

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

DIREZIONE TECNICA

S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA

Lotto 4a

SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE E CABINE TE

Studio di dimensionamento del Sistema Elettrico

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3U 40 D 18 SD SE0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	S. Acunzo <i>[Signature]</i>	06/2021	N. Carones <i>[Signature]</i>	06/2021	A. Balreca <i>[Signature]</i>	06/2021	G. Guido Buffarini 06/2021

ITALFERRA S.p.A.
U.O. Centrale
Ing. Guido Buffarini
Ordine Ingegneri Provincia di Palermo
n° 17812

File: RS3U40D18SDSE000001A - STUDIO

n. Elab.:

INDICE

1	GENERALITA'	3
2	RIFERIMENTI	6
2.1	Riferimenti progettuali	7
3	DATI DI BASE	8
3.1	Caratteristiche del tracciato.....	8
3.2	Ipotesi di traffico	8
3.2.1	Seconda macrofase funzionale.....	8
3.3	Caratteristiche del materiale rotabile	9
4	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ELETTRICO	10
4.1	Architettura relative allo scenario " <i>Simulazione 1</i> "	11
5	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI MARCIA	12
5.1	Simulazioni di Marcia relative allo scenario " <i>Simulazione 1</i> "	12
6	VERIFICA DEL SISTEMA ELETTRICO DI ALIMENTAZIONE	15
6.1	Sistema di alimentazione a 3 kV cc	15
6.2	Risultati delle simulazioni di sistema	16
6.2.1	Simulazioni di Sistema relative allo scenario " <i>Simulazione 1</i> "	16
7	CONCLUSIONI	19

1 GENERALITA'

Il nuovo collegamento in oggetto, che s’inserisce lungo la direttrice ferroviaria Palermo/Lercara/Catania/Messina, fa parte del corridoio Scandinavo-Mediterraneo TEN-T “core” n°5 “Helsinki-La Valletta” della rete Trans Europea di Trasporto (TEN).

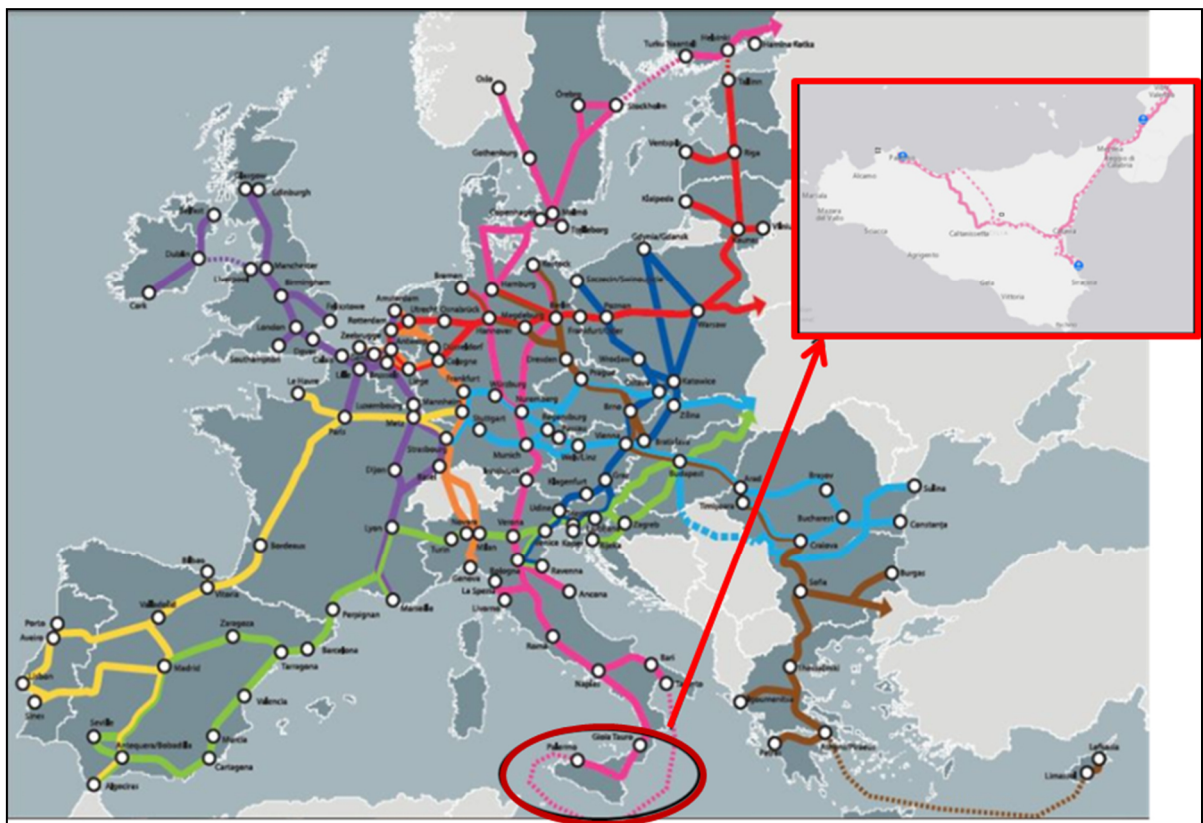


Figura 1 – Corridoi europei TEN-T

Pertanto, in relazione a quanto stabilito nella “Decisione 2010/661/CE sugli orientamenti dell’Unione per lo sviluppo della rete trans europea dei trasporti” e sulla base delle proposte italiane di aggiornamento della Rete TEN-T a seguito dell’emissione della Specifica Tecnica di Interoperabilità “Infrastruttura” della rete convenzionale (rif. 2011/275/UE), si configura come “Ristrutturazione” di una linea convenzionale Fondamentale a traffico misto (categoria V-M).

La figura seguente mostra, per l’intera tratta, l’architettura finale degli impianti di alimentazione destinati alla Trazione Elettrica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
	STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A

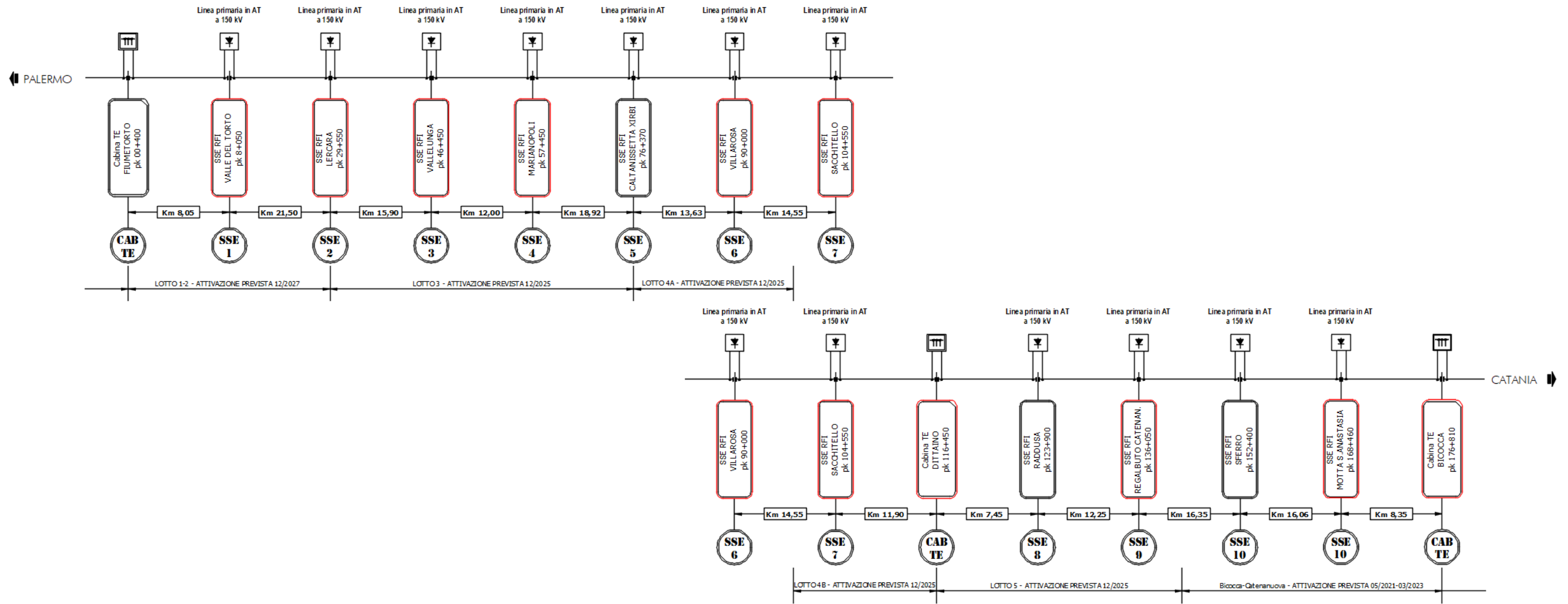


Figura 2 – Linea: Palermo – Catania

Tratta: Fiumetorto – Bicocca

Architettura del sistema elettrico di alimentazione

La presente relazione illustra, per l'architettura corrispondente alla Macrofase 2, i risultati dell'analisi di dimensionamento delle installazioni fisse destinate alla trazione elettrica a 3 kV cc. In particolare, l'idoneità del sistema elettrico è stata analizzata con riferimento ai valori di tensione (media utile e minima) al pantografo e alla compatibilità del carico elettrico sulle apparecchiature degli impianti fissi di trazione.

Lo studio di dimensionamento è stato realizzato tramite programmi dedicati che eseguono le simulazioni di marcia dei treni fornendo le seguenti prestazioni del sistema:

- Qualità della tensione al pantografo;
- Carico elettrico riferito alla linea;
- Carico elettrico delle apparecchiature di sottostazione.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A	FOGLIO 6 di 19

2 RIFERIMENTI

Nel seguito è riportato l'elenco delle norme d'interesse per l'analisi del dimensionamento del sistema elettrico alle quali si rimanda per le informazioni di dettaglio non esplicitamente riportate nella presente relazione:

- EN 50119** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Impianti fissi
Linee aeree di contatto per trazione elettrica;
Edizione 2010;
- EN 50163** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;
Edizione 2006;
- EN 50163/A1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;
Edizione 2008;
- EN 50388** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Alimentazione elettrica e materiale rotabile
Criteri tecnici per il coordinamento tra l'alimentazione elettrica (sottostazione)
e materiale rotabile per ottenere l'interoperabilità;
Edizione 2012;
- EN 50318** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Sistemi di captazione della corrente
Convalida della simulazione dell'interazione dinamica tra pantografo e linea
aerea di contatto;
Edizione 2019;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a</p>					
<p>STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO</p>	<p>PROGETTO RS3U</p>	<p>LOTTO 40</p>	<p>CODIFICA D 18 SD</p>	<p>DOCUMENTO SE0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 7 di 19</p>

2.1 Riferimenti progettuali

Di seguito si riportano i documenti di progetto alla base della seguente analisi:

SdT RFI 2013 Studio di Trasporto di RFI nel 2013 della linea Palermo – Catania (ipotesi a regime 2030)

RS3Z00014RGMD0000001 A Dossier dati e requisiti di base (Ottobre 2019)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A	FOGLIO 8 di 19

3 Dati di base

3.1 Caratteristiche del tracciato

Alla base del presente studio vi è l'implementazione del profilo plano-altimetrico della linea completo delle informazioni relative alle velocità massime di tracciato.

3.2 Ipotesi di traffico

Il dimensionamento degli impianti fissi di trazione elettrica è fondato sul Modello di Esercizio desunto dallo Studio di Trasporto di RFI nel 2013 (SdT RFI 2013) e poi ripreso ed ampliato nel documento: “Dossier Dati e requisiti di base” (**RS3Z00014RGMD0000001 A**). In particolare, per il dimensionamento degli impianti di alimentazione è stato assunto il modello di esercizio corrispondente alla *SECONDA MACROFASE FUNZIONALE*.

3.2.1 Seconda macrofase funzionale

Il modello di esercizio assunto prevede il seguente numero di treni giorno:

- Tratta Fiumetorto – Bivio Lercara (N.103 treni/giorno):
 - N.12 treni Lunga Percorrenza tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
 - N.44 treni regionali/regionali veloci tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
 - N.16 treni regionali tra Palermo C.LE – Caltanissetta Xirbi - Caltanissetta C.LE;
 - N.24 treni regionali tra Palermo C.LE – Lercara Dir. – Agrigento (come da offerta attuale);
 - N.7 treni merci tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
- Tratta Bivio Lercara – Caltanissetta Xirbi (N.79 treni/giorno):
 - N.12 treni Lunga Percorrenza tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
 - N.44 treni regionali/regionali veloci tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
 - N.16 treni regionali tra Palermo C.LE – Caltanissetta Xirbi - Caltanissetta C.LE;
 - N.7 treni merci tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
- Tratta Caltanissetta Xirbi - Catenanuova (N.83 treni/giorno):
 - N.12 treni Lunga Percorrenza tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
 - N.44 treni regionali/regionali veloci tra Palermo C.LE – Catania C.LE;
 - N.16 treni regionali tra Caltanissetta C.LE – Caltanissetta Xirbi - Catania C.LE;
 - N.7 treni merci tra Palermo C.LE – Catania C.LE;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
	STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A

- N.4 treni Lunga Percorrenza tra Agrigento - Catania C.LE;

La ripartizione giorno/notte sarà la seguente:

- 85% di treni diurni e 15% di treni notturni per i treni Lunga Percorrenza;
- 90% di treni diurni e 10% di treni notturni per i treni regionali/regionali veloci;
- 0% di treni diurni e 100% di treni notturni per i treni merci;

Pertanto, considerando un servizio diurno di 18 ore (05:00-23:00) e un fattore di punta pari a 2, il modello di esercizio nell'ora di punta risulta pari a 10 treni.

3.3 Caratteristiche del materiale rotabile

Il traffico ferroviario implementato nel programma di calcolo, previsto a seguito dell'ammodernamento della Linea, è costituito da tre differenti tipologie di materiale rotabile.

Nella Tabella 1 sono riportate le caratteristiche del materiale rotabile impiegato:

<i>Caratteristiche del materiale rotabile impiegato</i>				
Categoria treno	R	RV	LP	Merci
<i>Tipo di treno</i>	E464	E464	E402B	E186 + 1300t
<i>Velocità d'impostazione</i>	160 km/h	160 km/h	220 km/h	140 km/h
<i>Tensione nominale linea</i>	3000 V	3000 V	3000 V	3000 V
<i>Potenza servizi Ausiliari</i>	100 kW	100 kW	200 kW	75 kW
<i>Massa Complessiva</i>	252 t	252 t	287 t	1385 t
<i>Rendimento Locomotiva</i>	0,85	0,85	0,85	0,80
<i>Coefficiente d'inerzia masse rotanti</i>	1,05	1,05	1,05	1,05
<i>Decelerazione costante in piano</i>	0,4 m/s ²	0,4 m/s ²	0,4 m/s ²	0,3 m/s ²

Tabella 1 - Caratteristiche del materiale rotabile

4 Architettura del sistema elettrico

Nel presente capitolo è esposta l'architettura del sistema di alimentazione corrispondente allo scenario di attivazione relativo alla seconda macrofase funzionale.

Le caratteristiche elettriche delle apparecchiature presenti in sottostazione sono elencate di seguito:

	<i>Singolo Gruppo da 2,0 MW</i>	<i>Singolo Gruppo da 3,6 MW</i>	<i>Singolo Gruppo da 5,4 MW</i>
<i>Potenza nominale [kVA]</i>	2000/2x1000	3880/2x1940	5760/2x2880
<i>Potenza nominale [kW]</i>	2000	3600	5400
<i>Caratteristiche di sovraccarico "Potenza"</i>	200% Pn per 2h 300% Pn per 5'	200% Pn per 2h 300% Pn per 5'	200% Pn per 2h 233% Pn per 5'
<i>Tensione nominale [V]</i>	3600	3600	3600
<i>Corrente nominale [A]</i>	550	1000	1500
<i>Corrente continuativa [A]</i>	750	1400	2100
<i>Corrente Ammissibile per 2h [A]</i>	1100	2000	3000
<i>Resistenza interna equivalente [Ω]</i>	0,35	0,2	0,2

Tabella 2 - Caratteristiche elettriche apparecchiature di SSE

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A	FOGLIO 11 di 19

4.1 Architettura relative allo scenario “*Simulazione 1*”

Lo scenario preso in esame nell’ambito della presente simulazione prevede il completamento della nuova sede, sia nei tratti a singolo binario che nei tratti a doppio binario. Per tale configurazione, il modello di esercizio preso a riferimento è quello corrispondente alla “seconda macrofase funzionale”.

Nel dettaglio, l’alimentazione della LdC nella fase di attivazione della nuova linea dovrà essere garantita dai seguenti impianti fissi di alimentazione:

- **Nuova SSE di Valle del Torto - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 1+2);**
- **Nuova SSE di Lercara - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 1+2);**
- **Nuova SSE di Vallelunga - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 3);**
- **Nuova SSE di Marianopoli - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 3);**
- **SSE di esistente di Caltanissetta Xirbi - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 4A);**
- **Nuova SSE di Villarosa - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 4A);**
- **Nuova SSE di Sacchitello - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 4B);**
- **Nuova SSE di Regalbuto Catenanuova - N.2 Gr. 5,4 MW (LOTTO 5);**

Nell’ambito di tale fase dovranno essere avviate le lavorazioni relative al rinnovo della cabina TE esistente e alla realizzazione della nuova cabina TE seguente:

- Cabina TE esistente di Fiumetorto;
- **Nuova Cabina TE di Dittaino;**

5 Risultati delle simulazioni di marcia

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dalle simulazioni di marcia per la determinazione della caratteristica cinematica, della potenza e dell'energia assorbita dai treni sulla tratta in esame.

5.1 Simulazioni di Marcia relative allo scenario "Simulazione 1"

	<i>E464</i>		<i>E464 RV</i>		<i>E402B LP</i>		<i>E186 M</i>	
	Senso di percorrenza		Senso di percorrenza		Senso di percorrenza		Senso di percorrenza	
	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari
<i>Energia totale assorbita</i> [kWh]	1306.34	1550.62	1297.01	1568.06	1950.26	2319.09	4974.60	5947.75
<i>Energia specifica media</i> <i>assorbita per treno</i> [kWh/tr.km]	9.23	10.96	9.16	11.08	13.78	16.39	35.16	42.04
<i>Energia specifica media</i> <i>assorbita per kt</i> [kWh/1000t.km]	36.64	43.50	36.38	43.99	48.08	57.12	25.39	30.35
<i>Potenza media per treno</i> [kW]	960.30	1096.85	1175.45	1493.43	2075.05	2615.67	2627.85	3069.15
<i>Velocità media</i> [km/h]	103.98	100.06	128.19	134.72	150.51	159.54	74.72	72.99

Tabella 3 - Grandezze caratteristiche per senso di marcia

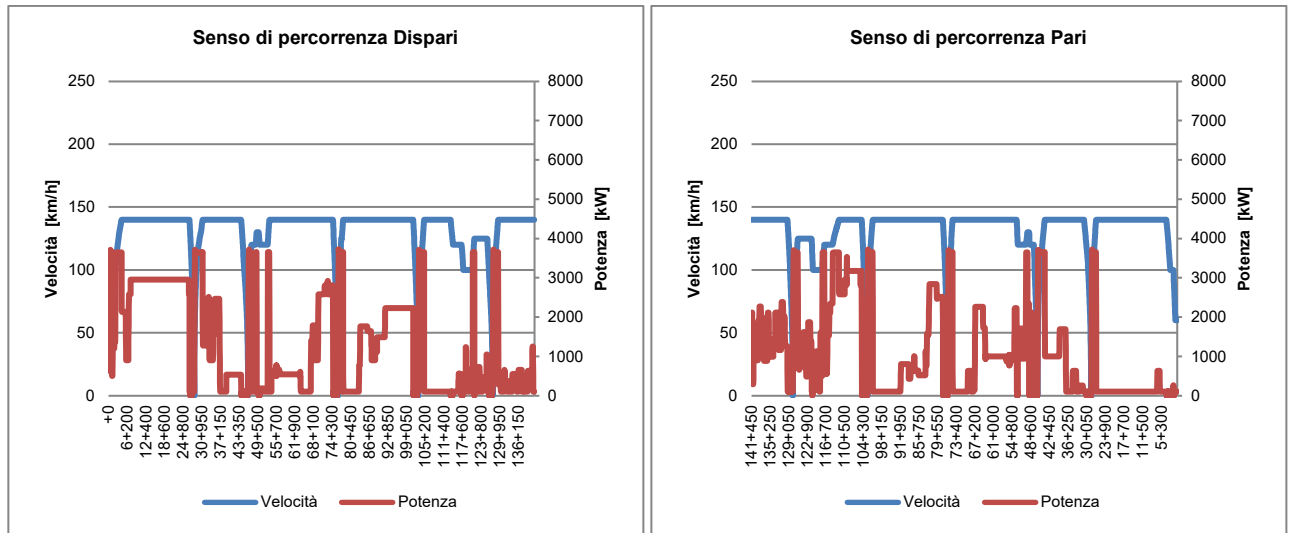


Figura 3 – Regionale "E464" – Diagrammi Spazio/Velocità - Spazio/Potenza

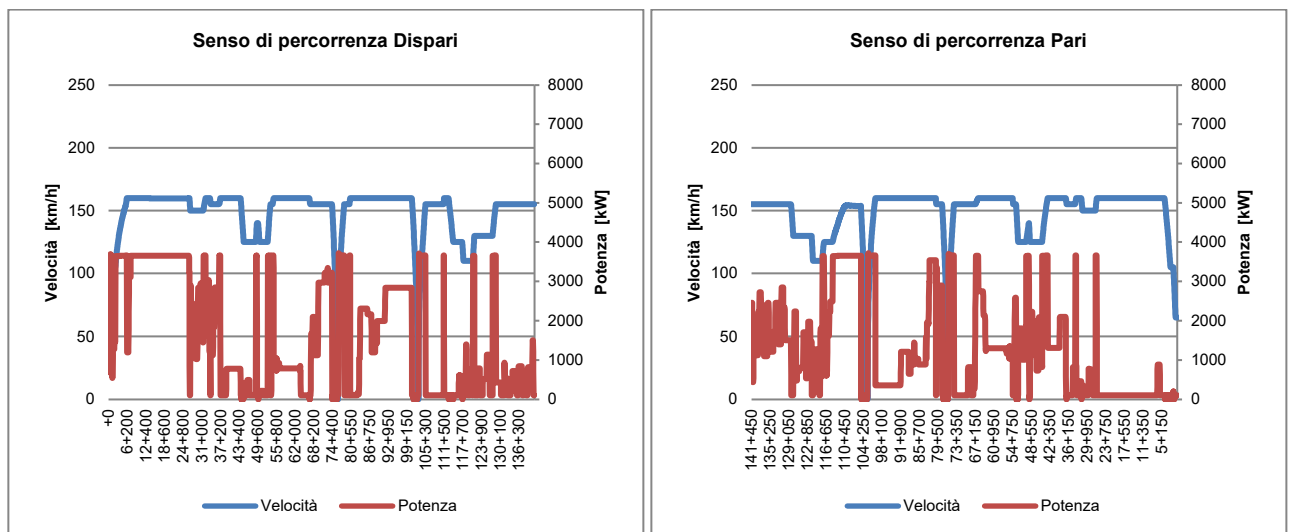


Figura 4 – Regionale Veloce "E464" – Diagrammi Spazio/Velocità - Spazio/Potenza

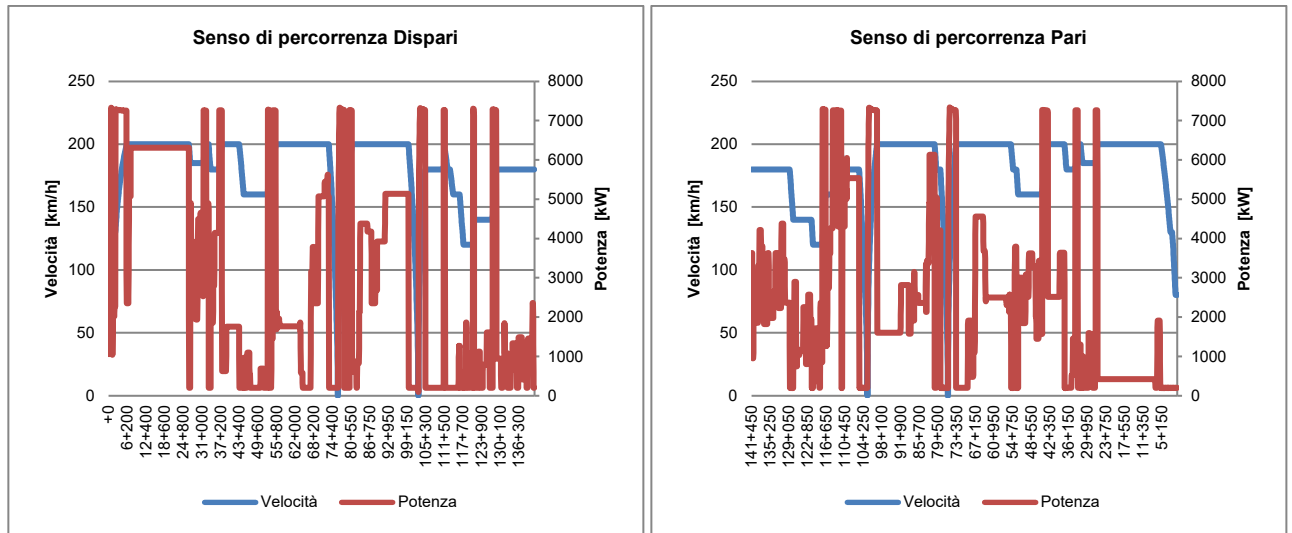


Figura 5 – Lunga Percorrenza "E402B" – Diagrammi Spazio/Velocità - Spazio/Potenza

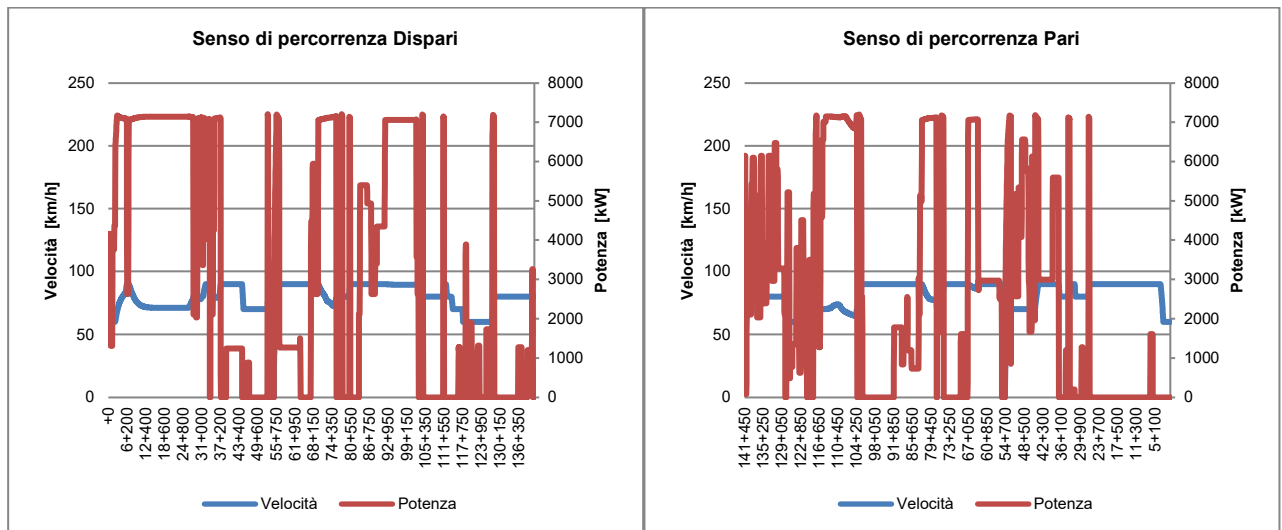


Figura 6 – Merci "E186" – Diagrammi Spazio/Velocità - Spazio/Potenza

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A	FOGLIO 15 di 19

6 Verifica del sistema elettrico di alimentazione

6.1 Sistema di alimentazione a 3 kV cc

Al fine di realizzare la verifica del sistema elettrico di alimentazione, è stata analizzata la rete a 3 kV rappresentata al Capitolo 1.

L' idoneità del sistema elettrico è stata analizzata con particolare riferimento ai valori di tensione (media, utile e minima) al pantografo e alla compatibilità del carico elettrico sulle apparecchiature degli impianti fissi di trazione.

La verifica delle prestazioni del sistema è realizzata analizzando, per le differenti architetture proposte, la seguente condizione di funzionamento:

Condizione di funzionamento in
“servizio normale”:

Si assume che tutte le Sottostazioni
elettriche di conversione sono in servizio

Lo studio sulla verifica della potenzialità del sistema elettrico è stato realizzato tramite programmi dedicati che eseguono le simulazioni di marcia dei treni fornendo le seguenti prestazioni del sistema:

- Qualità della tensione al pantografo;
- Carico elettrico riferito alla linea;
- Carico elettrico delle apparecchiature di sottostazione;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
	STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A

6.2 Risultati delle simulazioni di sistema

6.2.1 Simulazioni di Sistema relative allo scenario “Simulazione 1”

Nel seguito sono riportati i risultati generali delle simulazioni di sistema e i valori caratteristici della tensione al pantografo. Questi ultimi sono inoltre confrontati con i valori limite prescritti dalla normativa di riferimento CEI EN 50163 e CEI EN 50388.

	Normale servizio
Potenza media assorbita da tutte le SSE [kW]	16470
Potenza massima assorbita da tutte le SSE [kW]	32275
Potenza media fornita dalla linea di contatto [kW]	15593
Potenza massima fornita dalla linea di contatto [kW]	29575
Rendimento medio della linea di contatto [%]	94.68

Tabella 4 - Risultati generali relativi allo scenario “Simulazione 1”

		Normale servizio	Limiti Normativi
Tensione media [V]	Pari	3312	-
	Dispari	3289	
Tensione media utile [V]	Pari	3212	2700
	Dispari	3098	
Tensione minima [V]	Pari	2397	2000
	Dispari	2268	

Tabella 5 - Valori caratteristici di tensione relativi allo scenario “Simulazione 4”

SSE	Correnti [A]			Potenza [MVA]	
	Media quadratica	Media aritmetica	Massima	Installata	Massima
<i>SSE di Valle del Torto</i>	949	829	2241	2 x 5,4	11,50
<i>SSE di Lercara</i>	281	247	1843	2 x 5,4	9,50
<i>SSE di Vallelunga</i>	821	723	2487	2 x 5,4	12,90
<i>SSE di Marianopoli</i>	592	517	1871	2 x 5,4	9,70
<i>SSE di Caltanissetta</i>	598	525	2739	2 x 5,4	14,10
<i>SSE di Villarosa</i>	646	544	1925	2 x 5,4	9,90
<i>SSE di Sacchitello</i>	790	639	2271	2 x 5,4	11,70
<i>SSE di Raddusa</i>	529	447	1971	2 x 5,4	10,20
<i>SSE di Regalbuto</i>	449	383	1346	2 x 5,4	9,00

Tabella 6 – Carico nelle SSE relativo allo scenario “Simulazione 1”

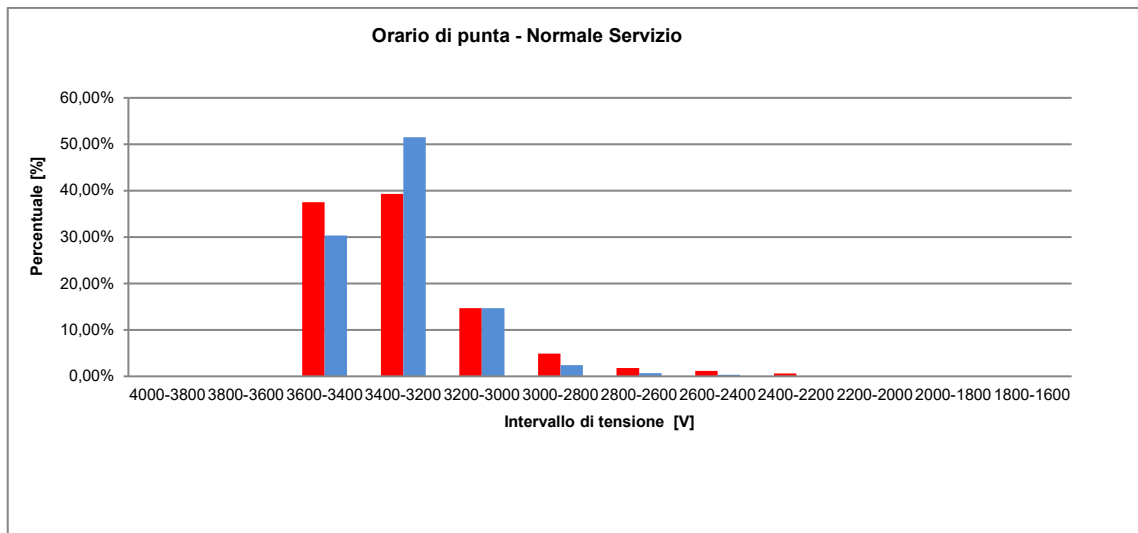


Figura 7 - Distribuzione globale tensioni all'archetto "Orario di punta"

Come risulta dalla Tabella 5, il valore di tensione minima per il binario dispari è di 2268 V mentre per il binario pari è di 2397 V. Tali valori risultano pertanto superiori ai limiti prescritti dalle normative citate.

Il valore di tensione media utile, indice di qualità di tensione al pantografo, per il binario dispari è di 3098 V mentre per il binario pari è di 3212 V (entrambi al disopra del limite di 2700 V prescritto dalla normativa). L'analisi della Figura 7, che riporta le distribuzioni percentuali delle tensioni, evidenzia come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa nella fascia tra 3400 V e 3200 V.

Il valore di **corrente media quadratica** maggiore, registrato nella sezione elettrica compresa tra la Cabina TE di Fiumetorto e la SSE di Lercara, è pari a 949 A. Considerando la sezione equivalente di linea di contatto in tale tratta (440 mm^2) ne risulta un valore di densità di corrente pari a $2,15 \text{ A/mm}^2$. Tale valore produce temperature compatibili con i limiti definiti al paragrafo 5.1.2 della norma EN 50119.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA – LOTTO 4a					
STUDIO DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	PROGETTO RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 18 SD	DOCUMENTO SE0000 001	REV. A	FOGLIO 19 di 19

7 Conclusioni

Lo studio effettuato mostra che l'impianto, nella configurazione finale proposta al capitolo 1, relativa al nuovo collegamento tra Palermo e Catania, risulta essere idonea, in condizione di normale funzionamento di tutte le SSE., per il traffico misto riportato al Paragrafo 3.2.

Infatti, le simulazioni hanno fornito risultati positivi sia per quanto riguarda il carico previsto per le nuove SSE che per quanto riguarda i parametri di qualità di captazione (tensione minima al pantografo, tensione di media utile ecc.), rispettando i limiti prescritti dalla normativa. Relativamente alle SSE esistenti di Caltanissetta e di Raddusa, tenuto conto dell'esigenza di potenza risultata dallo studio, si ritiene necessario provvedere ad un potenziamento dei gruppi di conversione installati sostituendo i gruppi esistenti con n. 2 nuovi gruppi da 5,4 MVA.

Inoltre, la conduttura da 440 mm², utilizzata nel progetto, risulta essere compatibile con i valori massimi di corrente che scaturiscono dal calcolo.