



Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità



CODICE COMMESSA	LIVELLO PROGETTAZIONE	D.P.R. 207/10	PROGRESSIVO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
Q 0 3	D	b	0 2 3	I T	- -	R 0	---

AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DEL
NODO DI BOVISA - COMUNE DI MILANO
Progetto Definitivo

Relazione tecnica di misura e valutazione delle vibrazioni
dell'edificio ricettore Sotto-Stazione Elettrica

Revisionsi		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1				
	0	Ott. 2020	Prima emissione		

NORD_ING

NORD_ING S.r.l.
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Antonella Volta

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Marco Mariani

Progettista



Collaborazione



REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

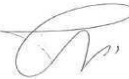





FILE:



RAMO MILANO e RAMO ISEO

**Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale
di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti**

**SERVIZIO Q03
AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE
DEL NODO BOVISA
RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI
SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA**

Documento RTdM-2020-002-01.doc	Progetto NORD-ING-2019-01	Pagine report 22
Revisione 00 01	Data revisione Febbraio 2020 Marzo 2020	Allegati TAVV. 1 ÷ 23
Redatto da Davide Pulcini Andrea Pezzoli	Firma  	
Verificato da Marco Bonomi Tecnico Competente nel Campo dell'Acustica Ambientale art.2, commi 6 e 7 Legge n° 447/95. Regione Lombardia – Decreto 3745/2017	Firma 	
Condiviso da Andrea Cerniglia Tecnico Competente nel Campo dell'Acustica Ambientale art.2, commi 6 e 7 Legge n° 447/95. Regione Lombardia – Decreto 6446/2009	Timbro & Firma 	
Approvato da Paolo Pezzoli Tecnico Competente nel Campo dell'Acustica Ambientale art.2, commi 6 e 7 Legge n° 447/95. Regione Lombardia – Decreto 1596/1998	Timbro & Firma 	

	<p align="center"> FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA </p>	<p align="right"> RTdM-2020-002-01.doc pag. 2 Marzo 2020 </p>
---	--	--

STORIA DELLE MODIFICHE

DATA	VERSIONE	DESCRIZIONE CAMBIAMENTI	RIFERIMENTI / NOTE
Febbraio 2020	00	Prima emissione in fase di progetto.	
Marzo 2020	01	Seconda emissione in fase di progetto.	

I n d i c e

Sommario

1.	INTRODUZIONE	4
1.1.	Premesse	4
1.2.	Obiettivo	4
1.3.	Approccio tecnico-operativo dello studio vibrazionale	4
1.4.	Descrizione dell'area interessata dal monitoraggio e dell'edificio ricettore.....	4
1.5.	Riferimenti.....	4
2.	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	6
3.	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	8
3.1.	Data Logger dinamico HBM Quantum X	8
3.2.	Terne sismometriche Veloget V3D	9
3.3.	Condizionatore per sismometri Veloget 3D.....	11
3.4.	Bobine di cavo di prolunga per sismometri VELOGET 3D	12
3.5.	Banco di calibrazione 1 ÷ 110 Hz a massa flottante in acciaio da 3860 Kg	13
4.	INDAGINI EFFETTUATE	14
4.1.	Posizioni di misura indagate	14
4.2.	Monitoraggi effettuati	15
5.	RISULTATI OTTENUTI.....	16
6.	CONCLUSIONI	18
7.	ELEMENTI DI MITIGAZIONE DELLE VIBRAZIONI	19



Indice delle figure

Figura 1	Foto satellitari dell'area di interesse	5
Figura 2	Posizioni di misura indagate	14
Figura 3	Esempio di caso di studio della risposta del binario per la soluzione attrezzata con materassino elastomerico	20
Figura 4	Esempio di caso di studio della risposta del binario per la soluzione non attrezzata con materassino elastomerico	21



Tabella 1	Numero di transito di treni per ciascun binario del Nodo Bovisa.....	15
Tabella 2	Elenco delle registrazioni e indice delle tavole correlate per i risultati	17
Tabella 3	Sintesi dei parametri statistici per gli indicatori vibrazionali.....	17
Tabella 4	Aree di intervento e mitigazioni di riferimento	19



Foto 1	Edificio Sotto Stazione Elettrica (SSE) e Lay-out dell'Infrastruttura Ferroviaria	6
Foto 2	Edificio Sotto Stazione Elettrica (SSE)	6
Foto 3	Lay-out dell'Infrastruttura Ferroviaria	6
Foto 4	Posizione di Misura MP1 – Esterno alla Sotto Stazione Elettrica (SSE)	6
Foto 5	Posizione di Misura MP2 – Primo Piano della Sotto Stazione Elettrica (SSE).....	7
Foto 6	Posizione di Misura MP3 – Esterno Insediamento Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri	7
Foto 7	Data logger dinamico (Sistema di acquisizione digitale).....	7

	<p align="center"> FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA </p>	<p align="right"> RTdM-2020-002-01.doc pag. 4 Marzo 2020 </p>
---	--	--

1. INTRODUZIONE

1.1. Premesse

La presente relazione tecnica di misura interessa il Servizio Q03 ⁽¹⁾ – relativo all'ammodernamento e potenziamento infrastrutturale del Nodo Bovisa e riguarda la valutazione di impatto ambientale delle vibrazioni sull'edificio ricettore sotto-stazione elettrica (SSE) in prossimità dei binari di FERROVIENORD.

1.2. Obiettivo

Obiettivo del presente documento è fornire valutazioni e studi di impatto ambientale per la componente riguardante le vibrazioni ferroviarie.

1.3. Approccio tecnico-operativo dello studio vibrazionale

L'approccio tecnico-operativo dello studio vibrazionale prevede il monitoraggio per 24 ore delle vibrazioni indotte nell'ambito dell'esercizio nelle condizioni attuali (ante-operam) della citata Infrastruttura delle FERROVIENORD, in prossimità del Nodo Bovisa.

1.4. Descrizione dell'area interessata dal monitoraggio e dell'edificio ricettore

Con riferimento alle foto satellitari dell'area di interesse di Figura 1, l'edificio ricettore indagato è la Sotto Stazione Elettrica (SSE) dell'infrastruttura ferroviaria ubicata a Sud della Stazione FN Bovisa a cui confluisce un fascio di otto binari numerati da ❶ a ❸ da Ovest a Est (vedi Foto 1, Foto 2 e Foto 3).

La SSE (vedi Foto 2) si trova a Ovest del citato fascio di otto binari, di cui i primi due interessano una trincea con presenza di muri di sostegno / paratie per i terrapieni a quota di campagna (vedi Foto 1 e Foto 3).

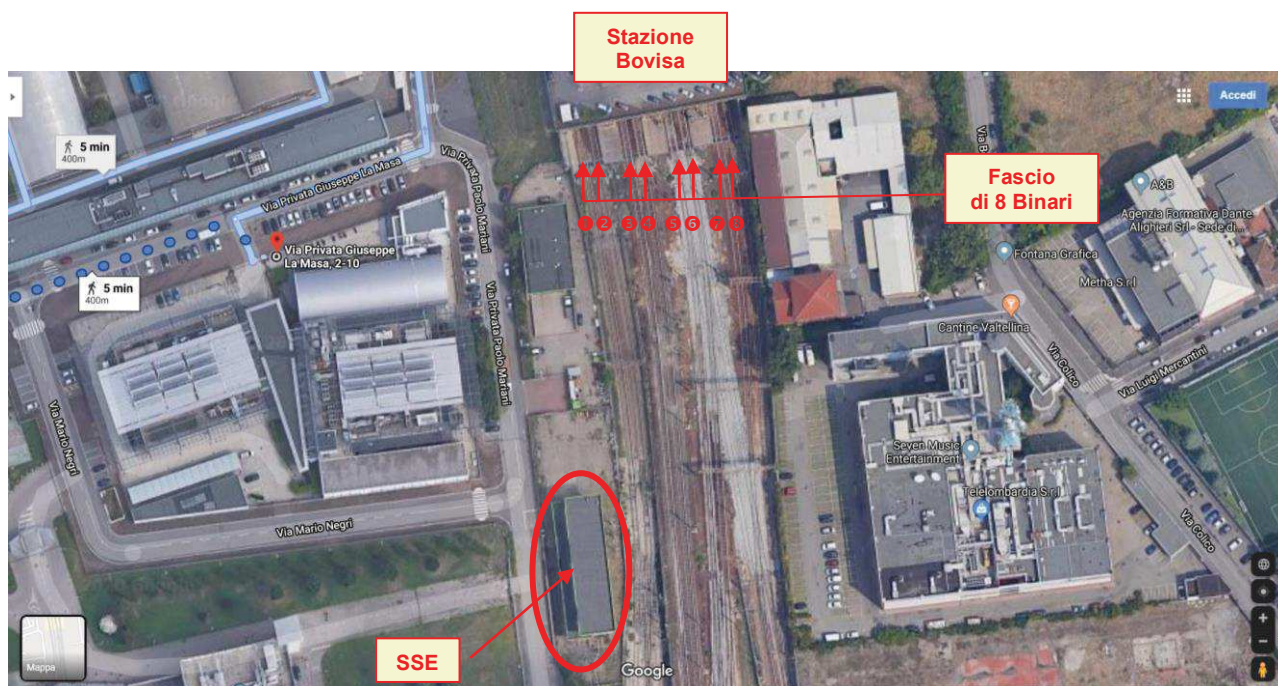
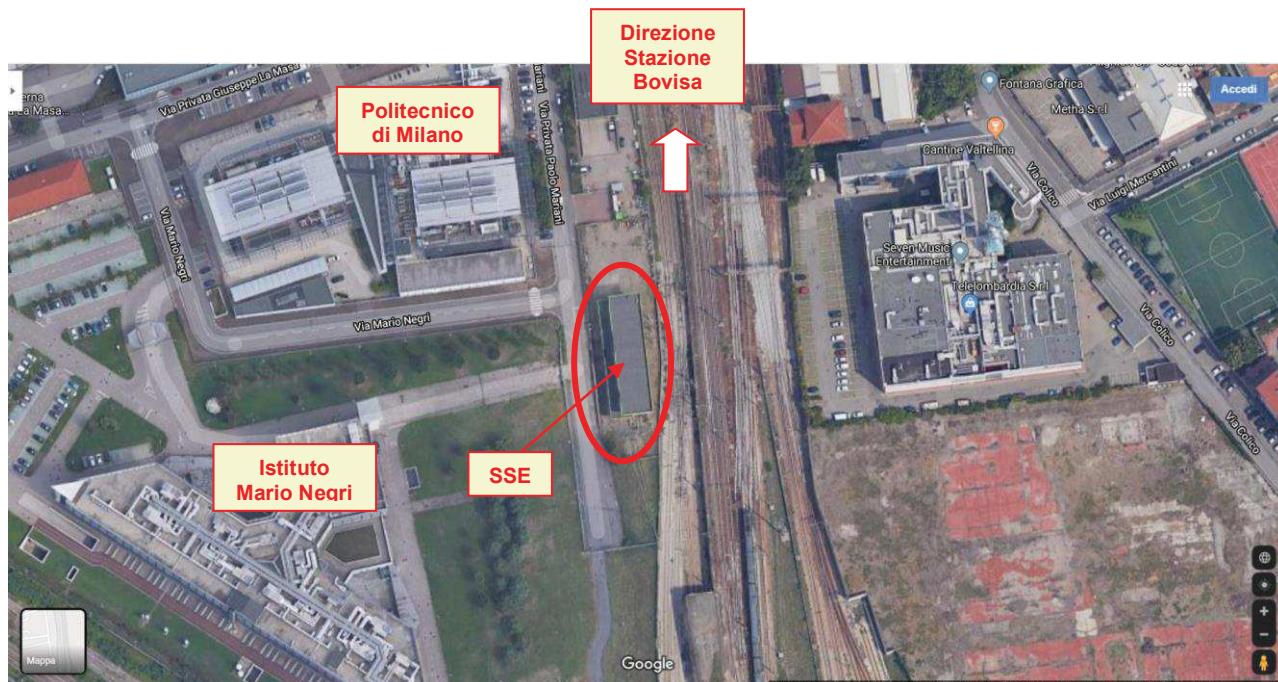
l'edificio ricettore indagato ha una pianta rettangolare (circa 40 × 12 m) e si sviluppa per due piani fuori terra per il lato Est e di un piano di altezza doppia fuori terra per il lato Ovest. La struttura è ad ossatura portante in cemento armato gettato in opera, completata con murature di tamponamento perimetrali e murature divisorie interne.

In tale area, a distanze maggiori, sono inoltre presenti edifici ricettori relativi all'insediamento dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri ed alla sede di Bovisa del Politecnico di Milano (vedi le foto satellitari di Figura 1).

1.5. Riferimenti

Riferimenti normativi e valori limite di riferimento per le vibrazioni sono stati esposti rispettivamente al §. 3.1 (*per i riferimenti normativi per le vibrazioni*) ed ai §. 4.1 (*per la valutazione del disturbo delle vibrazioni alle persone*) e §. 4.3 (*per gli effetti delle vibrazioni sugli edifici*) della citata RTG [A]. Per il glossario si faccia riferimento al §. 8 della stessa citata RTG [A].

⁽¹⁾ Inteso come aree di intervento su linee esistenti.



(immagine © 2020 GoogleEarth, DigitalGlobe, CNES/Airbus)

Figura 1 Foto satellitari dell'area di interesse

2. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 Edificio Sotto Stazione Elettrica (SSE) e Lay-out dell'Infrastruttura Ferroviaria



Foto 2 Edificio Sotto Stazione Elettrica (SSE)



Foto 3 Lay-out dell'Infrastruttura Ferroviaria



Foto 4 Posizione di Misura MP1 – Esterno alla Sotto Stazione Elettrica (SSE)





Foto 5 Posizione di Misura MP2 – Primo Piano della Sotto Stazione Elettrica (SSE)



Foto 6 Posizione di Misura MP3 – Esterno Insediamento Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri



Foto 7 Data logger dinamico (Sistema di acquisizione digitale)

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

3.1. Data Logger dinamico HBM Quantum X



Costruttore / Assemblatore	HBM – Darmstadt (Germania)
Modello	QUANTUM X / 1-MX840-PAKEASY
Descrizione	Otto canali analogico differenziali di ingresso per misure con trasduttori resistivi ed induttivi a mezzo e ponte intero, tensioni continue max ± 10 V, PT 100, IEPE (ICP).
Applicazione	Le Unità Quantum X connesse, via porta LAN, ad un PC, su piattaforma MS-Windows, dotato di software applicativo "Catman Easy – HBM", costituiscono un sistema automatico orientato all'acquisizione di segnali analogici (da 8 a 64 canali) provenienti da trasduttori pre-condizionati e/o da condizionare.
Canali	8 (16 in configurazione Master & Slave)
Risoluzione	24 bit Delta Sigma converter
Frequenza di campionamento	Decimal: da 0.1 a 40 000 campionamenti al secondo HBM classic: da 0.1 a 38 400 campionamenti al secondo
Filtri antialiasing regolabili attivi	Bessel, Butterworth, linear phase 0.001 5000 Hz (-3dB) Filter OFF
Connessione al PC	LAN
Espansione	Fino a 64 canali con moduli sincronizzabili con collegamento a catena da 8 canali.
Accessori	Alimentatore (1-NTX001) 8 Spine per trasduttori con TEDS (1-SUBHD15-MALE) Cavo Ethernet cross-over (1-KAB239-2) HBM Software catman®Easy 1 x Ethernet TCP/IP 2 x Firewire Alimentazione: 10-30 V DC, max. 12 Watt Tipo di protezione IP20
Alimentazione	220 Vac / 50 Hz
Dimensione (L x P x H)	52 ⁵ mm x 200 mm x 121 mm
Peso	980 g
Quantità	n. 2
Model - SN	MX840B – 0009E500783B MX840B – 0009E500776A

3.2. Terne sismometriche Veloget V3D



Costruttore / Assemblatore	Solgeo – Seriate (BG)
Modello	Veloget V3D
Descrizione	Velocimetro tri-direzionale di classe I per misure di vibrazioni conforme alle normative elencate. È costituito da terna geofonica linearizzata elettronicamente, con dinamica superiore a 100 dB. È alloggiato in un robusto case metallico IP67, è dotato di piedini regolabili e bolla di controllo. La sofisticata elettronica interna prevede la gestione dei test programmabili inviati dall'acquisitore per avere costantemente la garanzia di corretto funzionamento.
Normative	DIN 4150-3 UNI 9916 DIN 45669-1 UNI 9614
Campo di frequenza	Range 1 1 ÷ 80.....Hz (±0.5 dB) Range 2 1 ÷ 315Hz (±0.5 dB)
Campo di misura:	± 12.5 mm/s ± 125 mm/s
Costante di trasduzione	40 mV/ 1 mm/s 400 mV/ 1 mm/s
Accuratezza	± 0.4 dB – Classe 1 (DIN 455699-1)
Alimentazione	10-18 Vcc
Consumi	240 mW
Test interno	Impulsivo ± 10mm/s – Indipendente per ogni canale
Installazione	I sismometri sono installati direttamente a contatto della posizione di misura. Nel caso di impiego nel terreno, è consigliato l'interposizione di un piano rigido (es. piastrina, malta di allettamento, etc.) tra il sensore e il terreno stesso.
Dimensione (L × P × H)	150 mm × 100 mm × 90 mm
Peso	2,1 kg
Quantità	n. 10 (30 canali di misura)
Calibrazione	Prima dell'impiego, i velocimetri tri-direzionali utilizzati sono calibrati su un banco vibrazionale operante in modo iso-frequenziale tra 1 ÷ 110 Hz (vedi 3.5). La procedura di calibrazione utilizza come riferimento il sismo-accelerometro PCB ICP 393A03 n/s 24679 dotato di Certificato di Taratura Accredia Lat 163 20380 V del 19.04.2019 emesso dal Laboratorio Sky Lab di Arcore (MB) (vedi allegato nel seguito alla successiva pagina).
Numero di serie / matricola	SN 0014 SN 0017 SN 0015 SN 0018 SN 0016

Certificato di Taratura Accredia Lat 163 20380 V del 19.04.2019
emesso dal Laboratorio Sky Lab di Arcore (MB)**Sky-lab S.r.l.**
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 6133233
skylab.taratura@outlook.it**Centro di Taratura LAT N° 163**
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura

LAT N° 163

Pagina 1 di 5
Page 1 of 5**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 20380-V**
Certificate of Calibration LAT 163 20380-V

- data di emissione <i>date of issue</i>	2019-04-19
- cliente <i>customer</i>	SPECTRA S.R.L. 20862 - ARCORE (MB)
- destinatario <i>receiver</i>	INDAPRO S.R.L. 24066 - PEDRENGO (BG)
- richiesta <i>application</i>	Accordo Spectra
- in data <i>date</i>	2019-01-07
Si riferisce a <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Accelerometro + Condizionatore
- costruttore <i>manufacturer</i>	PCB Piezotronics + PCB Piezotronics
- modello <i>model</i>	393A03 + 480E09
- matricola <i>serial number</i>	24679 + 27507
- data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i>	2019-04-18
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2019-04-19
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

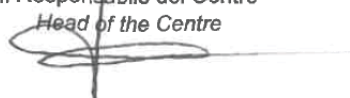
This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 163 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.


I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre

	<p align="center"> FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA </p>	<p align="right"> RTdM-2020-002-01.doc pag. 11 Marzo 2020 </p>
---	--	--

3.3. Condizionatore per sismometri Veloget 3D



Costruttore / Assemblatore	INDAPRO – Pedrengo (BG) – Italy CB Elettronica – Gorle (BG) – Italy
Modello	SVPU 5
Descrizione e Applicazione	<p>La centralina, realizzata in un rack 3U84TE, è configurata per 5 canali composto da 3 linee di misura. Ogni canale linea di ingresso tratta appunto i tre segnali X-Y-Z dei Veloget 3D.</p> <p>Il rack è completato da un selettore per l'effettuazione di un segnale di calibrazione sul canale prescelto.</p> <p>5 led posti in alto segnalano la corretta alimentazione del sensore Veloget 3D collegato.</p>
Funzioni	Generatore di tensione (12 Volt ^{DC})
	Generatore di corrente per segnale di calibrazione
Canali triassiali	5
Alimentazione	220 V – 50 Hz
Dimensione (L × P × H)	500 mm × 350 mm × 150 mm
Peso	5,0 kg
Quantità	n. 3

3.4. Bobine di cavo di prolunga per sismometri VELOGET 3D



Costruttore / Assemblatore	INDAPRO – Pedrengo (BG) – ITALY
Modello o sigla di identificazione	Bobina
	UTS 1419
Descrizione e Applicazione	Bobine di cavo di prolunga per trasduttori di velocità (VELOGET 3D)
Compatibili con trasduttori tipo	Pre-condizionati con uscita in tensione
Tipo di connettore sul cavo	SOURIAU TRIM TRIO UTS1419 (maschio verso strumento di misura)
Tipo di cavo	Multipolare Solgeo CH/02 (a 8 coppie di filo intrecciato)
Lunghezza cavo	50 m
Quantità	n. 24

3.5. Banco di calibrazione 1 ÷ 110 Hz a massa flottante in acciaio da 3860 Kg



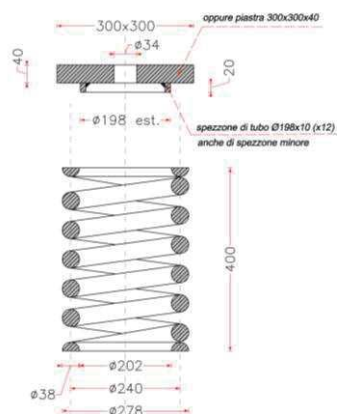
Costruttore / Assemblatore	INDAPRO – Pedrengo (BG) – Italy
Descrizione	Importante zavorra metallica, flottante su quattro sospensioni metalliche elicoidali.
Applicazione	<p>La zavorra può essere eccitata dinamicamente mediante martello dinamometrico (eccitazione impulsiva) o utilizzando la vibrodina (eccitazione sinusoidale iso-frequenziale).</p> <p>Almeno due sensori vibrazionali sono installati sulla zavorra in modo da misurare la stessa vibrazione (per posizione e per assi di sensibilità).</p> <p>Un sensore è quello da tarare / calibrare e un sensore è di riferimento, dotato di certificato di taratura Accredia.</p> <p>La taratura è effettuata per confronto tra le indicazioni dei due sensori.</p>
Campo di frequenza	1 ÷ 110 Hz
Massa della zavorra	3.860 kg circa
Dimensioni della zavorra (L × P × H)	2160 mm × 1270 mm × 205 mm foro centrale Ø 650 mm × 205 mm
Caratteristiche delle molle elicoidali	Vedi nel seguito a piè pagina.
Frequenza propria del sistema	2,85 Hz



MOLLE ELICOIDALI

MOLLA ELICOIDALE

Diametro medio spira	240 mm
Diametro della spira	38 mm
Lunghezza indeformata	400 mm
Lunghezza deformata	355 mm
numero di spire utili	5
numero di spire totali	7
Freccia a carico di 6,4 N	20 mm
Rigidezza	310 N/mm
N° Pezzi	4



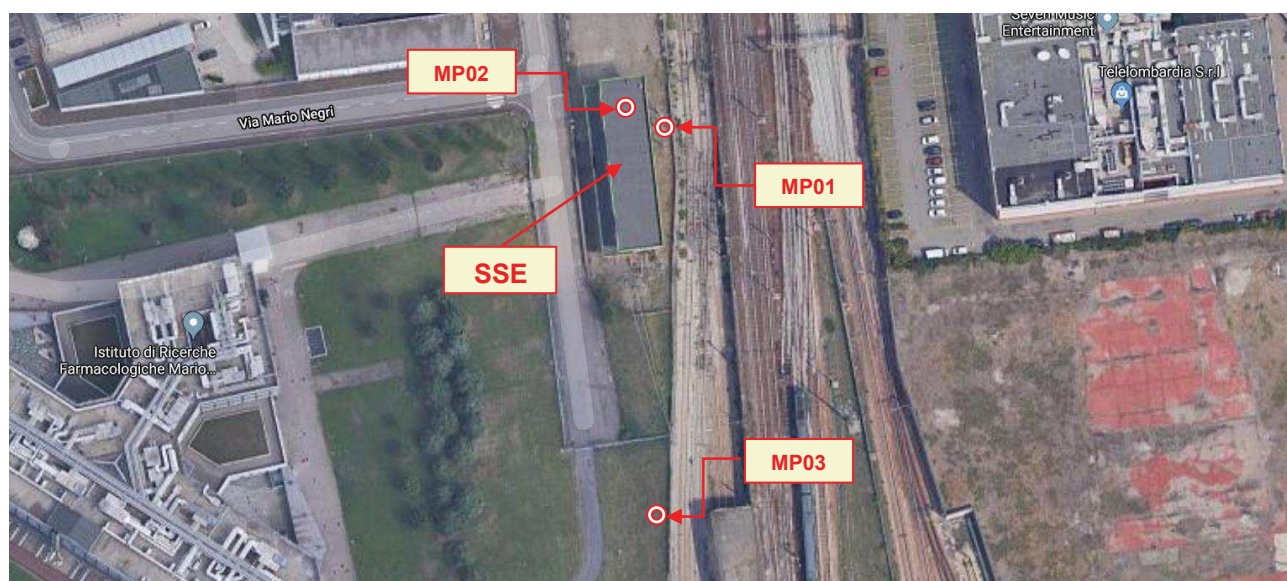
4. INDAGINI EFFETTUATE

4.1. Posizioni di misura indagate

Con riferimento alla successiva Figura 2, sono stati installate tre terne sismometriche (vedi §. 3.2) così disposte:

- MP1..... Sensore triassiale in prossimità e all'interno della pertinenza della Sotto Stazione Elettrica (SSE) disposto nel terreno in prossimità del muro di sostegno della trincea relativa ai due binari più a Ovest prossimi alla SSE (vedi Foto 4). In direzione Nord+Sud, la posizione del sensore è a 3,35 m rispetto allo spigolo Nord+Est della SSE.
Numero di serie del sensore utilizzato 0014.
- MP2..... Sensore triassiale posto all'interno della Sotto Stazione Elettrica (SSE), al di sopra l'impalcato del primo piano di dimensioni 5,50 m (lato est+ovest) × 6,00 m (lato nord+sud). Il sensore è stato posto al centro dell'impalcato (vedi Foto 5).
Numero di serie del sensore utilizzato 0015.
- MP3..... Sensore triassiale all'interno della pertinenza dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri disposto nel terreno in prossimità del muro di sostegno della trincea relativa ai due binari più a Ovest (vedi Foto 6). In direzione Nord+Sud, la posizione del sensore è a 19,80 m rispetto allo spigolo Sud+Est della SSE.
Numero di serie del sensore utilizzato 0016.

Tali sensori sono stati collegati, tramite cavo di misura (vedi §. 3.4), al condizionatore (vedi §. 3.3) e al data logger dinamico (vedi §. 3.1), ubicati all'interno dell'Edificio Ricettore, così come documentato dalla Foto 7.



(immagine © 2020 GoogleEarth, DigitalGlobe, CNES/Airbus)

Figura 2 Posizioni di misura indagate

4.2. Monitoraggi effettuati

I monitoraggi sono stati effettuati nelle giornate del 16 e 17 dicembre 2019, in modo da coprire complessivamente almeno 24 ore di esercizio delle FERROVIENORD.

Il sistema di acquisizione, operativo in modo continuo per tutto il periodo di monitoraggio, è stato impostato in modo da memorizzare “eventi” al superamento di 100 $\mu\text{m/s}$ per tutti i canali monitorati (in totale 9, determinate da tre terne sismometriche installate nelle posizioni MP1, MP2 ed MP3).

Sono state raccolte le registrazioni (della durata di 50 s) relative ad 444 eventi:

- Evento 001 data 16.12.2019.....ora 10:55
- Evento 002 data 16.12.2019.....ora 11:00
-
-
- Evento 443 data 17.12.2019.....ora 11:55
- Evento 444 data 17.12.2019.....ora 11:58

Il gestore della linea (in particolare il Servizio di Circolazione della Stazione Bovisa) ha reso disponibili i tabulati per le due giornate di monitoraggio (16 e 17 dicembre 2019) nei quali sono elencati oltre mille al giorno transiti di convogli ferroviari che interessano il Nodo Bovisa, indicando in particolare l'orario di partenza e/o di arrivo, il tipo di treno, la direzione, ed il binario impegnato (da 1 a 8 così come indicato nelle foto satellitari della già citata Figura 1). In Tabella 1 sono forniti – per le due giornate di monitoraggio – il numero di transito di treni per ciascun binario del Nodo Bovisa.

Tabella 1 **Numero di transito di treni per ciascun binario del Nodo Bovisa**

Binario	Numero di transiti di treni	
	Data 16.12.2019	Data 17.12.2019
1	88	88
2	84	86
3	146	146
4	145	145
5	185	185
6	172	170
7	126	126
8	67	68
1 ÷ 8	1013	1014

	<p style="text-align: center;">FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA</p>	<p style="text-align: right;">RTdM-2020-002-01.doc pag. 16 Marzo 2020</p>
---	---	---

5. RISULTATI OTTENUTI

I risultati del monitoraggio, in grafici e tabelle, sono raccolti nelle TAVV. 1 ÷ 23 dell'allegato.

Nella TAV. 1 (per la posizione MP1), nella TAV. 2 (per la posizione MP2) e nella TAV. 3 (per la posizione MP3) sono riportati valori delle velocità di picco in [mm/s] in funzione dell'indice degli eventi registrati (1, 2, 444).

Per le posizioni di misura MP1 ed MP2 si riscontrano vibrazioni più elevate ritenute anomale per le registrazioni 390, 391 e 396 (in data 17.12.2019, nella fascia orari 09:29 ÷ 09:40); valori registrati per queste registrazioni non sono riprodotti nei grafici delle citate TAVV. 1 e 2.

Valori di picco relativamente modesti sono riscontrati per le posizioni MP1 (inferiori a 1,0 mm/s) ed MP2 (inferiori a 0,5 mm/s); valori più importanti sono riscontrati per la posizione MP3 (inferiori a 3,0 mm/s).

Si ricorda che questo parametro rappresenta l'indicatore vibrazionale per la valutazione degli effetti delle vibrazioni sulle strutture (vedi §. 4.3 della RTG [A]).

I maggiori livelli di vibrazione per la posizione di misura MP3 sono stati attribuiti alla presenza in scambi per i binari 1 e 2 in corrispondenza di detta posizione di misura (vedi Foto 2 di pag. 6).

Sulla base di questi primi dati sperimentali complessivi di quanto raccolto nel corso del monitoraggio sono stati identificati 10 eventi / registrazioni, semplicemente considerando quelle che presentano complessivamente i valori più elevati delle velocità di picco.

Per tali registrazioni, elencate nella successiva Tabella 2, si fornisce una analisi di maggior dettaglio in grafici e tabelle nelle TAVV. 4 ÷ 23 dell'allegato. In particolare per ciascuna registrazione:

- Tabella degli indicatori vibrazionali, così organizzata:
 - Colonna 1 Posizioni di misura (MP1-X,MP3-Z)
 - Colonna 2 Picco di velocità (peak) in [mm/s]
 - Colonna 3 velocità efficace (rms) in [mm/s], considerando il tempo di transito dei convogli (10 ÷ 20 s)
 - Colonna 4 Fattore di cresta, inteso come rapporto tra valori di picco e valori efficaci
 - Colonna 5 e 6..... Indicatore vibrazionale previsto dalla UNI 9614:1970 in [mm/s²]
 - Colonna 7 Indicatore vibrazionale previsto dalla UNI 9614:2017 in [mm/s²]
 - Colonna 8 Rapporto tra gli indicatori vibrazionali; rapporto tra l'indicatore previsto dalla UNI 9614:2017, rispetto a quello previsto dalla UNI 9614:1970

Per l'indice delle tavole vedere 4° colonna di Tabella 2.

- Grafici nel tempo della composizione vettoriale delle componenti X, Y e Z delle accelerazioni efficaci mobili valutati in un intervallo di 1 s (RMS slow), in [mm/s²]. Si ricorda che i valori massimi di questi grafici rappresentano l'indicatore vibrazionale previsto dalla UNI 9614:2017.

Per l'indice delle tavole vedere 5° colonna di Tabella 2.

- Spettri a terzi di ottava delle vibrazioni registrate, in [mm/s].

Per l'indice delle tavole vedere 6° colonna di Tabella 2.

Nelle registrazioni riprodotte in grafico in generale, nei 50 secondi della durata delle stesse registrazioni, si ha la presenza di vibrazioni prodotte da un unico transito di convoglio ferroviario, ad eccezione della registrazione 435 (TAVV. 10 e 11) per la quale si ha la presenza di due transiti di convogli ferroviari.

I grafici relativi alle posizioni di misura MP1 ed MP2 sono in anticipo o in ritardo (in funzione della direzione di marcia del treno) rispetto ai grafici relativi alla posizione di misura MP3. Infatti dette posizioni si trovano ad una distanza in senso longitudinale della linea di circa 56 m. Questi ritardi – in funzione delle registrazioni analizzate – sono dell'ordine di 5 ÷ 10 s, il che corrisponderebbe a velocità di transito dei treni di circa 20 ÷ 40 km/h.

Tabella 2 *Elenco delle registrazioni e indice delle tavole correlate per i risultati*

Registrazione Evento	Data	Ora	Indice delle tavole correlate		
			Tabella degli indicatori vibrazionali	Grafico RMS slow	Spettri a terzi di ottava
326	17.12.2019	07:24	TAV. 4	TAV. 4	TAV. 5
13	16.12.2019	11:21	TAV. 6	TAV. 6	TAV. 7
29	16.12.2019	12:10	TAV. 8	TAV. 8	TAV. 9
435	17.12.2019	11:20	TAV. 10	TAV. 10	TAV. 11
65	16.12.2019	14:11	TAV. 12	TAV. 12	TAV. 13
34	16.12.2019	13:23	TAV. 14	TAV. 14	TAV. 15
321	17.12.2019	07:14	TAV. 16	TAV. 16	TAV. 17
85	16.12.2019	14:10	TAV. 18	TAV. 18	TAV. 19
186	16.12.2019	19:44	TAV. 20	TAV. 20	TAV. 21
205	16.12.2019	20:27	TAV. 22	TAV. 22	TAV. 24

Utilizzando i dati delle 10 registrazioni analizzate in dettaglio (vedi TAVV. 4 ÷ 23 dell'allegato), è stata effettuata una valutazione statistica per valutare i tre indicatori vibrazionali di interesse:

- Indicatore Vibrazionale UNI 9916:2014
Valore di picco della velocità di vibrazione [mm/s]
- Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970
RMS dell'accelerazione ponderata [mm/s²]
- Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017
Max(RMS-Slow) dell'accelerazione ponderata [mm/s²]

I risultati di questa analisi sono esposti nella successiva Tabella 3. I valori massimi e caratteristici sono spesso allineati.

Mediamente si osserva valori due volte maggiori per l'indicatore previsto dalla UNI 9614:1970, rispetto all'indicatore previsto dalla UNI 9614:2017.

Tabella 3 *Sintesi dei parametri statistici per gli indicatori vibrazionali*

Posizioni di Misura	Parametro Statistico	Velocità [mm/s]	Accelerazione ponderata [mm/s ²]	
		Indicatore Vibrazionale UNI 9916:2014 Valore di picco	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 RMS	Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 Max(RMS-Slow)
MP1	Medio	0.429	3.816	6.912
	Deviazione	0.021	1.794	9.067
	Caratteristico	0.668	6.019	11.865
	Massimo	0.670	5.350	11.400
MP2	Medio	0.301	2.831	5.808
	Deviazione	0.006	0.890	6.723
	Caratteristico	0.429	4.383	10.073
	Massimo	0.430	4.050	10.220
MP3	Medio	2.527	17.576	42.364
	Deviazione	0.278	33.182	246.280
	Caratteristico	3.395	27.052	68.179
	Massimo	2.760	26.470	74.860

	<p style="text-align: center;">FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA</p>	<p style="text-align: right;">RTdM-2020-002-01.doc pag. 18 Marzo 2020</p>
---	--	---

6. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti evidenziano quanto segue:

- Sulla base del confronto delle misure effettuate in posizioni omologhe MP1 (assenza di scambi) ed MP3 (presenza di scambi), l'installazione degli scambi determina una emissione vibrazionale decisamente maggiore dell'ordine di $12 \div 15$ dB, che tuttavia si concentra in un campo di frequenza per le bande a terzi di ottava 40 Hz, 50 Hz e 63 Hz (vedi il confronto degli spettri riportato nelle TAVV. 5, 7, 9,23 dell'allegato). Appare necessario prevedere un intervento di mitigazione del binario su ballast nelle tratte interessate dagli scambi, nel caso di presenza di potenziali edifici ricettori. Per il detto campo spettrale richiesto di mitigazione, l'intervento con materassini sotto-ballast appare adeguato al fine di riportare l'emissione ai livelli del binario corrente.
- L'edificio indagato SSE è riconducibile alla classe 1 (*"Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili"*) così come previsti dalla UNI 9916:2014 (vedi §. 4.3 della RTG [A]). Per questa tipologia di edifici il valore limite dell'indicatore vibrazionale è pari a 20 mm/s, contro valori monitorati molto modesti inferiori a 3,5 mm/s, anche considerando la posizione di misura MP3. Pertanto sono da escludere danni strutturali anche di tipo minore per questa tipologia di edificio anche in prossimità dei fasci di binario.
- L'edificio indagato SSE rientra per la destinazione d'uso in *"Luoghi lavorativi"* così come previsti dalla UNI 9614:2017 (vedi §. 4.1 della RTG [A]). Per questa destinazione d'uso il valore limite dell'indicatore vibrazionale è pari a 14,0 mm/s², contro valori monitorati inferiori abbastanza prossimo (circa 12,0 mm/s²), considerando le misure nella posizione MP2. Valori più elevati (non accettabili) sarebbero attesi se l'edificio indagato SSE fosse interessato da binari attrezzati da scambi (68 mm/s²).
- L'edificio indagato SSE rientra per nella classe V (*"Fabbriche"*) così come previsti dalla UNI 9614:1990 (vedi §. 4.1 della RTG [A]). Per questa classe il valore limite dell'indicatore vibrazionale è pari a 28,8 mm/s², contro valori abbastanza inferiore (circa 6,0 mm/s²), considerando le misure nella posizione MP2. Valori più elevati (ma ancora accettabili) sarebbero attesi se l'edificio indagato SSE fosse interessato da binari attrezzati da scambi (27 mm/s²).

Va infine sottolineato, con riferimento agli ultimi due punti delle conclusioni, che l'applicazione della UNI 9614:2017 comporta maggior severità nella valutazione del disturbo delle vibrazioni alle persone, rispetto alla precedente UNI 9614:1990 in relazione non solo alla riduzione dei valori limite (confronta Tabella 3 e Tabella 4 della RTG [A]), ma anche al differente indicatore vibrazionale previsto nelle norme citate (mediamente si sono osserva valori due volte maggiori per l'indicatore previsto dalla UNI 9614:2017, rispetto all'indicatore previsto dalla UNI 9614:2017).

7. ELEMENTI DI MITIGAZIONE DELLE VIBRAZIONI

Sulla base degli studi già condotti di cui Figura 3 (sistema con materassino) e Figura 4 (sistema senza materassino), utilizzando le caratteristiche del modello calibrato dell'armamento a ballast flottante, sono valutate nella presente documento (Vedi paragrafo 5) le risposte statiche e dinamiche appunto del sistema di tipo armamento a ballast, a tal riguardo si suggeriscono le opzioni di mitigazione delle vibrazioni indotte dal transito di convogli ferroviari, come meglio descritte nella successiva Tabella 4, da approfondire opportunamente nella fase di progettazione e/o nella fase di stesura della specifica di prodotto del materassino antivibrante caratterizzato secondo la normativa UNI 11059.

Tabella 4 Aree di intervento e mitigazioni di riferimento

Soluzioni di intervento sulla linea	Caratteristiche di mitigazione di riferimento
<p>In relazione alla destinazione d'uso di cui alla UNI 9614:2017 par. 9</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durezza della gomma..... 35 ShA • Campo di impiego..... 0 ÷ 25 N/cm² • Rigidezza statica 20 N/cm³ campo: 2 ÷ 10 N/cm² • Rigidezza dinamica..... 25 N/cm³ per 4 N/cm² a 40 Hz <p>Il materassino elastomerico parte del sistema di mitigazione deve essere resistente all'azione di punzonamento del ballast ed in nessun caso suscettibile di assorbire liquidi e/o fango che interferiscono con le performance dell'elastomero.</p>

Si indica come elemento di valore aggiunto per l'effetto di mitigazione, la messa in opera del materassino antivibrante al di sopra di uno strato di conglomerato bituminoso (asfalto) dello spessore medio di circa 7 ÷ 8 cm, da confrontare con le disposizioni di installazione indicate dal fornitore.

In fase di fornitura devono essere fornite le prove prestazionali del prodotto prove a fatica e di condizionamento ambientale.

Valutazioni dell'effetto di mitigazione del sistema antivibrante installato dovranno essere oggetto di opportuni rilevamenti in sito post-operam.

Per valutazioni, in corso d'opera, ad avvalimento delle modalità di installazione, si prevede:

- verifica dello stato di fornitura
Sono richieste prove di caratterizzazione del materassino e piano di fabbricazione e controllo con relative prove di serie.
- verifica della posa in-operam (indagini dinamiche in sito per mezzo di eccitazione forzata/impulsiva o transito di treni)

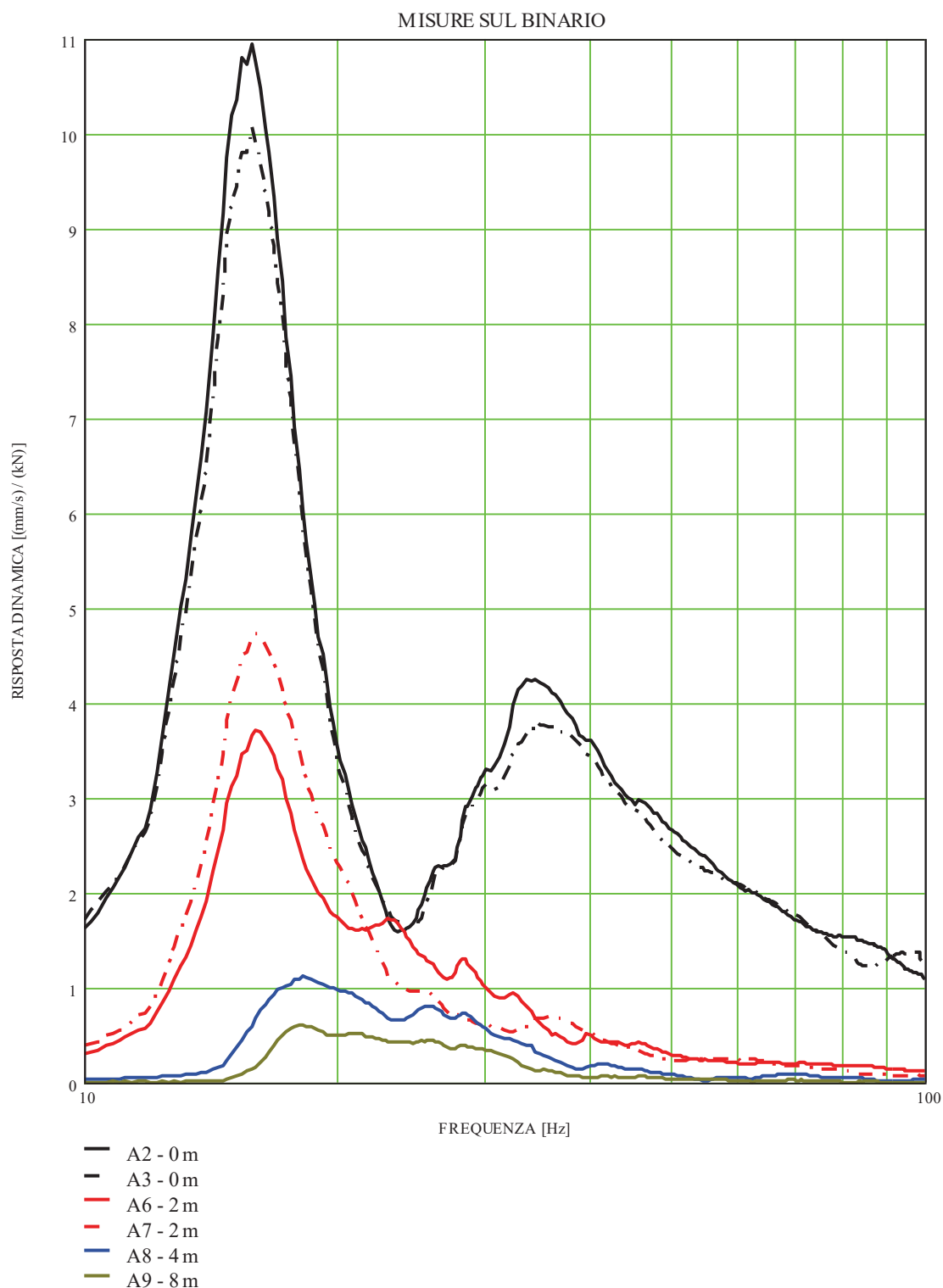


Figura 3 Esempio di caso di studio della risposta del binario per la soluzione attrezzata con materassino elastomerico

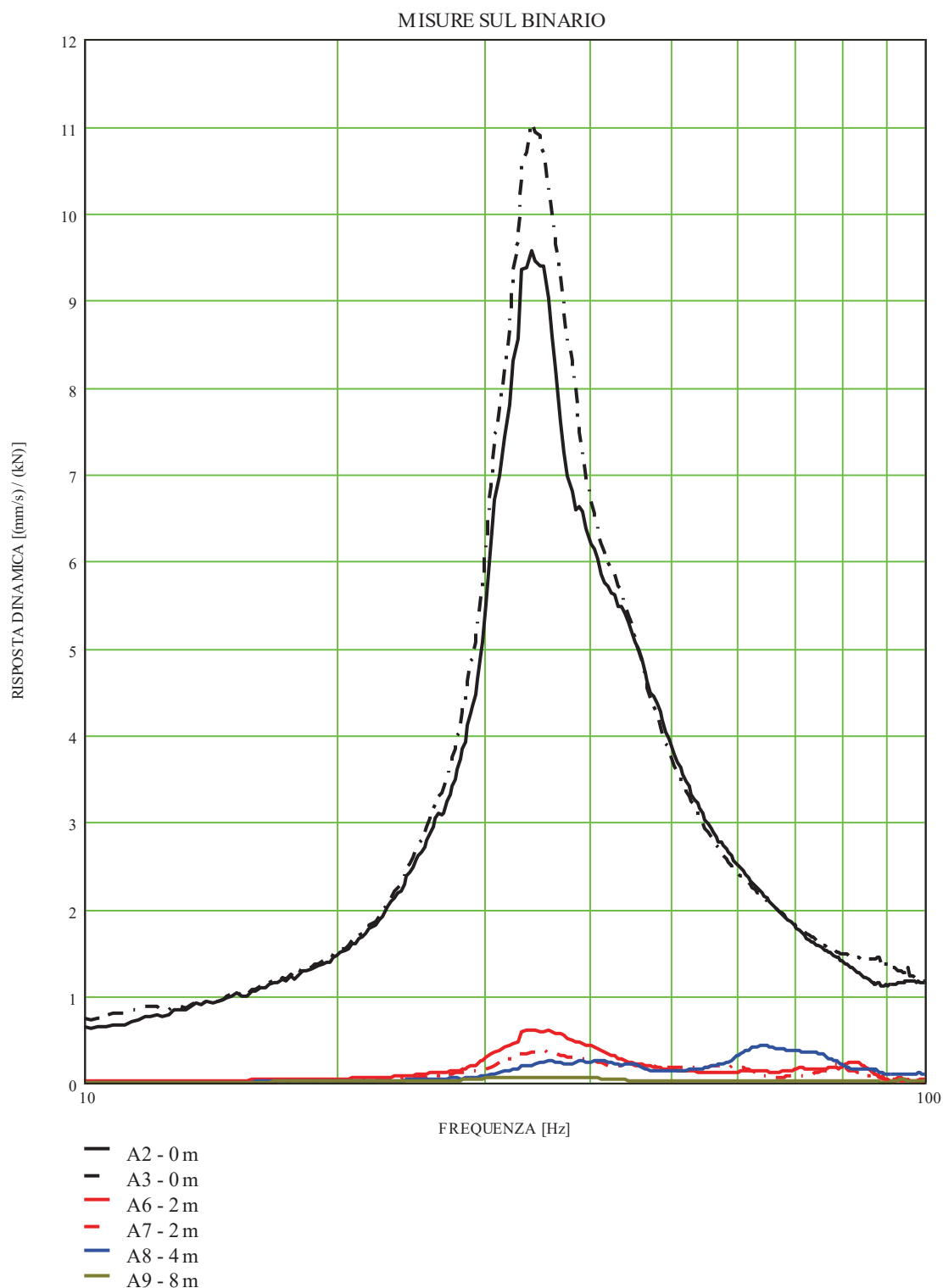


Figura 4 Esempio di caso di studio della risposta del binario per la soluzione non attrezzata con materassino elastomerico



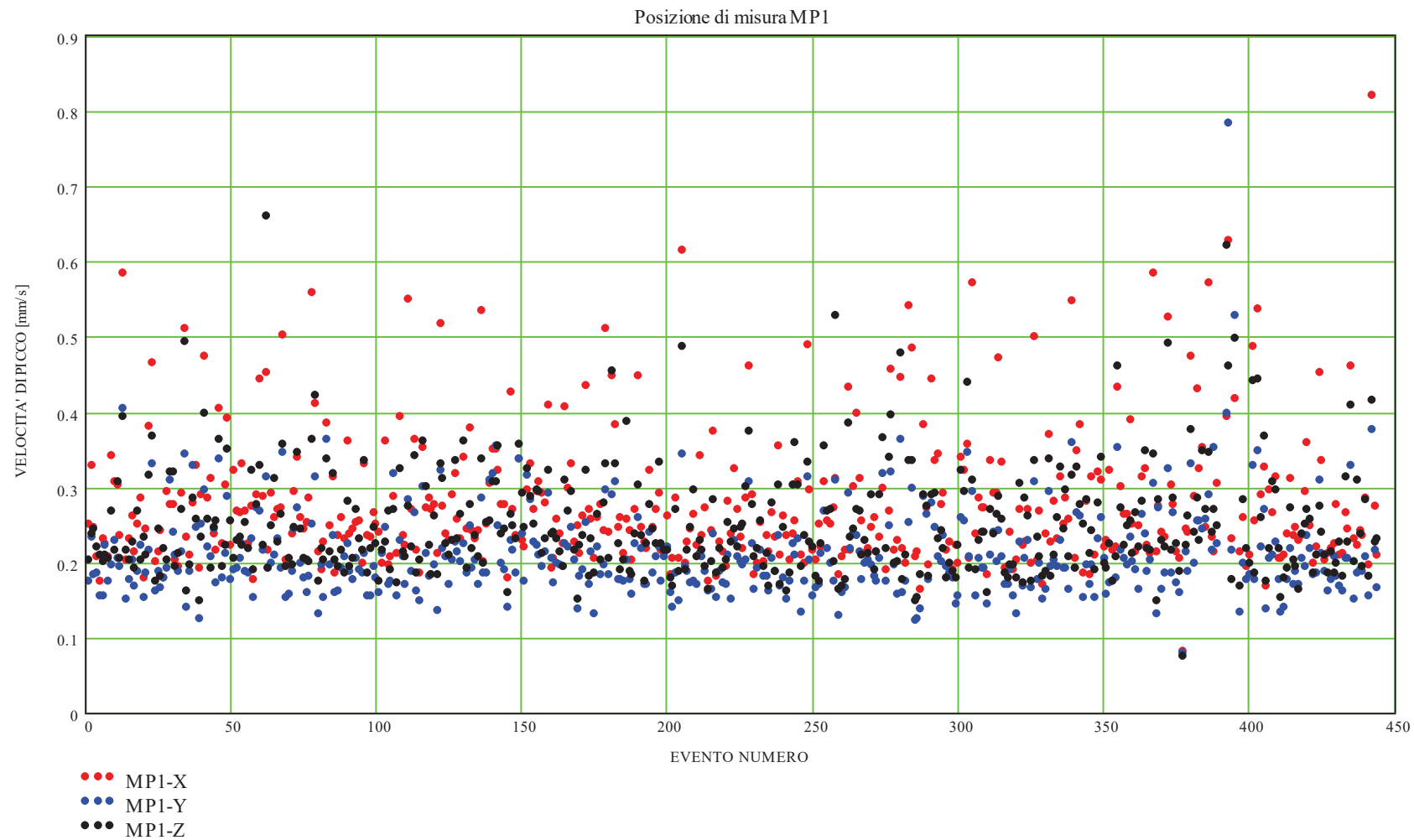
RAMO MILANO e RAMO ISEO

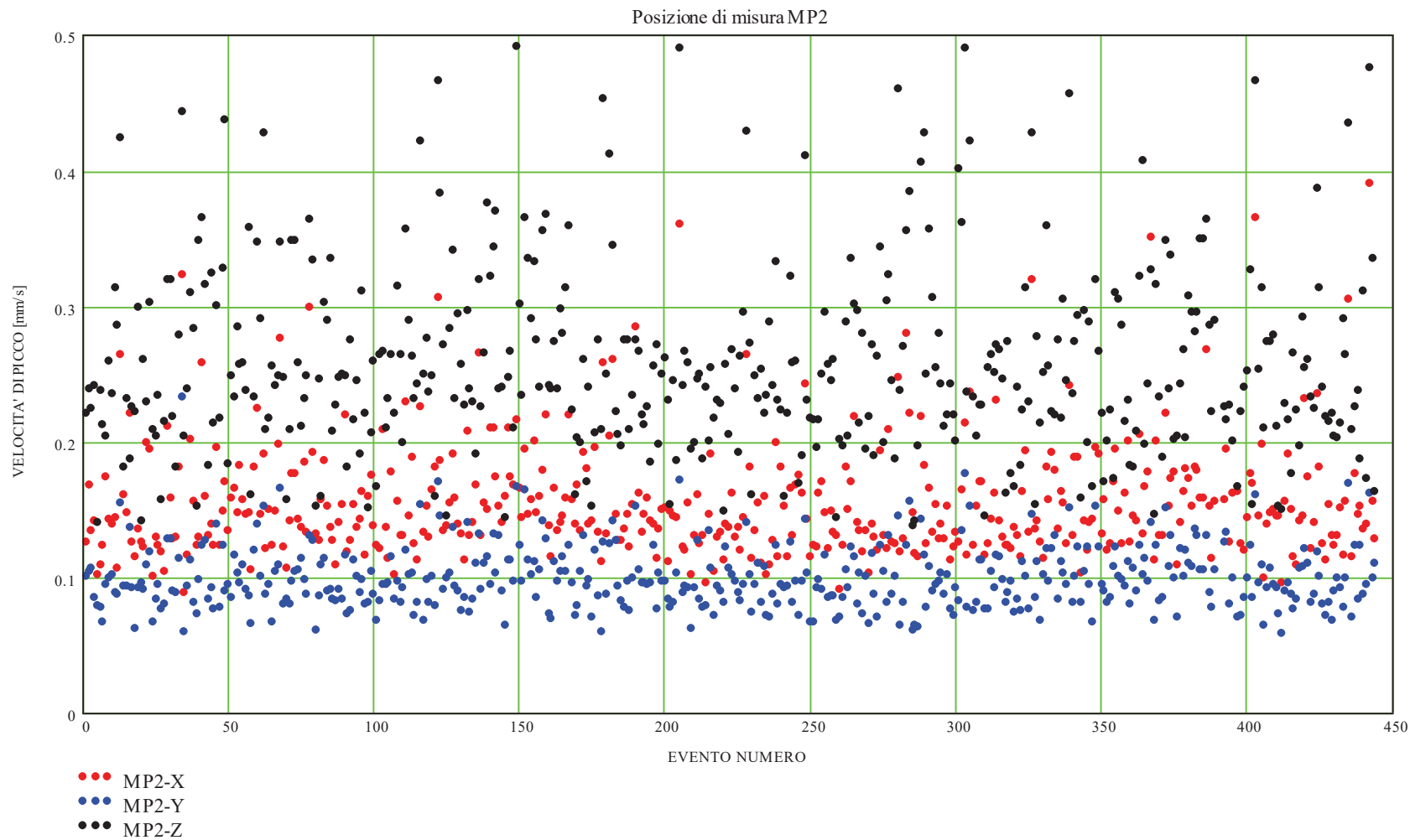
**Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale
di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti**

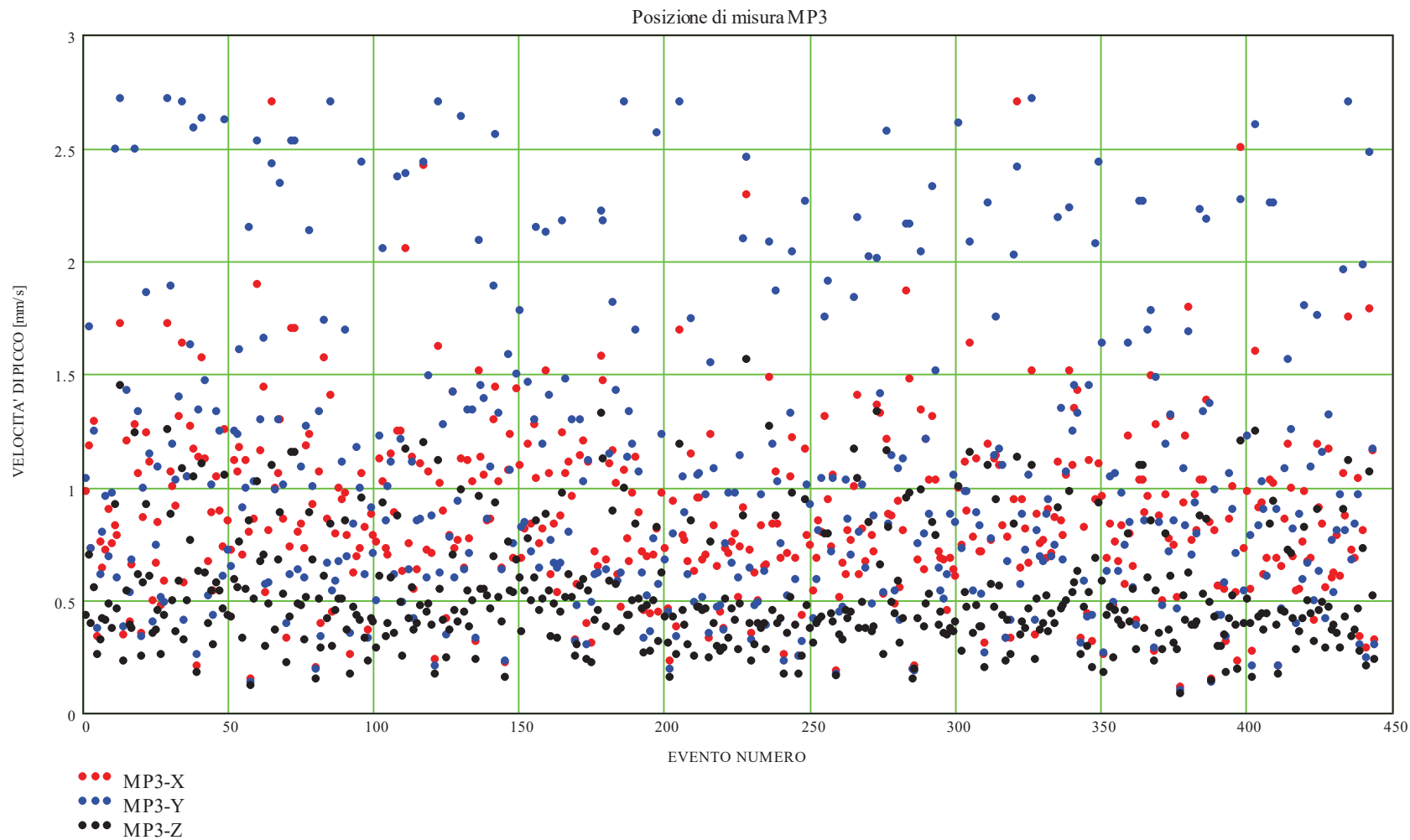
**SERVIZIO Q03
AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE
DEL NODO BOVISA
RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI
SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA**


ALLEGATO RISULTATI DEL MONITORAGGIO

<i>Documento</i> RTdM-2020-002-01-Allegato.doc	<i>Progetto</i> NORD-ING-2019-01	<i>Pagine report</i> 24
<i>Revisione</i> 00 01	<i>Data revisione</i> Gennaio 2020 Marzo 2020	<i>Allegati</i> —







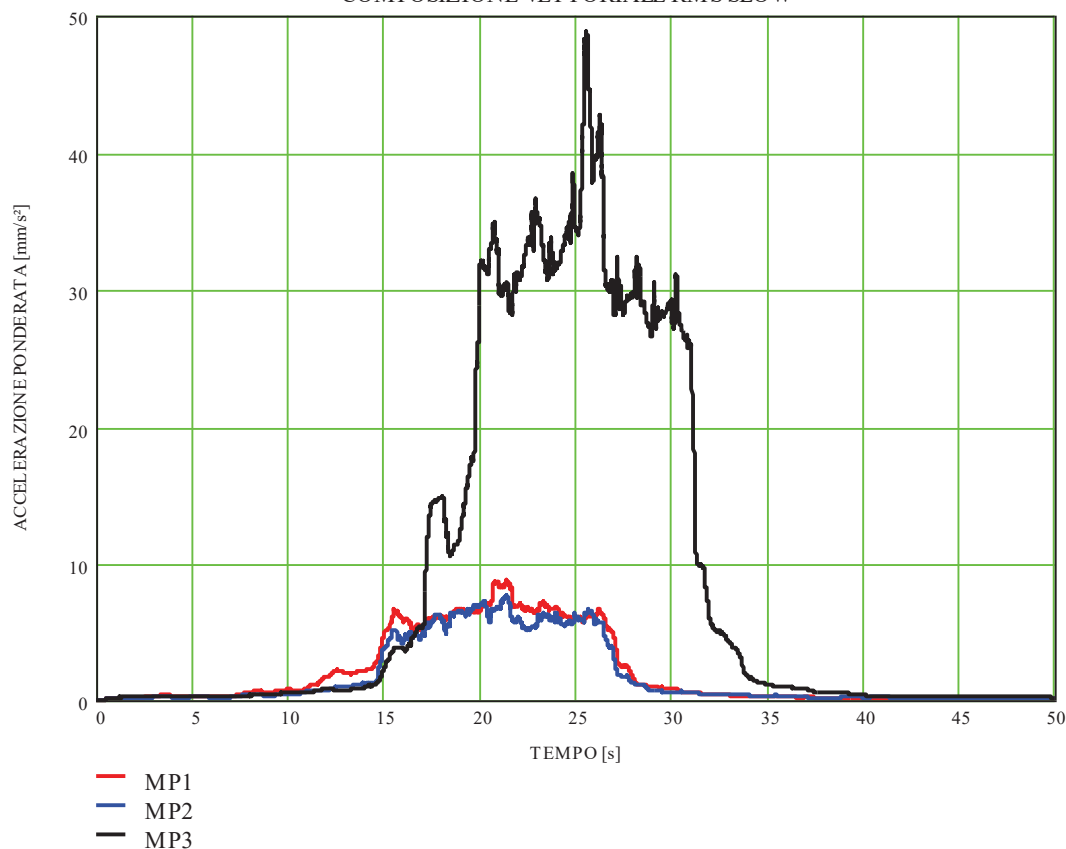
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc
		Marzo 2020

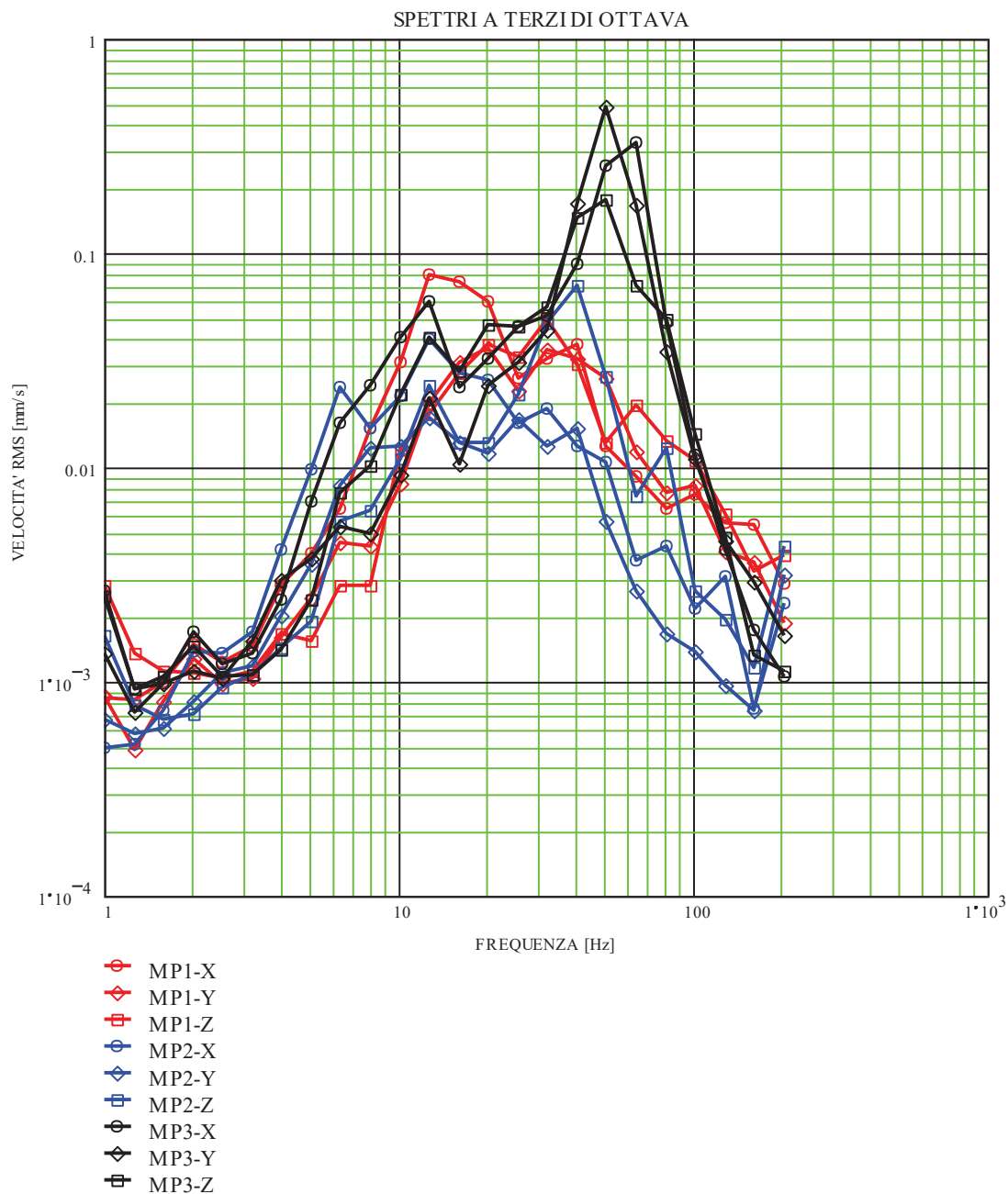
EVENTO 326 — 17.12.2019 — 07:24


Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.56	0.14	3.94	5.08	5.08	8.74	1.72
MP1-Y	0.29	0.08	3.61	2.92			
MP1-Z	0.31	0.09	3.46	3.21			
MP2-X	0.30	0.07	4.15	2.63	3.56	7.61	2.14
MP2-Y	0.13	0.04	3.04	1.50			
MP2-Z	0.37	0.10	3.74	3.56			
MP3-X	1.47	0.44	3.33	15.88	19.53	48.88	2.50
MP3-Y	2.76	0.54	5.09	19.53			
MP3-Z	1.09	0.27	4.08	9.61			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW

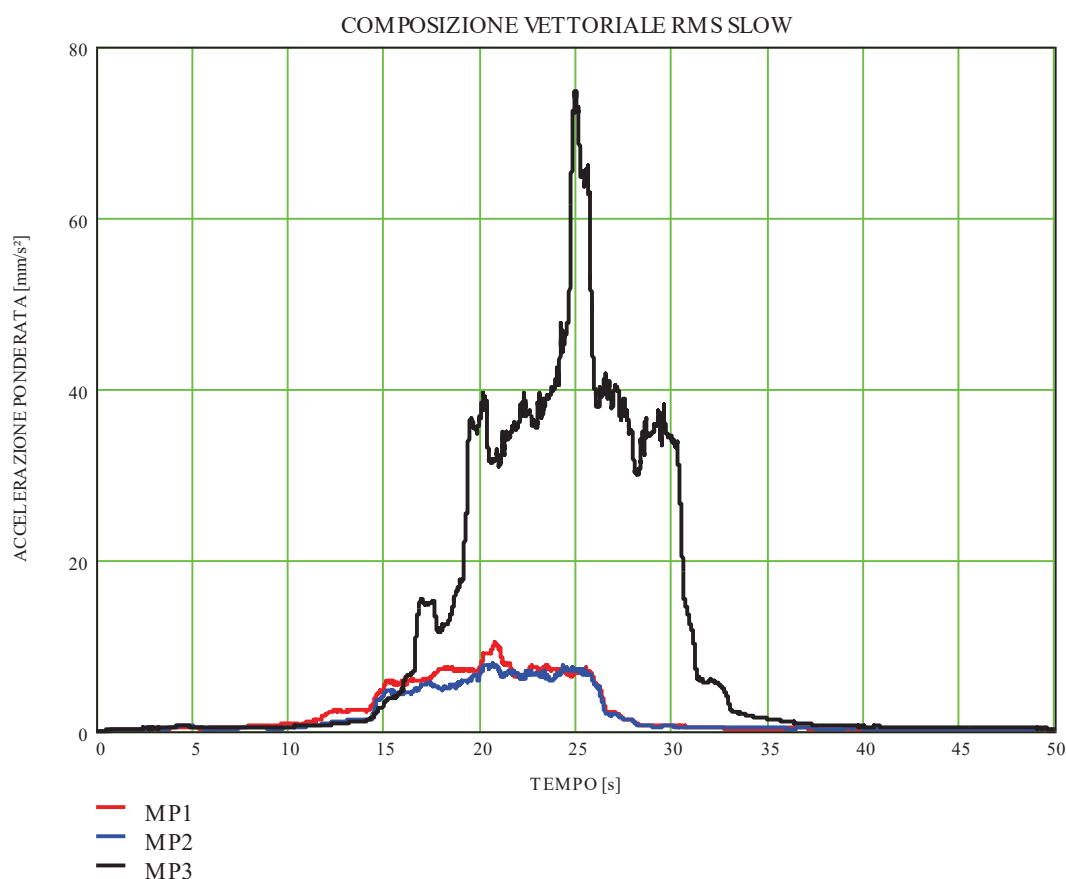


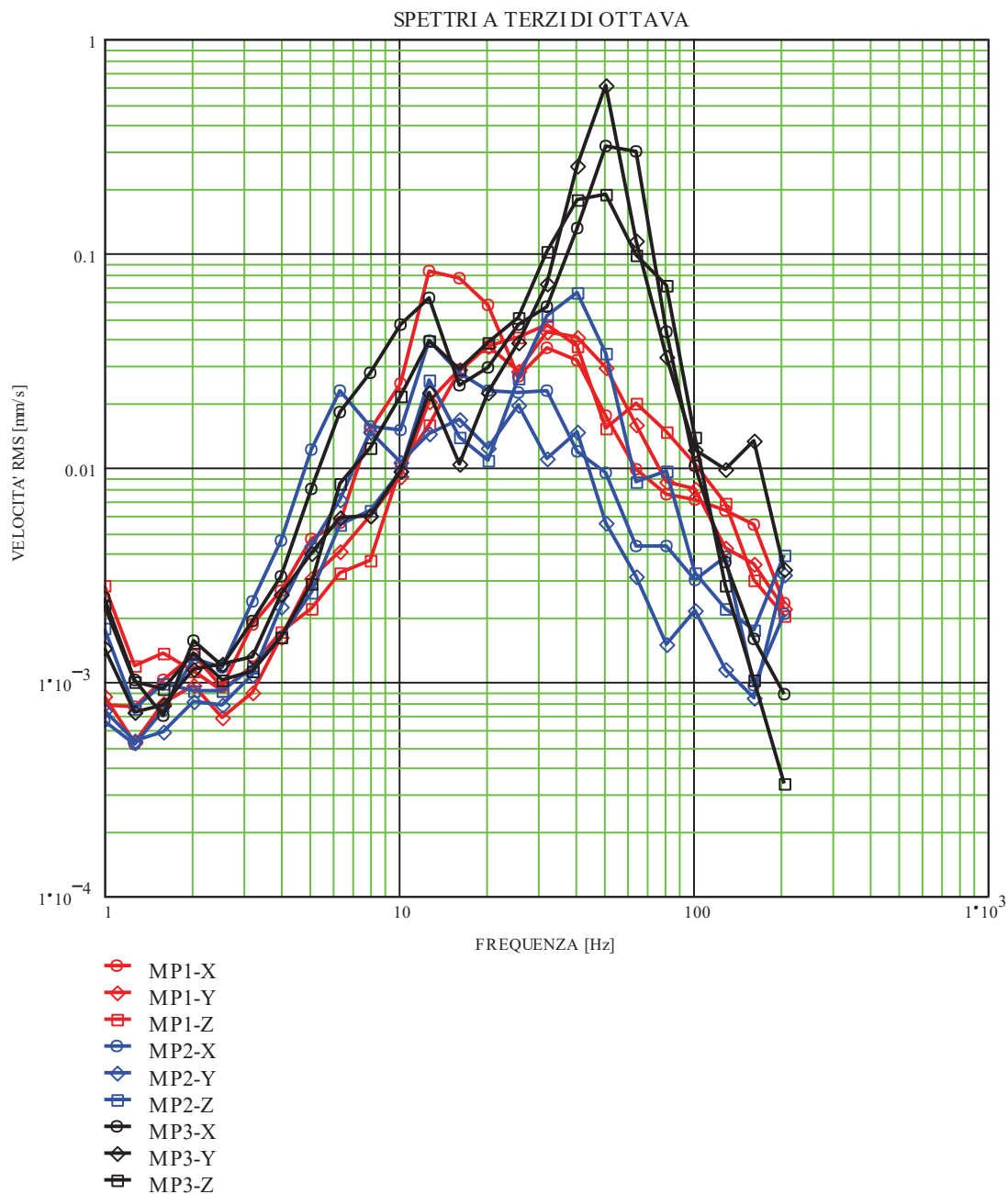



	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc Marzo 2020
---	--	--

EVENTO 013 — 16.12.2019 — 11:21

Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.64	0.14	4.49	5.15	5.15	10.35	2.01
MP1-Y	0.34	0.09	3.75	3.28			
MP1-Z	0.41	0.09	4.35	3.36			
MP2-X	0.25	0.07	3.48	2.62	3.63	7.84	2.16
MP2-Y	0.17	0.04	4.01	1.53			
MP2-Z	0.37	0.10	3.64	3.63			
MP3-X	1.68	0.47	3.56	16.99	24.37	74.86	3.07
MP3-Y	2.76	0.68	4.08	24.37			
MP3-Z	1.50	0.31	4.78	11.34			
(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014							





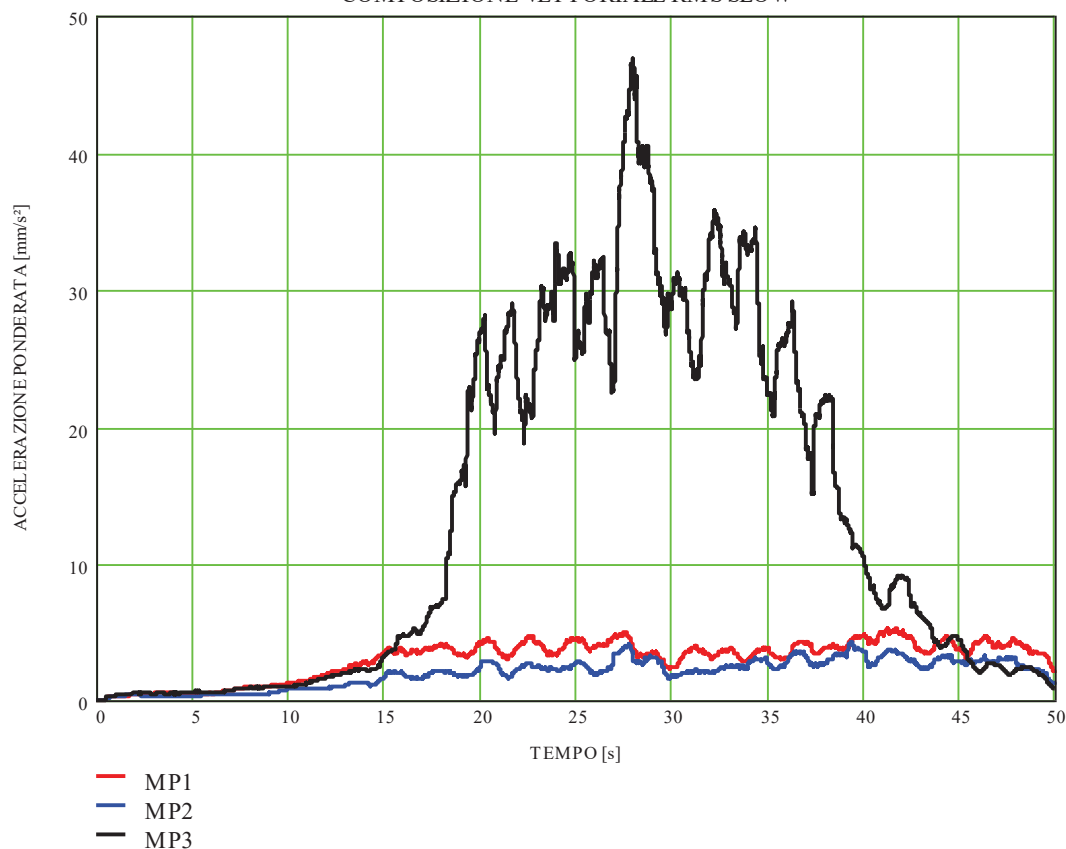
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc Marzo 2020
---	--	--

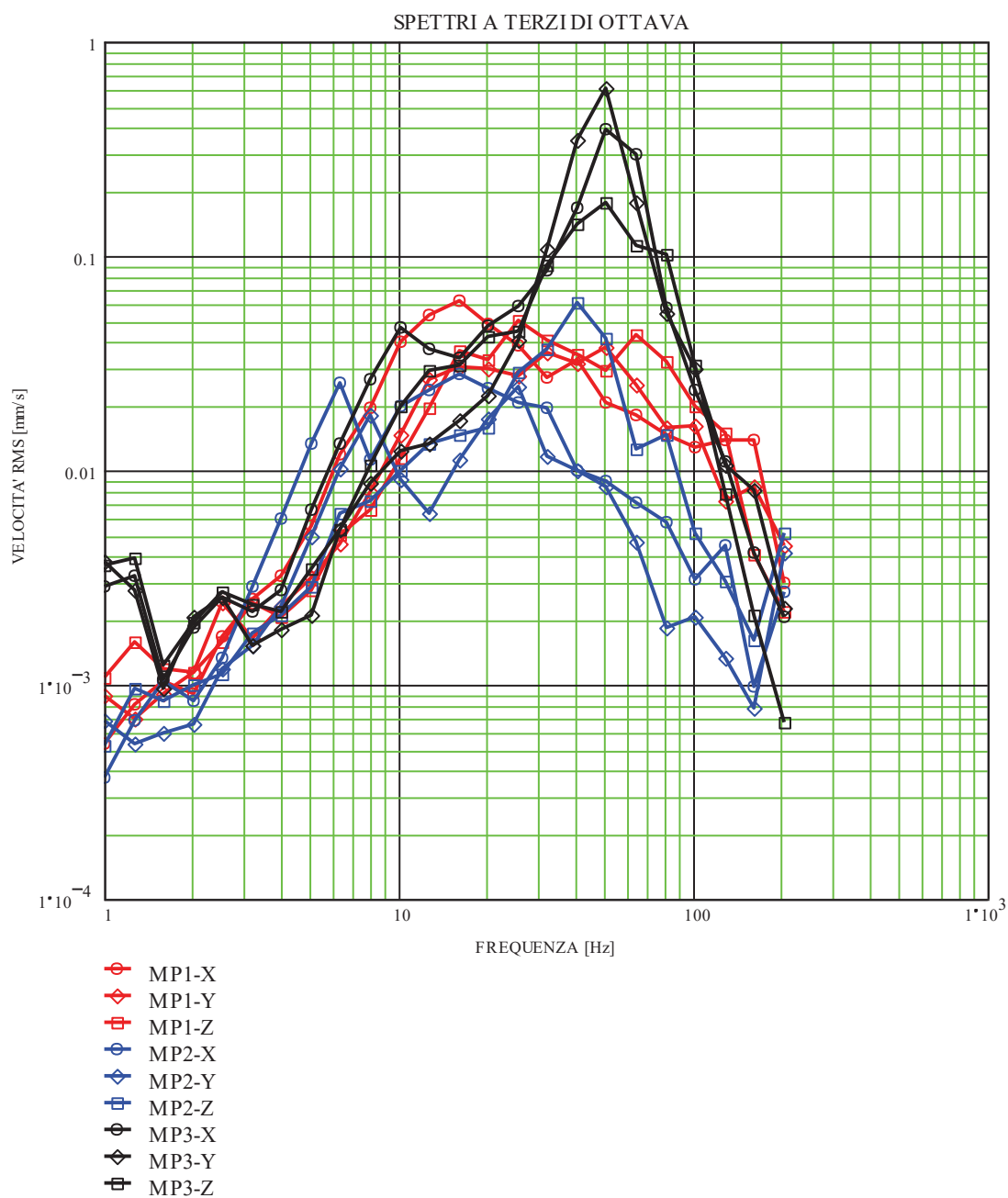
EVENTO 029 — 16.12.2019 — 12:10


Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.26	0.13	2.07	4.54	4.54	5.31	1.17
MP1-Y	0.25	0.09	2.66	3.34			
MP1-Z	0.37	0.11	3.23	4.07			
MP2-X	0.18	0.07	2.64	2.40	3.39	4.30	1.27
MP2-Y	0.11	0.04	2.43	1.60			
MP2-Z	0.26	0.09	2.79	3.39			
MP3-X	1.77	0.54	3.27	19.45	26.47	46.83	1.77
MP3-Y	2.76	0.74	3.75	26.47			
MP3-Z	1.20	0.30	4.01	10.80			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW





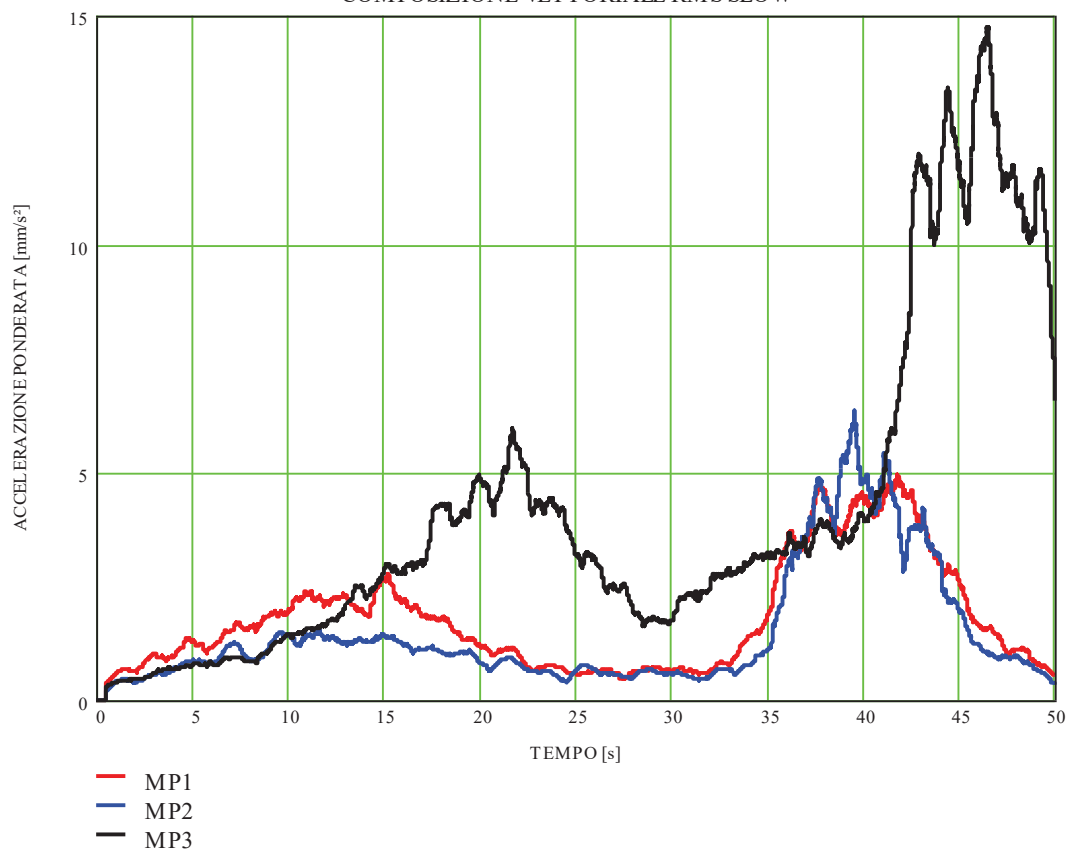
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc
		Marzo 2020

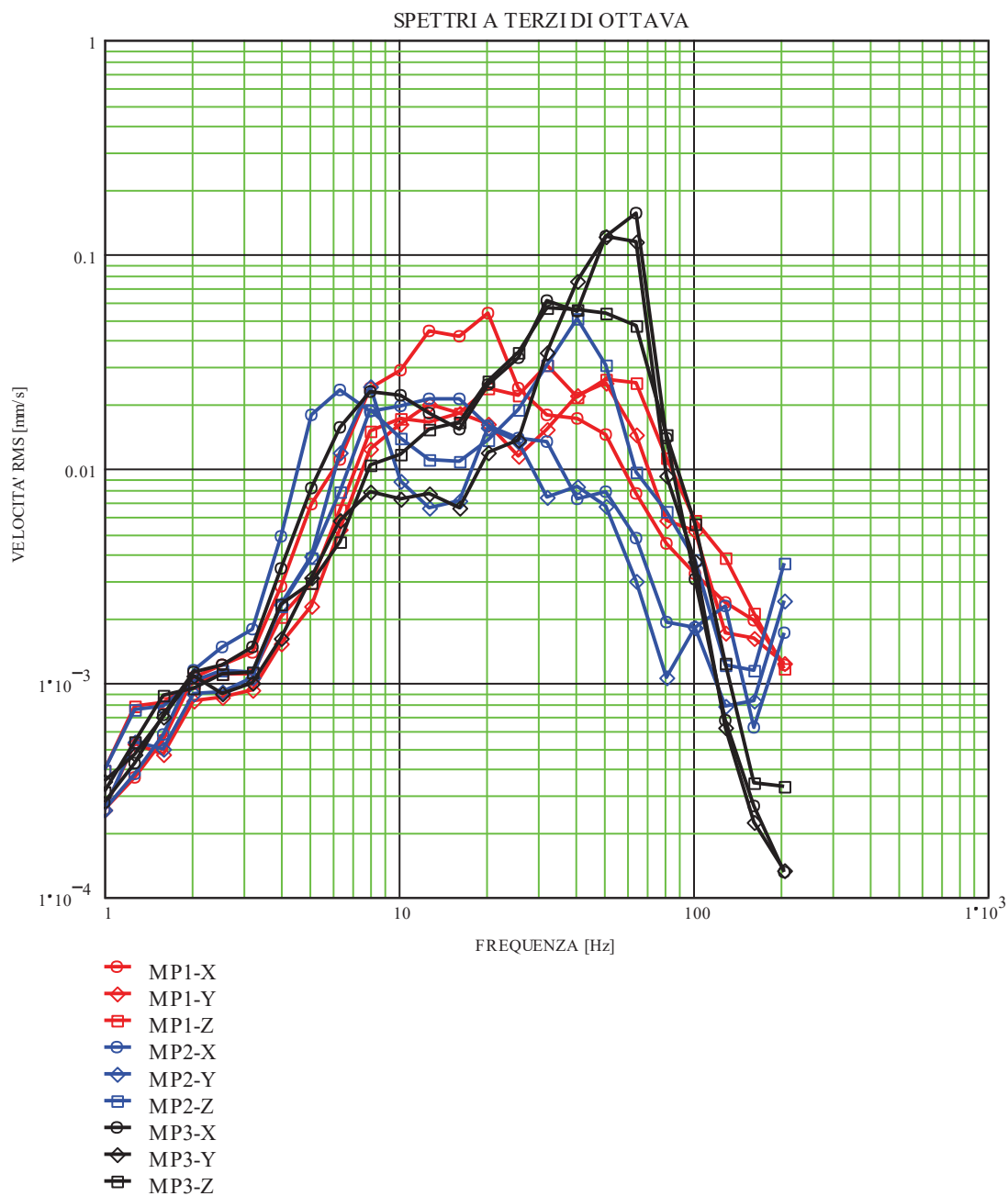
EVENTO 435 — 17.12.2019 — 12:10


Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.34	0.10	3.48	3.51	3.51	4.95	1.41
MP1-Y	0.17	0.06	3.00	2.03			
MP1-Z	0.21	0.07	2.89	2.57			
MP2-X	0.16	0.06	2.71	2.06	2.77	6.34	2.29
MP2-Y	0.10	0.04	2.49	1.41			
MP2-Z	0.26	0.08	3.32	2.77			
MP3-X	0.95	0.22	4.30	7.98	7.98	14.75	1.85
MP3-Y	0.59	0.19	3.13	6.74			
MP3-Z	0.42	0.12	3.56	4.26			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW



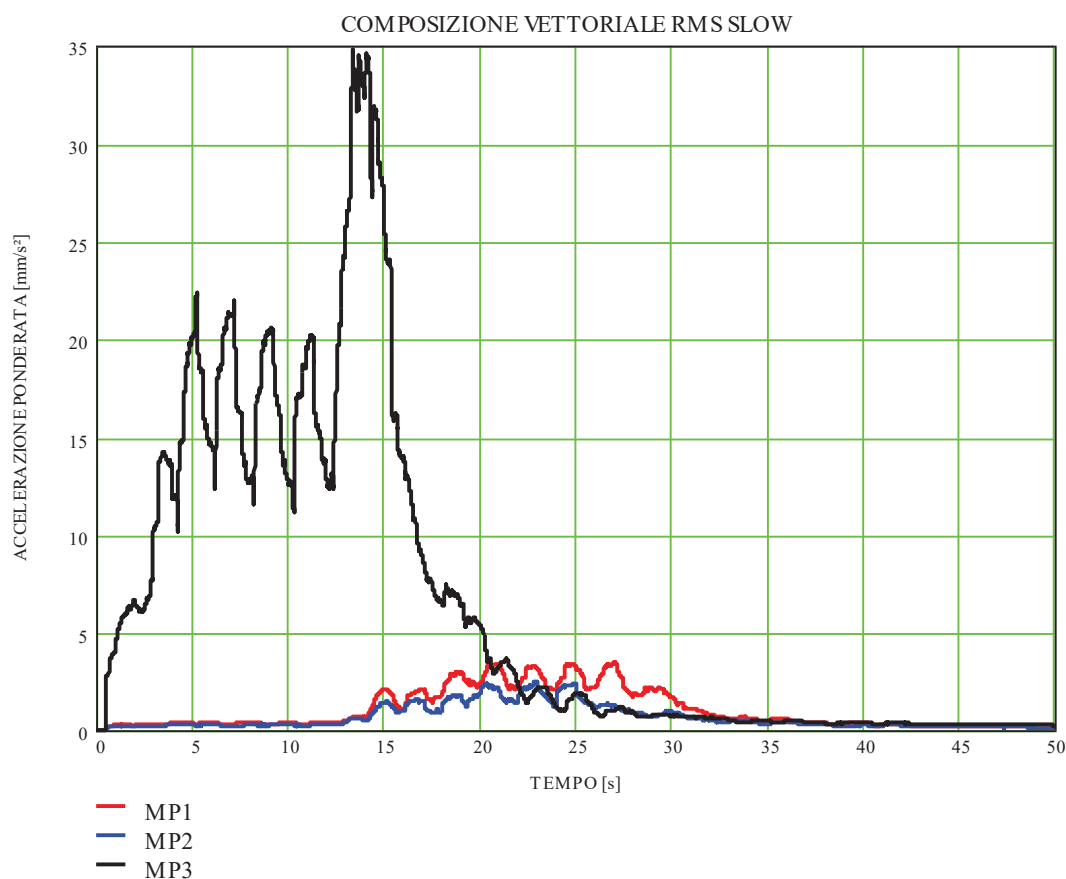


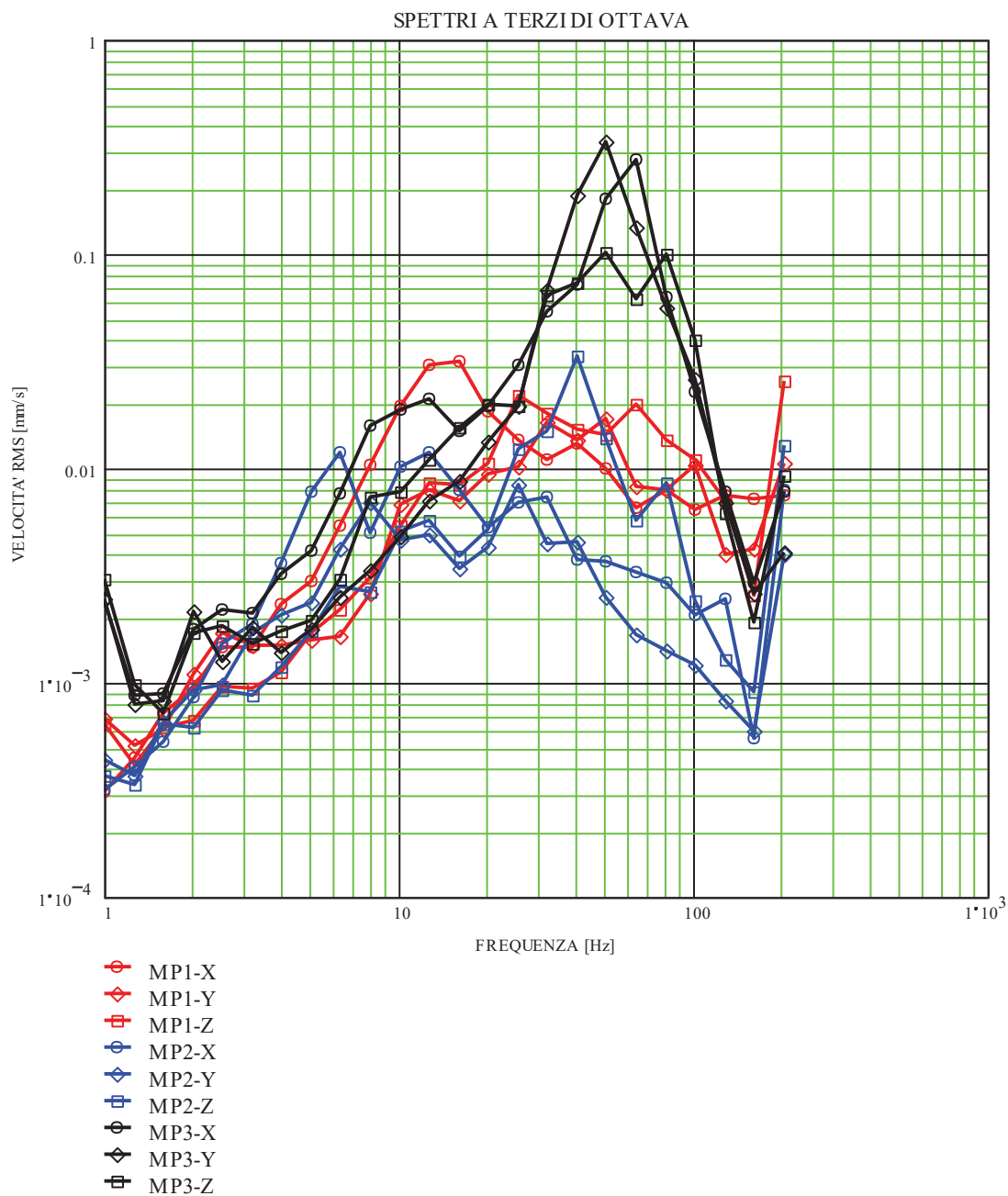
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc Marzo 2020
---	--	--


EVENTO 065 — 16.12.2019 — 14:11

Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.21	0.06	3.39	2.19	2.19	3.46	1.58
MP1-Y	0.15	0.04	3.78	1.40			
MP1-Z	0.32	0.05	5.90	1.97			
MP2-X	0.09	0.03	3.10	1.02	1.65	2.51	1.52
MP2-Y	0.05	0.02	2.71	0.62			
MP2-Z	0.24	0.05	5.17	1.65			
MP3-X	2.66	0.35	7.51	12.76	15.02	34.83	2.32
MP3-Y	2.39	0.42	5.72	15.02			
MP3-Z	1.05	0.19	5.46	6.90			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014





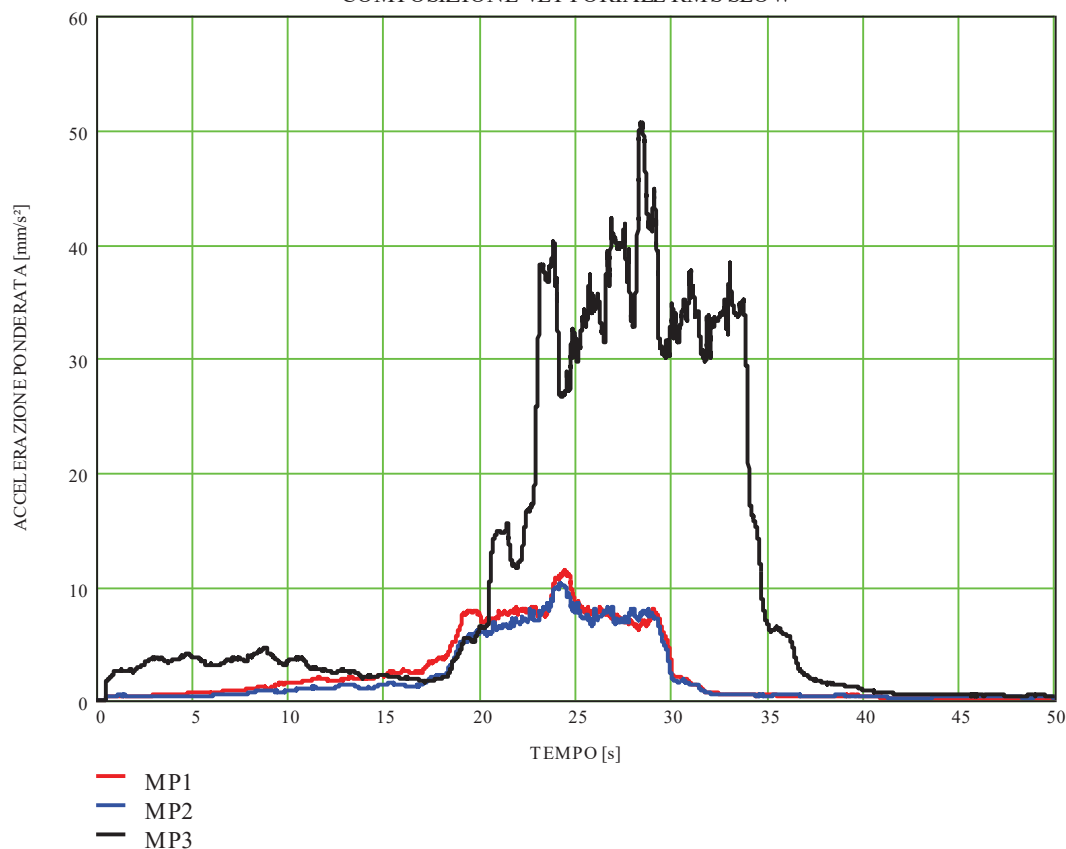
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc
		Marzo 2020

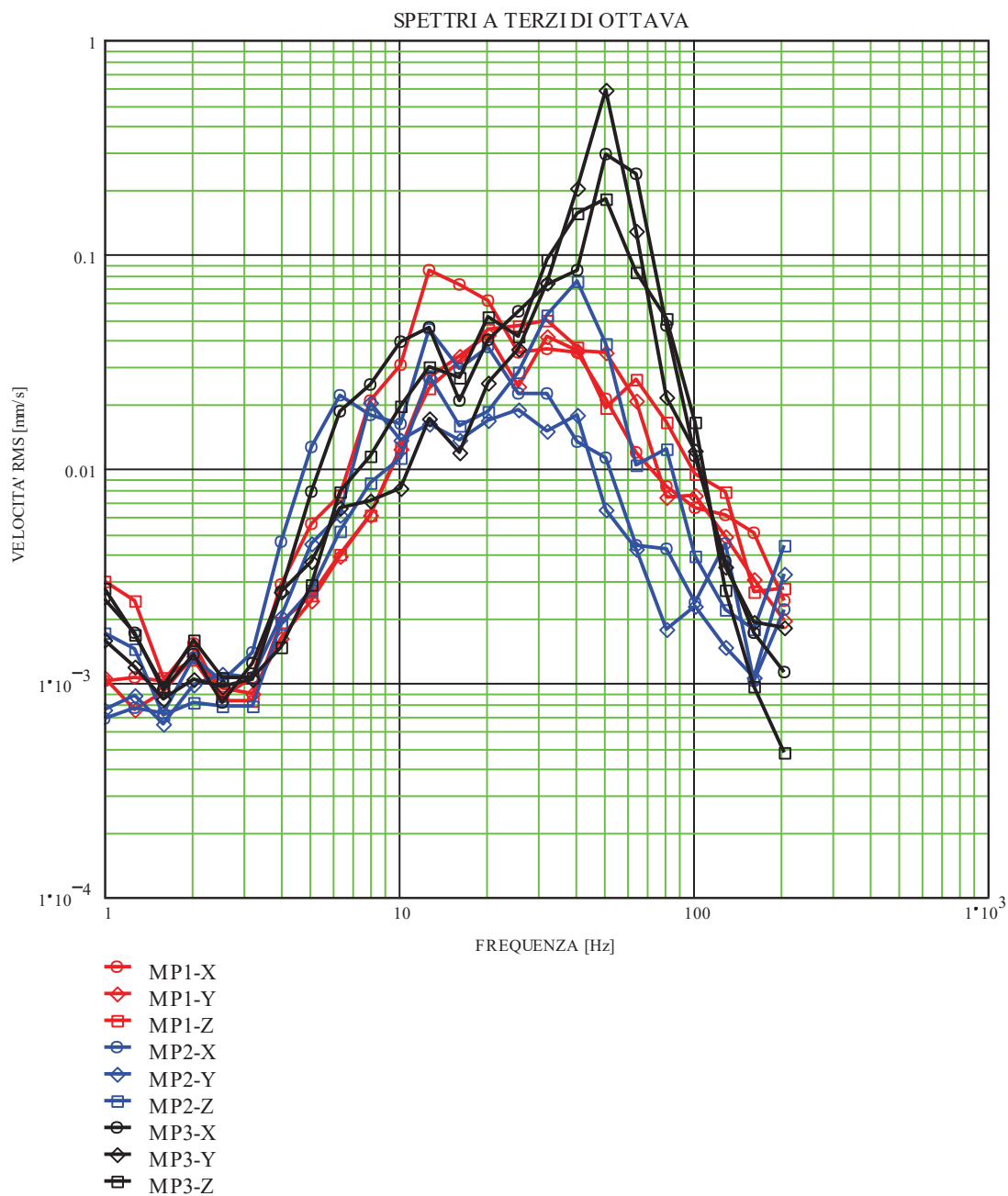
EVENTO 034 — 16.12.2019 — 13:23


Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.52	0.15	3.49	5.35	5.35	11.36	2.12
MP1-Y	0.36	0.10	3.76	3.45			
MP1-Z	0.44	0.11	4.13	3.81			
MP2-X	0.34	0.08	4.12	2.97	4.05	10.22	2.53
MP2-Y	0.21	0.05	4.37	1.75			
MP2-Z	0.39	0.11	3.44	4.05			
MP3-X	1.59	0.41	3.92	14.64	23.04	50.62	2.20
MP3-Y	2.74	0.64	4.28	23.04			
MP3-Z	1.14	0.29	3.97	10.32			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW



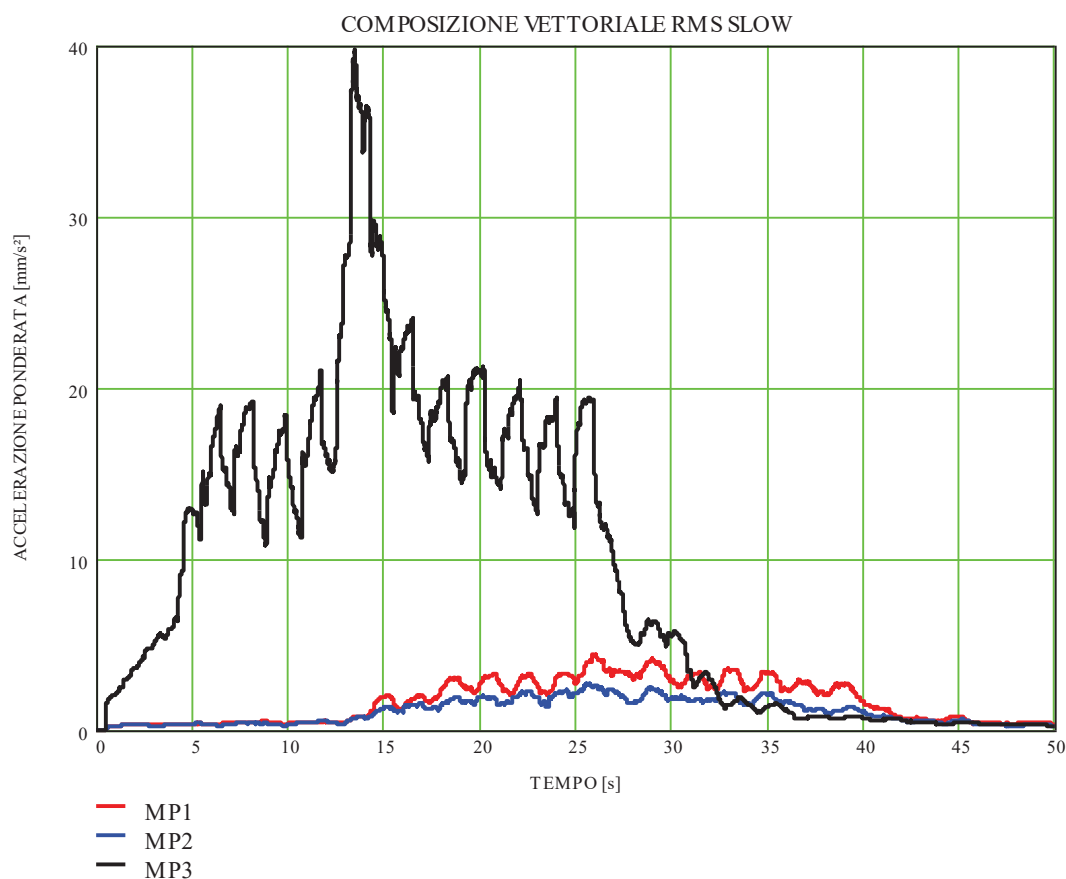


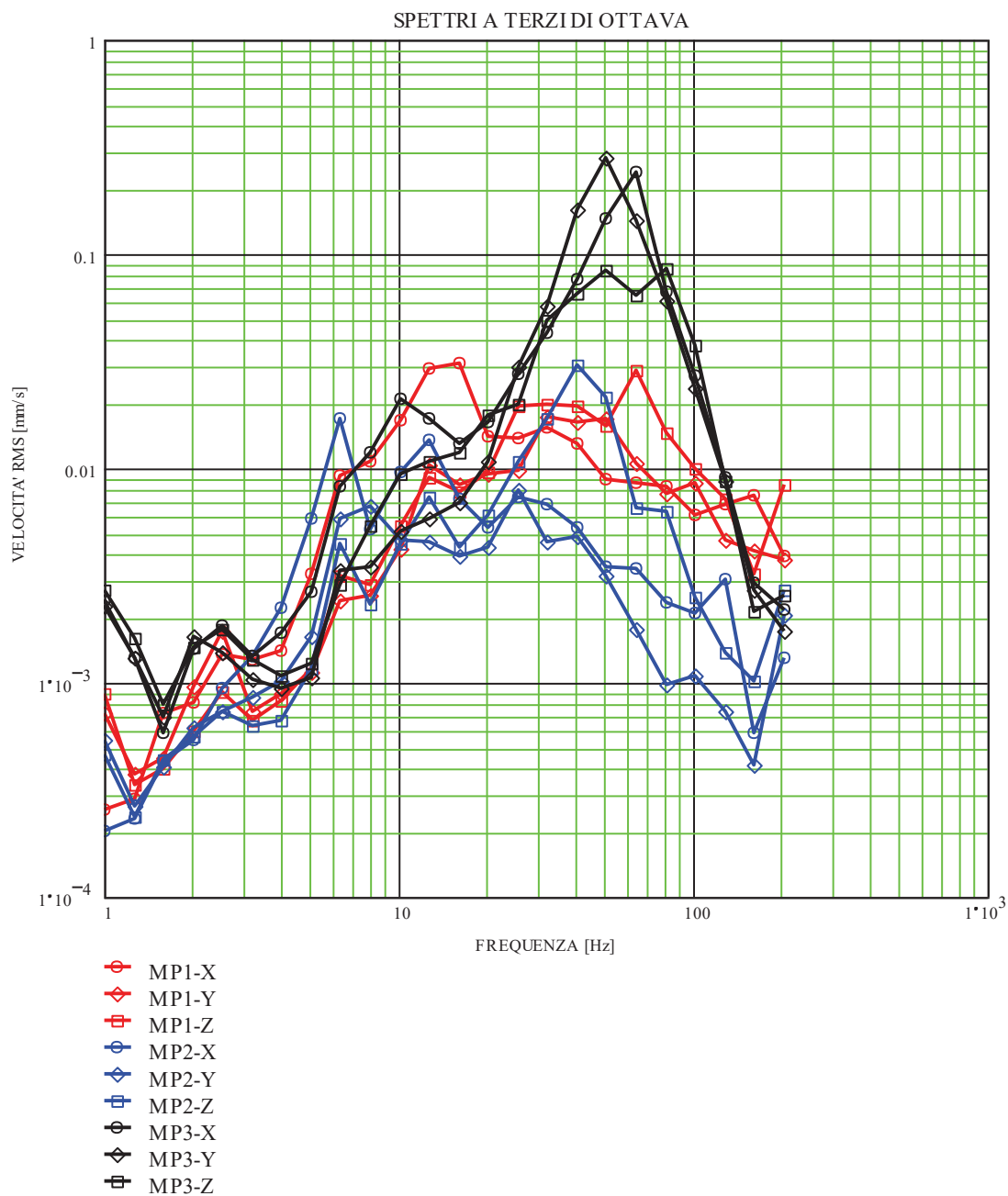
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc
		Marzo 2020

EVENTO 321 — 17.12.2019 — 07:14

Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.24	0.06	4.10	2.13	2.13	4.48	2.10
MP1-Y	0.19	0.04	4.82	1.43			
MP1-Z	0.26	0.05	4.77	1.97			
MP2-X	0.10	0.03	3.20	1.08	1.63	2.74	1.69
MP2-Y	0.06	0.02	3.72	0.61			
MP2-Z	0.19	0.05	4.22	1.63			
MP3-X	2.66	0.31	8.65	11.08	13.19	39.80	3.02
MP3-Y	2.37	0.37	6.48	13.19			
MP3-Z	1.08	0.17	6.52	5.99			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014





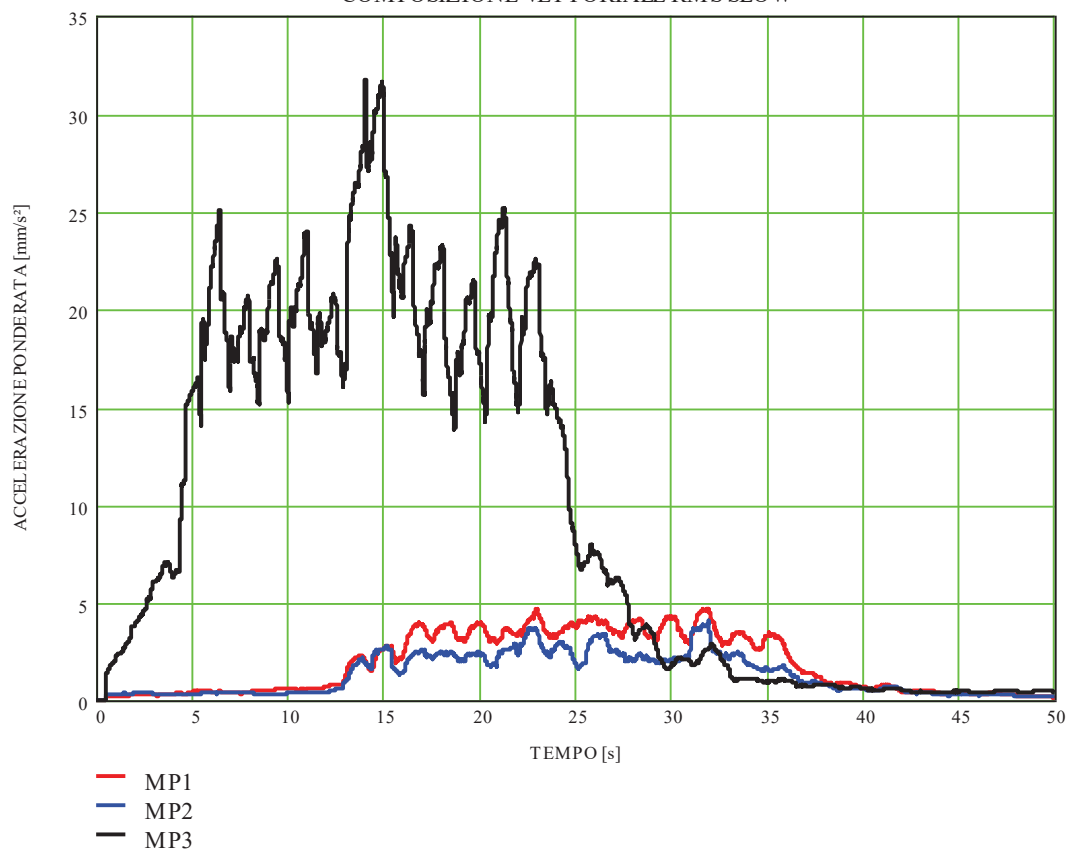
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc Marzo 2020
---	--	--

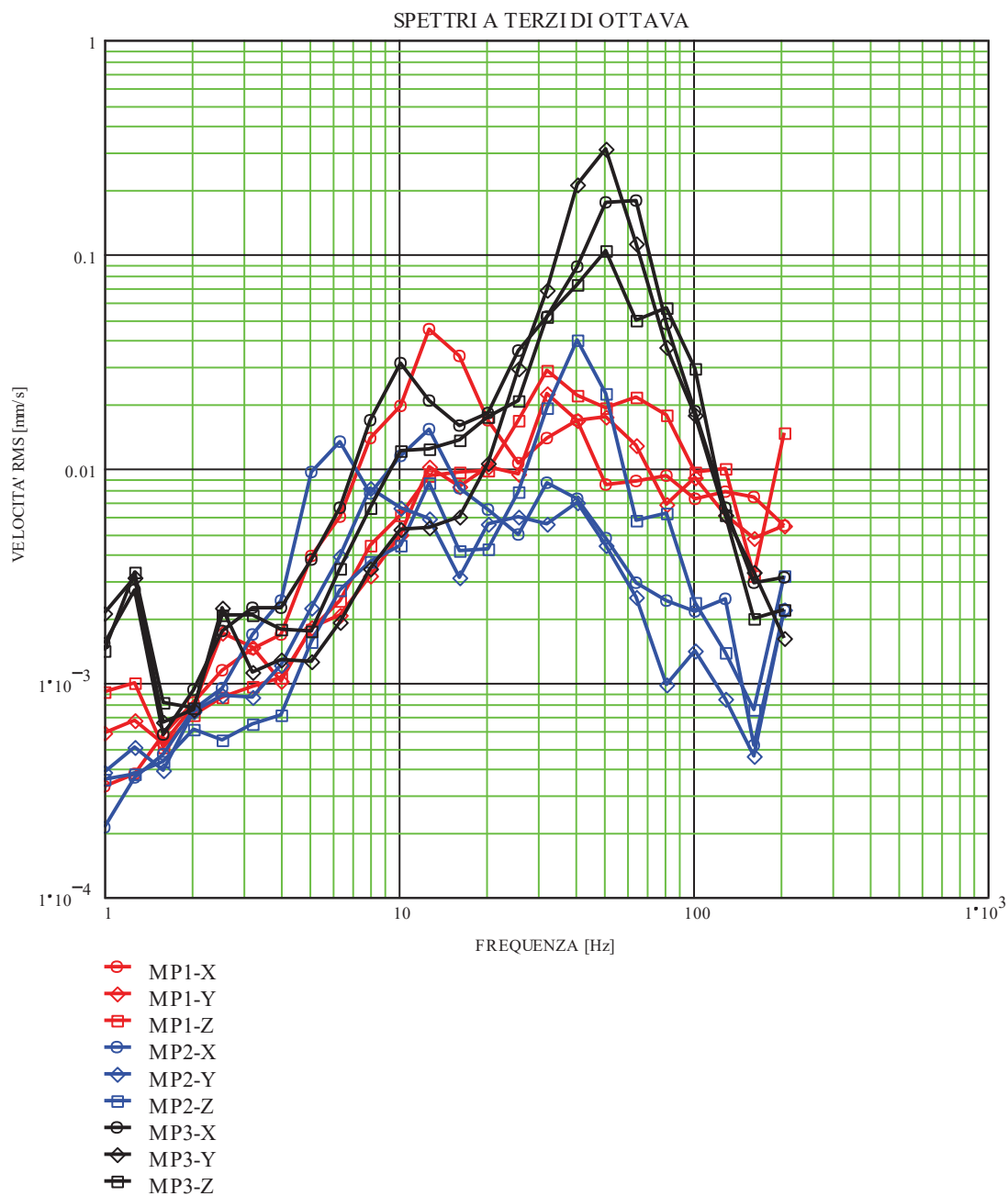
EVENTO 085 — 16.12.2019 — 14:10


Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.26	0.07	3.68	2.56	2.56	4.66	1.82
MP1-Y	0.17	0.04	4.03	1.56			
MP1-Z	0.28	0.06	4.69	2.12			
MP2-X	0.10	0.03	3.20	1.15	1.90	4.04	2.12
MP2-Y	0.07	0.02	3.75	0.68			
MP2-Z	0.28	0.05	5.26	1.90			
MP3-X	1.37	0.28	4.89	10.07	14.36	31.70	2.21
MP3-Y	2.66	0.40	6.68	14.36			
MP3-Z	0.78	0.16	4.83	5.85			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW



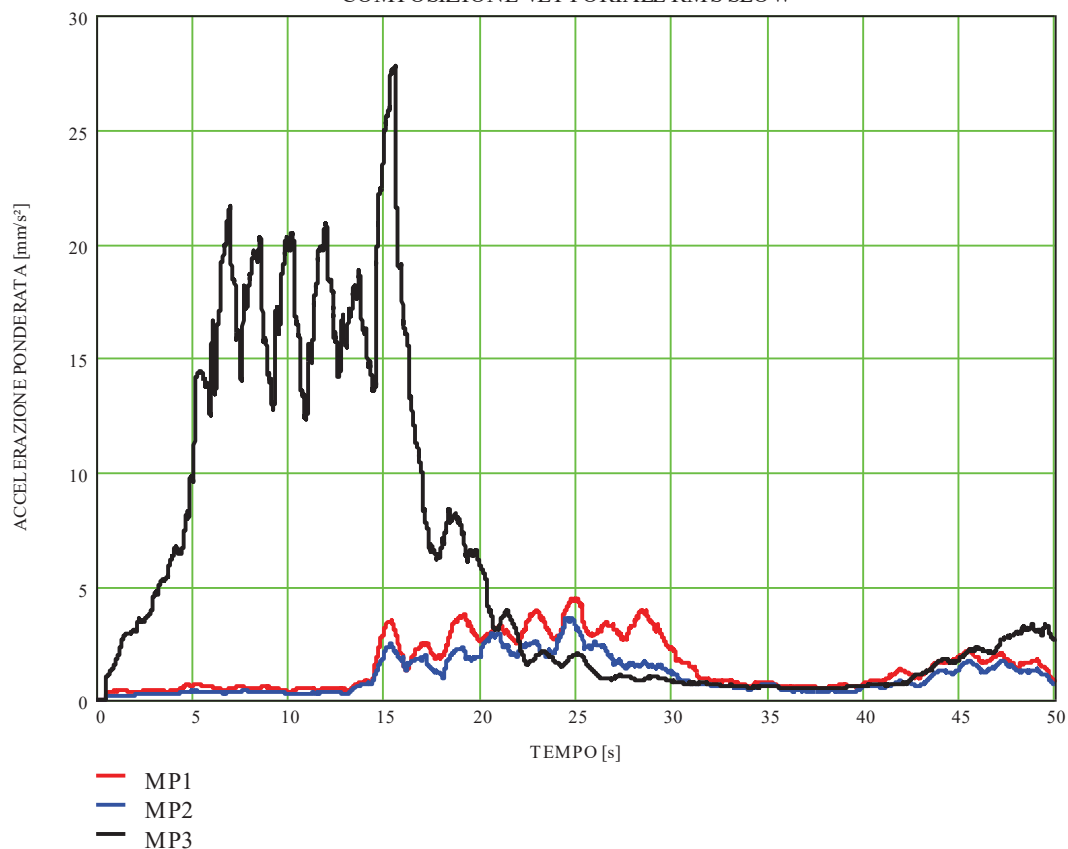


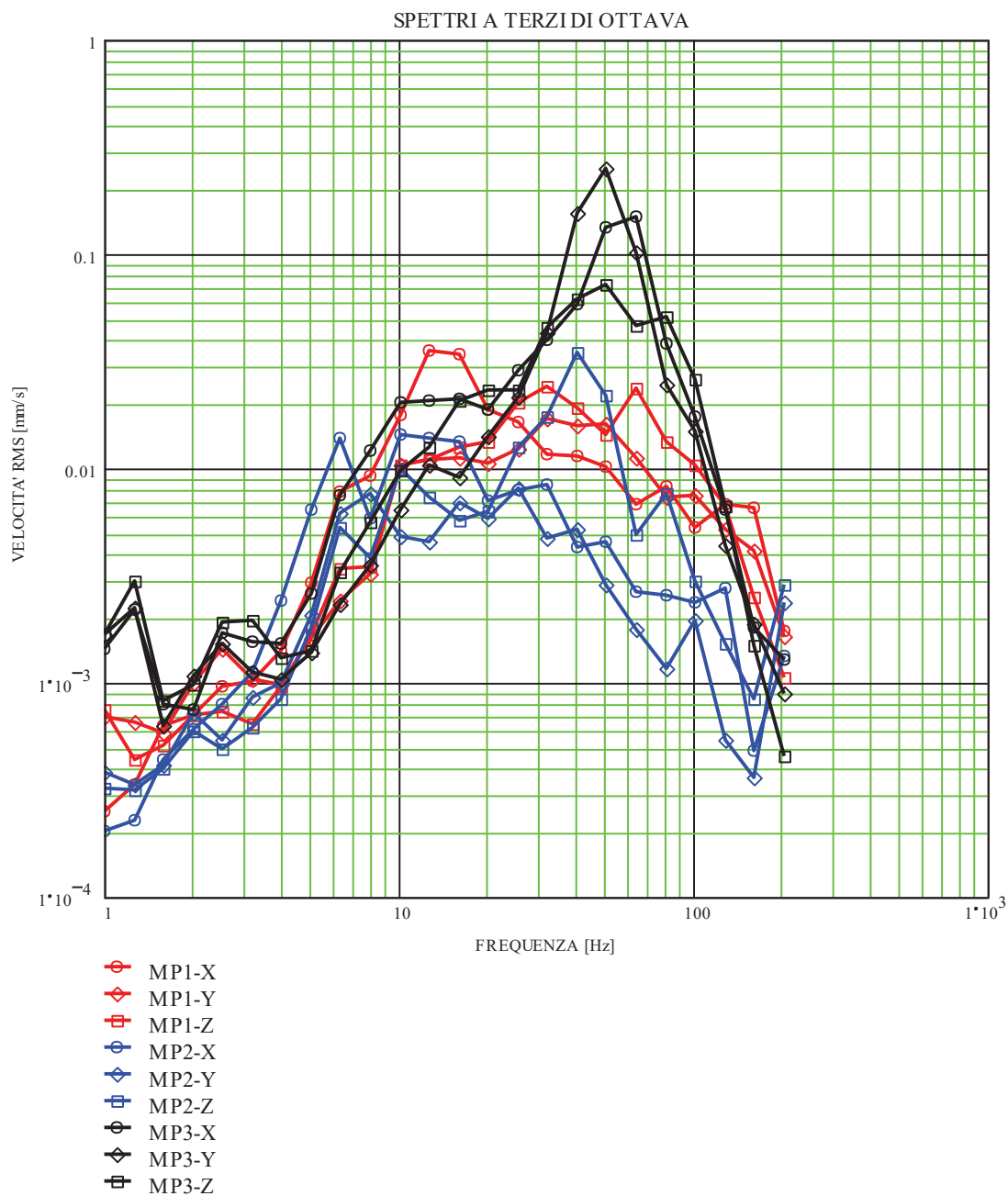
	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc
		Marzo 2020


EVENTO 186 — 16.12.2019 — 19:44

Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.24	0.06	3.77	2.32	2.32	4.41	1.90
MP1-Y	0.14	0.04	3.46	1.50			
MP1-Z	0.33	0.06	5.97	1.99			
MP2-X	0.10	0.03	3.01	1.20	1.81	3.59	1.98
MP2-Y	0.06	0.02	2.99	0.69			
MP2-Z	0.22	0.05	4.34	1.81			
MP3-X	1.12	0.22	5.04	7.97	11.48	27.82	2.42
MP3-Y	2.66	0.32	8.35	11.48			
MP3-Z	0.95	0.14	6.97	4.89			
(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014							

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW





	FERROVIENORD – Ramo Milano e Ramo Iseo Studio acustico e vibrazionale ferroviario e trasportistico stradale di supporto alla progettazione di interventi sulle linee esistenti SERVIZIO Q03 - AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL NODO BOVISA RELAZIONE TECNICA DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI SULL'EDIFICIO RICETTORE SOTTO-STAZIONE ELETTRICA	RTdM-2020-002-01-Allegato.doc Marzo 2020
---	--	--

EVENTO 205 — 16.12.2019 — 20:27

Posizioni di Misura	Velocità [mm/s]		Fattore di Cresta PEAK/RMS [—]	Indicatore vibrazionale UNI 9614:1970 [mm/s ²]		Indicatore vibrazionale UNI 9614:2017 [mm/s ²]	Rapporto indicatori [—]
	PEAK (°)	RMS		Comp.	max		
MP1-X	0.67	0.15	4.54	5.33	5.33	11.40	2.14
MP1-Y	0.31	0.09	3.42	3.25			
MP1-Z	0.43	0.10	4.21	3.68			
MP2-X	0.40	0.08	4.86	2.93	3.92	8.89	2.27
MP2-Y	0.16	0.05	3.36	1.74			
MP2-Z	0.43	0.11	3.99	3.92			
MP3-X	1.65	0.45	3.70	16.09	20.32	53.55	2.64
MP3-Y	2.66	0.56	4.72	20.32			
MP3-Z	1.14	0.28	4.10	9.98			

(°) Indicatore Vibrazionale per la UNI 9916:2014

COMPOSIZIONE VETTORIALE RMS SLOW

