



Green Power

Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.14180.16.001.01

PAGE

1 di/of 9

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI MONTEMAGGIORE BELSITO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI



File: GRE.EEC.R.73.IT.W.14180.16.001.01 - Relazione di calcolo preliminare degli impianti

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	14/12/2020	<i>Integrati commenti</i>	D. Stangalino	N. Novati	D. Stangalino
00	06/11/2020	<i>Prima emissione</i>	D. Stangalino	N. Novati	D. Stangalino

GRE VALIDATION

<i>Accardi (GRE)</i>	<i>Berasi P. (GRE)</i>	<i>Pansini (GRE)</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Montemaggiore Belsito	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	7	3	I	T	W	1	4	1	8	0	1	6	0	0	1	0
CLASSIFICATION	PUBLIC				UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN													

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

INDEX

1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. IMPIANTO EOLICO	3
4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE.....	4
4.1. LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO.....	4
4.2. LINEE IN CAVO MT DI COLLEGATO AI TRASFORMATORI ELEVATORI.....	5
5. DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE.....	6
6. DIMENSIONAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE DI RACCOLTA	6
7. VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE	6
8. VALUTAZIONE DELLE PERDITE.....	7
8.1. PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO	7
8.2. PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE.....	7
9. LOAD FLOW.....	8
10. CORTO CIRCUITO DI FASE	8
11. GUASTI A TERRA	9
12. ALLEGATI	9

1. INTRODUZIONE

Lo scopo della presente relazione tecnica è quello di descrivere i criteri di dimensionamento ed esporre i risultati sullo studio di rete per le opere di connessione del nuovo impianto eolico di Montemaggiore Belsito alla rete in alta tensione di RTN presso la cabina primaria CP di Alia di proprietà E-distribuzione.

Si tratta della integrale ricostruzione di un impianto eolico esistente nella stessa località con dismissione delle torri di generazione eolica esistenti e l'installazione di n.6 nuove torri di generazione per una potenza complessiva di 36 MW.

Per la connessione in alta tensione sarà costruita una nuova sottostazione che sarà condivisa sul lato media tensione con l'impianto di Sclafani Bagni (di pari potenza) e con i sistemi di accumulo BESS di Montemaggiore e Sclafani, aventi ciascuno una potenza di 20 MW.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- Guida CEI 0-2 II Ed. 2002, "Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli Impianti Elettrici".
- Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- Parte 1: Prescrizioni comuni".
- Norma CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a".
- Norma CEI 11-17, "Linee in cavo".
- Norma IEC 62271-200, "A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV".
- Norma CEI 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori".
- Norma CEI EN 60076, "Trasformatori di potenza".
- Norma 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".
- Codice di rete Terna

3. IMPIANTO EOLICO

Il progetto di potenziamento dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 6 torri di generazione eolica di nuova costruzione ciascuna equipaggiata con generatore asincrono DIFG in bassa tensione 690 V da 6 MW, convertitore di frequenza per la regolazione della corrente di rotore, interruttore principale, servizi ausiliari, trasformatore elevatore a 33 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna. Tutte le suddette apparecchiature sono installate sulla navicella in quota sulla torre di generazione.

Trasformatore elevatore singolo generatore eolico

Tensione primaria	33 kV $\pm 2 \times 2,5\%$ a vuoto
Potenza nominale	6 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	0,690 kV
Tensione di corto circuito	8%
Sistema di raffreddamento	AN/AF (resina)
Perdite cc	34,2 kW (valore ipotizzato)

Generatore eolico

Tipologia	asincrono DIFG
Potenza	6 MW
Tensione	690 V

Fattore di potenza 0,9
Contributo alla c.c. 4 In

La massima potenzialità del parco eolico sarà di 36 MW.

Il parco eolico sarà suddiviso in n. 2 sottocampi composti da 3 aerogeneratori collegati in entra-esce con linee in cavo e connessi al quadro di media tensione installato all'interno del fabbricato della sottostazione di trasformazione.

Pertanto, saranno previste n. 2 elettrodotti che convoglieranno l'energia prodotta alla sottostazione di trasformazione:

- Elettrodotto 1: aerogeneratori MB01-MB02-MB03
- Elettrodotto 2: aerogeneratori MB04-MB05-MB06

4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE

4.1. LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Saranno impiegati cavi unipolari con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene di tipo XLPE, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di alluminio e rivestimento esterno in poliolefine tipo DMZ1, aventi sigla ARE4H5E tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Sezione	1x300 mm ²	1x400 mm ²
Resistenza a 90°C:	0,129 Ω/km	0,100 Ω/km
Reattanza:	0,103 Ω/km	0,100 Ω/km
Capacità:	0,311 μF/km	0,341 μF/Km
Portata nominale Iz	480 A	549 A
Costante cavo	K = 92	K=92
Energia specifica passante	761,76x10 ⁶ A ² s	1354,24x10 ⁶ A ² s

Le condizioni di posa utilizzate sono le seguenti:

Modalità di posa interrato a trifoglio
distanza da terne vicine 25 cm

Temperatura del terreno 20 °C
Profondità di posa pari 1,2 m,
Resistività del terreno 1 m °K/W,

In relazione alle suddette condizioni di posa, sono stati assunti i seguenti coefficienti di derating della portata:

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno K1=1
Coefficiente di correzione per la profondità di posa K2=0,96
Coefficiente di correzione per resistività del terreno K3=1
Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti K4= 0,75

Pertanto la portata effettiva dei cavi risulta essere:

cavo 1x300mm2 $I_{zeff} = I_z * K1 * K2 * K3 * K4 = 360$ A
cavo 1x400mm2 $I_{zeff} = I_z * K1 * K2 * K3 * K4 = 411,7$ A

Corrente di impiego massima Ib 117A tratto iniziale alimentato da 1 generatore
233A tratto intermedio alimentato da 2 generatori
350A tratto finale alimentato da 3 generatori
(valutazioni con $\cos\phi \geq 0,9$ a piena potenza: 6 MW)

Verifica della portata $I_b < I_{zeff}$

Sul tratto iniziale e sui tratti intermedi saranno utilizzati cavi da 300 mm², mentre sul tratto

finale sarà sempre utilizzato il cavo da 400 mm² (al fine di contenere la caduta di tensione complessiva).

La corrente di impiego è sempre inferiore alla portata dei cavi utilizzati.

Tempo di intervento protezioni 0,35 s soglia di corto circuito ritardato (51)

Massima c.c. sopportabile $I = KS/\sqrt{t} = 46,65 \text{ kA}$ cavo 1x300 m²

Massima c.c. sopportabile $I = KS/\sqrt{t} = 62,2 \text{ kA}$ cavo 1x400 m²

4.2. LINEE IN CAVO MT DI COLLEGATO AI TRASFORMATORI ELEVATORI

Saranno impiegati cavi con conduttore in rame, isolamento HEPR di qualità G7, schermo in di rame e rivestimento esterno in PVC qualità Rz, aventi sigla RG7H1R tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Tipo di cavo:	unipolare – 18/30 kV
Isolamento:	HEPR di qualità G7
Sezione:	1x240 mm ² / 3 conduttori in parallelo per fase
Resistenza:	0,0985 Ω/km
Reattanza:	0,11 Ω/km
Capacità:	0,24 Ω/km

Portata nominale Iz	525 A
Costante cavo	K = 143
Energia specifica passante	1177,86x10 ⁶ A2s

Condizioni di posa	in cunicolo in passerella
Temperatura del terreno	20 °C
Profondità di posa pari	1,2 m,
Resistività del terreno	1 m °K/W,

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno	K1=1
Coefficiente di correzione per la profondità di posa	K2=0,96
Coefficiente di correzione per resistività del terreno	K3=1
Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti	K4= 0,85

Portata effettiva del cavo I _{zeff}	$I_z * K1 * K2 * K3 * K4 = 428,40 \text{ A}$
Corrente di impiego Ib	1250 A (corrente nominale quadro mt)
Verifica della portata	$I_b < I_{zeff} \rightarrow 1250 \text{ A} < 3 * 428,40 = 1285,20 \text{ A}$
Tempo di intervento protezioni	0,5 s soglia di corto circuito ritardato (51)
Massima c.c. sopportabile	$I = KS/\sqrt{t} = 48,54 \text{ kA}$

5. DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE

Il trasformatore elevatore della sottostazione elettrica sarà dimensionato per poter evacuare la seguente potenza:

- | | |
|---|-------|
| - Impianto eolico Montemaggiore Belsito | 36 MW |
| - Sistema di accumulo BESS Montemaggiore B. | 20 MW |
| - Impianto eolico Sclafani Bagni | 36 MW |
| - Sistema di accumulo BESS Sclafani B | 20 MW |

Il trasformatore sarà dimensionato per una potenza complessiva di 112 MW. Considerando un margine di riserva del 10%, sarà previsto un trasformatore di potenza 112/125 MVA con sistema di ventilazione ONAN/ONAF.

Il trasformatore sarà dotato di variatore sottocarico sul lato primario per la regolazione di tensione con $\pm 10 \times 1,25\%$ posizioni.

Pertanto, le caratteristiche principali del trasformatore elevatore sono:

Tensione primaria	150 kV
Variatore primario	$\pm 10 \times 1,25\%$
Potenza nominale	112/125 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	33 kV
Tensione di corto circuito	13%
Sistema di raffreddamento	ONAN-ONAF
Perdite cc	373,5 kW a potenza nominale (valore ipotizzato)

Sul lato secondario del trasformatore saranno collegati i quadri di media tensione degli impianti di Montemaggiore Belsito e Sclafani Bagni.

6. DIMENSIONAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE DI RACCOLTA

Il quadro di media tensione della sottostazione sarà dimensionato per consentire la connessione delle seguenti linee:

- Sottocampi dall'impianto eolico (2 linee)
- Linea di connessione al sistema di accumulo BESS
- Linea di connessione a futuro shunt reactor da 5 MVA
- Linea di connessione a futuro bank capacitor da 5 MVar
- Linea di alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari
- Linea di collegamento al trasformatore elevatore

In aggiunta sarà previsto lo scomparto TV di misura.

Tenendo conto di:

- massima potenza da evacuare,
- contributo alla presunta corrente di corto circuito da parte della rete in AT, attraverso il trasformatore, e dei generatori eolici,

il quadro sarà dimensionato per i seguenti valori di riferimento:

- | | |
|-------------------------------|--------|
| - Tensione di isolamento | 36 kV |
| - Corrente nominale | 1250 A |
| - Corrente simmetrica di c.c. | 25 kA |
| - Corrente di picco | 63 kA |

7. VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE

Per la valutazione della caduta di tensione sui singoli elettrodotti sono stati considerati i parametri riportati nella seguente tabella:

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante	Cdt%
MB-01	MB-02	761	1x300	117	0,075
MB-02	MB-03	755	1x300	233	0,149
Mb-03	SST	7815	1x400	350	1,915
					2,139

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante	Cdt%
MB-04	MB-05	895	1x300	117	0,088
MB-05	MB-06	983	1x300	233	0,194
Mb-06	SST	8013	1x400	350	1,964
					2,245

Occorre evidenziare che le suddette cadute di tensione sono state calcolate considerando come potenza erogabile, la massima potenza dei generatori (6 MW), trascurando l'assorbimento degli ausiliari e le perdite sul trasformatore elevatore di ciascuna torre. Le reali cadute di tensione saranno inferiori ai valori indicati.

8. VALUTAZIONE DELLE PERDITE

8.1. PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Per la valutazione delle perdite di trasporto (perdite per effetto Joule) sui singoli elettrodotti sono stati considerati i seguenti parametri:

Lunghezze:

vedere capitolo 7

Resistenza dei cavi:

vedere paragrafo 4.1

Corrente di impiego delle condutture:

corrispondente alla massima potenza erogabile (6 MW) con fattore di potenza 0,9, quindi trascurando la potenza assorbita dagli ausiliari di ogni singolo generatore e le perdite sul trasformatore elevatore di ogni singola torre eolica.

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
MB-01	MB-02	761	1x300	4,007	
MB-02	MB-03	755	1x300	15,901	
Mb-03	SST	7815	1x400	287,069	
				306,976	1,705

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
MB-04	MB-05	895	1x300	4,712	
MB-05	MB-06	983	1x300	20,702	
Mb-06	SST	8013	1x400	294,342	
				319,757	1,776

8.2. PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE

Il contributo dei generatori asincroni alla corrente di corto circuito lato 150 kV risulta essere pari a 448 A.

11. GUASTI A TERRA

La sezione di alta tensione sottostazione è esercita con il neutro connesso direttamente a terra come da prescrizioni del codice di rete di Terna.

La sezione di media tensione dell'impianto eolico è esercita con il neutro isolato. Il contributo alla corrente di guasto monofase è determinato dalle capacità verso terra dei cavi di media tensione.

Utilizzando la formula approssimata delle norme CEI, la corrente di guasto monofase a terra è calcolabile con la seguente formula $I_g = 0,2 * L * V$ [A]

dove

L = lunghezza delle linee della rete elettrica in km

V = tensione di esercizio in kV

Pertanto, la corrente di guasto a terra risulta essere pari a 6,6 A/km.

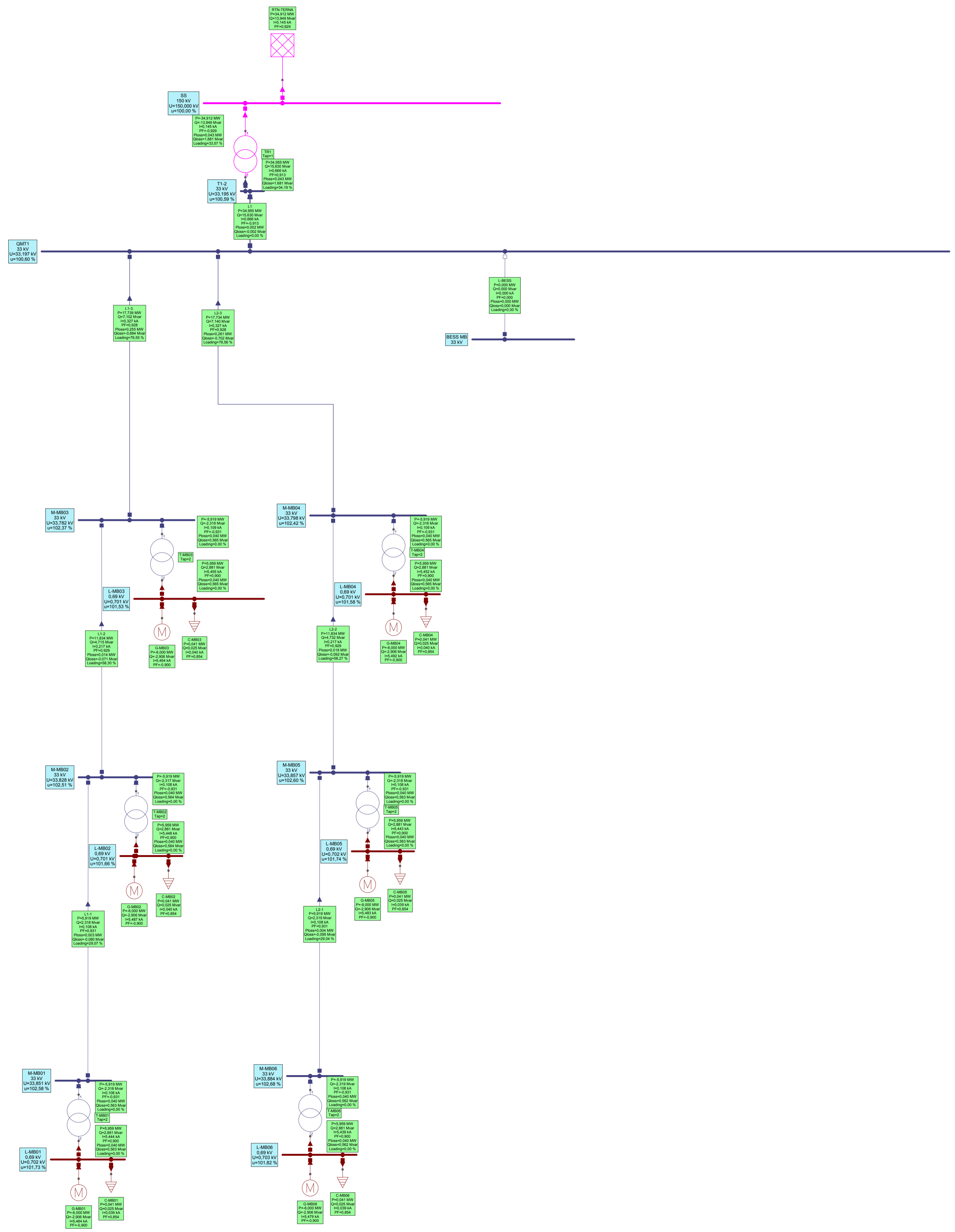
Complessivamente sull'impianto si ha uno sviluppo di cavi di media tensione pari a 19,247 km e pertanto la corrente di guasto a terra massima potrebbe essere pari a 127 A.

Tale corrente sarà opportunamente rilevata con protezioni direzionali di guasto a terra (67N).

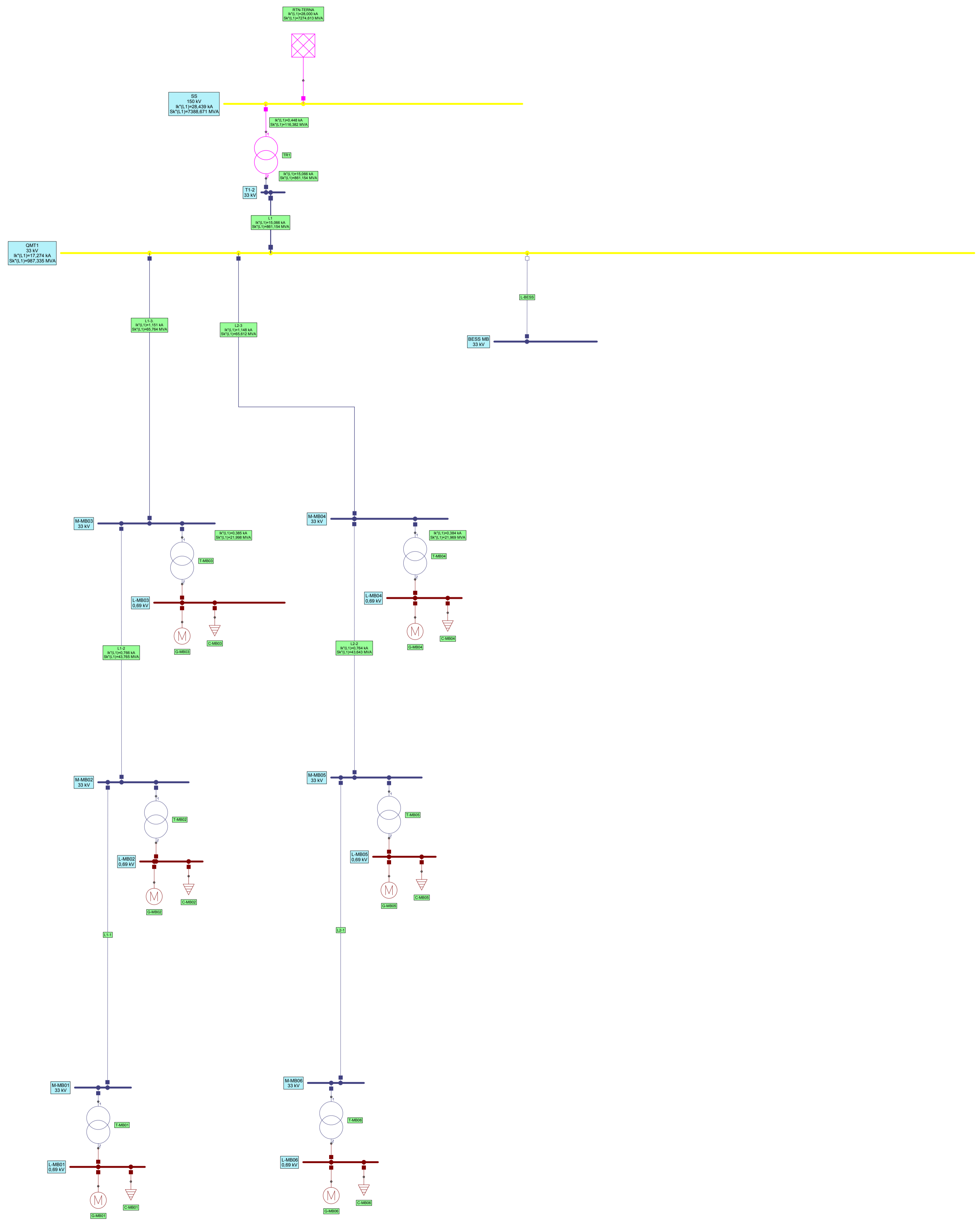
12. ALLEGATI

ALLEGATO 1 – CALCOLI DI LOAD FLOW

ALLEGATO 2 – CALCOLI DI CORTO CIRCUITO



Project	Information	Author	20	04/24
Revision	1	Checked		
Approved		Reviewed		
NEPLAN				



Project	Water Supply	Sheet	33	33/33
Client	Water Supply Authority	Scale		
Design	Electrical	Revision		
Drawn		Checked		
Approved		Reviewed		
NEPLAN Logo		NEPLAN Logo		