

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  
GENERALE  
Relazione incremento dinamico – impalcato misto a 6 travi**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE  Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	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	1	5	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	Giu.21	M. Proietti 	Giu.21	G. Grimaldi 	Giu.21	 GIUSEPPE GRIMALDI

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1710EI2CLVI0005015A

Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVE .....	4
3	DATI DI BASE .....	4
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	4
3.2	ANALISI DEI CARICHI .....	5
4	ANALISI DEGLI EFFETTI DINAMICI .....	6
4.1	MODELLAZIONE .....	10
4.2	SPOSTAMENTI VERTICALI .....	10
4.2.1	<i>Output di calcolo</i> .....	10
4.2.2	<i>Coefficiente dinamico reale</i> .....	19
4.3	ACCELERAZIONI .....	21
5	VERIFICHE .....	22
6	CONCLUSIONI .....	24

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	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 misto a sei travi doppio binario (cfr. Figura 1 e 2) realizzato nell'ambito del collegamento ferroviario della linea AV/AC Verona-Padova.

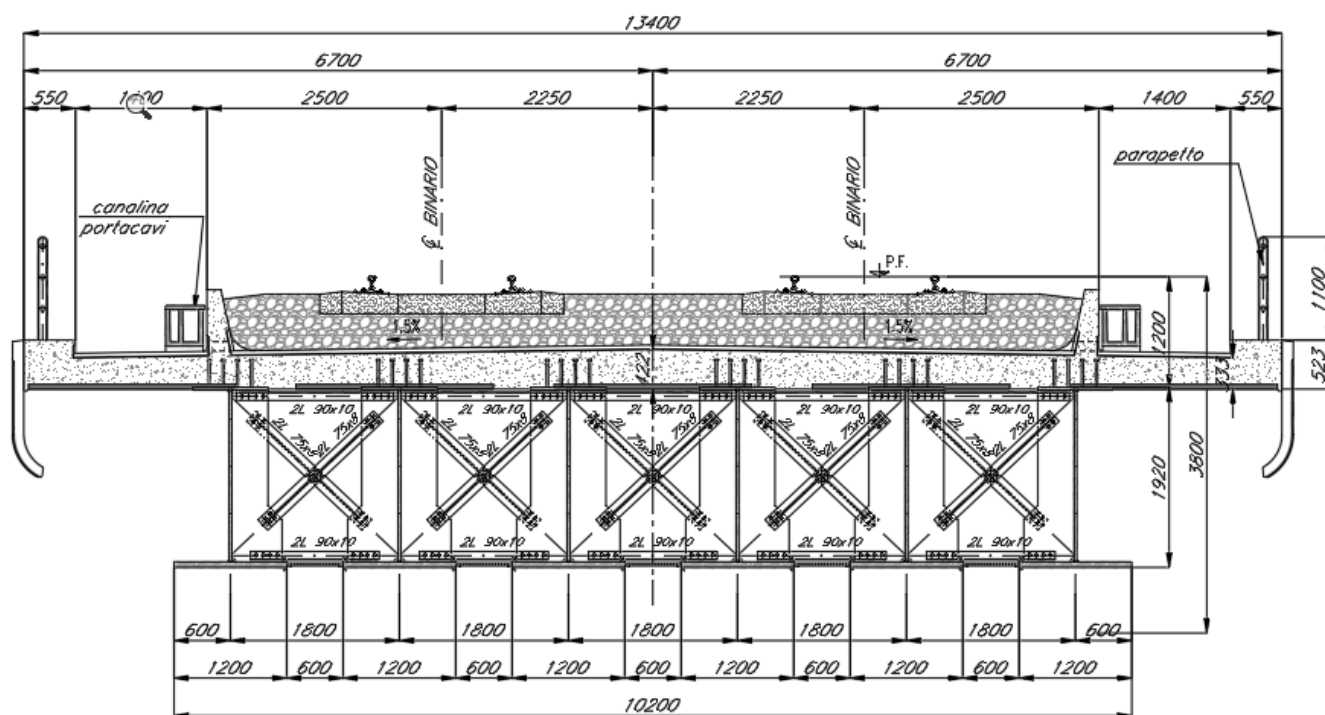




Figura 1 - Sezione trasversale impalcato

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A A

## 2 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]

## 3 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 soletta in c.a. e sei travi in acciaio in semplice appoggio di luce pari a 38,00 m (interasse appoggi). La velocità di progetto è stata assunta pari a 250 km/h.

### 3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Travi Metalliche

denominazione tipo d'acciaio		S355	
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

#### Calcestruzzo Soletta

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

### 3.2 ANALISI DEI CARICHI

#### Permanenti

carpenteria metallita  $G_{1,a} = 71.6 \text{ kN/m}$

soletta in calcestruzzo  $G_{1,c} = (0.3775 \times 13.40 \times 25) = 126.4 \text{ kN/m}$

**permanenti  $G_1 = 198.0 \text{ kN/m}$**

#### Permanenti portati


Massicciata, armamento e impermeabilizzazione	$20 \text{ kN/m}^3 \times 0.8 \text{ m} \times 9.09 \text{ m}$	145.4 kN/m
Muretti paraballast	$2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.705 \text{ m} \times 0.205 \text{ m}$	7.2 kN/m
Canalette portacavi	$2 \times 3 \text{ kN/m}$	6.0 kN/m
Camminamento	$0.5 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m}$	2.5 kN/m
Cordoli	$2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.55 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$	5.2 kN/m
Velette	$2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.178 \text{ m}^2$	8.9 kN/m
Barriere antirumore	$2 \times 4 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m}$	32.0 kN/m

**permanenti portati  $G_2 = 207.4 \text{ kN/m}$**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

#### 4 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 EI2CLVI0005015A	A

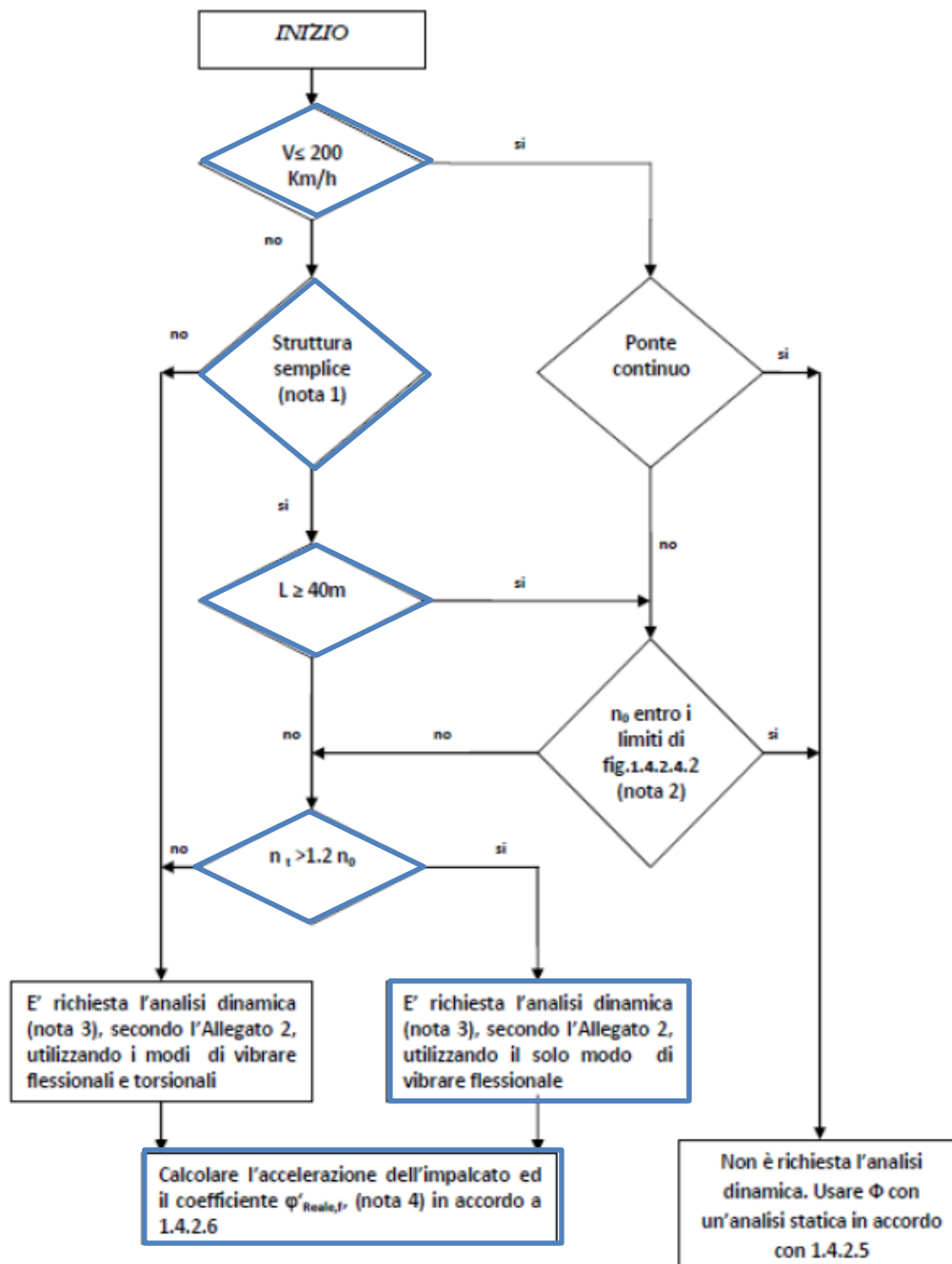
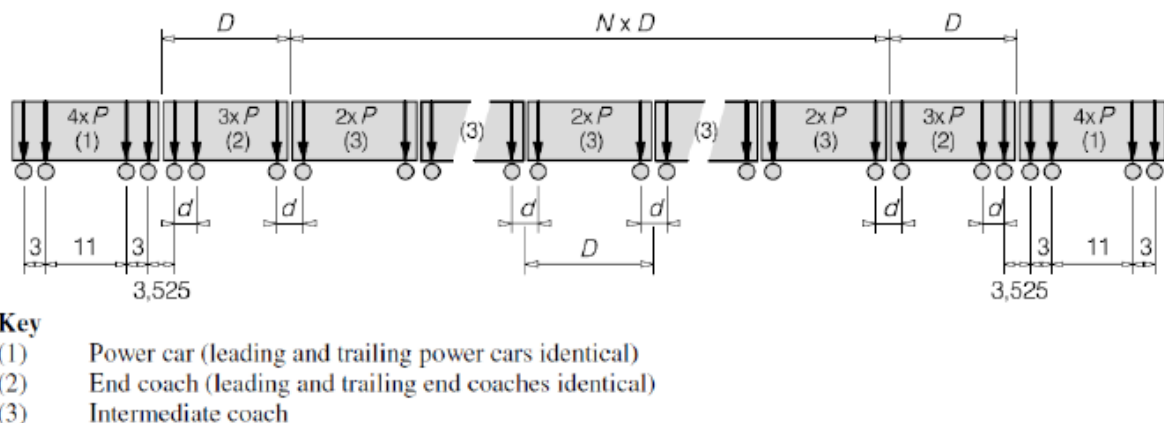


Figura 2 - Diagramma di flusso da Diagramma di flusso da fig. 6.9 della UNI EN 1991-2 [2] con individuazione del percorso seguito

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005015A</p>	<p>A</p>

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**

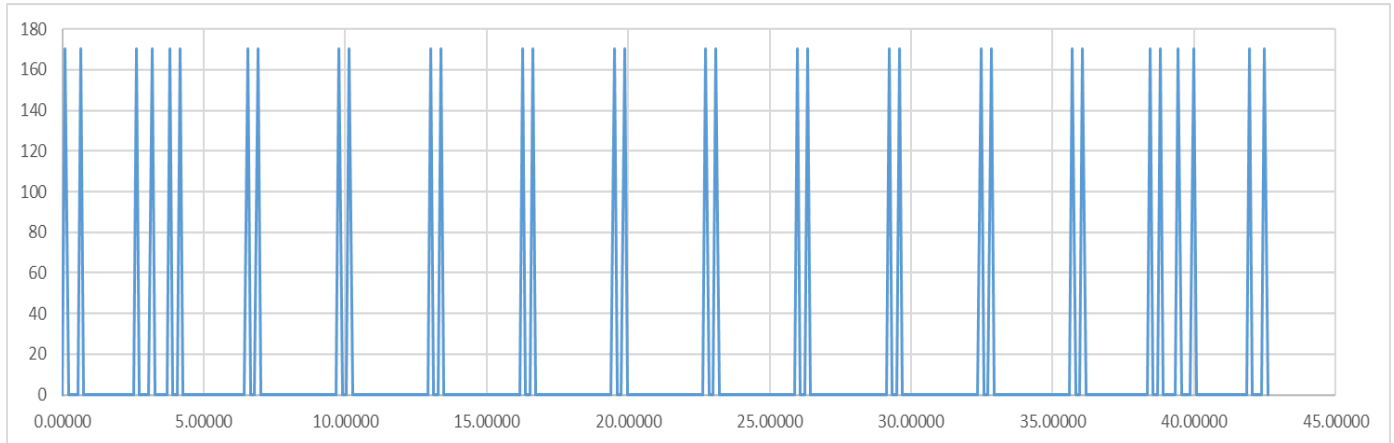
Universal Train	Number of intermediate coaches $N$	Coach length $D$ [m]	Bogie axle spacing $d$ [m]	Point force $P$ [kN]
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

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 EI2CLVI0005015A</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><b>Tipologia di ponte</b></p>	<p><b><math>\zeta</math> [%]</b> 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>

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>10</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLVI0005015A</p>	<p>A</p>

## 4.1 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.

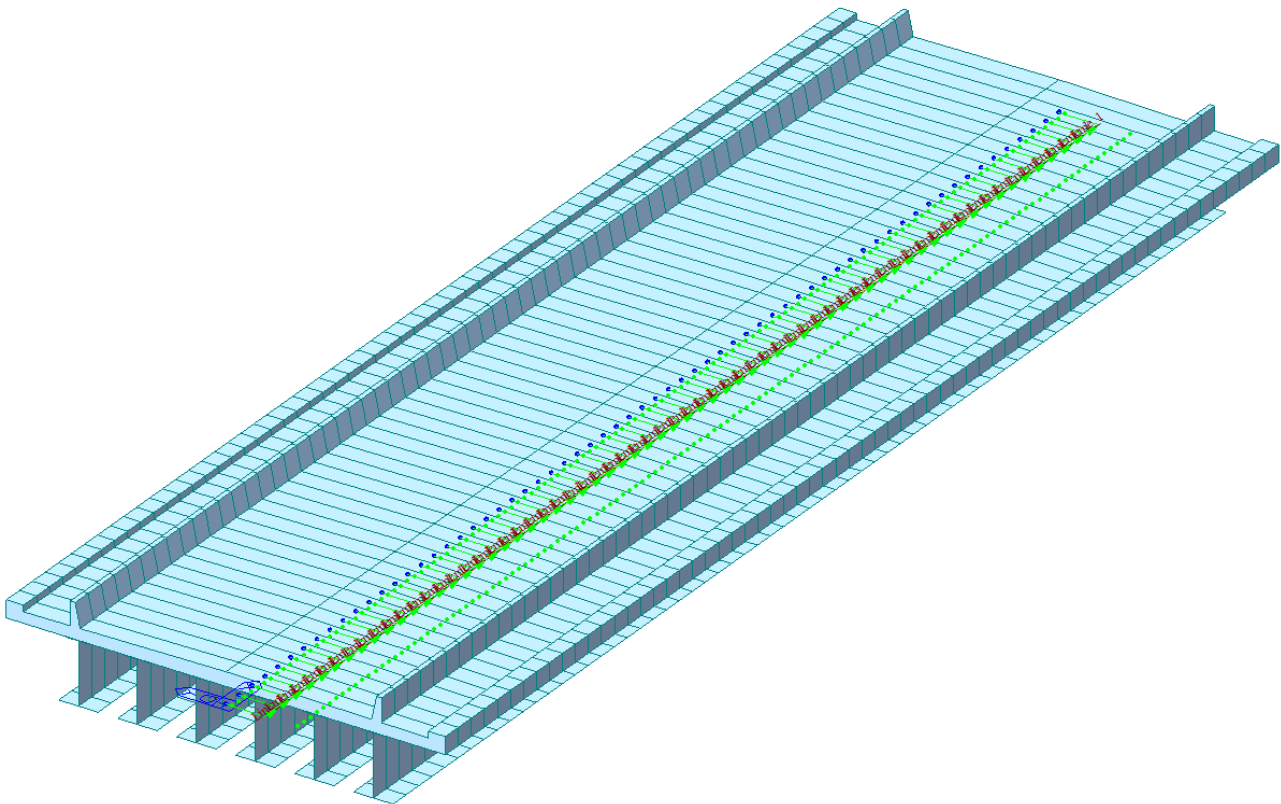


Figura 4 - Modello di calcolo monodimensionale

## 4.2 SPOSTAMENTI VERTICALI

### 4.2.1 Output di calcolo

Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	A.V. (m/s <sup>2</sup> )	$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$
HSLM_1					
TH_HSLM_1_20(min)	0	0	-0.00363	-0.103297	1.000
TH_HSLM_1_28(min)	0	0	-0.00358	-0.096441	0.987
TH_HSLM_1_36(min)	0	0	-0.00373	-0.16905	1.028

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

TH_HSLM_1_45(min)	0	0	-0.00359	-0.216238	0.991
TH_HSLM_1_53(min)	0	0	-0.0036	-0.176543	0.992
TH_HSLM_1_61(min)	0	0	-0.00357	-0.482642	0.986
TH_HSLM_1_69(min)	0	0	-0.00354	-0.34249	0.975
TH_HSLM_1_78(min)	0	0	-0.00375	-0.605942	1.036
TH_HSLM_1_86(min)	0	0	-0.00355	-0.355471	0.978
TH_HSLM_1_94(min)	0	0	-0.00356	-0.856533	0.982
TH_HSLM_1_102(min)	0	0	-0.00358	-0.657239	0.988
TH_HSLM_1_111(min)	0	0	-0.0035	-0.383881	0.966
TH_HSLM_1_119(min)	0	0	-0.00373	-1.189319	1.030
TH_HSLM_1_127(min)	0	0	-0.00368	-0.864513	1.016
TH_HSLM_1_135(min)	0	0	-0.00366	-1.618121	1.010
TH_HSLM_1_144(min)	0	0	-0.00384	-0.6625	1.059
TH_HSLM_1_152(min)	0	0	-0.00411	-0.712526	1.135
TH_HSLM_1_160(min)	0	0	-0.00429	-2.3738	1.183
TH_HSLM_1_168(min)	0	0	-0.00523	-1.959012	1.442
TH_HSLM_1_176(min)	0	0	-0.00584	-1.033119	1.611
TH_HSLM_1_185(min)	0	0	-0.00498	-1.091173	1.373
TH_HSLM_1_193(min)	0	0	-0.00444	-1.057999	1.224
TH_HSLM_1_201(min)	0	0	-0.00422	-0.740941	1.164
TH_HSLM_1_209(min)	0	0	-0.00443	-0.478671	1.223
TH_HSLM_1_218(min)	0	0	-0.00417	-0.156651	1.151
TH_HSLM_1_226(min)	0	0	-0.00424	-0.462436	1.170
TH_HSLM_1_234(min)	0	0	-0.00409	-0.855486	1.129
TH_HSLM_1_242(min)	0	0	-0.0041	-0.830512	1.131
TH_HSLM_1_251(min)	0	0	-0.00405	-0.674342	1.116
TH_HSLM_1_259(min)	0	0	-0.004	-0.677779	1.104
TH_HSLM_1_267(min)	0	0	-0.00412	-1.285999	1.135
TH_HSLM_1_275(min)	0	0	-0.00419	-1.17663	1.156
TH_HSLM_1_284(min)	0	0	-0.00362	-0.65475	0.997
TH_HSLM_1_292(min)	0	0	-0.0044	-0.738795	1.212
TH_HSLM_1_300(min)	0	0	-0.00377	-0.596553	1.040

HSLM_2
--------

					$\varphi'_{\text{Reale, f (V)}}$
TH_HSLM_2_20(min)	0	0	-0.00421	-0.493432	1.000
TH_HSLM_2_28(min)	0	0	-0.00409	-0.555142	0.973
TH_HSLM_2_36(min)	0	0	-0.00465	-0.395051	1.106
TH_HSLM_2_45(min)	0	0	-0.0042	-0.476248	0.998
TH_HSLM_2_53(min)	0	0	-0.00415	-0.919187	0.986
TH_HSLM_2_61(min)	0	0	-0.0041	-0.62352	0.974

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

TH_HSLM_2_69(min)	0	0	-0.00419	-0.558302	0.997
TH_HSLM_2_78(min)	0	0	-0.00422	-0.610242	1.002
TH_HSLM_2_86(min)	0	0	-0.00427	-0.66033	1.015
TH_HSLM_2_94(min)	0	0	-0.00437	-0.595148	1.039
TH_HSLM_2_102(min)	0	0	-0.00439	-0.712703	1.043
TH_HSLM_2_111(min)	0	0	-0.00443	-0.451192	1.052
TH_HSLM_2_119(min)	0	0	-0.00455	-1.613481	1.081
TH_HSLM_2_127(min)	0	0	-0.00461	-1.391875	1.094
TH_HSLM_2_135(min)	0	0	-0.00456	-2.127694	1.085
TH_HSLM_2_144(min)	0	0	-0.00465	-1.064394	1.104
TH_HSLM_2_152(min)	0	0	-0.00451	-1.046774	1.072
TH_HSLM_2_160(min)	0	0	-0.00487	-2.098505	1.157
TH_HSLM_2_168(min)	0	0	-0.00501	-1.950705	1.190
TH_HSLM_2_176(min)	0	0	-0.00574	-0.860719	1.364
TH_HSLM_2_185(min)	0	0	-0.007	-1.460049	1.664
TH_HSLM_2_193(min)	0	0	-0.00665	-1.470023	1.579
TH_HSLM_2_201(min)	0	0	-0.00553	-0.829528	1.314
TH_HSLM_2_209(min)	0	0	-0.00586	-0.704694	1.392
TH_HSLM_2_218(min)	0	0	-0.00504	-0.24784	1.197
TH_HSLM_2_226(min)	0	0	-0.00493	-0.467418	1.171
TH_HSLM_2_234(min)	0	0	-0.00472	-0.749864	1.121
TH_HSLM_2_242(min)	0	0	-0.00478	-0.848031	1.135
TH_HSLM_2_251(min)	0	0	-0.00459	-0.684148	1.091
TH_HSLM_2_259(min)	0	0	-0.00439	-1.266154	1.044
TH_HSLM_2_267(min)	0	0	-0.00431	-1.365267	1.025
TH_HSLM_2_275(min)	0	0	-0.00479	-2.176741	1.138
TH_HSLM_2_284(min)	0	0	-0.00447	-0.909122	1.063
TH_HSLM_2_292(min)	0	0	-0.00504	-1.058502	1.197
TH_HSLM_2_300(min)	0	0	-0.00457	-0.643281	1.087

HSLM_3
--------

					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_3_20(min)	0	0	-0.00388	-0.612077	1.000
TH_HSLM_3_28(min)	0	0	-0.00387	-0.645431	0.998
TH_HSLM_3_36(min)	0	0	-0.0039	-0.335481	1.007
TH_HSLM_3_45(min)	0	0	-0.00395	-0.544156	1.018
TH_HSLM_3_53(min)	0	0	-0.00394	-0.973321	1.017
TH_HSLM_3_61(min)	0	0	-0.00398	-1.182038	1.026
TH_HSLM_3_69(min)	0	0	-0.00404	-0.597498	1.042
TH_HSLM_3_78(min)	0	0	-0.00418	-0.886729	1.079
TH_HSLM_3_86(min)	0	0	-0.00398	-0.527436	1.025

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A



TH_HSLM_3_94(min)	0	0	-0.00438	-0.901502	1.128
TH_HSLM_3_102(min)	0	0	-0.00438	-0.646363	1.130
TH_HSLM_3_111(min)	0	0	-0.00439	-0.43768	1.133
TH_HSLM_3_119(min)	0	0	-0.0045	-1.034523	1.159
TH_HSLM_3_127(min)	0	0	-0.00454	-1.000058	1.172
TH_HSLM_3_135(min)	0	0	-0.00468	-1.762535	1.208
TH_HSLM_3_144(min)	0	0	-0.00471	-0.979486	1.214
TH_HSLM_3_152(min)	0	0	-0.00482	-1.125085	1.243
TH_HSLM_3_160(min)	0	0	-0.00499	-2.248932	1.288
TH_HSLM_3_168(min)	0	0	-0.00521	-1.793021	1.344
TH_HSLM_3_176(min)	0	0	-0.00569	-0.970113	1.468
TH_HSLM_3_185(min)	0	0	-0.00647	-0.987422	1.668
TH_HSLM_3_193(min)	0	0	-0.00735	-1.213814	1.895
TH_HSLM_3_201(min)	0	0	-0.00647	-0.961641	1.668
TH_HSLM_3_209(min)	0	0	-0.00609	-0.745999	1.570
TH_HSLM_3_218(min)	0	0	-0.00512	-0.278226	1.321
TH_HSLM_3_226(min)	0	0	-0.00512	-0.48973	1.321
TH_HSLM_3_234(min)	0	0	-0.00485	-0.888067	1.252
TH_HSLM_3_242(min)	0	0	-0.00486	-0.847714	1.253
TH_HSLM_3_251(min)	0	0	-0.00475	-0.620696	1.225
TH_HSLM_3_259(min)	0	0	-0.00493	-0.557226	1.271
TH_HSLM_3_267(min)	0	0	-0.00516	-1.651172	1.331
TH_HSLM_3_275(min)	0	0	-0.00455	-1.263804	1.174
TH_HSLM_3_284(min)	0	0	-0.00527	-1.237932	1.358
TH_HSLM_3_292(min)	0	0	-0.00511	-0.766481	1.318
TH_HSLM_3_300(min)	0	0	-0.00487	-0.693021	1.257

HSLM_4						$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_4_20(min)	0	0	-0.00409	-0.594941	1.000	
TH_HSLM_4_28(min)	0	0	-0.00406	-0.512646	0.994	
TH_HSLM_4_36(min)	0	0	-0.00434	-0.639431	1.062	
TH_HSLM_4_45(min)	0	0	-0.00422	-0.541984	1.032	
TH_HSLM_4_53(min)	0	0	-0.00411	-0.834721	1.006	
TH_HSLM_4_61(min)	0	0	-0.00411	-0.937251	1.007	
TH_HSLM_4_69(min)	0	0	-0.00427	-1.091475	1.044	
TH_HSLM_4_78(min)	0	0	-0.00439	-1.177898	1.074	
TH_HSLM_4_86(min)	0	0	-0.00439	-0.523673	1.075	
TH_HSLM_4_94(min)	0	0	-0.00437	-0.653684	1.069	
TH_HSLM_4_102(min)	0	0	-0.00445	-0.87231	1.090	
TH_HSLM_4_111(min)	0	0	-0.00472	-0.545298	1.154	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

TH_HSLM_4_119(min)	0	0	-0.00484	-1.634502	1.185
TH_HSLM_4_127(min)	0	0	-0.0049	-0.991759	1.200
TH_HSLM_4_135(min)	0	0	-0.00494	-2.037492	1.210
TH_HSLM_4_144(min)	0	0	-0.00508	-1.254405	1.243
TH_HSLM_4_152(min)	0	0	-0.00529	-1.269059	1.293
TH_HSLM_4_160(min)	0	0	-0.00524	-1.636289	1.282
TH_HSLM_4_168(min)	0	0	-0.00539	-0.727608	1.319
TH_HSLM_4_176(min)	0	0	-0.00542	-1.053031	1.327
TH_HSLM_4_185(min)	0	0	-0.0056	-1.214066	1.371
TH_HSLM_4_193(min)	0	0	-0.00617	-1.054379	1.511
TH_HSLM_4_201(min)	0	0	-0.0073	-0.998548	1.788
TH_HSLM_4_209(min)	0	0	-0.00874	-0.85684	2.138
TH_HSLM_4_218(min)	0	0	-0.00718	-0.401524	1.756
TH_HSLM_4_226(min)	0	0	-0.00683	-0.479247	1.671
TH_HSLM_4_234(min)	0	0	-0.00647	-1.116632	1.583
TH_HSLM_4_242(min)	0	0	-0.0063	-0.996495	1.543
TH_HSLM_4_251(min)	0	0	-0.00628	-0.8571	1.536
TH_HSLM_4_259(min)	0	0	-0.00609	-1.042256	1.490
TH_HSLM_4_267(min)	0	0	-0.00602	-1.333808	1.474
TH_HSLM_4_275(min)	0	0	-0.00598	-2.050142	1.464
TH_HSLM_4_284(min)	0	0	-0.00641	-1.311199	1.569
TH_HSLM_4_292(min)	0	0	-0.0067	-0.884454	1.640
TH_HSLM_4_300(min)	0	0	-0.00632	-0.712799	1.547

HSLM_5						$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_5_20(min)	0	0	-0.00374	-0.58544	1.000	
TH_HSLM_5_28(min)	0	0	-0.00371	-0.454812	0.992	
TH_HSLM_5_36(min)	0	0	-0.00385	-0.587172	1.031	
TH_HSLM_5_45(min)	0	0	-0.00386	-0.507508	1.032	
TH_HSLM_5_53(min)	0	0	-0.00387	-0.9592	1.036	
TH_HSLM_5_61(min)	0	0	-0.00387	-0.988452	1.035	
TH_HSLM_5_69(min)	0	0	-0.00406	-1.504532	1.087	
TH_HSLM_5_78(min)	0	0	-0.00402	-0.929375	1.076	
TH_HSLM_5_86(min)	0	0	-0.0041	-0.566626	1.099	
TH_HSLM_5_94(min)	0	0	-0.00405	-0.842747	1.084	
TH_HSLM_5_102(min)	0	0	-0.00418	-0.538963	1.120	
TH_HSLM_5_111(min)	0	0	-0.00469	-0.396885	1.255	
TH_HSLM_5_119(min)	0	0	-0.00455	-1.126344	1.219	
TH_HSLM_5_127(min)	0	0	-0.00461	-1.034486	1.235	
TH_HSLM_5_135(min)	0	0	-0.0046	-1.770583	1.233	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

TH_HSLM_5_144(min)	0	0	-0.00482	-1.424701	1.291
TH_HSLM_5_152(min)	0	0	-0.005	-1.30028	1.339
TH_HSLM_5_160(min)	0	0	-0.00503	-2.333472	1.347
TH_HSLM_5_168(min)	0	0	-0.00526	-1.564424	1.409
TH_HSLM_5_176(min)	0	0	-0.00538	-0.893417	1.441
TH_HSLM_5_185(min)	0	0	-0.00548	-0.835929	1.466
TH_HSLM_5_193(min)	0	0	-0.00575	-1.103813	1.539
TH_HSLM_5_201(min)	0	0	-0.00622	-0.998367	1.666
TH_HSLM_5_209(min)	0	0	-0.00813	-0.750317	2.176
TH_HSLM_5_218(min)	0	0	-0.00749	-0.452393	2.006
TH_HSLM_5_226(min)	0	0	-0.00709	-0.569837	1.897
TH_HSLM_5_234(min)	0	0	-0.00648	-1.010585	1.735
TH_HSLM_5_242(min)	0	0	-0.00642	-0.896946	1.719
TH_HSLM_5_251(min)	0	0	-0.00637	-0.542754	1.705
TH_HSLM_5_259(min)	0	0	-0.00645	-0.714859	1.728
TH_HSLM_5_267(min)	0	0	-0.0063	-1.285999	1.687
TH_HSLM_5_275(min)	0	0	-0.00649	-1.282168	1.739
TH_HSLM_5_284(min)	0	0	-0.00645	-1.588098	1.728
TH_HSLM_5_292(min)	0	0	-0.00676	-1.682281	1.809
TH_HSLM_5_300(min)	0	0	-0.00644	-0.696449	1.723

HSLM_6
--------

					$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$
TH_HSLM_6_20(min)	0	0	-0.00384	-0.109125	1.000
TH_HSLM_6_28(min)	0	0	-0.00378	-0.09701	0.984
TH_HSLM_6_36(min)	0	0	-0.00377	-0.163086	0.981
TH_HSLM_6_45(min)	0	0	-0.0038	-0.204667	0.989
TH_HSLM_6_53(min)	0	0	-0.00376	-0.179076	0.979
TH_HSLM_6_61(min)	0	0	-0.00381	-0.511033	0.993
TH_HSLM_6_69(min)	0	0	-0.00373	-0.451696	0.973
TH_HSLM_6_78(min)	0	0	-0.00368	-0.613586	0.959
TH_HSLM_6_86(min)	0	0	-0.0037	-0.407019	0.965
TH_HSLM_6_94(min)	0	0	-0.00389	-1.336609	1.012
TH_HSLM_6_102(min)	0	0	-0.00392	-0.601787	1.022
TH_HSLM_6_111(min)	0	0	-0.00463	-0.488212	1.205
TH_HSLM_6_119(min)	0	0	-0.00431	-1.107978	1.123
TH_HSLM_6_127(min)	0	0	-0.00427	-0.998288	1.113
TH_HSLM_6_135(min)	0	0	-0.00416	-1.673519	1.083
TH_HSLM_6_144(min)	0	0	-0.00424	-0.62271	1.104
TH_HSLM_6_152(min)	0	0	-0.004	-0.729249	1.041
TH_HSLM_6_160(min)	0	0	-0.00428	-3.412564	1.116

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

TH_HSLM_6_168(min)	0	0	-0.00426	-2.214375	1.110
TH_HSLM_6_176(min)	0	0	-0.00441	-0.945971	1.148
TH_HSLM_6_185(min)	0	0	-0.00455	-0.888194	1.186
TH_HSLM_6_193(min)	0	0	-0.00453	-1.143318	1.179
TH_HSLM_6_201(min)	0	0	-0.00442	-0.745759	1.151
TH_HSLM_6_209(min)	0	0	-0.00521	-0.540622	1.357
TH_HSLM_6_218(min)	0	0	-0.00515	-0.341866	1.340
TH_HSLM_6_226(min)	0	0	-0.00491	-0.529033	1.278
TH_HSLM_6_234(min)	0	0	-0.0045	-0.778556	1.172
TH_HSLM_6_242(min)	0	0	-0.00427	-0.867925	1.112
TH_HSLM_6_251(min)	0	0	-0.00429	-0.651045	1.116
TH_HSLM_6_259(min)	0	0	-0.0042	-0.77865	1.095
TH_HSLM_6_267(min)	0	0	-0.00406	-1.427295	1.057
TH_HSLM_6_275(min)	0	0	-0.00444	-1.259726	1.156
TH_HSLM_6_284(min)	0	0	-0.00381	-0.937946	0.993
TH_HSLM_6_292(min)	0	0	-0.00465	-0.817106	1.212
TH_HSLM_6_300(min)	0	0	-0.00399	-0.823867	1.040

HSLM_7					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_7_20(min)	0	0	-0.00421	-0.761249	1.000
TH_HSLM_7_28(min)	0	0	-0.0042	-0.644083	0.999
TH_HSLM_7_36(min)	0	0	-0.00435	-0.917839	1.033
TH_HSLM_7_45(min)	0	0	-0.0044	-0.692337	1.045
TH_HSLM_7_53(min)	0	0	-0.00439	-1.102474	1.043
TH_HSLM_7_61(min)	0	0	-0.00443	-0.766004	1.053
TH_HSLM_7_69(min)	0	0	-0.00458	-1.736774	1.087
TH_HSLM_7_78(min)	0	0	-0.00484	-1.626405	1.149
TH_HSLM_7_86(min)	0	0	-0.00482	-0.40863	1.146
TH_HSLM_7_94(min)	0	0	-0.00487	-1.006069	1.157
TH_HSLM_7_102(min)	0	0	-0.00489	-0.754162	1.163
TH_HSLM_7_111(min)	0	0	-0.00538	-0.473388	1.279
TH_HSLM_7_119(min)	0	0	-0.00534	-1.63527	1.268
TH_HSLM_7_127(min)	0	0	-0.00497	-1.20985	1.181
TH_HSLM_7_135(min)	0	0	-0.00534	-1.720883	1.268
TH_HSLM_7_144(min)	0	0	-0.00547	-1.828453	1.301
TH_HSLM_7_152(min)	0	0	-0.00541	-1.193835	1.284
TH_HSLM_7_160(min)	0	0	-0.00569	-2.783629	1.352
TH_HSLM_7_168(min)	0	0	-0.00591	-2.217417	1.405
TH_HSLM_7_176(min)	0	0	-0.00596	-0.998525	1.415
TH_HSLM_7_185(min)	0	0	-0.00615	-1.033212	1.462



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005015A</p>	<p>A</p>

TH_HSLM_7_193(min)	0	0	-0.00636	-1.22113	1.512
TH_HSLM_7_201(min)	0	0	-0.00642	-0.999657	1.526
TH_HSLM_7_209(min)	0	0	-0.00681	-0.707017	1.617
TH_HSLM_7_218(min)	0	0	-0.00665	-0.255205	1.581
TH_HSLM_7_226(min)	0	0	-0.00753	-0.555261	1.788
TH_HSLM_7_234(min)	0	0	-0.00782	-1.067135	1.859
TH_HSLM_7_242(min)	0	0	-0.00797	-1.101294	1.894
TH_HSLM_7_251(min)	0	0	-0.00792	-0.918817	1.883
TH_HSLM_7_259(min)	0	0	-0.00764	-0.849164	1.815
TH_HSLM_7_267(min)	0	0	-0.00801	-1.672107	1.904
TH_HSLM_7_275(min)	0	0	-0.00784	-1.365811	1.863
TH_HSLM_7_284(min)	0	0	-0.00773	-1.997545	1.836
TH_HSLM_7_292(min)	0	0	-0.0079	-2.030866	1.877
TH_HSLM_7_300(min)	0	0	-0.00817	-0.805335	1.941

HSLM_8					$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_8_20(min)	0	0	-0.00407	-0.090456	1.000
TH_HSLM_8_28(min)	0	0	-0.00395	-0.117291	0.970
TH_HSLM_8_36(min)	0	0	-0.00413	-0.146294	1.014
TH_HSLM_8_45(min)	0	0	-0.004	-0.24364	0.982
TH_HSLM_8_53(min)	0	0	-0.00395	-0.251691	0.970
TH_HSLM_8_61(min)	0	0	-0.00395	-0.696754	0.969
TH_HSLM_8_69(min)	0	0	-0.00391	-0.398415	0.959
TH_HSLM_8_78(min)	0	0	-0.00403	-0.513751	0.988
TH_HSLM_8_86(min)	0	0	-0.00392	-0.487733	0.961
TH_HSLM_8_94(min)	0	0	-0.004	-0.722799	0.982
TH_HSLM_8_102(min)	0	0	-0.00409	-0.611815	1.003
TH_HSLM_8_111(min)	0	0	-0.00422	-0.499099	1.035
TH_HSLM_8_119(min)	0	0	-0.00438	-1.274806	1.076
TH_HSLM_8_127(min)	0	0	-0.00455	-1.115312	1.117
TH_HSLM_8_135(min)	0	0	-0.00441	-1.515196	1.084
TH_HSLM_8_144(min)	0	0	-0.00437	-0.906744	1.073
TH_HSLM_8_152(min)	0	0	-0.00429	-0.875587	1.053
TH_HSLM_8_160(min)	0	0	-0.00436	-1.721665	1.070
TH_HSLM_8_168(min)	0	0	-0.00432	-1.40515	1.061
TH_HSLM_8_176(min)	0	0	-0.0046	-0.888974	1.129
TH_HSLM_8_185(min)	0	0	-0.00475	-0.777894	1.165
TH_HSLM_8_193(min)	0	0	-0.00467	-1.231273	1.148
TH_HSLM_8_201(min)	0	0	-0.00461	-0.82688	1.133
TH_HSLM_8_209(min)	0	0	-0.0049	-0.568317	1.203

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

TH_HSLM_8_218(min)	0	0	-0.00462	-0.1726	1.134
TH_HSLM_8_226(min)	0	0	-0.00469	-0.370511	1.151
TH_HSLM_8_234(min)	0	0	-0.00453	-0.855133	1.113
TH_HSLM_8_242(min)	0	0	-0.00446	-1.22295	1.096
TH_HSLM_8_251(min)	0	0	-0.00449	-0.524467	1.101
TH_HSLM_8_259(min)	0	0	-0.00425	-1.01272	1.043
TH_HSLM_8_267(min)	0	0	-0.00425	-1.849492	1.044
TH_HSLM_8_275(min)	0	0	-0.00482	-1.912302	1.184
TH_HSLM_8_284(min)	0	0	-0.00434	-1.280693	1.066
TH_HSLM_8_292(min)	0	0	-0.00509	-1.252498	1.250
TH_HSLM_8_300(min)	0	0	-0.00452	-0.717841	1.110

HSLM_9						$\varphi'$ Reale, f (V)
TH_HSLM_9_20(min)	0	0	-0.00448	-0.125128	1.000	
TH_HSLM_9_28(min)	0	0	-0.00441	-0.11968	0.984	
TH_HSLM_9_36(min)	0	0	-0.00441	-0.193474	0.984	
TH_HSLM_9_45(min)	0	0	-0.0044	-0.24128	0.982	
TH_HSLM_9_53(min)	0	0	-0.0044	-0.208922	0.983	
TH_HSLM_9_61(min)	0	0	-0.00446	-0.596205	0.995	
TH_HSLM_9_69(min)	0	0	-0.00439	-0.524631	0.981	
TH_HSLM_9_78(min)	0	0	-0.00449	-0.688203	1.003	
TH_HSLM_9_86(min)	0	0	-0.00432	-0.37707	0.964	
TH_HSLM_9_94(min)	0	0	-0.0044	-1.332153	0.982	
TH_HSLM_9_102(min)	0	0	-0.00444	-0.742471	0.992	
TH_HSLM_9_111(min)	0	0	-0.00444	-0.626098	0.991	
TH_HSLM_9_119(min)	0	0	-0.00448	-1.286453	1.001	
TH_HSLM_9_127(min)	0	0	-0.00497	-1.164669	1.110	
TH_HSLM_9_135(min)	0	0	-0.00513	-1.909318	1.146	
TH_HSLM_9_144(min)	0	0	-0.00508	-0.726495	1.133	
TH_HSLM_9_152(min)	0	0	-0.00484	-0.85603	1.082	
TH_HSLM_9_160(min)	0	0	-0.00489	-2.438553	1.093	
TH_HSLM_9_168(min)	0	0	-0.00487	-2.77199	1.087	
TH_HSLM_9_176(min)	0	0	-0.00514	-1.103632	1.148	
TH_HSLM_9_185(min)	0	0	-0.00531	-1.340043	1.186	
TH_HSLM_9_193(min)	0	0	-0.00517	-1.168509	1.155	
TH_HSLM_9_201(min)	0	0	-0.00516	-0.799185	1.151	
TH_HSLM_9_209(min)	0	0	-0.00548	-0.630726	1.223	
TH_HSLM_9_218(min)	0	0	-0.00516	-0.223976	1.152	
TH_HSLM_9_226(min)	0	0	-0.00524	-0.406852	1.170	
TH_HSLM_9_234(min)	0	0	-0.00506	-0.847184	1.129	

Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	10	EI2CLVI0005015A	A

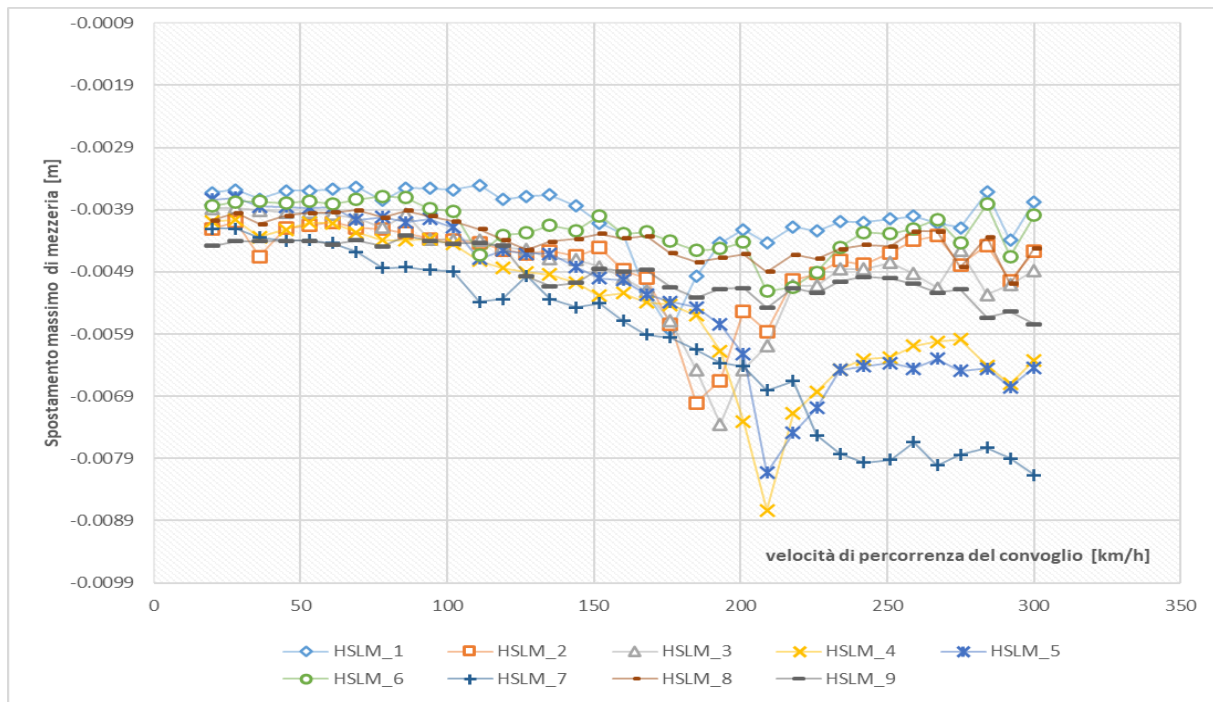
TH_HSLM_9_242(min)	0	0	-0.00498	-1.02203	1.112
TH_HSLM_9_251(min)	0	0	-0.005	-1.043538	1.116
TH_HSLM_9_259(min)	0	0	-0.00509	-0.833649	1.136
TH_HSLM_9_267(min)	0	0	-0.00524	-1.588586	1.169
TH_HSLM_9_275(min)	0	0	-0.00518	-1.409254	1.157
TH_HSLM_9_284(min)	0	0	-0.00564	-1.020278	1.258
TH_HSLM_9_292(min)	0	0	-0.00554	-0.836372	1.237
TH_HSLM_9_300(min)	0	0	-0.00574	-1.025979	1.282

#### 4.2.2 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:

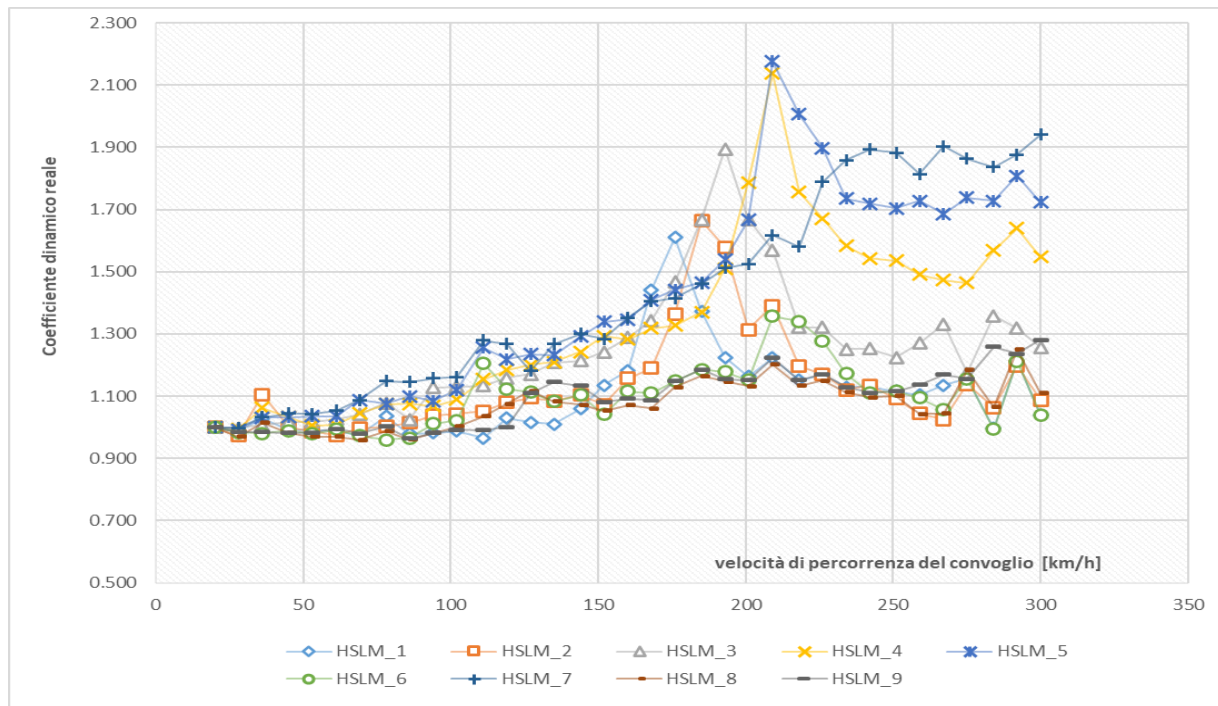
1. Il rapporto  $\varphi'_{Reale,f}(V)$  così definito:

$$\varphi'_{Reale,f}(V) = \frac{\delta_{din}(V)}{\delta_{stat}} \tag{2.5.1.4.2.6.1}$$





<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005015A</p>	<p>A</p>

**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**

Il valore massimo dell'abbassamento si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A4 alla velocità di 209km/h mentre il massimo coefficiente dinamico di valore  $\Phi_{reale,f}(V) = 2,18$  si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A5 alla velocità di 209 km/h .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005015A</p>	<p>A</p>

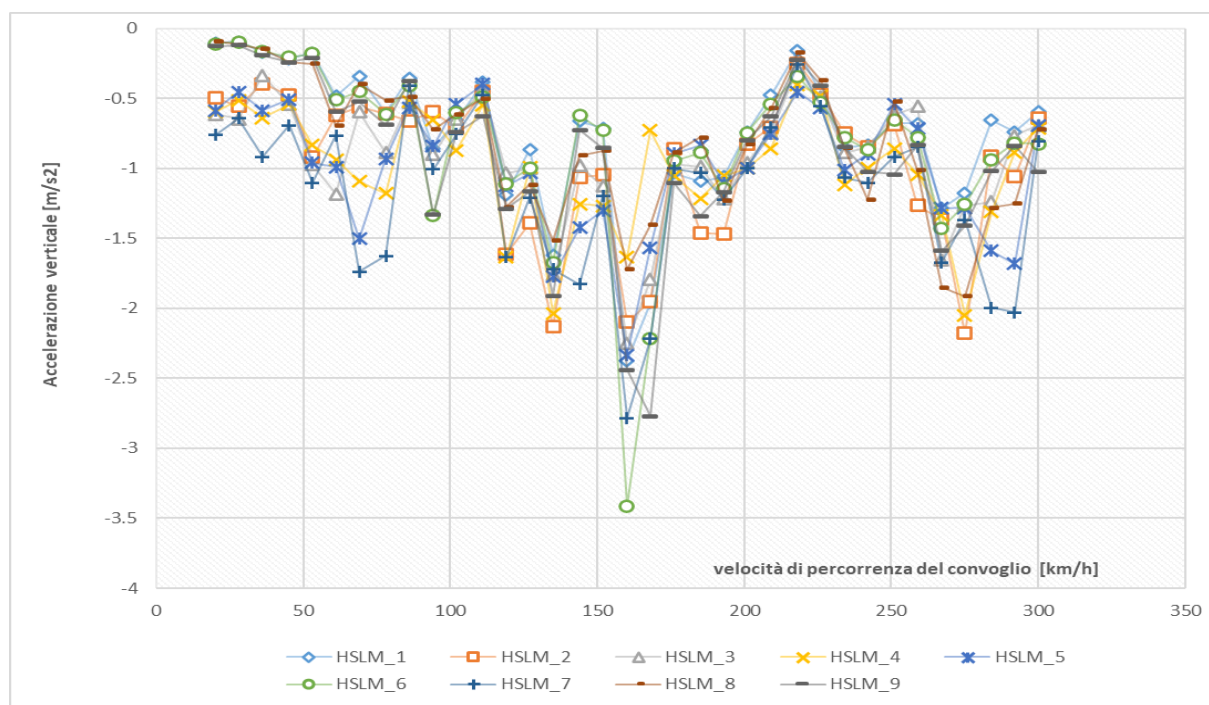
### 4.3 ACCELERAZIONI

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-A6 alla velocità di 160km/h ed è pari ad  $a_{max} = 3.413 \text{ m/s}^2$  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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A A

## 5 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;
- $\Phi$  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:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005015A</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];
- $L_{\phi}$  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	$L_{\phi}$	38.00	m
standard manutentivo	elevato		
è una linea ad Alta Velocità/Capacità?	Si		

prima frequenza di vibrare	no	2.70	Herz
coefficiente che tiene conto della velocità	$\alpha$	1.0	
coefficiente	k	0.34	
coefficiente di amplificazione dinamica	$\varphi'$	<b>0.501</b>	
coefficiente di amplificazione dinamica	$\varphi''$	0.004	
coefficiente di amplificazione dinamica	$\varphi''^*$	<b>0.004</b>	
coefficiente di amplificazione dinamica	$\varphi_{reale}$	<b>1.51</b>	

coefficiente di amplificazione dinamica ottenuto dall'analisi dinamica  $\varphi'_{reale,f}$  2.176

coefficiente di amplificazione dinamica di cui 2.5.1.4.2.5.3  $\varphi'_{reale}$  1.51

$\varphi_{TR}$  2.18

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005015A	A

momento massimo caratteristico statico LM/71 "+" SW/2	$M_{k,Statico}$	24281.3	KN m
carico equivalente caratteristico statico	$q_{k,Statico}$	134.5	Kn/m
coefficiente dinamico statico funzione del livello manut.	$\Phi_2$	1.06	
momento massimo caratteristico dinamico HLSM-A	$M_{k,Dinamico}$	7117.58	KN m
carico equivalente caratteristico dinamico	$q_{k,Dinamico}$	39.4	Kn/m
coefficiente dinamico reale	$\varphi_{TR}$	2.18	
	C.S.	0.60	<1

## 6 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.