



CALCOLO DELLA CAPACITÀ DEL SISTEMA DI TRAZIONE

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.201.00

EDIZIONE: F

Pag. 1 di 40

CONTROLLO EDIZIONE

EDIZIONE	MOTIVO	DATA
-	Prima edizione	16-12-2014
A	Aggiornamento	27-03-2015
B	Aggiornamento	20-07-2015
C	Aggiornamento	20-07-2015
D	Aggiornamento	09-02-2016
E	Cambio formato	20-06-2016
F	Aggiornamento in base alla nota tecnico n. C04-2016	16-01-2017

Eseguito da:

Nome: Itxaso Segues Guridi

Firma:

Data: 16-01-2017

Approvato da:

Nome: Mikel Xabier Rodrigo

Firma:

Data: 16-01-2017

Verificato da:

Nome: Arnaud Faget

Firma:

Data: 16-01-2017

INDICE

1. OGGETTO	3
2. DATI GENERALI	4
2.1. PESO.....	4
2.2. RESISTENZA DI FUNZIONAMENTO.....	4
2.3. TENSIONE DI CATENARIA	4
2.4. CONDIZIONI AMBIENTALI	4
VELOCITÀ MASSIMA	4
2.5. ALTRO.....	5
3. CAPACITÀ DI TRAZIONE.....	5
3.1. PRESTAZIONI IN MODALITÀ NORMALE (100%) E PENDENZA 0% (CONTINUO)	5
3.2. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 75% E PENDENZA 0% (CONTINUO)	9
3.3. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 50% E PENDENZA 0% (CONTINUO)	13
3.4. PRESTAZIONI IN MODALITÀ NORMALE 1500V E PENDENZA 0% (CONTINUO)	16
3.5. PRESTAZIONI IN MODALITÀ NORMALE (100%) E PENDENZA 0% (20 MINUTI)	20
3.6. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 75% E PENDENZA 0% (20 MINUTI)	23
3.7. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 50 % E PENDENZA 0% (20 MINUTI)	26
3.8. TAVOLA RIASSUNTO DI VALORI DI PRESTAZIONI.....	29
4. GRADO DI PRESTAZIONE.....	29
5. RENDIMENTO ENERGETICO	29
6. DISTRIBUZIONE DELLA POTENZA DA LINEA AEREA DI CONTATTO A ASSE	30
6.1. TRAZIONE.....	32
6.2. FRENO	32
7. VARIAZIONE DI TENSIONE LINEA AEREA DI CONTATTO A 3000 V.....	33
7.1. MODALITA NORMALE.....	33
7.2. MODALITA DEGRADADO 75%	36
7.3. MODALITA DEGRADADO 50%	38
8. VARIAZIONE DI TENSIONE LINEA AEREA DI CONTATTO A 1500 V.....	40



CALCOLO DELLA CAPACITÀ DEL SISTEMA DI TRAZIONE

LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.201.00

EDIZIONE: F

Pag. 3 di 40

1. OGGETTO

Il presente documento definisce i requisiti di progetto per le capacità del freno elettrico e di trazione nel progetto TRENITALIA-UPGRADE LOCOMOTIVE E402A.

2. DATI GENERALI

2.1. Peso

Carico locomotiva	88 Tn
Carico rimorchio	480 Tn
Massa virtuale	92 Tn
Massa per assi motore	22 Tn
Massa lineale	4,81 Tn/m

2.2. Resistenza di funzionamento

Dovrà essere considerata la seguente resistenza:

$$R_{mov} = (a + c \cdot v^2) \text{ in [kN/Tn]}$$

$$a = 0,0125$$

$$c = 0,000021$$

M: Massa (Tn) V: Velocità (m/sg)

2.3. Tensione di catenaria

La tensione di catenaria deve essere conforme alla EN 50163, a 1500 V e 3000 V. Al fine di facilitare il funzionamento stabile della rete di alimentazione elettrica, la variazione delle prestazioni di trazione in base alla tensione della catenaria è definita come stabilito nella norma EN 50388.

L'apparecchiatura di trazione potrà fornire prestazioni di trazione superiori a tensioni basse, anche se la norma non lo consiglia per garantire il coordinamento tra il sistema elettrico di bordo e dell'infrastruttura.

Preso in considerazione che la tensione può essere fino a 4200 V in caso catenaria 3000 V.

2.4. Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali di funzionamento sono definite dalla norma CEI EN 50125-1, classe di altitudine A1 e classe di temperatura T3.

Velocità massima

La velocità di servizio massima è 200 km/h.

2.5. Altro

Rapporto di trasmissione:3,5909
 Efficienza Scatola di trasmissione:0.97
 Efficienza Motore di trazione:0.94
 Efficienza Catena di trazione: vedere punto 5
 Numero di asse motore4
 Massima Potenza alla ruota: 1310 KW (trazione)
840 KW (freno)

3. CAPACITÀ DI TRAZIONE

Nella definizione dell'impianto di trazione si è tenuto conto delle informazioni dettagliate del Plico Tecnico e del Manuale di Manutenzione (Doc E402A-MR-03) dai quali si sono ottenuti i dati tecnici dei differenti componenti del treno. Relativamente al motore di trazione, benché non si disponga di dati che ne descrivano il comportamento termico nelle condizioni definite come continuative.

Nel progetto della trazione, il bus dell'inverter avrà ad una tensione maggiore di 3200V, in modo che, all'inizio il motore possa disporre di una tensione maggiore garantendo le stesse prestazioni attuali. La condizione di disporre di una maggiore tensione nel motore produce una corrente inferiore negli avvolgimenti, e quindi una migliore efficienza termica. Per quanto sopra detto non esistono limitazioni al raggiungimento delle medesime prestazioni garantite attualmente dai motori. Quando saranno disponibili i dati di dettaglio dei motori, le informazioni saranno confermate e meglio dettagliate.

Di seguito si riportano le prestazioni per tensioni pari a 3 kV che rappresenta la condizione più restrittiva. Per le restanti tensioni (3,6 kV, 3,8 kV e 4 kV) si mantengono le medesime curve di 3 kV.

3.1. PRESTAZIONI IN MODALITÀ NORMALE (100%) E PENDENZA 0% (CONTINUO)

Si è richiesto di mantenere le prestazioni di trazione e frenatura della locomotiva da riabilitare. Anche se l'armadio di trazione può occasionalmente avere maggiori prestazioni di quelle definite in questa descrizione, mantenendo i motori di trazione attuali nella locomotiva E402A. Il fatto di poter dare maggiori prestazioni può surriscaldare i motori attuali, per cui, vista l'assenza di informazioni più dettagliate sul motore, si sceglie di presentare queste prestazioni.



CALCOLO DELLA CAPACITÀ DEL SISTEMA DI TRAZIONE

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.201.00

EDIZIONE: F

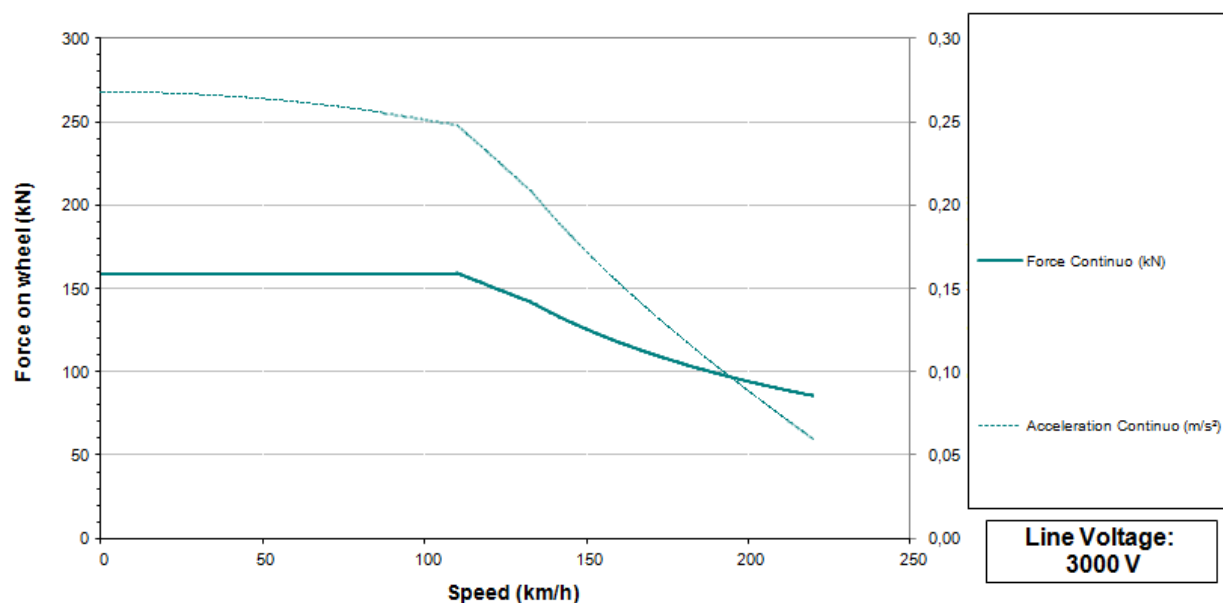
Pag. 6 di 40

Prestazioni di trazione e frenatura in modalità normale e pendenza 0%

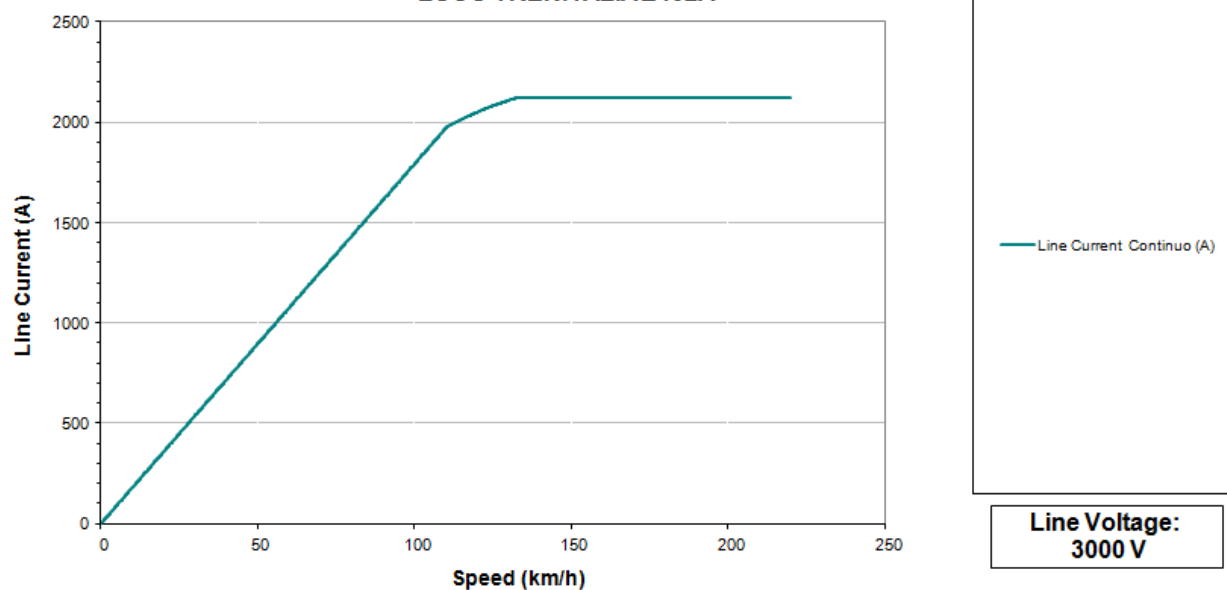
Accelerazione massima	0,27 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,27 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,26 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,24 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,22 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,15 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,12 m/s ²
Accelerazione residua a 200 km/h	0,09 m/s ²
Decelerazione massima	0,23 m/s ²
Decelerazione media da 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)	0,23 m/s ²
Decelerazione media da 200 km/h a 0 (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Tensione nominale in trazione	3000 Vdc
Tensione nominale in frenata	3900 Vdc

TRAZIONE

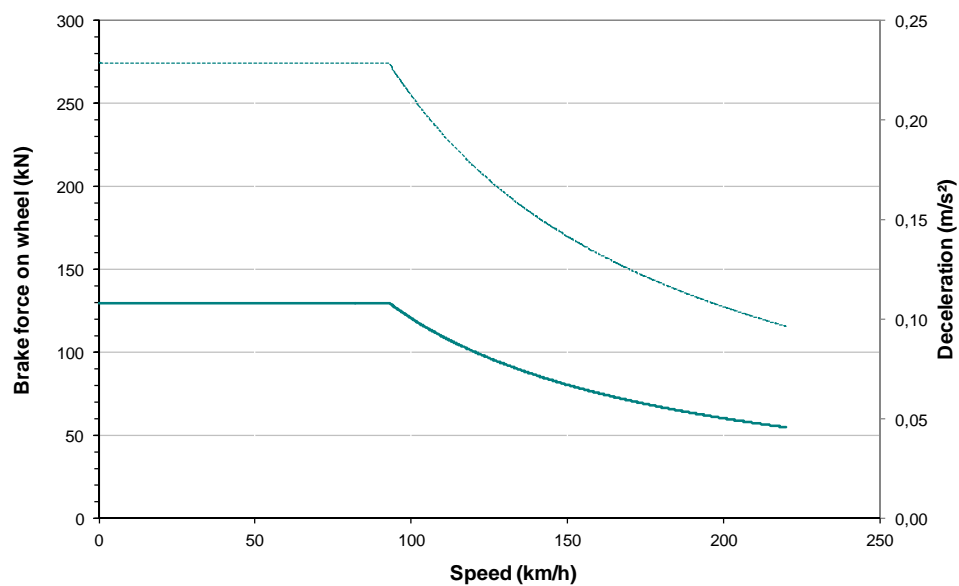
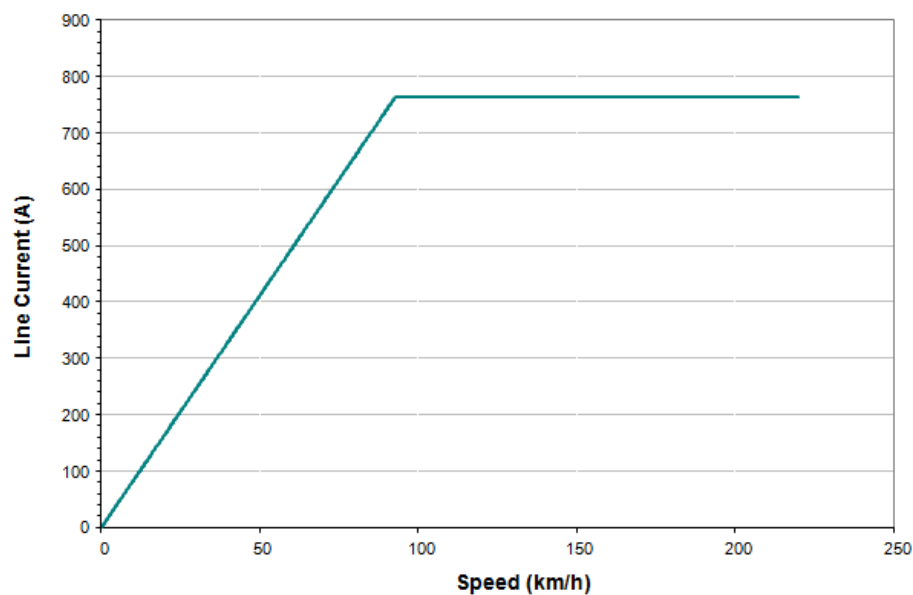
PRESTAZIONI TRAZIONE PENDEZA 0% MODALITÀ NORMALE. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIAE402A



PRESTAZIONI TRAZIONE PENDEZA 0% MODALITÀ NORMALE. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIAE402A



FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402ALine Voltage:
3900 VPRESTAZIONI DI TRAZIONE
PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402ALine Voltage:
3900 V

Equazioni			Range di velocità	
			V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
3KVCC	Trazione	Y = 159	0	110
		Y = 243,15-0,76*X	110	133
		Y = 18834,15/X	133	200
3KVCC	Frenatura	Y = 130	0*	92,8
		Y = 12064/X	92,8	200

*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

Questi stesse curve di prestazioni sono le curve orari del sistema di trazione (in trazione e frenatura) le curve di sforzo-velocità nelle quali il sistema di trazione può stare funzionando ininterrottamente un'ora con le 4 catene di trazione operative.

3.2. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 75% E PENDENZA 0% (CONTINUO)

Prima di un guasto nella catena di trazione, l'apparecchiatura continua a far funzionare 3 dei 4 motori disponibili, al 75% della disponibilità della trasmissione. In queste condizioni, il treno è in grado di eseguire un percorso completo mantenendo le stesse prestazioni con inverter e motore attivi.

Proprio come indicato nelle prestazioni in modalità normale, il motore di trazione sarà quello che limita le prestazioni di trazione/frenatura in queste condizioni di degrado. Il convertitore di trazione è in grado di fornire maggiore potenza rispetto alla modalità normale, ma in assenza di informazioni termiche sul motore, si manterranno le prestazioni con l'inverter.

Prestazioni di trazione e frenatura in modalità di degrado 75% e pendenza 0%

Accelerazione massima	0,20 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,20 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,19 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,15 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,10 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,07 m/s ²



CALCOLO DELLA CAPACITÀ DEL SISTEMA DI TRAZIONE

LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.201.00

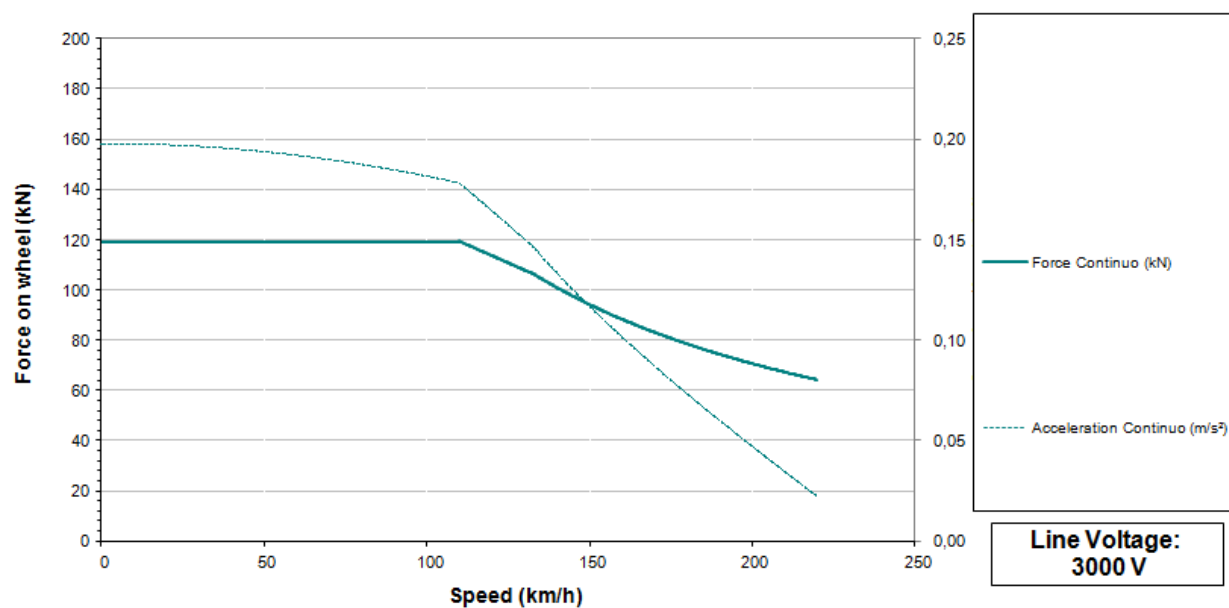
EDIZIONE: F

Pag. 10 di 40

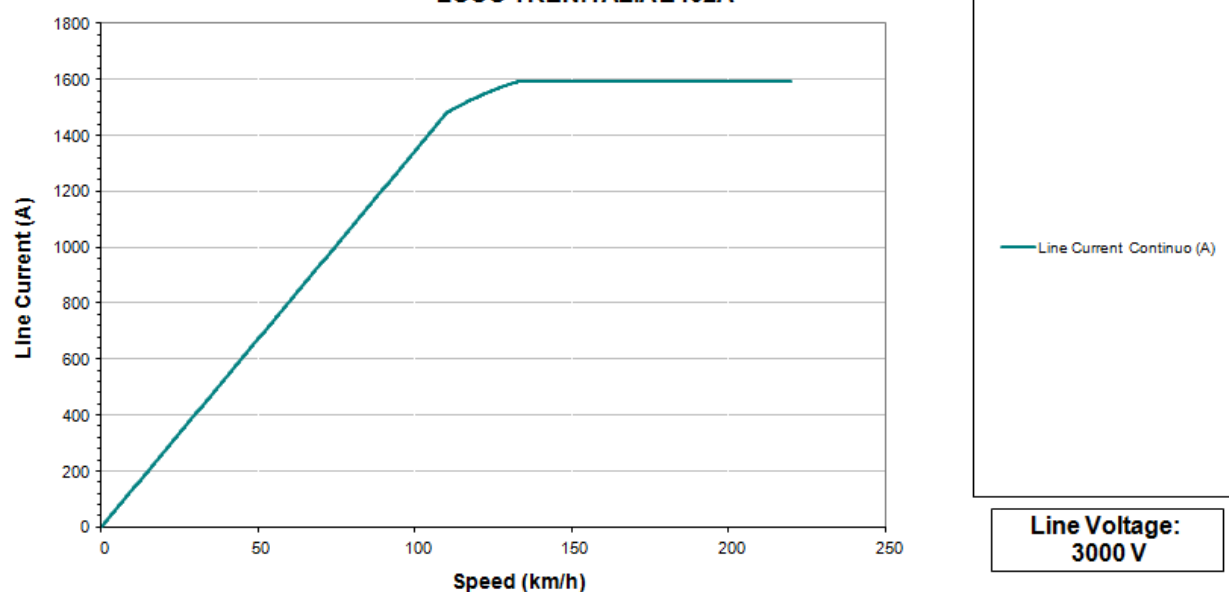
Accelerazione residua a 200 km/h	0,05 m/s ²
Decelerazione massimo	0,17 m/s ²
Decelerazione media da 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Decelerazione media da 200 km/h a 0 (senza Jerk)	0,13 m/s ²
Tensione nominale in trazione	3000 Vdc
Tensione nominale in frenata	3900 Vdc

TRAZIONE

PRESTAZIONI DI TRAZIONE PENDEZA 0% MODALITÀ 75 %. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIAE402A

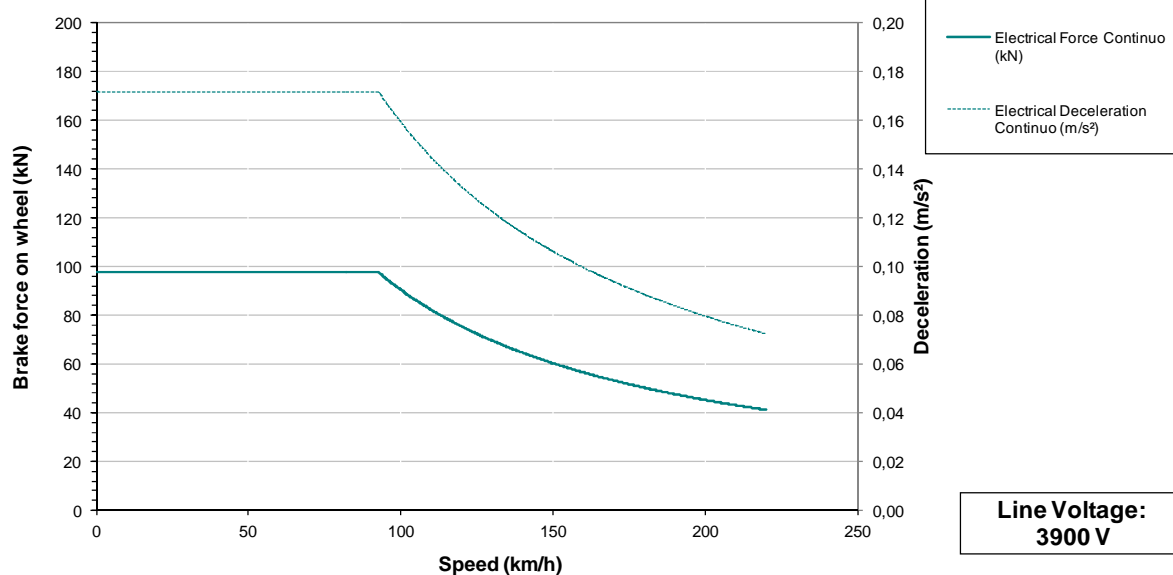


PRESTAZIONI DI TRAZIONE PENDEZA 0% MODALITÀ 75 %. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIAE402A

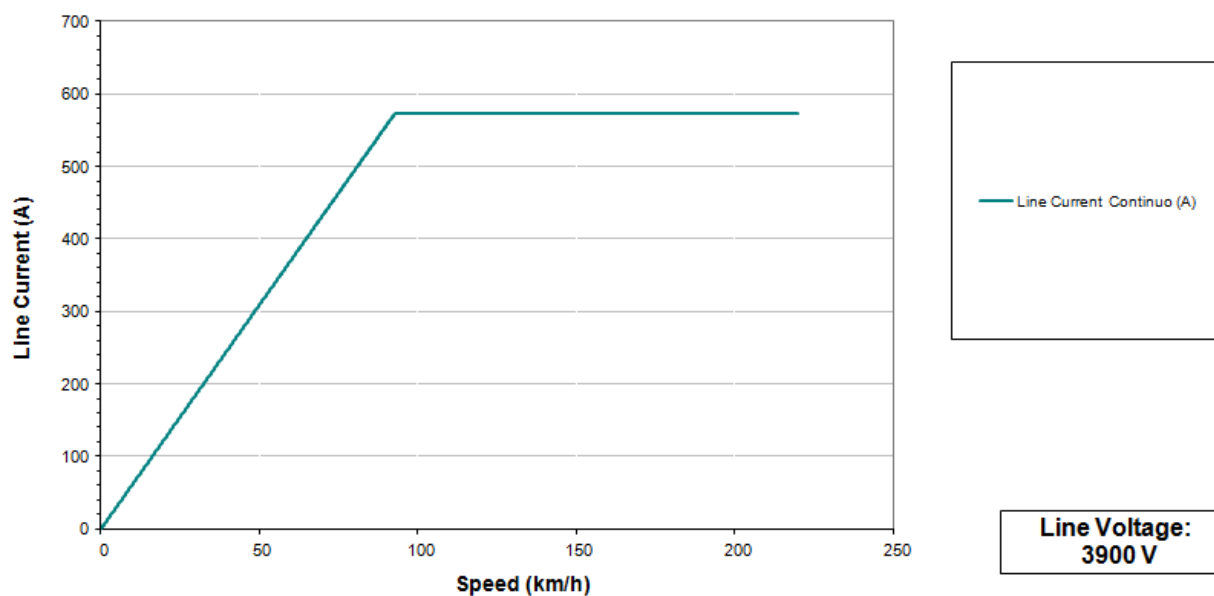


FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA PENDEZA 0% MODALITÀ 75%. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIA E402A



PRESTAZIONE DI FRENATURA PENDEZA 0% MODALITÀ 75%. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIA E402A



Equazioni			Range di velocità	
			V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
3KVCC	Trazione	Y = 119,25	0	110
		Y = 182,36-0,57*X	110	133
		Y = 14125,6/X	133	200
3KVCC	Frenatura	Y = 97,5	0*	92,8
		Y = 9048/X	92,8	200

*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

3.3. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 50% E PENDENZA 0% (CONTINUO)

Prima di un guasto in una catena di trazione (2 inverter), l'apparecchiatura continua a far funzionare 2 dei 4 motori disponibili, al 50% della disponibilità della trasmissione. In queste condizioni, il treno è in grado di eseguire un percorso completo mantenendo le stesse prestazioni con inverter e motore attivi.

Proprio come indicato nelle prestazioni in modalità normale, il motore di trazione sarà quello che limita le prestazioni di trazione/frenatura in queste condizioni di degrado. Il convertitore di trazione è in grado di fornire maggiore potenza rispetto alla modalità normale, ma in assenza di informazioni termiche sul motore, si manterranno le prestazioni con l'inverter.

Prestazioni di trazione e frenatura in modalità di degrado 50% e pendenza 0%

Accelerazione massima	0,13 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,13 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,12 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,10 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,09 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,05 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,03 m/s ²
Accelerazione residua a 200 km/h	0,01 m/s ²
Decelerazione massimo	0,17 m/s ²

Decelerazione media di 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)

0,11 m/s²

Decelerazione media di 200 km/h a 0 (senza Jerk)

0,09 m/s²

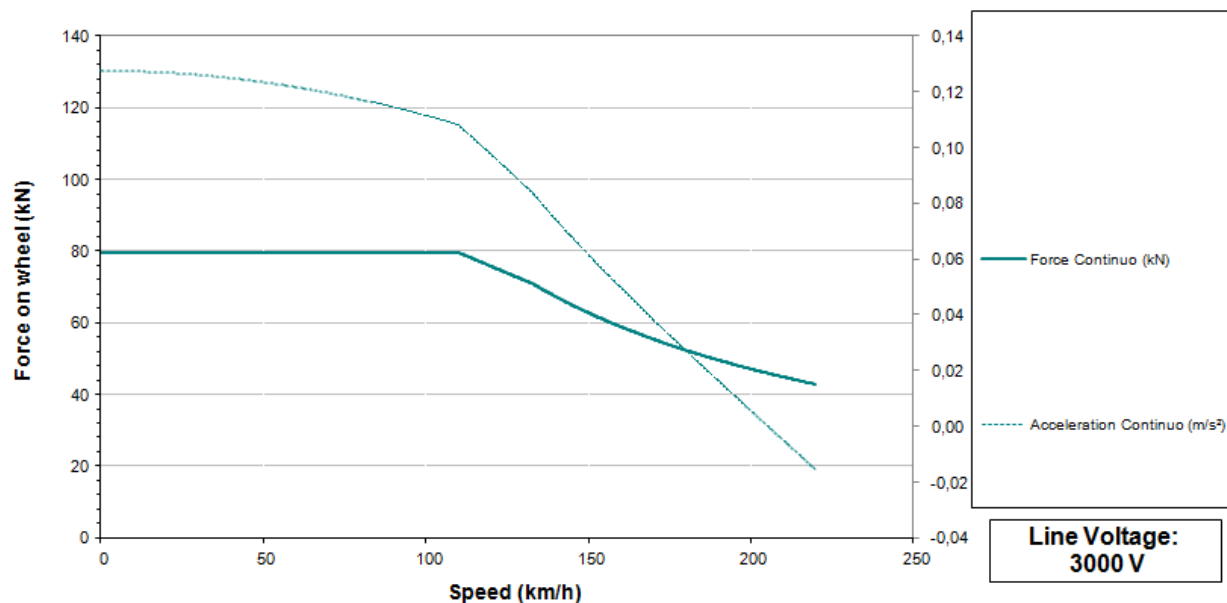
Tensione nominale en trazione

3000 Vdc

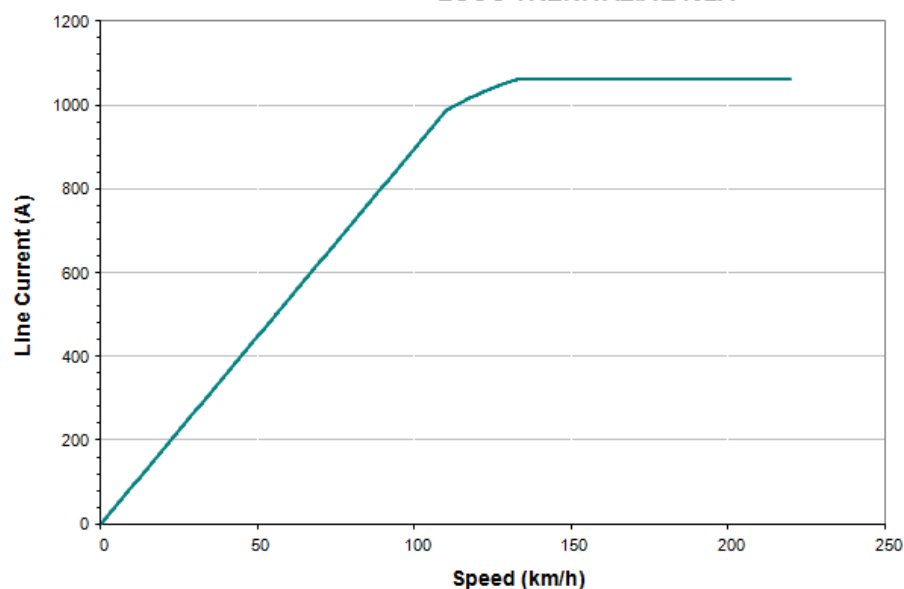
Tensione nominale in frenata

3900 Vdc

TRAZIONE

PRESTAZIONE DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITA 50% CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIAE402A

PRESTAZIONE DI TRAZIONE PENDEZA 0% MODALITÀ 50% CONTINUATIVO LOCO TRENITALIAE402A

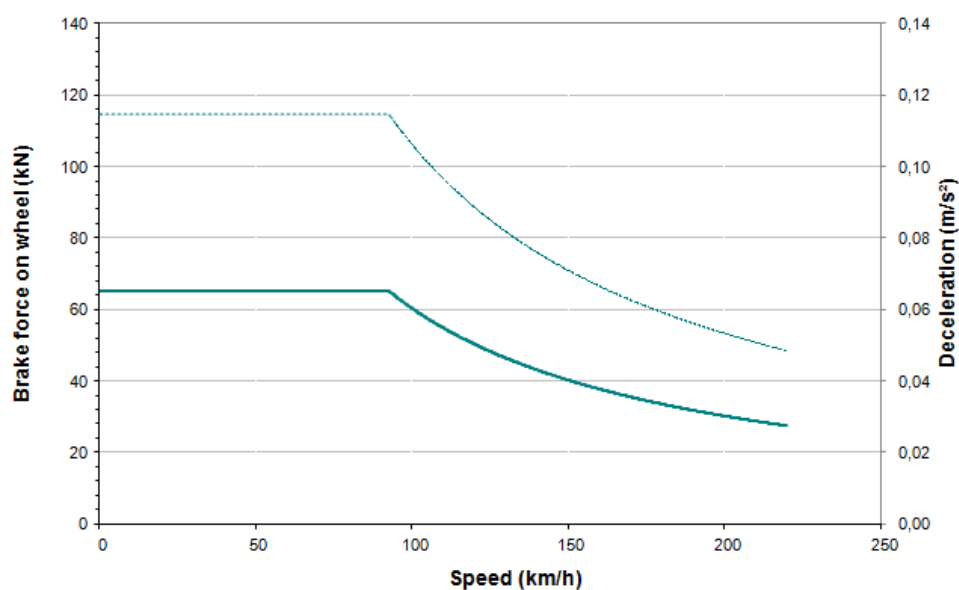


Line Current Continuo (A)

**Line Voltage:
3000 V**

FRENATURA

PRESTAZIONE DI FRENATURA PENDEZA 0% MODALITÀ 50 %. CONTINUATIVO LOCO TRENITALIAE402A

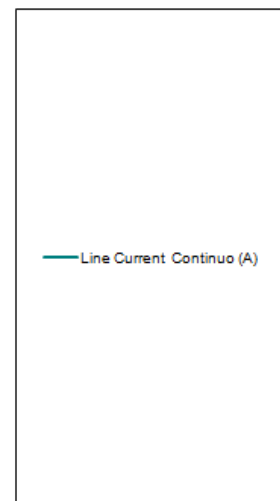
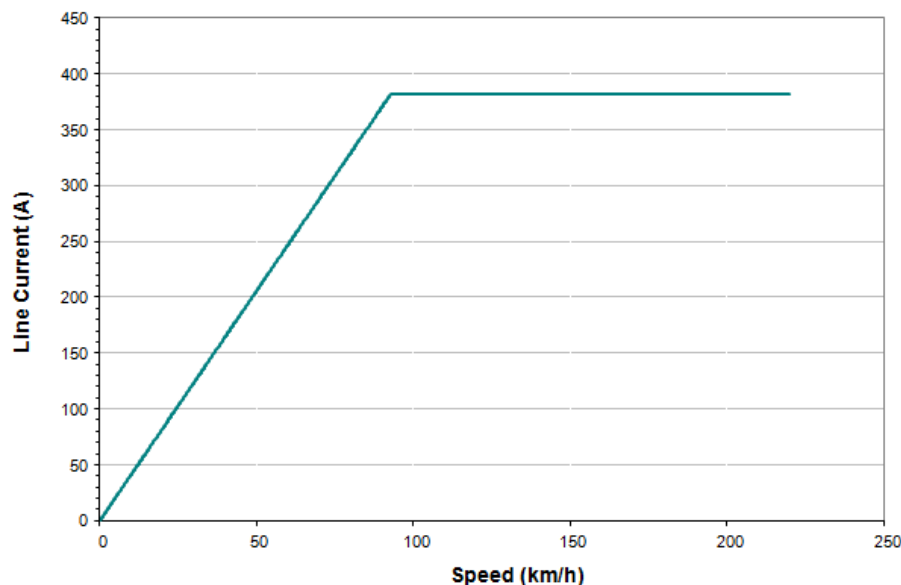


Electrical Force Continuo (kN)

Electrical Deceleration Continuo (m/s²)

**Line Voltage:
3900 V**

**PRESTAZIONE DI FRENATURA PENDENZA 0%
MODALITÀ 50 % CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A**



**Line Voltage:
3900 V**

Equazioni		Range di velocità	
		V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
3KVCC	Trazione	Y = 79.5	0
		Y = 121,58-0,38*X	110
		Y = 9417,1/X	133
3KVCC	Frenatura	Y = 65	133
		Y = 6032/X	0*
			92,8

*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

3.4. PRESTAZIONI IN MODALITÀ NORMALE 1500V E PENDENZA 0% (CONTINUO)

Le prestazioni di trazione definite per questa offerta, per la tensione della catenaria a 1500V, non sono state definite sui documenti di gara in quanto in seguito si potrebbero concordare e modificare relativamente alle esigenze di TRENITALIA. Non avendo requisiti definiti e concreti da rispettare si dovranno definire le prestazioni ottimali in base alle limitazioni dell'impianto di trazione ed alle necessità del Cliente.

Con una tensione di 1500V si offrono prestazioni inferiori rispetto a quelle previste alla tensione nominale di 3000V, mentre per il freno si potrebbero mantenere le stesse.



CALCOLO DELLA CAPACITÀ DEL SISTEMA DI TRAZIONE

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.201.00

EDIZIONE: F

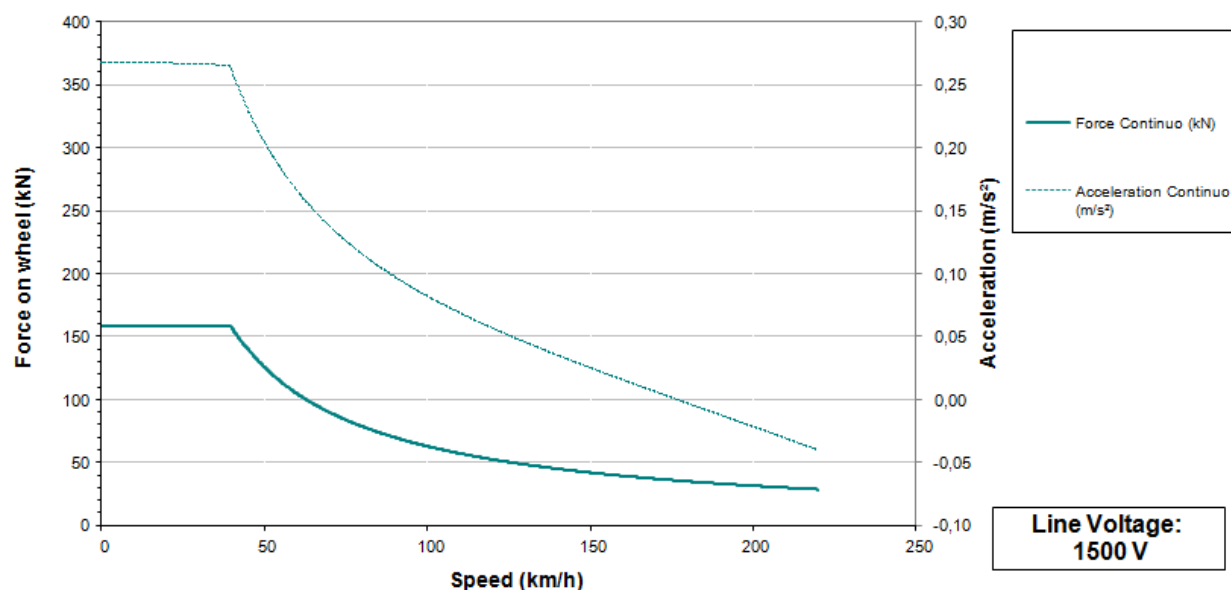
Pag. 17 di 40

Prestazioni di trazione e frenatura in modalità normale 1500V 100% e pendenza 0%

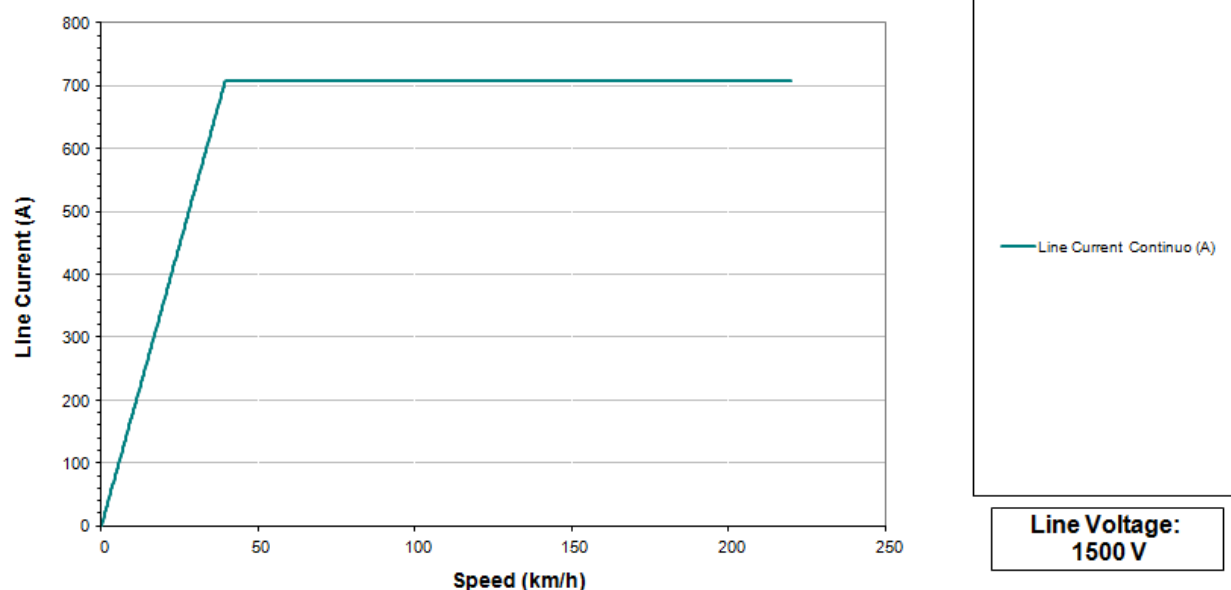
Accelerazione massima	0,27 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,27 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,20 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,14 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,11 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,06 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,03 m/s ²
Accelerazione residua a 200 km/h	0,01 m/s ²
Decelerazione massimo	0,23 m/s ²
Decelerazione media di 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)	0,23 m/s ²
Decelerazione media di 200 km/h a 0 (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Tensione nominale en trazione	1500 Vdc
Tensione nominale in frenata	1950 Vdc

TRAZIONE

PRESTAZIONI DI TRAZIONE
PENDEZA 0%
MODALITA NORMALE 1500V CAT. CONTINUO
LOCO TRENITALIAE402A

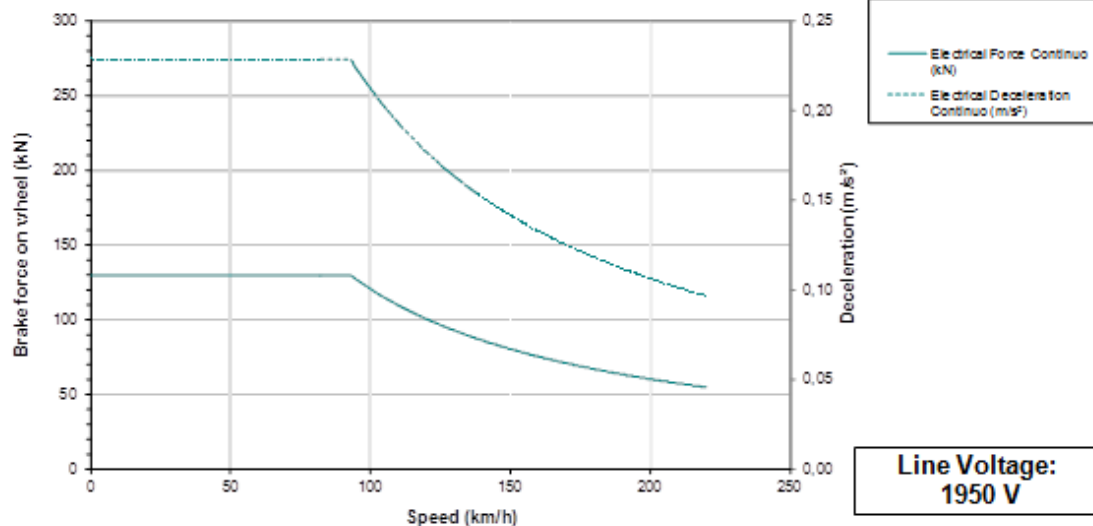


PRESTAZIONI DI TRAZIONE
PENDEZA 0%
MODALITA NORMALE 1500V CAT. CONTINUO
LOCO TRENITALIAE402A

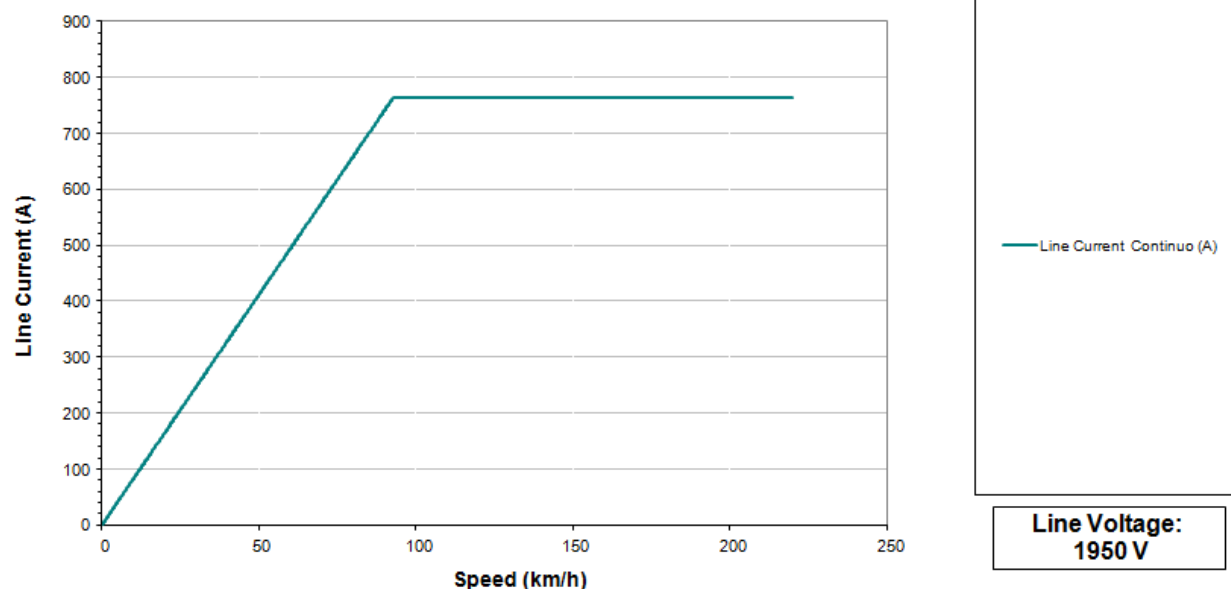


FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE 1500V CAT. CONTINUO
LOCO TRENITALIA E402A



PRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE 1500V CAT. CONTINUO
LOCO TRENITALIA E402A



Equazioni			Range di velocità	
			V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
1,5KVCC	Trazione	Y = 159	0	40
		Y = 6360/X	40	200
1,5KVCC	Frenatura	Y = 130	0*	92,8
		Y = 12064/X	92,8	200

*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

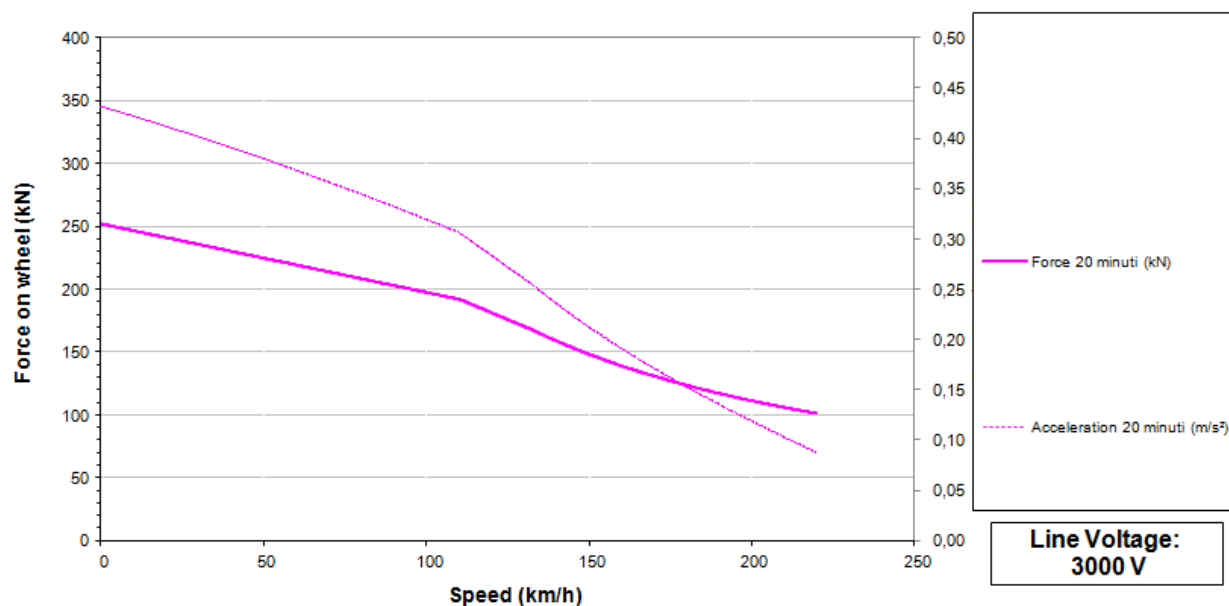
3.5. PRESTAZIONI IN MODALITÀ NORMALE (100%) E PENDENZA 0% (20 MINUTI)

Prestazioni di trazione e frenatura in modalità normale e pendenza 0%

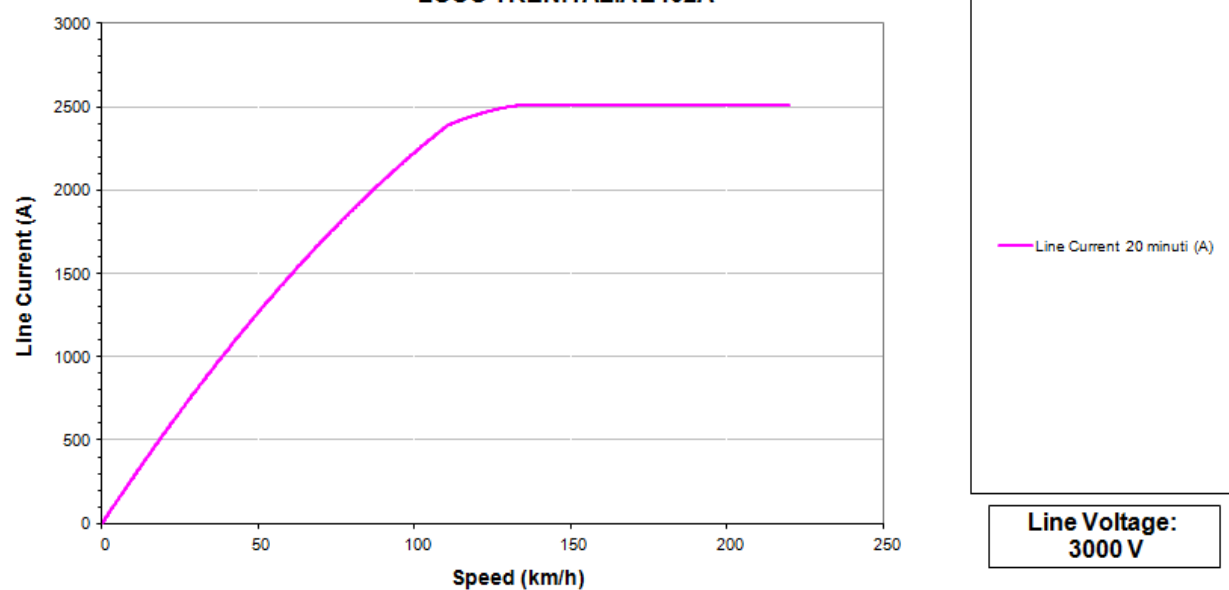
Accelerazione massima	0,43 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,41 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,36 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,32 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,29 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,19 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,15 m/s ²
Accelerazione residua a 200 km/h	0,12 m/s ²
Decelerazione massimo	0,23 m/s ²
Decelerazione media da 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)	0,23 m/s ²
Decelerazione media da 200 km/h a 0 (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Tensione nominale in trazione	3000 Vdc
Tensione nominale in frenata	3900 Vdc

TRAZIONE

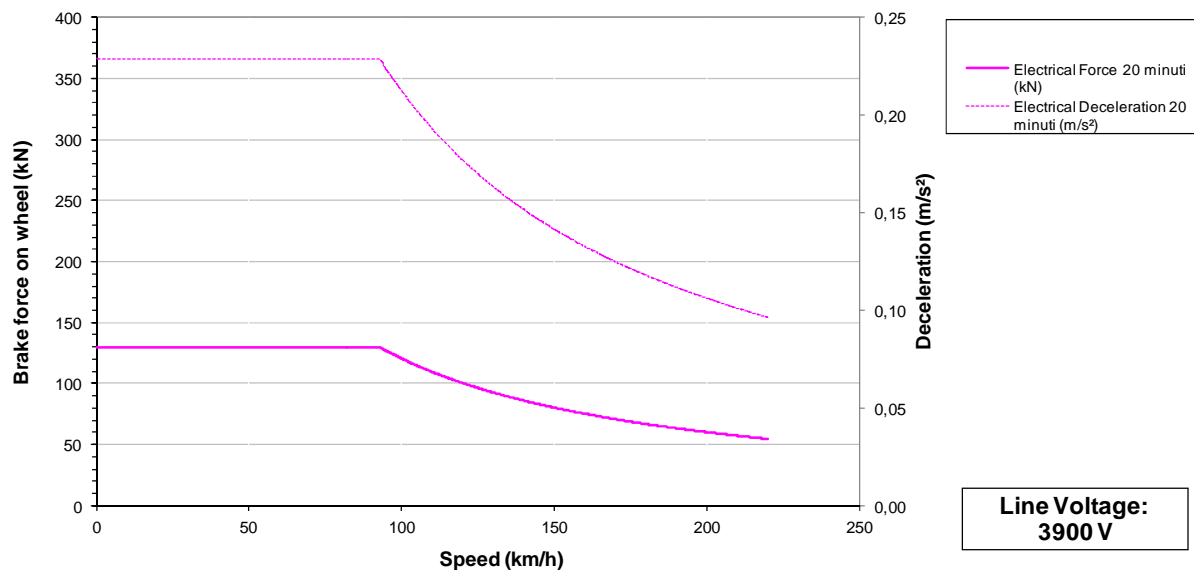
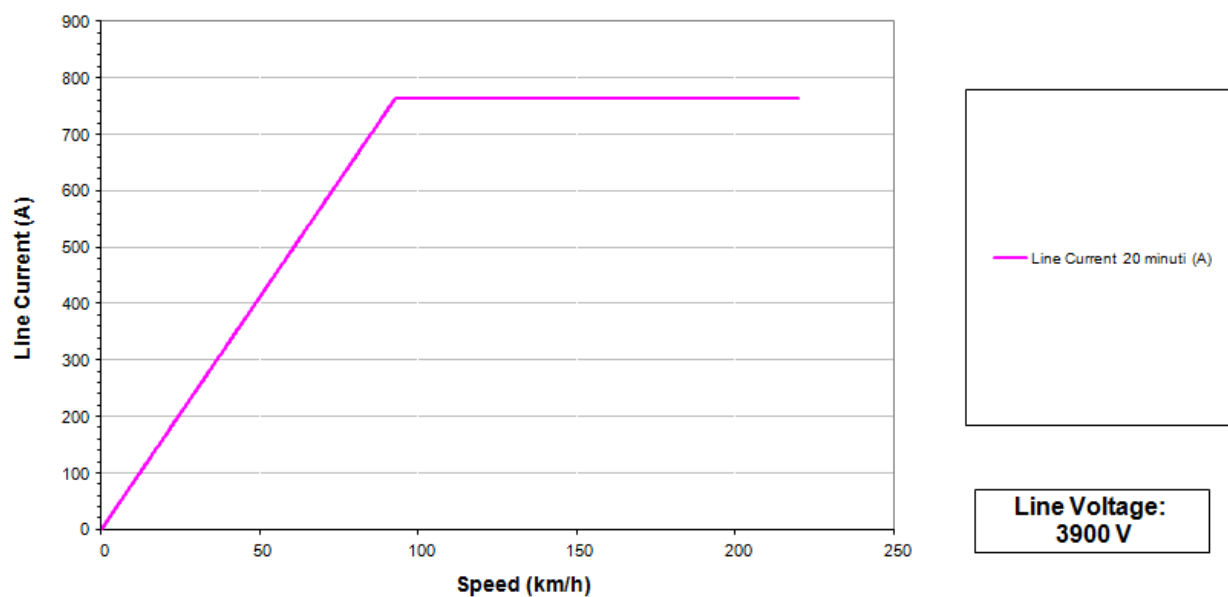
**PRESTAZIONI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402A**



**PRESTAZIONI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402A**



FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402APRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZA 0%
MODALITÀ NORMALE. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402A

Equazioni			Range di velocità	
			V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
3KVCC	Trazione	$Y = 252 - 0,545 \cdot X$	0	110
		$Y = 311,56 - 1,09 \cdot X$	110	133
		$Y = 22238,9/X$	133	200
3KVCC	Frenatura	$Y = 130$	0*	92,8
		$Y = 12064/X$	92,8	200

*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

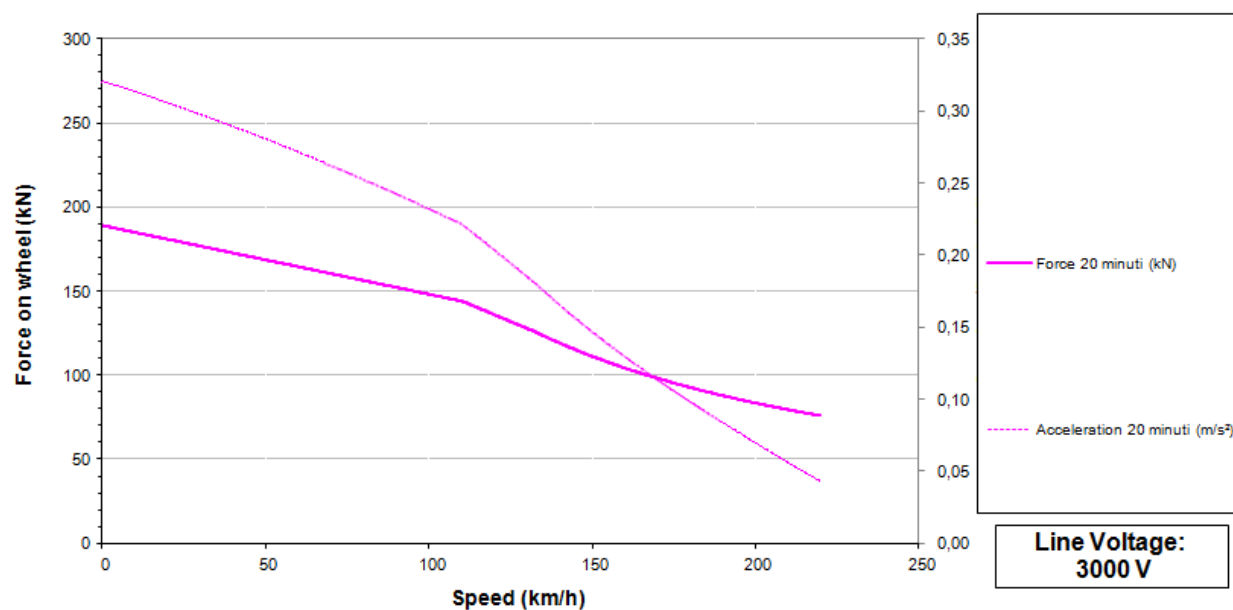
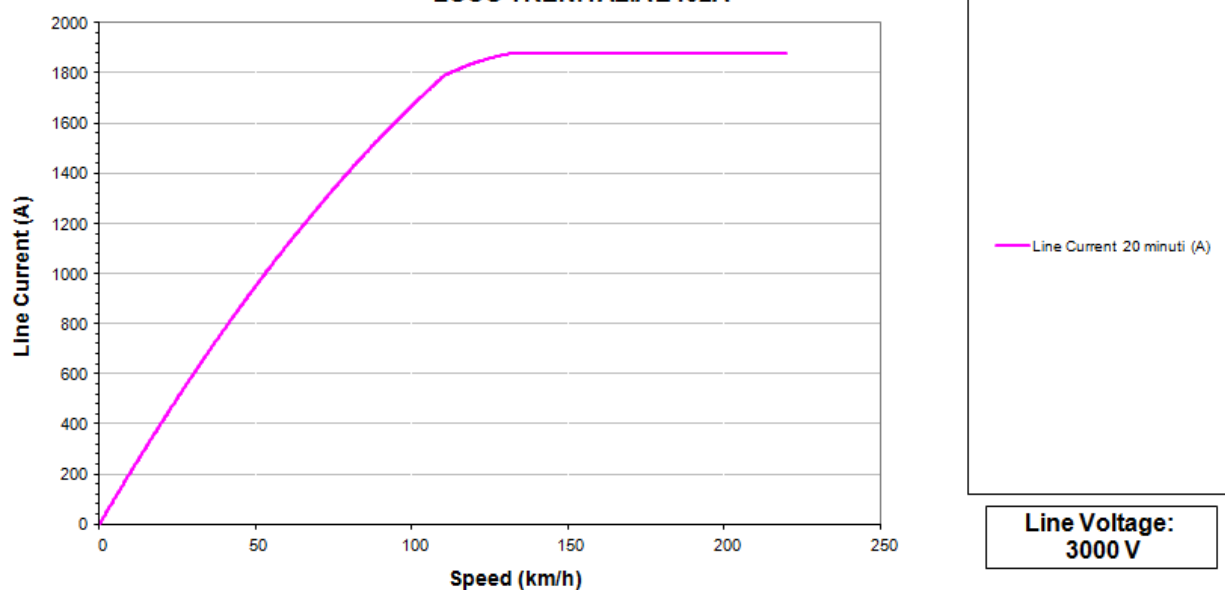
Questi stesse curve di prestazioni sono le curve di avviamento del sistema di trazione (in trazione e frenatura) con le 4 catene di trazione operative.

3.6. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 75% E PENDENZA 0% (20 MINUTI)

Prestazioni di trazione e frenatura in modalità di degrado 75% e pendenza 0%

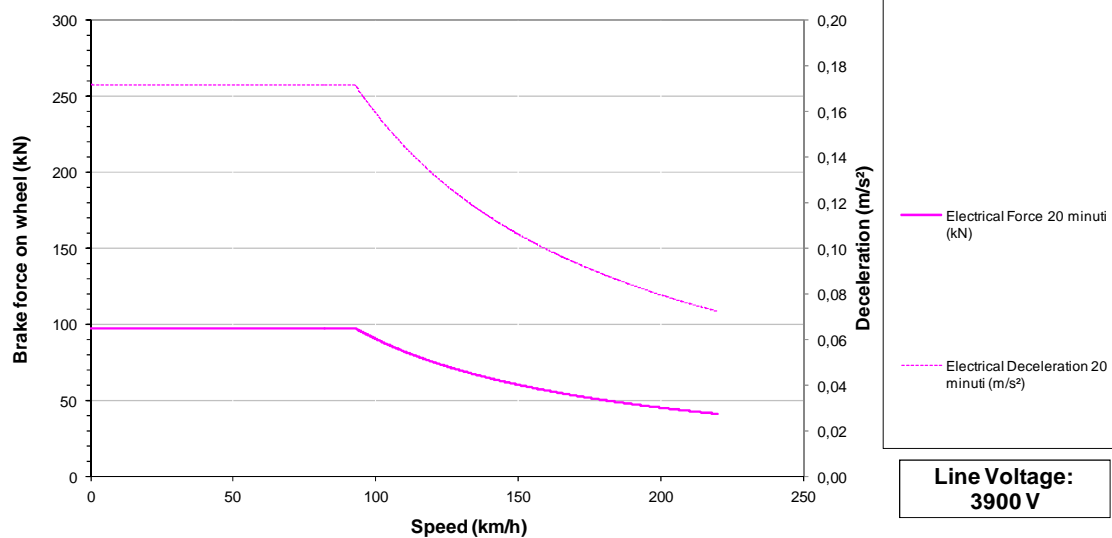
Accelerazione massima	0,32 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,30 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,26 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,23 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,21 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,13 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,10 m/s ²
Accelerazione residua a 200 km/h	0,07 m/s ²
Decelerazione massimo	0,17 m/s ²
Decelerazione media da 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Decelerazione media da 200 km/h a 0 (senza Jerk)	0,11 m/s ²
Tensione nominale in trazione	3000 Vdc
Tensione nominale in frenata	3900 Vdc

TRAZIONE

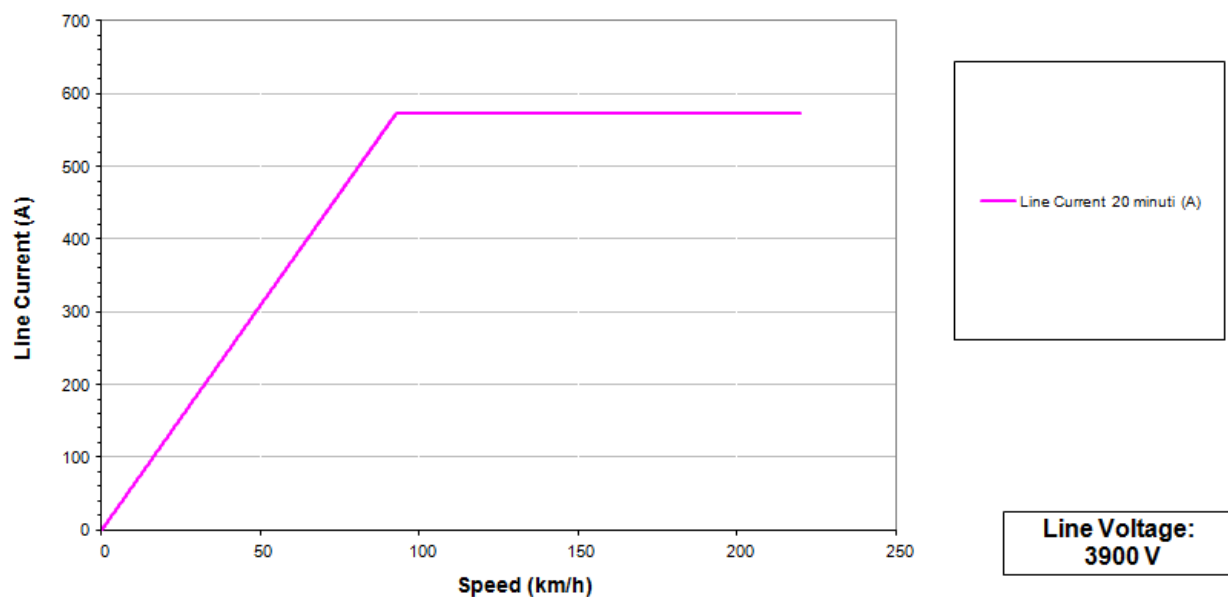
PRESTAZIONI DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITÀ 75 %. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIAE402APRESTAZIONI DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITÀ 75 %. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIAE402A

FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZZA 0%
MODALITÀ 75%. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402A



PRESTAZIONE DI FRENATURA
PENDEZZA 0%
MODALITÀ 75%. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A



Equazioni			Range di velocità	
			V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
3KVCC	Trazione	$Y = 189 - 0,409 \cdot X$	0	110
		$Y = 233,67 - 0,82 \cdot X$	110	133
		$Y = 16679,2/X$	133	200
3KVCC	Frenatura	$Y = 97,5$	0*	92,8
		$Y = 9048/X$	92,8	200

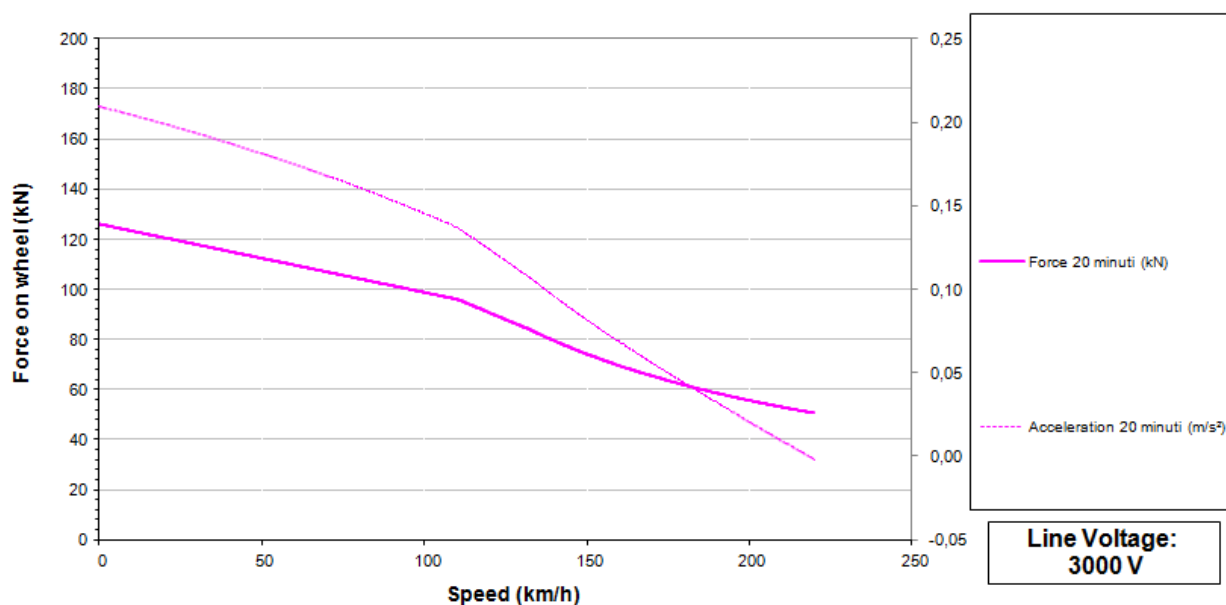
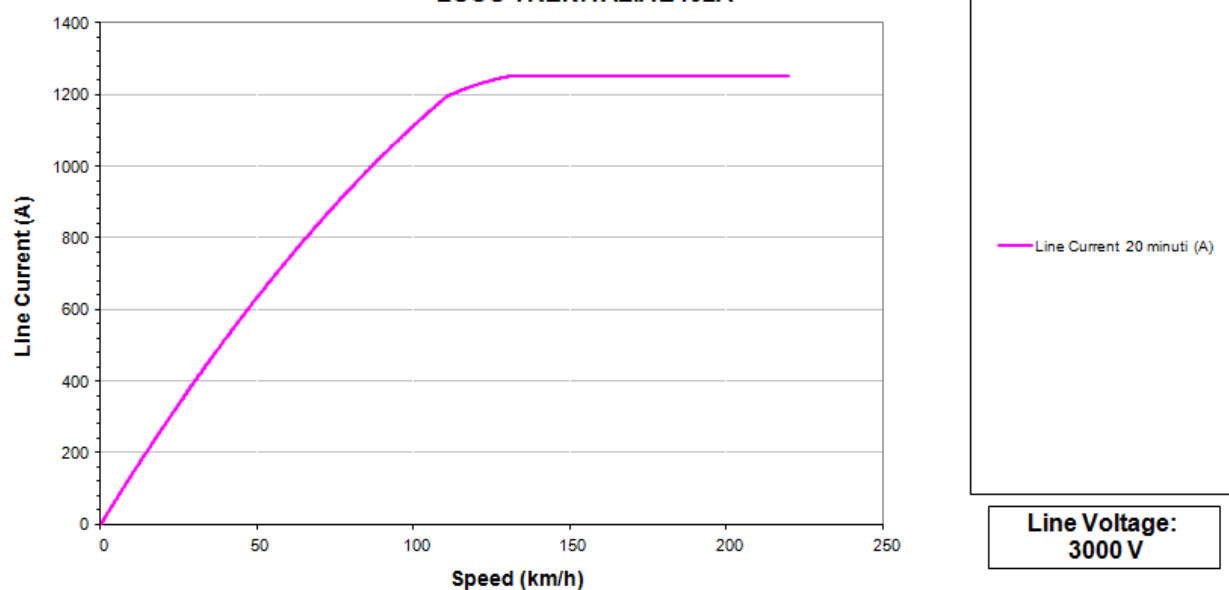
*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

3.7. PRESTAZIONI IN MODALITÀ DI DEGRADO 50 % E PENDENZA 0% (20 MINUTI)

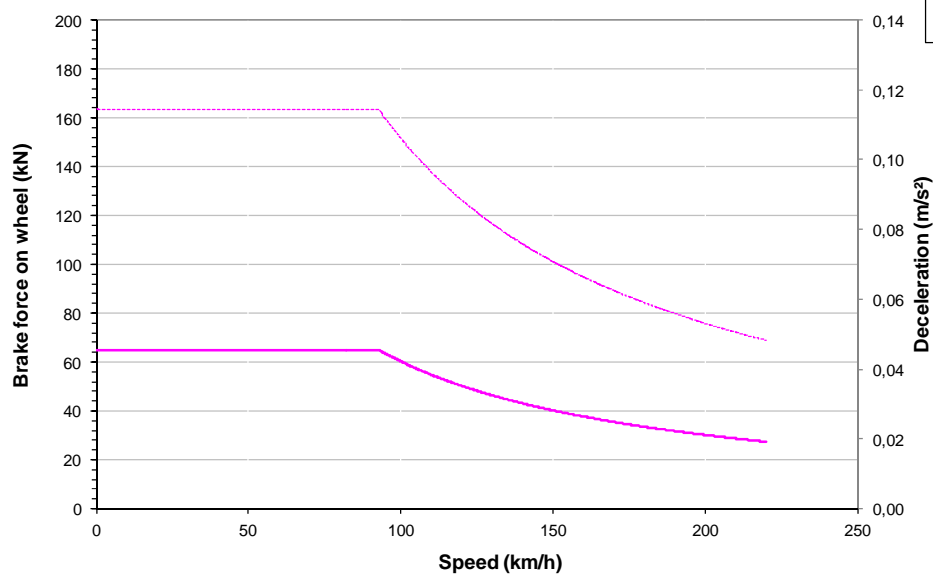
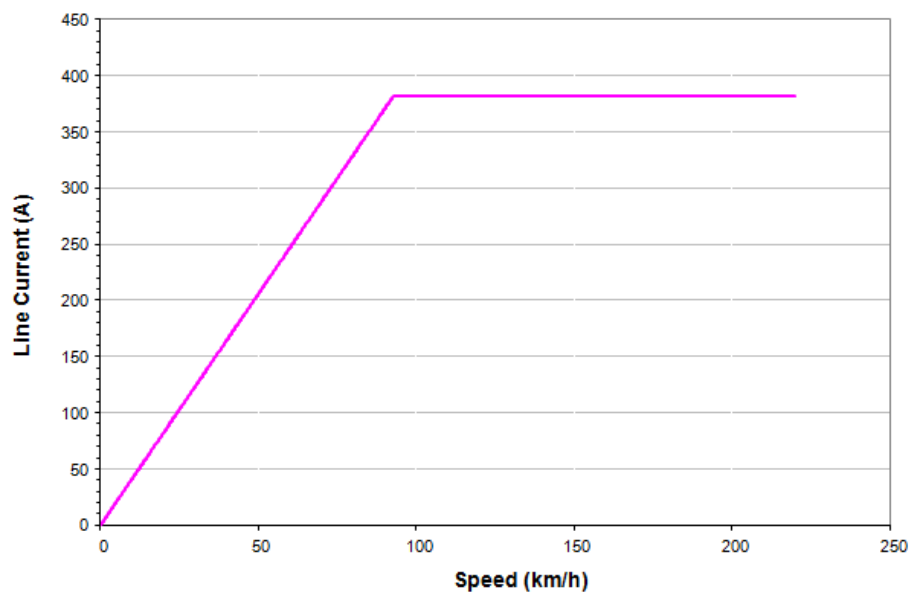
Prestazioni di trazione e frenatura in modalità di degrado 50% e pendenza 0%

Accelerazione massima	0,21 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 40 km/h (senza Jerk)	0,20 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 120 km/h (senza Jerk)	0,17 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 160 km/h (senza Jerk)	0,14 m/s ²
Accelerazione media da 0 a 180 km/h (senza Jerk)	0,12 m/s ²
Accelerazione residua a 160 km/h	0,07 m/s ²
Accelerazione residua a 180 km/h	0,04 m/s ²
Accelerazione residua a 200 km/h	0,02 m/s ²
Decelerazione massimo	0,17 m/s ²
Decelerazione media di 92,8 km/h a 0 (senza Jerk)	0,11 m/s ²
Decelerazione media di 200 km/h a 0 (senza Jerk)	0,09 m/s ²
Tensione nominale en trazione	3000 Vdc
Tensione nominale in frenata	3900 Vdc

TRAZIONE

PRESTAZIONE DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITÀ 50 %. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIAE402APRESTAZIONE DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITÀ 50 %. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIAE402A

FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDENZA 0%
MODALITÀ 50%. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402ALine Voltage:
3900 VPRESTAZIONI DI FRENATURA
PENDEZA 0%
MODALITÀ 50%. 20 MINUTI
LOCO TRENITALIA E402ALine Voltage:
3900 V

Equazioni			Range di velocità	
			V ₁ [km/h]	v ₂ [km/h]
3KVCC	Trazione	$Y = 126 - 0,273 \cdot X$	0	110
		$Y = 155,78 - 0,545 \cdot X$	110	133
		$Y = 11119,45/X$	133	200
3KVCC	Frenatura	$Y = 65$	0*	92,8
		$Y = 6032/X$	92,8	200

*Nota: il sistema di trazione può frenare in elettrico fino a basse velocità, anche se la locomotiva attuale frena solo con freno pneumatico da 30 km/h a 0

3.8. Tavola riassunto di valori di prestazioni

Caratteristica	Valore
Valore massimo della corrente di avviamento	2507 A
Sforzo orario	159 kN
Valore corrente oraria	2123 A
Valore corrente continuativa	2123 A
Tempo di utilizzo massimo della corrente di avviamento o dello sforzo di avviamento	1200 s

4. GRADO DI PRESTAZIONE

Modalità normale: 31

Modalità 75 %: 27

Modalità 50 %: 20

5. RENDIMENTO ENERGETICO

Il motivo del cambio della tecnologia dei semiconduttori da GTO/Thyristor-res a IGBTs (Insulation Gate Bipolar Transistors), è motivato dalla bassa perdita di potenza, da cui il rendimento totale della catena di trazione risulta aumentato.

Così come si descrive più avanti, si effettua il calcolo del rendimento di tutto il sistema di trazione. Le condizioni ed i presupposti tenuti in conto per il calcolo sono stati i seguenti:

Caratteristiche di funzionamento

Velocità treno: 160 km/h

T_{motore}: 4935 Nm

Cos φ_i: 0,86

I_{mot}: 291 Arms

V_{mot}: 4200 Vrms

P_{uscita}_ruota: 5231,55 kW

L_{entrata} DC/DC: 100mOhms a corrente 420A.

Efficienza altri equipaggiamenti

Efficienza motore: 0.94 (dato)

Efficienza riduttore: 0.98 (dato)

Efficienza Lfiltro: 0.98 (dato)

Efficienza invertir: 0.98 (dato)

Efficienza DCDC: 0.98 (dato)

Tenuto conto delle condizioni sopra elencate, le perdite ottenute sono le seguenti:

Perdita inver: 11,13 kW

Perdita induttanza e DC/DC: 24,7 kW

Perdita motore: 80,07 kW

Perdita refrigerazione: 16,3 kW

Perdita 2 induttanze: 116,32 kW

Perdita reduttore: 26,15 kW

Calcolo perdite totali:

$$P_{total} = 4 * P_{mot} + 4 * P_{educt} + 4 * P_{inv} + 4 * P_{DCDC} + P_{ref} + P_{ind} = 700,9 \text{ kW}$$

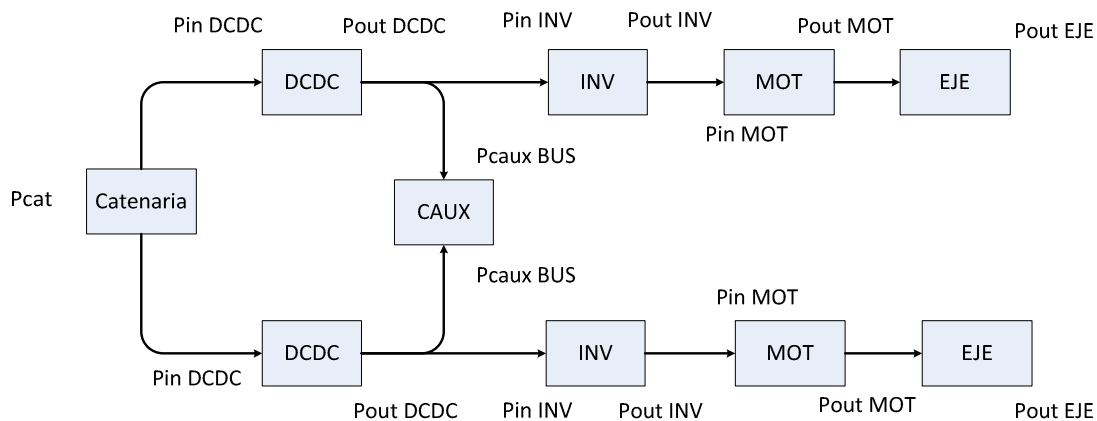
Efficienza totale catena di trazione:

$$\eta_{CATENA_TRAZIONE} = 1 - \frac{P_{totale}}{P_{uscita_ruota}} = 0,866$$

6. DISTRIBUZIONE DELLA POTENZA DA LINEA AEREA DI CONTATTO A ASSE

Si è considerato che un convertitore ausiliare sta alimentando tutti i carichi del treno (600 kW, secondo B.20.94.321.01). Questo carico si suddivide in 300 kW per ogni DCLink di un armadio.

Nella figura seguente viene spiegato come si distribuisce la potenza dalla linea aerea di contatto all'asse:



La potenza della linea aerea di contatto passa per varie fasi nelle quali si perde parte della potenza. Nella tabella seguente vengono riassunte tali perdite caso per caso:

Maggiori informazione sopra come è dimensionato il armadio di trazione nel documento AA.51.P4.0001.

6.1. Trazione

	3200V/20min	3200V/cont	1500V/cont		
VCAT	3200	3200	1500	V	Tensione linea aerea per calcolo
ICAT	1400	1200	1200	A	Corrente linea aerea per calcolo (per carrello)
PCAT	4480000	3840000	1800000	W	potenza entrata per carrello
P_IN_DCDC	2124360	1835040	815040	W	potenza entrata DCDC
P_OUT_DCDC	2081872,8	1798339,2	798739,2	W	potenza uscita DCDC
P_CAUX_BUS	300	300	300	kW	potenza CAUX per ogni DC-Link
P_IN_INV	1781872,8	1498339,2	498739,2	W	potenza entrata inverter
P_OUT_INV	1746235,344	1468372,416	488764,416	W	potenza uscita inverter (entrata motore)
P_OUT_MOT	1606536,516	1350902,623	449663,2627	W	potenza meccanica uscita motore
P_OUT_EJE	1558340,421	1310375,544	436173,3648	W	potenza meccanica uscita motore

Potenza specifica:

- 20 minuti: $1558,3/568 = 2,74 \text{ kW/tn}$ (3200 V) $538,4/568 = 0,95 \text{ kW/tn}$ (1500 V)
- Continuativo: $1310,4/568 = 2,31 \text{ kW/tn}$ (3200 V) $436,2/568 = 0,77 \text{ kW/tn}$ (1500 V)

6.2. Freno

	3900V	1800V		
VCAT	3900	1800	V	Tensione linea aerea per calcolo
ICAT	365	760	A	Corrente linea aerea per calcolo (per carrello)
PCAT	1423500	1368000	W	potenza per carrello
P_IN_DCDC	719610,275	718078,4	W	potenza entrata DCDC
P_OUT_DCDC	734296,199	732733,0612	W	potenza uscita DCDC
P_CAUX_BUS	0	0	kW	potenza CAUX per ogni DC-Link
P_IN_INV	734296,199	732733,0612	W	potenza entrata inverter
P_OUT_INV	749281,8357	747686,7972	W	potenza uscita inverter (entrata motore)
P_OUT_MOT	814436,7779	812703,0404	W	potenza meccanica uscita motore
P_OUT_EJE	839625,5443	837838,186	W	potenza meccanica uscita motore

Potenza specifica:

- $839,6/568 = 1,48 \text{ kW/tn}$ (3900 V) $837,8/568 = 1,48 \text{ kW/tn}$ (1800 V)

7. VARIAZIONE DI TENSIONE LINEA AEREA DI CONTATTO A 3000 V

Per i vari range di funzionamento, il sistema di trazione (inclusendo i convertitori ausiliari, che vengono alimentati dalla catena di trazione) funzionerà per raggiungere l'accelerazione target (definita nel capitolato e nel documento sulle prestazioni di trazione) applicando uno sforzo al cerchione. La potenza necessaria per questo sforzo al cerchione viene definita secondo quanto spiegato al capitolo precedente.

In queste condizioni, le prestazioni massime del sistema, in modo normale, con 3000 V di tensione della linea aerea di contatto sono quelli indicati nella sezione 3.

Il sistema di trazione non uscirà dalle curve tracciate.

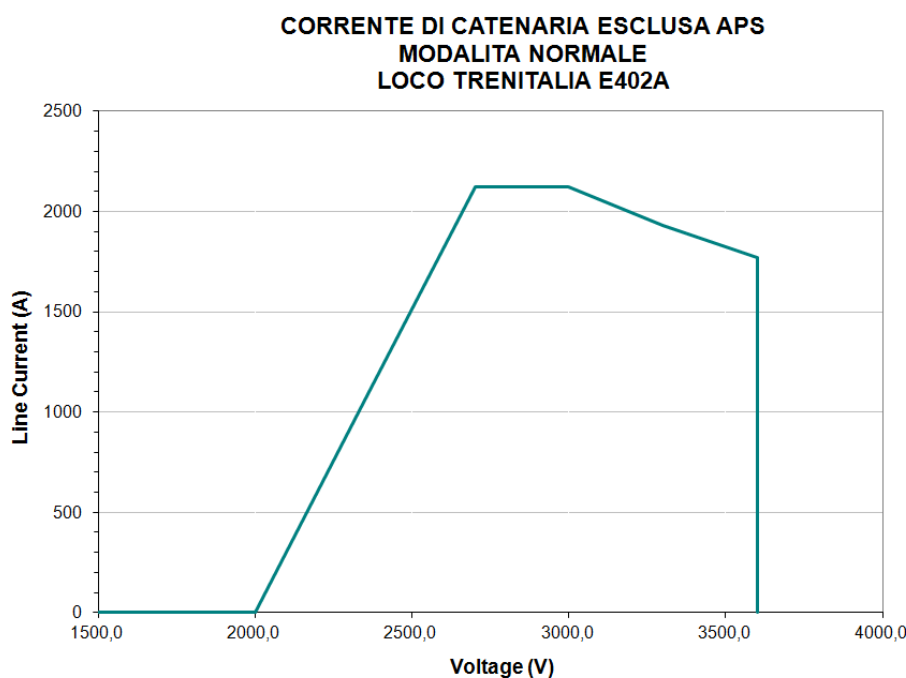
Quando la tensione della linea aerea di contatto cambia, cambia anche la potenza che può consumare il sistema:

$$P_{cat} = I_{cat} * V_{cat}$$

Nella figura seguente si indica come cambia la corrente consumata quando la tensione della linea aerea di contatto cambia.

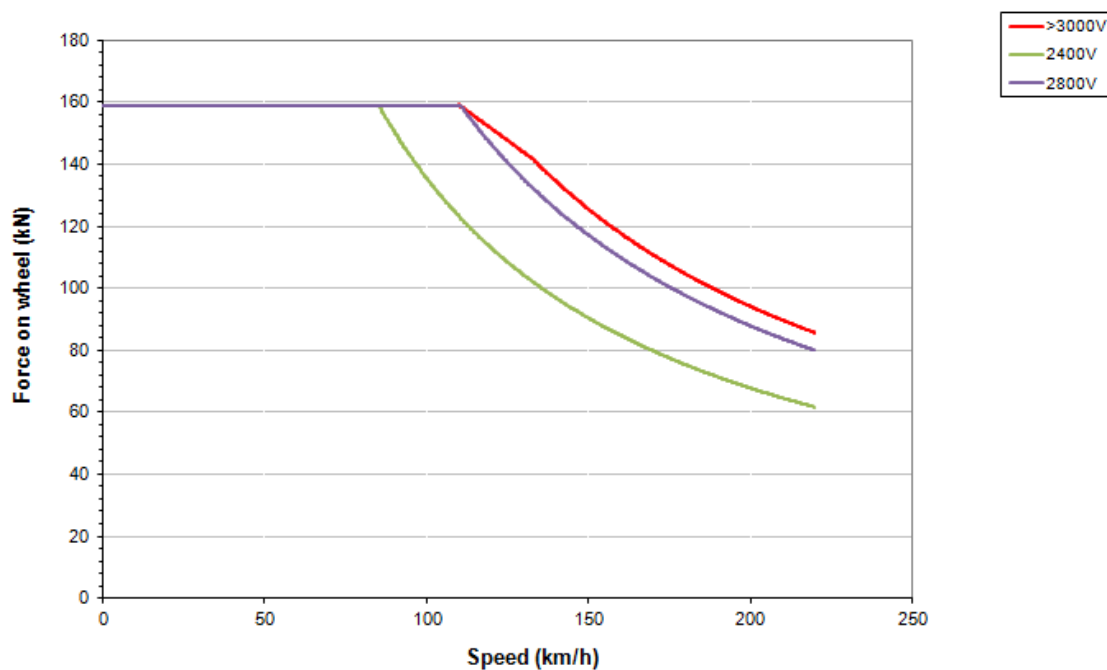
La corrente assorbita (esclusa APS) e prestazioni di trazione per questi casi sono riassunti nei seguenti paragrafi:

7.1. MODALITA NORMALE



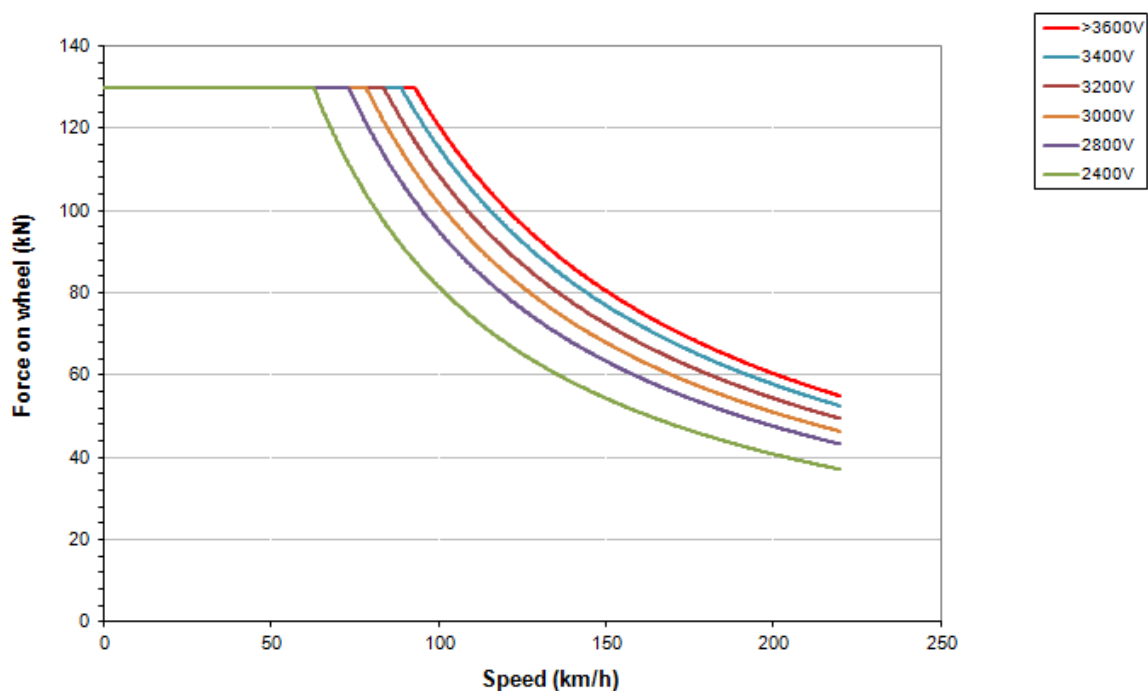
TRAZIONE

PRESTAZIONI DI TRAZIONE PENEDEZA 0%.
MODALITÀ NORMALE. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A



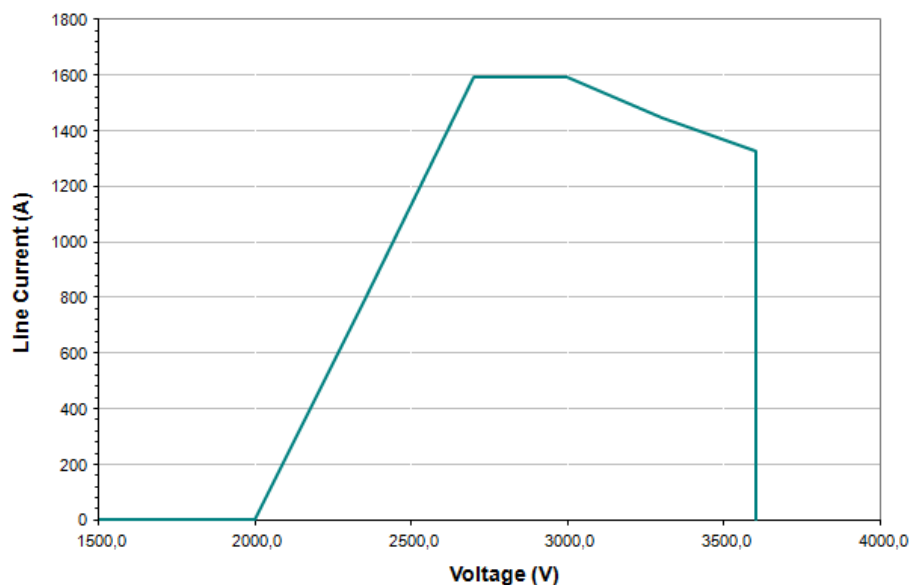
FRENATURA

PRESTAZIONI DI FRENATURA PENDEZA 0%.
MODALITÀ NORMALE. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A



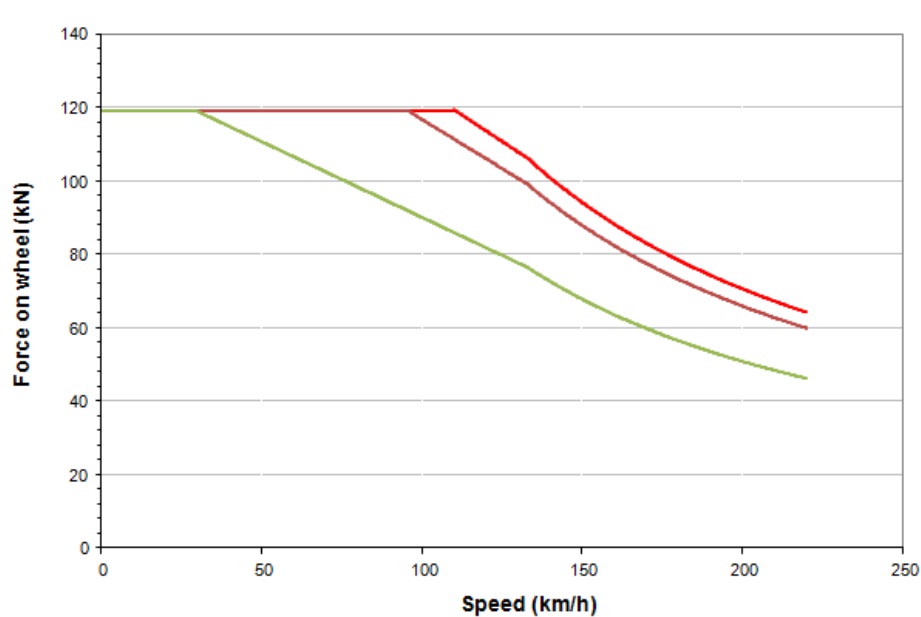
7.2. MODALITA DEGRADADO 75%

CORRENTE DI CATENARIA ESCLUSA APS
MODALITA 75 %
LOCO TRENITALIA E402A



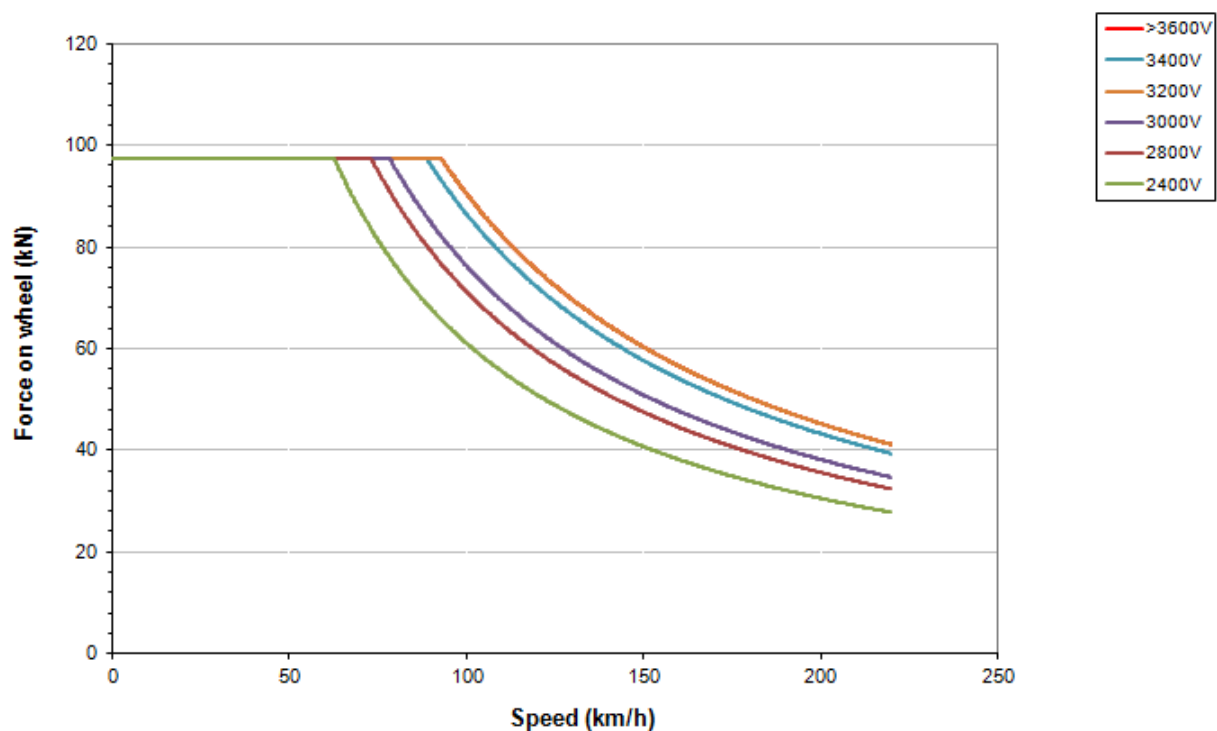
TRAZIONE

PRESTAZIONE DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITA 75%. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A



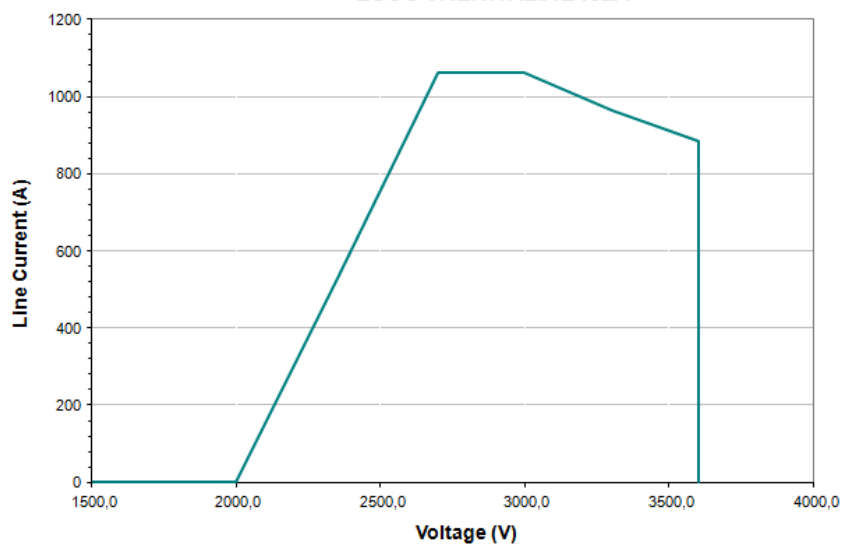
FRENATURA

**PRESTAZIONE DI FRENATURA PENEDEZA 0%
MODALITÀ 75%. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A**



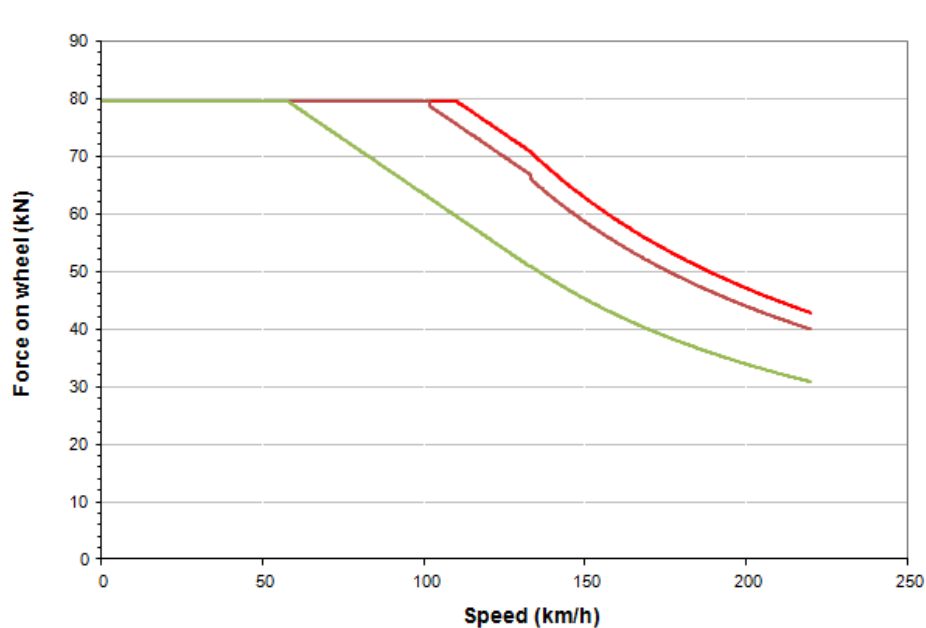
7.3. MODALITA DEGRADADO 50%

CORRENTE DI CATENARIA ESCLUSA APS
MODALITA 50 %
LOCO TRENITALIAE402A



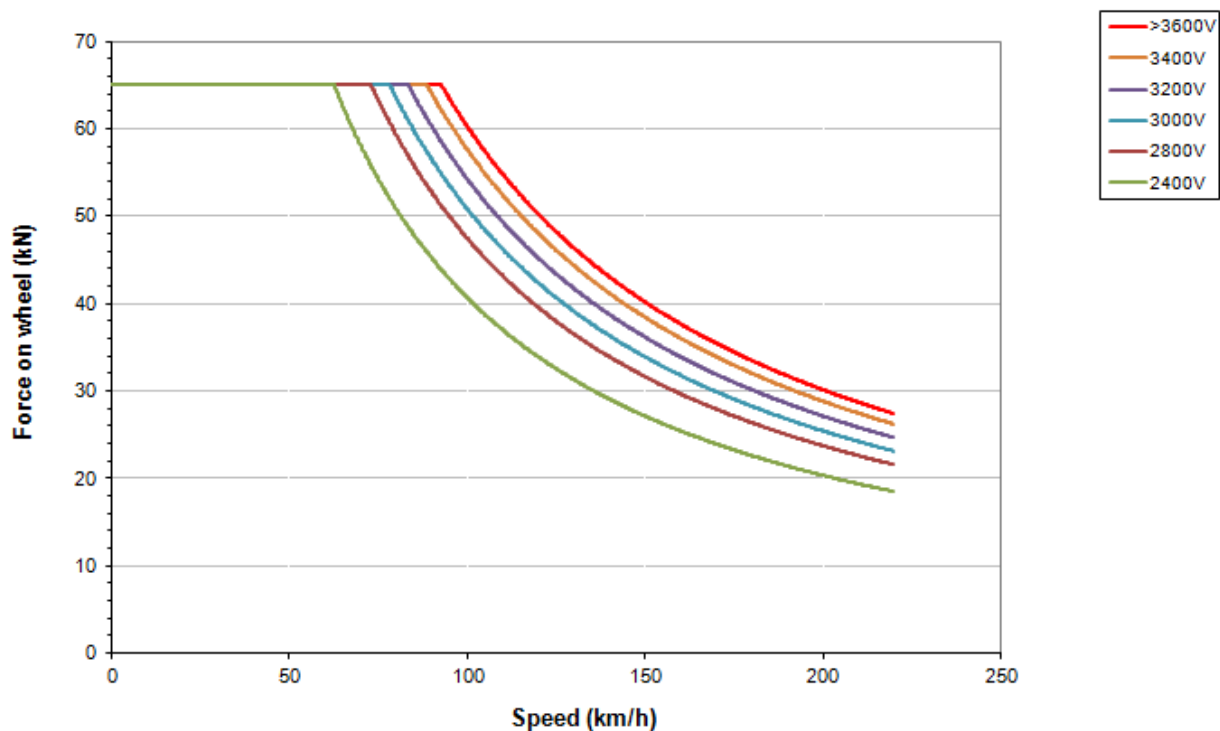
TRAZIONE

PRESTAZIONE DI TRAZIONE PENDEZA 0%
MODALITA 50 %. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIAE402A



FRENATURA

**PRESTAZIONE DI FRENATURA PENDEZA 0%
MODALITÀ 50 %. CONTINUATIVO
LOCO TRENITALIA E402A**



8. VARIAZIONE DI TENSIONE LINEA AEREA DI CONTATTO A 1500 V

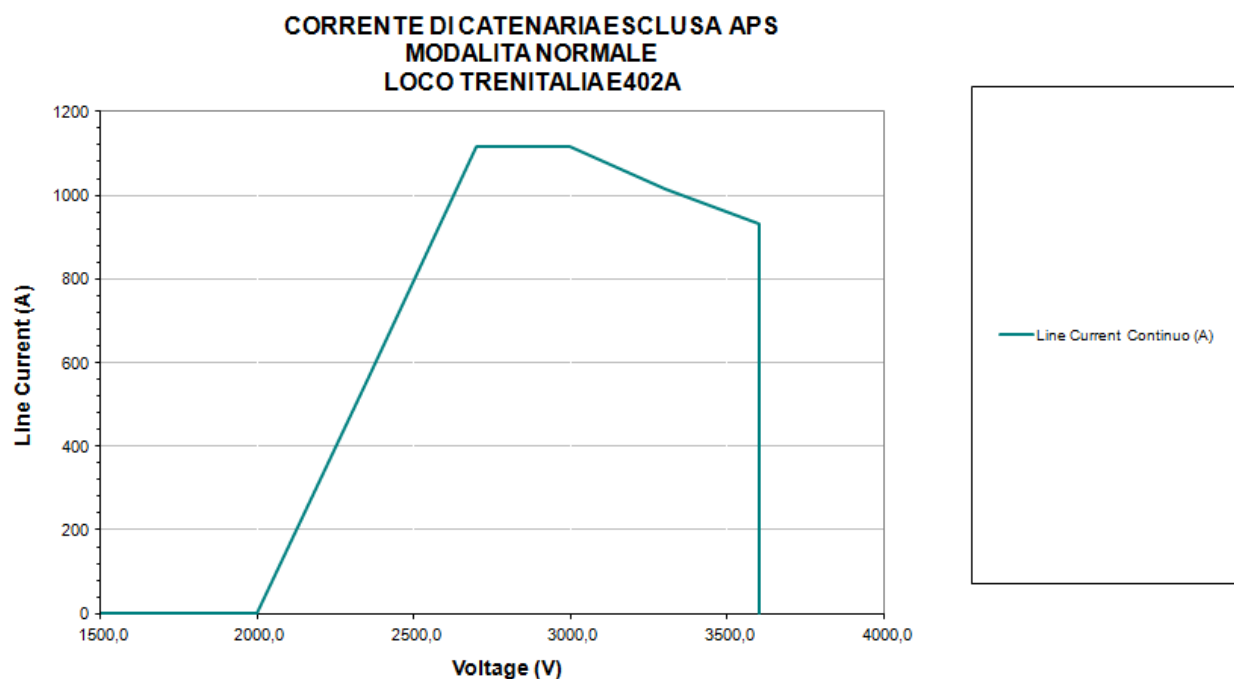
Per questo caso, si mantiene la corrente massima definita nella sezione precedente, 1200 A per il caso nominale e 1400 A per il caso di 20 minuti. La potenza massima definita per questo sforzo al cerchione è quella definita nella sezione 6.

Per questi valori di potenza, le prestazioni saranno quelli indicati nella sezione 3.

Come nel caso anteriore, quando la tensione della linea aerea di contatto cambia, cambia anche la potenza che può consumare il sistema:

$$P_{cat} = I_{cat} * V_{cat}$$

Nella figura seguente si indica come cambia la corrente consumata per carrello (sulla locomotiva sarebbe il doppio) quando la tensione della linea aerea di contatto cambia:



In tutti i casi citati, il sistema di trazione funziona limitando la corrente che si consuma dalla linea aerea di contatto, ma mai lo sforzo al cerchione, ovvero, non vengono implementate curve di prestazioni per ogni range di tensione della linea aerea di contatto. Lo sforzo al cerchione sarà quello richiesto: Se lo sforzo richiesto implica una corrente superiore rispetto a quella che il sistema può sopportare, lo sforzo si limiterà al massimo permesso dalla corrente.