COMMITTENTE

COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSI
IL DIRETTORE ESECUTORE DEL CONTRATTO
ANTONIO ROSSA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)

PROGETTAZIONE

MANDANTARIA

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

MANDANTE

TECHNITAL

MANDANTE

ETS Engineering and Technical Services S.p.A.

MANDANTE

ABDR ARCHITETTI ASSOCIATI

Società TECHNITAL

SPECIALIZZAZIONE IMPATTO AMBIENTALE

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE RIMESSA STAGLIENO

APPENDICE 2 ALLO STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
Dott. Ing. Luca Bernardini

SCALA: -

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
E21D	00	D	Z1	SD	IMOC00	003	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Angelotti	11/2021	A.Bettinetti	11/2021	M.Marinelli	11/2021	A.Peresso 12/2021

ORDINE INGEGNERI VERONA E PROVINCIA A4780 DOTT. MARGHERITA MARINELLI

File: E21D00DZ1SDIMOC00003A | n. Elab.:

Sommario

1. PREMESSA 4
2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO 5
2.1 Criteri di accettabilità delle vibrazioni relativamente agli effetti sugli edifici 5
2.2 Il disturbo vibrazionale alle persone 7
3. RILIEVI PROPEDEUTICI ALLA TARATURA DEI MODELLI DI CALCOLO 8
3.1 Rilievi vibrazionali 8
3.1.1 Strumentazione utilizzata 8
3.1.2 Rilievi eseguiti e risultati ottenuti 10
4. STUDIO PREVISIONALE VIBRAZIONALE 56
4.1 Modalità di esecuzione dello studio previsionale 57
4.2 Risultati della modellazione 60
4.3 Considerazioni conclusive 64

1. PREMESSA

Il presente studio tratta la valutazione previsionale dell'impatto vibrazionale connesso alle lavorazioni condotte nel cantiere relativo alla demolizione e ricostruzione a nuovo della rimessa di Staglieno nell'ambito del progetto denominato "*ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE*" e funzionale alla realizzazione della nuova filovia di Genova.

Lo studio viene condotto in ottemperanza alle normative nazionali e regionali applicabili per lo specifico caso e riportate per completezza al paragrafo seguente.

L'area di cantiere esaminata si trova lungo la valle del torrente Bisagno, non distante dallo svincolo autostradale di Genova est ed in prossimità dell'area cimiteriale monumentale di Staglieno. Il cantiere interessa la demolizione e ricostruzione dell'attuale fabbricato industriale ad uso rimessa con un nuovo fabbricato ad uso rimessa filobus ed autosilo. Stante l'assenza di aree disponibili circostanti, il cantiere avrà le sole dimensioni del fabbricato esistente ed il nuovo fabbricato sorgerà di fatto sull'impronta dell'attuale conservandone in sostanza le dimensioni esterne ma con una differente distribuzione funzionale in grado di accogliere anche un parcheggio auto a servizio del nodo intermodale della filovia.

Dal punto di vista vibrazionale non esistono documenti di piano ai quali corrispondano classificazioni del territorio. Il confronto tra livelli attesi e valori limite avviene pertanto unicamente nel rispetto dei disposti delle norme tecniche di riferimento applicabili e segnatamente la norma UNI 9916 per la possibile insorgenza di danni ai fabbricati e la norma UNI 9614 per la valutazione del disturbo alle persone.

2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

Il quadro di riferimento normativo applicabile in materia di vibrazioni comprende solo due norme tecniche:

- UNI 9916:2014: “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”
- UNI 9614:2017: “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”

2.1 Criteri di accettabilità delle vibrazioni relativamente agli effetti sugli edifici

In merito agli aspetti relativi gli effetti negativi di degrado sugli edifici soggetti a vibrazioni, in Italia si fa comunemente riferimento alla norma UNI 9916 nella revisione del Gennaio 2014 “*Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*”, che è in sostanziale accordo con i contenuti di altre norme internazionali: ISO 4866, DIN 4150/3, BS 6472.

Come noto, per questo aspetto la normativa definisce come parametro di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni il massimo valore (o di picco) delle componenti delle velocità di vibrazione (V_L, V_T, V_V) definito come Peak Component Particle Velocity (p.c.p.v.):

$$V_{picco} = \max\left[\max\left[V_L(t)\right], \max\left[V_T(t)\right], \max\left[V_V(t)\right]\right],$$

valutati alla fondazione (basamento) e sui solai ai vari piani (in quota). Oppure il massimo valore (o di picco) del vettore velocità nel suo complesso istante per istante definito come Peak Particle Velocity (p.p.v.), valutati alla fondazione (basamento) e sui solai ai vari piani (in quota).

La stessa norma UNI 9916:2014, alla quale si rimanda integralmente per ogni maggiore approfondimento, fornisce in appendice D alcuni valori di riferimento per la p.c.p.v. e la p.p.v. al di sotto dei quali, salvo casi particolari, è ragionevole presumere che non si abbiano danni. Tali valori sono differenziati per le varie tipologie di edifici e dipendono dalla natura (continua o transitoria) del fenomeno vibrazionale.

Le vibrazioni di breve durata (o transitoria), quali quelle indotte da attività di cantiere, sono quelle vibrazioni per cui sono da escludere problemi di fatica e amplificazioni dovute a risonanza nella struttura interessata. Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori limite fissati dalla UNI

9916:2014 al di sotto dei quali è ragionevole escludere danni anche minori o “cosmetic damage” (cioè non strutturali).

Occorre inoltre specificare che il superamento dei limiti indicati non implica necessariamente il verificarsi del danno, ma è un segnale di necessità di indagini più approfondite.

prospetto D.1 **Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l’azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni**

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s				
		Fondazioni			Piano alto	Solai Componente Verticale
		Da 1 Hz a 10 Hz	Da 10 Hz a 50 Hz	Da 50 Hz a 100 Hz*)	Per tutte le frequenze	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 (f=10 Hz) a 40 (f= 50 Hz)	Varia linearmente da 40 (f= 50 Hz) a 50 (f= 100 Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 (f= 10 Hz) a 15 (f= 50 Hz)	Varia linearmente da 15 (f= 50 Hz) a 20 (f= 100 Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 (f= 10 Hz) a 8 (f= 50 Hz)	Varia linearmente da 8 (f= 50 Hz) a 10 (f= 100 Hz	8	3/4

*) Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.

Per la componente verticale dei singoli solai, la norma indica come valore di riferimento per la p.c.p.v il valore di 20 mm/s limitatamente alle prime due classi di edifici. Tale valore è indipendente dal contenuto in frequenza della registrazione ed è inferiore per la terza classe di edifici.

prospetto D.2 **Valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l’azione delle vibrazioni durature sulle costruzioni**

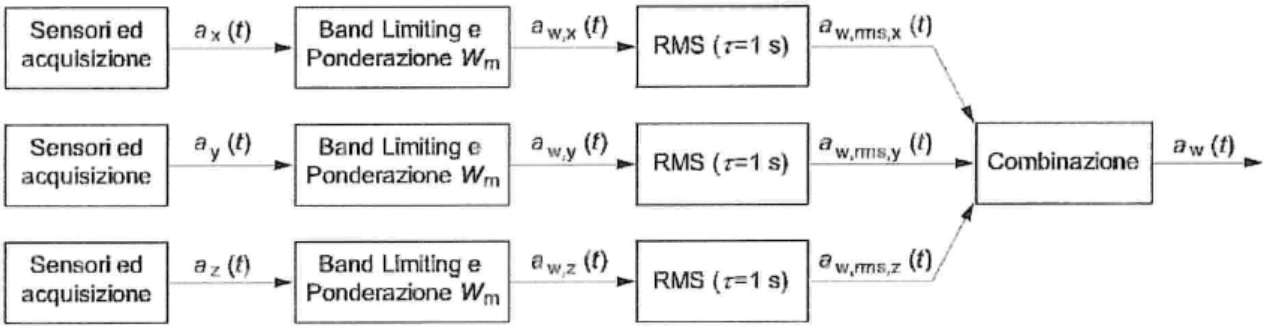
Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s (per tutte le frequenze)
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	2,5

Questi valori di riferimento sono utilizzabili per tutti i piani e per le fondazioni. Per la componente verticale dei singoli solai la norma indica come valore di riferimento per la p.c.p.v il valore di 10 mm/s limitatamente ad edifici appartenenti alle categorie 1 e 2 e indipendentemente dal contenuto in frequenza della registrazione. Per la categoria 3 possono essere assunti valori inferiori.

2.2 Il disturbo vibrazionale alle persone

Per quanto riguarda il disturbo vibrazionale per la popolazione, si fa riferimento alla norma UNI 9614:2017 che è in sostanziale accordo con i contenuti di altre norme internazionali: ISO 2631/1, ISO 2631/2, DIN 4150/2, BS 6472. Nei successivi confronti dei valori previsti con i valori ammissibili forniti dalle norme applicabili, si è fatto riferimento ai livelli previsti dalla norma UNI 9614:2017 per le diverse destinazioni d'uso.

L'accelerazione misurata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ viene filtrata con un filtro passa banda (band-limiting passa alto o passa basso), e successivamente con il filtro di ponderazione. Per la ponderazione in frequenza viene utilizzata la curva W_m come definita dalla ISO 2631 - 2 indipendentemente dalla direzione di misura.



Schema del calcolo della accelerazione ponderata efficace

La valutazione del disturbo generato da una sorgente deve essere effettuata confrontando il parametro descrittore della vibrazione della sorgente V_{sor} con i limiti di riferimento. Per ambienti ad uso abitativo i limiti di riferimento massimi per la massima accelerazione ponderata della sorgente V_{sor} sono:

- periodo diurno: 7,2 mm/s^2
- periodo notturno: 3,6 mm/s^2
- periodo diurno di giornate festive: 5,4 mm/s^2

Per ambienti ad uso lavorativo i limiti di riferimento massimi per la massima accelerazione ponderata della sorgente V_{sor} sono:

- periodo diurno o notturno: 14 mm/s^2

3. RILIEVI PROPEDEUTICI ALLA TARATURA DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di conferire ai modelli previsionali un maggiore grado di affidabilità, nell'ambito della redazione degli studi specialistici, si è provveduto ad eseguire una campagna di rilievi vibrazionali finalizzata alla caratterizzazione dello stato di fatto in un congruo numero di punti.

Il piano delle misure ha previsto complessivamente l'esecuzione di rilievi speditivi di vibrazioni le cui risultanze sono state utilizzate per la taratura del modello di calcolo previsionale vibrazionale.

Complessivamente si è prevista l'esecuzione di n. 10 rilievi vibrazionali. Nelle planimetrie allegate le postazioni di rilievo vibrazionale vengono indicate con cerchi in colore rosso.

3.1 Rilievi vibrazionali

Sono stati eseguiti rilievi vibrazionali in corrispondenza di n. 10 postazioni distribuite lungo il tracciato in posizioni ritenute rappresentative di classi omogenee di ricettori e di suolo urbano o in corrispondenza di punti significativi quali ad esempio i parcheggi di interscambio o le officine di rimessa ubicate lungo il tracciato.

Nello specifico il rilievo vibrazionale denominato V9 è stato condotto in prossimità del fabbricato rimessa di Staglieno.

Le misure sono state eseguite con un sistema di acquisizione dati a cui viene collegato un sensore triassiale di vibrazioni in box metallico e con un pc portatile atto a garantire il controllo delle operazioni di misura.

3.1.1 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione dei rilievi vibrazionali è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- *Sistema di acquisizione dati*

Per la registrazione dei dati accelerometrici si è fatto uso di un sistema di acquisizione automatico composto da un personal computer (PC) dotato di scheda di acquisizione A/D ad elevate prestazioni. Il sistema è equipaggiato con moduli di acquisizione HBM Quantum X ad 8 canali per assicurare il controllo del numero di sensori accelerometrici previsti in corrispondenza di ciascuna sezione di misura, come meglio dettagliato nel seguito.

Il sistema – gestito da software appositamente sviluppato mediante applicativo Catman della HBM per rilievi strumentali ed operante in ambiente Windows – è in grado di effettuare acquisizione, controllo, filtraggio e gestione dei rilievi secondo differenti modalità operative. Nello specifico il sistema è stato programmato per eseguire una rilevazione in continuo.



Sistema Quantum X 840 B a 8 canali

- *Sensori accelerometrici*

Per l'esecuzione delle misure sono stati utilizzati sensori accelerometrici tali da consentire, in linea generale, una corretta acquisizione dei segnali tenendo conto dei massimi livelli di accelerazione attesi o possibili nelle diverse posizioni di misura.

Nello specifico sono stati impiegati sensore dl tipo PCB 393 B12 con fondo scala 0.5 g.

Di seguito si riporta un estratto della scheda tecnica dei sensori fornita dal costruttore con le principali caratteristiche tecniche e prestazionali.

PERFORMANCE			
Sensitivity (±10 %)	10,000 mV/g	1019.4 mV/(m/s^2)	
Measurement Range	0.5 g pk	4.9 m/s^2 pk	
Frequency Range (±5 %)	0.15 to 1,000 Hz	0.15 to 1,000 Hz	
Frequency Range (±10 %)	0.10 to 2,000 Hz	0.10 to 2,000 Hz	
Frequency Range (±3 dB)	0.05 to 4,000 Hz	0.05 to 4,000 Hz	
Resonant Frequency	≥10,000 Hz	≥10,000 Hz	
Phase Response (±5 °)	1 to 1,000 Hz	1 to 1,000 Hz	
Broadband Resolution (1 to 10000 Hz)	0.000008 g rms	0.00008 m/s^2 rms	[1]
Non-Linearity	≤1 %	≤1 %	[2]
Transverse Sensitivity	≤7 %	≤7 %	
ENVIRONMENTAL			
Overload Limit (Shock)	±5,000 g pk	±49,050 m/s^2 pk	
Temperature Range	-50 to 180 °F	-45 to 82 °C	
Temperature Response	See Graph %/°F	See Graph %/°F	
Base Strain Sensitivity	≤0.0005 g/με	≤0.005 (m/s^2)/με	[1]
ELECTRICAL			
Excitation Voltage	18 to 30 VDC	18 to 30 VDC	
Constant Current Excitation	2 to 20 mA	2 to 20 mA	
Output Impedance	<1,500 Ohm	<1,500 Ohm	
Output Bias Voltage	8 to 12 VDC	8 to 12 VDC	
Discharge Time Constant	≥3.5 sec	≥3.5 sec	
Settling Time	<60 sec	<60 sec	
Spectral Noise (1 Hz)	1.30 μg/√Hz	12.7 (μm/sec^2)/√Hz	[1]
Spectral Noise (10 Hz)	0.32 μg/√Hz	3.1 (μm/sec^2)/√Hz	[1]
Spectral Noise (100 Hz)	0.13 μg/√Hz	1.3 (μm/sec^2)/√Hz	[1]
Spectral Noise (1 kHz)	0.10 μg/√Hz	1 (μm/sec^2)/√Hz	[1]
Electrical Isolation (Case)	≥10^8 Ohm	≥10^8 Ohm	

Model Number **393B12**

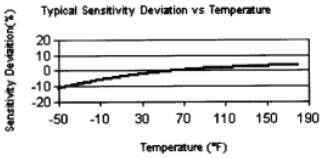
SEISMIC ICP® ACCELEROMETER

Revision: J
ECN #: 25881

Performance	ENGLISH	SI	
Sensitivity(± 10 %)	10,000 mV/g	1019.4 mV/(m/s²)	
Measurement Range	0.5 g pk	4.9 m/s² pk	
Frequency Range(± 5 %)	0.15 to 1000 Hz	0.15 to 1000 Hz	
Frequency Range(± 10 %)	0.10 to 2000 Hz	0.10 to 2000 Hz	
Frequency Range(± 3 dB)	0.05 to 4000 Hz	0.05 to 4000 Hz	
Resonant Frequency	≥ 10 kHz	≥ 10 kHz	
Phase Response(± 5 °)	1 to 1000 Hz	1 to 1000 Hz	
Broadband Resolution(1 to 10,000 Hz)	0.000008 g rms	0.00008 m/s² rms	[1]
Non-Linearity	≤ 1 %	≤ 1 %	[2]
Transverse Sensitivity	≤ 7.0 %	≤ 7.0 %	
Environmental			
Overload Limit(Shock)	± 5000 g pk	± 49,050 m/s² pk	
Temperature Range	-50 to +180 °F	-45 to +82 °C	
Temperature Response	See Graph	See Graph	
Base Strain Sensitivity	≤ 0.0005 g/με	≤ 0.005 (m/s²)/με	[1]
Electrical			
Excitation Voltage	18 to 30 VDC	18 to 30 VDC	
Constant Current Excitation	2 to 20 mA	2 to 20 mA	
Output Impedance	<1500 ohm	<1500 ohm	
Output Bias Voltage	8 to 12 VDC	8 to 12 VDC	
Discharge Time Constant	≥ 3.5 sec	≥ 3.5 sec	
Settling Time	<60 sec	<60 sec	
Spectral Noise(1 Hz)	1.30 μg/√Hz	12.7 (μm/s²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(10 Hz)	0.32 μg/√Hz	3.1 (μm/s²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(100 Hz)	0.13 μg/√Hz	1.3 (μm/s²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(1 kHz)	0.10 μg/√Hz	1.0 (μm/s²)/√Hz	[1]
Electrical Isolation(Case)	≥ 10^8 ohm	≥ 10^8 ohm	
Physical			
Sensing Element	Ceramic	Ceramic	
Sensing Geometry	Shear	Shear	
Housing Material	Stainless Steel	Stainless Steel	
Sealing	Hermetic	Hermetic	
Size (Hex x Height)	1 3/16 in x 2 3/16 in	30.2 mm x 55.6 mm	
Weight	7.4 oz	210 gm	[1]
Electrical Connector	2-Pin MIL-C-5015	2-Pin MIL-C-5015	
Electrical Connection Position	Top	Top	
Mounting Thread	1/4-28 Female	1/4-28 Female	
Mounting Torque	2 to 5 ft-lb	2.7 to 6.8 N-m	

CE [3]

Typical Sensitivity Deviation vs Temperature



All specifications are at room temperature unless otherwise specified.
In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice.

ICP® is a registered trademark of PCB Group, Inc.

OPTIONAL VERSIONS

Optional versions have identical specifications and accessories as listed for the standard model except where noted below. More than one option may be used.

NOTES:
[1] Typical.
[2] Zero-based, least-squares, straight line method.
[3] See PCB Declaration of Conformance PS023 for details.

SUPPLIED ACCESSORIES:
Model 081B20 Mounting Stud, with shoulder (1/4-28 to 1/4-28) (1)
Model 085A31 Protective Thermal Jacket (1)
Model ACS-1 NIST traceable frequency response (10 Hz to upper 5% point). (1)
Model ACS-4 Single-axis, low frequency phase and amplitude response calibration. (1)
Model M081B20 Mounting Stud 1/4-28 to M6 X 0.75 (1)

Entered:	Engineer:	Sales:	Approved:	Spec Number:
Date: 2-21-07	Date: 2/23/07	Date: 2/23/7	Date: 2/23/07	393-2120-80

PCB PIEZOTRONICS™ VIBRATION DIVISION
3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043
Phone: 716-684-0001
Fax: 716-685-3886
E-Mail: vibration@pcb.com

- *Banchi di alimentazione dei sensori*

Per l'alimentazione dei sensori sono stati utilizzati banchi dedicati del sistema Quantum X di HBM interni o esterni al condizionatore di segnale.

- *Filtri anti-aliasing*

Filtri anti-aliasing impostati per gli accelerometri a 100 Hz per una frequenza di campionamento impostata al valore di 200 Hz.

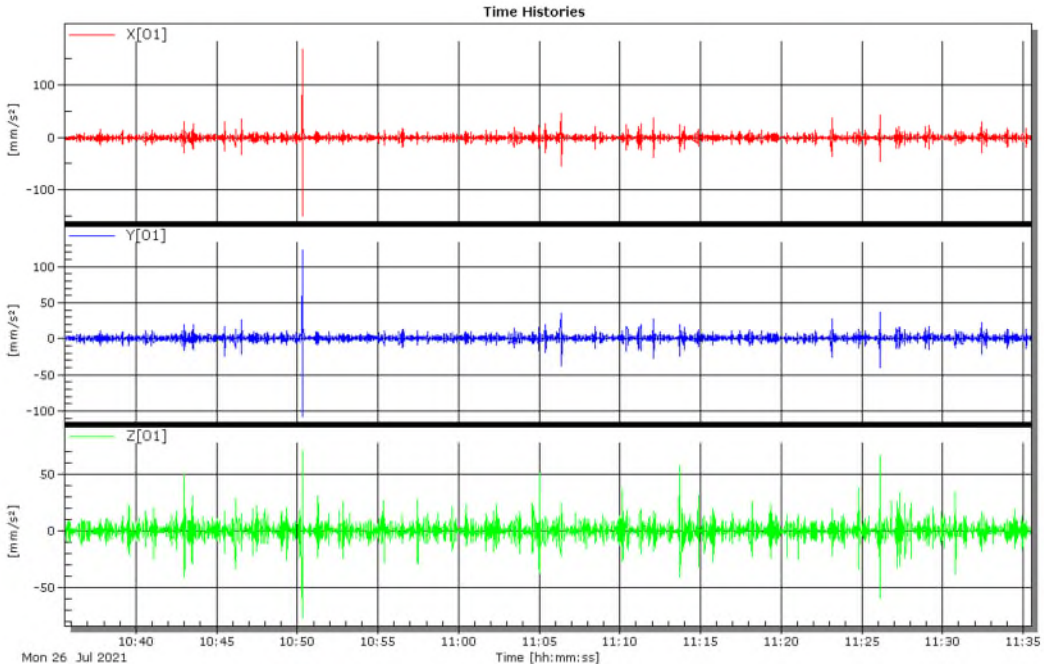
3.1.2 Rilievi eseguiti e risultati ottenuti

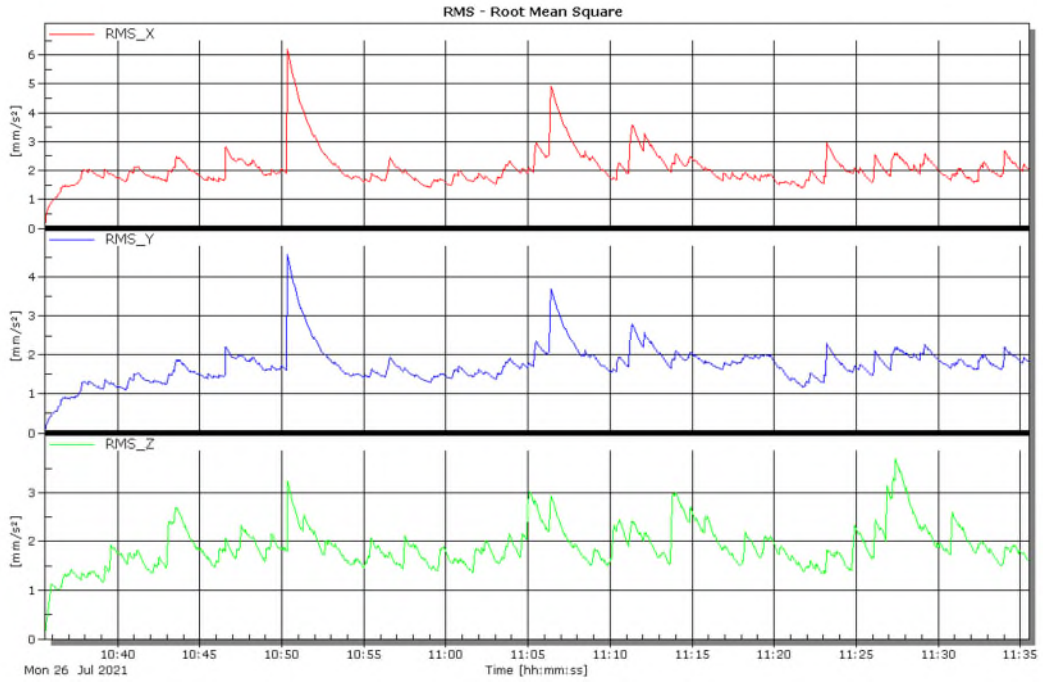
Sono complessivamente stati eseguiti n. 10 rilievi vibrazionali in corrispondenza di altrettante postazioni di misura come previsto nel programma di misure di caratterizzazione dello stato di fatto.

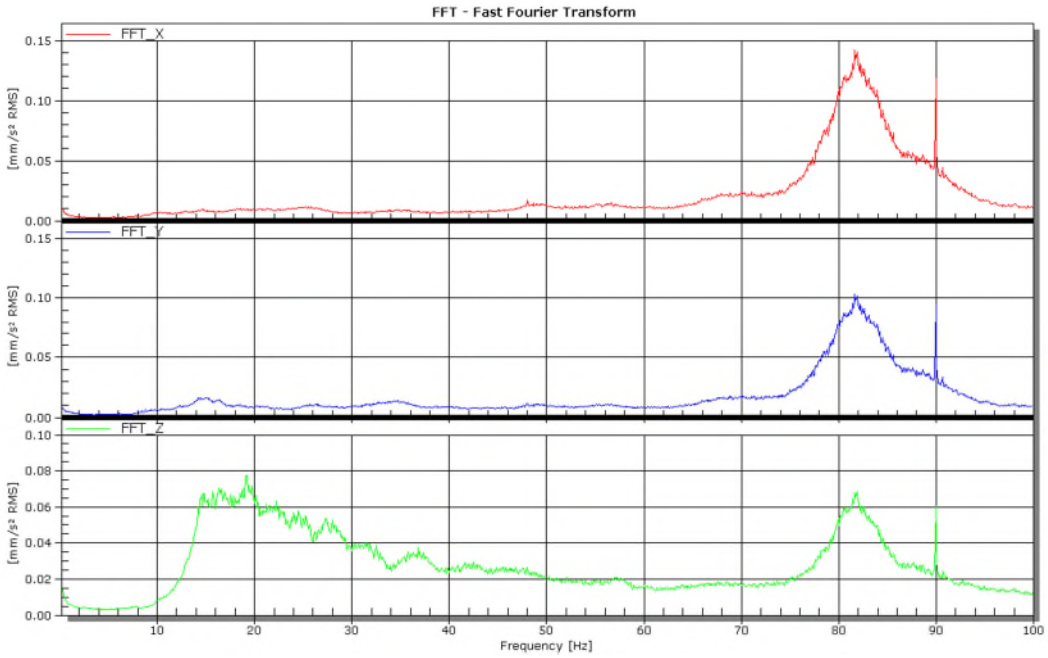
Di seguito vengono sinteticamente illustrati i risultati ottenuti riportando nell'ordine la Time History, l'andamento del valore RMS e l'andamento della trasformata di Fourier con la riproduzione dello spettro in frequenza.

3.1.2.1 Punto V1



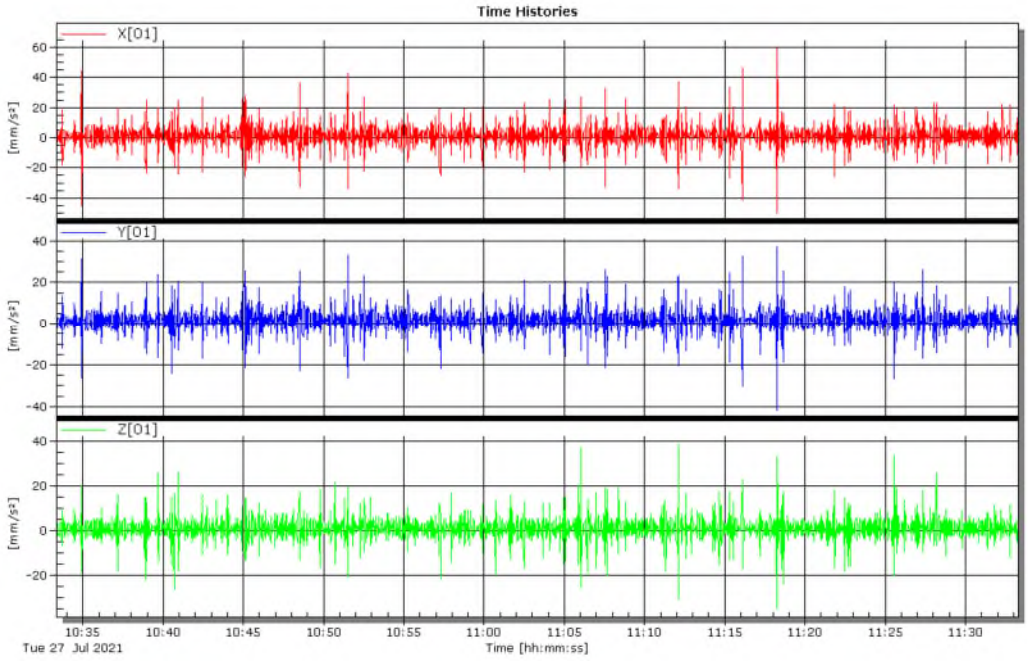


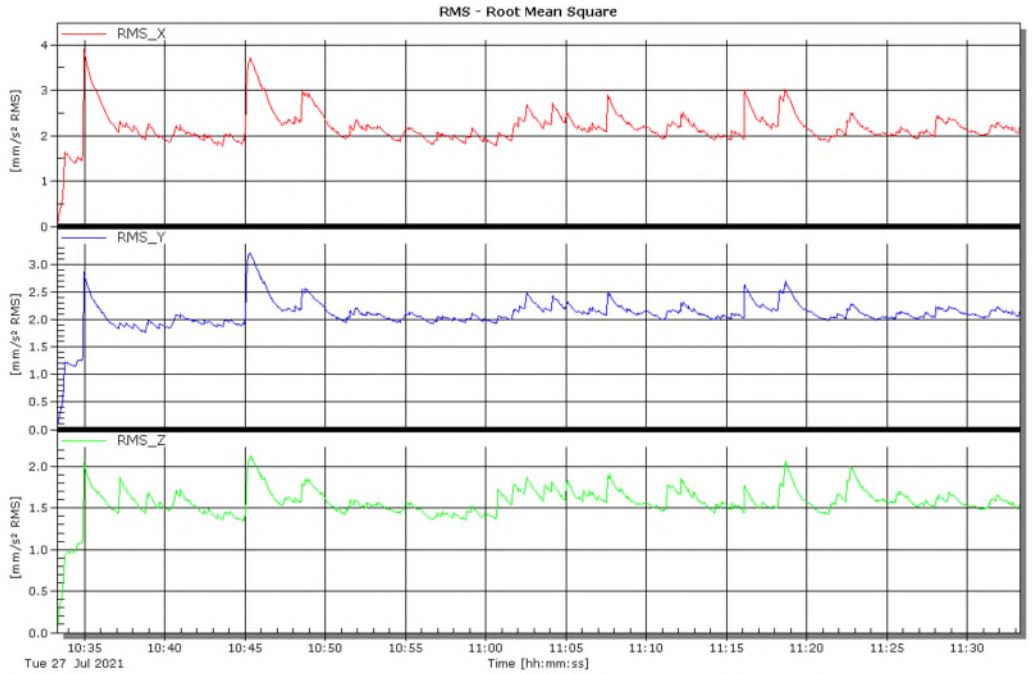

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s²]
Mon 26 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

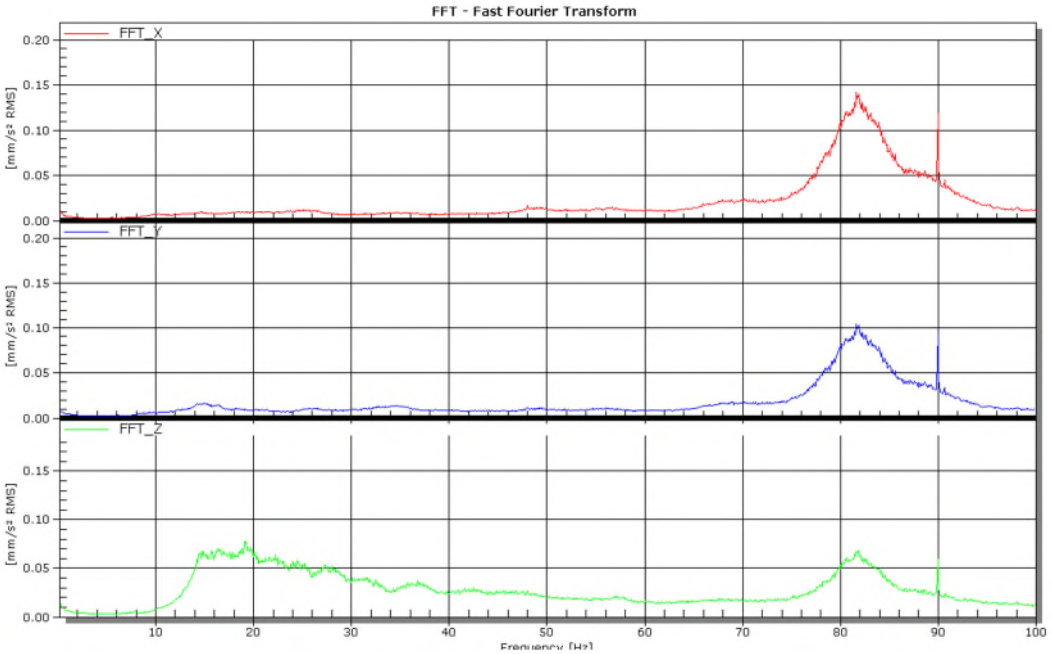

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
Frequency [Hz]

3.1.2.2 Punto V2



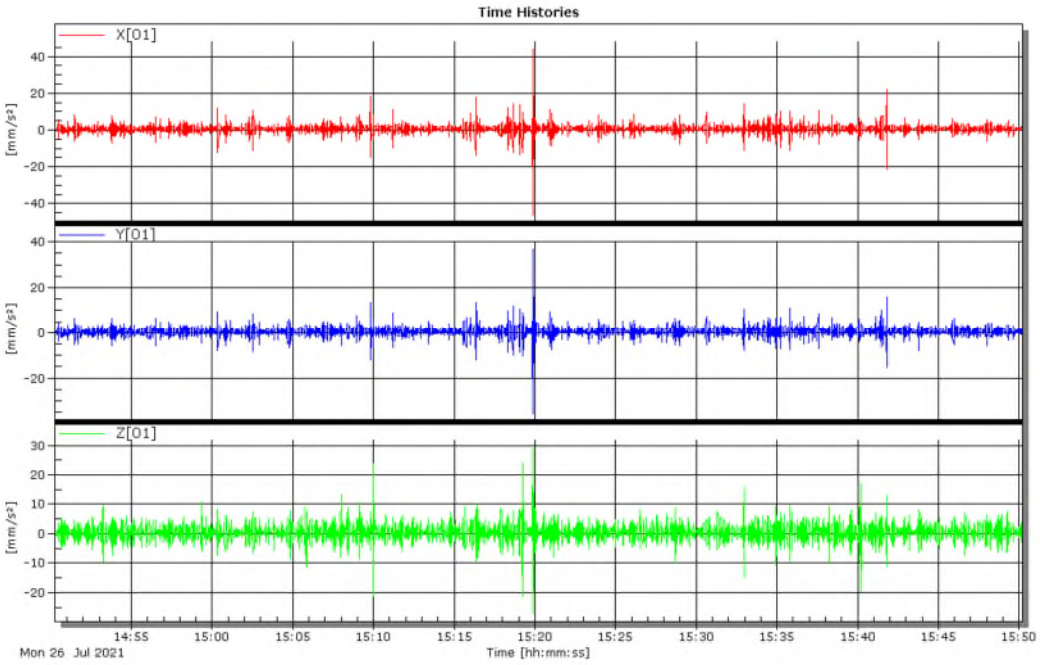


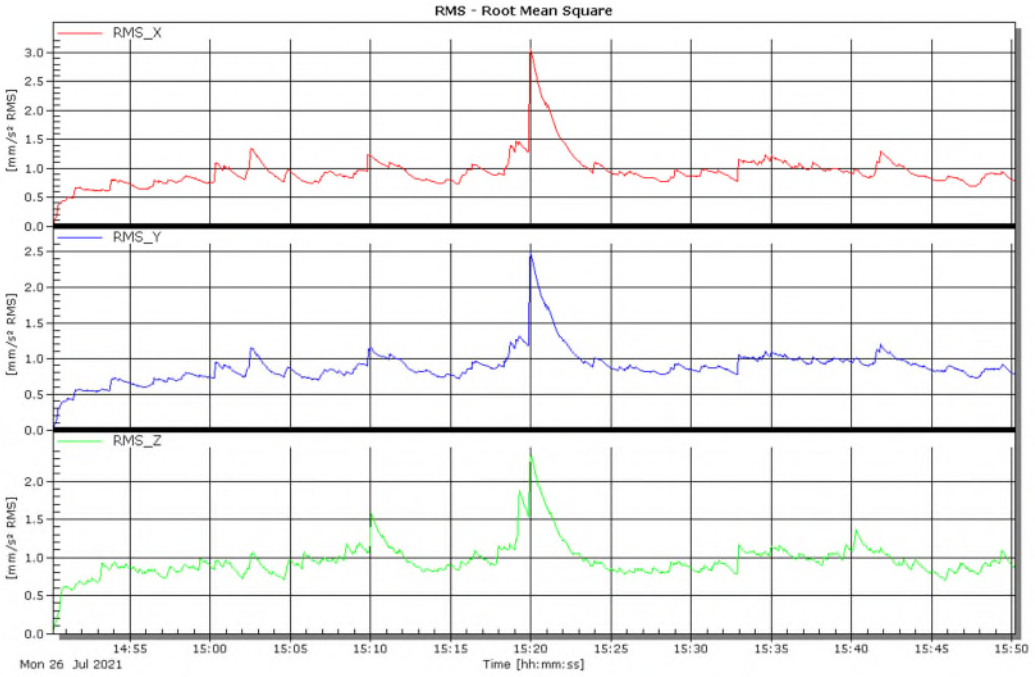

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
10:35
10:40
10:45
10:50
10:55
11:00
11:05
11:10
11:15
11:20
11:25
11:30
Tue 27 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

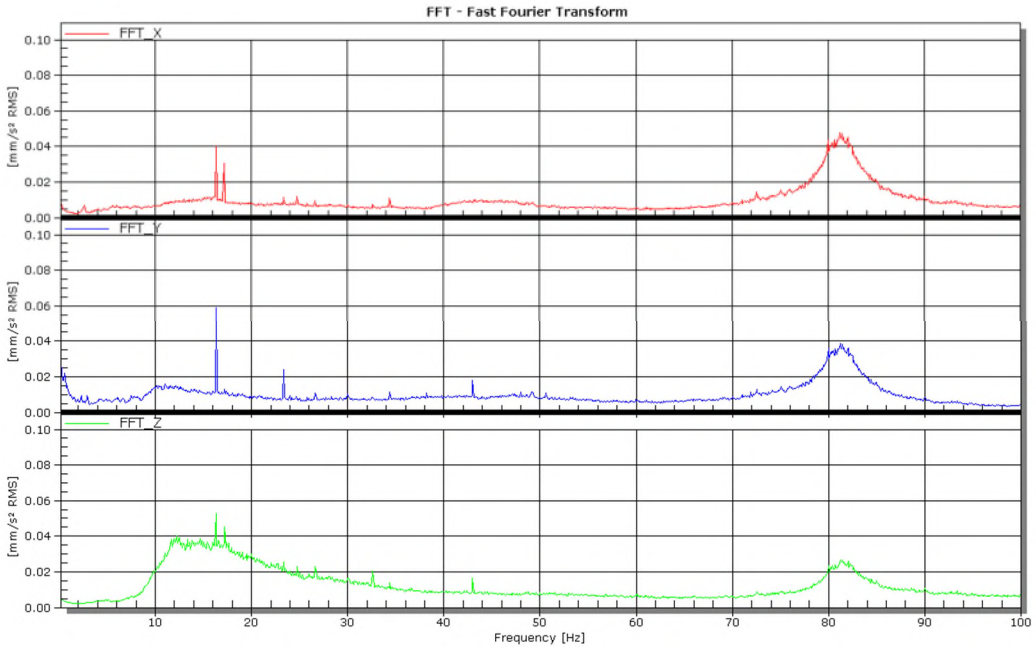

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

3.1.2.3 Punto V3

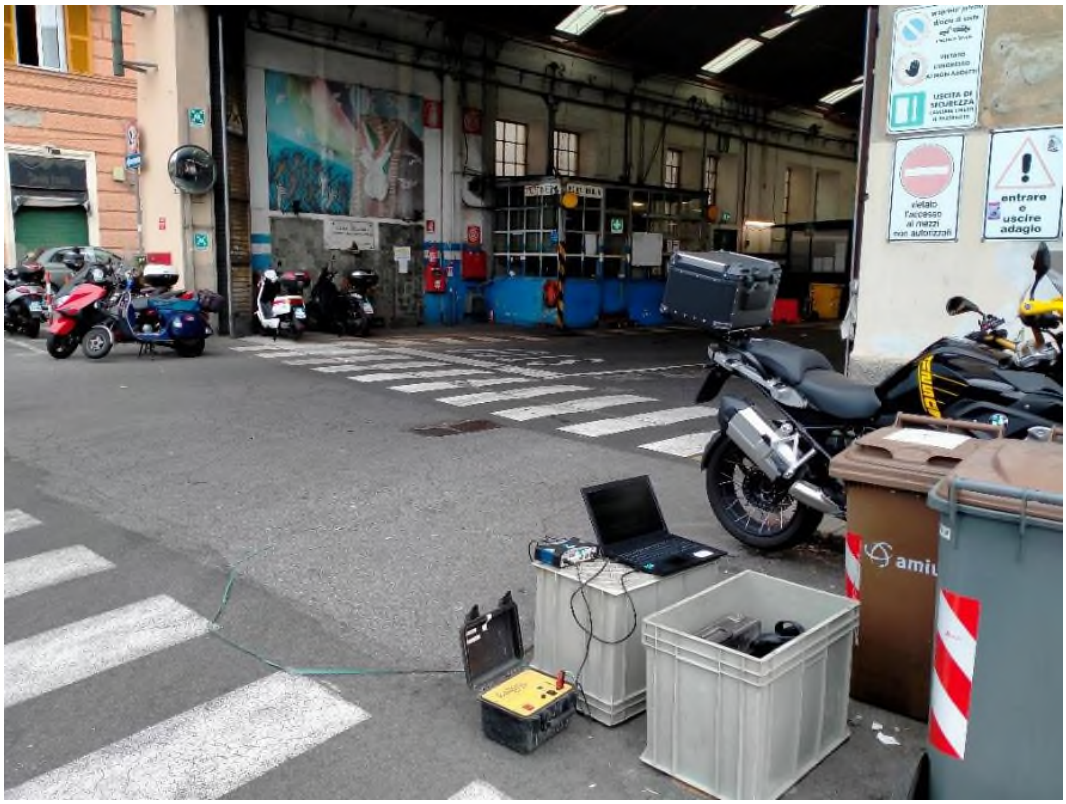


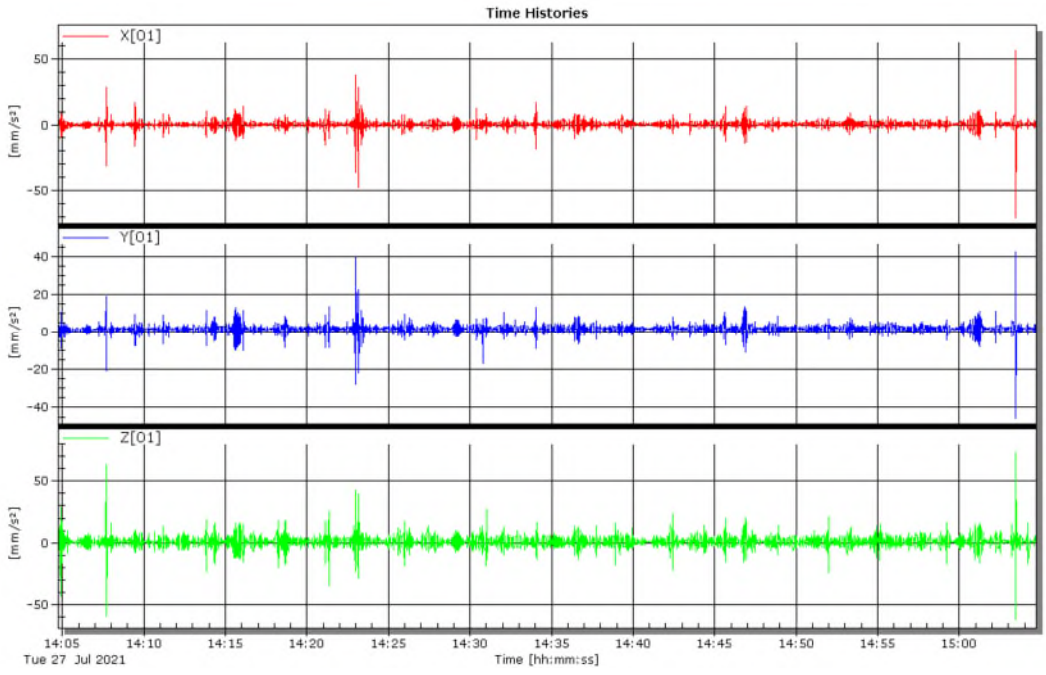


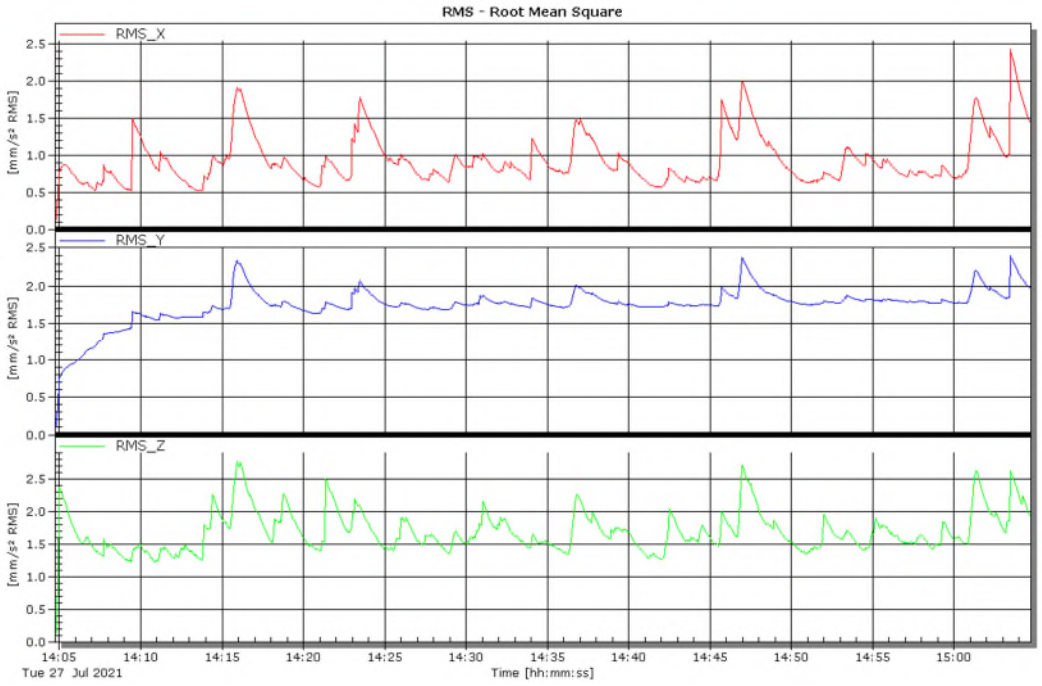

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
Mon 26 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

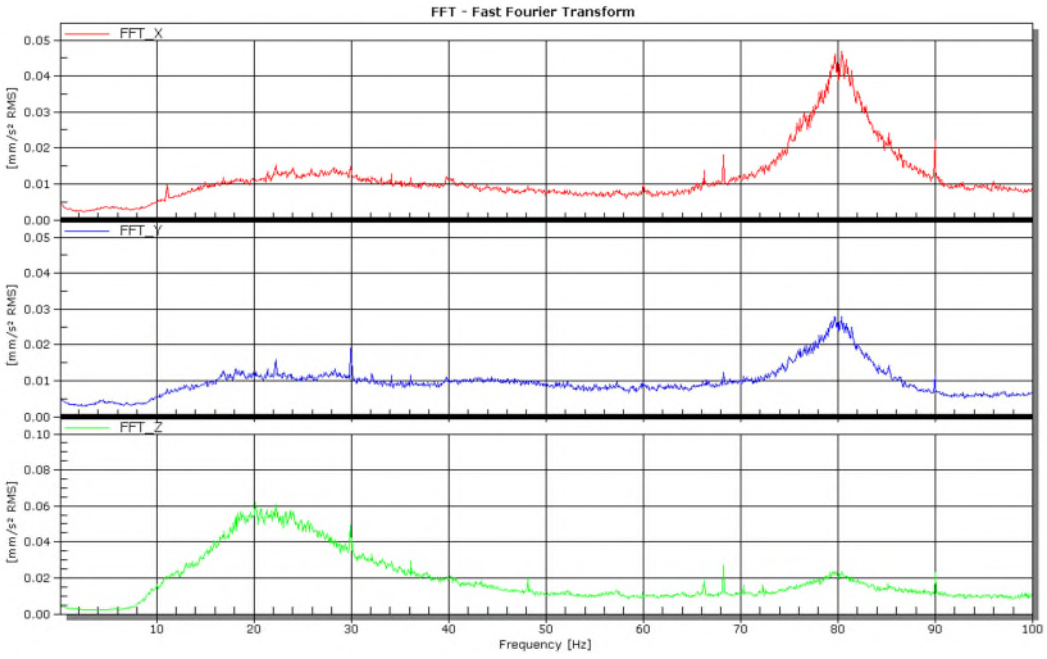

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
Frequency [Hz]

3.1.2.4 Punto V4



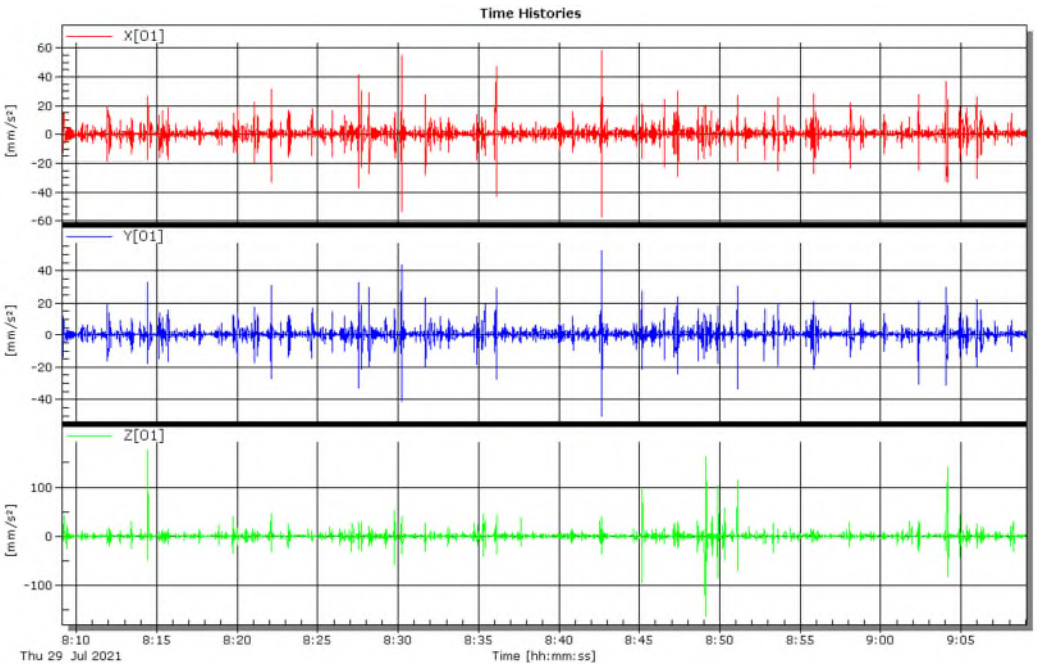


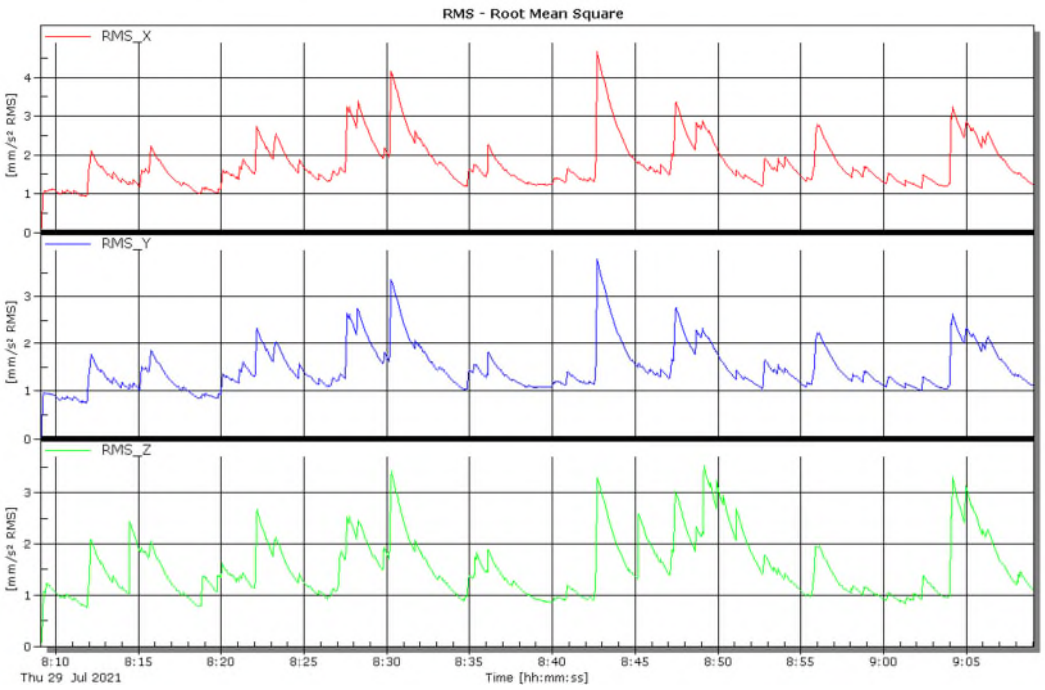

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
Tue 27 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

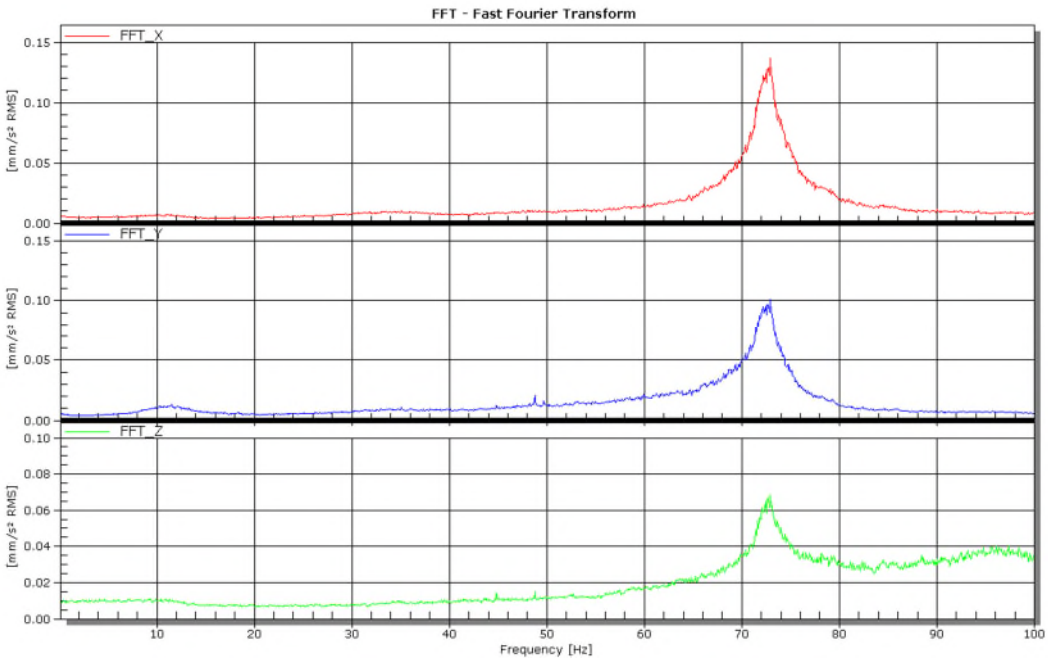

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
Frequency [Hz]

3.1.2.5 Punto V5



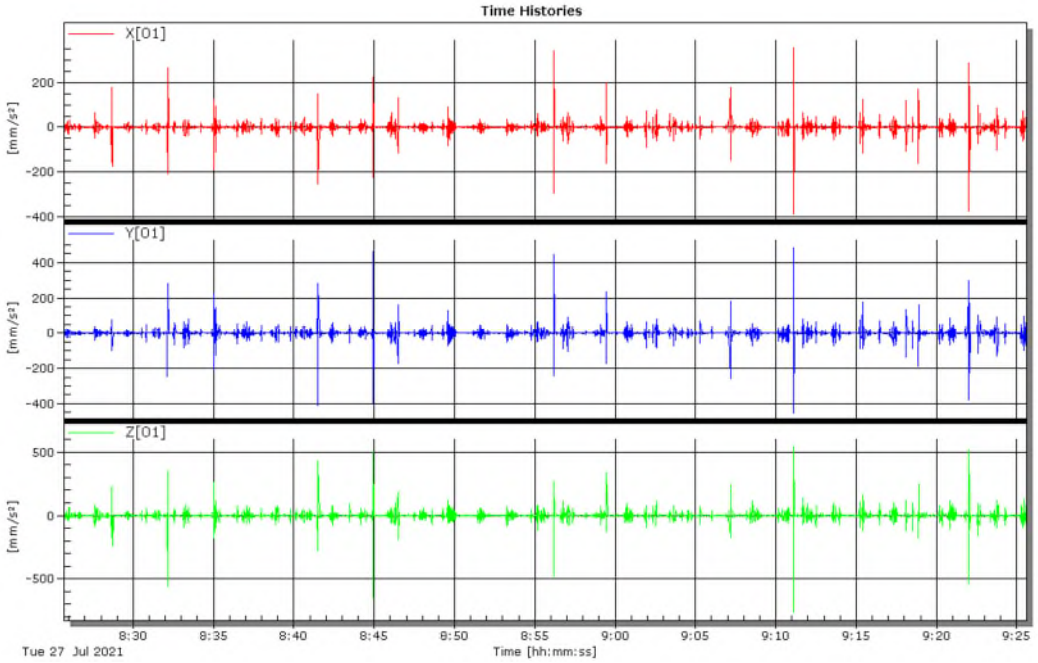


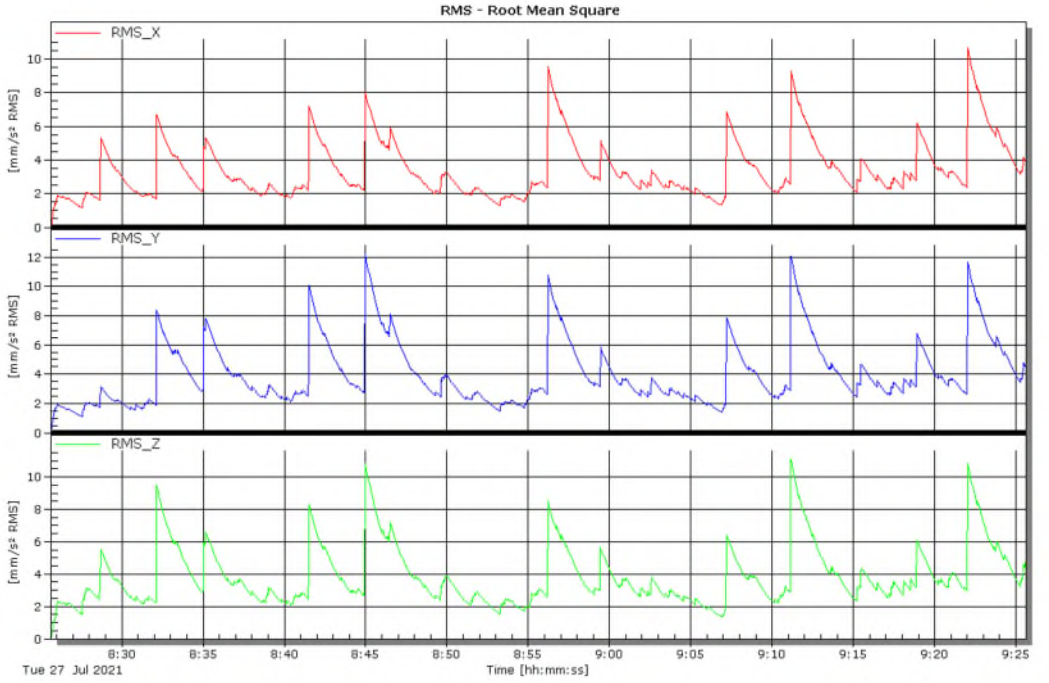

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
8:10
8:15
8:20
8:25
8:30
8:35
8:40
8:45
8:50
8:55
9:00
9:05
Thu 29 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

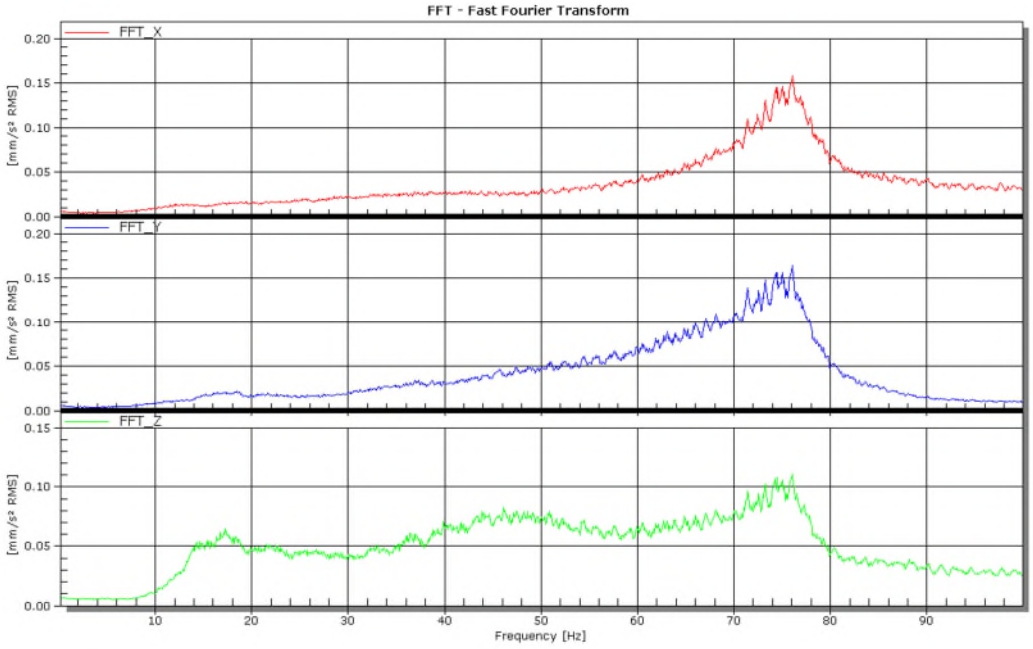

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Frequency [Hz]

3.1.2.6 Punto V6



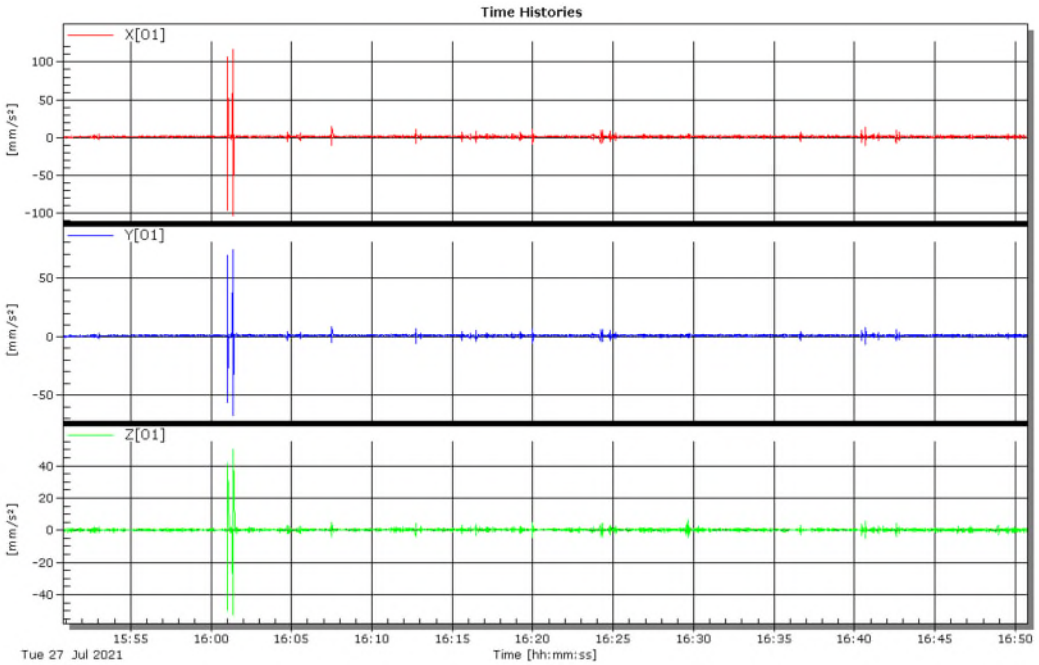


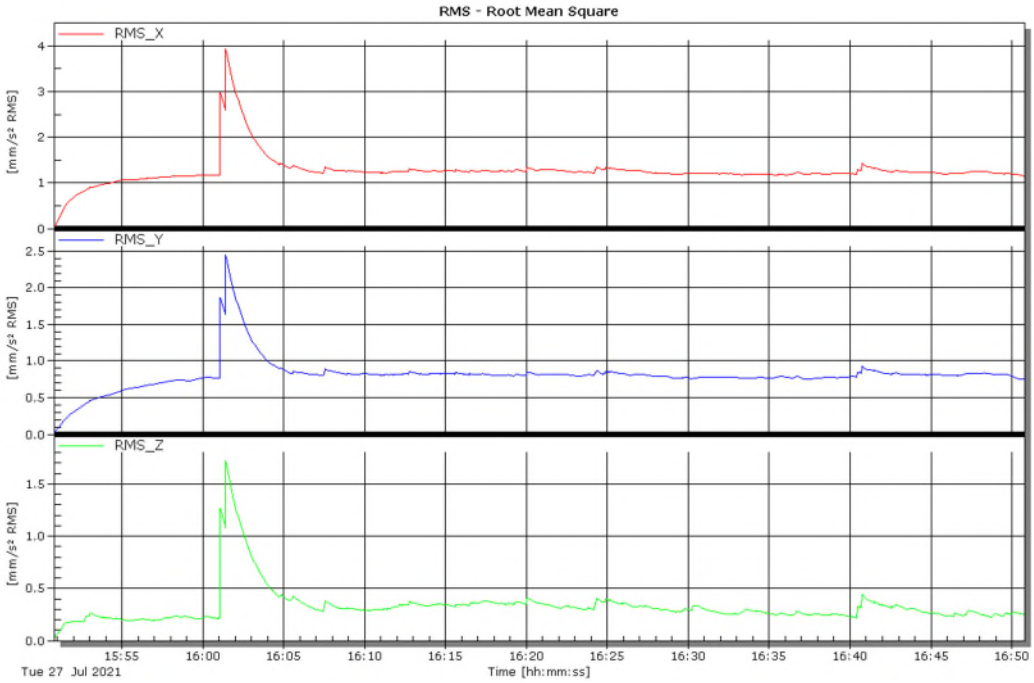

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
Tue 27 Jul 2021
8:30
8:35
8:40
8:45
8:50
8:55
9:00
9:05
9:10
9:15
9:20
9:25
Time [hh:mm:ss]

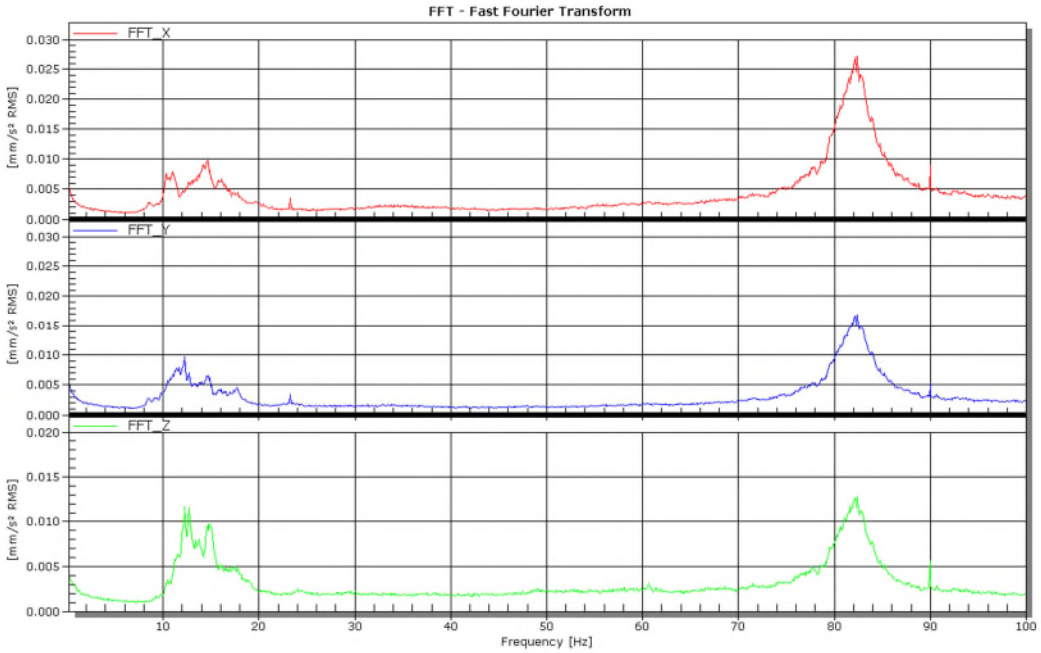

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Frequency [Hz]

3.1.2.7 Punto V7



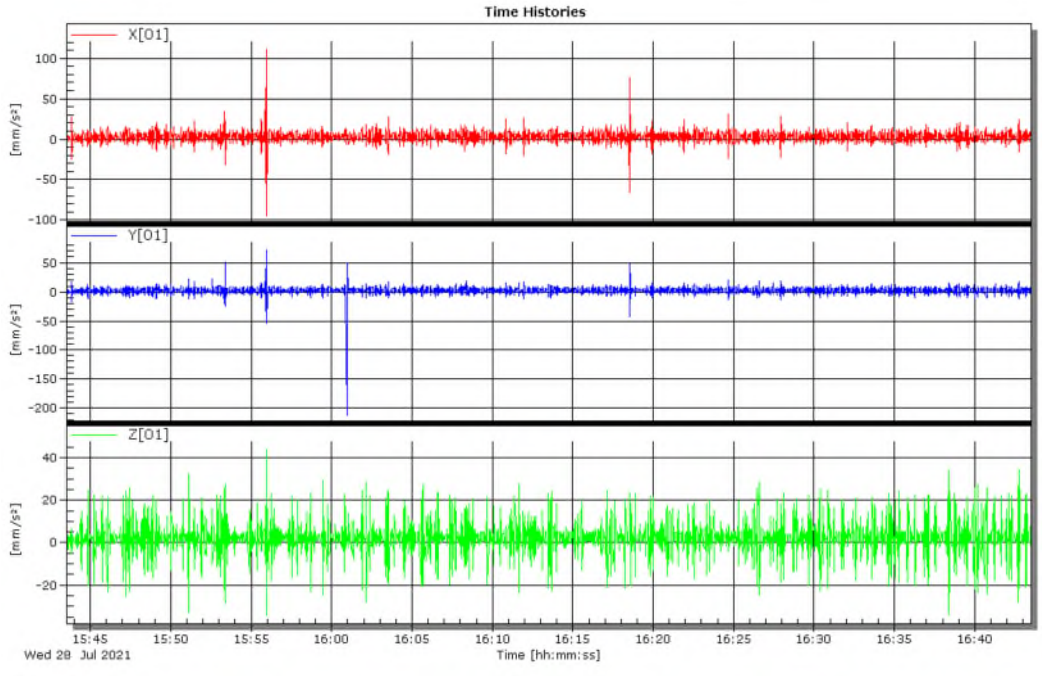


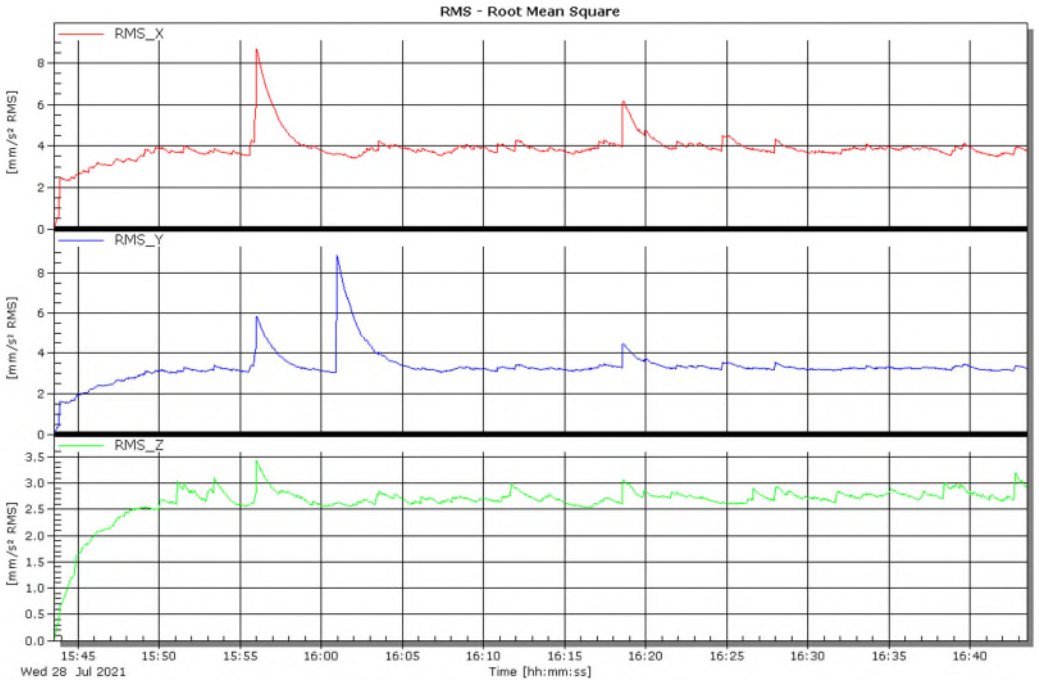

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
Tue 27 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

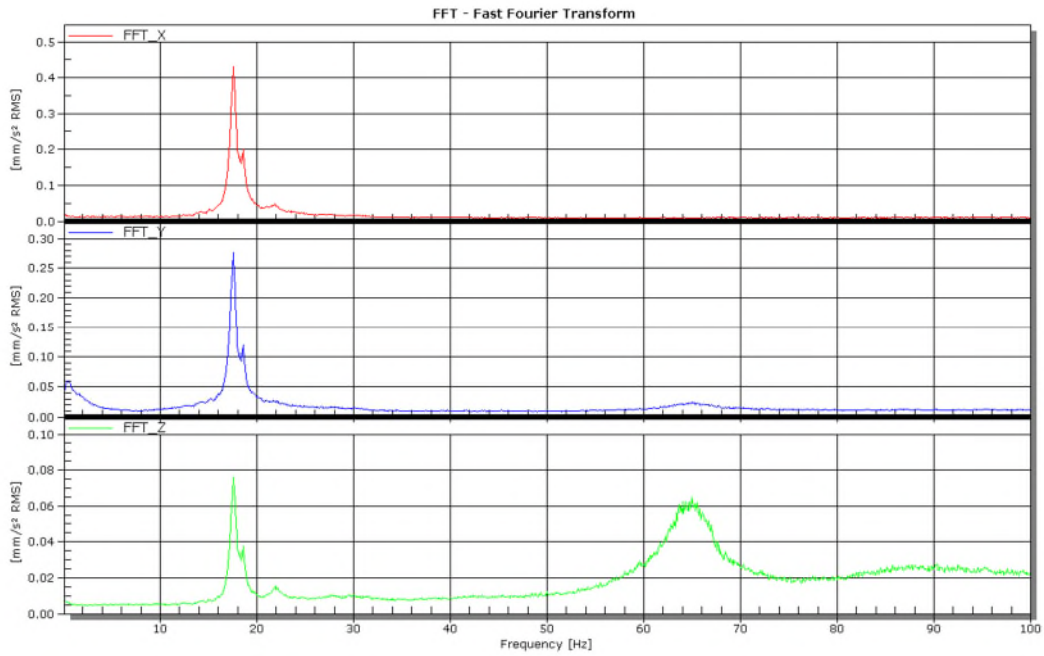

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
Frequency [Hz]

3.1.2.8 Punto V8



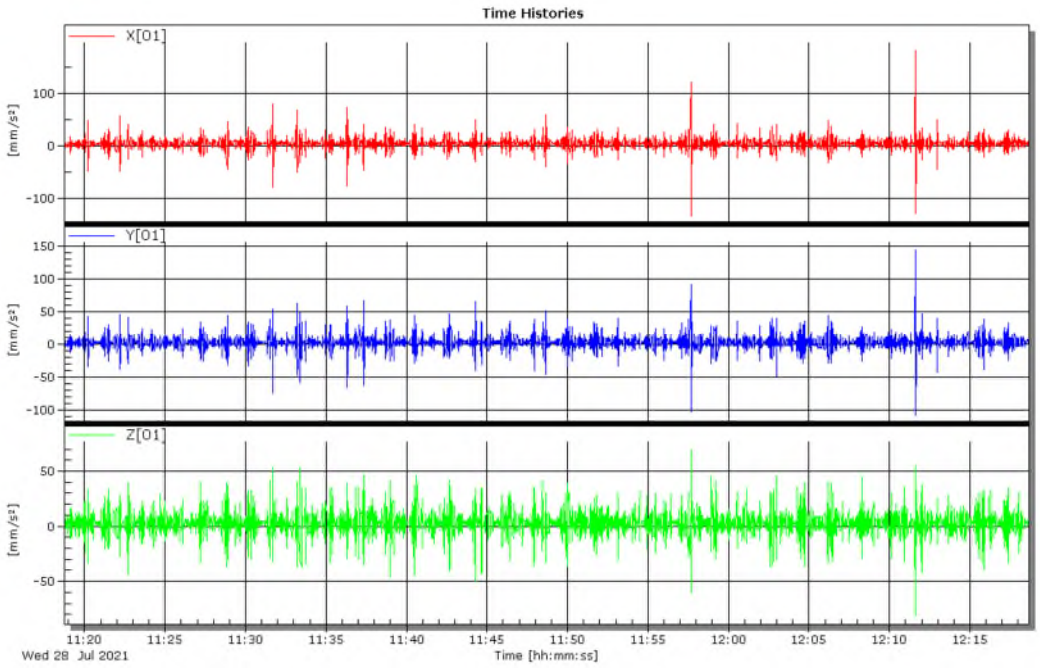


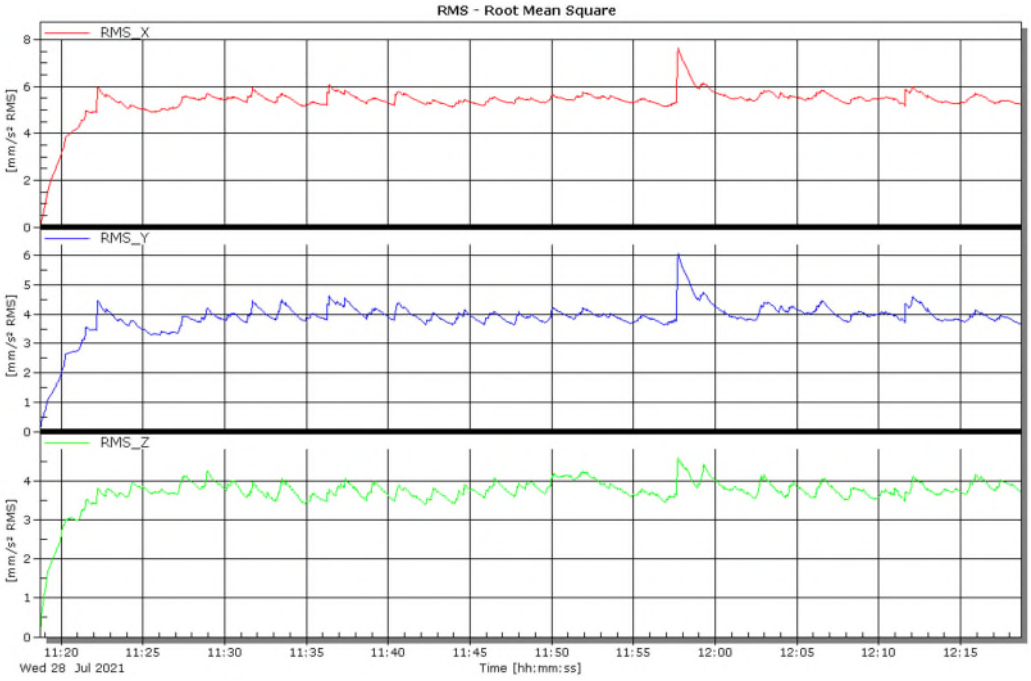

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
15:45
15:50
15:55
16:00
16:05
16:10
16:15
16:20
16:25
16:30
16:35
16:40
Wed 28 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

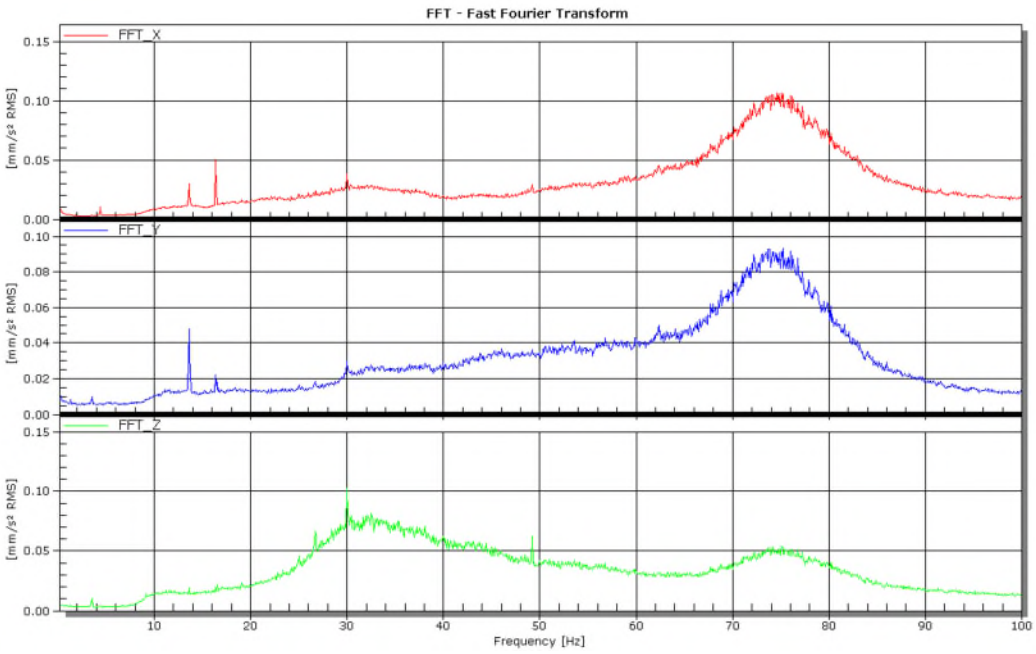

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Frequency [Hz]

3.1.2.9 Punto V9



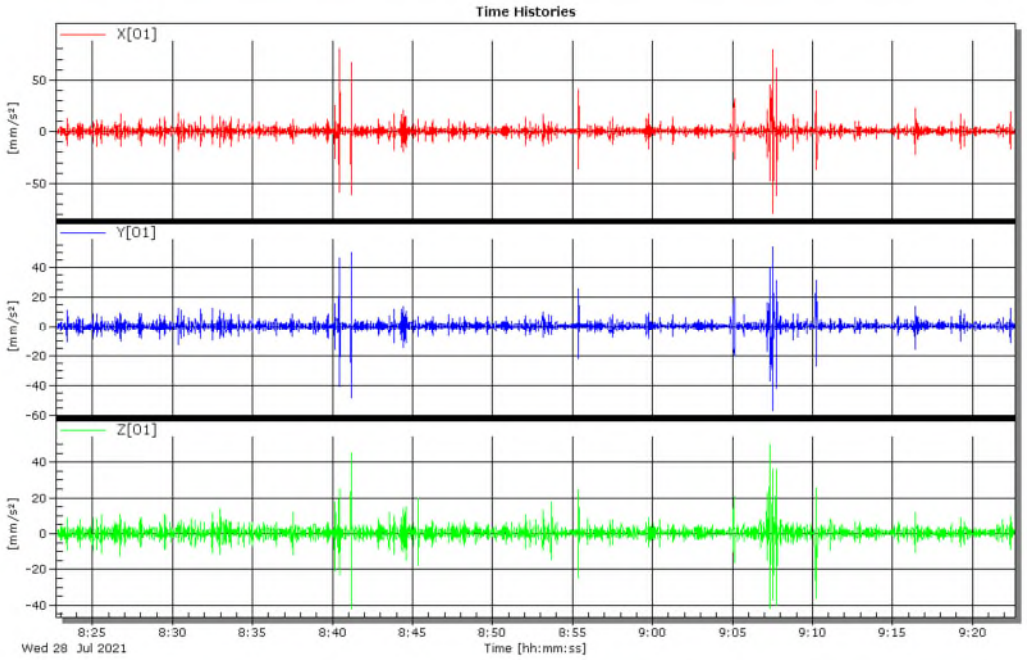


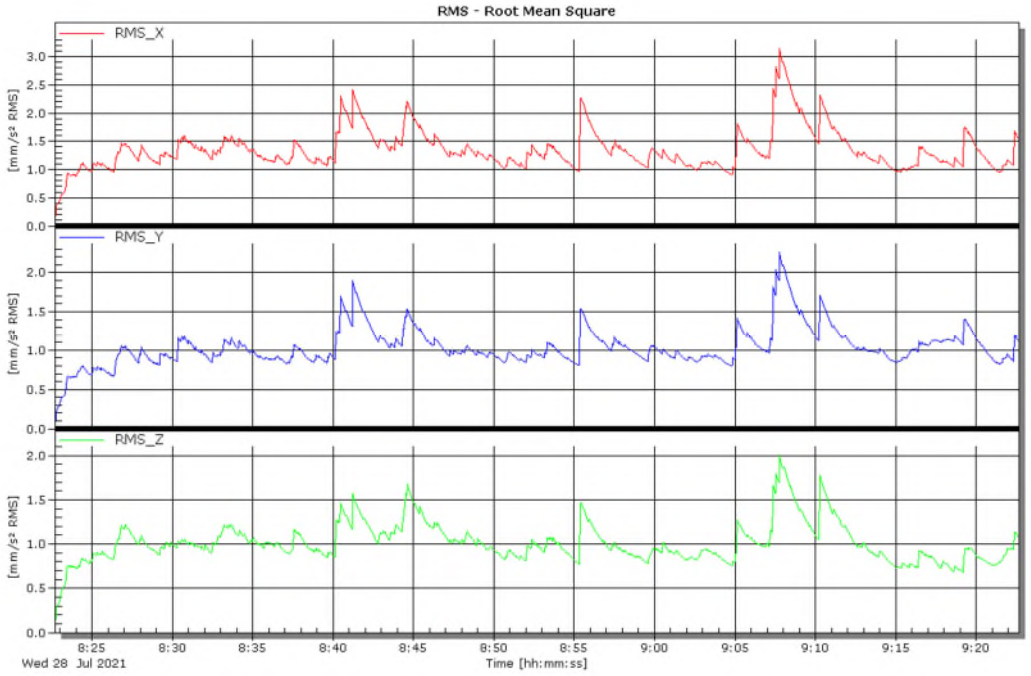

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
Wed 28 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

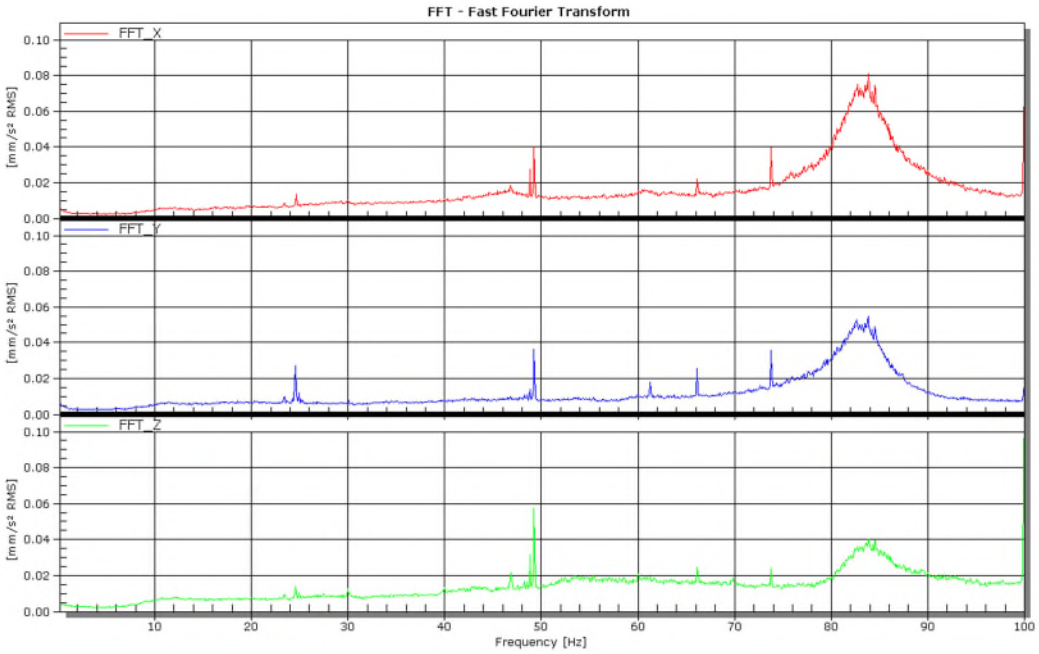

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
Frequency [Hz]

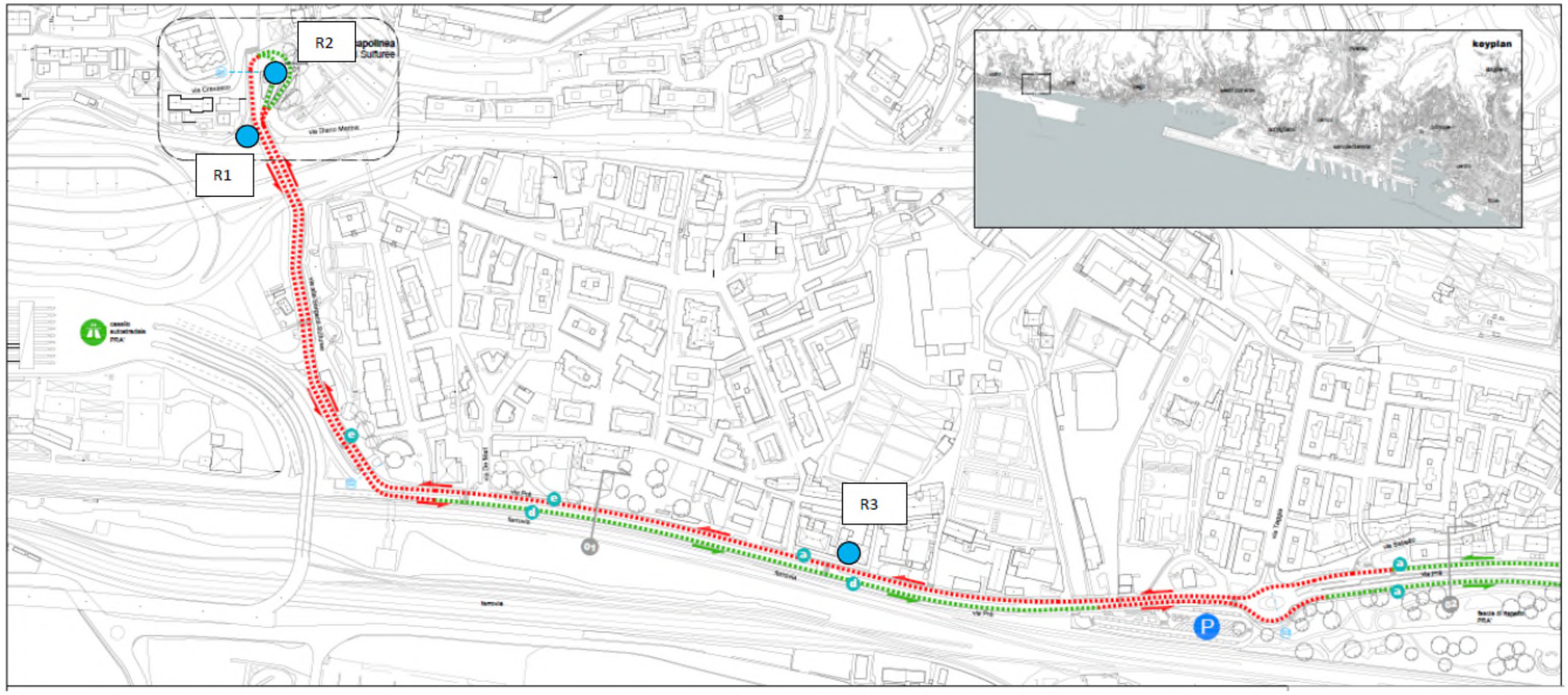
3.1.2.10 Punto V10

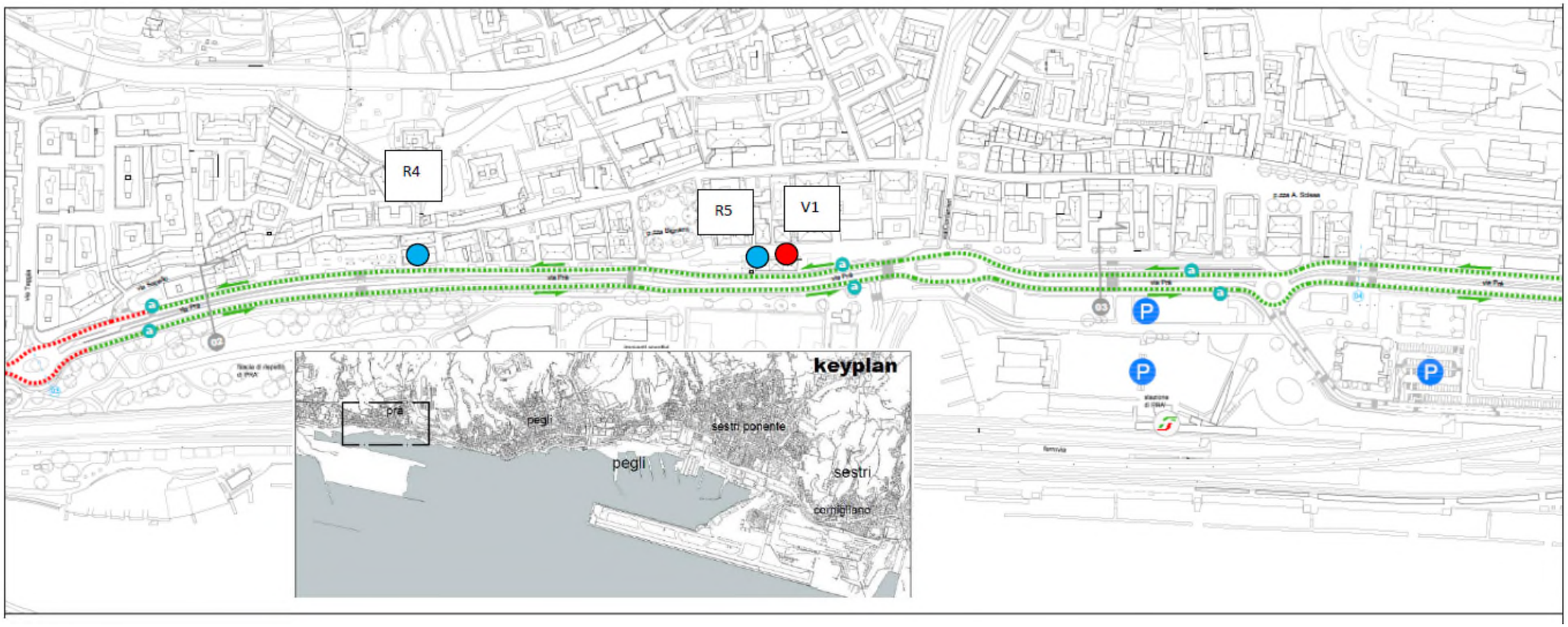


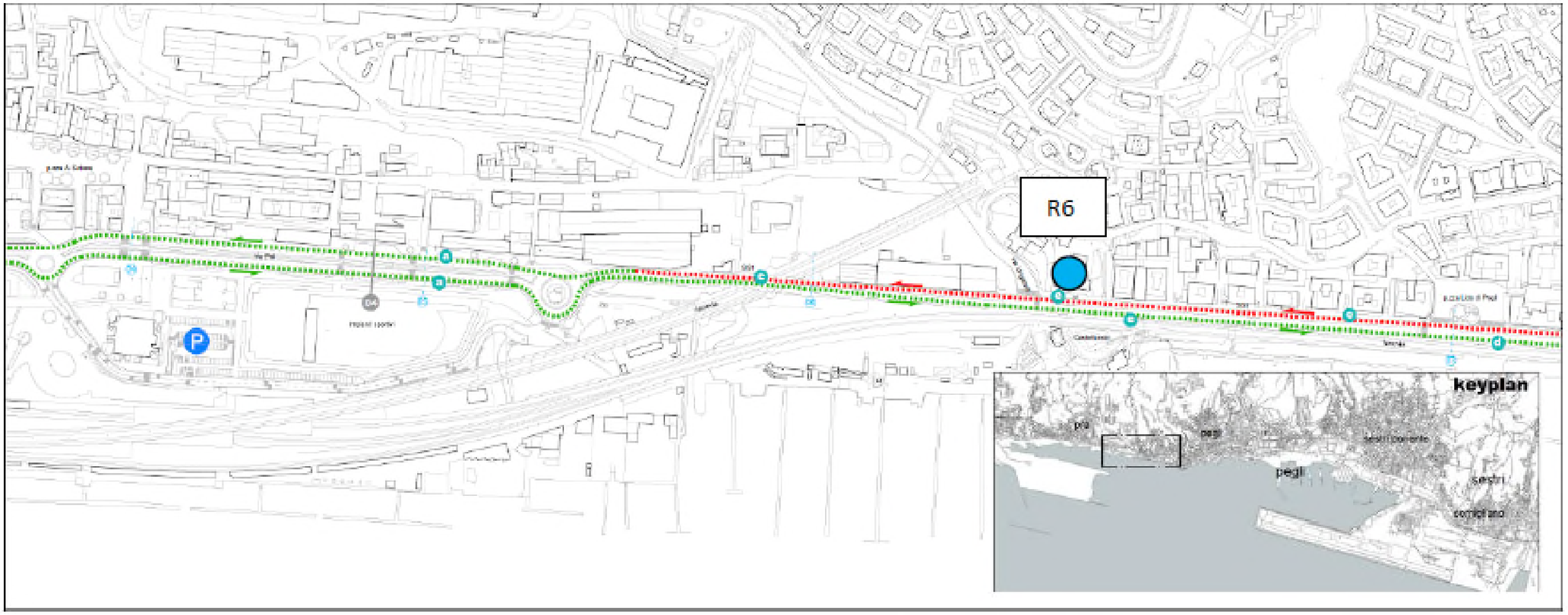


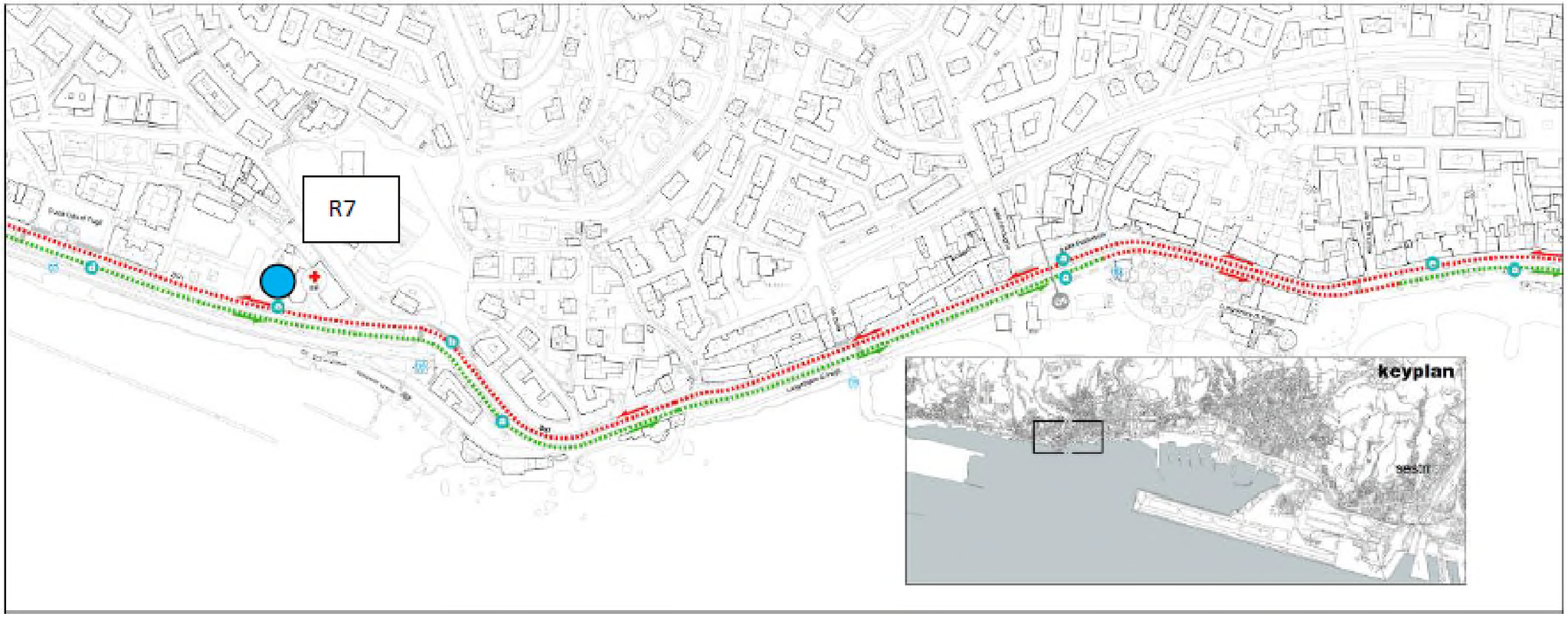

RMS - Root Mean Square
RMS_X
RMS_Y
RMS_Z
[mm/s² RMS]
Wed 28 Jul 2021
Time [hh:mm:ss]

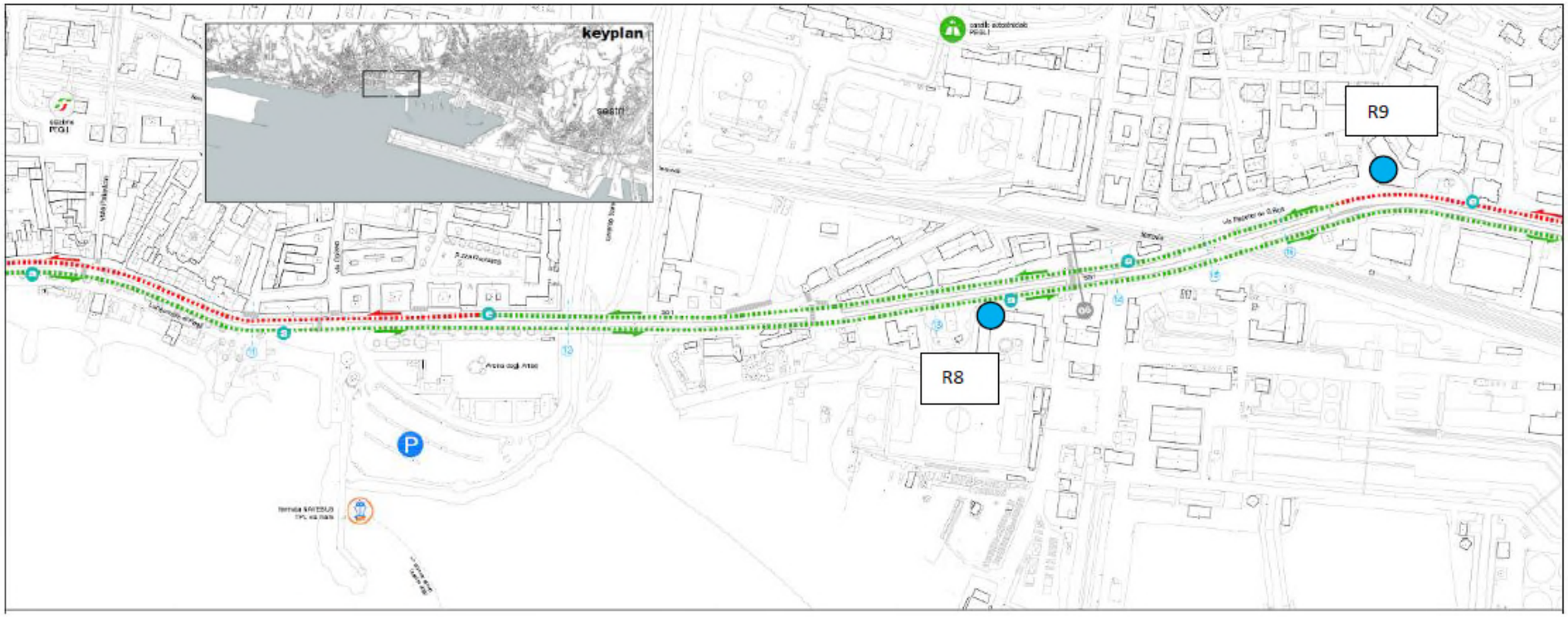

FFT - Fast Fourier Transform
FFT_X
FFT_Y
FFT_Z
[mm/s² RMS]
Frequency [Hz]

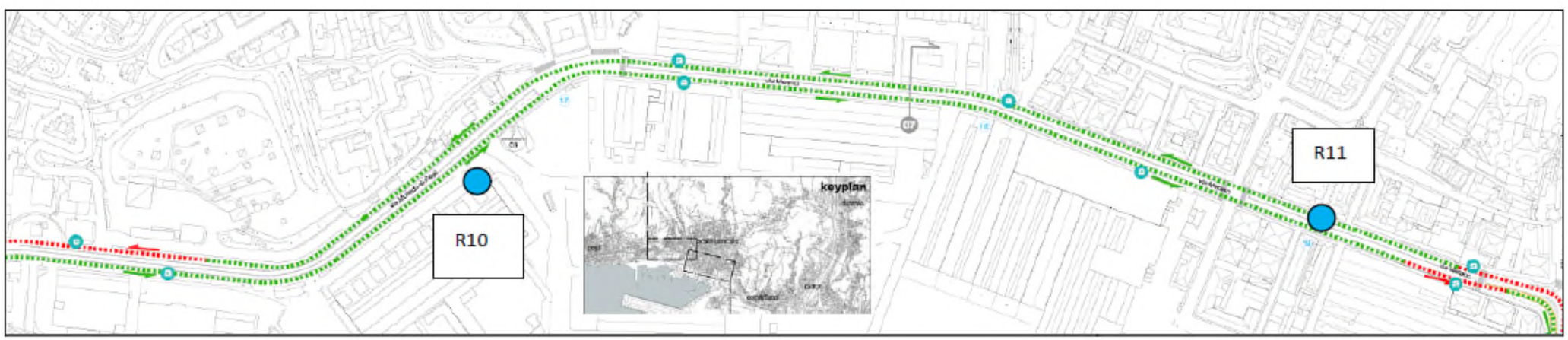

R2
R1
R3
keyplan
via Cravasco
via Rimassa
via Piave
via Tavani
via Schiaffo
via Pra'
Ferrovia
Ferrovia
Ferrovia
01
P

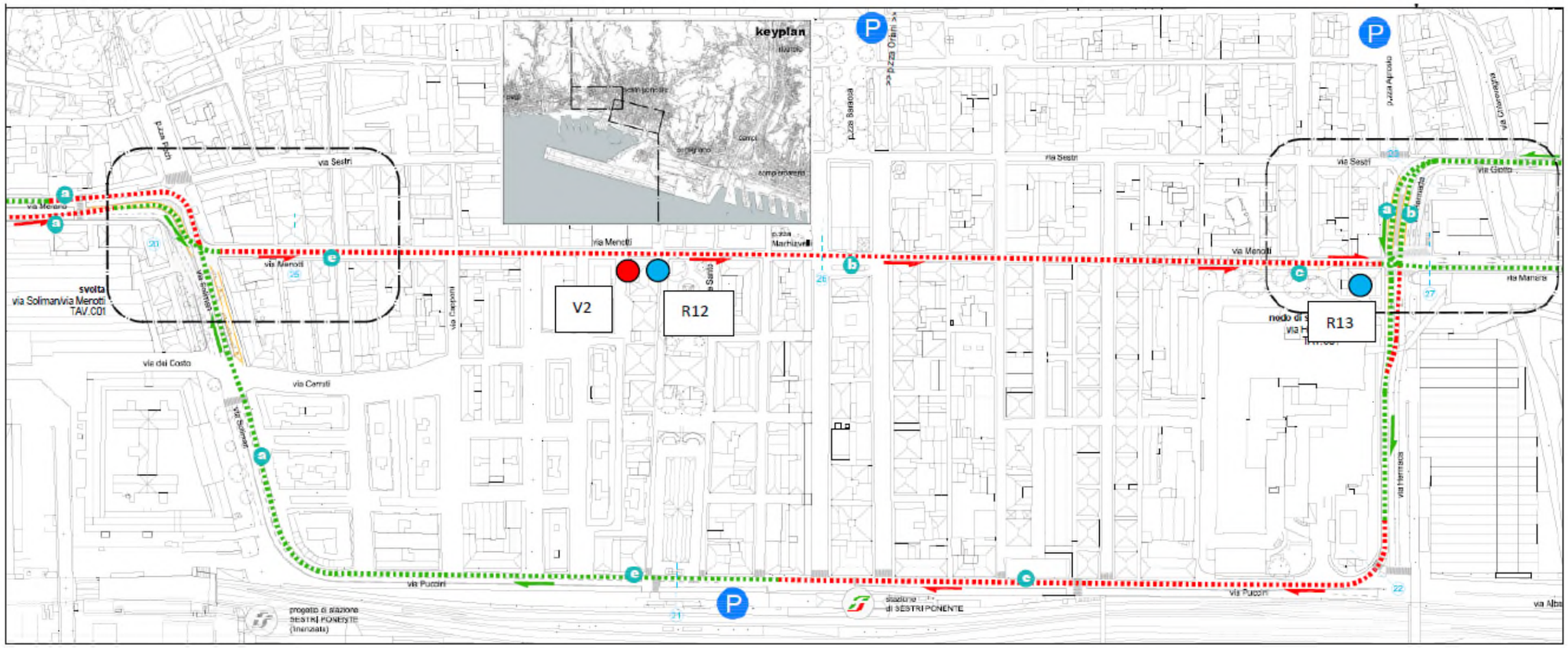

R4
R5
V1
keyplan
prà
pegli
sestri ponente
pegli
sestri
cornigliano

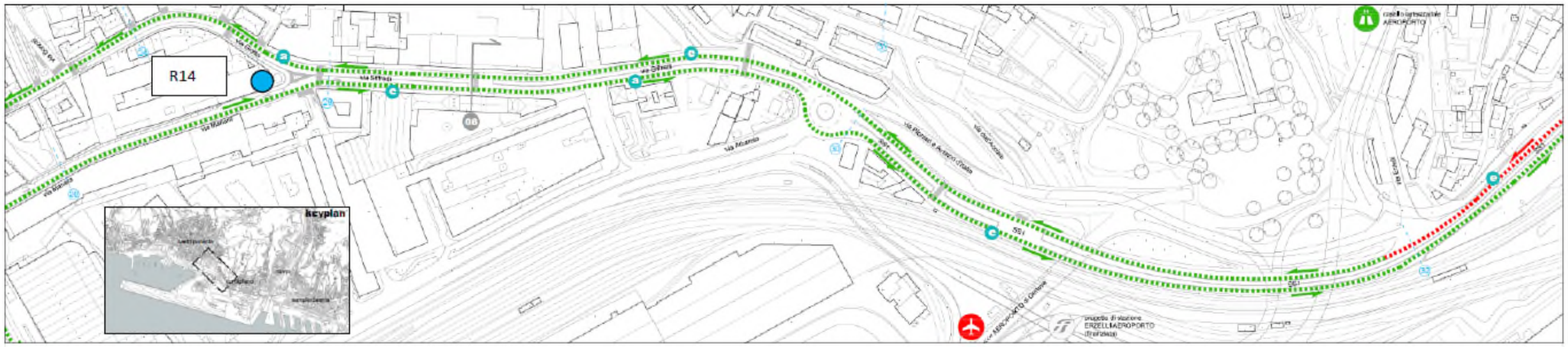

R6
keyplan
pegli
pegli
sestri ponente
sestri
sestri ponente


R7
keyplan

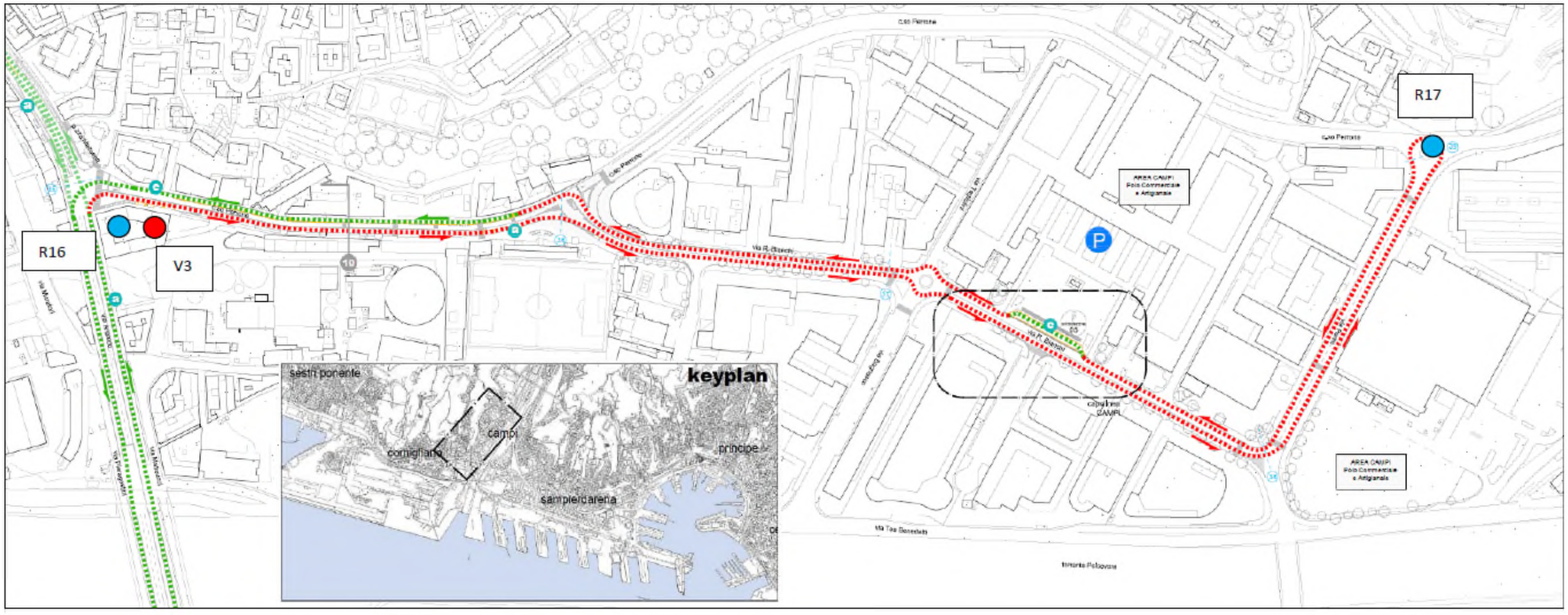

keyplan
R9
R8

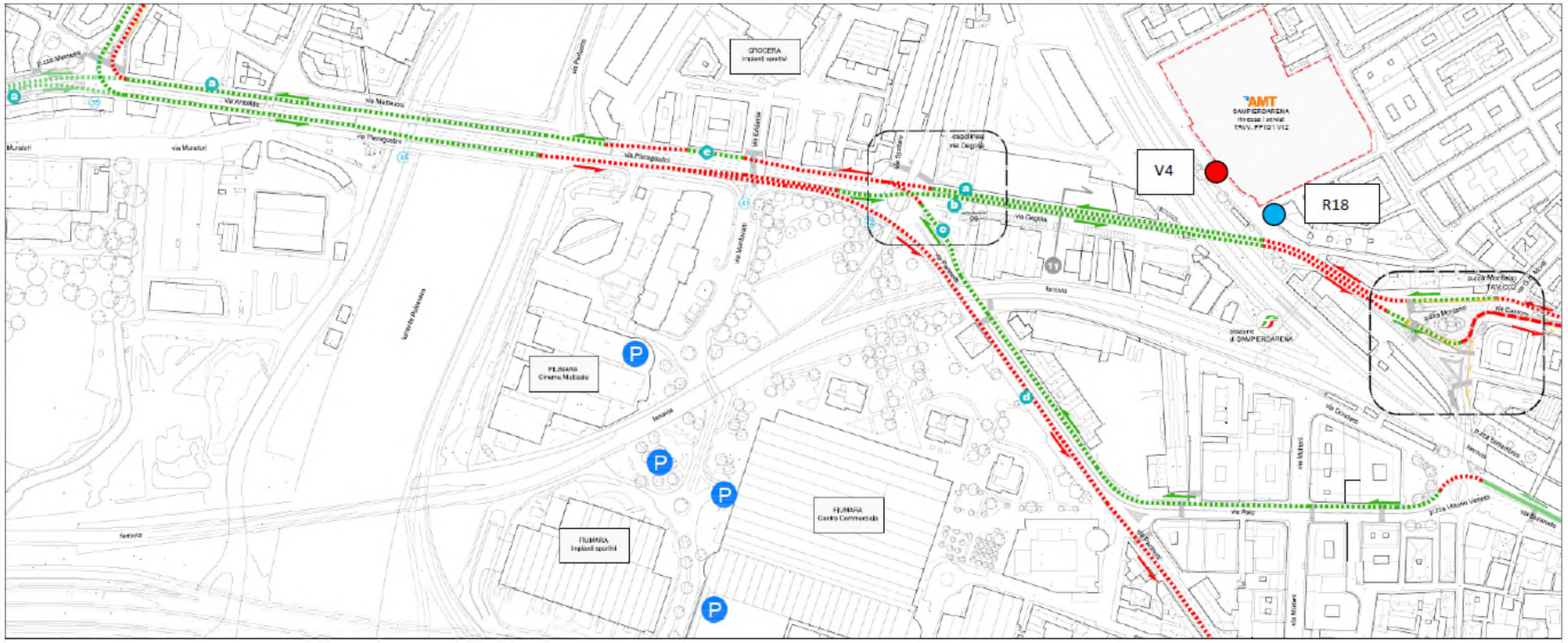

keyplan
R10
R11

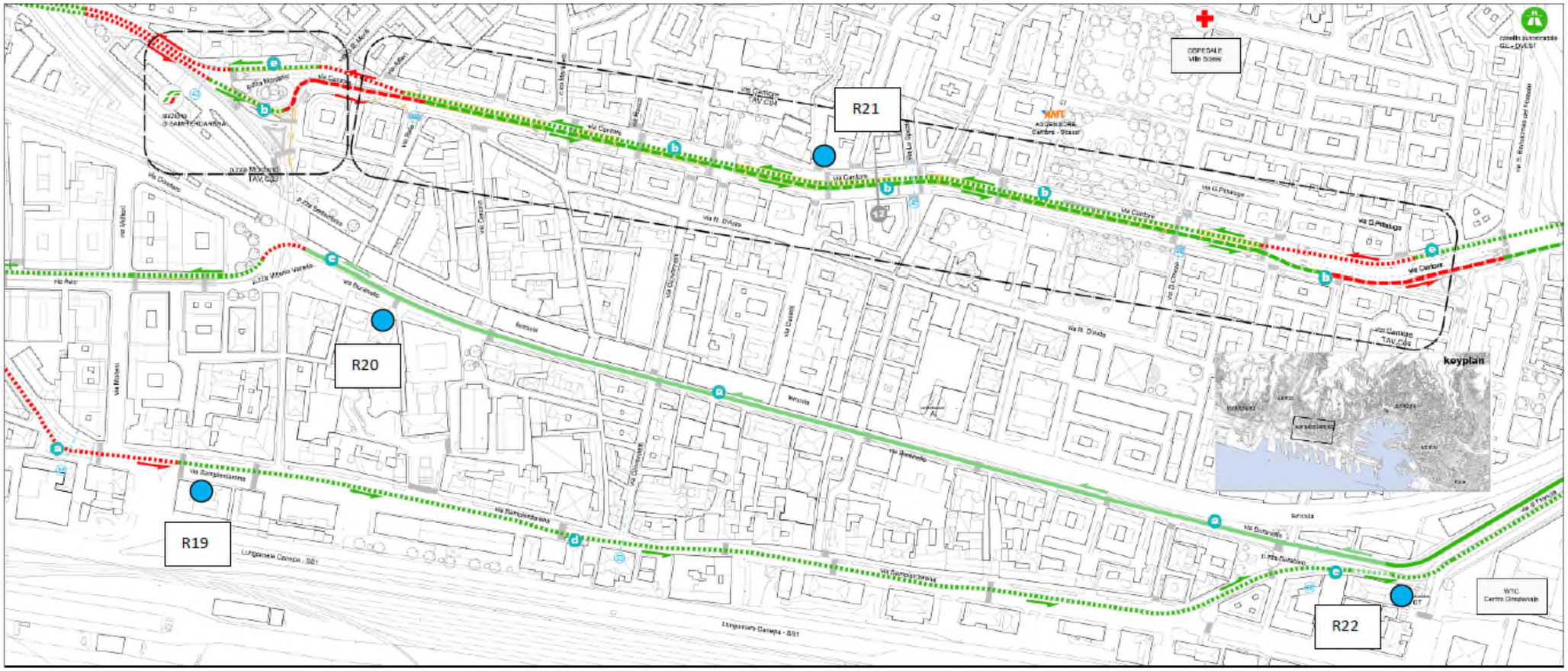

keyplan
via Sestri
via Menotti
via Cantoni
via Carretti
via dei Costo
via Pucini
via Giotto
via Marsala
via Terrasola
V2
R12
R13
svolta
via Soliman/via Menotti
TAV.C01
progetto di stazione
SESTRI PONENTE
(interrata)
stazione
di SESTRI PONENTE

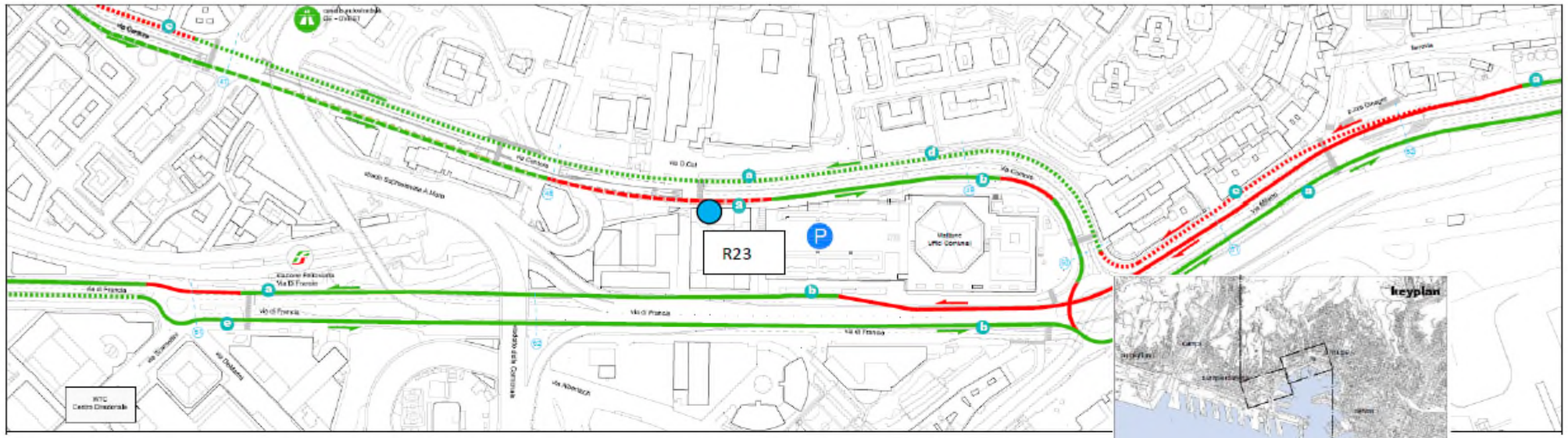

R14
keyplan
via Buozzi
via Walwein
via Milano
via Adriatico
via Operai
via Cantore
via Cornigliano
via Aeroporto d'Italia
via AEROPORTO di Genova
55
55
Impianto di stazione
ERZELLI AEROPORTO
(Funicolare)
Casello autostradale
AEROPORTO

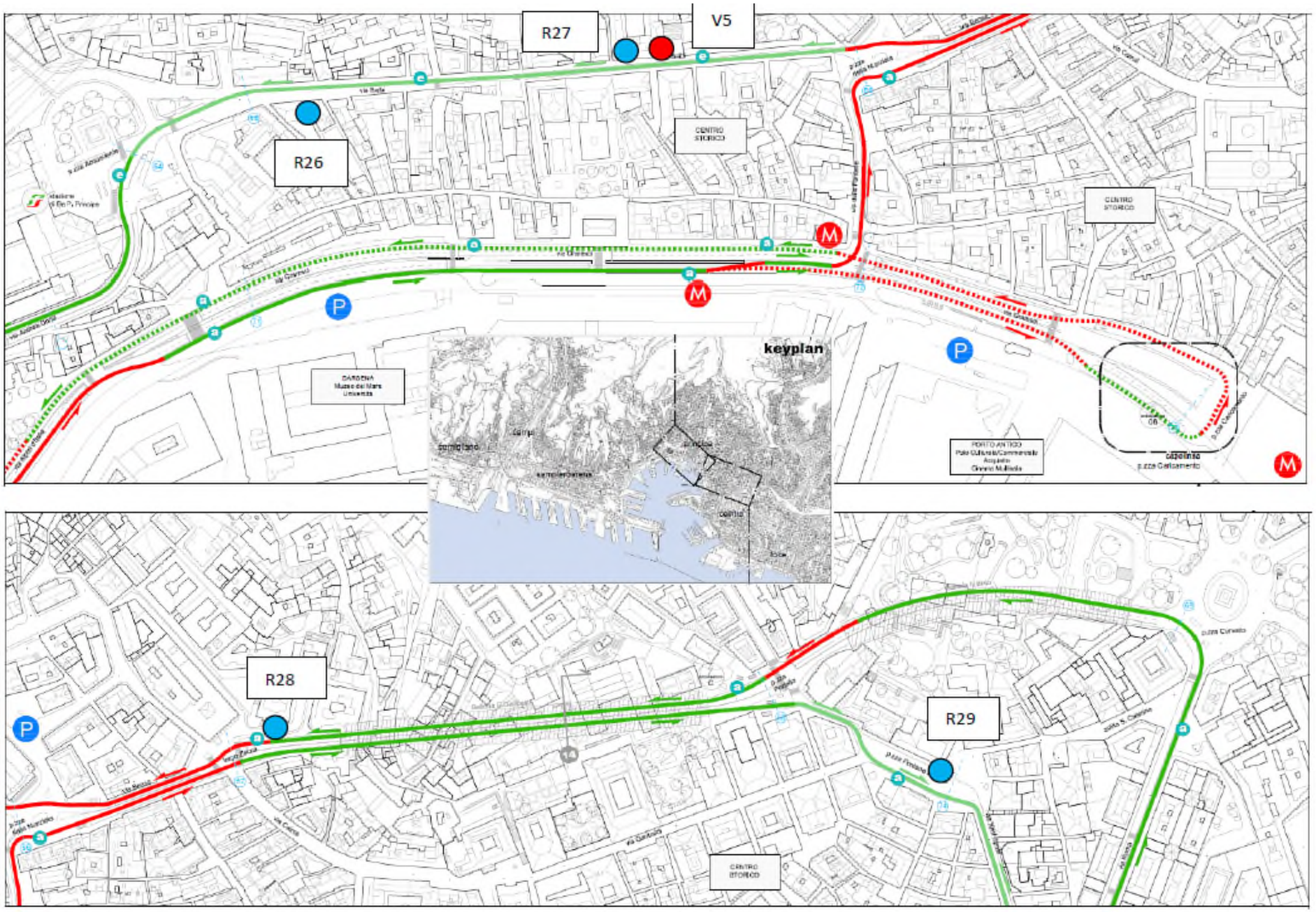

keyplan
R15
30
30
via Cornigliano
via Bellotti
via Milano
via Montano
via Mogadiscio
P
04

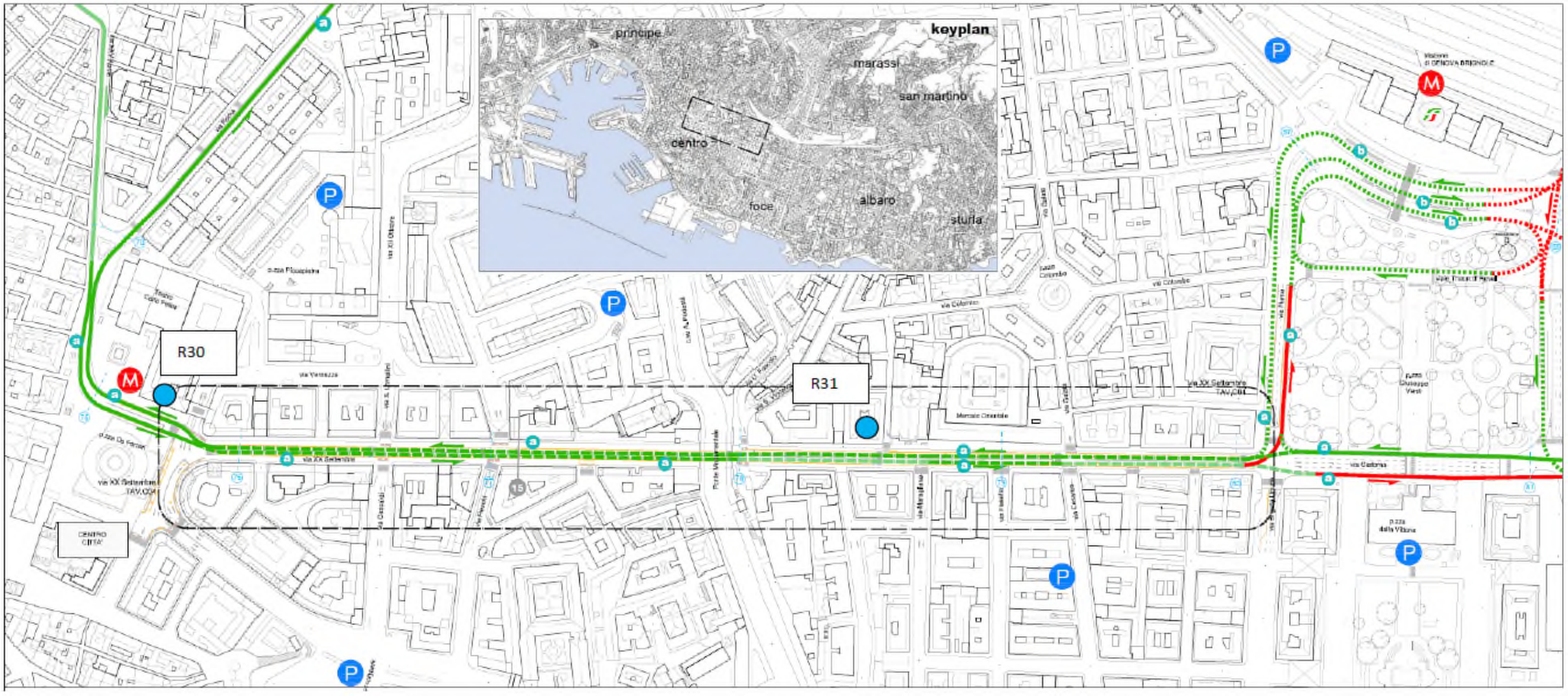

R16
V3
R17
Via R. Bianchi
Cso Perrone
AREA CAMPI
Polo Commerciale
e Artigianale
Capolinea
CAMPI
Via Tito Bonetatti
Torrente Polcevera
sestri ponente
keyplan
campi
cornigliano
principe
sampierdarena

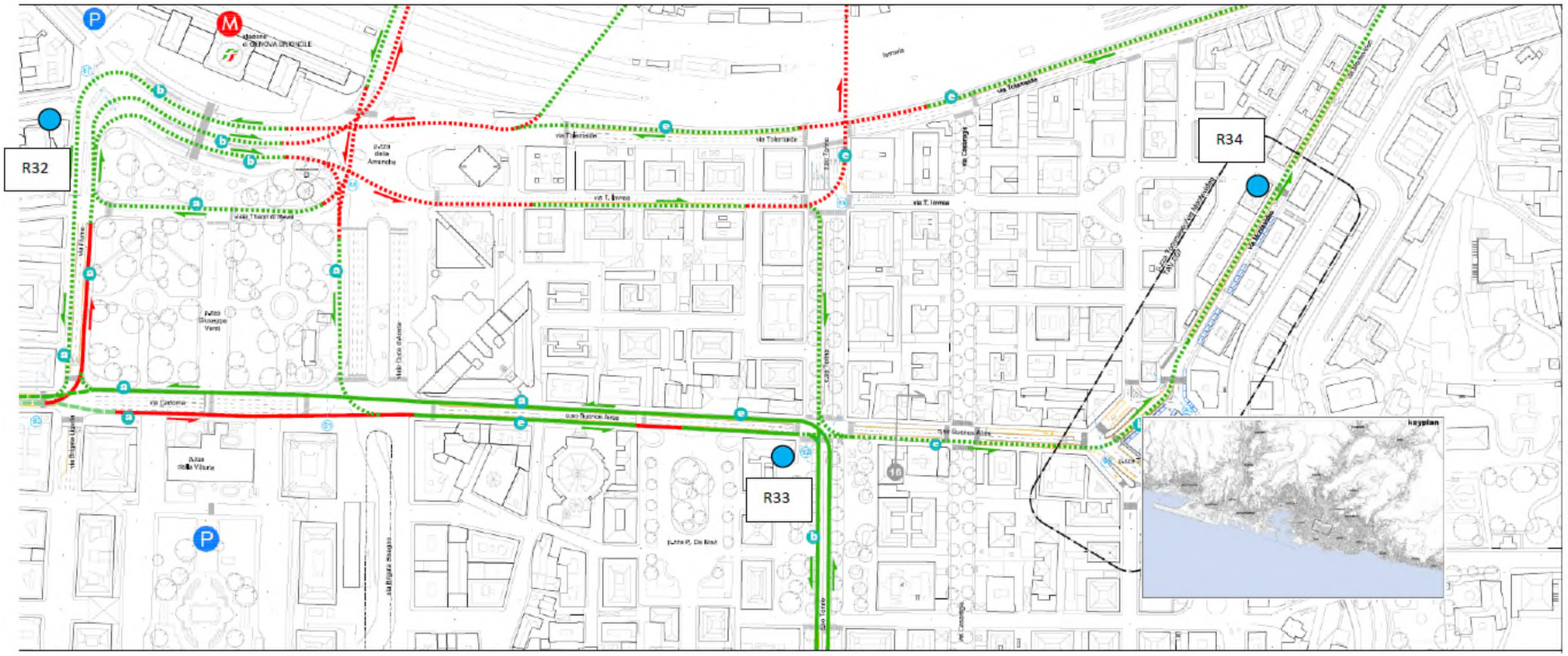

V4
R18
AMT
RIMESSA
via Pallavicini
via Matteucci
via Piacenza
via Montevideo
via Cantore
via Buonarroti
via Rolando
via Piave
via Cavalcavia
via Bologna
via Ruspoli
via Degola
via Siffredi
via Pedemonte
via Milano
via Cesare Battisti
via Cesarea
via Ippolito Nievo
via Cavour
via Ruggero Fauro
via Ruggero Fauro
via Ruggero Fauro


R21
R20
R19
R22
OSPEDALE Villa Scassi
koyplan
Via Cantore
Via Buranello
Via Rampinelli
Via Rampinelli Bassa
Via Cantore TAV/AV
Via G.Passalacqua
Via Ft. Diodia
Via Rivarolo
Via Rivarolo Bassa
Via Molteni
Via Cantore
Via Cantore TAV/AV
Via Buranello
Via Rampinelli
Via Rampinelli Bassa
Via Cantore
Via G.Passalacqua
Via Ft. Diodia
Via Buranello
Via Rampinelli
Via Rampinelli Bassa

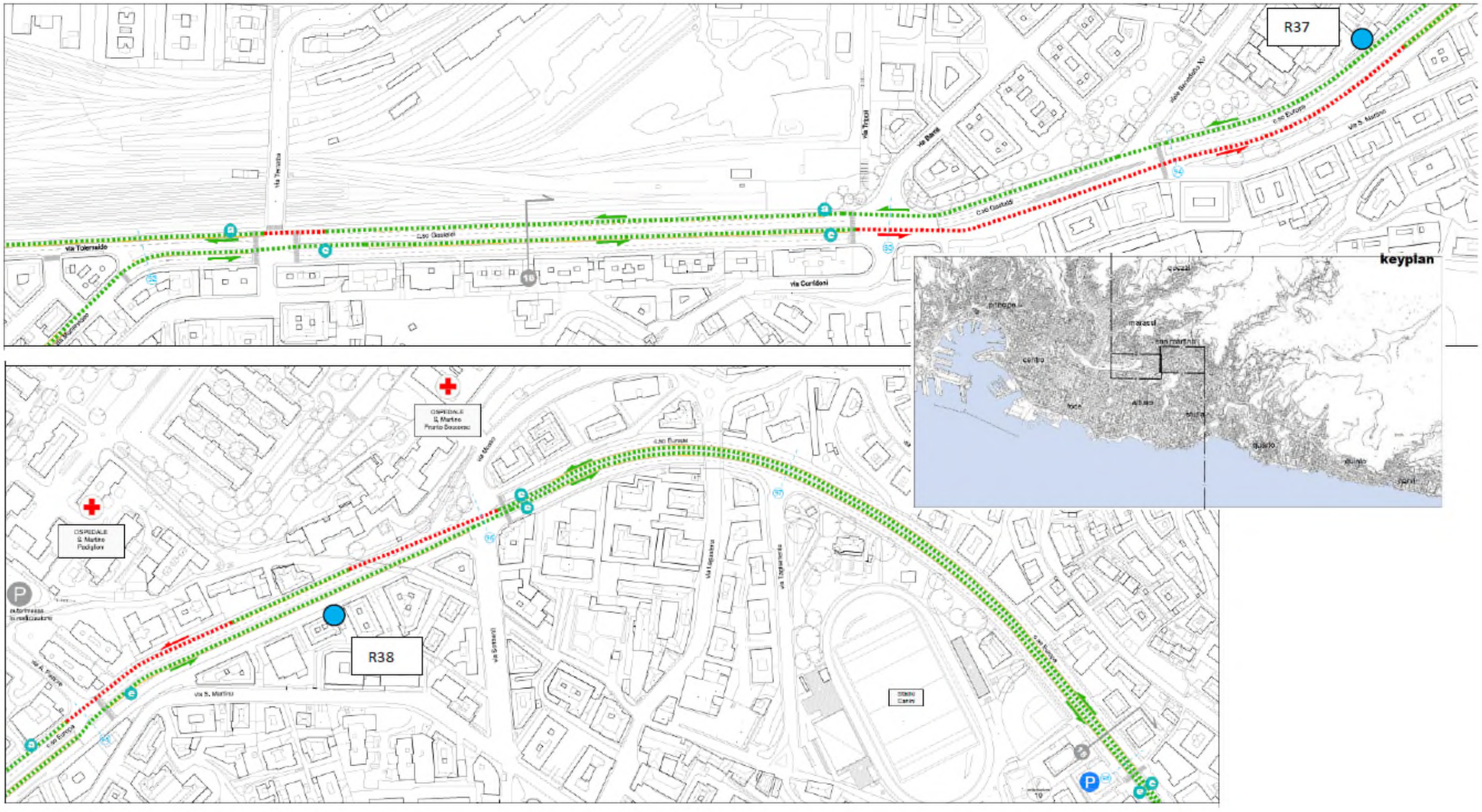

R23
keyplan
R24
R25
Parcheggio di INTERSCAMBIO
PORTO
STAZIONE MARITTIMA
capolinea via Fantoni/Italia


R27
V5
R26
CENTRO STORICO
CENTRO STORICO
keyplan
DARSENA
Museo del Mare
Università
PORTO ANTICO
Polo Culturale/Commerciale
Acquario
Giovanni Maria Piccardo
Galleria Mazzini
piazza Caricamento
R28
R29
CENTRO STORICO

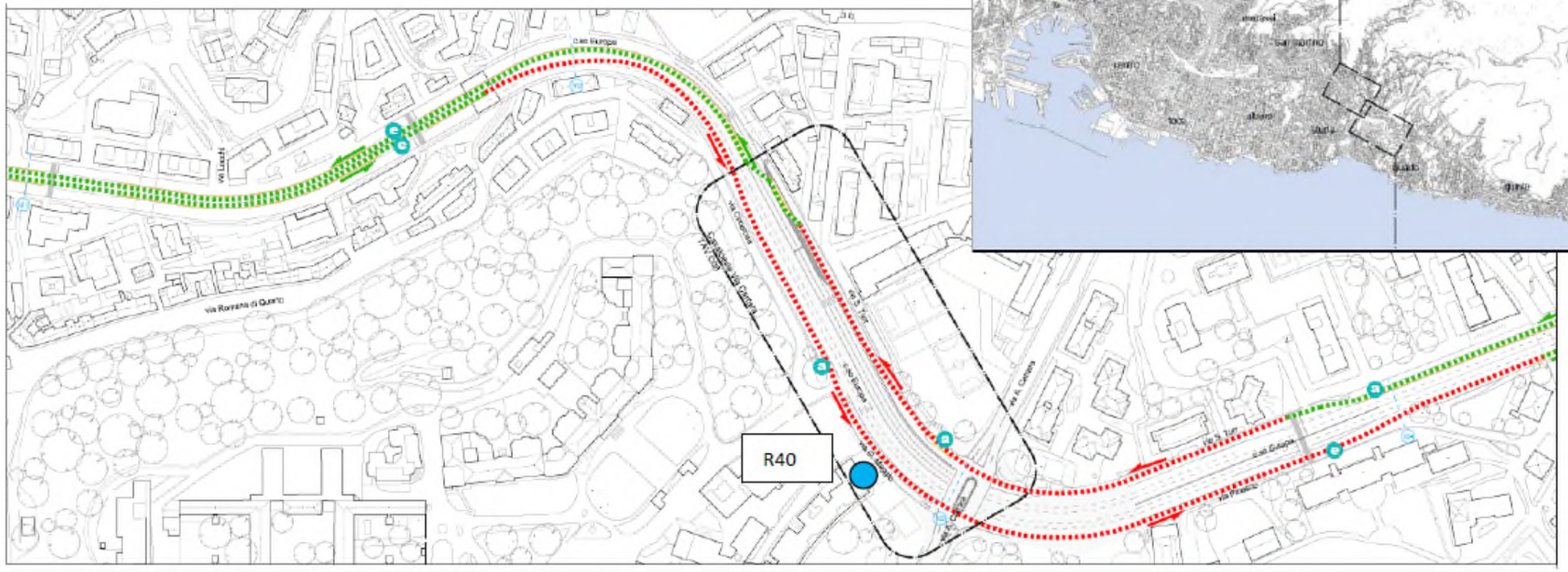

keyplan
principe
marassi
san martino
centro
foce
albaro
sturla
R30
R31
CENTRO CITTA'
via XX Settembre
via Colombo
via Gramsci
Mercato Orientale
Piazza Dante
Piazza della Vittoria
Stazione di GENOVA BRIGNOLE

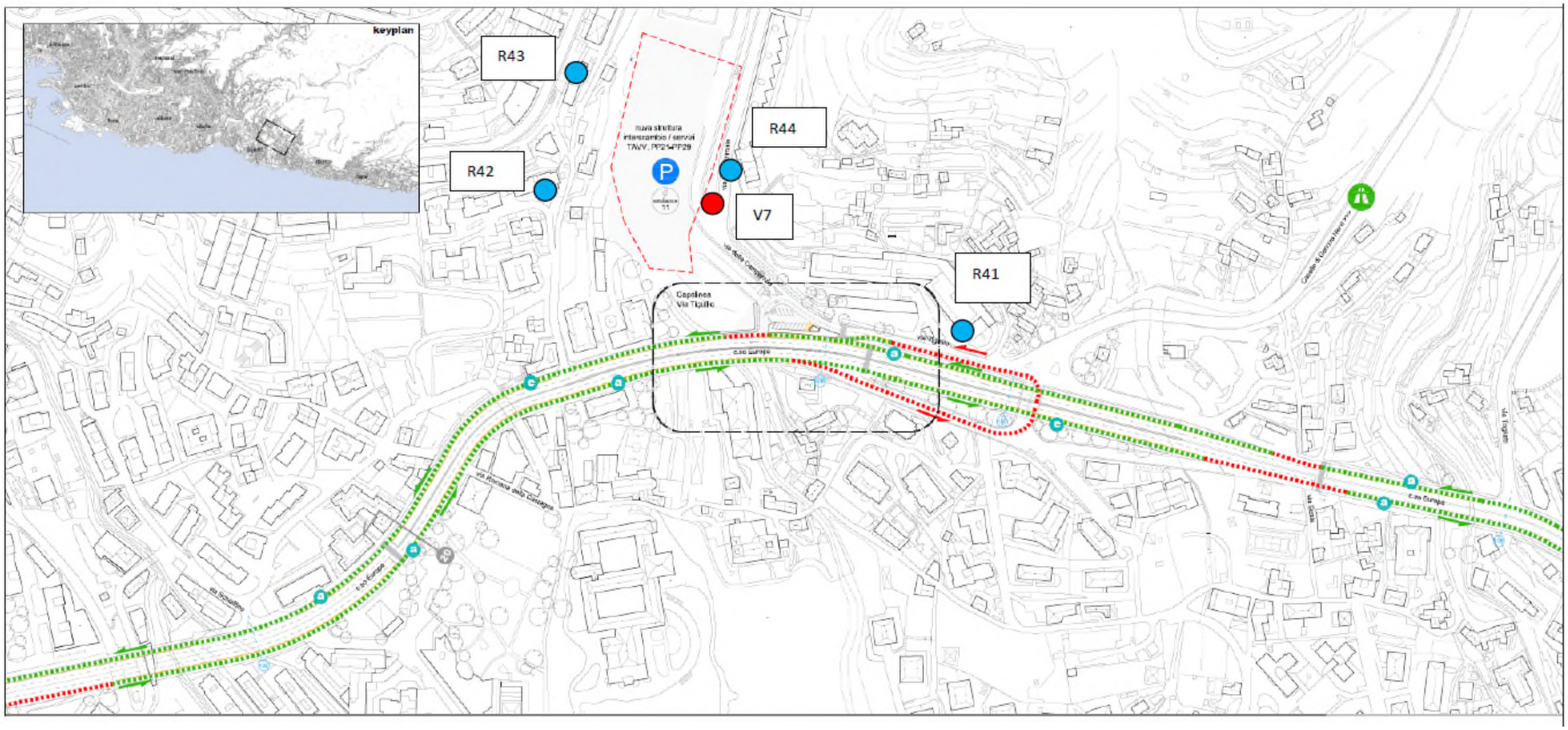

R32
R33
R34
via Casaregis
via T. Invrea
via Fiume
Corso Dogali
Keyplan

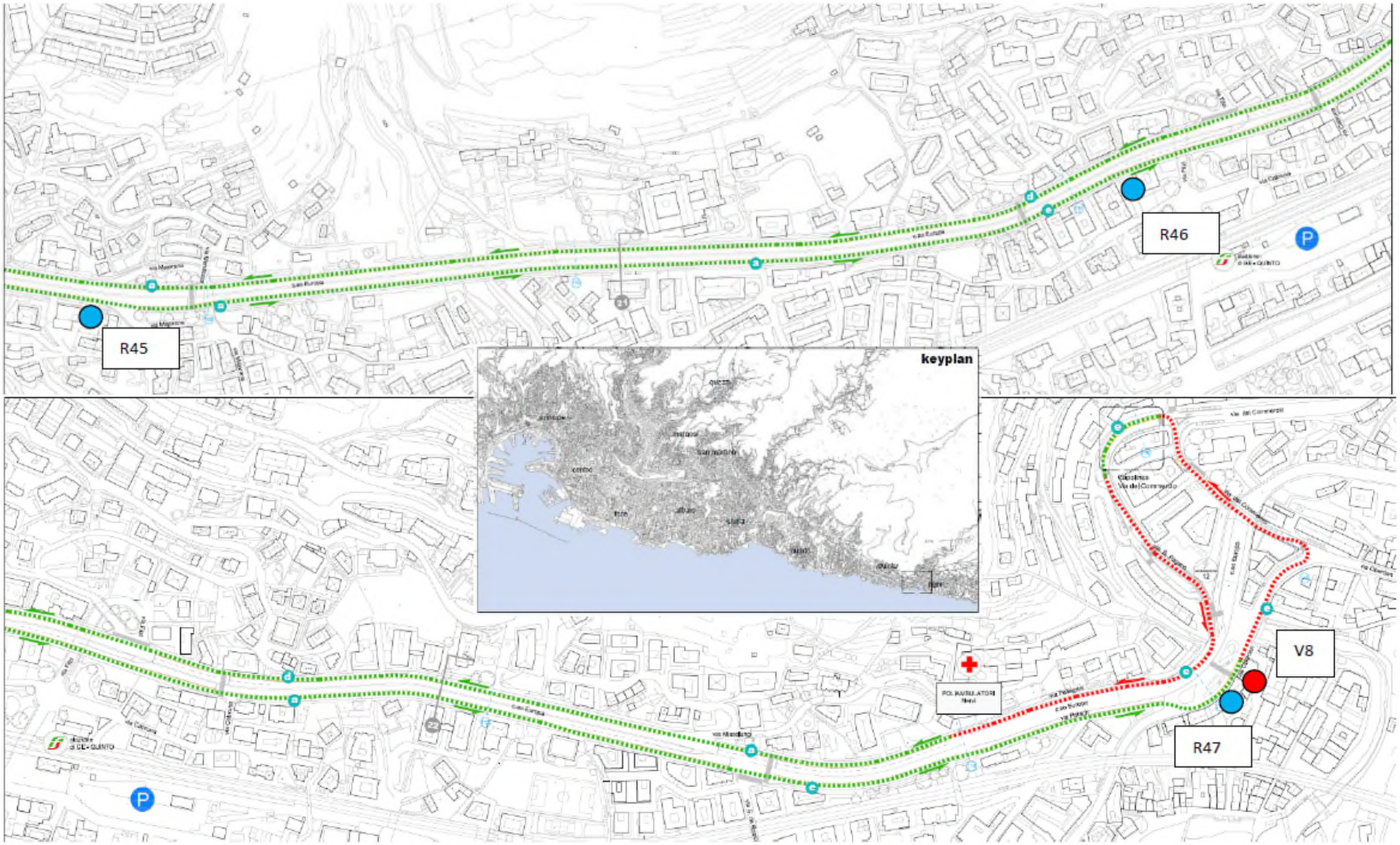

FERA
Progetto Waterfront
capolinea Fiera
piazzale Kennedy
R36
R35
V6
via Brigate Partigiane
piazza Rossetti
Largo S.Maria del Boni
AMT
via Bologna
via Torino
via Roma
keyplan

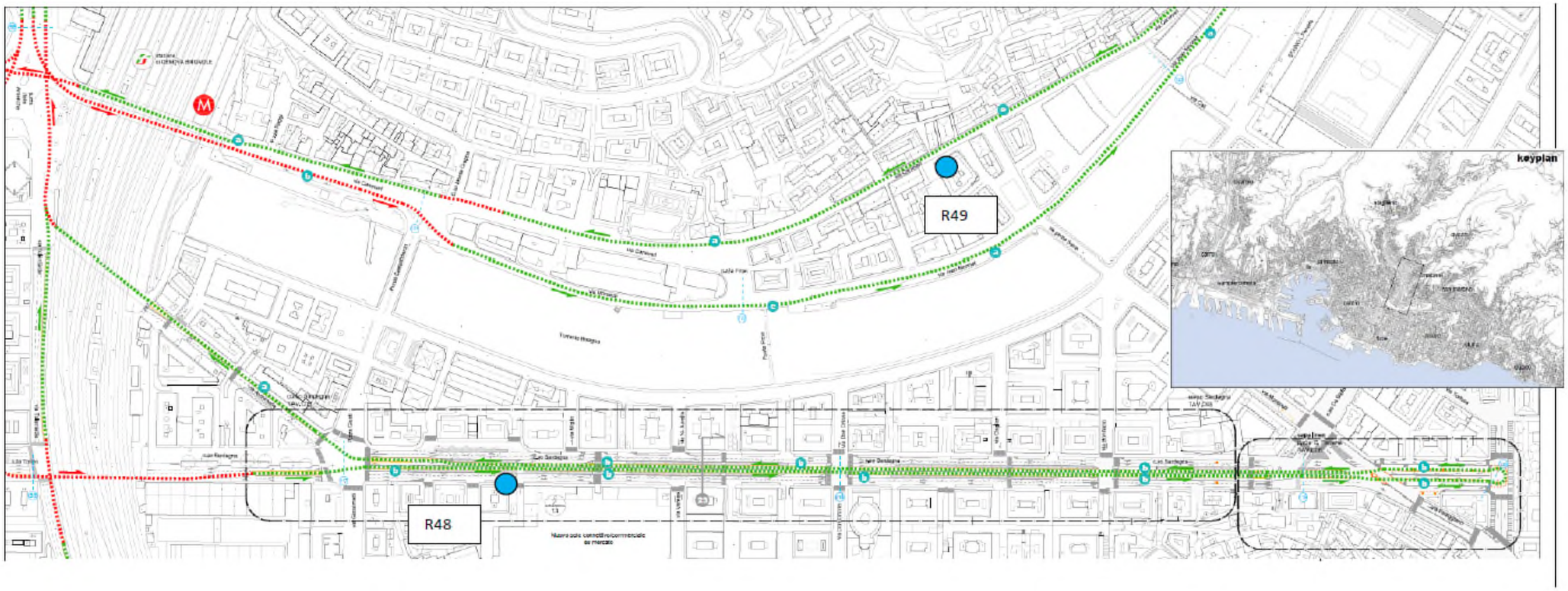

R37
R38
keyplan
via Tolemaldo
via Curtoni
via Buranello N.
via S. Martino
via Tripoli
via Barra
via Tenaglia
via Mazzini
C.so Europa
C.so Gastaldi
C.so Buenos Aires
via Lagaccio
via Sassetti
via S. Martino
via A. Pratolini
OSPEDALE S. Martino Pronto Soccorso
OSPEDALE S. Martino Padiglioni
Stadio Carlini
principe
marassi
centro
foce
albaro
quarto
quinto
sturla
nervi

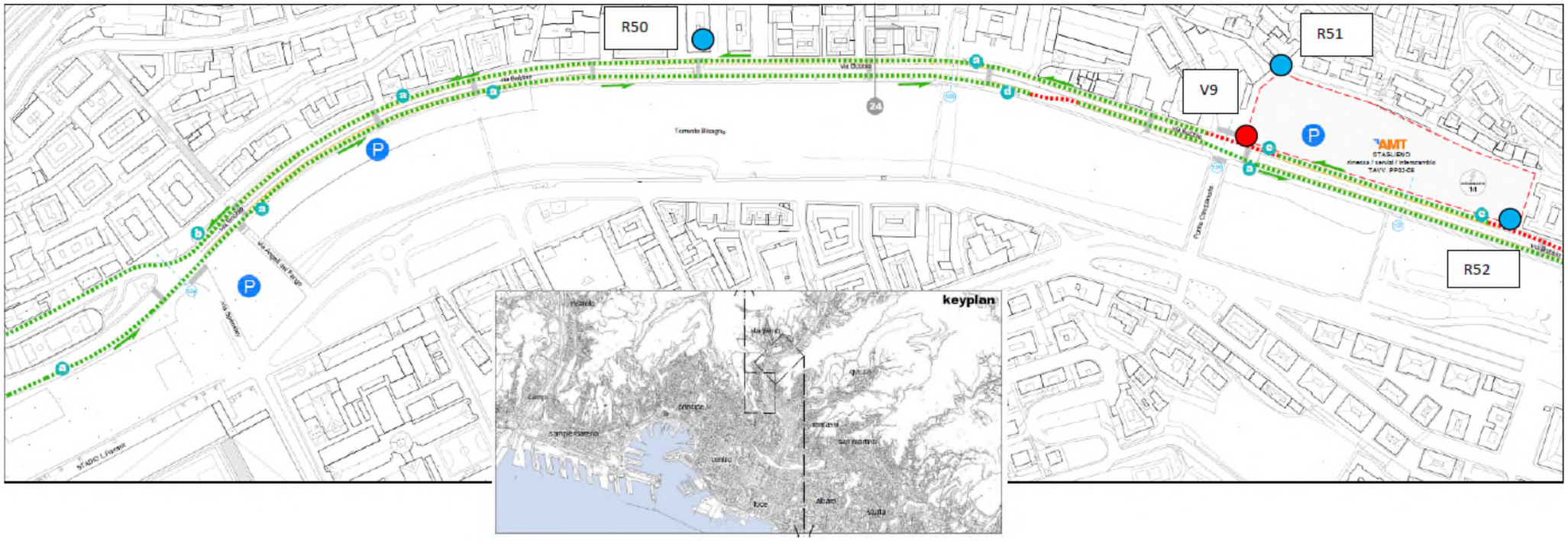

R39
keyplan

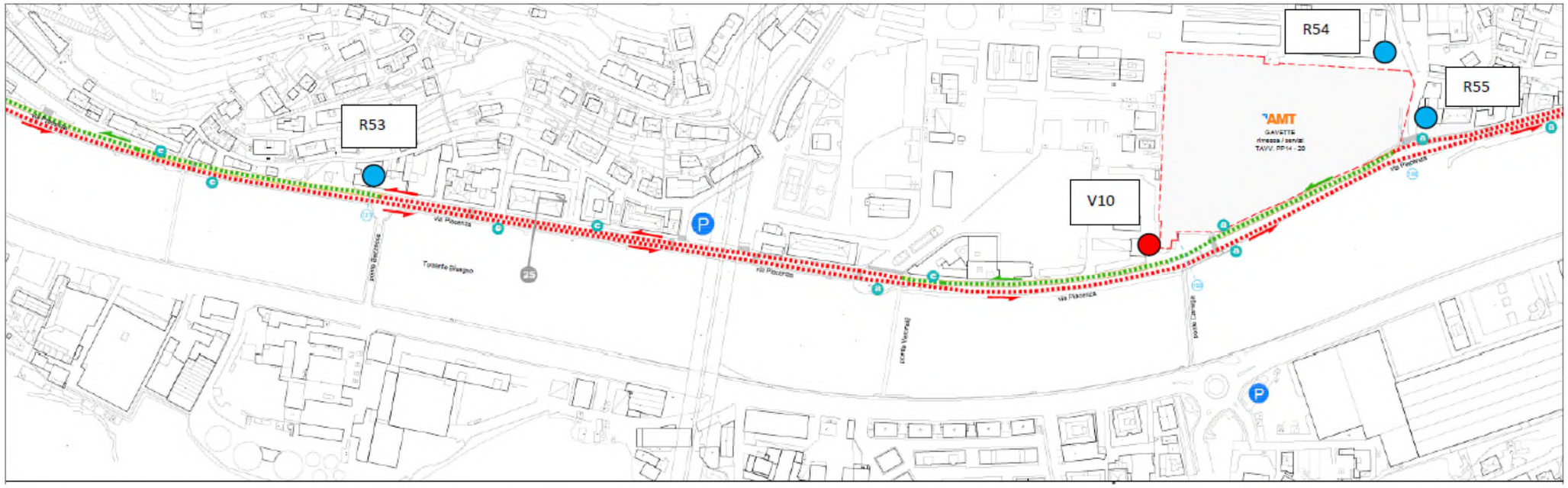

R40

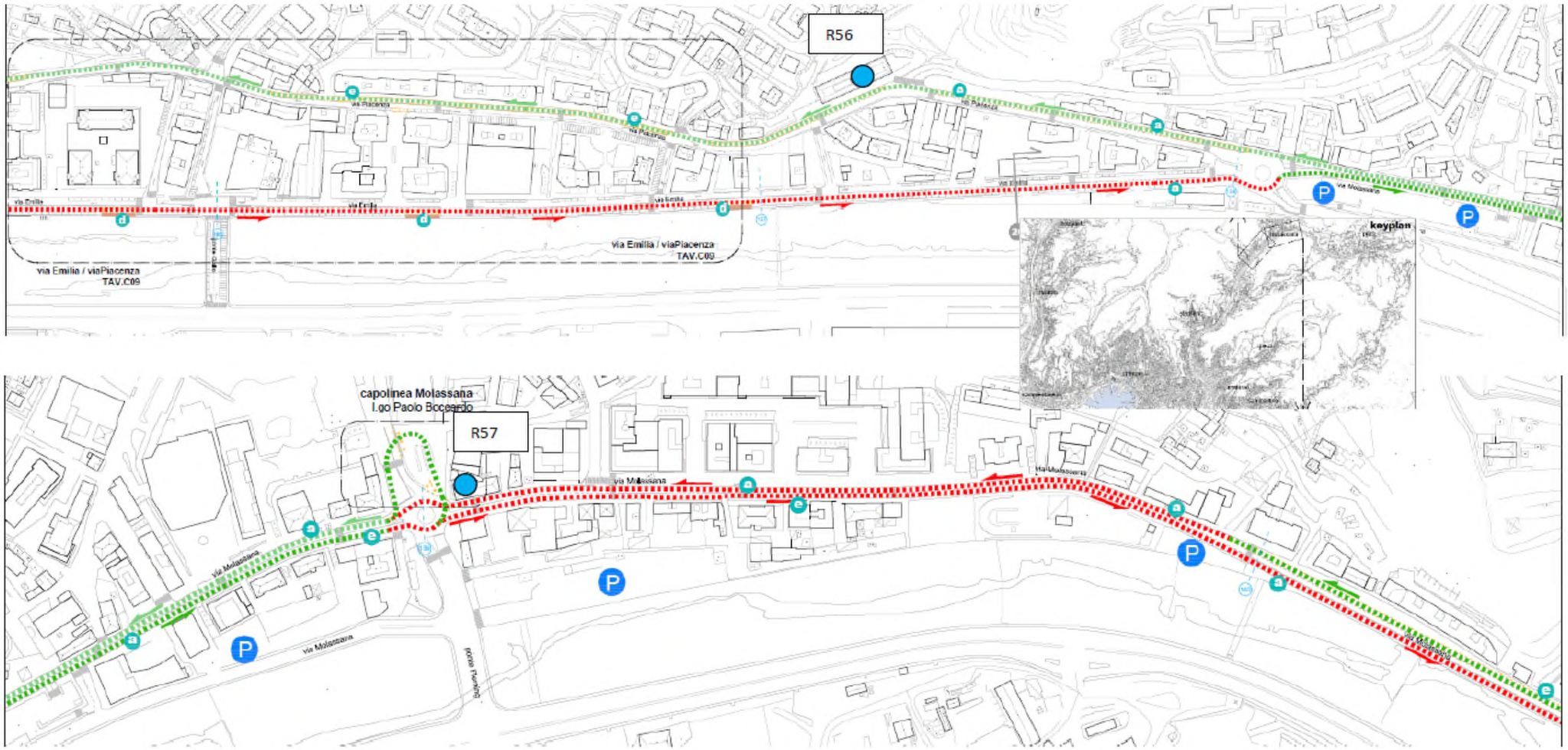

keyplan
R43
R42
R44
V7
R41
nuova struttura interscambio / servizi TAV/V. PP28-PP29
Capolinea Via Tiglullo
Via Rivarola delle Gallegra
Via Scoffera
Via Fiume
Via Ingauni
Via Gioia
Via Cantore
Via Cantore
Via Cantore

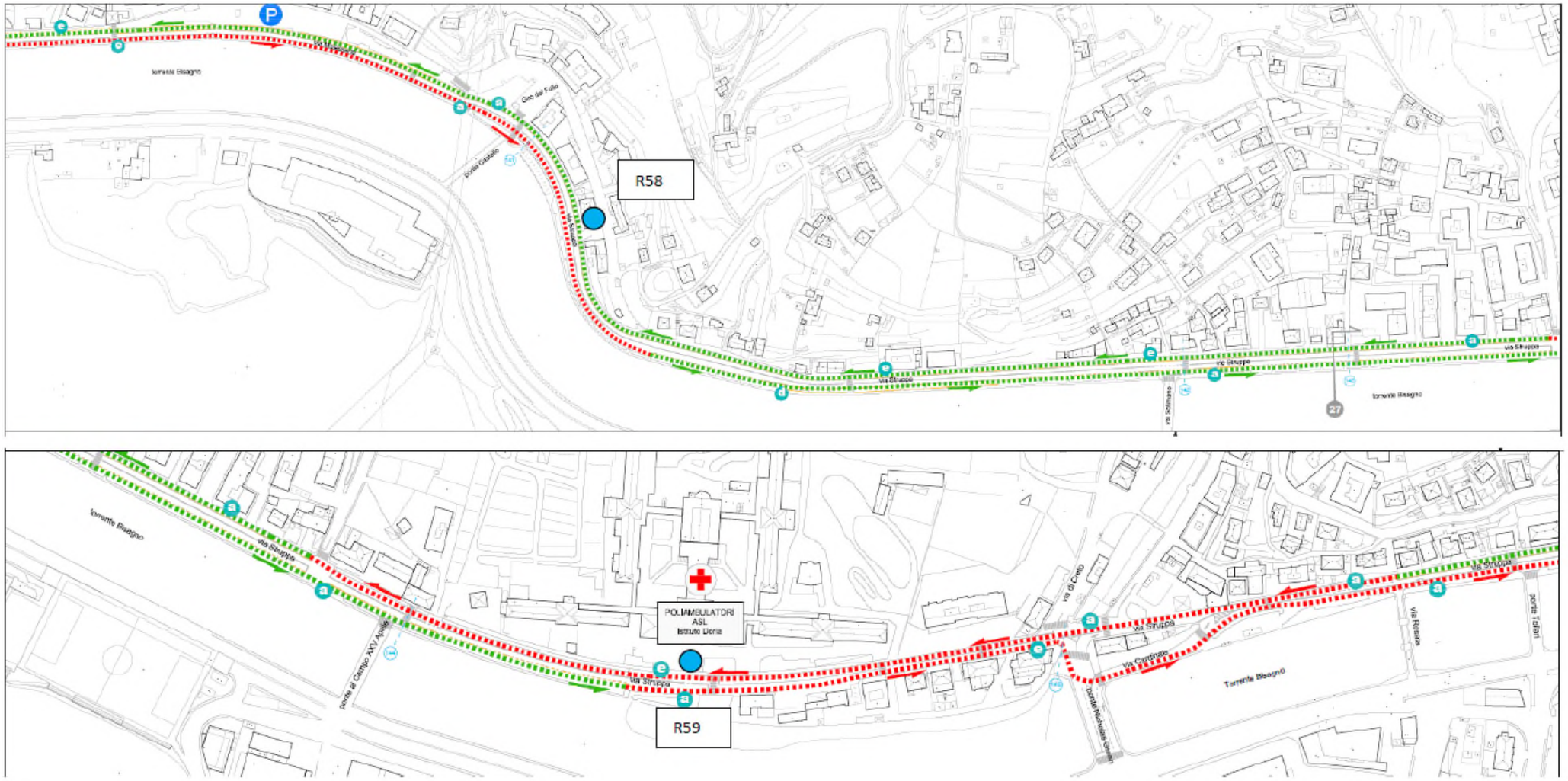

R45
R46
R47
V8
keyplan
POLIAMBULATORI

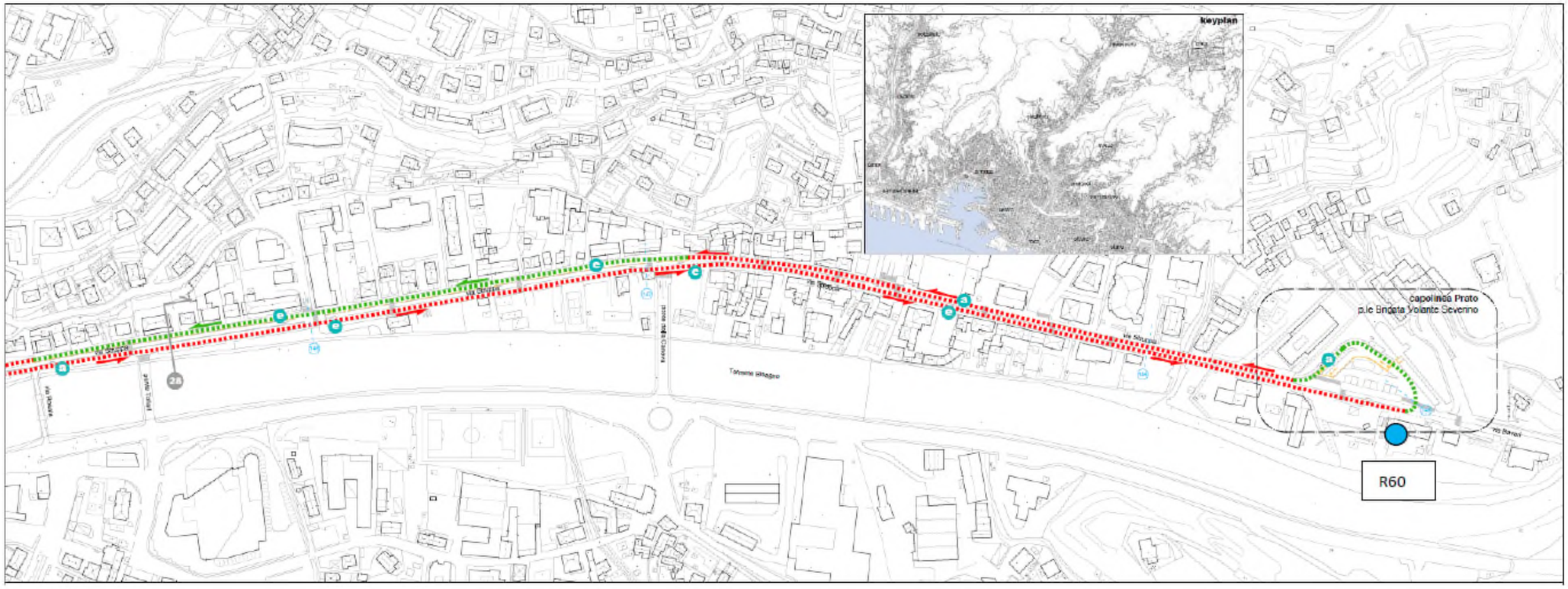

R49
R48
keyplan


R50
R51
V9
R52
AMT
STAGLIENO
keyplan


R53
R54
R55
V10
AMT
GAVETTE
rimessa / servizi
TAVV. PP14 - 20
Via Piacenza
Torrente Bisagno
Ponte Carrosio
Ponte Veilati
Ponte Carregli


R56
via Emilia / viaPiacenza
TAV.C09
via Emilia / viaPiacenza
TAV.C09
keyplan
capolinea Molassana
l.go Paolo Boccardo
R57
via Molassana
via Molassana
via Molassana


R58
R59
POLIAMBULATORI
ASL
Istituto Devia
Torrente Bisagno
Torrente Bisagno
Torrente Bisagno
Rivoli Cabella
Geo del Fulo
via Struppa
via Struppa
via Struppa
via Struppa
via Struppa
via Cardinale
via di Creto
via Rotaie
via Rotaie
via Rotaie
via Rotaie
via Rotaie
Ponte Carlo
Ponte Nicolosio Diotti
Ponte al Campo XCV Aprile
via Scoffone
via Scoffone
via Scoffone


keyplan
capolinea Prato
p.le Brigata Volante Severino
R60
2A
Torrente Bisagno
via Bianchi

4. STUDIO PREVISIONALE VIBRAZIONALE

Lo studio previsionale vibrazionale consente in generale una valutazione preventiva dei livelli vibrazionali attesi connessi sia all'esecuzione di lavorazioni di cantiere potenzialmente impattanti, sia all'esercizio di infrastrutture di trasporto. Anche nel caso specifico relativo al sito della rimessa di Staglieno l'interesse è dato prevalentemente dalle attività di cantiere, stante che i livelli vibrazionali associati al transito del bus elettrico su gomma ed al pur atteso locale aumento dei transiti di veicoli da e per l'autosilo di progetto, sono anche intuitivamente modesti.

Inoltre, l'intera linea filoviaria occupa un sedime già attualmente impegnato da rete viabilistica ordinaria e, pertanto, caratterizzato da transiti di mezzi su gomma con differenti indici di carico ed ai quali sono associati livelli vibrazionali talvolta anche significativamente superiori a quelli connessi ai bus elettrici della filovia.

Effettuata la valutazione, lo studio consente anche di prevenire, attraverso l'adozione di misure di mitigazione, il disturbo patito dalla popolazione esposta.

Per quanto concerne le attività di cantiere, si osserva che alcune lavorazioni e le relative opere propedeutiche possono risultare talvolta impattanti in quanto alcuni macchinari con il loro movimento sul suolo o per effetto delle azioni meccaniche della lavorazione generano vibrazioni che potrebbero determinare danneggiamenti ai fabbricati (tipicamente di natura cosmetica) o disturbo alle persone. A tal proposito, tenuto conto che i valori limite per i livelli di esposizione alle vibrazioni della popolazione risultano differenti nel periodo diurno e nel periodo notturno e con limiti più restrittivi nel periodo notturno, assumerà particolare importanza la regolamentazione degli orari di esecuzione delle lavorazioni più impattanti dal punto di vista vibrazionale.

Nel caso di specie le attività di cantiere vengono condotte all'interno di un'area urbanizzata, caratterizzata da spazi nel complesso ristretti, che costringono quasi ovunque ad estendere i confini del cantiere sino alle immediate vicinanze dei fabbricati. Solo il fronte del cantiere orientato verso il torrente Bisagno e la viabilità ad esso adiacente risulta sostanzialmente libero da ostacoli per alcune decine di metri.

Tale circostanza determina un conseguente inevitabile avvicinamento ai fabbricati delle sorgenti di disturbo rappresentate da macchinari ed impianti.

Per quanto concerne invece l'esercizio della linea, è presumibile che nel periodo notturno siano presenti meno corse e quindi meno transiti per unità di tempo rispetto al periodo diurno, con verosimilmente anche la presenza di fasce orarie caratterizzate da completa assenza di transiti.

4.1 Modalità di esecuzione dello studio previsionale

La valutazione dei livelli di disturbo connessi alla presenza del cantiere o all'esercizio della linea è stata effettuata con l'ausilio di un modello previsionale realizzato internamente su base MathCAD a partire dalle formulazioni analitiche che descrivono la trasmissione delle vibrazioni all'interno di una matrice omogenea raggiungendo poi i fabbricati, a partire da dati di input consistenti negli spettri di emissione alla sorgente del singolo macchinario o attrezzatura.

Per la costruzione del modello previsionale si è inoltre fatto riferimento alle trattazioni contenute in articoli specialistici tra i quali si ricordano

- articolo Ing. Pisani dal titolo "Origine, propagazione e modelli previsionali delle vibrazioni dei mezzi di trasporto" (data non disponibile)

- quaderno n. 21 Ciriaf "Modelli delle vibrazioni indotte da treni e veicoli su strada nel terreno" del febbraio 2004

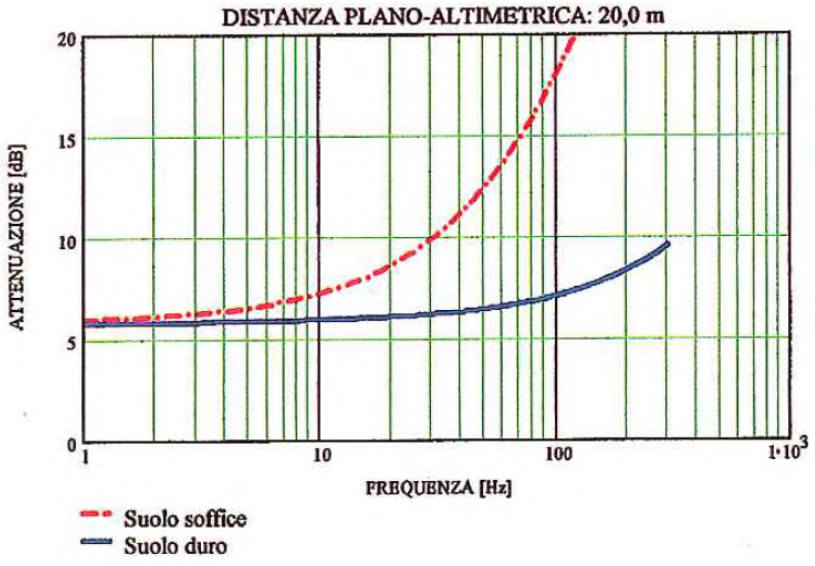
Per le attrezzature di interesse, a partire da dati bibliografici disponibili in archivio o dati di letteratura relativi alle principali attrezzature e mezzi di interesse, ivi incluso un veicolo elettrico assimilabile a quello previsto per la filovia, si è provveduto a valutare, in funzione della distanza del generico punto ricettore e della tipologia di ricettore esaminato, il livello vibrazionale connesso al transito o all'operatività del mezzo/attrezzatura, definendo in modo parametrico l'impatto finale atteso.

Si osserva che in materia di impatto vibrazionale connesso a lavorazioni di cantiere ricorrenti in letteratura si possono reperire sia spettri sorgente di macchinari che valutazioni previsionali parametriche basate sulla semplice propagazione delle vibrazioni in relazione alla distanza del punto ricettore.

4.1.1.1 Attenuazione nel terreno

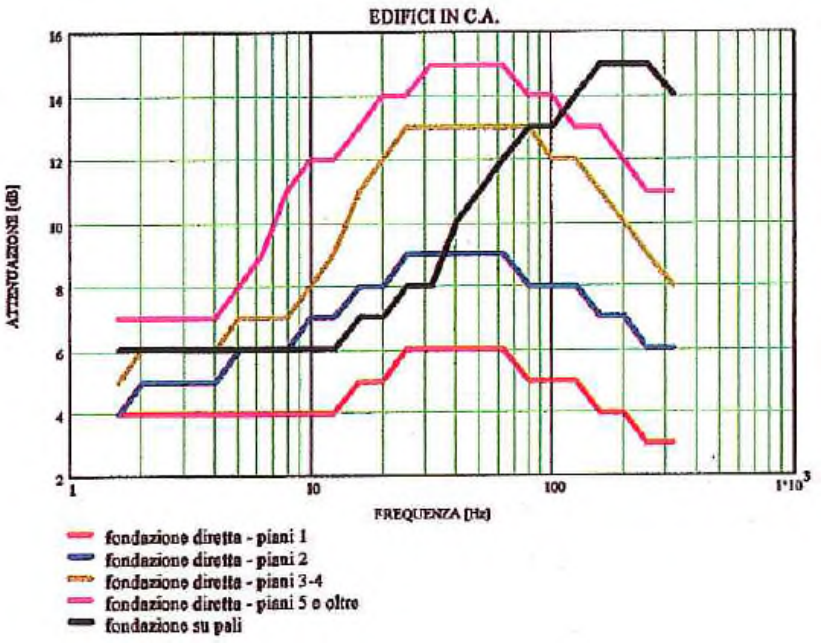
Le formulazioni teoriche utilizzate per la definizione di valori previsionali mostrano in generale una curva di attenuazione incrementale in funzione della frequenza, ancorché di entità variabile in funzione della tipologia di terreno esaminato.

Il grafico sotto riportato illustra il differente comportamento, a parità di geometria e livello sorgente, dell'attenuazione in terreni con parametri geotecnici diversi.



Accoppiamento fondazione - terreno

I valori di attenuazione di letteratura normalmente impiegati per l'effettuazione di studi previsionali (illustrati nel grafico di seguito riportato) presentano i massimi valori di attenuazione in un range di frequenze dell'ordine di 30-70 Hz. Nelle formulazioni analitiche di letteratura non risulta possibile mettere in conto eventuali risonanze locali del terreno in quanto la formulazione delle leggi di attenuazione di letteratura possiede una validità avulsa dallo specifico sito.

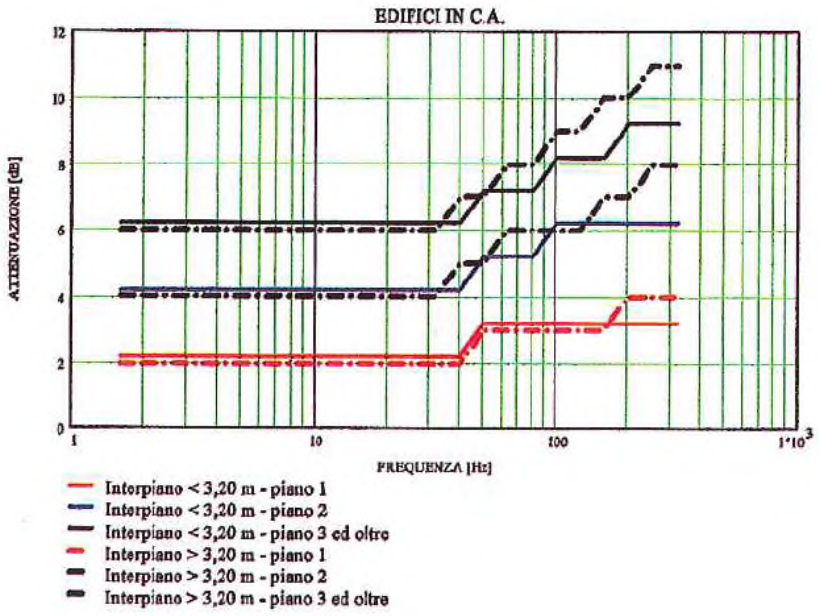


Attenuazioni/amplificazioni tra i diversi piani

Di seguito viene riportato il grafico relativo alle amplificazioni di solaio derivante dall'approccio analitico.

Il confronto dei dati sperimentali con le formulazioni analitiche usualmente impiegate (che di norma peraltro non considerano i piani terra ed interrato) evidenzia talvolta, per i piani in elevazione, attenuazioni un po' inferiori a quelle connesse ad un calcolo previsionale effettuato sulla base delle formulazioni di letteratura.

Una possibile ragionevole spiegazione potrebbe risiedere nel fatto che i punti di misura ai diversi piani possono risentire in parte anche dell'attività antropica all'interno delle unità immobiliari, rispetto alla quale non è possibile formulare considerazioni tenuto conto che, anche qualora presente, non risulta solitamente monitorabile.



4.2 Risultati della modellazione

La modellazione previsionale condotta con la formulazione analitica ha consentito di valutare l'entità dei livelli vibrazionali attesi conseguenti sia alle attività di cantiere che allo scenario di esercizio in cui intervengono i transiti di filobus elettrici da e per la rimessa di Staglieno unitamente ai movimenti di veicoli in ingresso e uscita dall'area di parcheggio sita sopra la rimessa medesima.

La valutazione è stata condotta sia in ordine alla possibile insorgenza di danni ai fabbricati (anche di tipo cosmetico), sia in ordine al possibile disturbo alle persone. I due aspetti sono regolati da due differenti norme tecniche di riferimento:

UNI 9916:2014: "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"

UNI 9614:2017: "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"

Occorre evidenziare che la valutazione dell'insorgenza di danni ai fabbricati ha limiti di riferimento indipendenti dal periodo diurno o notturno, feriale o festivo, ma dipendenti esclusivamente dalla tipologia di fabbricato in esame.

Al contrario i limiti per la valutazione del disturbo alle persone risultano dipendenti dalla destinazione d'uso del fabbricato, ma anche dal periodo di riferimento e dalle giornate feriali o festive.

Poiché sia le lavorazioni di cantiere che i transiti dei veicoli elettrici della filovia avverranno per lungo periodo e, nelle more di ulteriori precisazioni, potrebbero interessare tutte le fasce temporali, i risultati ottenuti vengono confrontati con i limiti più restrittivi.

In occasione di eventuali future analisi previsionali di maggiore dettaglio (per esempio per la fase di cantiere una volta note le modalità operative dell'Appaltatore oppure, per la fase di post operam, una volta noto il modello di esercizio relativo alla circolazione dei veicoli o ancora gli orari di apertura del parcheggio di interscambio) si potrà tenere conto sia dell'effettiva distribuzione temporale degli eventi (attività di cantiere o transiti) sia delle caratteristiche costruttive dei fabbricati e della loro destinazione d'uso.

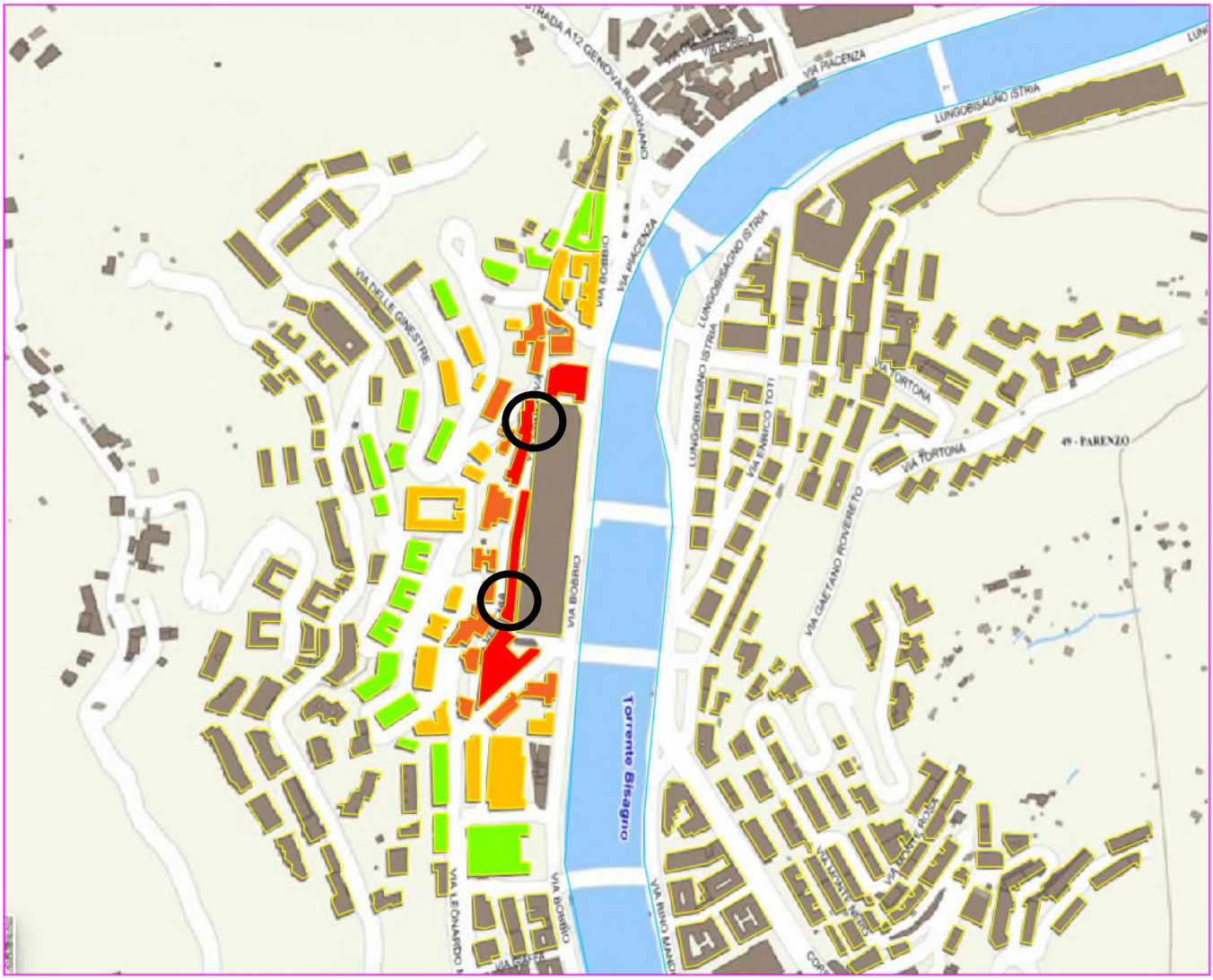
Con riferimento ai due parametri di interesse precedentemente descritti, vengono di seguito riassunte le risultanze dei calcoli previsionali condotti.

Nella planimetria di sintesi sono stati evidenziati, con differenti colorazioni, i fabbricati interessati da livelli vibrazionali via via decrescenti sino a raggiungere una zona potenzialmente esente da effetti di danneggiamento ai fabbricati e di disturbo alla popolazione.

In particolare, vengono indicati in colore rosso i fabbricati maggiormente interessati dal disturbo e, a scalare, in colore arancione, giallo e verde i fabbricati caratterizzati da livelli di disturbo

sempre decrescenti. Per i fabbricati indicati in colore verde in particolare, si prevede la presenza di livelli di disturbo compatibili con i limiti normativi, mentre negli altri casi si potrebbero osservare locali superamenti in occasione delle lavorazioni di maggiore impatto. I fabbricati caratterizzati dal massimo impatto tra quelli del gruppo rosso (lungo via Vecchia) sono stati individuati con un cerchio di colore nero riportato sulla planimetria.

I fabbricati indicati in planimetria e non caratterizzati da pittogrammi colorati sono da ritenersi ragionevolmente esenti da criticità connesse all'impatto vibrazionale



Per ciascuna delle aree sopra differenziate vengono di seguito forniti i valori dei livelli previsionali attesi relativamente al fabbricato maggiormente impattato appartenente alla categoria (differente colorazione).

Fabbricati di colore rosso

- Scenario demolizione e scavo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.83 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 6.50 mm/s^2
- Scenario getti in calcestruzzo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.22 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 3.60 mm/s^2
- Scenario finiture edili
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.13 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 3.40 mm/s^2
- Scenario riassetto layout viabilistico
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 3.72 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 11.25 mm/s^2
- Scenario esercizio (transito veicoli elettrici e movimento da e per autosilo)
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.10 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 0.51 mm/s^2

Fabbricati di colore arancione

- Scenario demolizione e scavo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.46 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 4.65 mm/s^2
- Scenario getti in calcestruzzo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.02 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 3.05 mm/s^2
- Scenario finiture edili
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.01 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.95 mm/s^2
- Scenario riassetto layout viabilistico
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.88 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 5.95 mm/s^2
- Scenario esercizio (transito veicoli elettrici e movimento da e per autosilo)
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.08 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 0.42 mm/s^2

Fabbricati di colore giallo

- Scenario demolizione e scavo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.25 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 3.55 mm/s^2
- Scenario getti in calcestruzzo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.93 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.70 mm/s^2
- Scenario finiture edili
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.95 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.58 mm/s^2
- Scenario riassetto layout viabilistico
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.55 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 4.15 mm/s^2
- Scenario esercizio (transito veicoli elettrici e movimento da e per autosilo)
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.06 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 0.38 mm/s^2

Fabbricati di colore verde

- Scenario demolizione e scavo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.14 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.46 mm/s^2
- Scenario getti in calcestruzzo
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.85 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.23 mm/s^2
- Scenario finiture edili
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.68 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.09 mm/s^2
- Scenario riassetto layout viabilistico
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 1.02 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 2.58 mm/s^2
- Scenario esercizio (transito veicoli elettrici e movimento da e per autosilo)
  Velocità di vibrazione per vibrazioni durature: 0.04 mm/s
  Massima accelerazione ponderata V_{sor}: 0.30 mm/s^2

4.3 Considerazioni conclusive

Lo studio ha consentito una preventiva valutazione dei livelli vibrazionali attesi in fase di cantiere ed in fase di esercizio della linea. I calcoli di cui alla precedente sintesi consentono di osservare, con riferimento ai due principali temi relativi alla possibile insorgenza di danni ai fabbricati e di disturbo alle persone, quanto di seguito descritto.

Per quanto riguarda la possibile insorgenza di danni ai fabbricati:

- le lavorazioni di demolizione e scavo, realizzazione nuovi getti ed attività di finitura edile determinano livelli vibrazionali indotti in generale compatibili con i limiti normativi anche nel caso di strutture appartenenti alla classe 3 della norma corrispondenti alle strutture più sensibili (monumenti, edifici storici, ecc.). Per fabbricati di particolare interesse o pregio dovrebbe essere condotta una valutazione di maggiore dettaglio una volta note le modalità operative secondo quanto previsto dal progetto esecutivo, anche tenendo conto di eventuali peculiarità introdotte dall'Appaltatore
- le lavorazioni di riassetto del layout viabilistico comprendenti rimodellazione dei cordoli e marciapiedi, posa dei pali di sostegno delle linee di alimentazione elettrica, ridefinizione delle aiuole spartitraffico, rifacimento del fondo stradale con fresatura o riasfaltatura potrebbero introdurre, prevalentemente durante le fasi di riasfaltatura con presenza di finitrice e rullo compressore, valori talvolta superiori ai limiti ammissibili nel caso di fabbricati di classe 3, ma compatibili con i limiti nel caso di fabbricati di classe 1 e 2. In fase di definizione del progetto esecutivo si raccomanda pertanto particolare attenzione nella definizione delle modalità operative per tali lavorazioni soprattutto con riferimento alle aree caratterizzate dalla presenza di fabbricati sensibili quali monumenti o edifici di connotazione storica, ad esempio con strutture portanti in muratura e solai in legno. Poiché di fatto non esistono misure rimediali di cantiere occorre qualora necessario intervenire sulle modalità operative o limitare temporalmente, per quanto possibile, la durata delle lavorazioni potenzialmente impattanti. L'intervento può consistere anche nell'adozione da parte dell'Appaltatore di una politica" buy quiet" che preveda una specifica attenzione alla scelta di macchinari ed attrezzature a basso impatto acustico e vibrazionale.
- i transiti del filobus elettrico introducono livelli vibrazionali trascurabili, spesso anche inferiori ai livelli associati al singolo veicolo termico attualmente circolante. Per completezza si osserva che, in tema di vibrazioni connesse a transiti veicolari su gomma, assume un ruolo importante il grado di conservazione del fondo stradale: eventuali

sconnessioni o avvallamenti così come l'usura superficiale del manto determinano un aumento dei livelli vibrazionali associati al singolo transito e, conseguentemente, di quelli complessivi. Per quanto riguarda invece l'aumento del traffico veicolare da e per l'autosilo sovrastante la rimessa, atteso un mantenimento del fondo stradale in buone condizioni, non si attendono valori differenti da quelli attualmente presenti, stante che la tipologia di veicoli in transito non è atteso subisca modificazioni e la contemporaneità di presenza risulta naturalmente limitata dalle modalità di accesso alla struttura.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone:

- le lavorazioni di demolizione e scavo, realizzazione nuovi getti ed attività di finitura edile determinano, per ricettori a carattere residenziale, livelli vibrazionali indotti in generale compatibili con i limiti normativi con riferimento a periodi feriali diurni. Nel caso di lavorazioni condotte in periodi festivi o notturni i limiti risulterebbero invece superati per i fabbricati indicati in colore rosso e arancione, pur con livelli di supero differenti tra loro e più marcati per il colore rosso. Per quanto concerne ricettori ad uso ufficio o con connotazione artigianale, commerciale o produttiva, i limiti risultano sempre verificati. Non essendo possibile attivare misure rimediali dirette, l'intervento può consistere nella limitazione temporale delle lavorazioni impattanti e nell'adozione da parte dell'Appaltatore di una politica" buy quiet" che preveda una specifica attenzione alla scelta di macchinari ed attrezzature a basso impatto acustico e vibrazionale.
- le lavorazioni di riassetto del layout viabilistico comprendenti rimodellazione dei cordoli e marciapiedi, posa dei pali di sostegno delle linee di alimentazione elettrica, ridefinizione delle aiuole spartitraffico, rifacimento del fondo stradale con fresatura o riasfaltatura determinano, per ricettori a carattere residenziale, livelli vibrazionali indotti anche superiori ai limiti normativi, essenzialmente riconducibili alle fasi di finitura e rullatura del manto stradale nell'intervento di rifacimento. Per quanto concerne ricettori ad uso ufficio o con connotazione artigianale, commerciale o produttiva, i limiti risultano invece sempre verificati. Non essendo possibile attivare misure rimediali dirette, l'intervento può consistere nella limitazione temporale delle lavorazioni impattanti e nell'adozione da parte dell'Appaltatore di una politica" buy quiet" che preveda una specifica attenzione alla scelta di macchinari ed attrezzature a basso impatto acustico e vibrazionale.
- i transiti del filobus elettrico introducono livelli vibrazionali trascurabili, compatibili con i limiti normativi applicabili e di norma neppure percepiti dalla popolazione in quanto inferiori al

livello di fondo rilevabile. In analogia anche l'eventuale aumento dei flussi di traffico veicolare da e per l'autosilo ubicato al piano superiore della rimessa non dovrebbero introdurre disturbo vibrazionale addizionale a quanto attualmente registrabile.