

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 a travi incorporate**

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	8	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: IN1710EI2CLVI0005008A.DOCX

Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

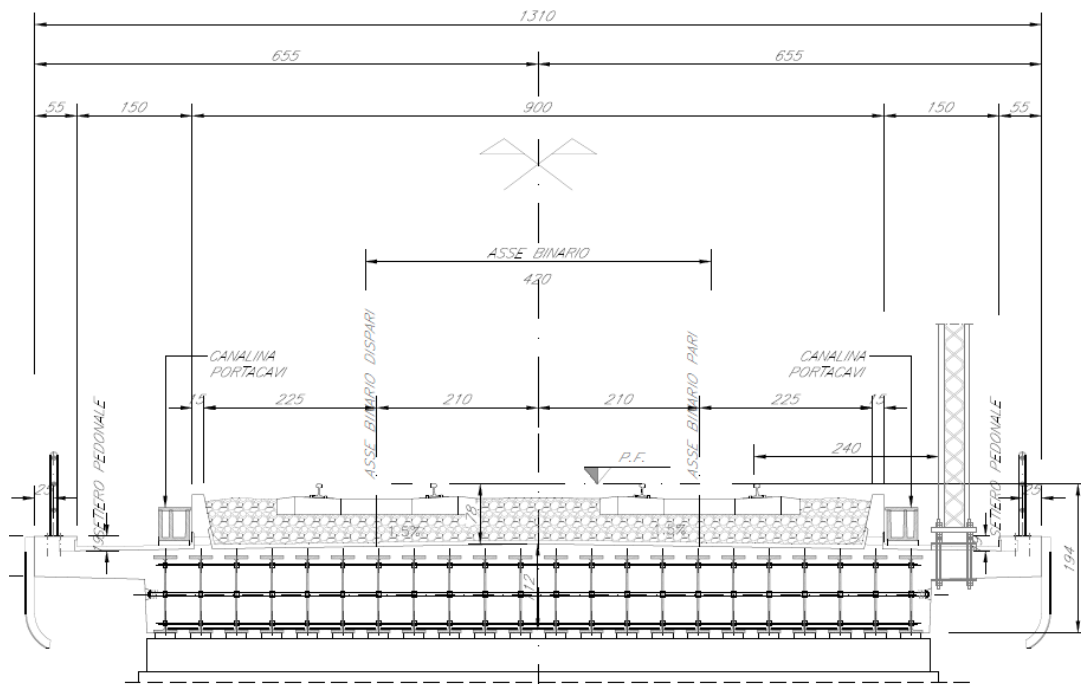
## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	ASSUNZIONI PER LE ANALISI E VERIFICHE .....	2
3	NORMATIVE .....	3
4	DATI DI BASE .....	3
4.1	ARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	3
4.2	ANALISI DEI CARICHI .....	4
5	ANALISI DEGLI EFFETTI DINAMICI .....	4
5.1	MODELLAZIONE .....	7
5.2	SPOSTAMENTI VERTICALI .....	8
5.2.1	<i>Output di calcolo</i> .....	8
5.2.2	<i>Coefficiente dinamico reale</i> .....	17
5.3	ACCELERAZIONI .....	19
6	VERIFICHE .....	20
7	CONCLUSIONI .....	23

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	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 a travi incorporate 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'intervallata 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 intervallata 4.20m essendo il più vincolante per minor peso e rigidità.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008 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 una trave incorporata in semplice appoggio di luce pari a 19,80m (interasse appoggi). La velocità di progetto è stata assunta pari a 220 km/h.

#### 4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo Impalcato

classe di resistenza conglomerato	classe	<b>C20/25</b>	
resistenza caratteristica cubica a comp.	Rck	25	MPa
modulo elastico	Ec	29962	MPa
resistenza media cilindrica a comp.	fcm	28	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a comp.	fck	<b>20</b>	MPa

##### Acciaio travi incorporate

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	10	EI2CLVI0005008	A

denominazione tipo d'acciaio		FeB35K	
modulo elastico	Es	210000	MPa
tensione caratteristica di snervamento	fyk	355	MPa
tensione di snervamento di calcolo	fyd	338	MPa
tensione caratteristica a rottura	ftk	510	MPa

## 4.2 ANALISI DEI CARICHI

Peso cls		11.79	x	25	=	294.75	kN/m
Travi metalliche		22	x	3.49	=	76.71	kN/m
Ballast+imp+arm.	0.80	x	8.09	x	20.00	=	129.44 kN/m
Canalette		2	x	1.50	=	3.0	kN/m
Parapetti		2	x	1.00	=	2.0	kN/m
Barriere antirumore				32.0	=	32.0	kN/m
Velette	2	x	0.18	x	25	=	4.53 kN/m

Permanenti strutturali		
G1	371	kN/m
Permanenti portati G2	171	kN/m
Peso complessivo	<b>542</b>	kN/m

## 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 E12CLVI0005008	A

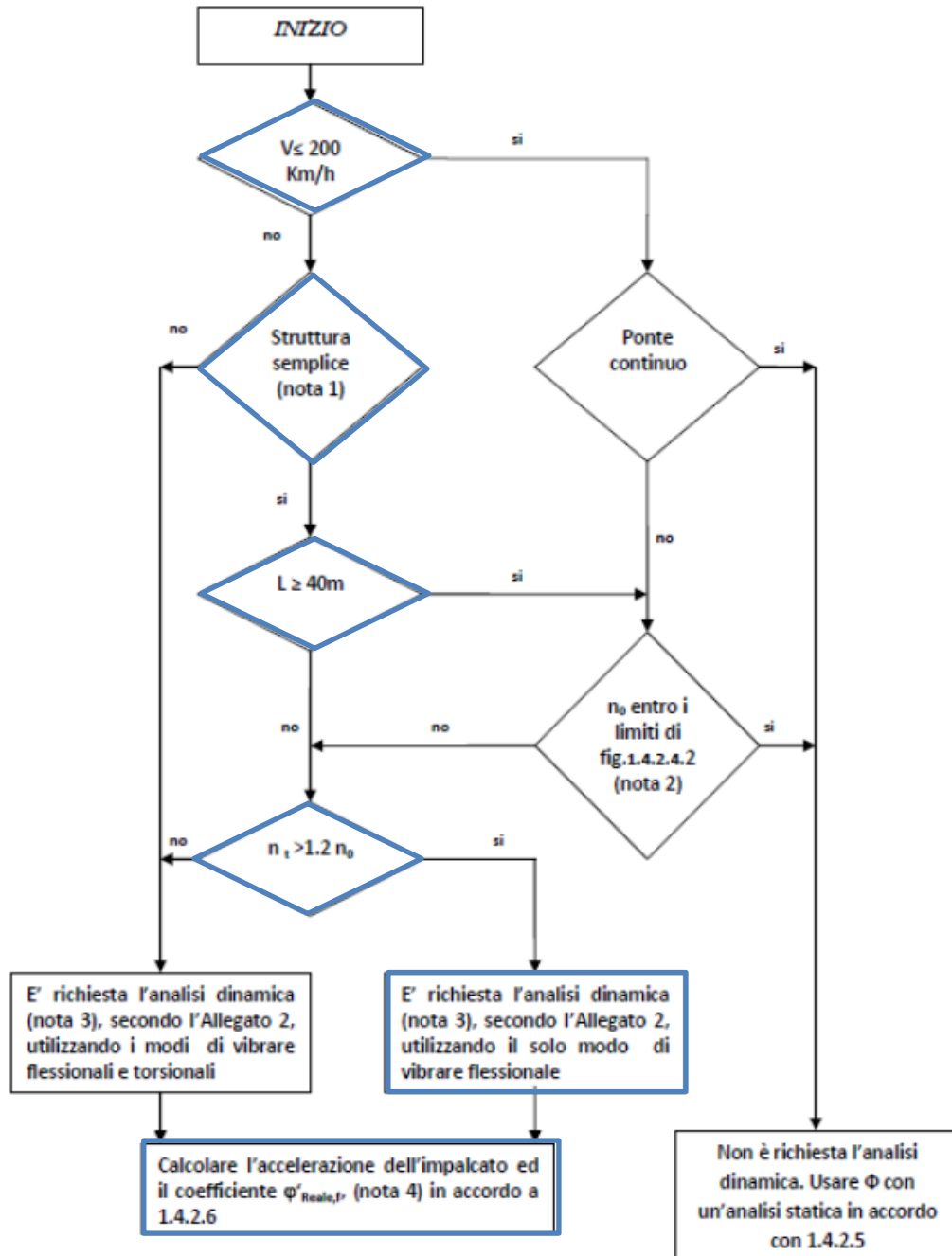
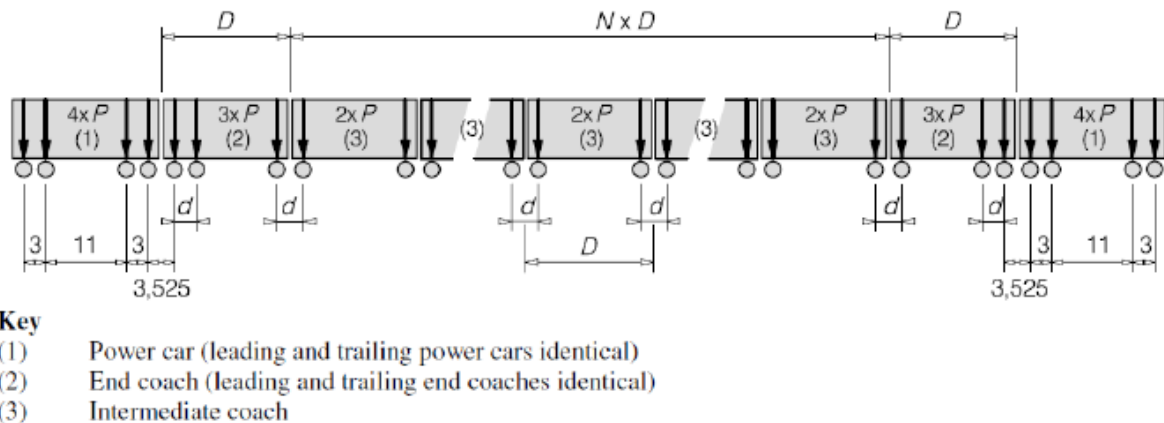


Figura 2 - Diagramma di flusso da Diagramma di flusso da fig. 6.9 della UNI EN 1991-2 [2] con individuazione del percorso seguito

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	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 ( $v_{max} = 220 * 1,2 = 265$  km/h).



**Figure 6.12 - HSLM-A**

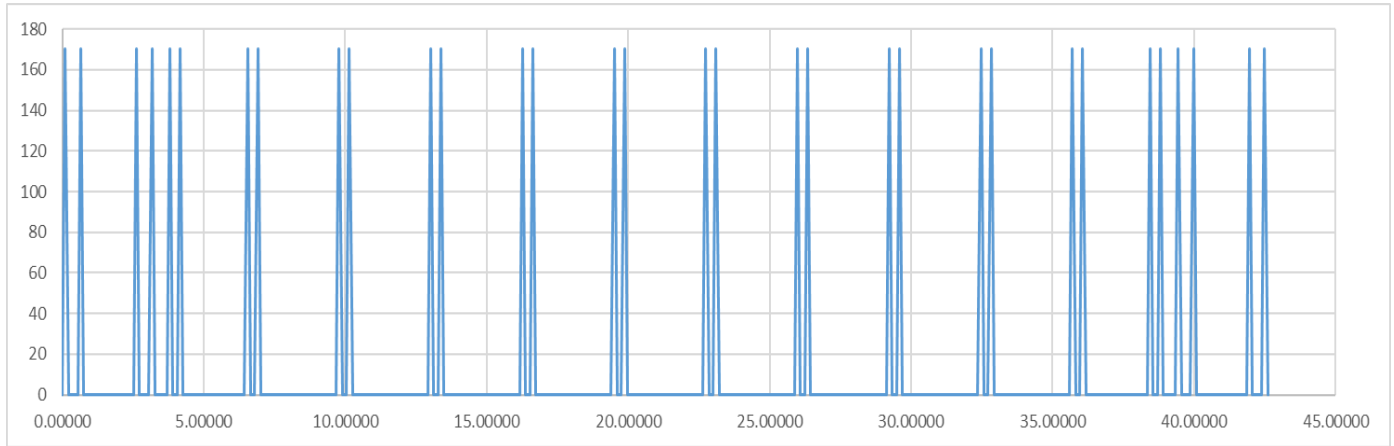
**Table 6.3 - HSLM-A**

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).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

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**

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

## 5.1 MODELLAZIONE



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

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.

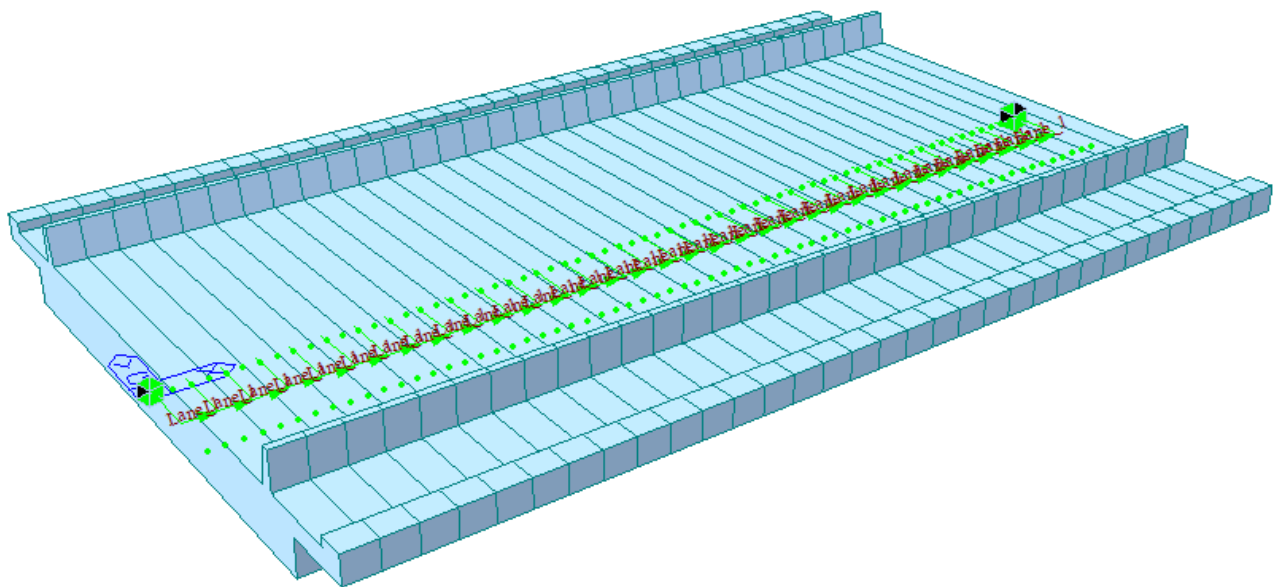


Figura 4 - Modello di calcolo monodimensionale

## 5.2 SPOSTAMENTI VERTICALI

### 5.2.1 Output di calcolo

Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	A.V. (m/s <sup>2</sup> )	$\varphi'$ Reale, f (V)
HSLM_1					
TH_HSLM_1_20(min)	0	0	-0.00117	-0.099684	1.000
TH_HSLM_1_27(min)	0	0	-0.00119	-0.133385	1.012
TH_HSLM_1_34(min)	0	0	-0.00141	-0.524428	1.201
TH_HSLM_1_42(min)	0	0	-0.00123	-0.240756	1.049
TH_HSLM_1_49(min)	0	0	-0.00144	-0.452519	1.232
TH_HSLM_1_56(min)	0	0	-0.00132	-0.333343	1.129
TH_HSLM_1_63(min)	0	0	-0.00136	-0.498871	1.160

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_1_70(min)	0	0	-0.0012	-0.293813	1.026
TH_HSLM_1_78(min)	0	0	-0.00115	-0.331275	0.983
TH_HSLM_1_85(min)	0	0	-0.00116	-0.408967	0.992
TH_HSLM_1_92(min)	0	0	-0.00117	-0.479494	0.997
TH_HSLM_1_99(min)	0	0	-0.00121	-0.532953	1.031
TH_HSLM_1_106(min)	0	0	-0.00123	-0.249921	1.050
TH_HSLM_1_114(min)	0	0	-0.00136	-0.546225	1.160
TH_HSLM_1_121(min)	0	0	-0.00122	-0.483268	1.038
TH_HSLM_1_128(min)	0	0	-0.00134	-1.066417	1.141
TH_HSLM_1_135(min)	0	0	-0.00134	-1.077235	1.145
TH_HSLM_1_143(min)	0	0	-0.00134	-1.042016	1.144
TH_HSLM_1_150(min)	0	0	-0.00132	-0.807758	1.125
TH_HSLM_1_157(min)	0	0	-0.00133	-0.918006	1.135
TH_HSLM_1_164(min)	0	0	-0.0015	-0.733633	1.282
TH_HSLM_1_171(min)	0	0	-0.00151	-1.025494	1.288
TH_HSLM_1_179(min)	0	0	-0.00139	-0.821959	1.187
TH_HSLM_1_186(min)	0	0	-0.00145	-0.895114	1.236
TH_HSLM_1_193(min)	0	0	-0.00141	-0.769518	1.205
TH_HSLM_1_200(min)	0	0	-0.00136	-0.509498	1.162
TH_HSLM_1_207(min)	0	0	-0.00128	-0.650237	1.093
TH_HSLM_1_215(min)	0	0	-0.00133	-0.549088	1.131
TH_HSLM_1_222(min)	0	0	-0.00126	-0.627803	1.077
TH_HSLM_1_229(min)	0	0	-0.00136	-0.786694	1.161
TH_HSLM_1_236(min)	0	0	-0.00134	-0.638941	1.139
TH_HSLM_1_243(min)	0	0	-0.00139	-0.902759	1.184
TH_HSLM_1_251(min)	0	0	-0.00144	-1.165495	1.230
TH_HSLM_1_258(min)	0	0	-0.00156	-0.906572	1.328
TH_HSLM_1_265(min)	0	0	-0.00157	-1.205281	1.336

HSLM_2
--------

					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_2_20(min)	0	0	-0.00134	-0.553533	1.000
TH_HSLM_2_27(min)	0	0	-0.00133	-0.400804	0.993
TH_HSLM_2_34(min)	0	0	-0.00157	-0.605924	1.174
TH_HSLM_2_42(min)	0	0	-0.00143	-0.523497	1.067
TH_HSLM_2_49(min)	0	0	-0.00153	-0.554165	1.141
TH_HSLM_2_56(min)	0	0	-0.00158	-0.581821	1.175
TH_HSLM_2_63(min)	0	0	-0.00165	-1.00934	1.231
TH_HSLM_2_70(min)	0	0	-0.00162	-0.573925	1.210
TH_HSLM_2_78(min)	0	0	-0.00132	-0.917606	0.987

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_2_85(min)	0	0	-0.00137	-0.75891	1.025
TH_HSLM_2_92(min)	0	0	-0.00141	-0.648891	1.051
TH_HSLM_2_99(min)	0	0	-0.00149	-0.537508	1.109
TH_HSLM_2_106(min)	0	0	-0.00133	-0.469726	0.996
TH_HSLM_2_114(min)	0	0	-0.00139	-0.472211	1.040
TH_HSLM_2_121(min)	0	0	-0.00136	-0.722406	1.016
TH_HSLM_2_128(min)	0	0	-0.00147	-0.889465	1.097
TH_HSLM_2_135(min)	0	0	-0.00144	-1.261494	1.076
TH_HSLM_2_143(min)	0	0	-0.00147	-0.922279	1.096
TH_HSLM_2_150(min)	0	0	-0.00147	-0.737972	1.099
TH_HSLM_2_157(min)	0	0	-0.00164	-0.896234	1.225
TH_HSLM_2_164(min)	0	0	-0.0015	-0.652794	1.122
TH_HSLM_2_171(min)	0	0	-0.00156	-1.068972	1.165
TH_HSLM_2_179(min)	0	0	-0.00151	-0.820454	1.127
TH_HSLM_2_186(min)	0	0	-0.00163	-1.18674	1.214
TH_HSLM_2_193(min)	0	0	-0.00155	-0.810815	1.154
TH_HSLM_2_200(min)	0	0	-0.00153	-0.685989	1.138
TH_HSLM_2_207(min)	0	0	-0.00146	-0.687135	1.086
TH_HSLM_2_215(min)	0	0	-0.00144	-0.486212	1.076
TH_HSLM_2_222(min)	0	0	-0.0014	-0.736932	1.041
TH_HSLM_2_229(min)	0	0	-0.00148	-0.756315	1.104
TH_HSLM_2_236(min)	0	0	-0.00148	-0.80772	1.105
TH_HSLM_2_243(min)	0	0	-0.00156	-1.082456	1.163
TH_HSLM_2_251(min)	0	0	-0.00158	-1.03174	1.179
TH_HSLM_2_258(min)	0	0	-0.00169	-0.887434	1.258
TH_HSLM_2_265(min)	0	0	-0.0017	-0.954498	1.265

HSLM_3
--------

					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_3_20(min)	0	0	-0.00124	-0.657654	1.000
TH_HSLM_3_27(min)	0	0	-0.00126	-0.978641	1.012
TH_HSLM_3_34(min)	0	0	-0.00149	-0.513221	1.197
TH_HSLM_3_42(min)	0	0	-0.0013	-1.012235	1.049
TH_HSLM_3_49(min)	0	0	-0.00153	-0.636104	1.232
TH_HSLM_3_56(min)	0	0	-0.00134	-0.424248	1.082
TH_HSLM_3_63(min)	0	0	-0.00144	-1.118652	1.160
TH_HSLM_3_70(min)	0	0	-0.00127	-0.797019	1.026
TH_HSLM_3_78(min)	0	0	-0.00122	-1.281797	0.983
TH_HSLM_3_85(min)	0	0	-0.00119	-1.592029	0.960
TH_HSLM_3_92(min)	0	0	-0.00127	-1.057216	1.023

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_3_99(min)	0	0	-0.00134	-0.83233	1.076
TH_HSLM_3_106(min)	0	0	-0.00123	-0.405525	0.992
TH_HSLM_3_114(min)	0	0	-0.00142	-0.904944	1.147
TH_HSLM_3_121(min)	0	0	-0.00127	-0.486645	1.025
TH_HSLM_3_128(min)	0	0	-0.00142	-1.183359	1.141
TH_HSLM_3_135(min)	0	0	-0.00142	-1.213929	1.145
TH_HSLM_3_143(min)	0	0	-0.00142	-1.700446	1.143
TH_HSLM_3_150(min)	0	0	-0.0014	-0.790528	1.125
TH_HSLM_3_157(min)	0	0	-0.00141	-0.815425	1.135
TH_HSLM_3_164(min)	0	0	-0.00146	-0.70964	1.173
TH_HSLM_3_171(min)	0	0	-0.00151	-1.121745	1.220
TH_HSLM_3_179(min)	0	0	-0.00169	-1.317733	1.362
TH_HSLM_3_186(min)	0	0	-0.00165	-0.962063	1.329
TH_HSLM_3_193(min)	0	0	-0.00154	-0.848607	1.239
TH_HSLM_3_200(min)	0	0	-0.00148	-0.560821	1.196
TH_HSLM_3_207(min)	0	0	-0.00144	-0.719328	1.164
TH_HSLM_3_215(min)	0	0	-0.0015	-0.465847	1.210
TH_HSLM_3_222(min)	0	0	-0.00151	-0.791925	1.220
TH_HSLM_3_229(min)	0	0	-0.00167	-0.83864	1.347
TH_HSLM_3_236(min)	0	0	-0.0017	-0.694091	1.369
TH_HSLM_3_243(min)	0	0	-0.00175	-0.802117	1.412
TH_HSLM_3_251(min)	0	0	-0.00173	-1.128941	1.397
TH_HSLM_3_258(min)	0	0	-0.00186	-0.778331	1.495
TH_HSLM_3_265(min)	0	0	-0.00181	-1.094773	1.461

HSLM_4						$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_4_20(min)	0	0	-0.00128	-0.838013	1.000	
TH_HSLM_4_27(min)	0	0	-0.00131	-0.696462	1.023	
TH_HSLM_4_34(min)	0	0	-0.00143	-1.178221	1.115	
TH_HSLM_4_42(min)	0	0	-0.00136	-0.813097	1.066	
TH_HSLM_4_49(min)	0	0	-0.00144	-0.692739	1.127	
TH_HSLM_4_56(min)	0	0	-0.00153	-0.717911	1.197	
TH_HSLM_4_63(min)	0	0	-0.00153	-1.055784	1.195	
TH_HSLM_4_70(min)	0	0	-0.00137	-0.880876	1.071	
TH_HSLM_4_78(min)	0	0	-0.00123	-1.918522	0.960	
TH_HSLM_4_85(min)	0	0	-0.00126	-1.32186	0.987	
TH_HSLM_4_92(min)	0	0	-0.00131	-0.860791	1.023	
TH_HSLM_4_99(min)	0	0	-0.00142	-0.931244	1.109	
TH_HSLM_4_106(min)	0	0	-0.00129	-0.333576	1.009	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	10	EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_4_114(min)	0	0	-0.00132	-0.445011	1.029
TH_HSLM_4_121(min)	0	0	-0.0013	-0.488872	1.015
TH_HSLM_4_128(min)	0	0	-0.0014	-1.541539	1.094
TH_HSLM_4_135(min)	0	0	-0.00143	-1.198419	1.120
TH_HSLM_4_143(min)	0	0	-0.00143	-1.583811	1.117
TH_HSLM_4_150(min)	0	0	-0.00147	-0.778274	1.151
TH_HSLM_4_157(min)	0	0	-0.00155	-1.252565	1.210
TH_HSLM_4_164(min)	0	0	-0.0016	-0.543202	1.248
TH_HSLM_4_171(min)	0	0	-0.00172	-0.738093	1.345
TH_HSLM_4_179(min)	0	0	-0.00171	-1.212858	1.334
TH_HSLM_4_186(min)	0	0	-0.00158	-1.088675	1.236
TH_HSLM_4_193(min)	0	0	-0.00179	-0.986082	1.398
TH_HSLM_4_200(min)	0	0	-0.00185	-0.644467	1.448
TH_HSLM_4_207(min)	0	0	-0.00185	-0.80361	1.441
TH_HSLM_4_215(min)	0	0	-0.00191	-0.530606	1.491
TH_HSLM_4_222(min)	0	0	-0.00186	-0.791042	1.454
TH_HSLM_4_229(min)	0	0	-0.00207	-0.820972	1.614
TH_HSLM_4_236(min)	0	0	-0.00209	-0.840667	1.633
TH_HSLM_4_243(min)	0	0	-0.00217	-0.905265	1.695
TH_HSLM_4_251(min)	0	0	-0.00222	-1.398104	1.733
TH_HSLM_4_258(min)	0	0	-0.00227	-0.939493	1.777
TH_HSLM_4_265(min)	0	0	-0.00229	-0.854679	1.788

HSLM_5						$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_5_20(min)	0	0	-0.00118	-0.8591	1.000	
TH_HSLM_5_27(min)	0	0	-0.00119	-0.653578	1.009	
TH_HSLM_5_34(min)	0	0	-0.0014	-0.547985	1.188	
TH_HSLM_5_42(min)	0	0	-0.00126	-1.421186	1.068	
TH_HSLM_5_49(min)	0	0	-0.00144	-0.887947	1.229	
TH_HSLM_5_56(min)	0	0	-0.0013	-0.532786	1.108	
TH_HSLM_5_63(min)	0	0	-0.00136	-0.844095	1.157	
TH_HSLM_5_70(min)	0	0	-0.0012	-1.036758	1.023	
TH_HSLM_5_78(min)	0	0	-0.00115	-1.015042	0.980	
TH_HSLM_5_85(min)	0	0	-0.00119	-0.79913	1.010	
TH_HSLM_5_92(min)	0	0	-0.0012	-0.59873	1.017	
TH_HSLM_5_99(min)	0	0	-0.00125	-0.76061	1.060	
TH_HSLM_5_106(min)	0	0	-0.00123	-0.677994	1.050	
TH_HSLM_5_114(min)	0	0	-0.00149	-0.567097	1.265	
TH_HSLM_5_121(min)	0	0	-0.00138	-0.565064	1.173	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_5_128(min)	0	0	-0.00138	-1.284972	1.178
TH_HSLM_5_135(min)	0	0	-0.00142	-1.07227	1.211
TH_HSLM_5_143(min)	0	0	-0.00151	-1.790198	1.283
TH_HSLM_5_150(min)	0	0	-0.00154	-1.046278	1.309
TH_HSLM_5_157(min)	0	0	-0.00164	-0.873209	1.393
TH_HSLM_5_164(min)	0	0	-0.00169	-0.70117	1.440
TH_HSLM_5_171(min)	0	0	-0.00178	-0.706945	1.516
TH_HSLM_5_179(min)	0	0	-0.00172	-0.966186	1.463
TH_HSLM_5_186(min)	0	0	-0.00157	-0.838284	1.335
TH_HSLM_5_193(min)	0	0	-0.00184	-0.821165	1.568
TH_HSLM_5_200(min)	0	0	-0.00201	-0.772814	1.711
TH_HSLM_5_207(min)	0	0	-0.00197	-0.712423	1.673
TH_HSLM_5_215(min)	0	0	-0.00197	-0.507875	1.675
TH_HSLM_5_222(min)	0	0	-0.00191	-0.654761	1.626
TH_HSLM_5_229(min)	0	0	-0.00203	-0.803667	1.726
TH_HSLM_5_236(min)	0	0	-0.00204	-0.67442	1.736
TH_HSLM_5_243(min)	0	0	-0.00213	-0.764018	1.811
TH_HSLM_5_251(min)	0	0	-0.00213	-0.883091	1.815
TH_HSLM_5_258(min)	0	0	-0.00217	-0.831664	1.850
TH_HSLM_5_265(min)	0	0	-0.00221	-0.956094	1.877

HSLM_6						$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_6_20(min)	0	0	-0.00124	-0.107263	1.000	
TH_HSLM_6_27(min)	0	0	-0.00126	-0.131785	1.012	
TH_HSLM_6_34(min)	0	0	-0.00149	-0.547267	1.199	
TH_HSLM_6_42(min)	0	0	-0.0013	-0.277978	1.049	
TH_HSLM_6_49(min)	0	0	-0.00153	-0.479138	1.232	
TH_HSLM_6_56(min)	0	0	-0.00135	-0.31101	1.091	
TH_HSLM_6_63(min)	0	0	-0.00144	-0.528217	1.160	
TH_HSLM_6_70(min)	0	0	-0.00127	-0.311096	1.026	
TH_HSLM_6_78(min)	0	0	-0.00122	-0.30554	0.983	
TH_HSLM_6_85(min)	0	0	-0.00121	-0.413601	0.974	
TH_HSLM_6_92(min)	0	0	-0.00124	-0.5077	0.997	
TH_HSLM_6_99(min)	0	0	-0.0013	-0.564303	1.046	
TH_HSLM_6_106(min)	0	0	-0.00123	-0.237322	0.988	
TH_HSLM_6_114(min)	0	0	-0.0014	-0.450463	1.128	
TH_HSLM_6_121(min)	0	0	-0.0013	-0.414371	1.048	
TH_HSLM_6_128(min)	0	0	-0.00142	-1.136857	1.143	
TH_HSLM_6_135(min)	0	0	-0.00143	-1.135344	1.151	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_6_143(min)	0	0	-0.00142	-1.103311	1.143
TH_HSLM_6_150(min)	0	0	-0.0014	-0.75826	1.125
TH_HSLM_6_157(min)	0	0	-0.00147	-0.654038	1.185
TH_HSLM_6_164(min)	0	0	-0.00146	-0.663241	1.173
TH_HSLM_6_171(min)	0	0	-0.00151	-0.795192	1.220
TH_HSLM_6_179(min)	0	0	-0.00147	-0.77	1.187
TH_HSLM_6_186(min)	0	0	-0.00153	-0.887594	1.236
TH_HSLM_6_193(min)	0	0	-0.0015	-0.879024	1.205
TH_HSLM_6_200(min)	0	0	-0.00144	-0.703227	1.163
TH_HSLM_6_207(min)	0	0	-0.00183	-1.037573	1.478
TH_HSLM_6_215(min)	0	0	-0.00155	-0.689882	1.247
TH_HSLM_6_222(min)	0	0	-0.00149	-0.6181	1.199
TH_HSLM_6_229(min)	0	0	-0.00144	-0.835976	1.159
TH_HSLM_6_236(min)	0	0	-0.00143	-0.606968	1.156
TH_HSLM_6_243(min)	0	0	-0.00147	-0.696763	1.185
TH_HSLM_6_251(min)	0	0	-0.00153	-1.304737	1.229
TH_HSLM_6_258(min)	0	0	-0.00157	-0.782064	1.268
TH_HSLM_6_265(min)	0	0	-0.00166	-1.034331	1.336

HSLM_7					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_7_20(min)	0	0	-0.00131	-1.103036	1.000
TH_HSLM_7_27(min)	0	0	-0.00133	-1.249603	1.011
TH_HSLM_7_34(min)	0	0	-0.00156	-1.082557	1.188
TH_HSLM_7_42(min)	0	0	-0.0014	-1.094546	1.066
TH_HSLM_7_49(min)	0	0	-0.00161	-1.214935	1.232
TH_HSLM_7_56(min)	0	0	-0.00145	-0.714	1.108
TH_HSLM_7_63(min)	0	0	-0.00152	-1.152932	1.160
TH_HSLM_7_70(min)	0	0	-0.00142	-1.989695	1.083
TH_HSLM_7_78(min)	0	0	-0.00136	-2.256261	1.035
TH_HSLM_7_85(min)	0	0	-0.00143	-1.025678	1.093
TH_HSLM_7_92(min)	0	0	-0.00143	-0.535905	1.089
TH_HSLM_7_99(min)	0	0	-0.00151	-0.688168	1.150
TH_HSLM_7_106(min)	0	0	-0.00154	-0.352096	1.174
TH_HSLM_7_114(min)	0	0	-0.00175	-1.02074	1.336
TH_HSLM_7_121(min)	0	0	-0.00171	-0.751712	1.308
TH_HSLM_7_128(min)	0	0	-0.00181	-1.191878	1.382
TH_HSLM_7_135(min)	0	0	-0.00192	-1.293267	1.467
TH_HSLM_7_143(min)	0	0	-0.00187	-1.834388	1.424
TH_HSLM_7_150(min)	0	0	-0.00197	-0.814715	1.500

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_7_157(min)	0	0	-0.00203	-0.813229	1.549
TH_HSLM_7_164(min)	0	0	-0.00217	-0.67081	1.656
TH_HSLM_7_171(min)	0	0	-0.00225	-0.908085	1.718
TH_HSLM_7_179(min)	0	0	-0.00229	-1.115192	1.744
TH_HSLM_7_186(min)	0	0	-0.00225	-0.936905	1.714
TH_HSLM_7_193(min)	0	0	-0.00223	-0.911661	1.705
TH_HSLM_7_200(min)	0	0	-0.00215	-0.602833	1.642
TH_HSLM_7_207(min)	0	0	-0.00211	-0.772136	1.609
TH_HSLM_7_215(min)	0	0	-0.00233	-0.764609	1.777
TH_HSLM_7_222(min)	0	0	-0.00249	-0.794961	1.903
TH_HSLM_7_229(min)	0	0	-0.00237	-0.715031	1.808
TH_HSLM_7_236(min)	0	0	-0.00248	-0.846895	1.893
TH_HSLM_7_243(min)	0	0	-0.00249	-0.930789	1.904
TH_HSLM_7_251(min)	0	0	-0.00262	-1.039998	1.998
TH_HSLM_7_258(min)	0	0	-0.00264	-0.908394	2.018
TH_HSLM_7_265(min)	0	0	-0.00261	-0.971364	1.994

HSLM_8
--------



					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_8_20(min)	0	0	-0.00136	-0.116775	1.000
TH_HSLM_8_27(min)	0	0	-0.0013	-0.171617	0.956
TH_HSLM_8_34(min)	0	0	-0.00142	-0.375465	1.049
TH_HSLM_8_42(min)	0	0	-0.00139	-0.224971	1.028
TH_HSLM_8_49(min)	0	0	-0.00156	-0.396666	1.148
TH_HSLM_8_56(min)	0	0	-0.00146	-0.379579	1.076
TH_HSLM_8_63(min)	0	0	-0.00151	-0.551914	1.114
TH_HSLM_8_70(min)	0	0	-0.00135	-0.328379	0.993
TH_HSLM_8_78(min)	0	0	-0.00126	-0.346394	0.929
TH_HSLM_8_85(min)	0	0	-0.00125	-0.571776	0.923
TH_HSLM_8_92(min)	0	0	-0.0013	-0.447573	0.956
TH_HSLM_8_99(min)	0	0	-0.00137	-0.557525	1.011
TH_HSLM_8_106(min)	0	0	-0.00127	-0.278523	0.937
TH_HSLM_8_114(min)	0	0	-0.00137	-0.423635	1.012
TH_HSLM_8_121(min)	0	0	-0.00133	-0.493008	0.982
TH_HSLM_8_128(min)	0	0	-0.00151	-0.885546	1.111
TH_HSLM_8_135(min)	0	0	-0.00151	-1.260103	1.114
TH_HSLM_8_143(min)	0	0	-0.00141	-0.980334	1.042
TH_HSLM_8_150(min)	0	0	-0.00149	-0.771654	1.101
TH_HSLM_8_157(min)	0	0	-0.0016	-0.687667	1.181
TH_HSLM_8_164(min)	0	0	-0.00151	-0.621569	1.114



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_8_171(min)	0	0	-0.00157	-1.087751	1.156
TH_HSLM_8_179(min)	0	0	-0.00151	-0.889252	1.117
TH_HSLM_8_186(min)	0	0	-0.00161	-0.966608	1.185
TH_HSLM_8_193(min)	0	0	-0.00156	-0.805071	1.154
TH_HSLM_8_200(min)	0	0	-0.00151	-0.635122	1.114
TH_HSLM_8_207(min)	0	0	-0.00142	-0.799589	1.050
TH_HSLM_8_215(min)	0	0	-0.00145	-0.578934	1.070
TH_HSLM_8_222(min)	0	0	-0.0015	-0.667168	1.107
TH_HSLM_8_229(min)	0	0	-0.00147	-0.661212	1.084
TH_HSLM_8_236(min)	0	0	-0.00147	-0.744949	1.086
TH_HSLM_8_243(min)	0	0	-0.00153	-0.896075	1.132
TH_HSLM_8_251(min)	0	0	-0.00156	-1.167321	1.154
TH_HSLM_8_258(min)	0	0	-0.00166	-0.760924	1.222
TH_HSLM_8_265(min)	0	0	-0.00176	-1.083614	1.301

HSLM_9					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_9_20(min)	0	0	-0.00145	-0.124574	1.000
TH_HSLM_9_27(min)	0	0	-0.00147	-0.153749	1.012
TH_HSLM_9_34(min)	0	0	-0.00172	-0.650583	1.186
TH_HSLM_9_42(min)	0	0	-0.00152	-0.358567	1.049
TH_HSLM_9_49(min)	0	0	-0.00178	-0.558995	1.232
TH_HSLM_9_56(min)	0	0	-0.00158	-0.375443	1.093
TH_HSLM_9_63(min)	0	0	-0.00168	-0.616253	1.159
TH_HSLM_9_70(min)	0	0	-0.00149	-0.362945	1.029
TH_HSLM_9_78(min)	0	0	-0.00142	-0.368068	0.983
TH_HSLM_9_85(min)	0	0	-0.0014	-0.482535	0.965
TH_HSLM_9_92(min)	0	0	-0.00146	-0.592316	1.010
TH_HSLM_9_99(min)	0	0	-0.00151	-0.658354	1.041
TH_HSLM_9_106(min)	0	0	-0.00142	-0.248933	0.980
TH_HSLM_9_114(min)	0	0	-0.00161	-0.535852	1.108
TH_HSLM_9_121(min)	0	0	-0.00148	-0.469456	1.025
TH_HSLM_9_128(min)	0	0	-0.00165	-1.317338	1.141
TH_HSLM_9_135(min)	0	0	-0.00166	-1.324568	1.145
TH_HSLM_9_143(min)	0	0	-0.00166	-1.287196	1.144
TH_HSLM_9_150(min)	0	0	-0.00163	-0.993246	1.125
TH_HSLM_9_157(min)	0	0	-0.00164	-0.97625	1.135
TH_HSLM_9_164(min)	0	0	-0.0017	-0.779606	1.173
TH_HSLM_9_171(min)	0	0	-0.00177	-0.902989	1.220
TH_HSLM_9_179(min)	0	0	-0.00172	-0.990173	1.187

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

TH_HSLM_9_186(min)	0	0	-0.00179	-1.077048	1.236
TH_HSLM_9_193(min)	0	0	-0.00174	-0.950581	1.204
TH_HSLM_9_200(min)	0	0	-0.00168	-0.626646	1.162
TH_HSLM_9_207(min)	0	0	-0.00158	-0.846867	1.093
TH_HSLM_9_215(min)	0	0	-0.00164	-0.618448	1.131
TH_HSLM_9_222(min)	0	0	-0.00156	-0.872621	1.077
TH_HSLM_9_229(min)	0	0	-0.00168	-0.966541	1.159
TH_HSLM_9_236(min)	0	0	-0.00165	-0.883645	1.139
TH_HSLM_9_243(min)	0	0	-0.00172	-0.812891	1.184
TH_HSLM_9_251(min)	0	0	-0.00178	-1.376684	1.229
TH_HSLM_9_258(min)	0	0	-0.00184	-0.873593	1.267
TH_HSLM_9_265(min)	0	0	-0.00193	-0.951696	1.336

### 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  $\varphi'_{Reale,f}$  (V) così definito:

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

Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	10	EI2CLVI0005008	A

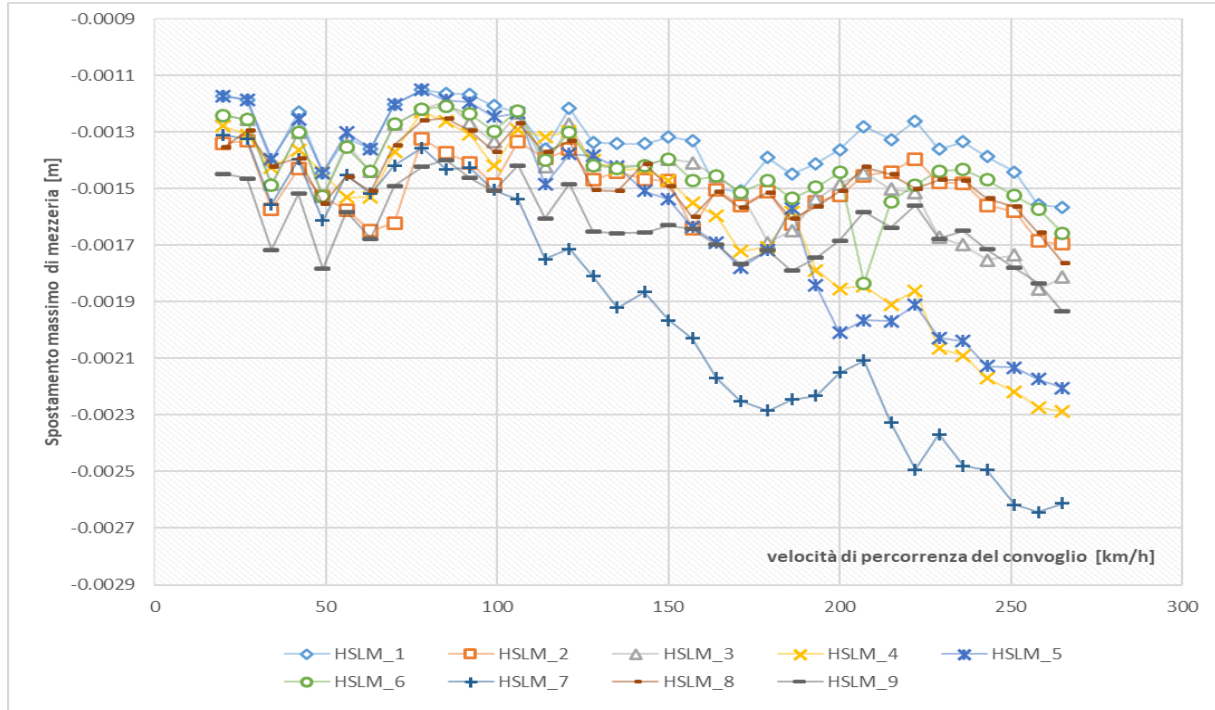


Figura 5 - Freccia massima in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

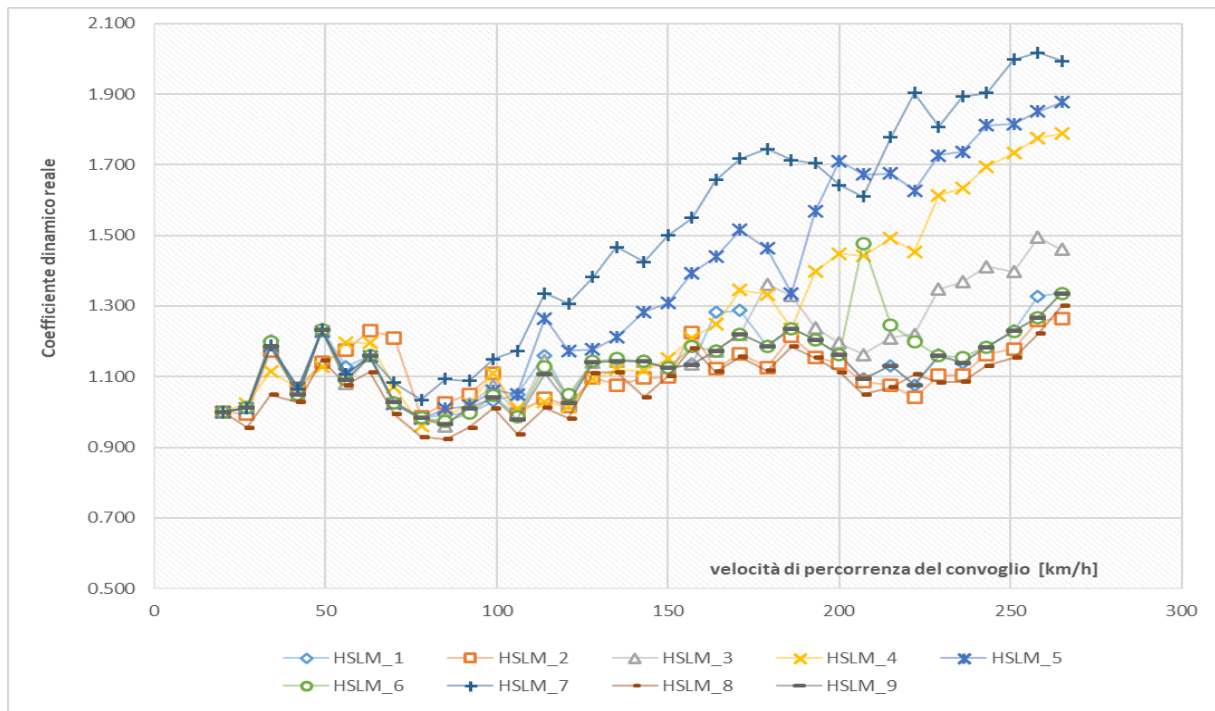


Figura 6 – Coefficiente dinamico in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008	A

Il valore massimo dell'abbassamento si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A7 alla velocità di 258km/h che corrisponde anche al massimo coefficiente dinamico, di valore  $\Phi_{\text{reale},f}(V) = 2,02$ .



### 5.3 ACCELERAZIONI

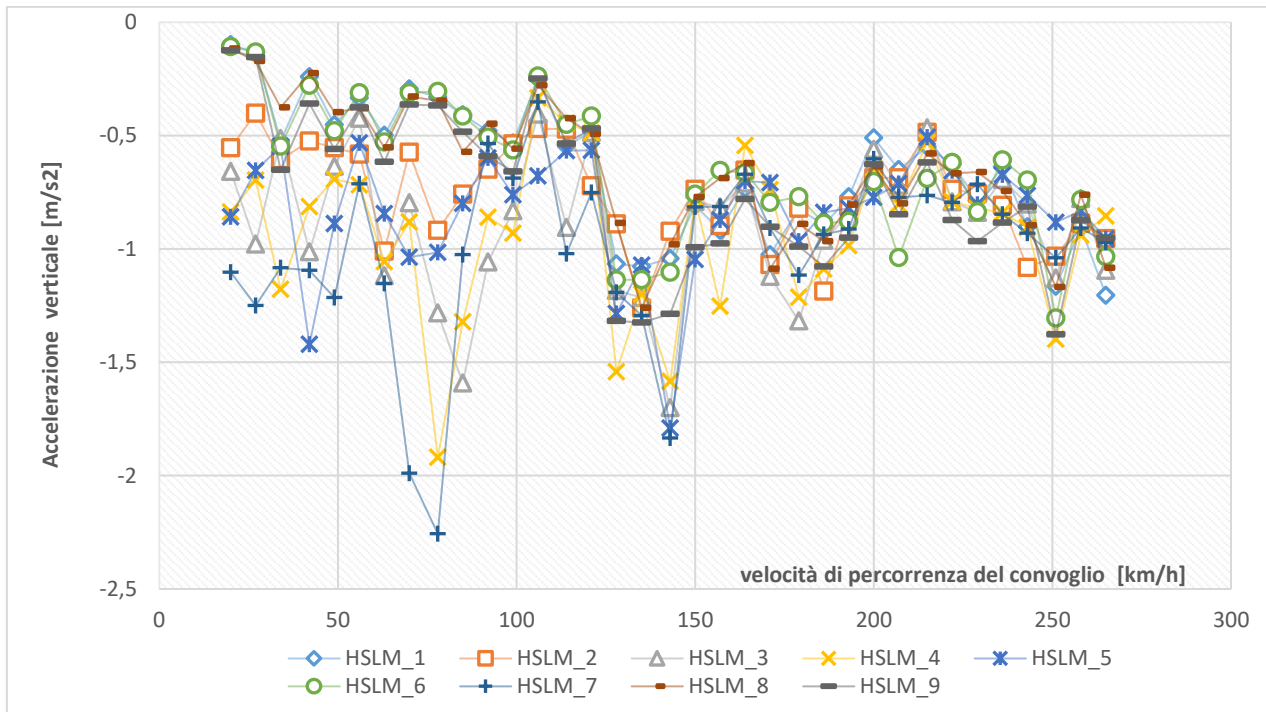
Per la valutazione della sicurezza del traffico, in termini di decompattazione del ballast, si valutano le accelerazioni massime trasmesse dai convogli:

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005008</p>	<p>A</p>



**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 78km/h ed è pari ad  $a_{max} = 2,256 \text{ m/s}^2$  inferiore alla massima accelerazione di picco pari a  $3,50 \text{ m/s}^2$  (cfr. *Tabella 6.10 EN1991-2 [2]* che richiama il punto *A2.4.4.2.1 EN1990*) e, pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

## 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:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008 A

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

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;
- $\Phi$  è il coefficiente di incremento dinamico definito in 2.5.1.4.2.5.

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008 A

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

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];
- $L_{\phi}$  è la lunghezza caratteristica [m] in accordo con 2.5.1.4.2.5.3;
- $\alpha$  è un coefficiente che tiene conto della velocità

lunghezza caratteristica

standard manutentivo

è una linea ad Alta Velocità/Capacità?

$L_{\phi}$  19.80 m

elevato

Si

prima frequenza di vibrare

no 4.95 Herz

coefficiente che tiene conto della velocità

$\alpha$  1.0

coefficiente

k 0.31

coefficiente di amplificazione dinamica

$\varphi'$  **0.446**

coefficiente di amplificazione dinamica

$\varphi''$  0.054

coefficiente di amplificazione dinamica

$\varphi''^*$  **0.054**

coefficiente di amplificazione dinamica

$\varphi_{\text{reale}}$  **1.50**

coefficiente di amplificazione dinamica ottenuto dall'analisi dinamica  $\varphi'_{\text{reale,f}}$  2.018

coefficiente di amplificazione dinamica di cui 2.5.1.4.2.5.3  $\varphi'_{\text{reale}}$  1.50

$\varphi_{\text{TR}}$  2.07

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005008 A

momento massimo caratteristico statico LM/71 "+" SW/2	$M_{k,Statico}$	7350	KN m
carico equivalente caratteristico statico	$q_{k,Statico}$	150.0	Kn/m
coefficiente dinamico statico funzione del livello manut.	$\Phi_2$	1.16	
momento massimo caratteristico dinamico HLSM-A	$M_{k,Dinamico}$	2935	KN m
carico equivalente caratteristico dinamico	$q_{k,Dinamico}$	59.9	Kn/m
coefficiente dinamico reale	$\varphi_{TR}$	2.07	
	C.S.	0.71	<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 [ $\Phi_2$ ;  $\Phi_3$ ] per la progettazione e verifica dell'impalcato.