

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA

RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI

ELABORATI GENERALI DI SSE

Relazione tecnica di dimensionamento degli impianti fissi di trazione elettrica

SCALA:

-

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

I A 4 S 0 0 D 1 8 R G S E 0 0 0 0 0 0 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	CONSEGNA CARATTERIZZANTI	M.Brandimarte	Dic 2018	N. Carones	Dic 2018	T. Paoletti	Dic 2018	G. Guidi Buffarini Marzo 2019 ITALFERR S.p.A. U.O. Tecnologie Centro Ing. Guido Buffarini Ordine Ingegneri Provincia di Roma n° 17812
B	EMISSIONE DEFINITIVA	M.Brandimarte	Marzo 2019	N. Carones	Marzo 2019	T. Paoletti	Marzo 2019	

INDICE

1.	GENERALITA'	3
2.	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2.2	RIFERIMENTI PROGETTUALI	6
3.	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ELETTRICO.....	7
4.	DATI DI BASE.....	9
4.1	CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO.....	9
4.2	IPOTESI DI TRAFFICO.....	13
4.3	CARATTERISTICHE DEL MATERIALE ROTABILE.....	16
5.	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI MARCIA	18
6.	VERIFICA DEL SISTEMA ELETTRICO DI ALIMENTAZIONE	20
6.1	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI SISTEMA	21
6.1.1	<i>Normale esercizio</i>	21
6.1.2	<i>Fuori servizio della SSE di Manoppello</i>	26
6.1.3	<i>Altri casi di fuori servizio</i>	31
7.	CONCLUSIONI	32

1. GENERALITA'

La presente relazione tecnica illustra i risultati dell'analisi di dimensionamento delle installazioni fisse di trazione elettrica destinate all'alimentazione della tratta ferroviaria Pescara Porta Nuova – Chieti, appartenente alla linea Roma - Pescara.

Allo stato attuale la linea ferroviaria si sviluppa interamente a singolo binario, ad eccezione di circa 15 km tra Roma e Lunghezza. Nell'ambito di questo progetto è previsto il raddoppio della linea nella tratta che va da Pescara Porta Nuova (L.S. km 1+961,76) a Chieti Scalo (L.S. km 14+023,70). L'elettrificazione attuale della linea è realizzata tramite sistema di trazione 3 kVcc con catenaria da 320 mm²; sulla tratta sede di raddoppio insiste la Sottostazione Elettrica di Pescara, alimentata a 150 kV e dotata di 2 gruppi di conversione da 5,4 MW.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una nuova fermata per servire l'Aeroporto Internazionale d'Abruzzo; la configurazione finale della tratta, con indicazione di stazioni e fermate è riportata in Figura 1.

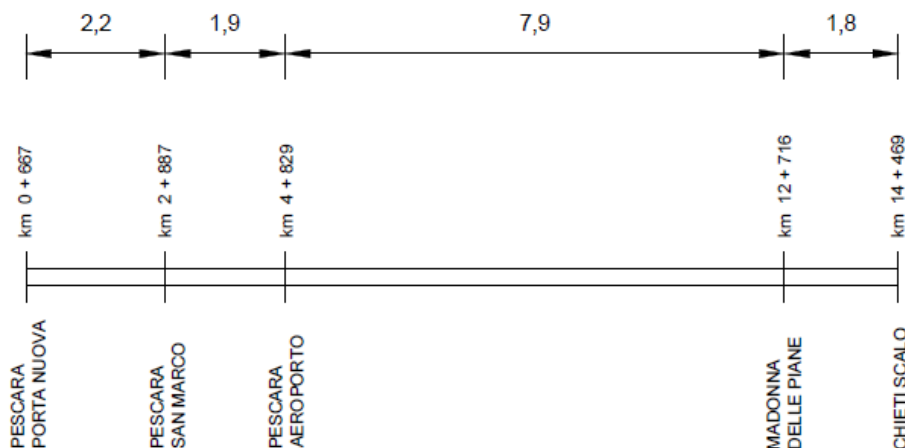


Figura 1 - Configurazione della tratta Pescara Porta Nuova - Chieti Scalo con indicazione di stazioni e fermate

Ai fini della verifica del dimensionamento elettrico è necessario considerare una tratta di linea di estensione superiore a quella in cui è previsto il raddoppio; in particolare, il modello del sistema da simulare deve estendersi almeno fino alla successiva sottostazione elettrica esistente, situata a Torre de' Passeri (circa 35 km dalla SSE Pescara). Nelle simulazioni è stato considerato il modello di esercizio di cui all'elaborato:

In particolare, è stata verificata la funzionalità degli impianti nell'ora di punta, caratterizzata da solo traffico passeggeri, ed un altro intervallo in cui sono presenti treni merci. Oltre agli impianti esistenti, sono state considerati i nuovi impianti previsti nell'ambito di questo progetto, ovvero:

- la Cabina di Trazione Elettrica di Chieti, necessaria per la gestione del passaggio da singolo a doppio binario;
- la Nuova Sottostazione Elettrica di Manoppello, posta in corrispondenza del bivio per l'Interporto d'Abruzzo, per aumentare la potenzialità della linea.

2. NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti Normativi

Di 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
- EN 50163** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione
- EN 50163/A1** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione
- 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
- 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

2.2 Riferimenti Progettuali

I modelli per le simulazioni svolte nel presente studio sono stati individuati sulla base dei seguenti riferimenti documentali:

IA4R00005RG000000001	Requisiti di base per PFTE e PD
IA4R00R11L5IF0001001	Plano-profilo di progetto – Tav.1/3
IA4R00R11L5IF0001002	Plano-profilo di progetto – Tav.2/3
IA4R00R11L5IF0001003	Plano-profilo di progetto – Tav.3/3
Rif. RFI L506-TB-3D	Profilo plano-altimetrico della linea Pescara – Sulmona
IA4S00D18DXLC0000001	Schema TE
Fascicolo linea 104	Fascicolo linea: Pescara – Termoli e Pescara - Sulmona

3. ARCHITETTURA DEL SISTEMA ELETTRICO

Il progetto di raddoppio della tratta Pescara – Chieti è diviso in due lotti, il cui confine è al km 6+100 di progetto. Il lotto 1 prevede, nel punto di confine, la realizzazione della CTE di Sambuceto, che rimarrà in esercizio fino al completamento del lotto 2, quando la sua funzione verrà assolta da una nuova CTE situata presso la stazione di Chieti. Le Cabine TE sono infatti necessarie a garantire la corretta protezione della linea di contatto (asservimenti) in corrispondenza dei passaggi singolo/doppio binario. Il lotto 2 prevede inoltre la costruzione della nuova SSE di Manoppello, situata a circa 3,5 km da Chieti in direzione Roma, in corrispondenza del bivio tra la linea ferroviaria Pescara - Roma e il binario dedicato all'Interporto d'Abruzzo.

Ai fini del dimensionamento elettrico si considera la situazione a regime, per cui l'architettura del sistema elettrico simulata è quella che si avrà al termine della realizzazione del lotto 2; in aggiunta alla configurazione esistente si avrà quindi una CTE a Chieti, l'upgrade della catenaria a 440 mm² nella tratta sede del raddoppio, una SSE al bivio per l'Interporto e l'adeguamento della SSE di Pescara con un nuovo alimentatore, deputato a portare energia al nuovo binario.

Come già evidenziato, ai fini del calcolo elettrico è necessario estendere la simulazione alla successiva SSE esistente, sita in Torre de' Passeri. La configurazione della porzione di rete considerata comprende quindi in totale:

- SSE di Pescara (esistente) in prossimità del km 3+500 L.S., dotata di 2 gruppi di conversione da 5,4 MW di potenza;
- CTE Chieti (nuova realizzazione) in prossimità del km 15+135 L.S., con 3 celle alimentatori;
- SSE di Manoppello (nuova realizzazione) in prossimità del km 18+360 LS, dotata di 2 gruppi di conversione da 5,4 MW di potenza e 3 celle alimentatori in esercizio (più una predisposta per il progetto di raddoppio della tratta Chieti – Interporto);
- SSE di Torre de' Passeri in prossimità del km 37+300, dotata di 2 gruppi di conversione da 3,6 MW di potenza;
- Linea di contatto rinnovata a 440 mm² tra Pescara e Chieti (doppio binario);
- Linea di contatto esistente da 320 mm² tra Chieti e Torre de' Passeri (singolo binario).

L'architettura di rete è riassunta nello Schema TE semplificato riportato in Figura 2.

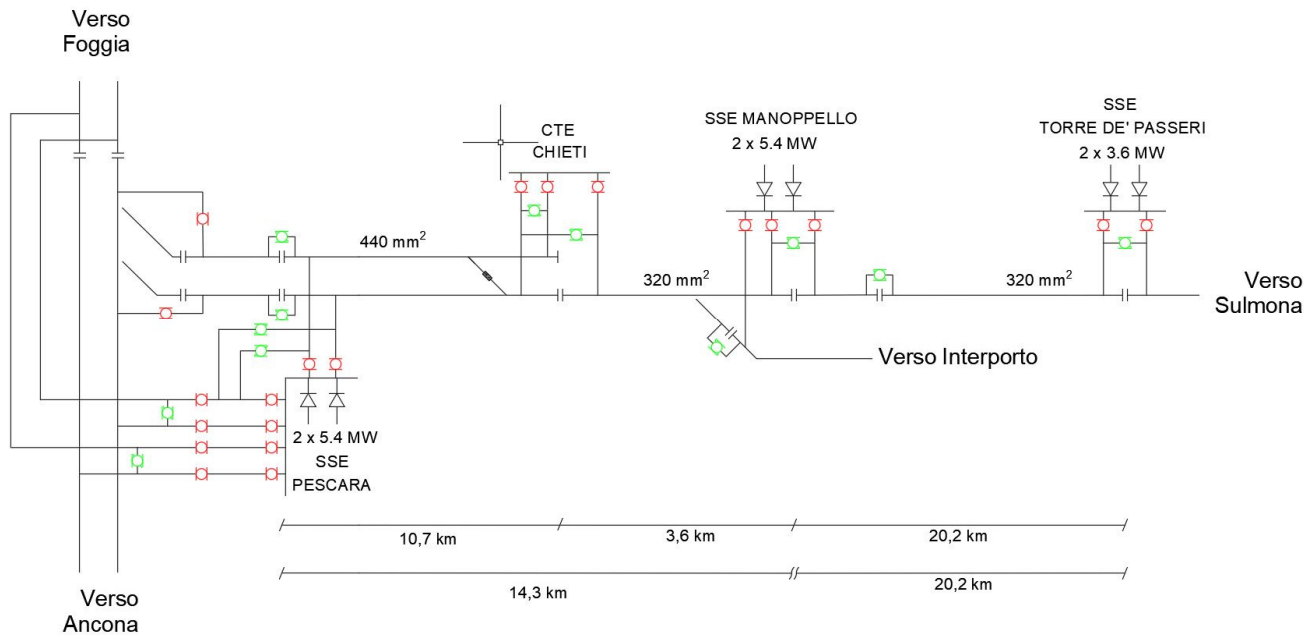


Figura 2 – Rappresentazione schematica dell'architettura di rete

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

	Singolo Gruppo da 5,4 MW	Singolo Gruppo da 3,6 MW
Potenza nominale [KVA]	5750/2x2875	3880/2x1940
Potenza CC nominale [kW]	5400	3600
Caratteristiche di sovraccarico "Potenza"	200% Potenza nominale per 2h 233% Potenza nominale per 5'	200% Potenza nominale per 2h 300% Potenza nominale per 5'
Tensione CC nominale [V]	3600	3600
Corrente CC nominale [A]	1500	1000
Corrente Ammissibile continuativa [A]	2250	1500
Corrente Ammissibile per 2h [A]	3000	2000
Resistenza interna equivalente [Ω]	0,2	0,2

Tabella 1 - Caratteristiche elettriche apparecchiature di SSE

4. DATI DI BASE

4.1 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. In considerazione del fatto che attualmente le sottostazioni elettriche sono posizionate una a Pescara ed una a Torre de' Passeri, per le simulazioni si è tenuto conto dell'intera tratta di linea ferroviaria tra esse compresa.

Nella Tabella 2 sono riportate le progressive chilometriche e le pendenze della tratta indicata; la linea è interessata sia da traffico passeggeri, sia, fino al bivio per l'Interporto d'Abruzzo, da traffico merci.

Il tracciato simulato è caratterizzato da una lunghezza complessiva di circa 37,3 km; si tratta di una linea a doppio binario tra Pescara e Chieti, a singolo binario tra Chieti e Torre de' Passeri.

Linea Pescara – Roma, tratta Pescara Porta Nuova – Torre de' Passeri								
Stazioni/Fermate	da pk [m]	a pk [m]	Distanza [m]	Pendenza [‰]	V _{max} [km/h]			
					Rango			
					A	B	C	P
PESCARA PORTA NUOVA	+667,00	+667,00	0	0,00	80	85	90	90
	+667,00	1+646,25	979,25	0,48				
	1+646,25	1+893,94	247,69	0,48	100	105	110	130
	1+893,94	1+961,76	67,82	0,48				
	1+961,76	2+554,84	593,08	0,48				
	2+554,84	2+670,42	115,58	-0,67				
	2+670,42	2+796,25	125,833	-0,67				
	2+796,25	2+886,11	89,857	-2,80				
PESCARA SAN MARCO	2+886,11	2+886,11	0	-2,80				
	2+886,11	3+096,05	209,941	-2,80				
	3+096,05	3+276,18	180,129	-3,39				
	3+276,18	3+327,61	51,43	-3,39				
	3+327,61	3+535,42	207,81	-3,39				
	3+535,42	3+653,79	118,369	-1,20				
	3+653,79	3+703,18	49,391	3,36				
	3+703,18	3+910,46	207,28	3,36	140	150	155	185
	3+910,46	4+233,12	322,655	6,13				
	4+233,12	4+829,00	595,885	1,05				

PESCARA AEROPORTO	4+829,00	4+829,00	0	1,05				
	4+829,00	5+522,21	693,213	1,05				
	5+522,21	5+806,07	283,857	4,29				
	5+806,07	6+023,30	217,23	8,15				
	6+023,30	6+139,80	116,498	8,15				
	6+139,80	6+433,38	293,58	0,74				
	6+433,38	7+096,65	663,267	1,97				
	7+096,65	7+458,26	361,618	3,79				
	7+458,26	7+672,20	213,937	5,52				
	7+672,20	7+903,57	231,369	5,52				
	7+903,57	8+118,51	214,94	-8,63				
	8+118,51	8+261,62	143,111	-1,42				
	8+261,62	8+318,17	56,552	-1,42				
	8+318,17	8+692,23	374,061	4,86				
	8+692,23	9+018,38	326,148	3,18				
	9+018,38	9+332,08	313,702	0,54				
	9+332,08	9+820,14	488,057	9,92				
	9+820,14	10+486,80	666,662	9,92				
	10+486,80	10+635,46	148,661	15,88				
	10+635,46	11+383,88	748,418	7,10				
	11+383,88	11+875,33	491,449	4,25				
	11+875,33	12+088,50	213,167	4,25				
	12+088,50	12+642,39	553,893	1,69				
	12+642,39	12+711,78	69,39	1,69				
MADONNA DELLE PIANE	12+711,78	12+711,78	0	1,69				
	12+711,78	13+564,03	852,248	3,89				
	13+564,03	14+062,00	497,973	12,91				
	14+062,00	14+140,43	78,429	-2,21				
	14+140,43	14+469,00	328,57	-1,05				
CHIETI SCALO	14+469,00	14+469,00	0	-1,05				
	14+469,00	15+161,76	692,76	-4,20				
	15+161,76	16+161,76	1000	7,00				
	16+161,76	17+561,76	1400	-7,00				
	17+561,76	17+861,76	300	0,00				
	17+861,76	17+956,00	94,24	8,80				
Bivio Interporto	17+956,00	17+956,00	0	8,80				
	17+956,00	19+661,76	1705,76	8,80				
	19+661,76	22+461,76	2800	6,00				
	22+461,76	23+433,76	972	0,00				
MANOPPELLO	23+433,76	23+433,76	0	0,00				
	23+433,76	23+529,76	96	0,00				
	23+529,76	23+669,76	140	0,00				
	23+669,76	23+860,76	191	-5,65				

	23+860,76	24+149,76	289	-4,07				
	24+149,76	24+421,76	272	-4,07				
	24+421,76	24+543,93	122,17	-5,35				
	24+543,93	24+819,76	275,83	0,00				
	24+819,76	25+120,88	301,12	0,00				
	25+120,88	25+370,88	250	8,00				
	25+370,88	25+639,76	268,88	0,00				
	25+639,76	25+717,76	78	0,00				
	25+717,76	26+038,16	320,4	9,83				
	26+038,16	26+200,76	162,6	4,42				
	26+200,76	26+558,06	357,3	4,42				
	26+558,06	26+630,86	72,8	0,00				
	26+630,86	26+961,76	330,9	-5,00				
	26+961,76	27+026,76	65	0,00				
	27+026,76	27+416,76	390	10,00				
	27+416,76	27+823,06	406,3	2,64				
	27+823,06	28+053,70	230,64	2,64				
ALANNO	28+053,70	28+053,70	0	2,64	135	145	150	
	28+053,70	28+197,76	144,06	2,64				
	28+197,76	28+884,76	687	13,00				
	28+884,76	28+961,76	77	13,00				
	28+961,76	29+099,76	138	13,00				
	29+099,76	29+252,31	152,55	13,00				
	29+252,31	29+569,76	317,45	10,38				
	29+569,76	29+719,76	150	10,38				
	29+719,76	29+776,51	56,75	10,38				
	29+776,51	30+109,76	333,25	0,00				
	30+109,76	30+349,76	240	0,00				
	30+349,76	30+418,96	69,2	0,00				
	30+418,96	30+883,60	464,64	13,00				
	30+883,60	30+999,76	116,16	2,53				
	30+999,76	31+109,76	110	2,53				
SCAFA	31+109,76	31+109,76	0	2,53	85	90	95	
	31+109,76	31+299,76	190	2,53				
	31+299,76	31+459,76	160	13,00				
	31+459,76	31+519,76	60	13,00				
	31+519,76	31+779,76	260	13,00				
	31+779,76	32+049,76	270	13,00				
	32+049,76	32+236,52	186,76	13,00				
	32+236,52	32+399,76	163,24	10,96				
	32+399,76	32+545,84	146,08	10,96				
	32+545,84	32+584,76	38,92	9,70				
	32+584,76	32+819,76	235	9,70				

	32+819,76	32+934,54	114,78	9,70				
	32+934,54	33+199,76	265,22	7,69				
	33+199,76	33+384,76	185	8,04				
	33+384,76	33+456,01	71,25	8,04				
	33+456,01	33+549,76	93,75	11,10				
	33+549,76	33+666,35	116,59	11,10				
	33+666,35	33+959,35	293	5,00				
	33+959,35	34+129,76	170,41	0,00				
	34+129,76	34+399,76	270	0,00				
	34+399,76	34+509,76	110	3,83				
	34+509,76	34+699,76	190	3,83				
	34+699,76	34+764,92	65,16	3,83				
	34+764,92	34+879,76	114,84	3,00				
	34+879,76	34+979,76	100	3,00				
	34+979,76	35+318,92	339,16	3,00				
	35+318,92	35+485,00	166,08	4,60				
	35+485,00	35+692,65	207,65	4,60				
	35+692,65	35+760,00	67,35	0,00				
	35+760,00	35+800,00	40	0,00				
	35+800,00	35+860,00	60	0,00				
PIANO D'ORTA	35+860,00	35+860,00	0	0,00				
	35+860,00	36+119,72	259,72	0,00				
	36+119,72	36+200,00	80,28	13,00				
	36+200,00	36+470,00	270	13,00				
	36+470,00	36+700,00	230	13,00				
	36+700,00	36+979,99	279,99	13,00				
	36+979,99	37+430,00	450,01	13,00				
	37+430,00	37+575,00	145	13,00				
	37+575,00	37+760,00	185	13,00				
	37+760,00	37+980,00	220	0,00				
TORRE DE' PASSERI	37+980,00	37+980,00	0	0,00				

Tabella 2 - Linea Pescara - Roma, tratta Pescara Porta Nuova - Torre de' Passeri

Per la simulazione della marcia del treno merci ci si è riferiti al rango A, limitando però la velocità massima a 100 km/h in corretto tracciato e a 30 km/h in deviata (al bivio Interporto).

4.2 Ipotesi di traffico

L'ipotesi di traffico è quella prescritta dal modello di esercizio, riportato nel documento:

IA4R00005RG000000001

Requisiti di base per PFTE e PD.

Il modello di esercizio prevede un totale di 90 treni/giorno, tra cui 12 treni merci e 78 treni passeggeri, come indicato nella Tabella 3. Di conseguenza, ai fini della simulazione, il parco treni è stato semplificato come indicato nella Tabella 4.

Tipologia treno	Tipologia materiale	Relazione servita	N° treni/giorno	Fermate
Regionale	Ale 501/502 (2M+1R)	Pescara - Sulmona	Reg: 38	Tutte
			RV: 24	Pescara, Pescara P.N., Chieti, Scafa, Torre de' Passeri, Popoli, Pratola, Sulmona
	ETR425	Pescara - Roma	8	Pescara, Pescara P.N, Chieti, Sulmona
		Pescara – L'Aquila	8	Pescara, Pescara P.N, Chieti, Sulmona
Merci	TEC	Domo2 – Chieti	2	-
	TC, MRV, MI, EUC	Novara Boschetto – Interporto d'Abruzzo	10	-

Tabella 3 - Scenario di esercizio tra Pescara e Chieti/Sulmona

Id.	Tipologia convoglio	Tratta	Fermate	Materiale Rotabile
RegL	Regionale "Lento"	Pescara - Sulmona	Pescara Porta Nuova – Pescara San Marco – Pescara Aeroporto – Madonna delle Piane – Chieti Scalo – Manoppello – Alanno – Scafa – Piano d’Orta – Torre de’ Passeri	Minuetto Elettrico (Ale 501+Le220+Ale502)
RegV	Regionale "Veloce"	Pescara - Sulmona	Pescara Porta Nuova – Chieti Scalo – Scafa – Torre de’ Passeri	Minuetto Elettrico (Ale 501+Le220+Ale502)
LP	Reg. Lunga Percorrenza	Pescara - Roma	Pescara Porta Nuova – Chieti Scalo	Jazz (ETR425)
Merci	Merci	Pescara - Interporto	-	E483 + rimorchio (1400 t)

Tabella 4 - Treni sulla tratta Pescara - torre de' Passeri

A partire da quanto descritto è stato ipotizzato un orario ferroviario che potesse garantire il numero di treni/giorno previsti; nell'idearlo si è tenuto conto dei limiti derivanti dal fatto che la linea è per gran parte a singolo binario, pertanto i treni che viaggiano in direzioni opposte possono incrociarsi solo in corrispondenza di progressive dove sono presenti binari che permettono la precedenza; i tempi di fermata in stazione per tali operazioni sono stati scelti tuttavia inferiori a quelli realmente necessari, con lo scopo di creare una condizione più conservativa ai fini del calcolo elettrico.

Le simulazioni sono state effettuate per due diversi intervalli di tempo, ognuno di ampiezza pari a due ore; il primo intervallo descrive l'ora di punta del servizio passeggeri, mentre il secondo un traffico promiscuo di treni passeggeri e treni merci.

L'orario simulato è descritto nelle seguenti tabelle e immagini:

Ora di punta passeggeri							
Dispari							
LP	RegL	RegL	RegV	RegL	RegL	LP	RegL
0:53	1:00	1:22	1:56	2:02	2:23	2:56	3:00

Tabella 5 - Orario dispari ora di punta passeggeri

Ora di punta passeggeri						
Pari						
RegL	RegL	RegV	RegL	RegL	LP	RegL
0:41	1:04	1:21	1:42	2:06	2:24	2:43

Tabella 6 - Orario pari ora di punta passeggeri

Orario transito promiscuo						
Dispari						
RegL	Merci	LP	RegL	Merci	RegV	RegL
1:00	1:18	1:31	2:00	2:18	2:31	3:00

Tabella 7 - Orario dispari transito promiscuo

Orario transito promiscuo						
Pari						
RegL	LP	RegL	Merci	RegV	RegL	Merci
0:42	1:22	1:42	1:45	2:22	2:42	2:45

Tabella 8 - Orario pari transito promiscuo

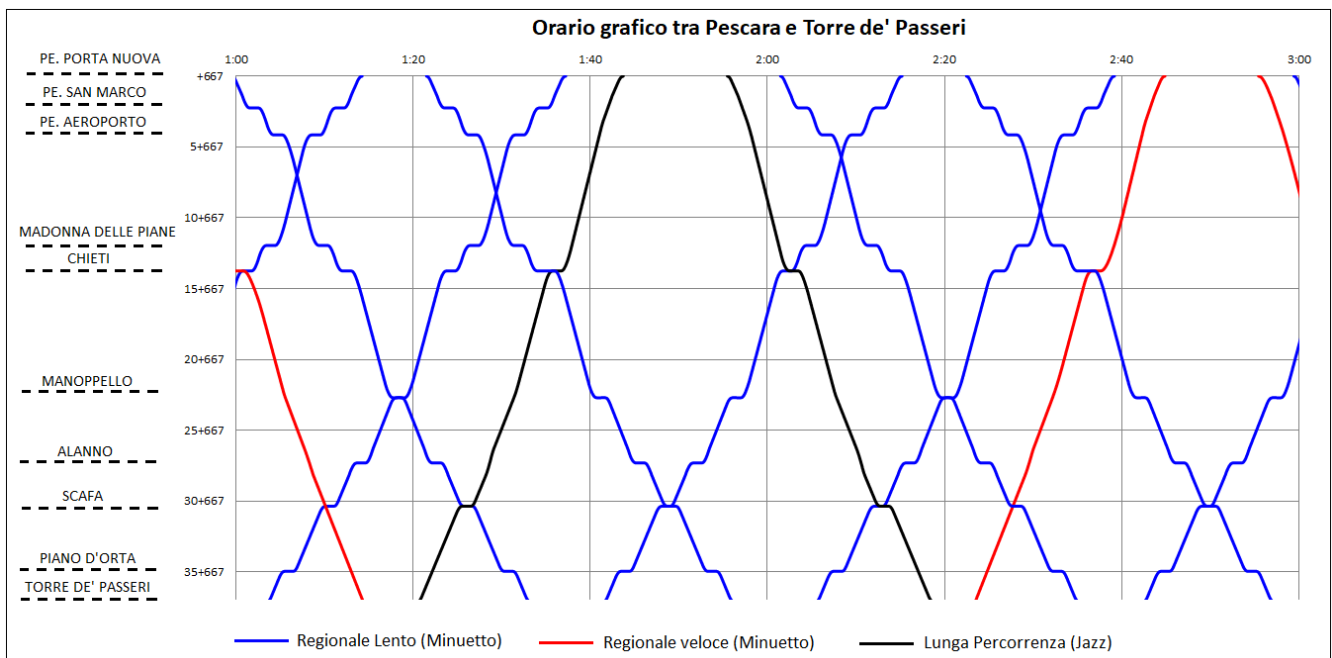


Figura 3 - Orario grafico punta passeggeri sulla tratta Pescara - Torre de' Passeri

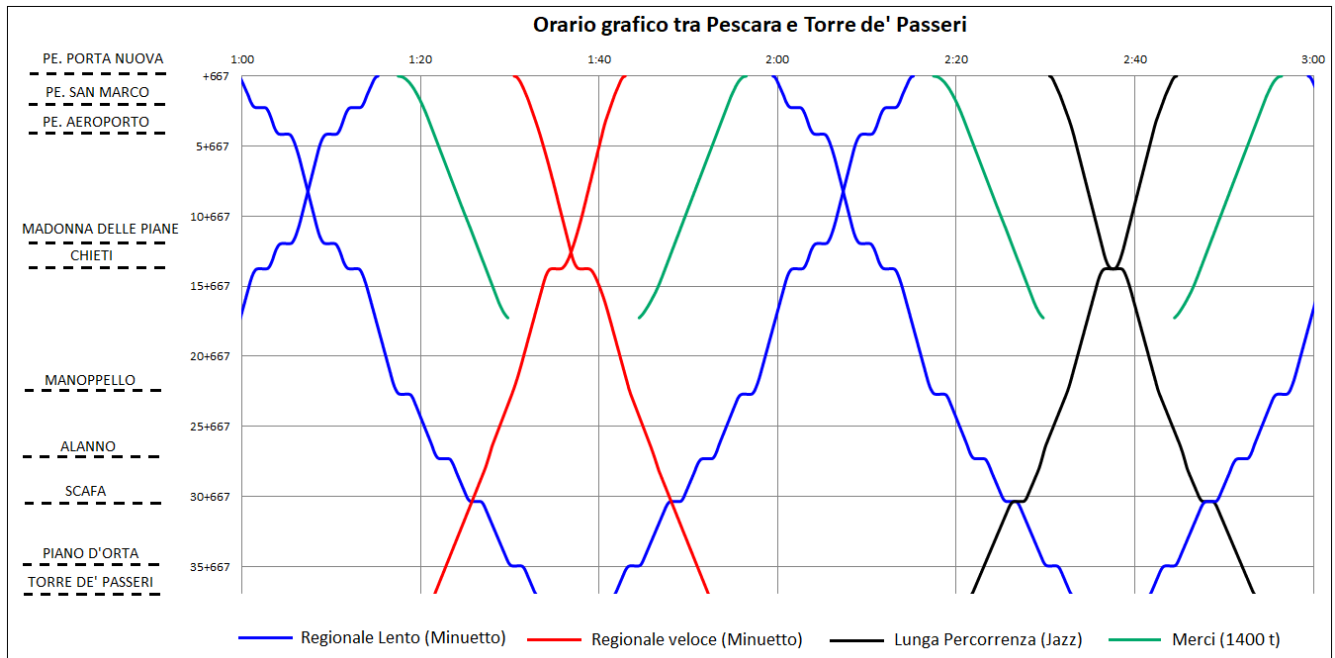


Figura 4 - Orario grafico traffico promiscuo (merci + passeggeri) sulla tratta Pescara - Torre de' Passeri

4.3 Caratteristiche del materiale rotabile

Nel programma di calcolo è stato implementato un traffico costituito da diverse tipologie di materiale rotabile, come di seguito indicato:

Servizio merci

- Locomotore E483 + rimorchio (1400 t in totale)

Servizio passeggeri

- Convoglio "Jazz" ETR425 (288 t in totale)
- Convoglio "Minuetto Elettrico" in composizione Ale 501+Le220+Ale502 (100 t in totale).

I convogli tipo "Jazz" sono utilizzati per il servizio di Lunga Percorrenza tra Pescara e Roma, mentre quelli tipo "Minuetto Elettrico" realizzano il servizio Regionale Lento e Regionale Veloce.

Le caratteristiche del materiale rotabile sopraelencato sono riportate nella tabella seguente:

Tipo di treno		E483 + rimorchio	Jazz	Minuetto Elettrico
Velocità di impostazione		100 km/h	160 km/h	160 km/h
Tensione nominale linea		3000 V	3000 V	3000 V
Potenza servizi Ausiliari		100 kW	200 kW	200 kW
Massa Complessiva		1400 t	288 t	100 t
Rendimento Locomotiva		0,80	0,90	0,85
Coefficiente di inerzia masse rotanti		1,05	1,05	1,05
Decelerazione costante in piano		0,3 m/s ²	0,7 m/s ²	0,7 m/s ²
Caratteristica di trazione	FT0	300	170	100
	FT1	290	155	100
	V1	57	47	52
	FT2	195	90	50
	V2	90	80	100
	FT3	137	40	32
	V3	140	160	160
	P [kW]	5328	2024	1389

Tabella 9 - Caratteristiche del materiale rotabile considerato

5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI MARCIA

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dalle simulazioni di marcia, che permettono di determinare i profili di velocità e le potenze assorbite dai treni in transito sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri. La Tabella 10 riporta le grandezze caratteristiche di ogni treno, divise per senso di marcia, mentre i grafici che seguono rappresentano gli andamenti delle velocità e potenze assorbite dai treni stessi.

	Regionale "Lento"		Regionale "Veloce"		Regionale "Lunga Percorrenza"		Treno Merci	
	Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari
Energia totale assorbita [kWh]	370,33	296,91	267,71	190,16	549,29	306,26	874,48	497,48
Energia media assorbita per km di linea [kWh/km]	9,98	8,00	7,21	5,12	14,8	8,25	50,69	28,83
Energia media assorbita per kt [kWh/1000t km]	99,81	80,02	72,15	51,25	51,40	29,66	36,21	20,59
Potenza media [kW]	658,06	527,95	689,60	490,81	1507,6	856,48	4264,2	2485,2
Velocità media [km/h]	65,93	65,97	95,57	95,76	101,8	103,8	84,12	86,17

Tabella 10 - Grandezze caratteristiche per ogni treno e senso di marcia

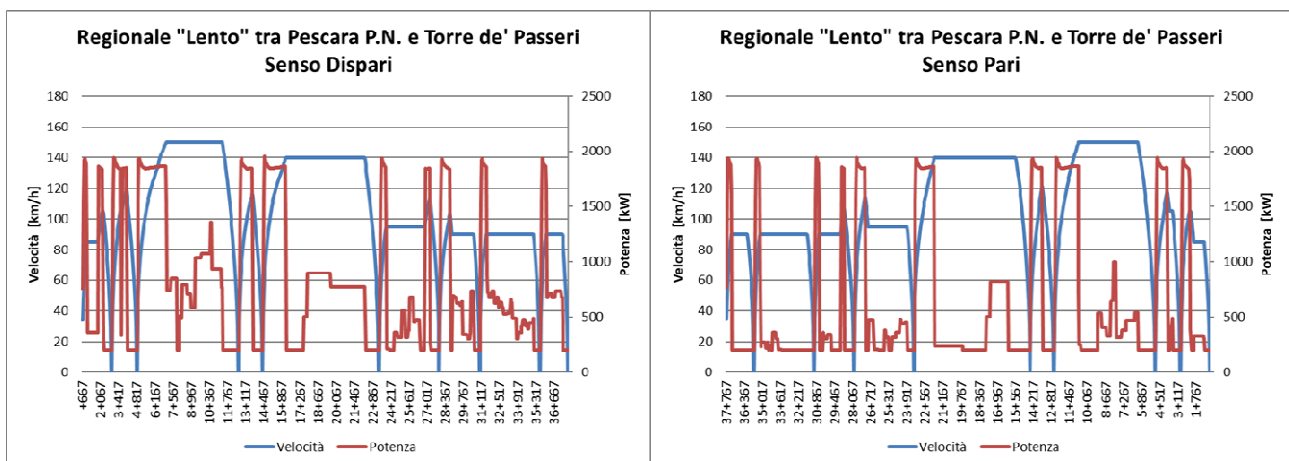


Figura 5 - Simulazioni di marcia: Regionale "Lento" in transito tra Pescara P.N. e Torre de' Passeri

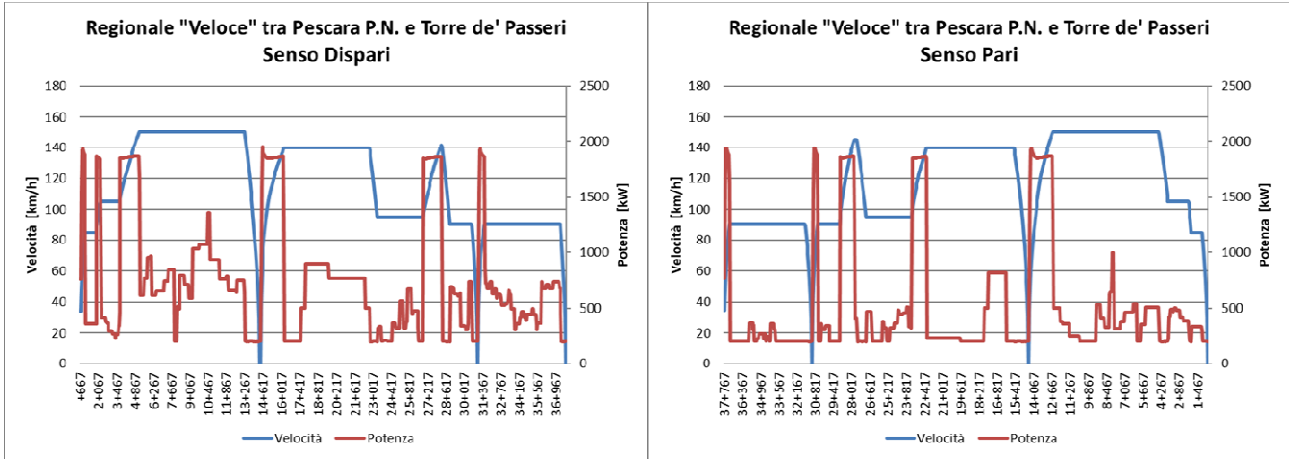


Figura 6 - Simulazioni di marcia: Regionale "Veloce" in transito tra Pescara P.N. e Torre de' Passeri

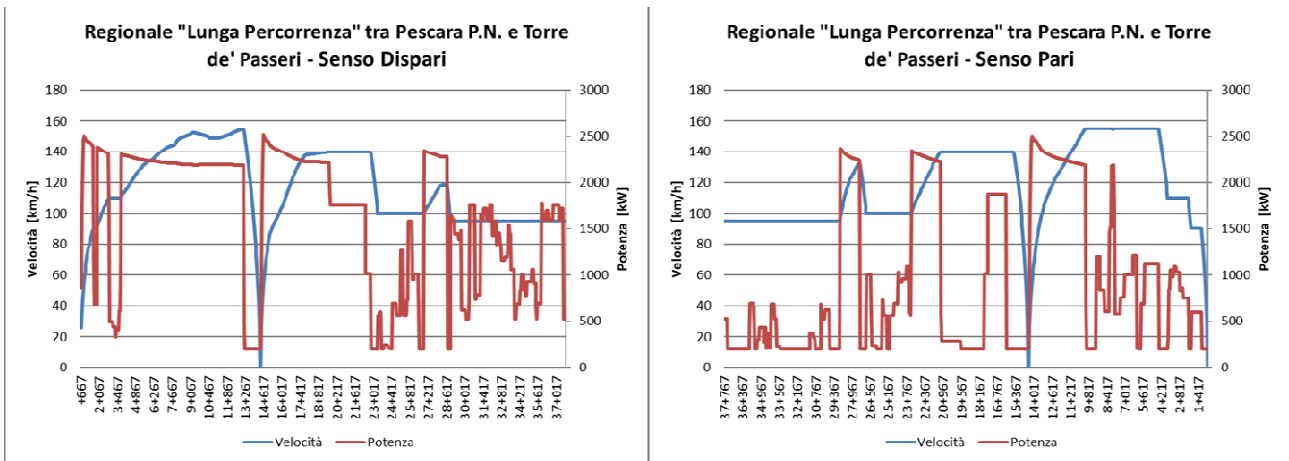


Figura 7 - Simulazioni di marcia: Regionale "Lunga Percorrenza" in transito tra Pescara P.N. e Torre de' Passeri

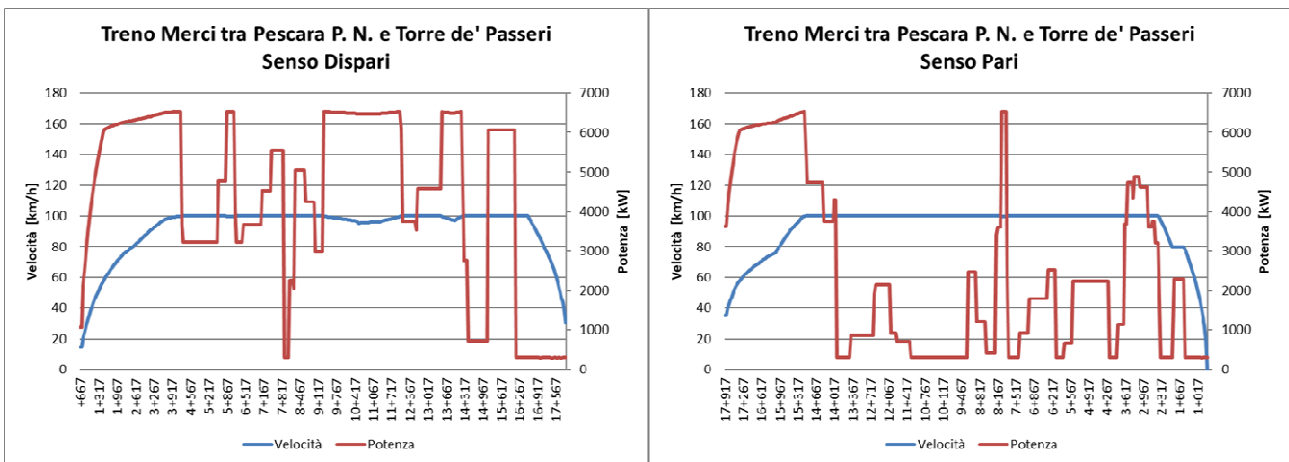


Figura 8 - Simulazioni di marcia: Treno Mercati in transito tra Pescara P.N. e Bivio Interporto

6. VERIFICA DEL SISTEMA ELETTRICO DI ALIMENTAZIONE

Al fine di verificare l'adeguatezza del sistema di trazione elettrica, sono state effettuate simulazioni sulla configurazione presentata, in due casi:

- normale esercizio, ovvero con tutte le sottostazioni in funzione;
- fuori servizio della nuova SSE di Manoppello.

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

Lo studio sulla verifica della potenzialità del sistema elettrico è stato realizzato tramite programmi dedicati, che eseguono sia le simulazioni di marcia dei treni che i calcoli di rete; essi forniscono in uscita grandezze che permettono di valutare le prestazioni del sistema di trazione, in riferimento a:

- qualità della tensione al pantografo;
- carico elettrico riferito alla linea;
- carico elettrico delle apparecchiature di sottostazione.

6.1 Risultati delle simulazioni di sistema

6.1.1 Normale esercizio

Si riportano di seguito i risultati delle simulazioni relative al normale esercizio. L'analisi è riferita a due diversi intervalli: uno è quello dell'ora di punta del servizio passeggeri, l'altro è caratterizzato da un traffico promiscuo di treni passeggeri e treni merci. Rispetto alle due ore di ampiezza degli intervalli considerati per le simulazioni di marcia, le analisi elettriche sono ristrette solo alla prima ora degli intervalli, così da avere risultati significativi e facilmente sintetizzabili. I valori ricavati sono stati confrontati con i valori limite prescritti dalle normative di riferimento **CEI EN 50163 e CEI EN 50388**.

Si fa osservare che i valori riportati per le SSE di Pescara e Torre de' Passeri sono relativi al solo traffico sulla tratta Pescara Porta Nuova – Torre de' Passeri, mentre le stesse SSE devono garantire anche l'alimentazione, rispettivamente, del traffico sulla Linea Ferroviaria Adriatica e quello sulla linea Pescara – Roma, in particolare tra Torre de' Passeri e Anversa.

Potenza massima assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	2850 ¹
	SSE_MANOPPELLO	3040
	SSE_TORRE DE' PASSERI	2490 ²
Potenza media in 1 h assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	415 ¹
	SSE_MANOPPELLO	832
	SSE_TORRE DE' PASSERI	681 ²
Potenza media in 1 h assorbita da tutte le SSE [kW]		1930
Potenza massima assorbita da tutte le SSE [kW]		6480
Potenza media in 1 h fornita dalla linea di contatto [kW]		1880
Potenza massima fornita dalla linea di contatto [kW]		6220
Rendimento medio del sistema di trazione [%]		97,40

Tabella 11 - Risultati generali nel normale esercizio (ora di punta servizio passeggeri)

¹ Contributo verso direttrice Pescara - Chieti

² Contributo verso la direttrice Torre de' Passeri - Pescara

		Normale esercizio	Limiti Normativi
Tensione media [V]	Dispari	3310	-
	Pari	3321	
	Generale	3315	
Tensione media utile [V]	Dispari	3266	2700 (linee convenzionali STI e linee classiche)
	Pari	3264	
Tensione minima [V]	Dispari	3082	2000
	Pari	3072	

Tabella 12 - Tensioni al pantografo nel normale esercizio (ora di punta servizio passeggeri)

Potenza massima assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	5830 ¹
	SSE_MANOPPELLO	7670
	SSE_TORRE DE' PASSERI	2870 ²
Potenza media in 1 h assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	1240 ¹
	SSE_MANOPPELLO	1260
	SSE_TORRE DE' PASSERI	500 ²
Potenza media in 1 h assorbita da tutte le SSE [kW]		3000
Potenza massima assorbita da tutte le SSE [kW]		10050
Potenza media in 1 h fornita dalla linea di contatto [kW]		2850
Potenza massima fornita dalla linea di contatto [kW]		10800
Rendimento medio del sistema di trazione [%]		95,30

Tabella 13 - Risultati generali nel normale esercizio (traffico promiscuo)

		Normale esercizio	Limiti Normativi
Tensione media [V]	Dispari	3230	-
	Pari	3279	
	Generale	3254	

¹ Contributo verso direttrice Pescara - Chieti

² Contributo verso la direttrice Torre de' Passeri - Pescara

Tensione media utile [V]	Dispari	3053	2700 (linee convenzionali STI e linee classiche)
	Pari	3137	
Tensione minima [V]	Dispari	2606	2000
	Pari	2699	

Tabella 14 - Tensioni al pantografo nel normale esercizio (traffico promiscuo)

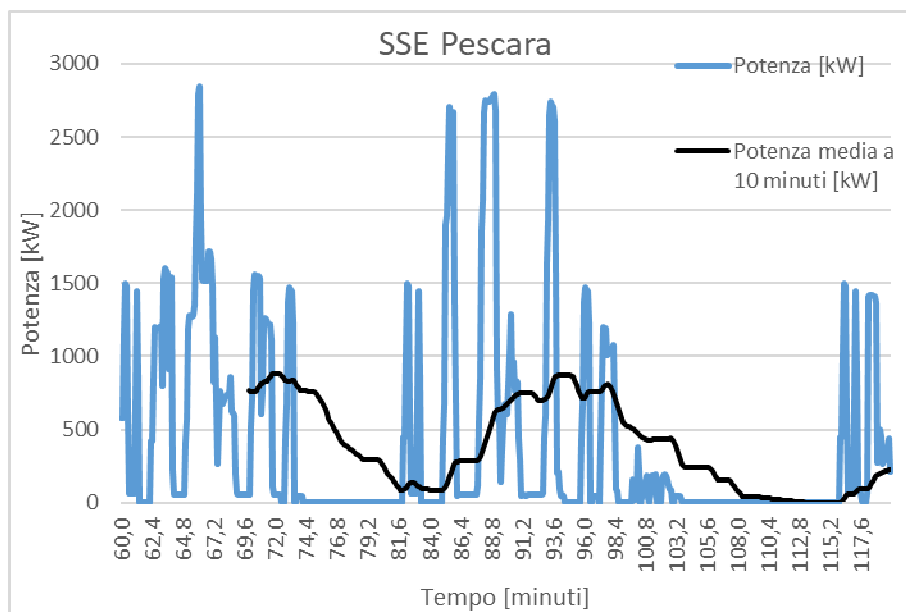


Figura 9 - Potenza assorbita dalla SSE di Pescara per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri (ora di punta servizio passeggeri)

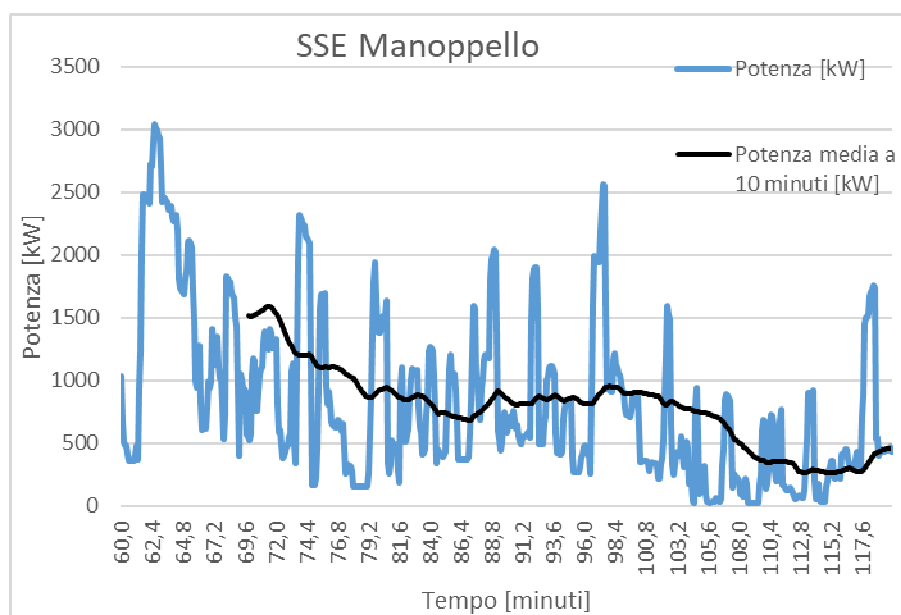


Figura 10 - Potenza assorbita dalla SSE di Manoppello per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri (ora di punta servizio passeggeri)

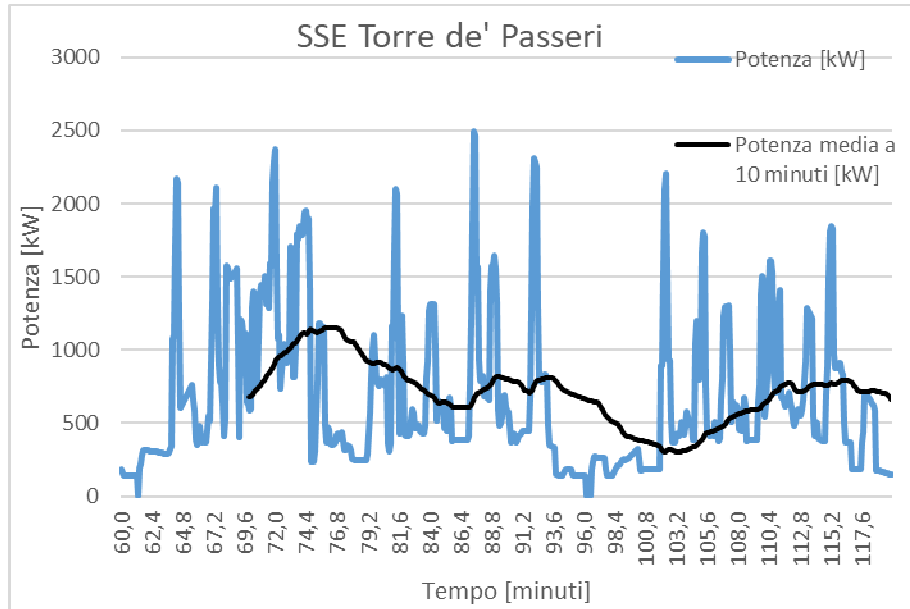


Figura 11 - Potenza assorbita dalla SSE di Torre de' Passeri per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri (ora di punta servizio passeggeri)

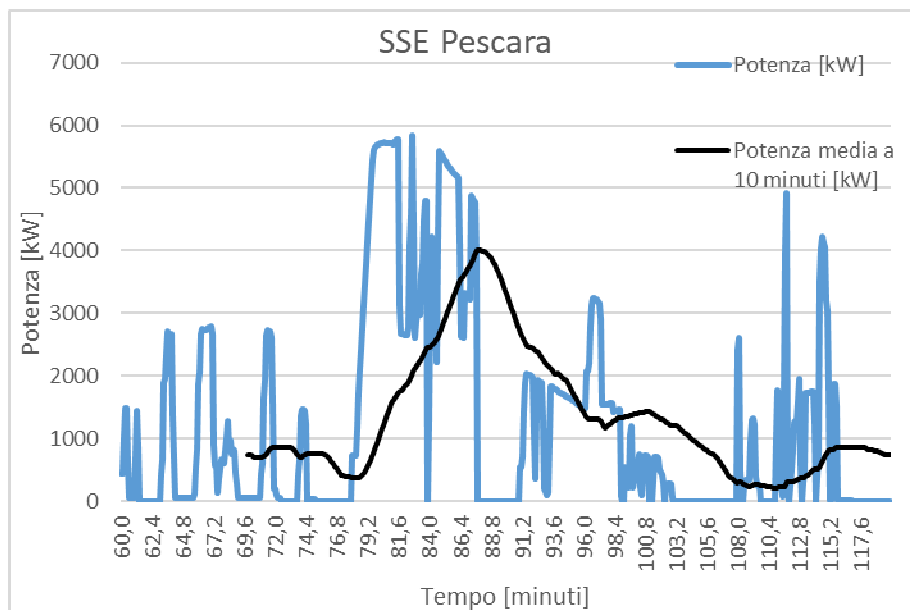


Figura 12 - Potenza assorbita dalla SSE di Pescara per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri (traffico promiscuo)

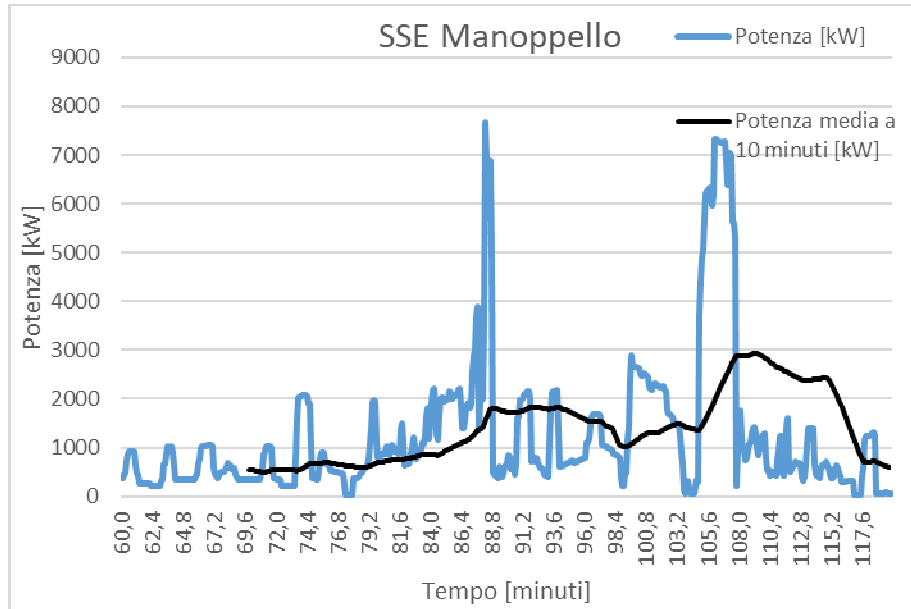


Figura 13 - Potenza assorbita dalla SSE di Manoppello per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri (traffico promiscuo)

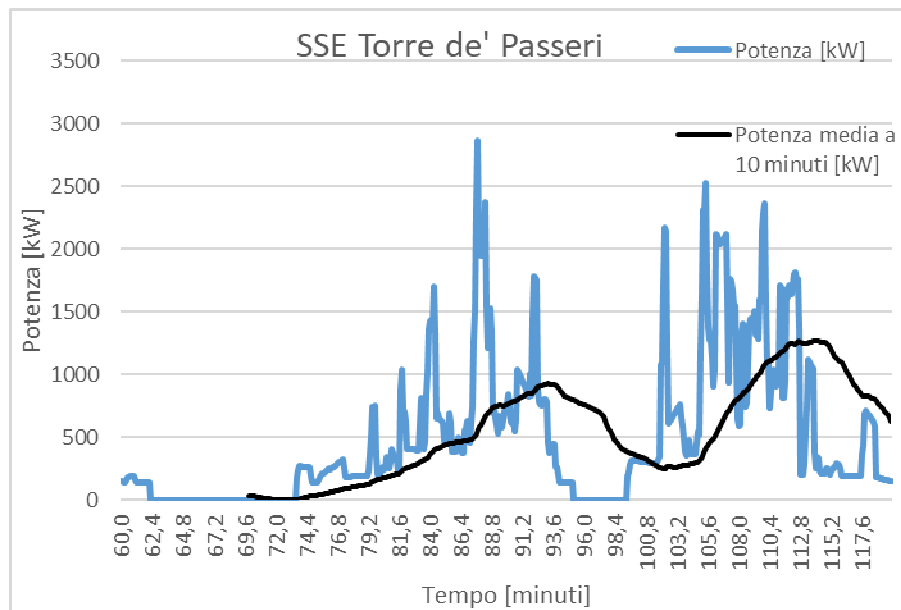


Figura 14 - Potenza assorbita dalla SSE di Torre de' Passeri per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri (traffico promiscuo)

Nell'intervallo di tempo dell'ora di punta del servizio passeggeri, il valore di tensione minima per il verso dispari è di 3082 V mentre per il verso pari è di 3072 V. I valori ottenuti per entrambi i sensi di marcia sono conformi, con ampi margini, ai limiti imposti dalle normative citate. Il valore di tensione media utile, indice di qualità di tensione al pantografo, è di 3266 V per il verso dispari, mentre per il verso pari è di 3264 V, entrambi al di sopra del limite imposto dalla normativa.

Considerando i bassi livelli delle potenze medie assorbite, non risulta necessario approfondire gli aspetti relativi alle sovraturetemperature della linea di contatto; queste, infatti, possono costituire un limite dimensionante solo nei casi di linee con elevato carico medio.

Nella Tabella 13 e nella Tabella 14 sono riportate le stime delle tensioni e delle potenze nel caso di traffico promiscuo; anche questi risultano essere conformi alle norme, con buoni margini.

6.1.2 Fuori servizio della SSE di Manoppello

Si riportano di seguito i risultati delle simulazioni relative al fuori servizio della SSE di Manoppello. Anche in questo caso sono stati analizzati due intervalli temporali: uno è quello dell'ora di punta del servizio passeggeri, l'altro è caratterizzato da un traffico promiscuo di treni passeggeri e treni merci. Rispetto alle due ore di ampiezza degli intervalli considerati per le simulazioni di marcia, le analisi elettriche sono ristrette solo alla prima ora degli intervalli, così da avere risultati significativi e facilmente sintetizzabili. I valori ricavati sono stati confrontati con i valori limite prescritti dalle normative di riferimento **CEI EN 50163 e CEI EN 50388**.

Si ricorda inoltre che i valori riportati per le SSE di Pescara e Torre de' Passeri sono relative al solo traffico sulla tratta Pescara Porta Nuova – Torre de' Passeri, mentre le stesse SSE devono garantire anche l'alimentazione, rispettivamente, del traffico sulla Linea Ferroviaria Adriatica e quello sulla linea Pescara – Roma, in particolare tra Torre de' Passeri e Anversa.

Potenza massima assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	4240 ¹
	SSE_TORRE DE' PASSERI	3970 ²
Potenza media in 1 h assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	806 ¹
	SSE_TORRE DE' PASSERI	1370 ²
Potenza media in 1 h assorbita da tutte le SSE [kW]		2180
Potenza massima assorbita da tutte le SSE [kW]		7530

¹ Contributo verso la direttrice Pescara - Chieti

² Contributo verso la direttrice Torre de' Passeri - Pescara

Potenza media in 1 h fornita dalla linea di contatto [kW]	1880
Potenza massima fornita dalla linea di contatto [kW]	6220
Rendimento medio del sistema di trazione [%]	86,13

Tabella 15 - Risultati generali nel fuori servizio della SSE di Manoppello (ora di punta servizio passeggeri)

		Normale esercizio	Limiti Normativi
Tensione media [V]	Dispari	3196	-
	Pari	3223	
	Generale	3210	
Tensione media utile [V]	Dispari	3102	2700 (linee convenzionali STI e linee classiche)
	Pari	3122	
Tensione minima [V]	Dispari	2705	2000
	Pari	2707	

Tabella 16 - Tensioni al pantografo nel fuori servizio della SSE di Manoppello (ora di punta servizio passeggeri)

Potenza massima assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	7750 ¹
	SSE_TORRE DE' PASSERI	6020 ²
Potenza media in 1 h assorbita in SSE [kW]	SSE_PESCARA	2160 ¹
	SSE_TORRE DE' PASSERI	1340 ²
Potenza media in 1 h assorbita da tutte le SSE [kW]		3500
Potenza massima assorbita da tutte le SSE [kW]		13600
Potenza media in 1 h fornita dalla linea di contatto [kW]		2770
Potenza massima fornita dalla linea di contatto [kW]		9610
Rendimento medio del sistema di trazione [%]		79,27

Tabella 17 - Risultati generali nel fuori servizio della SSE di Manoppello (traffico promiscuo)

¹ Contributo verso la direttrice Pescara - Chieti

² Contributo verso la direttrice Torre de' Passeri - Pescara

		Normale esercizio	Limiti Normativi
Tensione media [V]	Dispari	3080	-
	Pari	3139	
	Generale	3109	
Tensione media utile [V]	Dispari	2863	2700 (linee convenzionali STI e linee classiche)
	Pari	2830	
Tensione minima [V]	Dispari	2216	2000
	Pari	2094	

Tabella 18 - Tensioni al pantografo nei fuori servizio della SSE di Manoppello (traffico promiscuo)

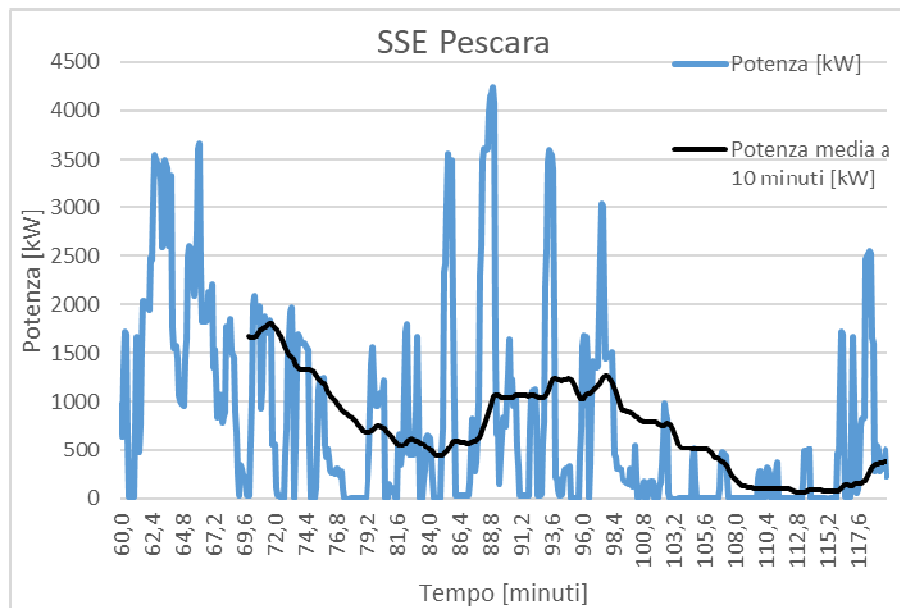


Figura 15 - Potenza assorbita dalla SSE di Pescara per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri con la SSE di Manoppello in fuori servizio (ora di punta servizio passeggeri)

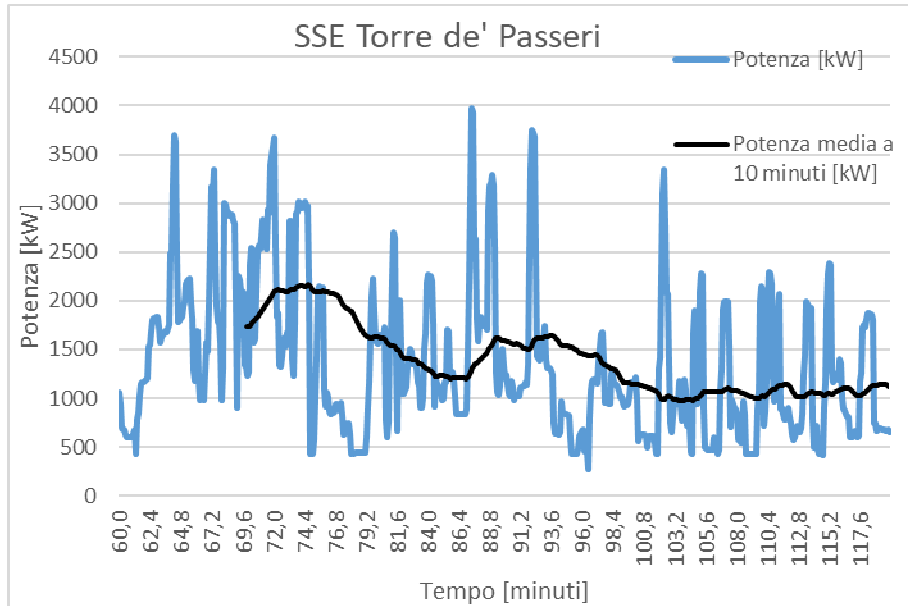


Figura 16 - Potenza assorbita dalla SSE di Torre de' Passeri per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri con la SSE di Manoppello in fuori servizio (ora di punta servizio passeggeri)

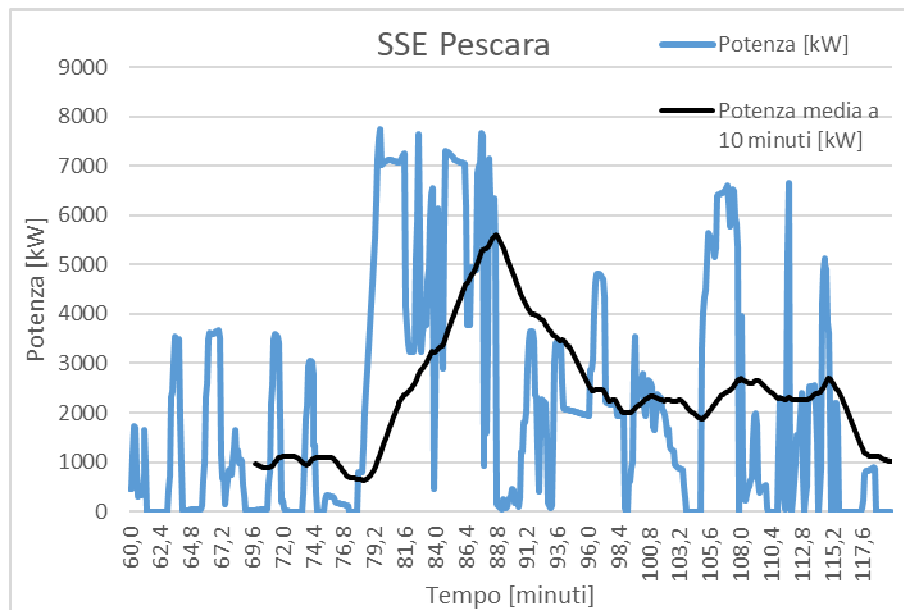


Figura 17 - Potenza assorbita dalla SSE di Pescara per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri con la SSE di Manoppello in fuori servizio (traffico promiscuo)

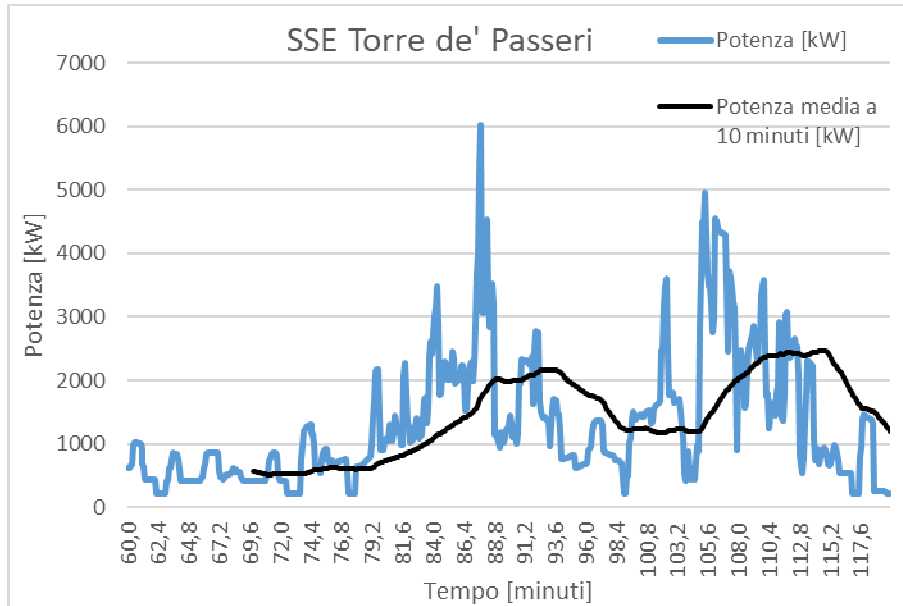


Figura 18 - Potenza assorbita dalla SSE di Torre de' Passeri per il traffico sulla tratta Pescara – Torre de' Passeri con la SSE di Manoppello in fuori servizio (traffico promiscuo)

Nell'intervallo di tempo dell'ora di punta del servizio passeggeri, il valore di tensione minima per il verso dispari è di 2705 V mentre per il verso pari è di 2707 V. I valori ottenuti per entrambi i sensi di marcia sono conformi, con buoni margini, ai limiti imposti dalle normative citate. Il valore di tensione media utile, indice di qualità di tensione al pantografo per il verso dispari è di 3102 V mentre per il verso pari è di 3122 V, entrambi al di sopra del limite imposto dalla normativa.

Considerando i bassi livelli delle potenze medie assorbite, non risulta necessario approfondire gli aspetti relativi alle sovratemperature della linea di contatto; queste, infatti, possono costituire un limite dimensionante solo nei casi di linee con elevato carico medio.

Nella Tabella 17 e nella Tabella 18 sono riportate le stime delle tensioni e delle potenze nel caso di traffico promiscuo; anche questi ultimi risultano essere conformi alle norme, ma con scarsissimi margini, a causa della grande potenza richiesta dai treni merci. Questo dato conferma la necessità di potenziare il sistema di alimentazione della linea costruendo la nuova SSE di Manoppello.

6.1.3 Altri casi di fuori servizio

Sono stati analizzati anche gli altri casi N-1, ovvero con il fuori servizio, alternativamente, delle SSE di Pescara e Torre de' Passeri. Grazie all'introduzione della SSE di Manoppello, la configurazione elettrica risulta idonea a garantire l'esercizio anche nel caso di guasto N-1, diversamente dall'attuale configurazione di rete.

Anche i casi di fuori esercizio di un solo gruppo per volta in ognuna delle sottostazioni, grazie alle limitate potenze medie richieste dalle SSE, sono sostenuti dal sistema senza determinare degrado dell'esercizio.

7. CONCLUSIONI

Lo schema di alimentazione previsto a seguito degli interventi di raddoppio consisterà, oltre alle SSE esistenti di Pescara e Torre de' Passeri, in una Cabina TE a Chieti, una SSE in corrispondenza del bivio tra la linea Pescara – Roma e l'Interporto d'Abruzzo, e doppio binario con catenaria a STANDARD RFI con sezione complessiva da 440 mm² nella tratta oggetto del raddoppio.

Dallo studio effettuato, è emerso che in tale modo il numero e la posizione delle SSE risultano idonei a garantire il rispetto dei limiti previsti dalle normative di riferimento (CEI EN 50163 e CEI EN 50388) e la piena compatibilità del carico elettrico con le apparecchiature degli impianti fissi di trazione, nel caso di sistema di alimentazione integro o con un solo gruppo di conversione fuori esercizio.

Grazie alla nuova SSE di Manoppello, è possibile inoltre garantire il normale esercizio ferroviario anche in caso di fuori servizio di una sottostazione. Questa contingenza, con la configurazione di rete attualmente esistente, comporterebbe invece un forte degrado dell'esercizio, soprattutto in relazione al traffico merci.

In particolare, senza la SSE di Manoppello e con la SSE di Pescara fuori servizio risulterebbero ingenti ripercussioni all'esercizio sia sulla Pescara – Chieti, sia sulla Linea Adriatica.

Si evidenzia infine che la nuova SSE di Manoppello apporta un cospicuo miglioramento anche con gli impianti in normale esercizio, in quanto in questa configurazione le tensioni al pantografo rispettano ampiamente i limiti imposti dalla normativa vigente, mentre senza la SSE di Manoppello le tensioni minime sono molto prossime al limite imposto dalla normativa, con conseguente degrado delle prestazioni garantite dal sistema.

Questo aspetto determina benefici non solo sulle performance del treno, ma anche sui rendimenti energetici del sistema di trazione, che aumentano notevolmente con la realizzazione della nuova SSE.