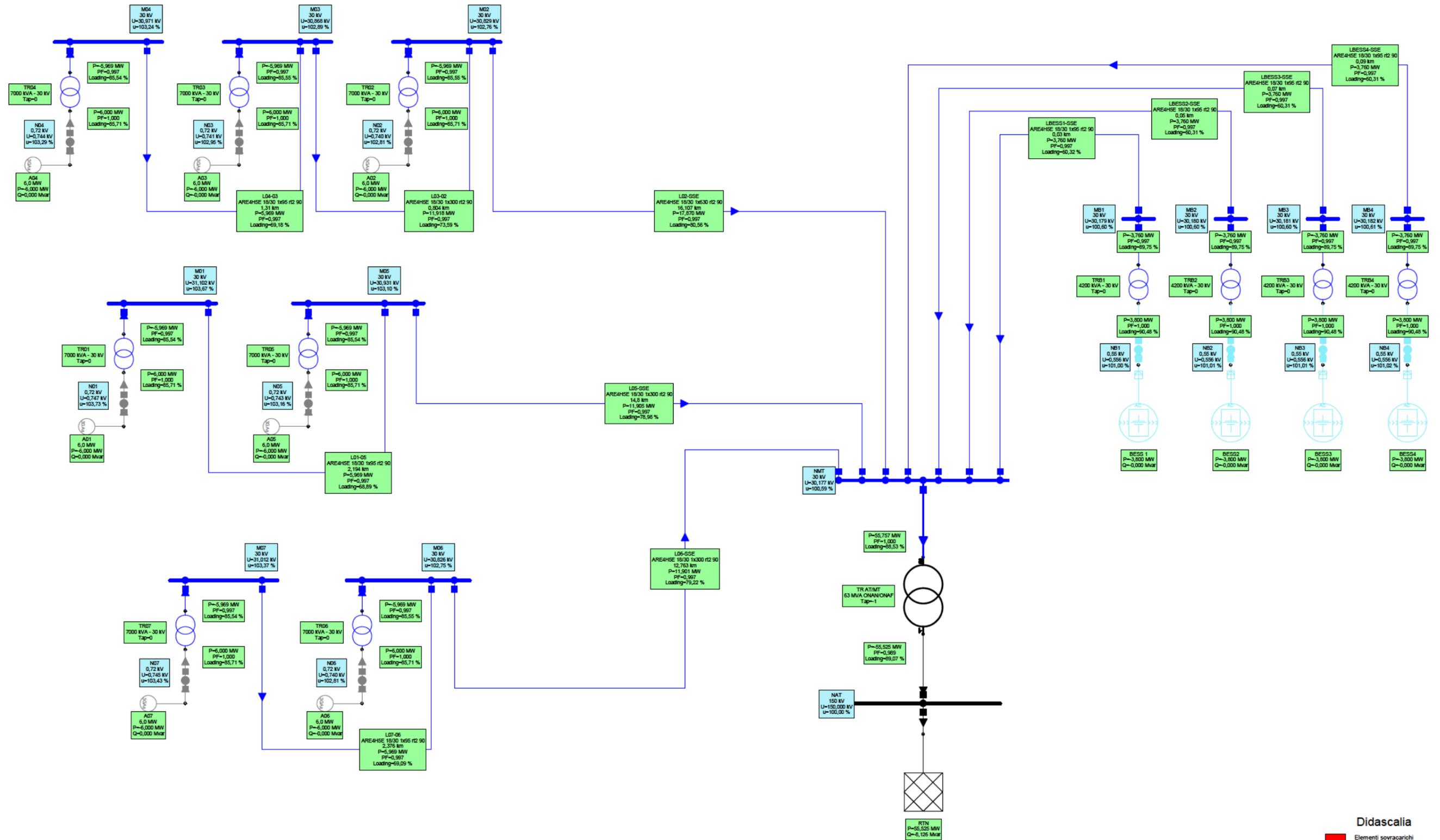
- Carichi in linea
- 0,550 kV
- 0,720 kV
- 30,000 kV
- 150,000 kV

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		
$K1=0,69$		

Project: GE.CSM01	created	AC	MO
Layout elettrico	changed		
	changed		
Variant: rev 00	changed		
7 Aerogeneratori 6,0 MW Accumulo batterie Ioni di litio 15,2 MW U=30 kV	changed		
BCP Busarello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-6703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	22-ott-2021	
	<b>NEPLAN</b>		

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	1478PD_A_10.2_REL_r00 00 26/11/2021 14/12/2021 22 di 23
---	--	--	---

**ALLEGATO 2  
CALCOLO LOAD FLOW**



*distanza 2 terne*  
 7 cm  
 $K1=0,84$

*distanza 2 terne*  
 25 cm  
 $K1=0,86$

*distanza 6 terne*  
 25 cm  
 $K1=0,69$

*distanza 3 terne*  
 7 cm  
 $K1=0,74$

*distanza 3 terne*  
 25 cm  
 $K1=0,78$

*distanza 4 terne*  
 7 cm  
 $K1=0,67$

*distanza 4 terne*  
 25 cm  
 $K1=0,74$

- Didascalia**
- Elementi sovraccarichi
  - Carichi in linea
  - 0,550 kV
  - 0,720 kV
  - 30,000 kV
  - 150,000 kV

Project:	GE.CSM01	created	AC	MO
Layout elettrico		changed		
Variant:	rev 00	changed		
7 Aerogeneratori 6,0 MW Accumulo batterie ioni di litio 15,2 MW U=30 kV		changed		
BCP Busarello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-6703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	22-ott-2021		
		<b>NEPLAN</b>		