

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
PONTI E VIADOTTI
PARTE GENERALE
IMPALCATO
Relazione incremento dinamico – impalcato 25m CAP**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:			

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

I	N	1	7	1	0	E	I	2	C	L	V	I	0	0	0	5	0	0	7	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Apr.21	M. Proietti	Apr.21	G. Grimaldi	Apr.21	

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1710EI2CLVI0005007A.DOCX

Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

INDICE

1	PREMESSA	2
2	ASSUNZIONI PER LE ANALISI E VERIFICHE	2
3	NORMATIVE	3
4	DATI DI BASE	3
4.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
4.2	ANALISI DEI CARICHI	4
5	ANALISI DEGLI EFFETTI DINAMICI	5
5.1	MODELLAZIONE	9
5.2	SPOSTAMENTI VERTICALI	9
5.2.1	<i>Output di calcolo</i>	9
5.2.2	<i>Coefficiente dinamico reale</i>	18
5.3	ACCELERAZIONI	20
6	VERIFICHE	22
7	CONCLUSIONI	24

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

1 PREMESSA

Nel presente documento vengono condotte le analisi degli effetti dinamici e dei possibili rischi di risonanza indotti dal transito dei convogli ferroviari sull'impalcato in c.a.p. doppio binario (cfr. Figura 1 e 2) realizzato nell'ambito del collegamento ferroviario della linea AV/AC Verona-Padova.

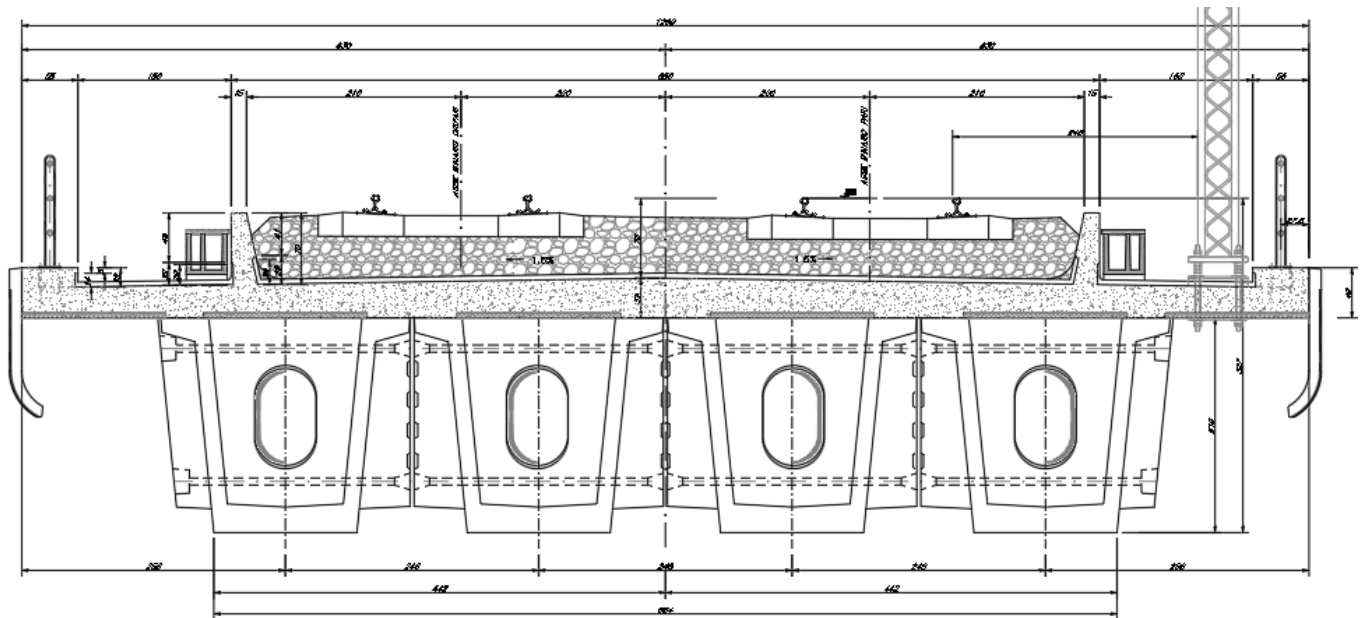




Figura 1 - Sezione trasversale impalcato

2 ASSUNZIONI PER LE ANALISI E VERIFICHE

Sulla linea in oggetto di progettazione risultano presenti diverse tipologie di viadotti e per la maggior parte di essi risultano esserci proprietà di linea differenti come la velocità di percorrenza e l'intervista la cui diretta conseguenza è sulle dimensioni trasversali della soletta in calcestruzzo. Le analisi e di conseguenza le verifiche sono state effettuate con riferimento all'impalcato tipologico con intervista 4.20m essendo il più vincolante per minor peso e rigidità.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

3 NORMATIVE

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- ✓ *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea*

[1]

- ✓ *UNI EN 1991-2 - Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti*

[2]

4 DATI DI BASE

Per lo svolgimento delle analisi in oggetto (cfr. § 1.) sono stati presi a riferimento gli elaborati e le relazioni di calcolo del PE. L’impalcato è costituito da 4 cassoncini in semplice appoggio di luce pari a 22,80m (interasse appoggi). La velocità di progetto è stata assunta pari a 250 km/h.

4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo Impalcato

classe di resistenza conglomerato	classe	C45/55	
resistenza caratteristica cubica a comp.	Rck	55	MPa
modulo elastico	Ec	36283	MPa
resistenza media cilindrica a comp.	fcm	53	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a comp.	fck	45	MPa

Calcestruzzo Soletta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	10	EI2CLVI0005007A	A

classe di resistenza conglomerato	classe	C32/40	
resistenza caratteristica cubica a comp.	Rck	40	MPa
modulo elastico	Ec	33346	MPa
resistenza media cilindrica a comp.	fcm	40	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a comp.	fck	32	MPa

4.2 ANALISI DEI CARICHI

Permanenti

		n	s (m)	A (mq)	Y (kN/mc)		
travi sezione coerente	Q _{pp}	4		1.09	25	109.0	kN/m
travi sezione appoggio	Q _{pp1}	8		2.23	25	446.0	kN/m
travi sezione variabile	Q _{pp2}	8		1.66	25	332.0	kN/m
traversi di testata	W _t	2	0.425	8.1	25	172.72	kN
traversi intermedi	W _{t2}	2	0.325	12.7	25	206.18	kN
soletta				4.59	25	110.25	kN/m

permanenti G₁ 6275 KN

Permanenti Portati

	n	h (m)	l (m)	A (mq)	Y (kN/mc)	P (kN/mq)	P (kN/m)
ballast		0.8	8.5		20		136
muretti parballast	2			0.16	25		8
cordoli	2			0.11	25		5.5
barriere anti rumore	2		4			4	32
impianti e cavidotti	2					1.5	3
velette	2					6.75	13.5

permanenti portati G₂ 5150 KN

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

5 ANALISI DEGLI EFFETTI DINAMICI

In relazione a quanto richiesto al § 4.2.7 Resistenza delle strutture ai carichi da traffico di cui alla Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea [1] la necessità di effettuare l’analisi degli effetti dinamici indotti sull’impalcato dal transito dei convogli ferroviari è stata verificata con riferimento al diagramma di flusso (cfr. Figura 2) di cui al § 6.4.4 della UNI EN 1991-2 – Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti [2].

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005007A	A

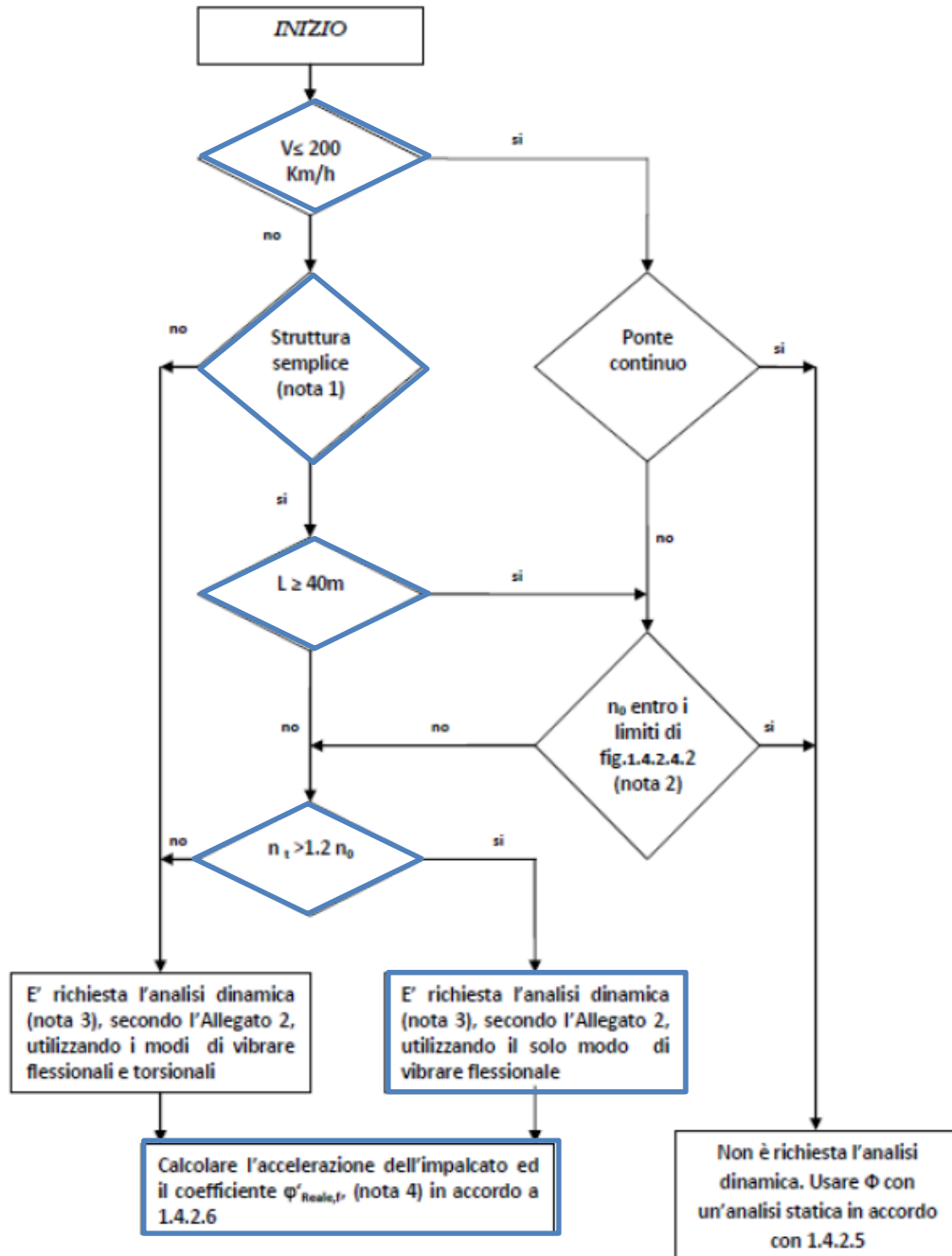


Figura 2 - Diagramma di flusso da Diagramma di flusso da fig. 6.9 della UNI EN 1991-2 [2] con individuazione del percorso seguito

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

In considerazione di quanto sopra riportato, si analizzano gli effetti, in termini di coefficiente di amplificazione dinamica ed accelerazione verticale, indotti dal transito dei convogli tipo HSLM-A (A1 – A10) sull'impalcato. Si considerano velocità variabili dalla *quasi statica* ($v_0 = 20$ km/h) alla *massima* prevista ($v_{max} = 250 * 1,2 = 300$ km/h).

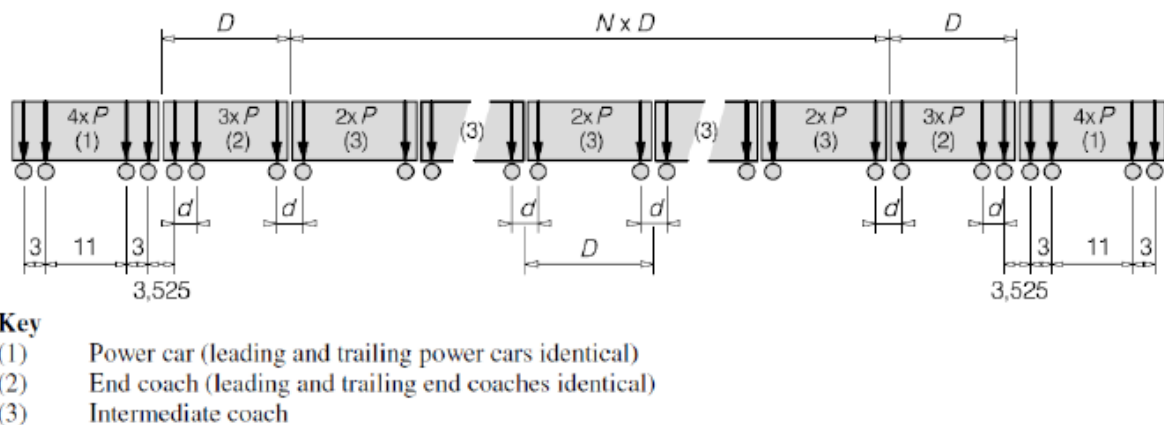


Figure 6.12 - HSLM-A

Table 6.3 - HSLM-A

Universal Train	Number of intermediate coaches N	Coach length D [m]	Bogie axle spacing d [m]	Point force P [kN]
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

Di norma l'analisi dinamica deve essere condotta considerando un solo binario carico alla volta e in ragione della simmetria dell'impalcato, le analisi vengono effettuate su un unico binario. I convogli tipo HSLM-A (A1 – A10) vengono fatti transitare sull'impalcato con incrementi di velocità minori o uguali a 10 km/h mediante la definizione di opportune storie di carico (TH).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005007A</p>	<p>A</p>

Si riporta come esempio la funzione TH_HSLM_A1_20 utilizzata per il convoglio reale HSLM-A1 alla velocità quasi statica di 20Km/h:

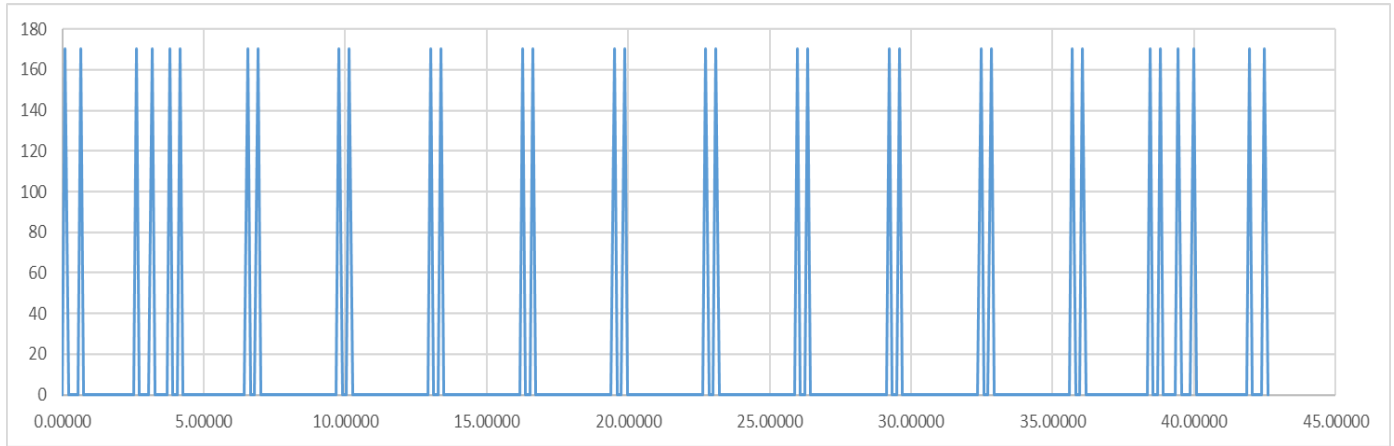


Figura 3 - Funzione di carico del singolo nodo per il convoglio HSLM-A1 (20Km/h)

Per il singolo caso di carico relativo alla funzione variabile nel tempo, viene adottato un valore di smorzamento pari al 4%, in accordo con quanto indicato al punto 2.5.1.4.2.6.3 Smorzamento strutturale (Tabella 2.5.1.4.6.3.1.1. -Valori di smorzamento da considerare nel progetto) della Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti e strutture - RFI DTC SI PS MA IFS 001 per "Ponti con armamento su ballast".

Tabella 1 - valori di smorzamento di progetto - Tab.2.5.1.4.2.6.3.1.1. MdP

<p>Tipologia di ponte</p>	<p>ζ [%] Smorzamento adimensionale rispetto al critico</p>
<p>Ponti con attacco diretto</p>	<p>1,5</p>
<p>Ponti con armamento su ballast</p>	<p>4</p>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

5.1 MODELLAZIONE

L'impalcato è stato modellato mediante l'ausilio del software di calcolo Midas Civil riproducendo il comportamento della struttura in termini di caratteristiche inerziali e geometriche per mezzo di un modello di calcolo monodimensionale con elementi Frame. Vengono poi assegnate le azioni, definiti i vincoli corrispondenti allo schema desunto dalla documentazione di progetto, nonché definite le lane di carico in posizione corrispondente a quella dei binari.

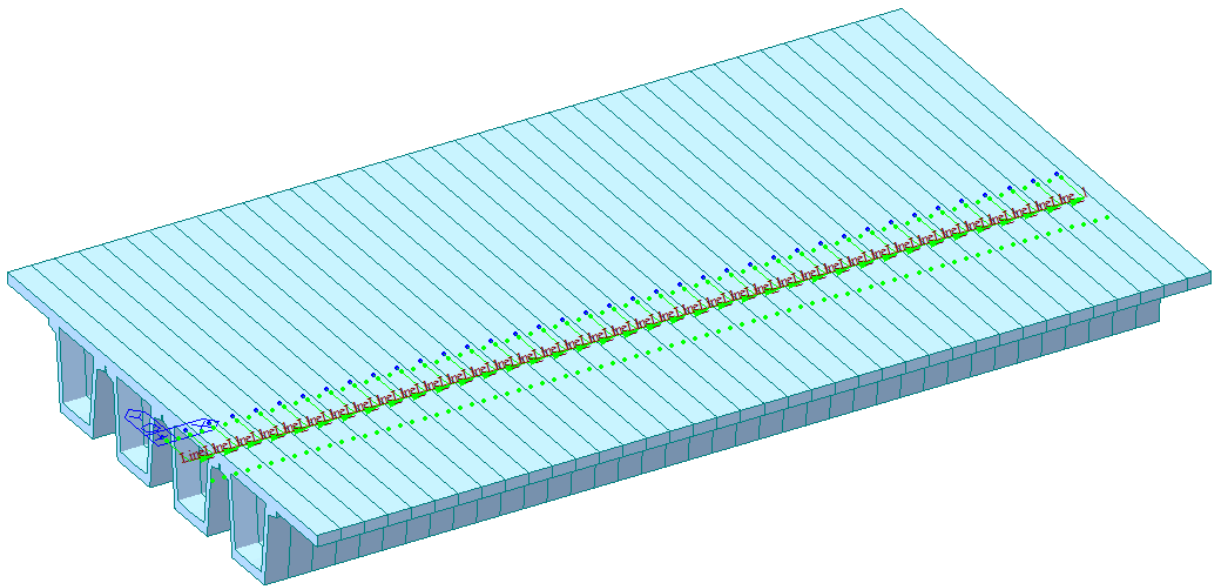


Figura 4 - Modello di calcolo monodimensionale

5.2 SPOSTAMENTI VERTICALI

5.2.1 Output di calcolo

Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	A.V. (m/s ²)	φ' Reale, f (V)
HSLM_1					
TH_HSLM_1_20(min)	0	0	-0.00072	-0.080154	1.000
TH_HSLM_1_28(min)	0	0	-0.00079	-0.112577	1.089
TH_HSLM_1_36(min)	0	0	-0.00083	-0.17594	1.141
TH_HSLM_1_45(min)	0	0	-0.00076	-0.25504	1.053
TH_HSLM_1_53(min)	0	0	-0.00073	-0.114428	1.010
TH_HSLM_1_61(min)	0	0	-0.00075	-0.240951	1.035
TH_HSLM_1_69(min)	0	0	-0.00078	-0.320689	1.072

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica		
	IN17	10	E12CLVI0005007A		
				A	

TH_HSLM_1_78(min)	0	0	-0.00078	-0.399358	1.076
TH_HSLM_1_86(min)	0	0	-0.00071	-0.279509	0.983
TH_HSLM_1_94(min)	0	0	-0.00073	-0.684655	1.008
TH_HSLM_1_102(min)	0	0	-0.00083	-0.440688	1.145
TH_HSLM_1_111(min)	0	0	-0.00076	-0.172013	1.044
TH_HSLM_1_119(min)	0	0	-0.00074	-0.730559	1.021
TH_HSLM_1_127(min)	0	0	-0.00075	-1.177199	1.036
TH_HSLM_1_135(min)	0	0	-0.00074	-1.460003	1.022
TH_HSLM_1_144(min)	0	0	-0.00075	-0.522373	1.043
TH_HSLM_1_152(min)	0	0	-0.00076	-1.07354	1.054
TH_HSLM_1_160(min)	0	0	-0.00075	-2.882996	1.036
TH_HSLM_1_168(min)	0	0	-0.0008	-2.111016	1.101
TH_HSLM_1_176(min)	0	0	-0.00079	-0.723815	1.098
TH_HSLM_1_185(min)	0	0	-0.00079	-1.115102	1.098
TH_HSLM_1_193(min)	0	0	-0.00085	-0.961994	1.172
TH_HSLM_1_201(min)	0	0	-0.00102	-1.32239	1.414
TH_HSLM_1_209(min)	0	0	-0.00076	-0.540301	1.054
TH_HSLM_1_218(min)	0	0	-0.0008	-0.132386	1.104
TH_HSLM_1_226(min)	0	0	-0.00082	-0.4505	1.134
TH_HSLM_1_234(min)	0	0	-0.00085	-0.6348	1.170
TH_HSLM_1_242(min)	0	0	-0.00082	-0.712275	1.133
TH_HSLM_1_251(min)	0	0	-0.00082	-0.903093	1.137
TH_HSLM_1_259(min)	0	0	-0.00078	-1.225545	1.077
TH_HSLM_1_267(min)	0	0	-0.00077	-2.1337	1.068
TH_HSLM_1_275(min)	0	0	-0.00079	-1.519478	1.091
TH_HSLM_1_284(min)	0	0	-0.00068	-0.959775	0.939
TH_HSLM_1_292(min)	0	0	-0.00082	-1.213738	1.134
TH_HSLM_1_300(min)	0	0	-0.00078	-1.130055	1.077

HSLM_2

					φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_2_20(min)	0	0	-0.00084	-0.696386	1.000
TH_HSLM_2_28(min)	0	0	-0.00085	-0.832356	1.017
TH_HSLM_2_36(min)	0	0	-0.00094	-0.396733	1.125
TH_HSLM_2_45(min)	0	0	-0.00087	-0.680275	1.043
TH_HSLM_2_53(min)	0	0	-0.00087	-1.343853	1.037
TH_HSLM_2_61(min)	0	0	-0.00084	-0.566522	1.006
TH_HSLM_2_69(min)	0	0	-0.00089	-0.669683	1.059
TH_HSLM_2_78(min)	0	0	-0.00091	-0.885649	1.085
TH_HSLM_2_86(min)	0	0	-0.00086	-0.709191	1.023

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica		
	IN17	10	E12CLVI0005007A		
				A	

TH_HSLM_2_94(min)	0	0	-0.00084	-0.866442	1.006
TH_HSLM_2_102(min)	0	0	-0.00091	-0.613711	1.084
TH_HSLM_2_111(min)	0	0	-0.00086	-0.458002	1.027
TH_HSLM_2_119(min)	0	0	-0.00085	-0.853547	1.020
TH_HSLM_2_127(min)	0	0	-0.00086	-1.417973	1.025
TH_HSLM_2_135(min)	0	0	-0.00084	-1.941454	0.998
TH_HSLM_2_144(min)	0	0	-0.00083	-0.782208	0.996
TH_HSLM_2_152(min)	0	0	-0.00084	-1.538662	1.004
TH_HSLM_2_160(min)	0	0	-0.00089	-2.159121	1.060
TH_HSLM_2_168(min)	0	0	-0.00086	-2.362056	1.025
TH_HSLM_2_176(min)	0	0	-0.00089	-1.00921	1.063
TH_HSLM_2_185(min)	0	0	-0.00092	-1.25986	1.094
TH_HSLM_2_193(min)	0	0	-0.00088	-0.842886	1.051
TH_HSLM_2_201(min)	0	0	-0.00085	-1.057568	1.019
TH_HSLM_2_209(min)	0	0	-0.00089	-0.828297	1.065
TH_HSLM_2_218(min)	0	0	-0.00089	-0.154815	1.063
TH_HSLM_2_226(min)	0	0	-0.00092	-0.388949	1.100
TH_HSLM_2_234(min)	0	0	-0.00095	-0.705822	1.135
TH_HSLM_2_242(min)	0	0	-0.00094	-0.897101	1.119
TH_HSLM_2_251(min)	0	0	-0.00095	-1.062462	1.133
TH_HSLM_2_259(min)	0	0	-0.00092	-1.51146	1.094
TH_HSLM_2_267(min)	0	0	-0.00089	-2.400428	1.065
TH_HSLM_2_275(min)	0	0	-0.00097	-2.248127	1.154
TH_HSLM_2_284(min)	0	0	-0.00093	-1.75449	1.115
TH_HSLM_2_292(min)	0	0	-0.00094	-1.824321	1.128
TH_HSLM_2_300(min)	0	0	-0.00099	-1.666728	1.186

HSLM_3

					φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_3_20(min)	0	0	-0.00077	-0.958398	1.000
TH_HSLM_3_28(min)	0	0	-0.00083	-1.05424	1.090
TH_HSLM_3_36(min)	0	0	-0.00087	-0.426962	1.142
TH_HSLM_3_45(min)	0	0	-0.0008	-0.689276	1.051
TH_HSLM_3_53(min)	0	0	-0.00078	-1.888991	1.020
TH_HSLM_3_61(min)	0	0	-0.00079	-1.28931	1.030
TH_HSLM_3_69(min)	0	0	-0.00082	-0.986613	1.073
TH_HSLM_3_78(min)	0	0	-0.00081	-1.269823	1.064
TH_HSLM_3_86(min)	0	0	-0.00075	-0.443265	0.984
TH_HSLM_3_94(min)	0	0	-0.00077	-0.971985	1.009
TH_HSLM_3_102(min)	0	0	-0.00088	-0.432665	1.145

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

TH_HSLM_3_111(min)	0	0	-0.0008	-0.333068	1.041
TH_HSLM_3_119(min)	0	0	-0.00078	-0.98812	1.021
TH_HSLM_3_127(min)	0	0	-0.00082	-1.647902	1.076
TH_HSLM_3_135(min)	0	0	-0.00078	-1.624823	1.020
TH_HSLM_3_144(min)	0	0	-0.00078	-0.872366	1.025
TH_HSLM_3_152(min)	0	0	-0.00075	-1.372259	0.980
TH_HSLM_3_160(min)	0	0	-0.00076	-2.310878	0.996
TH_HSLM_3_168(min)	0	0	-0.0008	-2.028867	1.039
TH_HSLM_3_176(min)	0	0	-0.00082	-0.743555	1.075
TH_HSLM_3_185(min)	0	0	-0.00081	-1.131869	1.052
TH_HSLM_3_193(min)	0	0	-0.00085	-1.109289	1.107
TH_HSLM_3_201(min)	0	0	-0.00099	-1.149375	1.290
TH_HSLM_3_209(min)	0	0	-0.00088	-0.607557	1.144
TH_HSLM_3_218(min)	0	0	-0.00083	-0.177396	1.080
TH_HSLM_3_226(min)	0	0	-0.00087	-0.557759	1.135
TH_HSLM_3_234(min)	0	0	-0.001	-0.787584	1.308
TH_HSLM_3_242(min)	0	0	-0.00093	-0.952102	1.216
TH_HSLM_3_251(min)	0	0	-0.00088	-0.956216	1.152
TH_HSLM_3_259(min)	0	0	-0.00091	-1.219164	1.186
TH_HSLM_3_267(min)	0	0	-0.00099	-2.714115	1.294
TH_HSLM_3_275(min)	0	0	-0.00093	-1.717504	1.220
TH_HSLM_3_284(min)	0	0	-0.00107	-1.387511	1.403
TH_HSLM_3_292(min)	0	0	-0.00102	-1.177975	1.339
TH_HSLM_3_300(min)	0	0	-0.00106	-1.071097	1.380

HSLM_4

					φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_4_20(min)	0	0	-0.0008	-1.100546	1.000
TH_HSLM_4_28(min)	0	0	-0.00083	-0.970978	1.041
TH_HSLM_4_36(min)	0	0	-0.00091	-0.672049	1.144
TH_HSLM_4_45(min)	0	0	-0.00083	-0.631958	1.040
TH_HSLM_4_53(min)	0	0	-0.00079	-1.803115	0.995
TH_HSLM_4_61(min)	0	0	-0.00082	-1.098978	1.025
TH_HSLM_4_69(min)	0	0	-0.00088	-1.447038	1.108
TH_HSLM_4_78(min)	0	0	-0.00085	-1.903278	1.062
TH_HSLM_4_86(min)	0	0	-0.00077	-0.634336	0.969
TH_HSLM_4_94(min)	0	0	-0.00082	-0.829636	1.028
TH_HSLM_4_102(min)	0	0	-0.00085	-0.555945	1.062
TH_HSLM_4_111(min)	0	0	-0.00081	-0.272341	1.023
TH_HSLM_4_119(min)	0	0	-0.00083	-1.140411	1.044

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

TH_HSLM_4_127(min)	0	0	-0.00085	-1.675279	1.069
TH_HSLM_4_135(min)	0	0	-0.00081	-1.662446	1.015
TH_HSLM_4_144(min)	0	0	-0.00085	-1.310033	1.064
TH_HSLM_4_152(min)	0	0	-0.00092	-1.602237	1.158
TH_HSLM_4_160(min)	0	0	-0.00091	-1.800927	1.137
TH_HSLM_4_168(min)	0	0	-0.00092	-0.838288	1.156
TH_HSLM_4_176(min)	0	0	-0.00092	-0.885141	1.157
TH_HSLM_4_185(min)	0	0	-0.00097	-0.977173	1.212
TH_HSLM_4_193(min)	0	0	-0.00094	-0.860638	1.178
TH_HSLM_4_201(min)	0	0	-0.00101	-0.956243	1.270
TH_HSLM_4_209(min)	0	0	-0.00107	-0.622655	1.342
TH_HSLM_4_218(min)	0	0	-0.00106	-0.174387	1.329
TH_HSLM_4_226(min)	0	0	-0.00116	-0.500754	1.460
TH_HSLM_4_234(min)	0	0	-0.00111	-0.846731	1.396
TH_HSLM_4_242(min)	0	0	-0.00114	-0.969332	1.433
TH_HSLM_4_251(min)	0	0	-0.00123	-1.193644	1.546
TH_HSLM_4_259(min)	0	0	-0.00124	-1.672309	1.558
TH_HSLM_4_267(min)	0	0	-0.00123	-2.726142	1.541
TH_HSLM_4_275(min)	0	0	-0.00126	-2.570031	1.577
TH_HSLM_4_284(min)	0	0	-0.00123	-1.68273	1.539
TH_HSLM_4_292(min)	0	0	-0.00132	-1.921464	1.652
TH_HSLM_4_300(min)	0	0	-0.0013	-1.235563	1.633

HSLM_5

					φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_5_20(min)	0	0	-0.00072	-0.774922	1.000
TH_HSLM_5_28(min)	0	0	-0.00079	-0.564538	1.089
TH_HSLM_5_36(min)	0	0	-0.00083	-0.700159	1.141
TH_HSLM_5_45(min)	0	0	-0.00076	-0.607372	1.048
TH_HSLM_5_53(min)	0	0	-0.00075	-0.986382	1.033
TH_HSLM_5_61(min)	0	0	-0.00074	-1.331999	1.029
TH_HSLM_5_69(min)	0	0	-0.00078	-1.853836	1.072
TH_HSLM_5_78(min)	0	0	-0.00078	-1.197759	1.072
TH_HSLM_5_86(min)	0	0	-0.00071	-0.538799	0.983
TH_HSLM_5_94(min)	0	0	-0.00074	-0.663981	1.019
TH_HSLM_5_102(min)	0	0	-0.00089	-0.438221	1.224
TH_HSLM_5_111(min)	0	0	-0.0008	-0.329968	1.109
TH_HSLM_5_119(min)	0	0	-0.00079	-0.851983	1.098
TH_HSLM_5_127(min)	0	0	-0.00083	-1.455961	1.148
TH_HSLM_5_135(min)	0	0	-0.00083	-1.599529	1.152

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	10	EI2CLVI0005007A	A

TH_HSLM_5_144(min)	0	0	-0.00088	-1.506693	1.217
TH_HSLM_5_152(min)	0	0	-0.00093	-1.365655	1.290
TH_HSLM_5_160(min)	0	0	-0.0009	-2.239372	1.242
TH_HSLM_5_168(min)	0	0	-0.00096	-1.986103	1.322
TH_HSLM_5_176(min)	0	0	-0.001	-0.702246	1.386
TH_HSLM_5_185(min)	0	0	-0.00101	-1.068988	1.396
TH_HSLM_5_193(min)	0	0	-0.001	-0.941052	1.389
TH_HSLM_5_201(min)	0	0	-0.00101	-0.967087	1.397
TH_HSLM_5_209(min)	0	0	-0.00111	-0.548773	1.533
TH_HSLM_5_218(min)	0	0	-0.00111	-0.196251	1.537
TH_HSLM_5_226(min)	0	0	-0.00121	-0.372087	1.669
TH_HSLM_5_234(min)	0	0	-0.00116	-0.678841	1.599
TH_HSLM_5_242(min)	0	0	-0.00114	-0.937613	1.570
TH_HSLM_5_251(min)	0	0	-0.00131	-0.903093	1.805
TH_HSLM_5_259(min)	0	0	-0.00135	-1.365235	1.873
TH_HSLM_5_267(min)	0	0	-0.0013	-2.1337	1.798
TH_HSLM_5_275(min)	0	0	-0.00135	-1.249263	1.864
TH_HSLM_5_284(min)	0	0	-0.00128	-1.371619	1.776
TH_HSLM_5_292(min)	0	0	-0.00136	-1.964895	1.880
TH_HSLM_5_300(min)	0	0	-0.00135	-1.176839	1.870

HSLM_6

					φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_6_20(min)	0	0	-0.00077	-0.084869	1.000
TH_HSLM_6_28(min)	0	0	-0.00083	-0.130595	1.090
TH_HSLM_6_36(min)	0	0	-0.00087	-0.186289	1.142
TH_HSLM_6_45(min)	0	0	-0.0008	-0.23032	1.043
TH_HSLM_6_53(min)	0	0	-0.00077	-0.146161	1.010
TH_HSLM_6_61(min)	0	0	-0.00079	-0.258671	1.030
TH_HSLM_6_69(min)	0	0	-0.00082	-0.330758	1.073
TH_HSLM_6_78(min)	0	0	-0.00082	-0.379315	1.073
TH_HSLM_6_86(min)	0	0	-0.00077	-0.295951	1.005
TH_HSLM_6_94(min)	0	0	-0.00077	-0.68935	1.009
TH_HSLM_6_102(min)	0	0	-0.00088	-0.452225	1.153
TH_HSLM_6_111(min)	0	0	-0.0008	-0.168829	1.041
TH_HSLM_6_119(min)	0	0	-0.00078	-0.768192	1.021
TH_HSLM_6_127(min)	0	0	-0.00081	-1.246446	1.052
TH_HSLM_6_135(min)	0	0	-0.00078	-1.594228	1.020
TH_HSLM_6_144(min)	0	0	-0.00078	-0.553101	1.021
TH_HSLM_6_152(min)	0	0	-0.00075	-1.098002	0.980

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica		
	IN17	10	EI2CLVI0005007A		A

TH_HSLM_6_160(min)	0	0	-0.00079	-2.769509	1.029
TH_HSLM_6_168(min)	0	0	-0.00083	-2.11991	1.078
TH_HSLM_6_176(min)	0	0	-0.00082	-0.791855	1.075
TH_HSLM_6_185(min)	0	0	-0.00081	-1.278153	1.059
TH_HSLM_6_193(min)	0	0	-0.00081	-1.048855	1.059
TH_HSLM_6_201(min)	0	0	-0.00085	-1.042108	1.114
TH_HSLM_6_209(min)	0	0	-0.00083	-0.648732	1.078
TH_HSLM_6_218(min)	0	0	-0.00083	-0.159504	1.080
TH_HSLM_6_226(min)	0	0	-0.00089	-0.48469	1.159
TH_HSLM_6_234(min)	0	0	-0.0009	-0.672141	1.171
TH_HSLM_6_242(min)	0	0	-0.00086	-0.827252	1.129
TH_HSLM_6_251(min)	0	0	-0.00087	-1.084051	1.139
TH_HSLM_6_259(min)	0	0	-0.00099	-1.369242	1.289
TH_HSLM_6_267(min)	0	0	-0.00102	-2.259212	1.328
TH_HSLM_6_275(min)	0	0	-0.00105	-1.638192	1.367
TH_HSLM_6_284(min)	0	0	-0.00098	-1.072699	1.276
TH_HSLM_6_292(min)	0	0	-0.00101	-1.168083	1.322
TH_HSLM_6_300(min)	0	0	-0.00093	-1.163947	1.212

HSLM_7

					$\varphi'_{\text{Reale, f (V)}}$
TH_HSLM_7_20(min)	0	0	-0.00081	-0.752518	1.000
TH_HSLM_7_28(min)	0	0	-0.00088	-0.753338	1.089
TH_HSLM_7_36(min)	0	0	-0.00092	-0.98443	1.141
TH_HSLM_7_45(min)	0	0	-0.00085	-0.912329	1.048
TH_HSLM_7_53(min)	0	0	-0.00084	-1.740685	1.038
TH_HSLM_7_61(min)	0	0	-0.00084	-0.835939	1.042
TH_HSLM_7_69(min)	0	0	-0.00087	-2.261952	1.072
TH_HSLM_7_78(min)	0	0	-0.00087	-1.858786	1.072
TH_HSLM_7_86(min)	0	0	-0.00085	-0.415432	1.051
TH_HSLM_7_94(min)	0	0	-0.00091	-1.081248	1.126
TH_HSLM_7_102(min)	0	0	-0.00104	-0.631141	1.281
TH_HSLM_7_111(min)	0	0	-0.00101	-0.272264	1.250
TH_HSLM_7_119(min)	0	0	-0.00097	-1.601884	1.196
TH_HSLM_7_127(min)	0	0	-0.00103	-1.752183	1.280
TH_HSLM_7_135(min)	0	0	-0.00109	-1.887614	1.344
TH_HSLM_7_144(min)	0	0	-0.00109	-2.042054	1.348
TH_HSLM_7_152(min)	0	0	-0.00113	-1.753128	1.402
TH_HSLM_7_160(min)	0	0	-0.00115	-3.252132	1.421
TH_HSLM_7_168(min)	0	0	-0.00124	-2.475422	1.536

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A	

TH_HSLM_7_176(min)	0	0	-0.00123	-0.864824	1.527
TH_HSLM_7_185(min)	0	0	-0.00126	-1.194751	1.563
TH_HSLM_7_193(min)	0	0	-0.0013	-1.260087	1.611
TH_HSLM_7_201(min)	0	0	-0.00131	-1.013206	1.626
TH_HSLM_7_209(min)	0	0	-0.00137	-0.604481	1.694
TH_HSLM_7_218(min)	0	0	-0.00143	-0.171671	1.774
TH_HSLM_7_226(min)	0	0	-0.0015	-0.467823	1.853
TH_HSLM_7_234(min)	0	0	-0.00156	-0.808634	1.926
TH_HSLM_7_242(min)	0	0	-0.00155	-0.899992	1.917
TH_HSLM_7_251(min)	0	0	-0.00155	-1.009339	1.918
TH_HSLM_7_259(min)	0	0	-0.00151	-1.350465	1.868
TH_HSLM_7_267(min)	0	0	-0.00153	-3.398402	1.897
TH_HSLM_7_275(min)	0	0	-0.00168	-1.705827	2.077
TH_HSLM_7_284(min)	0	0	-0.00171	-1.722151	2.115
TH_HSLM_7_292(min)	0	0	-0.00174	-2.290584	2.151
TH_HSLM_7_300(min)	0	0	-0.00178	-1.304398	2.205

HSLM_8

					φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_8_20(min)	0	0	-0.00084	-0.089584	1.000
TH_HSLM_8_28(min)	0	0	-0.00081	-0.1297	0.972
TH_HSLM_8_36(min)	0	0	-0.00091	-0.194116	1.089
TH_HSLM_8_45(min)	0	0	-0.00085	-0.292426	1.022
TH_HSLM_8_53(min)	0	0	-0.00081	-0.149884	0.963
TH_HSLM_8_61(min)	0	0	-0.00084	-0.249245	0.999
TH_HSLM_8_69(min)	0	0	-0.00087	-0.349133	1.041
TH_HSLM_8_78(min)	0	0	-0.00084	-0.523845	1.001
TH_HSLM_8_86(min)	0	0	-0.00078	-0.456153	0.938
TH_HSLM_8_94(min)	0	0	-0.00082	-0.514144	0.982
TH_HSLM_8_102(min)	0	0	-0.00089	-0.416086	1.063
TH_HSLM_8_111(min)	0	0	-0.00082	-0.172293	0.982
TH_HSLM_8_119(min)	0	0	-0.00083	-0.81087	0.989
TH_HSLM_8_127(min)	0	0	-0.00082	-1.354619	0.977
TH_HSLM_8_135(min)	0	0	-0.00084	-1.915325	1.006
TH_HSLM_8_144(min)	0	0	-0.00081	-0.982031	0.965
TH_HSLM_8_152(min)	0	0	-0.00081	-1.16938	0.968
TH_HSLM_8_160(min)	0	0	-0.00078	-2.413829	0.938
TH_HSLM_8_168(min)	0	0	-0.00084	-1.36145	1.006
TH_HSLM_8_176(min)	0	0	-0.00088	-0.814248	1.053
TH_HSLM_8_185(min)	0	0	-0.00088	-0.814183	1.055

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

TH_HSLM_8_193(min)	0	0	-0.00084	-1.331924	1.002
TH_HSLM_8_201(min)	0	0	-0.00085	-1.058164	1.016
TH_HSLM_8_209(min)	0	0	-0.00085	-0.664472	1.022
TH_HSLM_8_218(min)	0	0	-0.00087	-0.167039	1.035
TH_HSLM_8_226(min)	0	0	-0.00092	-0.676365	1.104
TH_HSLM_8_234(min)	0	0	-0.00093	-0.719013	1.114
TH_HSLM_8_242(min)	0	0	-0.00091	-0.93316	1.089
TH_HSLM_8_251(min)	0	0	-0.00092	-1.009339	1.097
TH_HSLM_8_259(min)	0	0	-0.00087	-1.515077	1.045
TH_HSLM_8_267(min)	0	0	-0.00088	-3.252068	1.054
TH_HSLM_8_275(min)	0	0	-0.00097	-1.961779	1.157
TH_HSLM_8_284(min)	0	0	-0.0011	-1.543468	1.312
TH_HSLM_8_292(min)	0	0	-0.00098	-1.668335	1.167
TH_HSLM_8_300(min)	0	0	-0.00103	-1.066195	1.228

HSLM_9		φ' Reale, f (V)			
TH_HSLM_9_20(min)	0	0	-0.00089	-0.099014	1.000
TH_HSLM_9_28(min)	0	0	-0.00097	-0.139066	1.090
TH_HSLM_9_36(min)	0	0	-0.00102	-0.217337	1.141
TH_HSLM_9_45(min)	0	0	-0.00094	-0.254482	1.047
TH_HSLM_9_53(min)	0	0	-0.00091	-0.17772	1.024
TH_HSLM_9_61(min)	0	0	-0.00092	-0.292416	1.030
TH_HSLM_9_69(min)	0	0	-0.00096	-0.387266	1.073
TH_HSLM_9_78(min)	0	0	-0.00095	-0.492482	1.058
TH_HSLM_9_86(min)	0	0	-0.00088	-0.345276	0.990
TH_HSLM_9_94(min)	0	0	-0.0009	-0.770254	1.008
TH_HSLM_9_102(min)	0	0	-0.00102	-0.481311	1.144
TH_HSLM_9_111(min)	0	0	-0.00093	-0.196967	1.040
TH_HSLM_9_119(min)	0	0	-0.00091	-0.896224	1.021
TH_HSLM_9_127(min)	0	0	-0.00094	-1.454187	1.047
TH_HSLM_9_135(min)	0	0	-0.00092	-1.662052	1.031
TH_HSLM_9_144(min)	0	0	-0.00091	-0.645284	1.013
TH_HSLM_9_152(min)	0	0	-0.00088	-1.319287	0.980
TH_HSLM_9_160(min)	0	0	-0.00089	-3.295268	0.996
TH_HSLM_9_168(min)	0	0	-0.00096	-3.062585	1.075
TH_HSLM_9_176(min)	0	0	-0.00096	-0.988672	1.073
TH_HSLM_9_185(min)	0	0	-0.00097	-1.445767	1.083
TH_HSLM_9_193(min)	0	0	-0.00103	-1.093694	1.156
TH_HSLM_9_201(min)	0	0	-0.00111	-1.152066	1.240

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005007A	A

TH_HSLM_9_209(min)	0	0	-0.00094	-0.751757	1.055
TH_HSLM_9_218(min)	0	0	-0.00096	-0.169428	1.080
TH_HSLM_9_226(min)	0	0	-0.00102	-0.494781	1.143
TH_HSLM_9_234(min)	0	0	-0.00105	-0.784165	1.170
TH_HSLM_9_242(min)	0	0	-0.00101	-0.92807	1.129
TH_HSLM_9_251(min)	0	0	-0.00102	-1.115586	1.138
TH_HSLM_9_259(min)	0	0	-0.00096	-1.499293	1.078
TH_HSLM_9_267(min)	0	0	-0.00091	-2.635748	1.015
TH_HSLM_9_275(min)	0	0	-0.00098	-1.99278	1.092
TH_HSLM_9_284(min)	0	0	-0.00105	-1.698086	1.175
TH_HSLM_9_292(min)	0	0	-0.00104	-1.226172	1.167
TH_HSLM_9_300(min)	0	0	-0.00123	-1.549702	1.381

5.2.2 Coefficiente dinamico reale

Eseguita l'analisi secondo il metodo indicato nell'Allegato 2 del MdP, è possibile identificare il coefficiente dinamico $\Phi'_{Reale,f}$ (V) come rapporto tra l'abbassamento massimo del nodo di controllo al transito di ogni treno alle diverse velocità e l'abbassamento massimo del medesimo nodo al transito dello stesso treno alla velocità di 20 km/h:

1. Il rapporto $\Phi'_{Reale,f}$ (V) così definito:

$$\Phi'_{Reale,f}(V) = \left| \frac{\delta_{din}(V)}{\delta_{stat}} \right| \quad (2.5.1.4.2.6.1)$$

Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	10	EI2CLVI0005007A	A

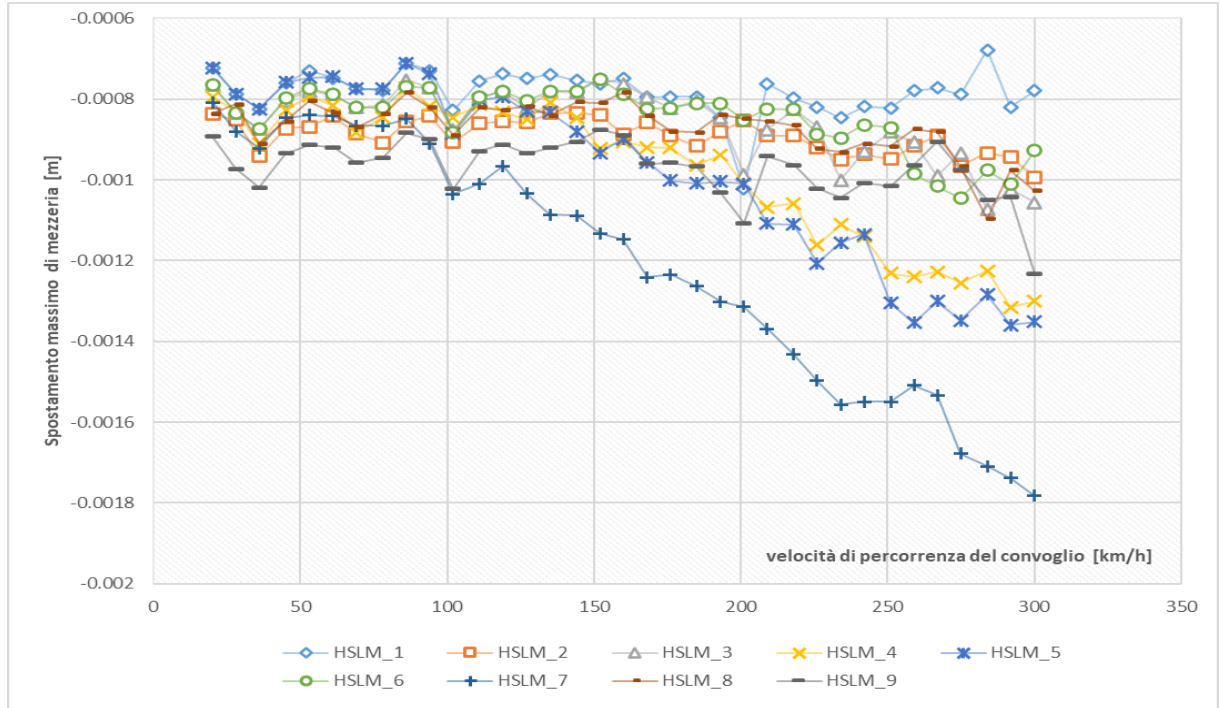


Figura 5 - Freccia massima in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

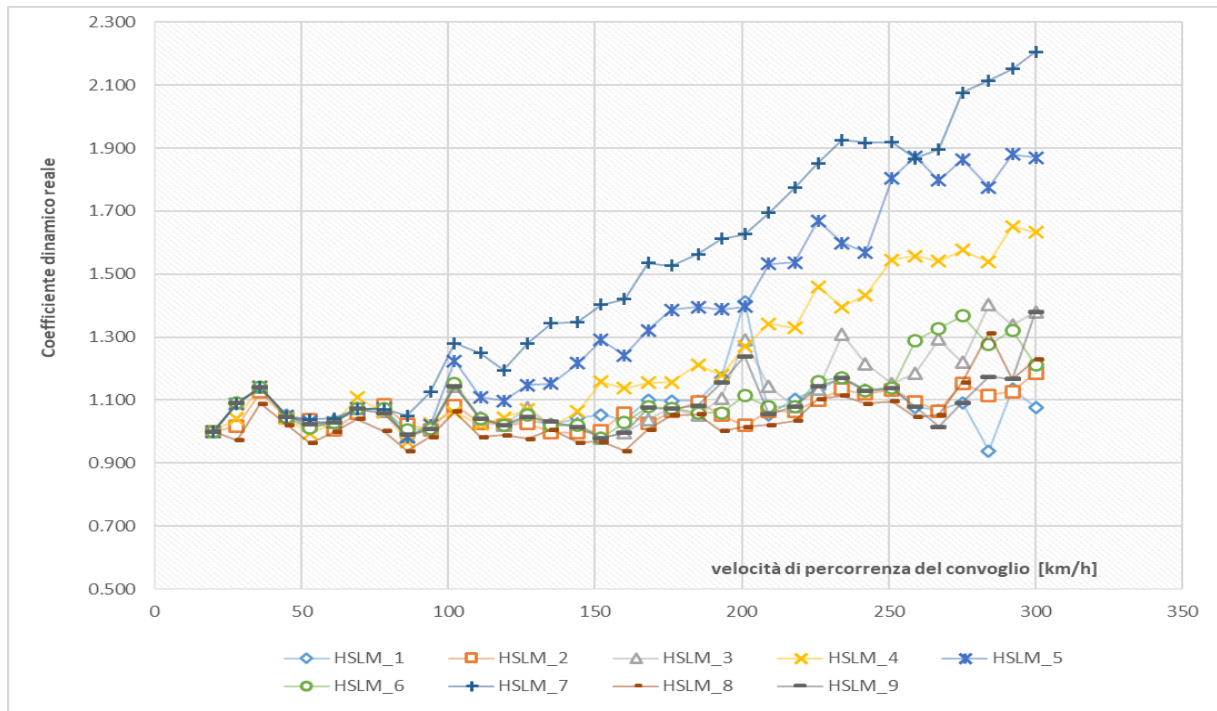


Figura 6 – Coefficiente dinamico in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005007A	A

Il valore massimo dell'abbassamento si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A7 alla velocità di 300km/h che corrisponde anche al massimo coefficiente dinamico, di valore $\Phi_{reale,f}(V) = 2,205$.

5.3 ACCELERAZIONI

Per la valutazione della sicurezza del traffico, in termini di decompattazione del ballast, si valutano le accelerazioni massime trasmesse dai convogli:

2. L'accelerazione verticale massima AV_{max} dell'impalcato alla generica velocità V .

Il valore massimo di tale parametro dovrà rispettare i seguenti limiti:

$$AV_{max} \leq 3,50 \text{ m/sec}^2 \quad \text{nel campo di frequenze tra 0 e 20 Hz}$$

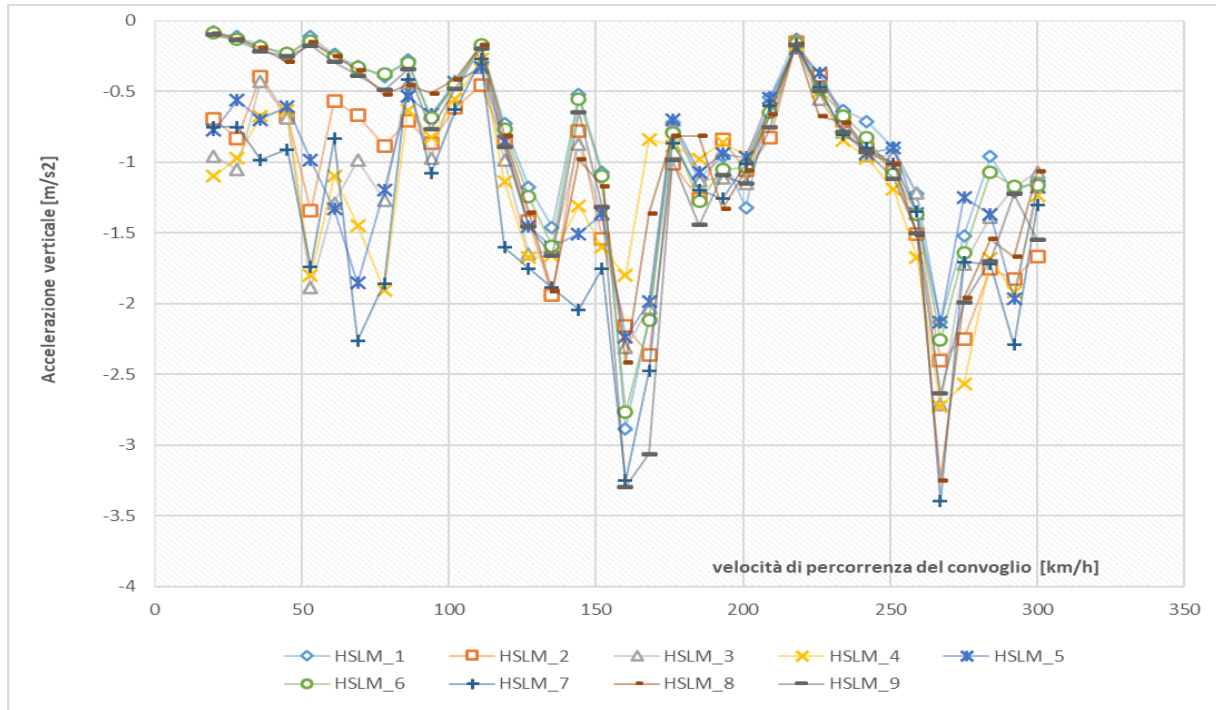




Figura 7 - Storia temporale dell'accelerazione massima in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

Il valore massimo dell'accelerazione verticale si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A7 alla velocità di 267 km/h ed è pari ad $a_{max} = 3,398 m/s^2$ inferiore alla massima accelerazione di picco pari a 3,50 m/s^2 (cfr. *Tabella 6.10 EN1991-2* [2] che richiama il punto *A2.4.4.2.1 EN1990*) e, pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005007A A

6 VERIFICHE

Verificata la condizione di sicurezza di AVmax nei limiti del par.2.5.1.4.2.6 del MdP si procede alla verifica degli effetti secondo:

$$\varphi_{TR} \cdot \left(\begin{array}{l} HSLM \\ oppure \\ RT \end{array} \right) \leq \Phi \cdot \left\{ \begin{array}{l} \alpha \cdot LM71'' + \alpha \cdot SW / 0 \\ oppure \\ SW / 2 \end{array} \right\} \quad (2.5.1.4.2.6.3)$$

dove:

- HSLM è il modello di carico di “treno reale” per linee ad alta velocità definito in allegato 1.3;
- RT è il carico dovuto a tutti i treni reali definiti nell’allegato 1.1;
- (LM71''+SW/0) rappresenta il modello di carico più sfavorevole fra i due modelli;
- Φ è il coefficiente di incremento dinamico definito in 2.5.1.4.2.5.

Dove il coefficiente “dinamico reale” Φ_{TR} è calcolato come somma del coefficiente ϕ^{**} e del maggiore tra il massimo coefficiente dinamico $\Phi_{reale,f}$ dedotto dall’analisi dinamica diretta e il coefficiente dinamico Φ_{reale} calcolato secondo 2.5.1.4.2.2 del MdP. Dove, il coefficiente ϕ^{**} e coefficiente dinamico “reale” Φ_{reale} sono:

$$\varphi_{reale} = 1 + \varphi' + \varphi^{**}$$

Dove:

$$\varphi^{**} = \varphi'' \quad \text{per linee con normale standard manutentivo} \quad (2.5.1.4.2.5.2.1)$$

Oppure

$$\varphi^{**} = 0,50 \varphi'' \quad \text{per linee con elevato standard manutentivo} \quad (2.5.1.4.2.5.2.2)$$

In mancanza di diverse indicazioni specifiche da parte di FERROVIE, per linee diverse da quelle A.V./A.C., si applicherà:

$$\varphi^{**} = \varphi''$$

Con:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica E12CLVI0005007A</p>	<p>A</p>

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \text{ per } K < 0,76 \quad (2.5.1.4.2.5.2.3)$$

Oppure

$$\varphi' = 1,325 \text{ per } K \geq 0,76 \quad (2.5.1.4.2.5.2.4)$$

Dove:

$$K = \frac{v}{(2 \cdot L_{\phi} \cdot n_0)} \quad (2.5.1.4.2.5.2.5)$$

e

$$\varphi'' = \frac{\alpha}{100} \left[56e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{10}\right)^2} + 50 \left(\frac{L_{\phi} n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{20}\right)^2} \right] \quad (2.5.1.4.2.5.2.6)$$

$$\varphi'' \geq 0$$

Con:

$$\alpha = \frac{v}{22} \quad \text{se } v \leq 22 \text{ m/s} \quad (2.5.1.4.2.5.2.7)$$

$$\alpha = 1 \quad \text{se } v > 22 \text{ m/s}$$

Dove:

- v è la massima velocità permessa del veicolo [m/s];
- n_0 è la prima frequenza naturale flessionale del ponte caricato con le azioni permanenti [Hz];
- L_{ϕ} è la lunghezza caratteristica [m] in accordo con 2.5.1.4.2.5.3;
- α è un coefficiente che tiene conto della velocità

lunghezza caratteristica	L_{ϕ}	22.80	m
Standard manutentivo		elevato	
è una linea ad Alta Velocità/Capacità?		Si	
prima frequenza di vibrare	no	6.26	Herz
coefficiente che tiene conto della velocità	α	1.0	
coefficiente	k	0.24	
coefficiente di amplificazione dinamica	φ'	0.320	
coefficiente di amplificazione dinamica	φ''	0.110	
coefficiente di amplificazione dinamica	φ''^*	0.110	
coefficiente di amplificazione dinamica	φ_{reale}	1.43	

coefficiente di amplificazione dinamica ottenuto dall'analisi dinamica $\varphi'_{reale,f}$ 2.205

coefficiente di amplificazione dinamica di cui 2.5.1.4.2.5.3 φ'_{reale} 1.43

φ_{TR} 2.32

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005007A A

momento massimo caratteristico statico LM/71 "+" SW/2
carico equivalente caratteristico statico
coefficiente dinamico statico funzione del livello manut.

$M_{k,Statico}$ 9747 KN m
 $Q_{k,Statico}$ 150.0 KN/m
 Φ_2 1.13

momento massimo caratteristico dinamico HLSM-A
carico equivalente caratteristico dinamico
coefficiente dinamico reale

$M_{k,Dinamico}$ 3559.64 KN m
 $Q_{k,Dinamico}$ 54.8 KN/m
 φ_{TR} 2.32
C.S. 0.75 <1

7 CONCLUSIONI

Con riferimento alle risultanze delle analisi effettuate si possono ritenere soddisfatte le verifiche richieste e quindi convalidare i modelli di carico teorici con i coefficienti dinamici [Φ_2 ; Φ_3] per la progettazione e verifica dell'impalcato.