

PROGETTO ATC
 SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
 1 di 44

SPECIFICA TECNICA

Modello di frenatura per Train Trip

A termine di legge RFI S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato a terzi senza specifica autorizzazione

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	16/02/2011	Prima emissione	M. Ricciardi 	G. Bonafè  M. Ricciardi  G. Ridolfi 	G. Bonafè 

PROGETTO ATC
SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
2 di 44

ELENCO DELLE REVISIONI

Rev	Data	Motivo della revisione
A	16/02/2011	Prima emissione

PROGETTO ATC
SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
3 di 44

INDICE

1	Introduzione.....	4
2	Contesto.....	4
3	Riferimenti	5
4	Descrizione dei modelli di frenatura.....	6
4.1	<i>Modello di frenatura a gradino di decelerazione</i>	<i>6</i>
4.2	<i>Modello di frenatura a rampa di decelerazione.....</i>	<i>8</i>
5	Modello di frenatura a rampa di decelerazione.....	10
5.1	<i>Integrazione del moto</i>	<i>10</i>
5.1.1	<i>Fase M.....</i>	<i>12</i>
5.1.2	<i>Fase R.....</i>	<i>13</i>
5.1.3	<i>Fase C.....</i>	<i>15</i>
5.2	<i>Parametri del modello di frenatura</i>	<i>16</i>
5.2.1	<i>Calcolo di d_P</i>	<i>16</i>
5.2.2	<i>Calcolo di d_i</i>	<i>17</i>
5.2.3	<i>Calcolo di T_M e T_R</i>	<i>18</i>
6	Conclusioni.....	20
6.1	<i>Riepilogo.....</i>	<i>20</i>
6.2	<i>Esempio di Applicazione del Modello di Calcolo degli Spazi di Arresto per Modifica SST della rete ferroviaria tradizionale di RFI.....</i>	<i>21</i>

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

4 di 44

1 Introduzione

Lo scopo del documento è fornire un Modello di Frenatura da utilizzare per calcolare lo spazio di arresto di un treno in situazioni di train trip per sistemi ATC e ATP quali SCMT, SSC e ERTMS/ETCS su linee convenzionale e AV al fine di dimensionare gli impianti di terra.

Tale esigenza si rafforza nel contesto dell'attività denominata INFILL [R5] finalizzata alla sicurezza della circolazione [R4].

Non rientra tra gli scopi di questo documento la valutazione delle condizioni applicative e dei margini di sicurezza, che devono essere oggetto di analisi a monte del calcolo specificato in questo documento. Il risultato di tale analisi consente di definire i valori dei parametri che il modello utilizza come input.

Il modello matematico descritto deriva da quello fornito da Trenitalia - UTMR (rif. [1]) e richiama quello utilizzato da RFI – PATC (rif. [R2]) per SCMT ed introduce rispetto al riferimento alcune modifiche, semplificazioni ed adattamenti.

Tali modifiche nascono dalla necessità [R4] di adattare il modello di frenatura generale alle condizioni specifiche del train trip (frenatura di emergenza da velocità generalmente basse comandata dal sistema a causa di un superamento di un segnale disposto a via impedita).

2 Contesto

Il modello è in linea di principio applicabile ad ogni tipologia di treno e di sistema frenante rispondente alla normativa UIC [R3].

Esso fornisce lo spazio percorso dal treno in seguito all'azionamento della frenatura di emergenza, a partire dall'istante in cui il Sotto Sistema di Bordo ATC/ATP ha acquisito le informazioni necessarie a pervenire, se è il caso, al comando della frenatura di emergenza. Sono esclusi ulteriori spazi o tempi necessari al sistema nel suo complesso per determinare tale comando, che dovranno essere conteggiati a parte a seconda dei casi.

Sono esclusi gli errori introdotti dal sistema di odometria nella misura della velocità istantanea e dello spazio percorso.

Gli spazi calcolati dal modello considerano completamente esclusa la trazione.

Da questo momento in poi nel presente documento si descriveranno e calcoleranno gli spazi di frenatura come gli spazi calcolati dal modello nelle condizioni descritte.

PROGETTO ATC
SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
5 di 44

3 Riferimenti

Titolo	Codice	Rev.	Data	Ente emittente
[R1] Modello di frenatura per SCMT ed aspetti correlati	372387	02	22/10/2001	Trenitalia – UTMR
[R2] Modello di frenatura per SCMT	RFI TC.PATC SR CM 03 M59	D	18/02/2010	RFI – P_ATC
[R3] Performance de freinage	544-1	4	2004	UIC
[R4] Direttiva del Direttore dell'Agencia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie n.1/dir/2010 del 22 febbraio 2010	RFI- DTC\A0011\P\2010\00 02884		11/08/2010	RFI – DTC
[R5] Dossier di accettazione di sicurezza (Reg.UE 2009/352/CE) -- Sottosistema di Terra (SST)	RFI TC CSC RR SA 00 013 A	A	5/8/2011	RFI – DTC

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

6 di 44

4 Descrizione dei modelli di frenatura

4.1 Modello di frenatura a gradino di decelerazione

Il modello di frenatura di riferimento per i sotto sistemi di bordo SCMT/SSC (ATP in generale) e ERTMS (ATC in generale) approssima lo sviluppo della frenatura reale del treno distinguendo una fase transitoria ed una fase a regime.

La fase transitoria della frenatura (per i veicoli non dotati di freno elettropneumatico) corrisponde alla fase iniziale, durante la quale la depressione nella condotta generale generata dall'azionamento della frenatura si propaga per tutta la lunghezza del treno, azionando i distributori in sequenza, a partire dalla testa del treno. I veicoli dotati di freno elettropneumatico propagano la frenatura mediante comando elettrico, riducendo i tempi della fase transitoria. Nel presente documento questo caso non viene preso in esame in quanto, pur essendo migliorativo, non è garantita la presenza di tale tipologia di comando della frenatura su tutti i veicoli circolanti.

La fase a regime della frenatura corrisponde alla seconda fase, in cui la frenatura ha raggiunto l'efficienza a regime su tutti gli assi frenanti del treno.

Entrambe le fasi sono caratterizzate da un valore di decelerazione variabile. Durante la prima fase, la decelerazione dovuta alla frenatura è inizialmente nulla, a causa dei ritardi caratteristici del freno, e poi cresce progressivamente, man mano che gli assi iniziano a frenare. Durante la seconda fase la decelerazione varia in funzione della velocità istantanea del treno, in base alle caratteristiche specifiche degli organi frenanti. In entrambe le fasi si possono inoltre avere variazioni nella decelerazione dovute ad una serie di fattori casuali e sistematici.

Il modello di riferimento considera due fasi della frenatura. Durante la prima fase la decelerazione dovuta alla frenatura è considerata nulla. Durante la seconda è considerata costante per tutto lo sviluppo della frenatura, al raggiungimento della velocità obiettivo.

Il profilo di decelerazione rappresentato in funzione del tempo e prodotto dalla frenatura, secondo il modello è una funzione a gradino.

I grafici di figura 1 rappresentano schematicamente, a partire dall'istante di inizio frenatura, l'andamento della velocità in funzione dello spazio percorso ed, in corrispondenza, della decelerazione in funzione del tempo.

È stato rappresentato il caso di linea in discesa, con decelerazione negativa dovuta alla pendenza.

Nella prima fase la velocità può variare, a partire dal valore iniziale V , in funzione della decelerazione d_i determinata dalla pendenza della linea. Dopo un tempo t_f termina la prima fase, durante la quale la velocità si è portata al valore V_β , ed inizia la seconda fase della frenatura, caratterizzata dalla presenza della decelerazione d_p dovuta alla frenatura.

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

7 di 44

Nel grafico sono rappresentate, qualitativamente, anche il presumibile andamento della velocità reale del treno in funzione dello spazio percorso ed il presumibile andamento della decelerazione reale del treno in funzione del tempo.

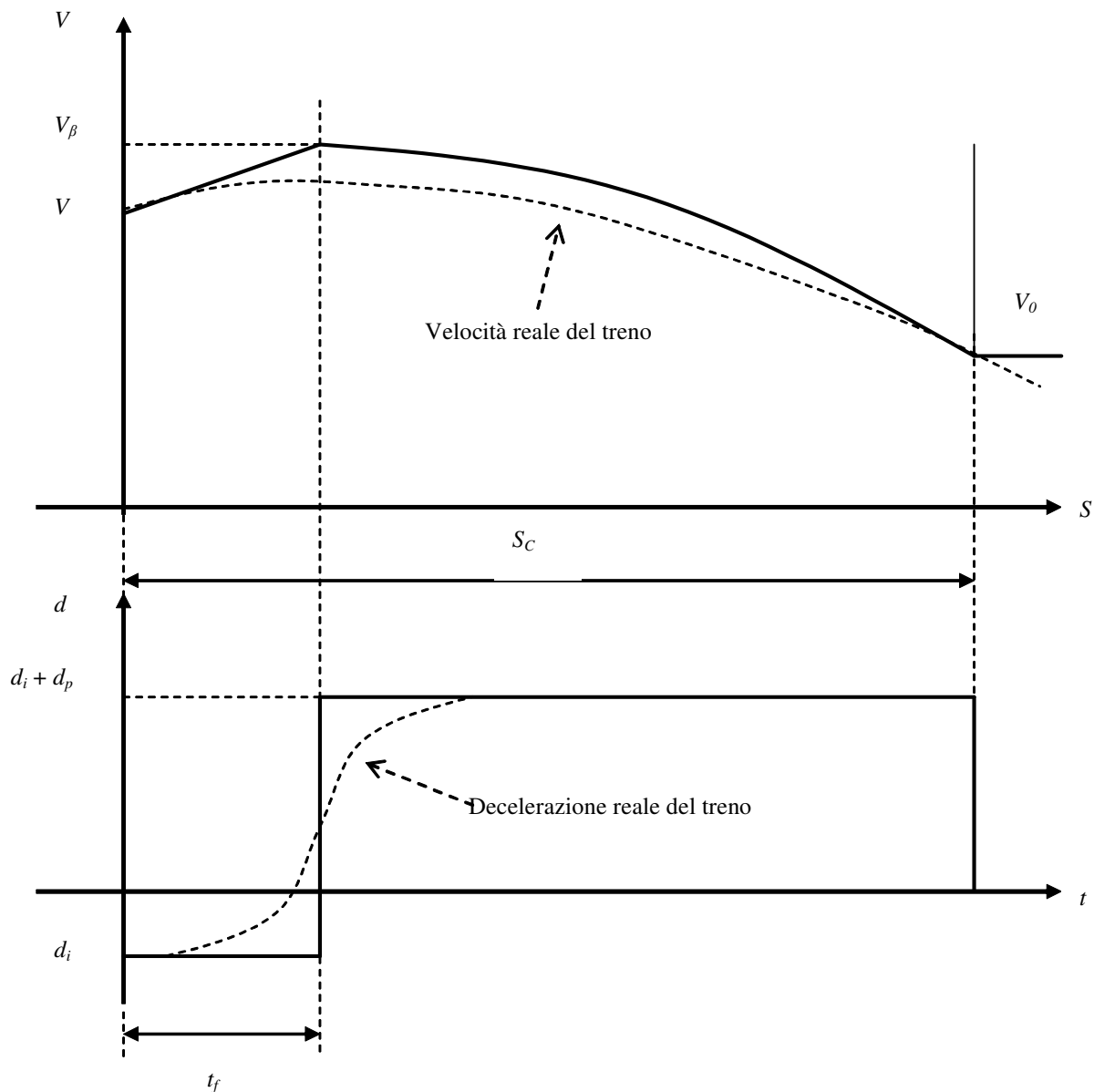


Figura 1 - Rappresentazione del modello a gradino di decelerazione su linea in discesa

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

8 di 44

4.2 Modello di frenatura a rampa di decelerazione

È possibile approssimare il comportamento del treno durante la frenatura di emergenza utilizzando un modello di decelerazione a rampa, in cui il profilo di decelerazione utilizzato è più vicino all'andamento della decelerazione reale.

Questo modello di frenatura risulta vantaggioso rispetto al modello di frenatura a gradino di decelerazione per velocità iniziali basse (poche decine di km/h) poiché consente di valutare gli spazi di arresto necessari con maggiore accuratezza evitando le sovrastime insite, a basse velocità, nel modello a gradino.

Per velocità iniziali superiori i due modelli producono risultati sovrapponibili e il modello a gradino di decelerazione gode del vantaggio di una minore complessità.

Il modello a rampa di decelerazione può essere caratterizzato correlando i parametri del modello a gradino di decelerazione con quelli del modello a rampa. In questo modo, a partire dalle caratteristiche del treno e della linea, è possibile calcolare i valori delle variabili che caratterizzano il calcolo dello spazio di frenatura nel modello a gradino; da questi è possibile ricavare i valori delle variabili corrispondenti nel modello a rampa.

Con riferimento alle variabili cinematiche definite in rif. [R1] e rif [R2] è possibile schematizzare l'andamento della decelerazione nel tempo secondo lo schema di figura 2.

L'asse dei tempi ha origine nell'istante in cui il SSB comanda la frenatura di emergenza. La decelerazione iniziale, supposta costante, è determinata dalla pendenza della linea.

Il grafico in alto mostra l'andamento reale della decelerazione al passare del tempo. Dopo un tempo t_m (tempo morto iniziale) la decelerazione inizia a variare come conseguenza dell'azionamento dei freni lungo il treno, secondo la propagazione della depressione nella condotta pneumatica. In questa fase la decelerazione del treno varia fino a raggiungere, dopo un ulteriore tempo t_r il valore finale pari a $(d_i + d_p)$ (dove d_p è il contributo alla decelerazione del treno dovuto alla frenatura di emergenza a regime). Con l'arresto del treno, la decelerazione si azzerà.

Il grafico intermedio mostra, in corrispondenza dei punti caratterizzanti la frenatura reale, l'approssimazione del modello a gradino di decelerazione. La decelerazione si suppone nulla per un tempo pari al tempo morto iniziale t_m + metà del tempo t_r che caratterizza la fase transitoria della frenatura. Questo tempo, detto tempo equivalente della frenatura, è indicato in figura come t_f .

Il grafico in basso mostra l'approssimazione introdotta con il modello a rampa di decelerazione. In questa approssimazione la decelerazione è supposta variare in modo lineare dal valore iniziale a quello finale nel tempo t_r .

PROGETTO ATC
SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
9 di 44

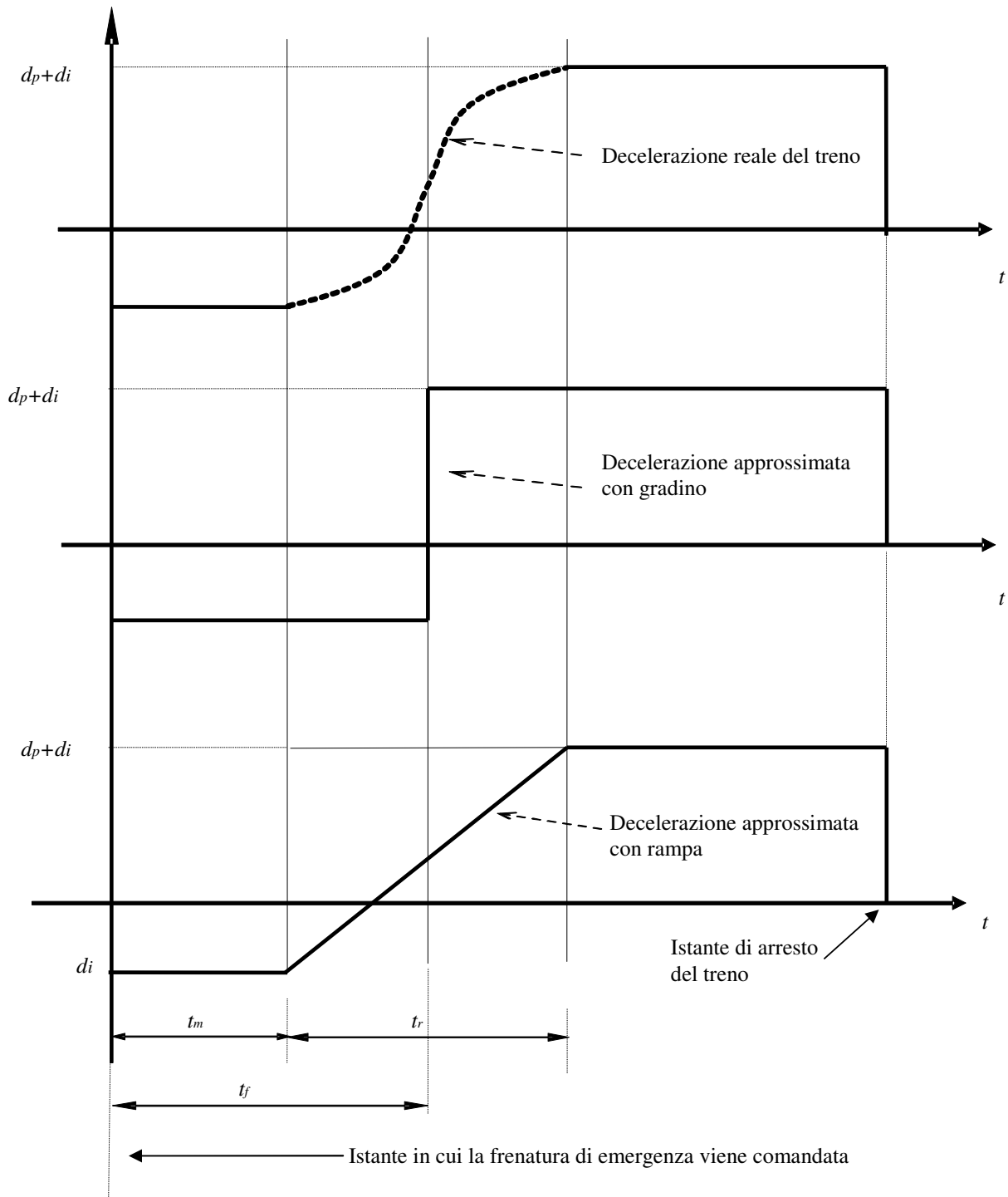


Figura 2 - Rappresentazione del modello a rampa di decelerazione su linea in discesa

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

10 di 44

5 Modello di frenatura a rampa di decelerazione

5.1 Integrazione del moto

Con riferimento alla figura 3, si consideri il generico problema di integrazione del moto del treno secondo un profilo di decelerazione a rampa e con le condizioni iniziali descritte in § 4.2. Si distinguono tre fasi del moto.

La prima fase (M) si sviluppa durante il tempo morto del freno, inizia con l'istante iniziale T_0 , termina nell'istante T_1 ed ha una durata T_M . L'accelerazione è costante e pari ad A_M (positiva in discesa). La velocità varia linearmente dal valore iniziale V_0 e quello finale V_1 , mentre il valore nel generico istante è $V_M(t)$. Lo spazio varia dal valore iniziale S_0 e quello finale S_1 , mentre il valore nel generico istante è $S_M(t)$.

La seconda fase (R) del moto termina nell'istante T_2 ed ha durata T_R . L'accelerazione varia linearmente dal valore iniziale A_1 (pari ad A_M) al valore finale A_2 (pari ad A_C), mentre il valore nel generico istante è $A_R(t)$. La velocità varia dal valore iniziale V_1 e quello finale V_2 , mentre il valore nel generico istante è $V_R(t)$. Lo spazio varia dal valore iniziale S_1 e quello finale S_2 , mentre il valore nel generico istante è $S_R(t)$.

La terza ed ultima fase del moto termina con l'arresto del treno nell'istante T_3 ed ha durata T_C . L'accelerazione mantiene il valore costante A_C . La velocità varia dal valore iniziale V_2 e quello finale $V_3=0$, mentre il valore nel generico istante è $V_C(t)$. Lo spazio varia dal valore iniziale S_2 e quello finale S_3 , mentre il valore nel generico istante è $S_C(t)$.

PROGETTO ATC
SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
11 di 44

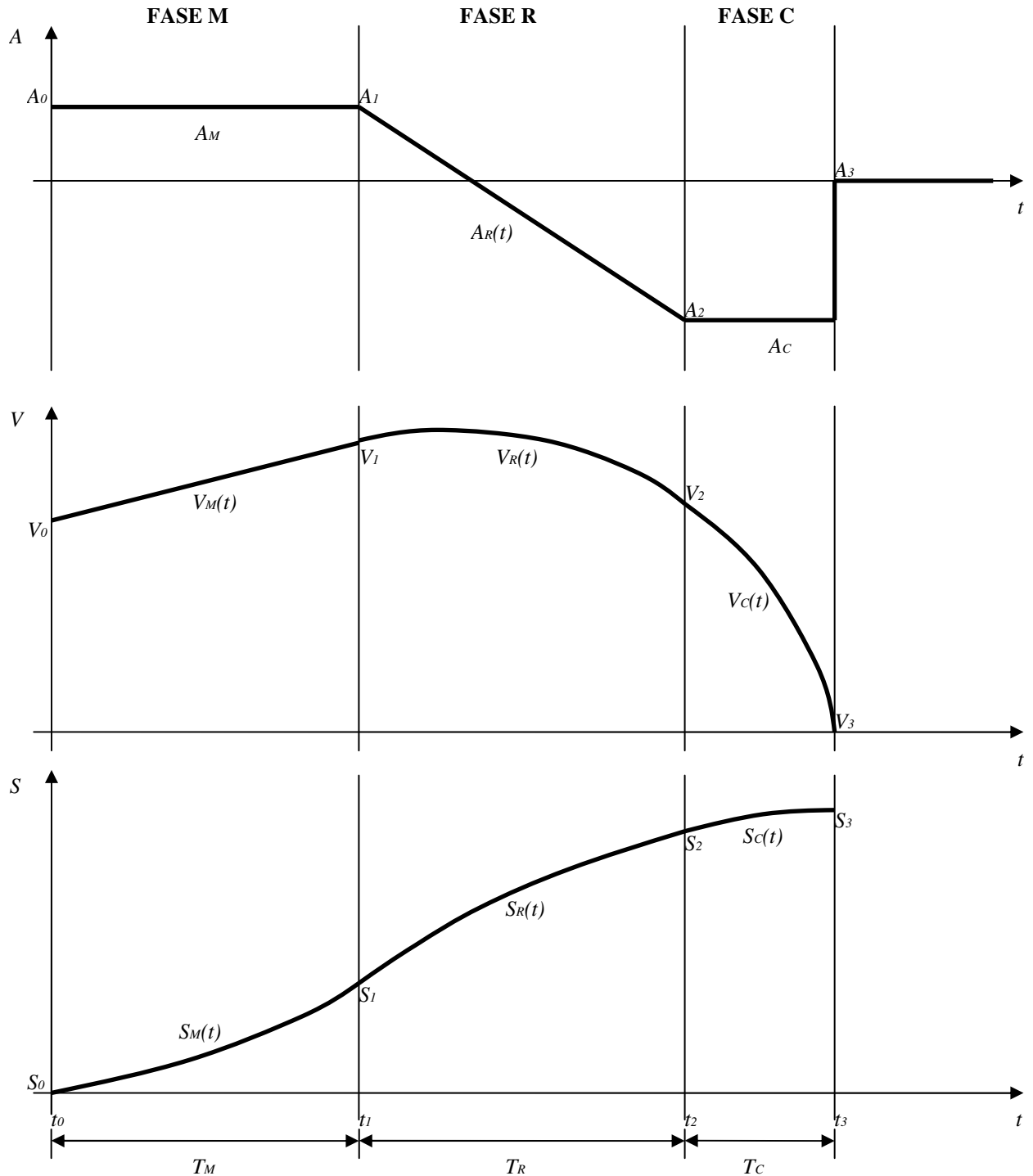


Figura 3 – Integrale del moto

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

 FOGLIO
 12 di 44

5.1.1 Fase M

Risulta:

$$A_M(t) = A_M = -d_i = \text{costante}$$

$$\frac{dV}{dt} = A \Rightarrow \int_{V_0}^V dV_M = \int_{t_0=0}^t A_M dt \Rightarrow$$

$$V_M(t) = V_0 + A_M t$$

$$\frac{dS}{dt} = V \Rightarrow \int_{S_0=0}^S dS = \int_{t_0=0}^t V dt \Rightarrow S_M(t) = \int_0^t (V_0 + A_M t) dt \rightarrow$$

$$S_M(t) = V_0 t + \frac{A_M}{2} t^2$$

Durante questa fase del moto è in teoria possibile pervenire ad un arresto del treno. Infatti in caso di treno che percorre una linea in salita a bassa velocità si può verificare il caso in cui il treno si ferma prima che l'azione frenante abbia inizio.

La condizione di arresto del treno nella fase M è che esista un istante t_{MA} con $0 \leq t_{MA} \leq t_1 = T_M$ tale che $V_M(t = t_1) = 0$. Sostituendo quest'ultima condizione nell'equazione generica di $V_M(t)$ si ha:

$$V_M(t = t_{MA}) = V_0 + A_M t_{MA} = V_0 - d_i t_{MA} = 0 \Rightarrow t_{MA} = \frac{V_0}{d_i}$$

Imponendo l'appartenenza di t_{MA} alla fase M si ha la condizione di arresto in M:

$$t_{MA} = \frac{V_0}{d_i} \leq T_M$$

Se questa condizione è VERA, sostituendo $t = t_{MA}$ nell'equazione generica di $S_M(t)$ si ha lo spazio di arresto del treno:

$$S_{MA} = -\frac{V_0^2}{2A_M} = \frac{V_0^2}{2d_i}$$

Se questa condizione è FALSA, sostituendo $t = t_1 = T_M$ nelle equazioni generiche di $S_M(t)$ e di $V_M(t)$ si ottengono le condizioni iniziali per la successiva fase R del moto:

$$V_1 = V_M(t_1) = V_0 + A_M t_1 \Rightarrow V_1 = V_0 - d_i T_M$$

$$S_1 = S_M(t_1) = V_0 t_1 + \frac{A_M}{2} t_1^2 \Rightarrow S_1 = V_0 T_M - \frac{d_i}{2} T_M^2$$

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

13 di 44

5.1.2 Fase R

Poiché l'accelerazione varia linearmente dal valore iniziale $A_1 = A_M = -d_i$ al valore finale $A_2 = A_C = -d_i - d_p$, risulta:

$$A_R(t) = -d_i - d_p \frac{t - T_M}{T_R}$$

$$\frac{dV}{dt} = A \Rightarrow \int_{V_1}^V dV_R = \int_{t_1=T_M}^t A_R dt = \int_{T_M}^t \left(-d_i - d_p \frac{t - T_M}{T_R} \right) dt \Rightarrow \dots$$

$$V_R(t) = V_1 - d_i(t - T_M) - \frac{d_p}{2T_R}(t - T_M)^2$$

$$\frac{dS}{dt} = V \Rightarrow \int_{S_1}^S dS_R = \int_{t_1=T_M}^t V_R(t) dt = \int_{T_M}^t \left(V_1 - d_i(t - T_M) - \frac{d_p}{2T_R}(t - T_M)^2 \right) dt \Rightarrow \dots$$

$$S_R(t) = S_1 + V_1(t - T_M) - \frac{d_i}{2}(t - T_M)^2 - \frac{d_p}{6T_R}(t - T_M)^3$$

Anche durante questa fase del moto è possibile pervenire ad un arresto del treno. Infatti è possibile che il treno si fermi prima che la forza frenante raggiunga il massimo valore associato alla frenatura a regime.

La condizione di arresto del treno nella fase R è che esista un istante t_{RA} con $t_1 < t_{RA} \leq t_2$ tale che $V_R(t = t_{RA}) = 0$. Sostituendo quest'ultima condizione nell'equazione generica di $V_R(t)$ si ottiene l'equazione di secondo grado in $(t_{RA} - T_M)$:

$$V_R(t_{RA}) = V_1 - d_i(t_{RA} - T_M) - \frac{d_p}{2T_R}(t_{RA} - T_M)^2 = 0$$

le cui due soluzioni analitiche sono:

$$(t_{RA} - T_M)_{1,2} = \frac{-d_i \pm \sqrt{d_i^2 + \frac{2d_p V_1}{T_R}}}{\frac{d_p}{T_R}}$$

Poiché gli addendi sotto radice sono positivi e anche d_p lo è, affinché risulti positivo, come deve essere, anche $(t_{RA} - T_M)$, deve sempre essere positivo anche il numeratore della frazione. Dunque, tra le due soluzioni analitiche, ha fisicamente senso quella che somma i termini al numeratore.

Dovendo essere anche $t_{RA} \leq t_2 = T_R + T_M$, ne consegue che:

$$\frac{T_R}{d_p} \left(-d_i + \sqrt{d_i^2 + \frac{2d_p V_1}{T_R}} \right) \leq T_R$$

Dividendo per $T_R > 0$ e moltiplicando per $d_p > 0$ si ha:

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

 FOGLIO
 14 di 44

$$\sqrt{d_i^2 + \frac{2d_p V_1}{T_R}} \leq d_p + d_i$$

È possibile risolvere elevando al quadrato ad ambo i membri. Ne consegue:

$$d_i^2 + \frac{2d_p V_1}{T_R} \leq d_i^2 + d_p^2 + 2d_i d_p$$

Da cui si ricava la condizione di arresto in R:

$$d_p \geq 2 \left(\frac{V_1}{T_R} - d_i \right)$$

Se questa condizione è VERA, sostituendo $t = t_{RA}$ nell'equazione generica di $S_R(t)$ si ha lo spazio di arresto del treno:

$$S_{RA} = S_1 + V_1(t_{RA} - T_M) - \frac{d_i}{2}(t_{RA} - T_M)^2 - \frac{d_p}{6T_R}(t_{RA} - T_M)^3$$

con

$$t_{RA} - T_M = \frac{-d_i \pm \sqrt{d_i^2 + \frac{2d_p V_1}{T_R}}}{\frac{d_p}{T_R}}$$

Se questa condizione è FALSA, sostituendo $t = t_2 = T_M + T_R$ nelle equazioni generiche di $S_R(t)$ e di $V_R(t)$ si ottengono le condizioni iniziali per la successiva fase C del moto:

$$V_2 = V_R(t_2) = V_1 - d_i T_R - \frac{d_p}{2} T_R \quad \Rightarrow \quad V_2 = V_1 - T_R \left(d_i + \frac{d_p}{2} \right)$$

$$S_2 = S_R(t_2) = S_1 + V_1 T_R - \frac{d_i}{2} T_R^2 - \frac{d_p}{6T_R} T_R^3 \quad \Rightarrow \quad S_2 = S_1 + T_R V_1 - T_R^2 \left(\frac{d_i}{2} + \frac{d_p}{6} \right)$$

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
15 di 44

5.1.3 Fase C

Risulta:

$$A_C(t) = A_C = -d_i - d_p = \text{costante}$$

$$\frac{dV}{dt} = A \quad \text{e} \quad \frac{dS}{dt} = V \quad \Rightarrow \quad VdV = AdS \quad \Rightarrow \quad \int_{V_2}^{V(t)} V_C dV = \int_{S_2}^{S(t)} A_C dS \quad \Rightarrow$$

$$\frac{V_C^2(t)}{2} - \frac{V_2^2}{2} = (-d_i - d_p)(S_C(t) - S_2)$$

Imponendo la condizione di arresto in C data da $V_{CA}(t_A) = 0$ si ottiene lo spazio di arresto S_{CA} :

$$V_2^2 = 2(d_i + d_p)(S_{CA} - S_2)$$

Dunque lo spazio di arresto del treno è:

$$S_{CA} = S_2 + \frac{V_2^2}{2(d_i + d_p)}$$

PROGETTO ATC
 SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

 FOGLIO
 16 di 44

5.2 Parametri del modello di frenatura

La risoluzione dell'integrazione del moto del treno richiede la conoscenza delle seguenti variabili.

Variabile	Simbolo
Velocità iniziale del treno	V
Decelerazione a regime del treno dovuta alla frenatura	d_p
Decelerazione del treno dovuta alla pendenza della linea	d_i
Tempo morto iniziale della frenatura	T_M
Tempo caratteristico della rampa di decelerazione	T_R

I valori delle decelerazioni e dei tempi possono essere calcolati sulla base delle corrispondenti variabili descritte nel modello di frenatura per SCMT (rif.[R2]).

5.2.1 Calcolo di d_p

Il valore di decelerazione a regime utilizzato nel calcolo è dato dal prodotto:

$$d_p = k d_r$$

dove:

- d_r è il valore di decelerazione costante atteso per il treno considerato nell'intervallo di velocità comprese tra 0 e la velocità iniziale V ;
- k è il fattore di protezione che deve essere scelto sulla base dei requisiti di sicurezza associati all'analisi.

Come valore di prima ipotesi si propone:

$k =$	0,9
-------	-----

Se non è noto il valore di d_r o non è possibile fare riferimento ad uno specifico materiale rotabile, è possibile calcolarlo per il generico treno sulla base della percentuale di peso

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
17 di 44

frenato λ :

$$d_p = A\lambda + B$$

dove:

A =	0,00685 m/s ²
B =	0,094 m/s ²

Ad esempio per un treno con $\lambda = 105$ risulta $d_p = 0,813$ m/s² ovvero $d_p = 0,73$ m/s².

5.2.2 Calcolo di d_i

Il valore di decelerazione dovuto alla pendenza della linea è dato da:

$$d_i = \begin{cases} K_{i1} g i & \text{se } i > i_1 \\ K_{i2} g i & \text{se } i_2 < i \leq i_1 \\ K_{i3} g i & \text{se } i \leq i_2 \end{cases}$$

dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- i è la pendenza della linea, positiva in salita, espressa come numero puro, calcolato secondo le regole per la definizione del valore di pendenza della linea utilizzate per i telegrammi SCMT nel tratto di linea compreso tra il punto protetto e la coda del treno di riferimento nel momento in cui esso supera con la testa il segnale disposto a via impedita;
- i coefficienti K_{i1} , K_{i2} , K_{i3} e le soglie i_1 e i_2 sono utilizzate per contemplare il contributo delle inerzie dovute alle masse rotanti. I valori sono definiti nella seguente tabella.

$K_{i1} =$	0,90
$K_{i2} =$	1,00
$K_{i3} =$	1,10
$i_1 =$	0
$i_2 =$	-0,021

Ad esempio per una linea in discesa del 28‰ risulta $i = -0,028$ e dunque $d_i = -0,30$ m/s².

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
18 di 44

5.2.3 Calcolo di T_M e T_R

Se non sono noti il valore di T_R e T_M o non è possibile fare riferimento ad uno specifico materiale rotabile, è possibile calcolarli per il generico treno con frenatura pneumatica UIC sulla base della lunghezza del treno.

Dalla figura 2 si deduce facilmente:

$$T_R = 2(t_f - T_M)$$

dove:

- t_f è il tempo equivalente del modello di frenatura a gradino di decelerazione;
- T_M è il tempo morto iniziale.

Risulta:

$T_M =$	3,0 s
---------	-------

Per il calcolo del tempo equivalente della frenatura risulta:

$$t_f = \begin{cases} t_{fV} & \text{se } TipoFreno = Viaggiatori \\ MAX(t_{fV}, t_{fM}) & \text{se } TipoFreno = Mercat$$

con:

$$t_{fV} = a_V + b_V \frac{L(1-EP)}{100} + c_V \left[\frac{L(1-EP)}{100} \right]^2$$

$$t_{fM} = a_M + b_M \frac{L}{100} + c_M \left(\frac{L}{100} \right)^2$$

dove:

- L è la lunghezza del treno di riferimento espressa in metri;
- EP vale 1 in caso di frenatura elettropneumatica in sicurezza, inserita ed efficiente; 0 in caso di frenatura elettropneumatica assente, disinserita, inefficiente, non sicura.

Gli altri parametri sono definiti nella seguente tabella:

PROGETTO ATC
SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO
19 di 44

$a_V =$	3,50 s
$b_V =$	0 s/m
$c_V =$	0,15 s/m ²
$a_M =$	13,50 s
$b_M =$	0 s/m
$c_M =$	0,04 s/m ²

Ad esempio per un treno con freno viaggiatori senza EP lungo 300 m risulta $t_f = 4,85$ s e dunque $T_R = 3,7$ s.

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

 FOGLIO
 20 di 44

6 Conclusioni

6.1 Riepilogo

Il modello di frenatura a rampa di decelerazione è stato ideato per gli scopi definiti in § 1 ed è applicabile nel contesto definito in § 2.

La dinamica del moto, descritta in § 4, prevede che l'arresto del treno possa avvenire o nella fase prima fase del moto (M), o nella seconda (R) o nella terza (C).

Pertanto esistono delle condizioni matematiche che determinano in quale fase del moto avviene l'arresto. Lo spazio di arresto va calcolato utilizzando la formula opportuna, a seconda di quali tra queste condizioni è soddisfatta, come descritto in § 5.1. I valori numerici di ingresso da utilizzare sono determinati in § 5.2.

In sintesi le relazioni matematiche da applicare sono riepilogate di seguito.

Caso dell'arresto nella prima fase del moto (FASE M)

Se la seguente condizione è VERA

$$t_{MA} = \frac{V_0}{d_i} \leq T_M$$

il treno si arresta durante la fase M e lo spazio di arresto è dato da:

$$S_{MA} = -\frac{V_0^2}{2A_M} = \frac{V_0^2}{2d_i}$$

Caso dell'arresto nella seconda fase del moto (FASE R)

Se il treno non si è arrestato durante la fase M e se la seguente condizione è VERA

$$d_p \geq 2 \left(\frac{V_1}{T_R} - d_i \right)$$

il treno si arresta durante la fase R e lo spazio di arresto è dato da:

$$S_{RA} = S_1 + V_1(t_{RA} - T_M) - \frac{d_i}{2}(t_{RA} - T_M)^2 - \frac{d_p}{6T_R}(t_{RA} - T_M)^3$$

con

$$V_1 = V_0 - d_i T_M$$

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

21 di 44

$$S_1 = V_0 T_M - \frac{d_i}{2} T_M^2$$

$$t_{RA} - T_M = \frac{-d_i \pm \sqrt{d_i^2 + \frac{2d_p V_1}{T_R}}}{\frac{d_p}{T_R}}$$

Caso dell'arresto nella terza del moto (FASE C)

Se l'arresto non è avvenuto nelle fasi precedenti, lo spazio di arresto è dato da:

$$S_{CA} = S_2 + \frac{V_2^2}{2(d_i + d_p)}$$

con

$$V_2 = V_1 - T_R \left(d_i + \frac{d_p}{2} \right)$$

$$S_2 = S_1 + T_R V_1 - T_R^2 \left(\frac{d_i}{2} + \frac{d_p}{6} \right)$$

6.2 Esempio di Applicazione del Modello di Calcolo degli Spazi di Arresto per Modifica SST della rete ferroviaria tradizionale di RFI

Di seguito viene fornita una applicazione del modello riportato nel presente documento per la definizione degli spazi di arresto necessari per una verifica delle distanze di sicurezza dei punti protetti (convergenze e punti limite) nelle stazioni e linee della rete ferroviaria tradizionale.

Tale applicazione è stata implementata nell'ambito dell'attività di modifica del Sottosistema di Segnalamento di Terra (SST) della rete ferroviaria tradizionale, come da documento in riferimento [R5]. Per il calcolo degli spazi di arresto in tale applicazione si è tenuto conto di alcune tipologie di treno per certi valori di pendenza delle stazioni. I risultati sono contenuti nelle tabelle riportate nel successivo file in Allegato 1.

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

22 di 44

Contenuto dell'Allegato 1.

Tabelle 1: elenco delle combinazioni di tipo treno, tipo freno, lunghezza treno, percentuale di massa frenata e velocità di rilascio nominali considerate.

Legenda: V = Viaggiatori, M = Merci, LT = Lunghezza Treno

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
1	V	V	150	135	30
2					20
3					10
4					5
5	V	V	150	130	30
6					20
7					10
8					5
9	V	V	150	125	30
10					20
11					10
12					5
13	V	V	150	120	30
14					20
15					10
16					5
17	V	V	150	115	30
18					20
19					10
20					5
21	V	V	150	110	30
22					20
23					10
24					5
25	V	V	150	105	30
26					20
27					10

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
28					5
29	V	V	150	100	30
30					20
31					10
32					5
33	V	V	150	95	30
34					20
35					10
36					5
37	V	V	150	90	30
38					20
39					10
40					5
41	V	V	150	85	30
42					20
43					10
44					5
45	V	V	150	80	30
46					20
47					10
48					5
49	V	V	150	75	30
50					20
51					10
52					5
53	V	V	150	70	30
54					20

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

23 di 44

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
55					10
56					5
57	V	V	150	65	30
58					20
59					10
60					5
61	V	V	200	135	30
62					20
63					10
64					5
65	V	V	200	130	30
66					20
67					10
68					5
69	V	V	200	125	30
70					20
71					10
72					5
73	V	V	200	120	30
74					20
75					10
76					5
77	V	V	200	115	30
78					20
79					10
80					5
81	V	V	200	110	30
82					20
83					10
84					5
85	V	V	200	105	30
86					20
87					10
88					5
89	V	V	200	100	30
90					20
91					10

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
92					5
93	V	V	200	95	30
94					20
95					10
96					5
97	V	V	200	90	30
98					20
99					10
100					5
101	V	V	200	85	30
102					20
103					10
104					5
105	V	V	200	80	30
106					20
107					10
108					5
109	V	V	200	75	30
110					20
111					10
112					5
113	V	V	200	70	30
114					20
115					10
116					5
117	V	V	200	65	30
118					20
119					10
120					5
121	V	V	250	135	30
122					20
123					10
124					5
125	V	V	250	130	30
126					20
127					10
128					5

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

24 di 44

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
129	V	V	250	125	30
130					20
131					10
132					5
133	V	V	250	120	30
134					20
135					10
136					5
137	V	V	250	115	30
138					20
139					10
140					5
141	V	V	250	110	30
142					20
143					10
144					5
145	V	V	250	105	30
146					20
147					10
148					5
149	V	V	250	100	30
150					20
151					10
152					5
153	V	V	250	95	30
154					20
155					10
156					5
157	V	V	250	90	30
158					20
159					10
160					5
161	V	V	250	85	30
162					20
163					10
164					5
165	V	V	250	80	30

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
166					20
167					10
168					5
169	V	V	250	75	30
170					20
171					10
172					5
173	V	V	250	70	30
174					20
175					10
176					5
177	V	V	250	65	30
178					20
179					10
180					5
181	V	V	350	135	30
182					20
183					10
184					5
185	V	V	350	130	30
186					20
187					10
188					5
189	V	V	350	125	30
190					20
191					10
192					5
193	V	V	350	120	30
194					20
195					10
196					5
197	V	V	350	115	30
198					20
199					10
200					5
201	V	V	350	110	30
202					20

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

25 di 44

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
203					10
204					5
205	V	V	350	105	30
206					20
207					10
208					5
209	V	V	350	100	30
210					20
211					10
212					5
213	V	V	350	95	30
214					20
215					10
216					5
217	V	V	350	90	30
218					20
219					10
220					5
221	V	V	350	85	30
222					20
223					10
224					5
225	V	V	350	80	30
226					20
227					10
228					5
229	V	V	350	75	30
230					20
231					10
232					5
233	V	V	350	70	30
234					20
235					10
236					5
237	V	V	350	65	30
238					20
239					10

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
240					5
241	V	V	650	135	30
242					20
243					10
244					5
245	V	V	650	130	30
246					20
247					10
248					5
249	V	V	650	125	30
250					20
251					10
252					5
253	V	V	650	120	30
254					20
255					10
256					5
257	V	V	650	115	30
258					20
259					10
260					5
261	V	V	650	110	30
262					20
263					10
264					5
265	V	V	650	105	30
266					20
267					10
268					5
269	V	V	650	100	30
270					20
271					10
272					5
273	V	V	650	95	30
274					20
275					10
276					5

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

26 di 44

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
277	V	V	650	90	30
278					20
279					10
280					5
281	V	V	650	85	30
282					20
283					10
284					5
285	V	V	650	80	30
286					20
287					10
288					5
289	V	V	650	75	30
290					20
291					10
292					5
293	V	V	650	70	30
294					20
295					10
296					5
297	V	V	650	65	30
298					20
299					10
300					5

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
301	M	V	350	100	30
302					20
303					10
304					5
305	M	V	350	90	30
306					20
307					10
308					5
309	M	V	350	80	30

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
310					20
311					10
312					5
313	M	V	350	70	30
314					20
315					10
316					5
317	M	V	350	60	30
318					20
319					10
320					5
321	M	V	650	100	30
322					20
323					10
324					5
325	M	V	650	90	30
326					20
327					10
328					5
329	M	V	650	80	30
330					20
331					10
332					5
333	M	V	650	70	30
334					20
335					10
336					5
337	M	V	650	60	30
338					20
339					10
340					5

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
341	M	M	500	90	30
342					20

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

27 di 44

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
343					10
344					5
345	M	M	500	80	30
346					20
347					10
348					5
349	M	M	500	70	30
350					20
351					10
352					5
353	M	M	500	60	30
354					20
355					10
356					5
357	M	M	500	50	30
358					20
359					10
360					5
361	M	M	750	90	30
362					20

SPAZI DI ARRESTO					
N° Analisi	Tipo TRENO	Tipo FRENO	LT	PMF	Vril
363					10
364					5
365	M	M	750	80	30
366					20
367					10
368					5
369	M	M	750	70	30
370					20
371					10
372					5
373	M	M	750	60	30
374					20
375					10
376					5
377	M	M	750	50	30
378					20
379					10
380					5

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

28 di 44

Table 2: spazi di arresto per treni tipo viaggiatori (freno viaggiatori).

Modello =	Rampa di decelerazione							
Kr =	0,9							
Tipo treno =	Viaggiatori							
Tipo freno =	Viaggiatori							
V ril nom =	30 km/h							
V ril c =	34 km/h							
LT =	150 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	91	95	100	106	113	122	132	146
-5	90	94	99	104	111	119	130	143
-4	89	93	97	103	109	117	127	140
-3	88	92	96	101	108	115	125	137
-2	87	91	95	100	106	113	122	134
-1	86	89	94	98	104	111	120	131
0	85	88	92	97	103	109	118	128
1	84	87	91	96	101	108	116	126
2	83	86	90	95	100	106	114	123
3	82	85	89	94	99	105	112	121
4	81	85	88	92	97	103	110	119
5	81	84	87	91	96	102	109	117
6	80	83	86	90	95	100	107	115

LT =	200 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	94	98	103	109	116	124	135	149
-5	93	97	101	107	114	122	132	146
-4	91	95	100	106	112	120	130	142
-3	90	94	99	104	110	118	127	139
-2	89	93	97	102	108	116	125	136
-1	88	92	96	101	107	114	122	133
0	87	91	95	100	105	112	120	131
1	86	90	94	98	104	110	118	128
2	85	89	93	97	102	109	116	126
3	85	88	91	96	101	107	114	124
4	84	87	90	95	100	105	113	121
5	83	86	89	93	98	104	111	119
6	82	85	88	92	97	102	109	117

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

29 di 44

LT =	250 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	97	101	106	112	119	128	139	153
-5	96	100	105	110	117	126	136	149
-4	95	99	103	109	115	123	133	146
-3	94	97	102	107	114	121	131	143
-2	92	96	101	106	112	119	128	139
-1	91	95	99	104	110	117	126	136
0	90	94	98	103	108	115	123	134
1	89	93	97	101	107	113	121	131
2	88	92	96	100	105	112	119	129
3	87	91	94	99	104	110	117	126
4	87	90	93	98	102	108	115	124
5	86	89	92	96	101	107	114	122
6	85	88	91	95	100	105	112	120

LT =	350 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	106	110	115	121	129	137	148	162
-5	105	109	114	119	126	135	145	159
-4	103	107	112	118	124	132	142	155
-3	102	106	110	116	122	130	139	151
-2	101	104	109	114	120	128	137	148
-1	99	103	107	112	118	125	134	145
0	98	102	106	111	116	123	131	142
1	97	101	105	109	115	121	129	139
2	96	99	103	108	113	119	127	137
3	95	98	102	106	112	118	125	134
4	94	97	101	105	110	116	123	132
5	93	96	100	104	109	114	121	129
6	92	95	99	102	107	113	119	127

LT =	650 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	147	152	158	165	173	182	194	210
-5	145	150	155	162	169	179	190	204
-4	143	147	153	159	166	175	186	199
-3	141	145	150	156	163	171	182	194

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

30 di 44

-2	138	143	148	153	160	168	178	190
-1	136	141	145	151	157	165	174	185
0	134	138	143	148	154	161	170	181
1	133	136	141	146	152	159	167	177
2	131	135	139	144	149	156	164	174
3	129	133	137	142	147	153	161	170
4	128	131	135	139	145	151	158	167
5	126	129	133	137	142	148	155	164
6	124	128	131	135	140	146	152	161

Modello =	Rampa di decelerazione							
Kr =	0,9							
Tipo treno =	Viaggiatori							
Tipo freno =	Viaggiatori							
V ril nom =	20 km/h							
V ril c =	24 km/h							
LT =	150 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	54	56	58	61	65	69	75	82
-5	53	55	57	60	64	68	73	80
-4	52	54	57	59	63	67	72	78
-3	52	54	56	58	62	65	70	76
-2	51	53	55	58	61	64	69	74
-1	50	52	54	57	60	63	67	73
0	50	51	53	56	59	62	66	71
1	49	51	53	55	58	61	65	70
2	49	50	52	54	57	60	64	69
3	48	50	52	54	56	59	63	67
4	48	49	51	53	55	58	62	66
5	47	49	50	52	55	58	61	65
6	47	48	50	52	54	57	60	64

LT =	200 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	55	58	60	63	67	71	77	84
-5	55	57	59	62	66	70	75	82
-4	54	56	58	61	64	68	73	80
-3	53	55	58	60	63	67	72	78
-2	53	55	57	59	62	66	71	76
-1	52	54	56	58	61	65	69	75
0	51	53	55	58	60	64	68	73

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

31 di 44

1	51	53	54	57	59	63	67	72
2	50	52	54	56	59	62	66	70
3	50	51	53	55	58	61	64	69
4	49	51	53	55	57	60	63	68
5	49	50	52	54	56	59	62	67
6	48	50	51	53	56	58	61	65

LT =	250 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	58	60	63	66	69	74	79	86
-5	57	59	62	65	68	72	77	84
-4	56	58	61	64	67	71	76	82
-3	56	58	60	64	66	70	74	80
-2	55	57	59	63	65	68	73	79
-1	54	56	58	61	64	67	71	77
0	54	55	57	60	63	66	70	75
1	53	55	57	59	62	65	69	74
2	52	54	56	58	61	64	68	72
3	52	53	55	57	60	63	67	71
4	51	53	55	57	59	62	65	70
5	51	52	54	56	58	61	64	69
6	50	52	53	55	57	60	63	67

LT =	350 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	64	66	69	72	76	80	86	93
-5	63	65	68	71	74	79	84	91
-4	62	64	67	70	73	77	82	89
-3	61	63	66	68	72	76	80	87
-2	61	63	65	67	70	74	79	85
-1	60	62	64	66	69	73	77	83
0	59	61	63	65	68	72	76	81
1	58	60	62	64	67	70	74	79
2	58	59	61	63	66	69	73	78
3	57	59	60	63	65	68	72	76
4	56	58	60	62	64	67	71	75
5	56	57	59	61	63	66	69	74
6	55	56	58	60	62	65	68	72

LT =	650 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

32 di 44

Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	92	95	98	102	106	111	118	126
-5	90	93	96	100	104	109	115	123
-4	89	91	94	98	102	106	112	119
-3	87	90	92	96	100	104	109	116
-2	86	88	91	94	97	102	107	113
-1	84	86	89	92	95	100	104	110
0	83	85	87	90	94	97	102	108
1	81	84	86	89	92	95	100	105
2	80	82	85	87	90	94	98	103
3	79	81	83	86	89	92	96	101
4	78	80	82	84	87	90	94	98
5	77	78	80	83	85	88	92	96
6	75	77	79	81	84	87	90	94

Modello =	Rampa di decelerazione							
Kr =	0,9							
Tipo treno =	Viaggiatori							
Tipo freno =	Viaggiatori							
V ril nom =	10 km/h							
V ril c =	14 km/h							
LT =	150 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	25	26	27	28	29	31	33	35
-5	25	25	26	27	29	30	32	34
-4	24	25	26	27	28	29	31	33
-3	24	25	26	26	28	29	31	33
-2	24	24	25	26	27	28	30	32
-1	23	24	25	26	27	28	29	31
0	23	24	24	25	26	27	29	30
1	23	23	24	25	26	27	28	30
2	22	23	24	24	25	26	28	29
3	22	23	23	24	25	26	27	29
4	22	22	23	24	25	26	27	28
5	22	22	23	23	24	25	26	28
6	21	22	22	23	24	25	26	27

LT =	200 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	26	27	28	29	30	32	34	36

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

33 di 44

-5	26	27	27	28	30	31	33	35
-4	25	26	27	28	29	31	32	35
-3	25	26	27	27	29	30	32	34
-2	25	25	26	27	28	29	31	33
-1	24	25	26	27	28	29	30	32
0	24	25	25	26	27	28	30	31
1	24	24	25	26	27	28	29	31
2	23	24	25	25	26	27	29	30
3	23	24	24	25	26	27	28	30
4	23	23	24	25	25	26	28	29
5	23	23	24	24	25	26	27	28
6	22	23	23	24	25	26	27	28

LT =	250 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	28	28	29	30	32	33	35	38
-5	27	28	29	30	31	33	34	37
-4	27	27	28	29	30	32	34	36
-3	26	27	28	29	30	31	33	35
-2	26	27	27	28	29	31	32	34
-1	26	26	27	28	29	30	32	33
0	25	26	27	27	28	29	31	33
1	25	25	26	27	28	29	30	32
2	25	25	26	27	27	28	30	31
3	24	25	25	26	27	28	29	31
4	24	24	25	26	27	28	29	30
5	24	24	25	25	26	27	28	30
6	23	24	24	25	26	27	28	29

LT =	350 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	31	32	33	34	35	37	39	42
-5	31	31	32	33	35	36	38	41
-4	30	31	32	33	34	36	37	40
-3	30	30	31	32	33	35	36	39
-2	29	30	31	32	33	34	36	38
-1	29	29	30	31	32	33	35	37
0	28	29	30	30	31	33	34	36
1	28	28	29	30	31	32	33	35
2	27	28	29	29	30	31	33	34
3	27	28	28	29	30	31	32	34

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

34 di 44

4	27	27	28	29	29	30	32	33
5	26	27	27	28	29	30	31	32
6	26	26	27	28	28	29	30	32

LT =	650 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	46	47	49	50	52	55	57	61
-5	45	46	47	49	51	53	56	59
-4	44	45	46	48	49	51	54	57
-3	42	44	45	46	48	50	52	55
-2	42	43	44	45	47	49	51	53
-1	41	42	43	44	46	47	49	52
0	40	41	42	43	44	46	48	50
1	39	40	41	42	43	45	47	49
2	38	39	40	41	42	44	45	47
3	37	38	39	40	41	43	44	46
4	36	37	38	39	40	42	43	45
5	36	36	37	38	39	41	42	44
6	35	36	36	37	38	40	41	42

Modello =	Rampa di decelerazione							
Kr =	0,9							
Tipo treno =	Viaggiatori							
Tipo freno =	Viaggiatori							
V ril nom =	5 km/h							
V ril c =	9 km/h							
LT =	150 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	14	15	15	15	16	17	18	19
-5	14	14	15	15	16	16	17	18
-4	14	14	14	15	15	16	17	18
-3	14	14	14	15	15	16	16	17
-2	13	14	14	14	15	15	16	17
-1	13	13	14	14	14	15	16	16
0	13	13	13	14	14	15	15	16
1	13	13	13	14	14	14	15	16
2	13	13	13	13	14	14	15	15
3	12	13	13	13	13	14	14	15
4	12	12	13	13	13	14	14	15
5	12	12	12	13	13	13	14	14
6	12	12	12	12	13	13	14	14

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

35 di 44

LT =	200 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	15	15	16	16	17	17	18	19
-5	15	15	15	16	16	17	18	19
-4	14	15	15	16	16	17	17	18
-3	14	14	15	15	16	16	17	18
-2	14	14	15	15	15	16	17	17
-1	14	14	14	15	15	16	16	17
0	13	14	14	14	15	15	16	17
1	13	14	14	14	15	15	16	16
2	13	13	14	14	14	15	15	16
3	13	13	13	14	14	14	15	16
4	13	13	13	13	14	14	15	15
5	12	13	13	13	14	14	14	15
6	12	13	13	13	13	14	14	15

LT =	250 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	16	16	17	17	18	18	19	20
-5	16	16	16	17	17	18	19	20
-4	15	16	16	16	17	18	18	19
-3	15	15	16	16	17	17	18	19
-2	15	15	15	16	16	17	17	18
-1	14	15	15	15	16	16	17	18
0	14	14	15	15	16	16	17	17
1	14	14	15	15	15	16	16	17
2	14	14	14	15	15	15	16	17
3	14	14	14	14	15	15	16	16
4	13	14	14	14	14	15	15	16
5	13	13	14	14	14	15	15	16
6	13	13	13	14	14	14	15	15

LT =	350 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	18	18	19	19	20	21	22	23
-5	18	18	18	19	20	20	21	22
-4	17	18	18	19	19	20	21	22
-3	17	17	18	18	19	19	20	21

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

36 di 44

-2	17	17	17	18	18	19	20	20
-1	16	17	17	17	18	18	19	20
0	16	16	17	17	17	18	19	19
1	16	16	16	17	17	18	18	19
2	15	16	16	16	17	17	18	18
3	15	15	16	16	16	17	17	18
4	15	15	15	16	16	16	17	18
5	15	15	15	15	16	16	17	17
6	14	15	15	15	15	16	16	17

LT =	650 m							
PPF =	135	125	115	105	95	85	75	65
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	26	27	28	29	30	31	33	35
-5	26	26	27	28	29	30	32	33
-4	25	25	26	27	28	29	30	32
-3	24	25	25	26	27	28	29	31
-2	23	24	25	25	26	27	28	30
-1	23	23	24	24	25	26	27	28
0	22	22	23	24	24	25	26	27
1	21	22	22	23	24	24	25	26
2	21	21	22	22	23	24	24	25
3	20	21	21	22	22	23	24	25
4	20	20	20	21	22	22	23	24
5	19	19	20	20	21	21	22	23
6	19	19	19	20	20	21	21	22

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

37 di 44

Tabella 3: spazi di arresto per treni tipo merci con freno viaggiatori.

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Viaggiatori				
V ril nom =	30 km/h				
V ril c =	34 km/h				
LT =	350 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	125	133	142	155	171
-5	123	130	140	151	167
-4	121	128	137	148	163
-3	119	126	134	145	159
-2	117	124	132	142	155
-1	115	122	129	139	152
0	113	120	127	136	148
1	112	118	125	134	145
2	110	116	123	132	142
3	109	114	121	129	140
4	107	113	119	127	137
5	106	111	117	125	134
6	105	110	116	123	132

LT =	650 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	169	177	188	202	219
-5	165	174	184	197	213
-4	162	170	180	192	208
-3	159	167	176	188	202
-2	157	164	173	183	197
-1	154	161	169	179	192
0	151	158	166	175	187
1	149	155	163	172	183
2	146	152	160	169	180
3	144	150	157	165	176
4	142	148	154	162	172
5	140	145	152	159	169
6	138	143	149	156	165

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

38 di 44

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Viaggiatori				
V ril nom =	20 km/h				
V ril c =	24 km/h				
LT =	350 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	74	78	83	89	98
-5	72	76	81	87	95
-4	71	75	80	85	93
-3	70	74	78	83	90
-2	69	72	76	82	88
-1	68	71	75	80	86
0	67	70	74	78	84
1	66	69	72	77	82
2	65	68	71	75	81
3	64	67	70	74	79
4	63	66	69	73	78
5	62	65	68	71	76
6	61	64	67	70	75

LT =	650 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	104	109	115	122	131
-5	102	106	112	119	127
-4	100	104	109	116	124
-3	98	102	107	113	120
-2	96	100	104	110	117
-1	94	97	102	107	114
0	92	95	100	105	111
1	90	94	98	102	108
2	89	92	96	100	106
3	87	90	94	98	103
4	86	88	92	96	101
5	84	87	90	94	99
6	83	85	88	92	97

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

39 di 44

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Viaggiatori				
V ril nom =	10 km/h				
V ril c =	14 km/h				
LT =	350 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	35	36	38	40	44
-5	34	35	37	39	42
-4	33	35	36	38	41
-3	33	34	36	38	40
-2	32	33	35	37	39
-1	31	33	34	36	38
0	31	32	33	35	37
1	30	31	33	34	36
2	30	31	32	34	35
3	29	30	31	33	35
4	29	30	31	32	34
5	28	29	30	32	33
6	28	29	30	31	32

LT =	650 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	51	53	56	59	63
-5	50	52	54	57	61
-4	48	50	53	55	59
-3	47	49	51	54	57
-2	46	48	50	52	55
-1	45	46	48	50	53
0	44	45	47	49	51
1	43	44	46	48	50
2	42	43	44	46	48
3	41	42	43	45	47
4	40	41	42	44	46
5	39	40	41	43	45
6	38	39	40	42	43

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

40 di 44

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Viaggiatori				
V ril nom =	5 km/h				
V ril c =	9 km/h				
LT =	350 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	20	20	21	22	24
-5	19	20	21	22	23
-4	19	19	20	21	22
-3	18	19	20	21	22
-2	18	19	19	20	21
-1	18	18	19	19	20
0	17	18	18	19	20
1	17	17	18	18	19
2	16	17	17	18	19
3	16	17	17	18	18
4	16	16	17	17	18
5	16	16	16	17	17
6	15	16	16	16	17

LT =	650 m				
PPF =	100	90	80	70	60
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	29	31	32	34	36
-5	28	30	31	32	34
-4	27	29	30	31	33
-3	27	28	29	30	32
-2	26	27	28	29	30
-1	25	26	27	28	29
0	24	25	26	27	28
1	23	24	25	26	27
2	23	23	24	25	26
3	22	23	23	24	25
4	21	22	22	23	24
5	21	21	22	22	23
6	20	21	21	22	23

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

41 di 44

Tabelle 4: spazi di arresto per treni tipo merci con freno merci.

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Merci				
V ril nom =	30 km/h				
V ril c =	34 km/h				
LT =	500 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	220	233	248	267	293
-5	215	227	241	259	283
-4	211	221	235	252	274
-3	206	216	229	245	265
-2	201	211	223	238	257
-1	197	206	217	231	249
0	193	201	212	225	242
1	189	197	207	220	235
2	185	193	203	214	229
3	182	189	198	209	223
4	178	186	194	205	218
5	175	182	190	200	212
6	172	178	186	196	207

LT =	750 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	231	244	260	280	306
-5	226	238	253	271	295
-4	221	232	246	263	286
-3	216	226	239	256	277
-2	211	221	233	248	268
-1	206	215	227	241	260
0	201	210	221	235	252
1	197	206	216	229	245
2	193	201	211	223	238
3	189	197	207	218	232
4	186	193	202	213	226
5	182	189	198	208	220
6	178	185	193	203	215

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

42 di 44

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Merci				
V ril nom =	20 km/h				
V ril c =	24 km/h				
LT =	500 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	137	145	153	164	179
-5	134	141	149	159	172
-4	130	137	144	154	166
-3	127	133	140	149	160
-2	124	129	136	144	155
-1	120	126	132	140	150
0	117	122	128	136	145
1	115	119	125	132	140
2	112	117	122	128	136
3	109	114	119	125	132
4	107	111	116	122	129
5	105	109	113	118	125
6	102	106	110	115	121

LT =	750 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	145	152	161	173	188
-5	141	148	156	167	181
-4	137	143	152	161	174
-3	133	139	147	156	168
-2	129	135	142	151	162
-1	126	132	138	146	156
0	122	128	134	142	151
1	120	125	131	138	146
2	117	121	127	134	142
3	114	118	124	130	138
4	111	116	121	126	134
5	109	113	117	123	130
6	106	110	114	120	126

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

43 di 44

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Merci				
V ril nom =	10 km/h				
V ril c =	14 km/h				
LT =	500 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	68	72	76	81	88
-5	66	69	73	78	84
-4	63	66	70	74	80
-3	51	64	67	71	76
-2	59	62	65	68	73
-1	57	59	62	66	70
0	55	57	60	63	67
1	53	55	58	61	64
2	52	54	56	59	62
3	50	52	54	57	60
4	49	50	52	55	57
5	47	49	51	53	55
6	46	47	49	51	53

LT =	750 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	72	75	80	86	93
-5	69	72	77	82	88
-4	66	70	74	78	84
-3	64	67	71	75	80
-2	62	64	68	72	77
-1	59	62	65	69	73
0	57	60	62	66	70
1	55	58	60	63	67
2	54	56	58	61	64
3	52	54	56	59	62
4	50	52	54	57	60
5	49	50	52	55	57
6	47	49	51	53	55

PROGETTO ATC

SOTTOSISTEMI DI TERRA E DI BORDO ATC

 Codifica: **RFI TC.PATC ST CM 01 M11 A**

FOGLIO

44 di 44

Modello =	Rampa di decelerazione				
Kr =	0,9				
Tipo treno =	Merci				
Tipo freno =	Merci				
V ril nom =	5 km/h				
V ril c =	9 km/h				
LT =	500 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	39	41	44	47	51
-5	37	39	42	44	48
-4	36	37	39	42	45
-3	34	36	38	40	43
-2	33	34	36	38	40
-1	31	32	34	36	38
0	30	31	32	34	36
1	29	30	31	32	34
2	28	29	30	31	33
3	27	27	28	30	31
4	26	26	27	28	30
5	25	25	26	27	28
6	24	24	25	26	27

LT =	750 m				
PPF =	90	80	70	60	50
Pendenza = (mm/m)	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =	Spazio Sc (m) =
-6	41	43	46	49	54
-5	39	41	44	47	50
-4	37	39	41	44	48
-3	36	37	39	42	45
-2	34	36	37	40	42
-1	33	34	35	37	40
0	31	32	34	35	38
1	30	31	32	34	36
2	29	30	31	32	34
3	27	28	29	31	32
4	26	27	28	29	31
5	25	26	27	28	29
6	24	25	26	27	28