



IBAN NL15 RABO 0307 33 99 20

KvK Gouda 29037057

Lid INCE • NAG • ABAV • Ti-Kviv

www.av-consulting.nl

NL - 8033.00.591.B.01

Rapport 2006006608-20190796h-2

8 juli 2020

TRILLINGSONDERZOEK

Nieuw bouwplan aan de Dokter van Dalelaan te Ermelo;
bepaling kans op hinder t.g.v. railverkeer

AKOESTIEK

TRILLINGEN

MILIEU-
VERGUNNINGEN

LUCHTONDERZOEK

Opdrachtgever
Buro SRO Oost B.V.
Sweerts de Landasstraat 50
6814 DG Arnhem

Adviseur
Fabio Calissi, M.Sc.
Ad (Arie) Vreeswijk, M.Sc. INCE

BEZWAAR
EN BEROEP

Namens dezen
T.a.v. Luuk Arends, M.Sc.

Oprachten worden aanvaard en uitgevoerd volgens onze voorwaarden zoals op de achterzijde afgedrukt, alsmede de "regeling van de verhouding tussen opdrachtgever en adviserend ingenieur" (R.V.O.I., 2001) gedeponeerd ter griffie van de arrondissementsrechtbank te Den Haag. Orders are accepted and carried out according to our regulations as printed on the backside and the "regulation of the relation between principal and consultant-engineer" (R.V.O.I., 2001) filed at the office of the district-court of The Hague (the Netherlands).

Postbus 705
2800 AS Gouda
T 0182 352311
F 0182 354711

Inhoudsopgave

1. INLEIDING.....	1
1.1. Algemeen	1
1.2. Gegevens	1
2. SBR-RICHTLIJN B: HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN	2
3. METINGEN EN BEREKENING	4
3.1. Situatie en uitgangspunten	4
3.2. Trillingsmetingen.....	5
3.3. Overdrachtsprognoses van de trillingen door de bodem.....	8
3.4 Overdrachtsprognoses betreffende gebouwen.....	8
4. RESULTATEN TRILLINGSHINDER EN PROGNOSE	10
4.1. Meetresultaten	10
4.2. Berekening resultaten; overdracht in de bodem met Barkan formule	12
4.3. Berekeningen resultaten; overdracht van fundering naar vloer	13
4.4. Toetsing trillingsimmissie; prognose	13
4.5. Bespreking van de resultaten, hinder	15
5. MOGELIJKE MAATREGELEN	16
6. CONCLUSIE.....	18

BIJLAGEN:

1. **MEETRESULTATEN**
2. **BEREKENINGBLADEN**
3. **TEKENINGEN**
4. **TERMEN EN DEFINITIE VAN SBR-B**

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

In opdracht van Buro SRO is door AV Consulting B.V. Raadgevende Ingenieurs een trillingsonderzoek uitgevoerd ter plaatse van een bouwplan aan de Dokter van Dalelaan te Ermelo. Het bouwplan voorziet in trillingsgevoelige ruimten door de bouw van woon- en appartementsgebouwen, de bouw van vrijstaande woningen, de bouw van een horecapaviljoen en de transformatie van het bestaande pand aan de Dokter van Dalelaan 66 naar woningen.

Doel van het onderzoek is het prognosticeren van de trillingsniveaus in de panden ten gevolge van het treinverkeer op de spoorlijn Amersfoort – Zwolle.

ProRail adviseert indicatief onderzoek te doen naar de te verwachten trillingsniveaus. Aanleiding voor het onderzoek is de zorg van de opdrachtgever voor mogelijk toekomstige hinder in de nieuwe en bestaande panden ten gevolge van de spoortrillingen.

Ten behoeve van het onderzoek zijn er trillingsmetingen verricht conform de voorschriften uit de SBR-richtlijn B: "Hinder voor personen in gebouwen" gedurende ca. één representatieve week.

Voor de overdracht van de trillingen door de bodem is gebruikgemaakt van de empirische formule van Barkan.

Voor de overdracht van de trillingen van de bodem naar het gebouw en van gebouw naar de vloer zijn frequentie afhankelijke overdrachtsfuncties gebruikt.

1.2. Gegevens

Ten behoeve van het onderzoek is gebruik gemaakt van de navolgende gegevens:

- 1) De SBR-richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen" van de Stichting Bouwresearch.
- 2) Document "Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen" d.d. mei 2019 van de van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- 3) Rapport M.2019.0471.00.R001, "Trillingsonderzoek spooronderdoorgang N226, Maarsbergen" d.d. 2 oktober 2019.
- 4) Rapport "Trillingsbeleving Metropassage Nieuwbouw De Sniep 8B Te Diemen" van Fugro Geoservices B.V. d.d. mei 2015.
- 5) Publicatie nr. 9/1995 "Rekenmodel voor de bepaling van trillingssterkte" van de Ministerie van Volkshuisvesting.
- 6) Plattegrond tekening van de toekomstige situatie door opgave van Buro SRO.
- 7) Document "ALG 20/4819 (04/05)" van de Omgevingsdienst Nood-Veluwe d.d. 24 juni 2020.

2. SBR-RICHTLIJN B: HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN

De meet- en beoordelingsrichtlijn B, "Hinder voor personen in gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen. De richtlijn maakt onderscheid in de functie van het gebouw, aard van de trillingsbron en in bestaande, gewijzigde en nieuwe situaties.

In de Richtlijn vindt de beoordeling plaats door middel van A_1 , A_2 en A_3 :

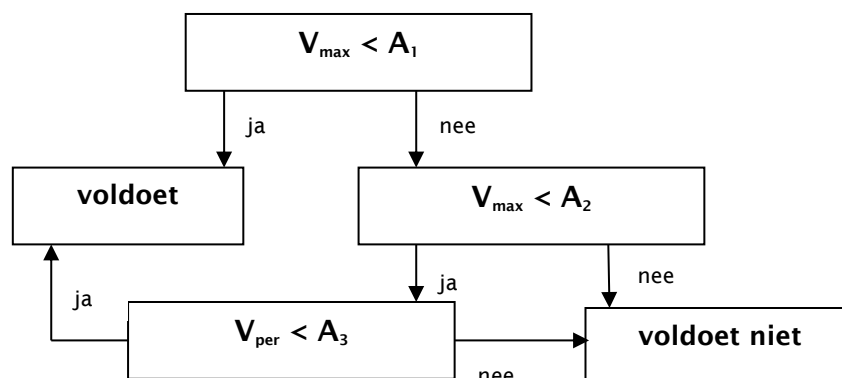
1. A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
2. A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
3. A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat $A_3 < A_1 \leq A_2$.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien:

4. De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte (V_{max}) kleiner is dan A_1 of
5. De waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte (V_{max}) kleiner is dan A_2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

De procedure voor de beoordeling van V_{max} en V_{per} is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



In de richtlijn zijn de streefwaarden onder andere gebaseerd op de functie van het gebouw waar de trillingen beoordeeld moeten worden en de aard van de trillingsbron. In de onderhavige situatie worden de optredende trillingen beschouwd als herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. De situatie kan worden beschouwd als een nieuwe situatie daar het een nieuw bouwplan betreft; met betrekking tot de transformatie van het bestaande pand van gezondheidszorg functie naar woningen is volgens de SBR - B richtlijn er sprake van een bestaand situatie. In tabel 1 zijn de streefwaarden opgenomen.

Tabel 1: Overzicht streefwaarden hinder.

Gebouwfunctie (SBR - B richtlijn)	Dag- en avond			Nacht		
	A1 [-]	A2 [-]	A3 [-]	A1[-]	A2 [-]	A3 [-]
Wonen / Gezondheidszorg (nieuwe situatie)	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Wonen / Gezondheidszorg (bestaande situatie)	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1
Kantoor / Bijeenkomst (nieuwe situatie)	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07

Toetsing zal plaatsvinden voor zowel de dag- avond- en nachtperiode aangezien het railverkeer plaatsvindt in deze perioden.

Voor de afweging van de toelaatbaarheid van de trillingssterkten door railverkeer gedurende langere tijd kan bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik worden gemaakt van de navolgende kwalificatie van de hinder zoals aangegeven in tabel 2.

Tabel 2: Hinderkwalificatie voor railverkeer volgens SBR richtlijn B.

V_{max}	hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 - 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 - 0,8	matige hinder
0,8 - 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) trillingshinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

In bijlage 4 zijn termen en definities gegeven relaterend aan de SBR richtlijn B.

3. METINGEN EN BEREKENING

3.1. Situatie en uitgangspunten

Buro SRO wil mogelijke trillingshinder, ten gevolge van treinverkeer voor bewoners van de nieuwe woningen en voor gebruikers van het nieuwe horecapaviljoen voorkomen. In figuur 1 is de nieuwe situatie weergegeven.



Figuur 1: overzicht van de nieuwe situatie (bestaande en nieuwe gebouwen).

De afstand tussen de gebouwen en de spoorbaan is als volgens:

- ca. 100 meter tussen de spoorbaan en het bestaande pand aan de Dokter van Dalelaan 66 (bruin in figuur 1);
- ca. 140 meter tussen de spoorbaan en het nieuwe appartementsgebouw (groen in figuur 1);
- minimaal ca. 180 meter tussen de spoorbaan en de nieuwe woongebouwen (grijs in figuur 1);
- ca. 250 meter tussen de spoorbaan en de nieuwe vrijstaande woningen (oranje in figuur 1);
- ca. 45 meter tussen de spoorbaan en het nieuwe horecapaviljoen (roze gestreept in figuur 1).

De nieuwe woningen en woongebouwen worden – volgens de opdrachtgever - “op staal” gefundeerd. Het bestaand pand aan de Dokter van Dalelaan 66 is ook “op staal” gefundeerd. Met betrekking tot het appartementsgebouw en het horecapaviljoen is het funderingssysteem momenteel nog niet bekend derhalve is als worst-case scenario fundatie “op staal” toegepast. De begane grond vloerconstructies van de panden zullen uit beton bestaan.

3.2. Trillingsmetingen

Onbemande trillingsmetingen zijn uitgevoerd op de dichtstbijzijnde gevel nabij de fundatie van drie bestaande gebouwen aan de Dokter van Dalelaan 66, aan de Chevallierlaan 8 en aan de Stationsstraat 124.

De meetposities zijn als volgt:

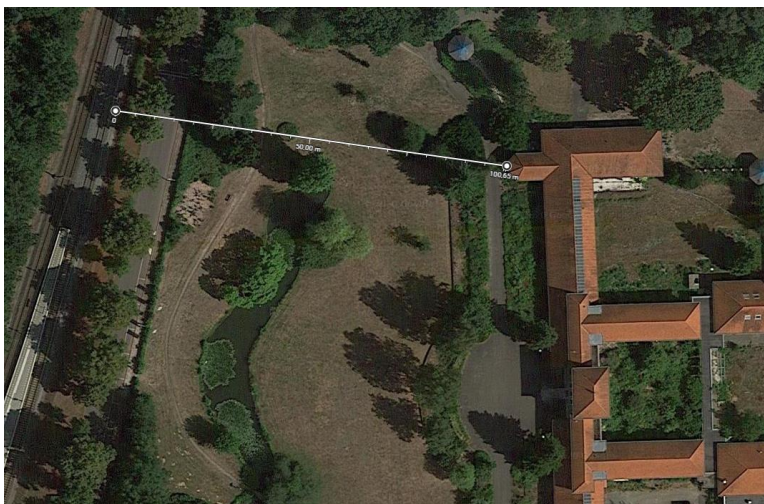
- meetpositie 1: op het pand aan de Dokter van Dalelaan 66, op een afstand van ca. 100 meter van het spoor;
- meetpositie 2: op het pand aan de Chevallierlaan 8, op een afstand van ca. 125 meter van het spoor;
- meetpositie 3: op het pand aan de Stationsstraat 124, op een afstand van ca. 90 meter van het spoor.

N.B.: een grote trilling veroorzaakte op 9 maart een “overload” (t.g.v. verplaatsing van de gefoon door derden) van de trillingsmeter op meetpositie 1. Hierdoor zat de gefoon niet meer goed vast aan de constructie en is deze meting dus niet meer bruikbaar. Derhalve worden de resultaten van meetpositie 1 niet meegenomen in dit onderzoek. Zie bijlage 1 voor aanvullende informatie.

In dit geval blijken trillingsmetingen gedurende één week, in hetzelfde gebied, aan bestaande gebouwen en met bekende funderingssystemen voldoende voor een indicatief onderzoek. Ook volgens de aanwijzingen uit de “Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen” zijn twee vergelijkbare meetposities afdoende om een representatief beeld van de situatie te geven.

Op basis van de meetresultaten op meetposities 2 en 3 zijn de trillingsniveaus met hulp van de empirische formule van Barkan op de toetspunten berekend. De resultaten van het onderzoek dienen een indicatief antwoord te geven op de vraag of er kans op hinder is in de panden op verschillende afstanden van het spoor. Hiertoe is een frequentie afhankelijke overdracht functie gebruikt voor de overdracht van de trillingen in de bodem naar de fundering en van de fundering naar de vloer.

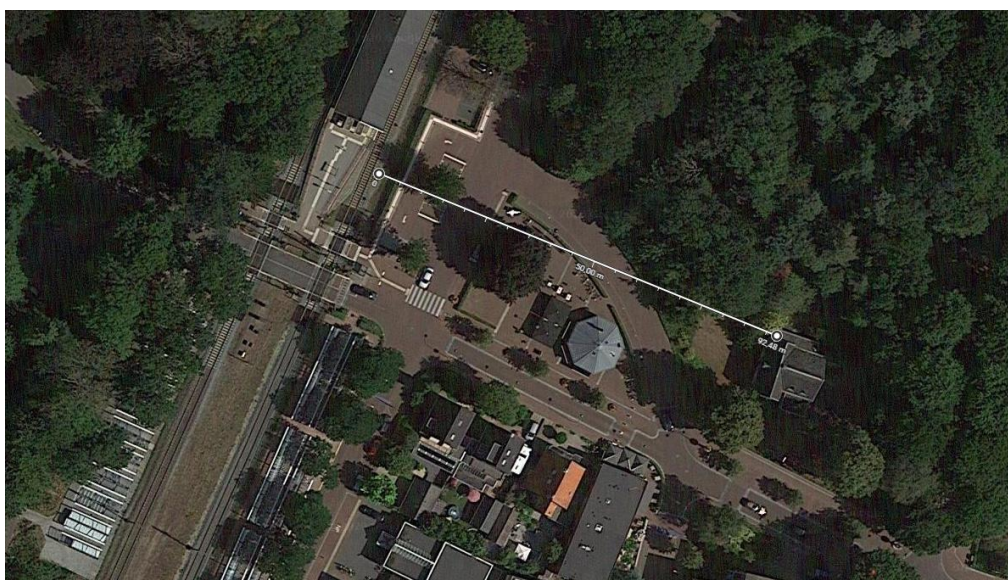
In figuren 2, 3 en 4 zijn de afstanden tussen het spoor en de meetposities weergegeven.



Figuur 2: afstand tussen meetpositie 1 en de spoorbaan.



Figuur 3: afstand tussen meetpositie 2 en de spoorbaan.



Figuur 4: afstand tussen meetpositie 3 en de spoorbaan.

In onderhavige situatie is ervoor gekozen om gedurende ca. één representatieve week de trillingen te meten waardoor een goed beeld van de lokale situatie is verkregen. In de meetpunten wordt in één verticale en in twee onderling loodrechte horizontale richtingen gemeten. In figuren 5, 6 en 7 zijn de posities van de geofoons gegeven.



Figuren 5 en 6: foto's van de meetapparatuur op de meetposities 1 en 2.



Figuur 7: foto van de meetapparatuur op de meetpositie 3.

De onbemande metingen zijn uitgevoerd van maandag 9 maart 2020 in de ochtend t/m de ochtend van maandag 16 maart 2020. Op de meetlocaties zijn in drie richtingen (één verticaal en twee horizontaal) de optredende trillingen geregistreerd. De y-richting loopt evenwijdig met de spoorbaan, x-richting is loodrecht aan de spoorbaan en de z-richting is verticaal. De drie bestaande panden bestaan uit metselwerk en zijn “op staal” gefundeerd.

Bij de metingen is gebruik gemaakt van de in tabel 3 vermelde meetapparatuur. Deze meetapparatuur voldoet aan de specificaties uit de SBR richtlijn.

Tabel 3: gebruikte meetapparatuur.

Omschrijving	Merk	Type
Trillingsanalyzer	Profound	Vibra SBR +
3-D trillingsopnemer	Profound	Vibra SBR +

3.3. Overdrachtsprognoses van de trillingen door de bodem

Op basis van de meetresultaten is de theoretische overdracht op basis van de empirische formule van Barkan bepaald en dus zijn de trillingsniveaus in de bodem op verschillende afstanden van het spoor berekend. Voor de overdracht van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan:

$$V_R = V_{R_0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- V_{R_0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
- R afstand tussen immisiepunt en de bron;
- R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
- α materiaaldemping in de bodem (1/m);
- n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

De geometrische demping - n in de formule - is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven (n = 0.5) is de geometrische demping kleiner dan voor de P- (pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven. Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P en S-golf de grootste energie (>67%).

Voor de prognoseberekening is de materiaaldemping - α in de formule - gekozen op $\alpha = 0,01$ [1/m].

3.4 Overdrachtsprognoses betreffende gebouwen

Trillingen worden door de bodem overgedragen naar de gebouwconstructie. De mate van trillingsoverdracht hangt af van de wijze van funderen alsmede de massa en de stijfheid van het gebouw. Maatgevend voor de toetsing is de optredende trillingssterkte in het vloerveld. De constructiewijze, het materiaal en de overspanning van een vloer alsmede de belasting bepalen de 'eigenfrequenties' of resonantie frequenties van een vloerveld en de gevoeligheid voor trillingen.

Uit het onderzoek blijkt dat de opgetreden trillingen met betrekking tot het spoorverkeer een dominante frequenties hebben van globaal van 5 t/m 12 Hz in de x-, y- en z-richting; zie bijlage 1.

Fundering en gebouwconstructie

Bij de overgang van bodem naar gebouwfundatie treedt een verzwakking op van trillingen. Deze verzwakking wordt groter bij toenemende frequentie, waarbij de totale verzwakking zal afhangen van de spectrale verdeling. Voor licht gebouwen zal de verzwakking minder zijn dan voor zwaar gebouw. In de prognose is rekening gehouden met de spectrale overdrachtswaarden uit tabel 4 die zijn gebaseerd op door TNO ontwikkelde empirische formules en eigen meetervaring.

Tabel 4: Trillingsoverdracht van bodem naar gebouw, verzwakking in dB.

Gebouw	Frequentie in Hz				
	4	8	16	32	63
Licht gebouw (op staal)	0	0	-1	-3	-8
Licht gebouw (op palen)	-2	-2	-3	-7	-12
Zwaar gebouw (Utiliteitsbouw)	-6	-6	-7	-9	-14

In de onderwerpelijke situatie is het funderingssysteem voor beide - de bestaande en de nieuwe gebouwen - "op staal". Bij de dominante frequenties van 5-12 Hz is de verzwakking ca. 0 dB.

Voor onderwerpelijke situatie is geen verzwakkingfactor in de x-, y- en z-richting toegepast. Dit betekent dat de optredende trillingen in de bodem hetzelfde zijn als op de fundering van de gebouwen.

Vloerconstructie

Door resonanties zal de trillingssterkte in het midden van een vloerveld hoger zijn dan aan de randen. Voor de mate van resonantie zijn de demping en de ligging van eigenfrequenties van belang. Deze zijn afhankelijk van de constructiewijze, het materiaal en de vloeroverspanning.

Voor niet stationaire trillingen, zoals bij railverkeer, is de verwachting dat de versterkingsfactoren wat lager zullen uitvallen dan vermeld in tabel 5. Dit geldt wanneer de afstand tot de trillingsbron klein is en de aanstoting slechts over een beperkt deel van de draagconstructie plaatsvindt, zoals in de onderhavige situatie. In de prognoses is gerekend met de gemiddelde vloerveldversterking als functie van de frequentie (zie tabel 5). In tabel 5 wordt de overdracht van gebouw naar vloer voor twee vloertypen gegeven. Deze waarden zijn gebaseerd op door TNO ontwikkelde empirische formules en eigen meetervaring.

Tabel 5: gemiddelde vloerveldversterking als functie van de frequentie.

Vloertype	Frequentie in Hz				
	4	8	16	32	63
Grote overspanning (3 - 5 Hz)	10	8	7	5	4
Kleine overspanning (12 Hz - 16 Hz)	4	8	10	7	5

Voor beide de vloertypen is er tussen ca. 5 Hz en 12 Hz een versterking van ca. 8 dB; dit is een versterkingsfactor van ca. 2,5.

Cumulatie overdrachtsprognose:

Voor de opslingering in het vloerveld in de x-, y- en z-richting is gerekend met een versterking van ca. 8 dB. Dit is een versterkingsfactor van ca. 2,5 op de gemeten trillingsresultaten (trillingssnelheid) op de fundering en in de bodem.

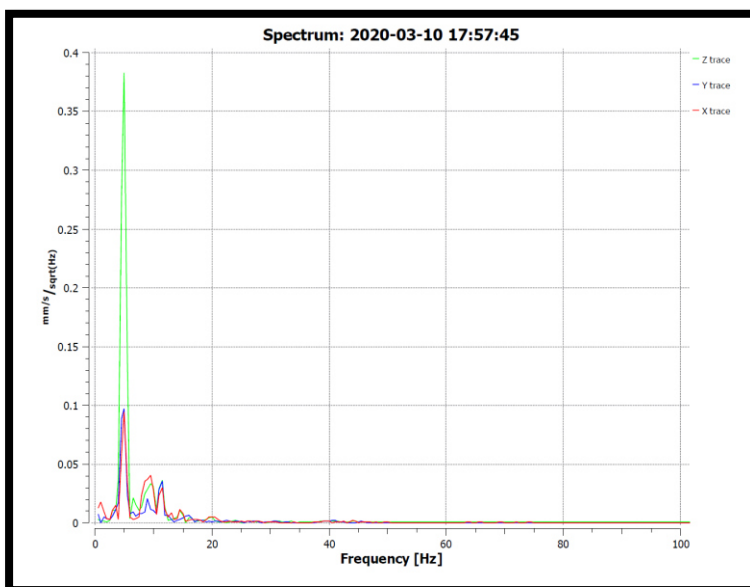
De cumulatieve overdrachtsfactor in de x-, y- en z-richting bedraagt derhalve 2,5.

4. RESULTATEN TRILLINGSHINDER EN PROGNOSE

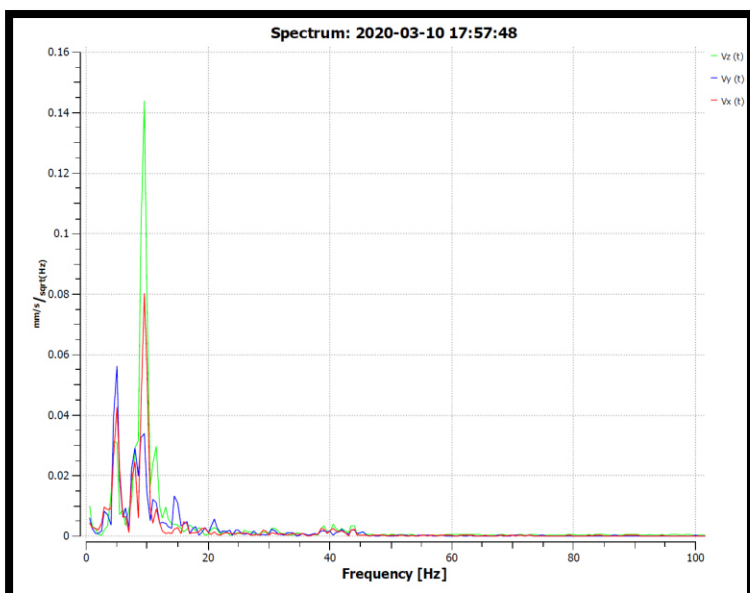
4.1. Meetresultaten

Gedurende de meetweek hebben stoortrillingen plaatsgevonden; door een analyse van de gemeten snelheidwaarden, traces en spectra zijn deze resultaten geïdentificeerd en geëlimineerd (zie gemarkeerde waarden in bijlage 1). Stoortrillingen ten gevolge van de installatie en de-installatie van de instrumenten zijn ook geëlimineerd. De geëlimineerde stoortrillingen zijn in bijlage 1B te zien. Traces van de overige stoortrillingen zijn in bijlage 1J weergegeven.

In figuren 8 en 9 zijn de spectra van de hoogste trilling vanwege railverkeer gegeven, gemeten op meetpositie 2 en 3.



Figuur 8: spectrum van de op meetpositie 2 hoogst gemeten trilling vanwege railverkeer, de gemeten snelheidwaarde wordt bepaald in het tijdsdomein.



Figuur 9: spectrum van de op meetpositie 3 hoogst gemeten trilling vanwege railverkeer, de gemeten snelheidwaarde wordt bepaald in het tijdsdomein.

In tabel 6 zijn de hoogste meetwaarden als maximale effectieve trillingssnelheid, $V_{\text{eff,max}}$, samengevat voor de dag- en avondperiode en voor de nachtperiode. Zie ook bijlage 1.

Tabel 6: meetresultaten hinder; dag-, avond- en nachtperiode.

Meetpositie	Periode	Hoogst optredende meetwaarden van $V_{\text{eff,max}}$ [-]
2	Dag- en avondperiode	0,28 (z-richting)
	Nachtperiode	0,12 (z-richting)
3	Dag- en avondperiode	0,16 (z-richting)
	Nachtperiode	0,14 (z-richting)

Uit de meetresultaten op positie 2 blijkt dat de $V_{\text{eff,max}}$ waarde gemeten in de dag- en avondperiode hoger is dan de $V_{\text{eff,max}}$ waarde gemeten in de nachtperiode. Dit komt regelmatig voor, mogelijk wordt het verschil veroorzaakt door andere samenstelling van de treinstellen (minder passagiers, snelheid, aantal bakken etc.). Het onderhavige onderzoek betreft een worst-case scenario en daarom hebben wij dit aspect niet verder geanalyseerd.

4.2. Berekening resultaten; overdracht in de bodem met Barkan formule

Op basis van de meetresultaten is de theoretische overdracht op basis van de empirische formule van Barkan bepaald en dus zijn de trillingsniveaus op de fundering van de panden op verschillende afstanden van het spoor berekend. In tabel 7 zijn de door de bodem berekende waarden van V_{max} gegeven. De volledige berekeningen zijn in bijlage 2 te vinden.

Tabel 7: Berekend trillingsniveaus op de fundering aan de bestaande een nieuwe gebouwen.

Identificatie	Afstand van het spoor [m]	Periode	Hoogst berekende waarde van V_{max} [-], op de fundering
Bestaande gebouw, Dokter van Dalelaan 66	100	Dag- en avondperiode	0,40
		Nachtperiode	0,17
Appartementsgebouw	140	Dag- en avondperiode	0,08
		Nachtperiode	0,07
Woongebouwen	180	Dag- en avondperiode	0,13
		Nachtperiode	0,04
Vrijstaande woningen	250	Dag- en avondperiode	0,06
		Nachtperiode	0,02
Horecapaviljoen	45	Dag- en avondperiode	1,04
		Nachtperiode	0,44

4.3. Berekeningen resultaten; overdracht van fundering naar vloer

In tabel 8 zijn de berekend waarden van V_{max} middels de overdrachtfunctie van funderingssysteem naar vloer berekend. De volledige berekeningen zijn in bijlage 2 te vinden.

Tabel 8: Berekend trillingsniveaus met overdracht van fundering naar vloer aan de bestaande en nieuwe gebouwen.

Identificatie	Afstand van het spoor [m]	Periode	Hoogst berekende waarde van V_{max} [-], op de vloer
Bestaande gebouw, Dokter van Dalelaan 66	100	Dag- en avondperiode	1,00
		Nachtperiode	0,43
Appartementsgebouw	140	Dag- en avondperiode	0,19
		Nachtperiode	0,17
Woongebouwen	180	Dag- en avondperiode	0,34
		Nachtperiode	0,10
Vrijstaande woningen	250	Dag- en avondperiode	0,14
		Nachtperiode	0,06
Horecapaviljoen	45	Dag- en avondperiode	2,60
		Nachtperiode	1,11

4.4. Toetsing trillingsmissie; prognose

De hoogste berekende waarden voor de dag- en avondperiode voor V_{max} zijn opgenomen in tabel 9. De toetsing voor hinder is eveneens in tabel 9 gegeven.

Tabel 9: toetsing voor hinder; dag- en avondperiode.

Identificatie	V_{max} [-]	A_1^* [-]	Toetsing	A_2^* [-]	Toetsing
Bestaande gebouw, Dokter van Dalelaan 66	1,00	0,2	<u>Voldoet niet</u>	0,8	<u>Voldoet niet</u>
Nieuwe appartementsgebouw	0,19	0,1	<u>Voldoet niet</u>	0,4	<u>Voldoet, Vper noodzakelijk</u>
Nieuwe woongebouwen	0,34	0,1	<u>Voldoet niet</u>	0,4	<u>Voldoet, Vper noodzakelijk</u>
Nieuwe vrijstaande woningen	0,14	0,1	<u>Voldoet niet</u>	0,4	<u>Voldoet, Vper noodzakelijk</u>
Nieuwe horecapaviljoen	2,60	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet niet</u>

* waarden uit de SBR richtlijn (dag- en avondperiode)

De hoogste berekende waarden voor de nachtperiode voor de V_{\max} zijn opgenomen in tabel 10. De toetsing voor hinder is eveneens in tabel 10 gegeven.

Tabel 10: toetsing voor hinder; nachtperiode.

Identificatie	V_{\max} [-]	A_1^* [-]	Toetsing	A_2^* [-]	Toetsing
Bestaande gebouw, Dokter van Dalelaan 66	0,43	0,2	<u>Voldoet niet</u>	0,4	<u>Voldoet niet</u>
Nieuwe appartementsgebouw	0,17	0,1	<u>Voldoet niet</u>	0,2	<u>Voldoet, V_{per} noodzakelijk</u>
Nieuwe woongebouwen	0,10	0,1	<u>Voldoet</u>	0,2	<u>Voldoet</u>
Nieuwe vrijstaande woningen	0,06	0,1	<u>Voldoet</u>	0,2	<u>Voldoet</u>
Nieuwe horecapaviljoen	1,11	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet niet</u>

* waarden uit de SBR richtlijn (nachtperiode)

Toetsing trillingsmissie, hinder

Uit tabel 9 en 10 blijkt dat de onderste (A_1) en de bovenste streefwaarde (A_2) uit de SBR richtlijn B worden overschreden aan het bestaande gebouw en aan het nieuwe horecapaviljoen gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Bepaling van V_{per} is dan niet noodzakelijk.

Uit tabel 9 blijkt dat de onderste streefwaarde (A_1) uit de SBR richtlijn B wordt overschreden aan het appartementsgebouw, aan de woongebouwen en aan de vrijstaande woningen gedurende de dag- en avondperiode. De bovenste streefwaarde (A_2) wordt niet overschreden gedurende de dag- en avondperiode. Bepaling van V_{per} is derhalve noodzakelijk.

Uit tabel 10 blijkt dat de onderste streefwaarde (A_1) uit de SBR richtlijn B niet wordt overschreden aan de woongebouwen en aan de vrijstaande woningen gedurende de nachtperiode.

Uit tabel 10 blijkt dat de onderste streefwaarde (A_1) uit de SBR richtlijn B wordt overschreden aan het appartementsgebouw gedurende de nachtperiode. De bovenste streefwaarde (A_2) wordt niet overschreden gedurende de nachtperiode. Bepaling van V_{per} is derhalve noodzakelijk.

De hoogst berekende waarden voor V_{per} zijn opgenomen in tabel 12 voor de dag- en avondperiode.

Tabel 12: toetsing voor hinder (V_{per}); dag- en avondperiode.

Identificatie	V_{per} [-]	A_3^* [-]	Toetsing
Nieuwe appartementsgebouw	0,01	0,05	<u>Voldoet</u>
Nieuwe woongebouwen	0,02	0,05	<u>Voldoet</u>
Nieuwe vrijstaande woningen	0,01	0,05	<u>Voldoet</u>

De hoogst berekende waarden voor V_{per} zijn opgenomen in tabel 13 voor de nachtperiode.

Tabel 13: toetsing voor hinder (V_{per}); nachtperiode.

Identificatie	V_{per} [-]	A_3^* [-]	Toetsing
Nieuwe appartementsgebouw	0,01	0,05	Voldoet

4.5. Bespreking van de resultaten, hinder

Bestaande gebouw aan de Dokter van Dalelaan 66, nieuwe horecapaviljoen

Uit de worst-case prognose-berekeningen blijkt dat niet aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Uitgaande van de prognose berekeningen is de verwachting dat op deze gebouwen trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer. Met betrekking tot deze gebouwen dienen maatregelen te worden genomen om trillingshinder te voorkomen. Mogelijke te treffen maatregelen worden behandeld in hoofdstuk 5.

Nieuwe appartementsgebouw, nieuwe woongebouwen, nieuwe vrijstaande woningen

Uit de worst-case prognose-berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Uitgaande van de prognose berekeningen is de verwachting dat geen tot matige trillingshinder zal op deze gebouwen optreden vanwege railverkeer.

5. MOGELIJKE MAATREGELEN

Bij trillingen is er sprake van een trillingsbron (spoorweg), een medium (grond) dat de trillingen doorgeeft, en een ontvanger (personen of apparatuur in de gebouwen). Trillingsreducerende maatregelen kunnen zijn:

1. Bij de bron;
2. In het medium (bodem);
3. Bij de ontvanger.

1. Maatregelen bij de bron (spoor en baanlichaam) is waarschijnlijk geen optie. De betrokken partijen dienen eventueel te overleggen of dit een realistische optie is voor de ruimtelijke ontwikkeling in dit project.

2. Mogelijke maatregelen in de bodem zijn als volgt:

- een optie is de plaatsing een trillingsscherm van enige afmetingen (dikte en diepte) tussen de spoorweg en de woningen, nabij de woningen of naast het baanlichaam.

Met betrekking tot het bestaande gebouw is deze maatregel waarschijnlijk geen optie omdat de afmetingen van zo'n geprojecteerd scherm erg groot zouden zijn en dus erg kostbaar en niet milieuvriendelijk. Met betrekking tot het horecapaviljoen zou de plaatsing van een trillingsscherm een optie kunnen zijn. Verder onderzoek - voor de bouwfase - is nodig om het dempende effect, de afmetingen, de kosten en uitvoerbaarheid van een dergelijk scherm te berekenen.

3. Mogelijke maatregelen bij de ontvanger zijn gerelateerd aan de afstand tussen bron en ontvanger en aan het funderingssysteem. In deze situatie lijkt het niet mogelijk om het nieuwe horecapaviljoen op een voldoende grote afstand (minimaal 130 m volgens de berekeningen) van de spoorweg te projecteren om trillingshinder te voorkomen.

Bij de overgang van bodem naar gebouwfundatie treedt een verzwakking op van trillingen dus mogelijke maatregelen bij de nieuwbouw ontvanger zijn als volgt:

- een optie is de plaatsing of een trillingsisolatie laag (dikke verloren bekisting van PUR) rond en beneden de nieuwe fundering. Deze maatregel heeft vooral effect op een nieuw funderingssysteem "op staal";
- een optie is het gebruik van een minder trillingsgevoelig funderingssysteem.

Een aanvullend nader onderzoek - voor de bouwfase - is nodig om het dempende effect en de aard en soort van een bepaald funderingssysteem te berekenen.

In dit stadium van het onderzoek is het niet mogelijk en opportuun om dieper op het maatregelen aspect in te gaan. Voor de maatregelen onderbouw, het kostenaspect, en de uitvoerbaarheid etc. maakt ook input van andere partijen noodzakelijk, daarom kunnen wij in dit stadium deze afwegingen niet maken of onderbouwen.

Een indicatief overzicht van de mogelijke maatregelen voor nieuwbouw - inclusief kostprijs indicatie - is in tabel 10.4 van de "Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen" te vinden (tabel 13 van dit rapport).

Tabel 13: Overzicht van de mogelijke maatregelen voor nieuwbouw, tabel 10.4 van de "Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen".

Maatregel	Wanneer reducerend effect?	Indicatie kostprijs*
aanpassen vloeren: dikte en/of overspanning	afhankelijk van de vloerafmetingen: opslinging voorkomen	+
paalfundering toepassen	overdracht van trillingen bodem naar fundering reduceren	++
wijzigen bouw materiaal	massa en stijfheid toevoegen: verlaagt responsie van gebouw op trillingen (soms kan ook extra demping worden gerealiseerd)	+ / ++
fundering inpakken (bijv. EPS blokken aan buitenzijde fundering)	voor hogere frequenties: trillingen worden niet of minder overgedragen van bodem naar fundering	+
fundering verzwaren en verstijven	voor hogere frequenties: trillingen worden niet of minder overgedragen van bodem naar fundering	+ / ++
afveren gebouw (trillingsisolerende blokken tussen fundering en bovenbouw) elastische blokken of stalen veren mogelijk	vermindering overdracht trillingen tussen fundering en bovenbouw: Effectief tot lage frequenties (circa 2 à 3 Hz is mogelijk)	++
vloeren loskoppelen van rest van constructie	vermindering overdracht trillingen van gebouwconstructie naar vloeren, wordt soms toegepast bij zware grote vloeren. Wordt bijvoorbeeld bij bioscopen en dergelijke toegepast	+
verstijvende elementen aanbrengen (bijvoorbeeld bij staalbouw extra muurelementen -> sterk afhankelijk van het gebouwontwerp)	vermindering overdracht trillingen vanuit bodem naar gebouw door verhoogde stijfheid van constructie.	+ / ++
locatiekeuze gebouw	afstand tussen gebouw en spoor verhogen, locaties nabij wissels, ES-lassen en kunstwerkovergangen zoveel mogelijk vermijden	0

* 0 is nauwelijks extra kosten, + is beperkte extra kosten, ++ is behoorlijke extra kosten

6. CONCLUSIE

Uit de resultaten van het voorliggend indicatief onderzoek inzake hinder voor personen in gebouwen, kan het volgende worden geconcludeerd:

- Aan het bestaande pand aan de Dokter van Dalelaan 66, op een afstand van ca. 100 meter van het spoor:

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat niet wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw matige hinder tot hinder zal optreden vanwege railverkeer. In dit geval blijken maatregelen niet realistisch (zie hoofdstuk 5).

- Aan het nieuwe appartementsgebouw aan de Stationsstraat, op een afstand van ca. 140 meter van het spoor:

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw geen tot matige trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

- Aan de nieuwe woongebouwen aan de Dokter van Dalelaan, op een afstand van ca. 180 meter van het spoor:

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouwen geen tot matige trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

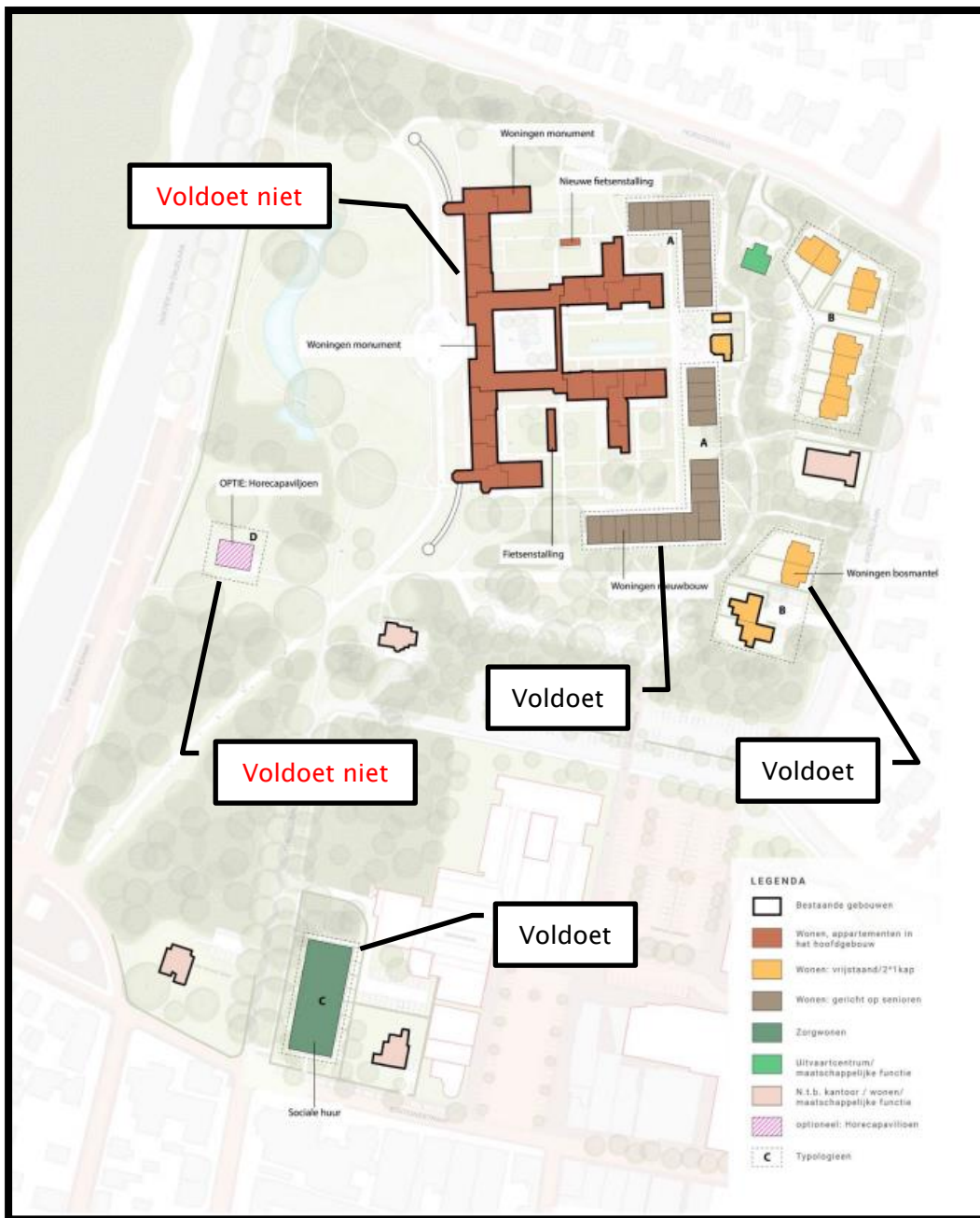
- Aan de nieuwe vrijstaande woningen aan de Dokter van Dalelaan, op een afstand van ca. 250 meter van het spoor:

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw geen tot weinig trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

- Aan het nieuwe horecapaviljoen aan de Dokter van Dalelaan, op een afstand van ca. 45 meter van het spoor:

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat niet aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer. Zonder aanvullend onderzoek dienen er maatregelen te worden genomen (zie hoofdstuk 5 voor een overzicht van de mogelijkheden) om trillingshinder in het nieuwe horecapaviljoen te voorkomen.

Nader maatregelenonderzoek kan gestart worden nadat keuzes omtrent het type en aard van maatregelen in hoofdlijn - door partijen - zijn bepaald.

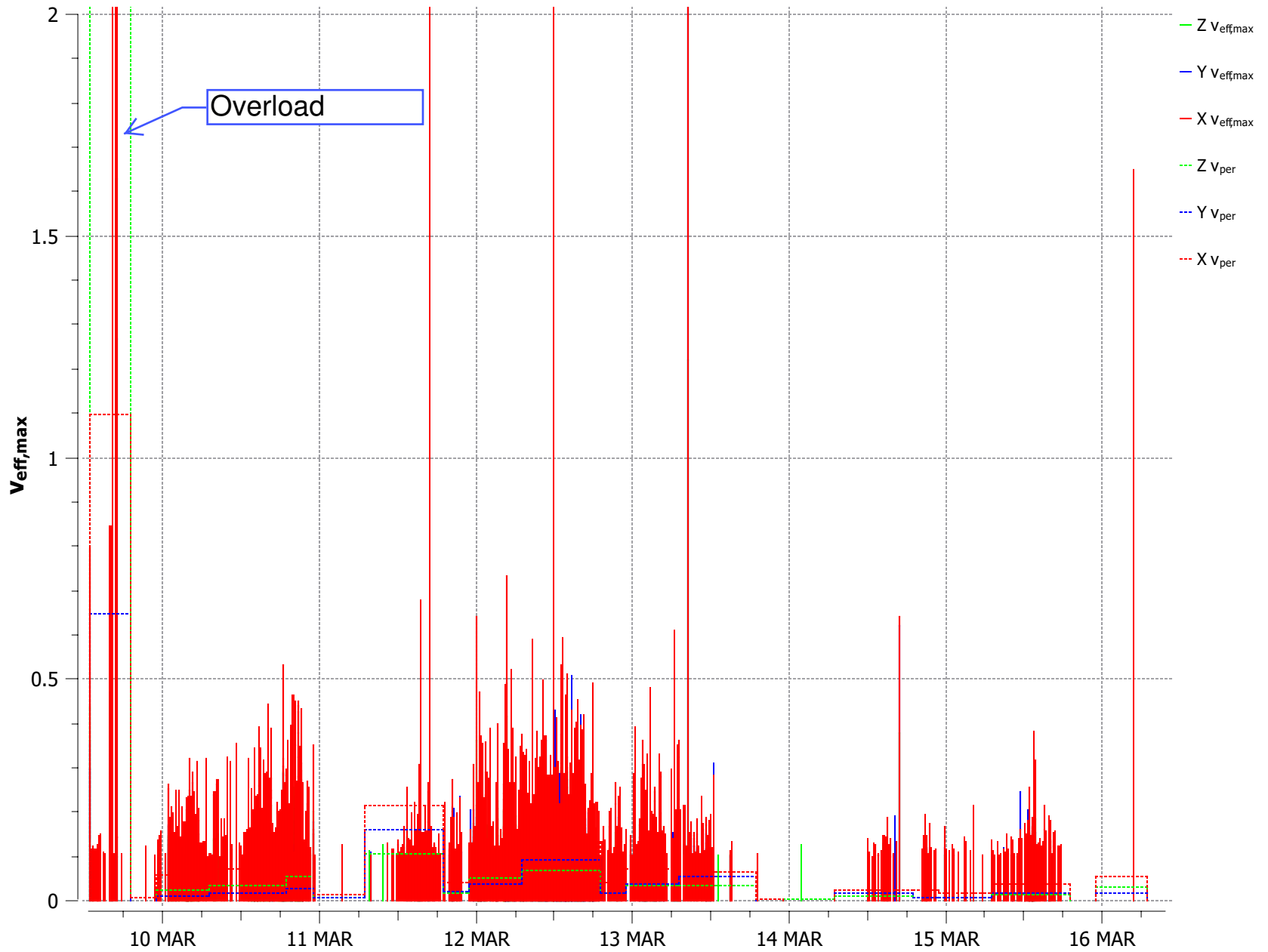


AV-CONSULTING B.V.
Raadgevende ingenieurs

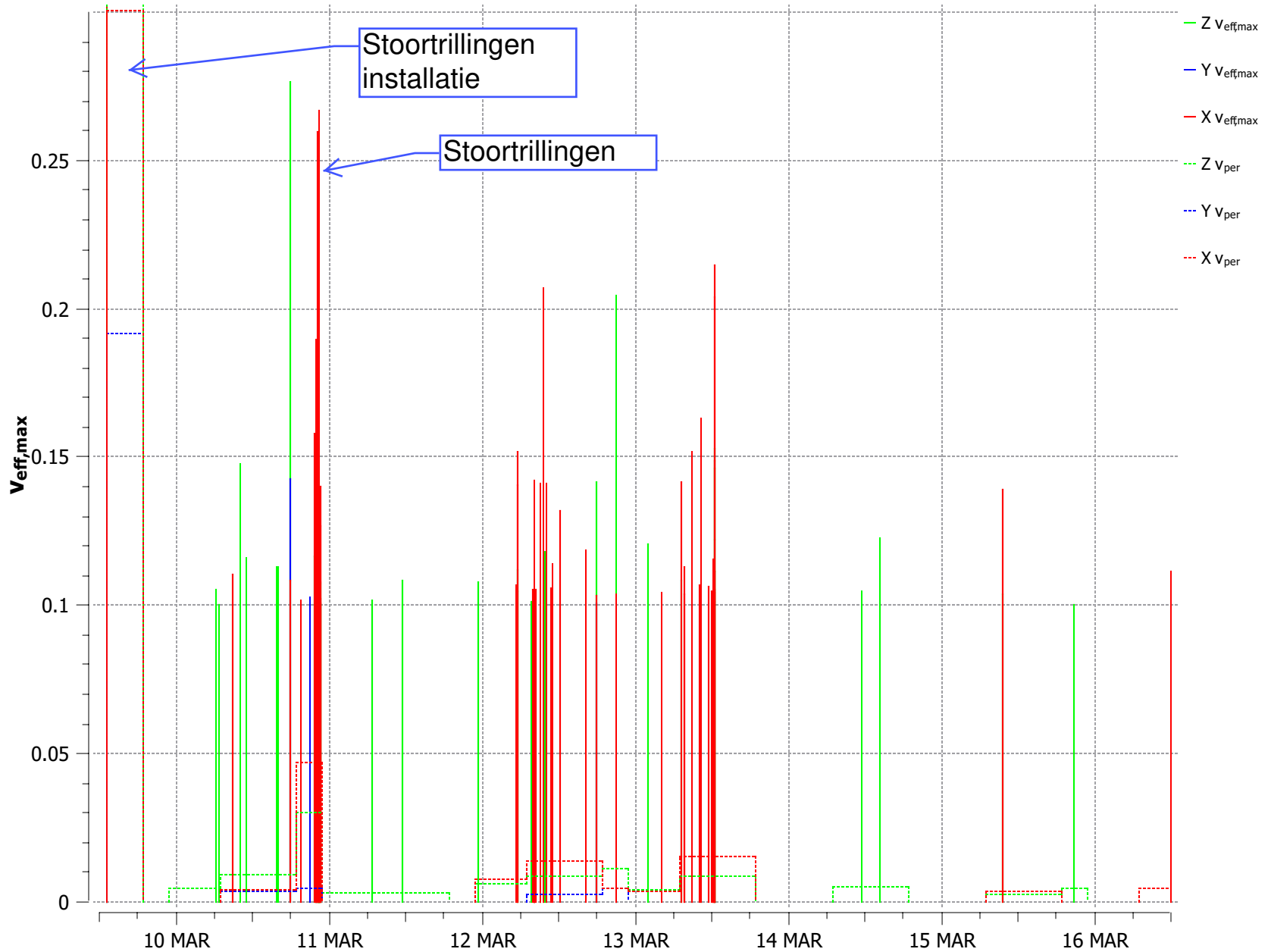
BIJLAGE 1: MEETRESULTATEN

- 1A: $V_{eff,max}$; V_{per} meetweek meetpositie 1 (niet gebruikt)
- 1B: $V_{eff,max}$; V_{per} meetweek meetpositie 2
- 1C: $V_{eff,max}$; V_{per} meetweek meetpositie 3
- 1D: Frequentie meetpositie 1 (niet gebruikt)
- 1E: Frequentie meetpositie 2
- 1F: Frequentie meetpositie 3
- 1G: Trace van hoogste relevante trillingsniveau meetpositie 2
- 1H: Trace van hoogste relevante trillingsniveau meetpositie 3
- 1I: Spectrum van hoogste relevante trillingsniveaus 2
- 1K: Spectrum van hoogste relevante trillingsniveaus 3
- 1J: Stoortrillingen op meetpositie 2

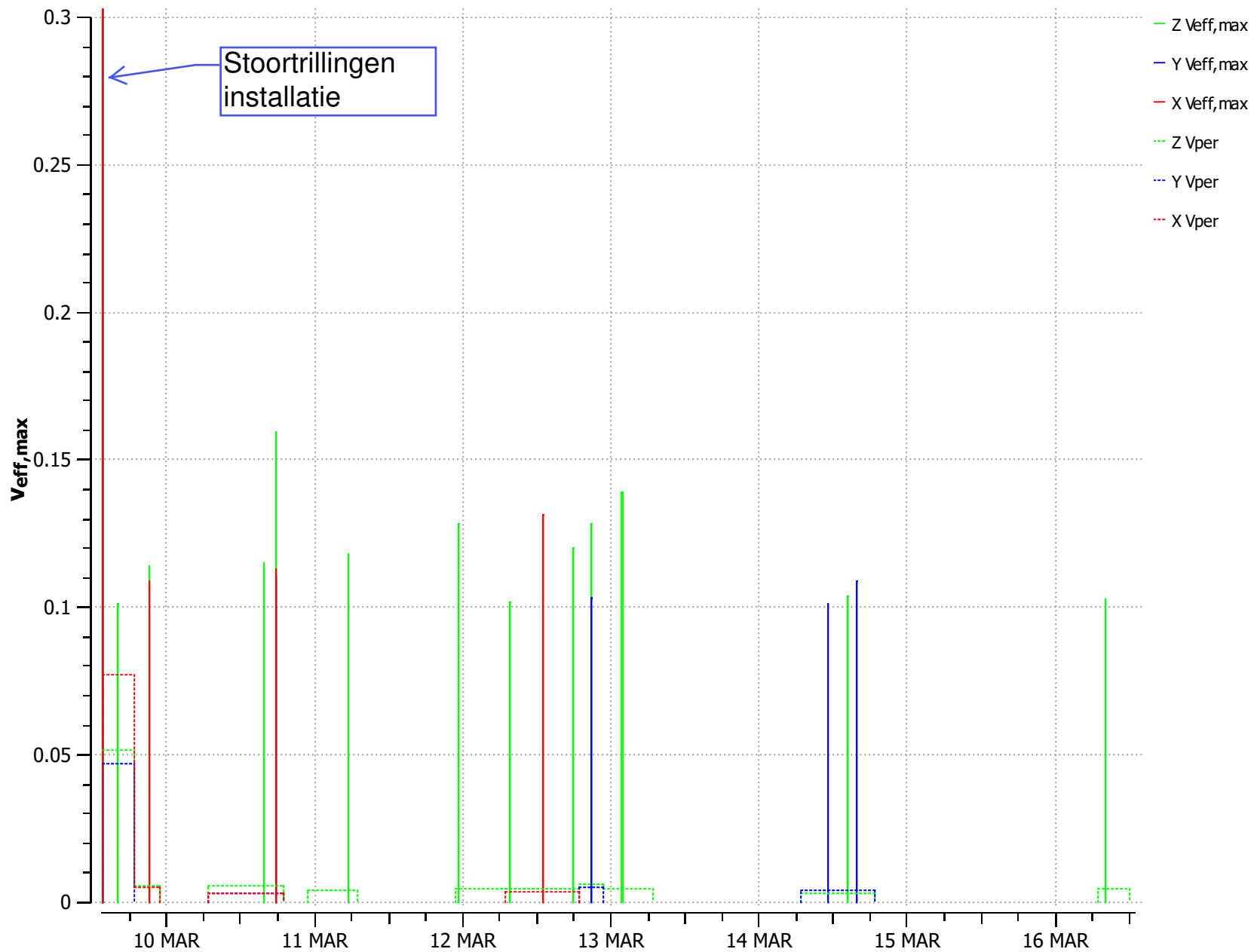
VIB00093 ermelo 66a 2020-03-09



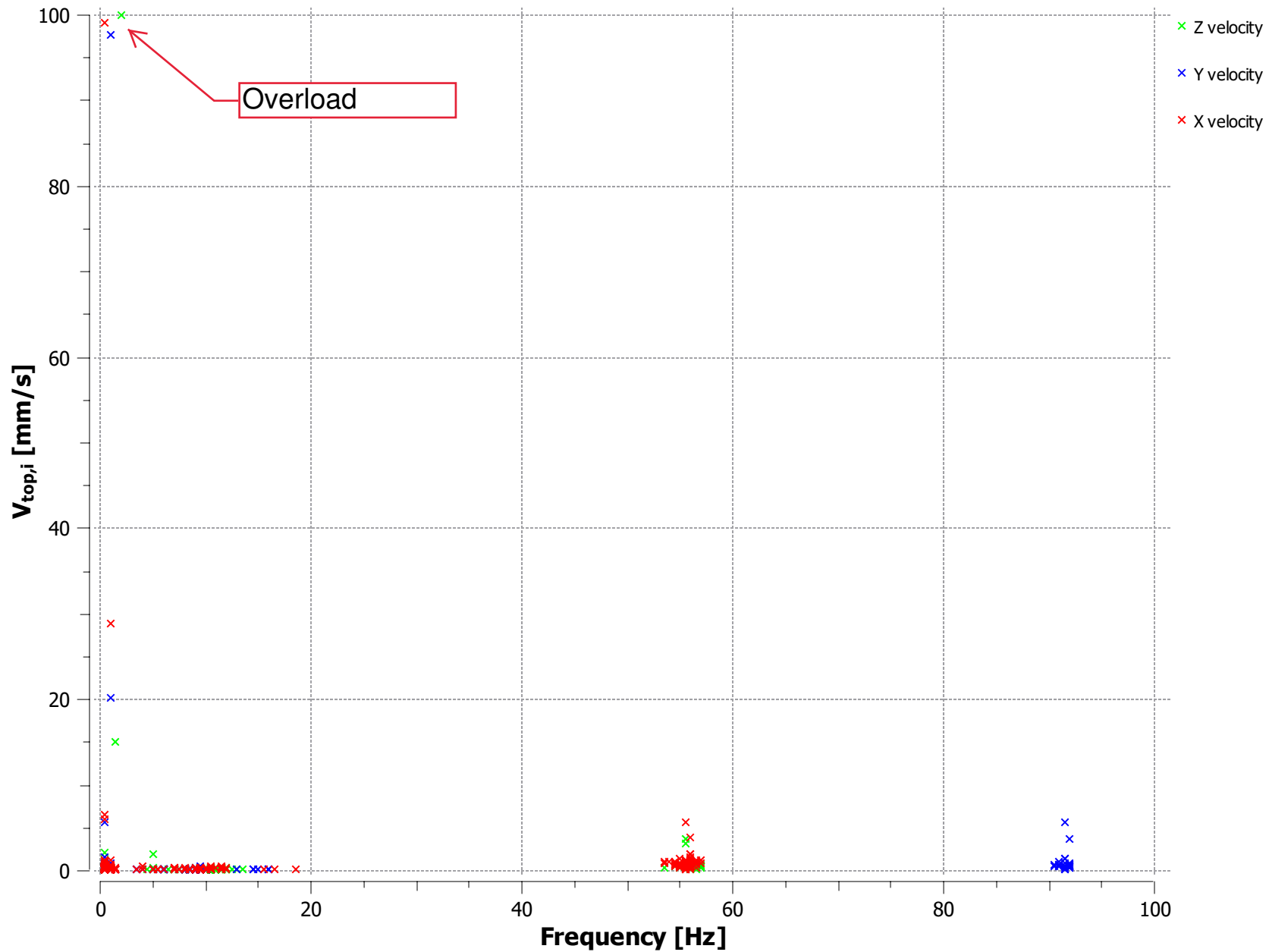
VIB00030 ermelo 8 2020-03-09



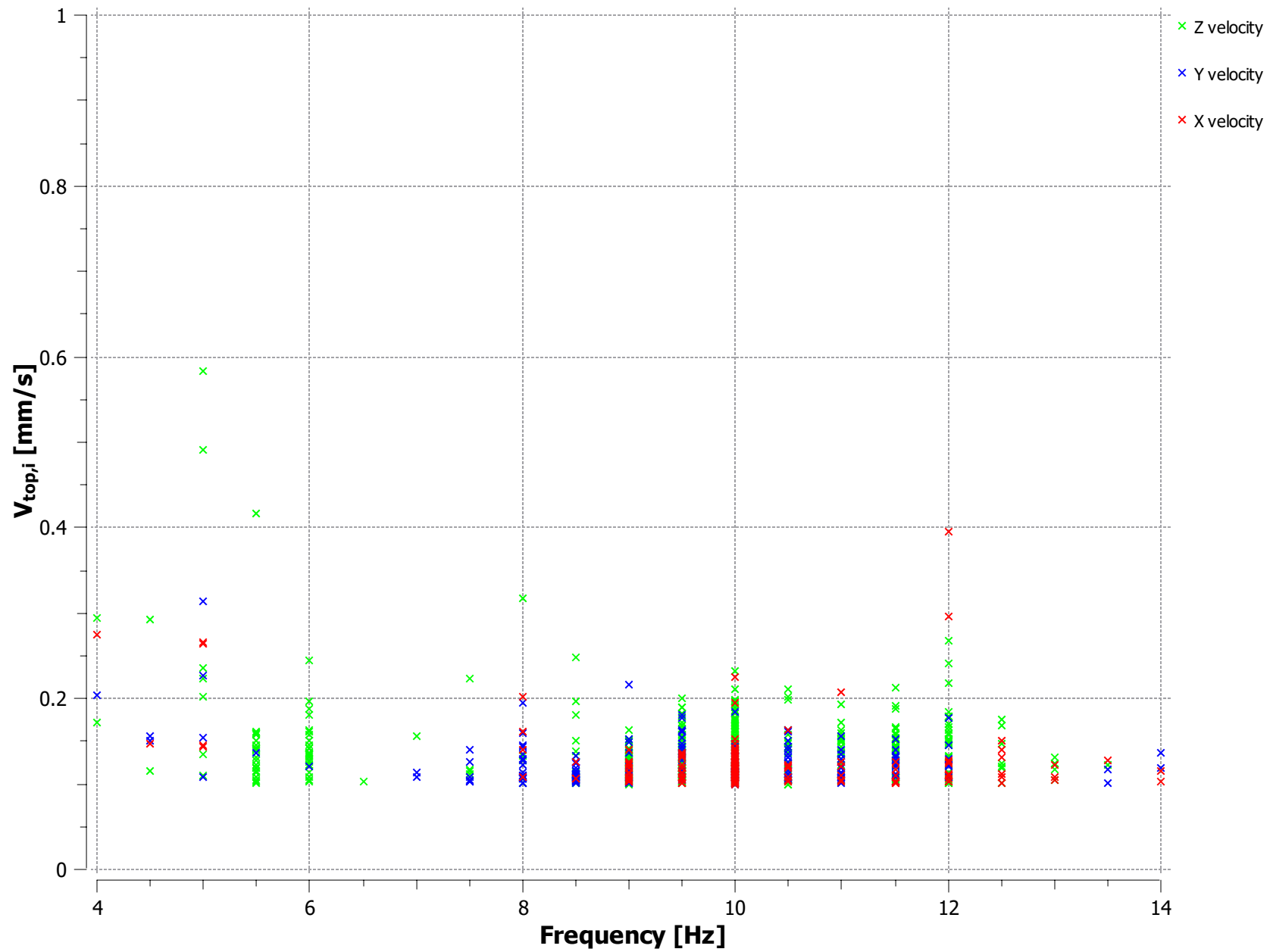
130906 ermelo 124 2020-03-09



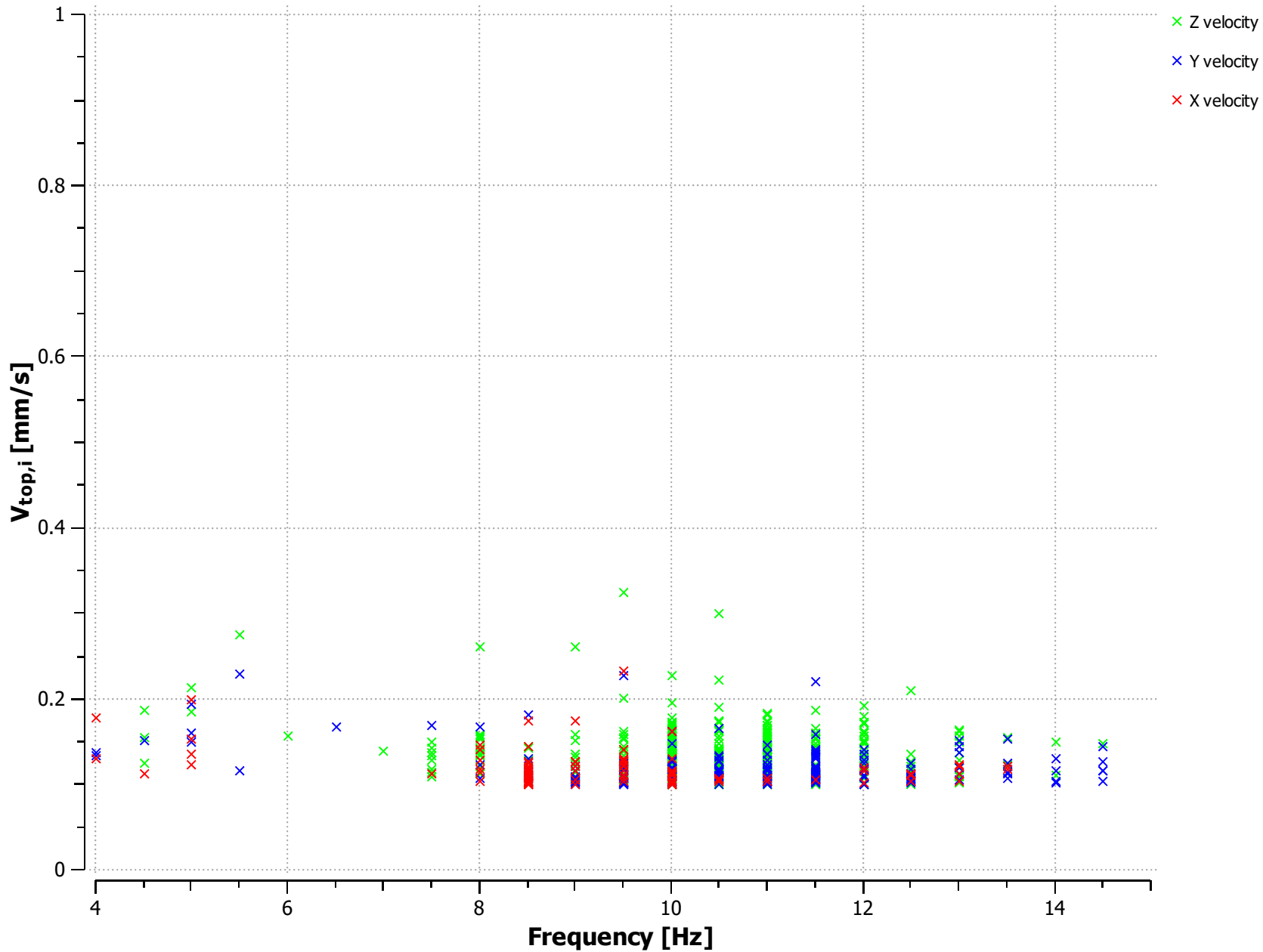
VIB00093 ermelo 66a 2020-03-09



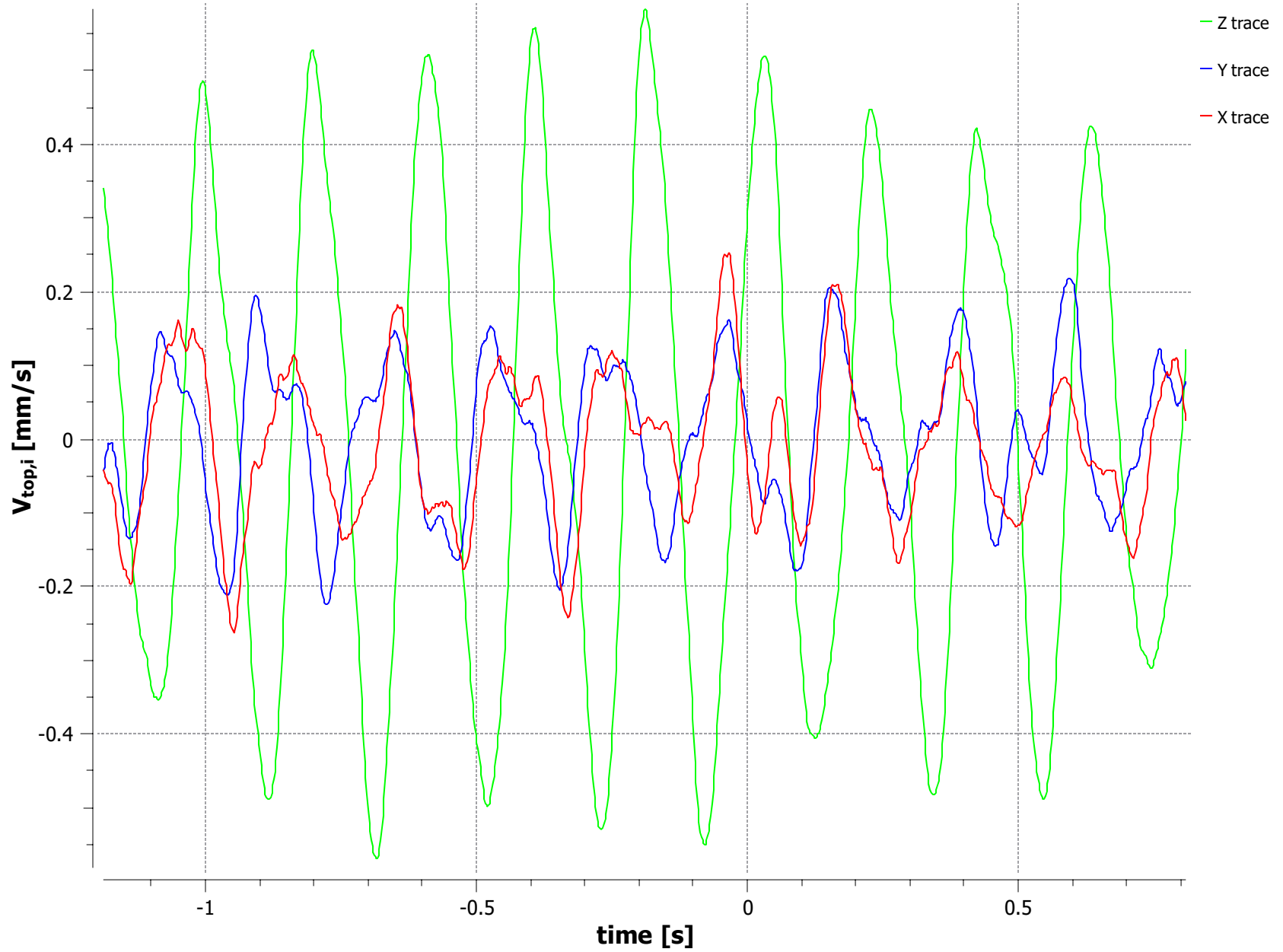
VIB00030 ermelo 8 2020-03-09



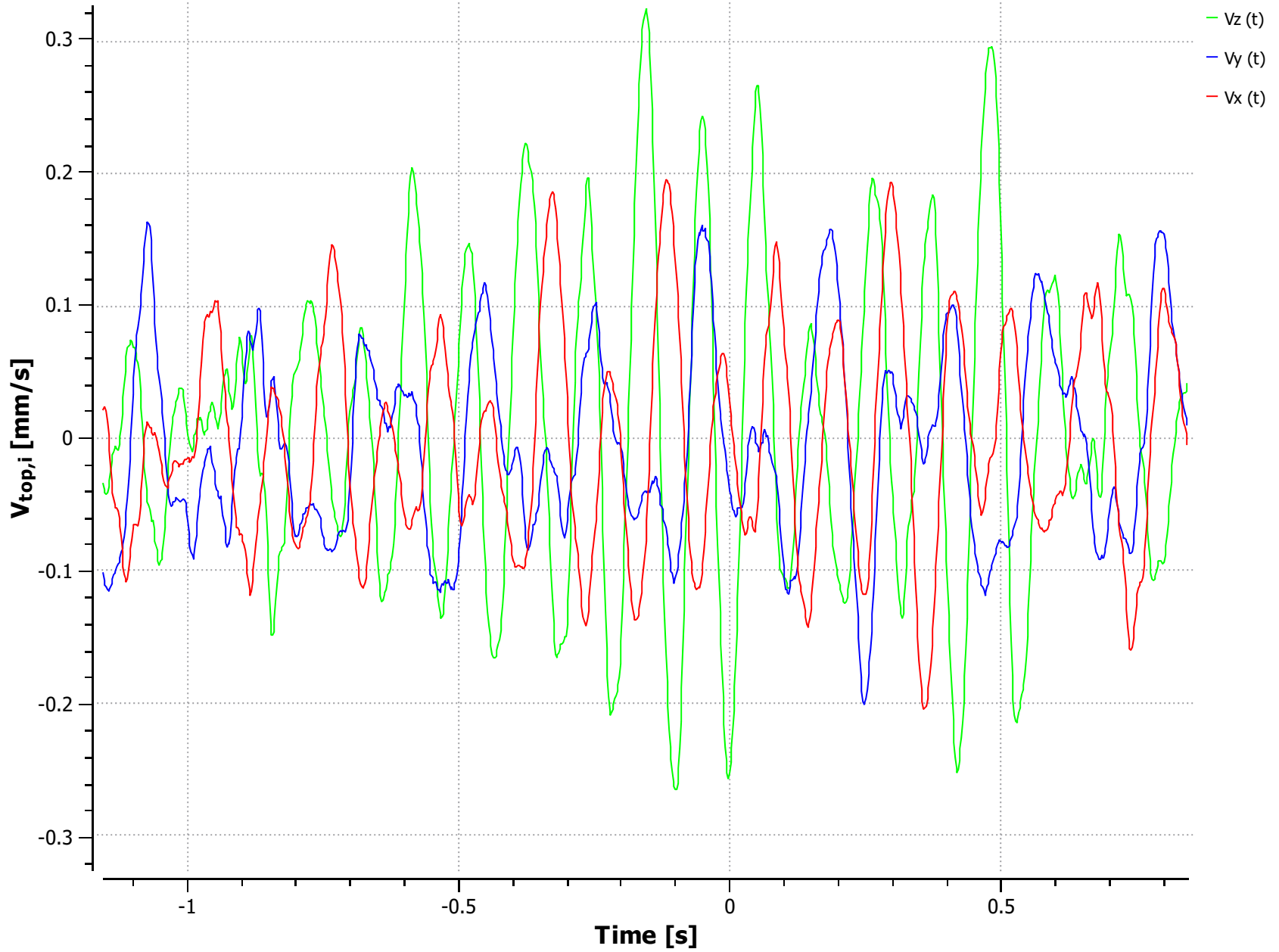
130906 ermelo 124 2020-03-09



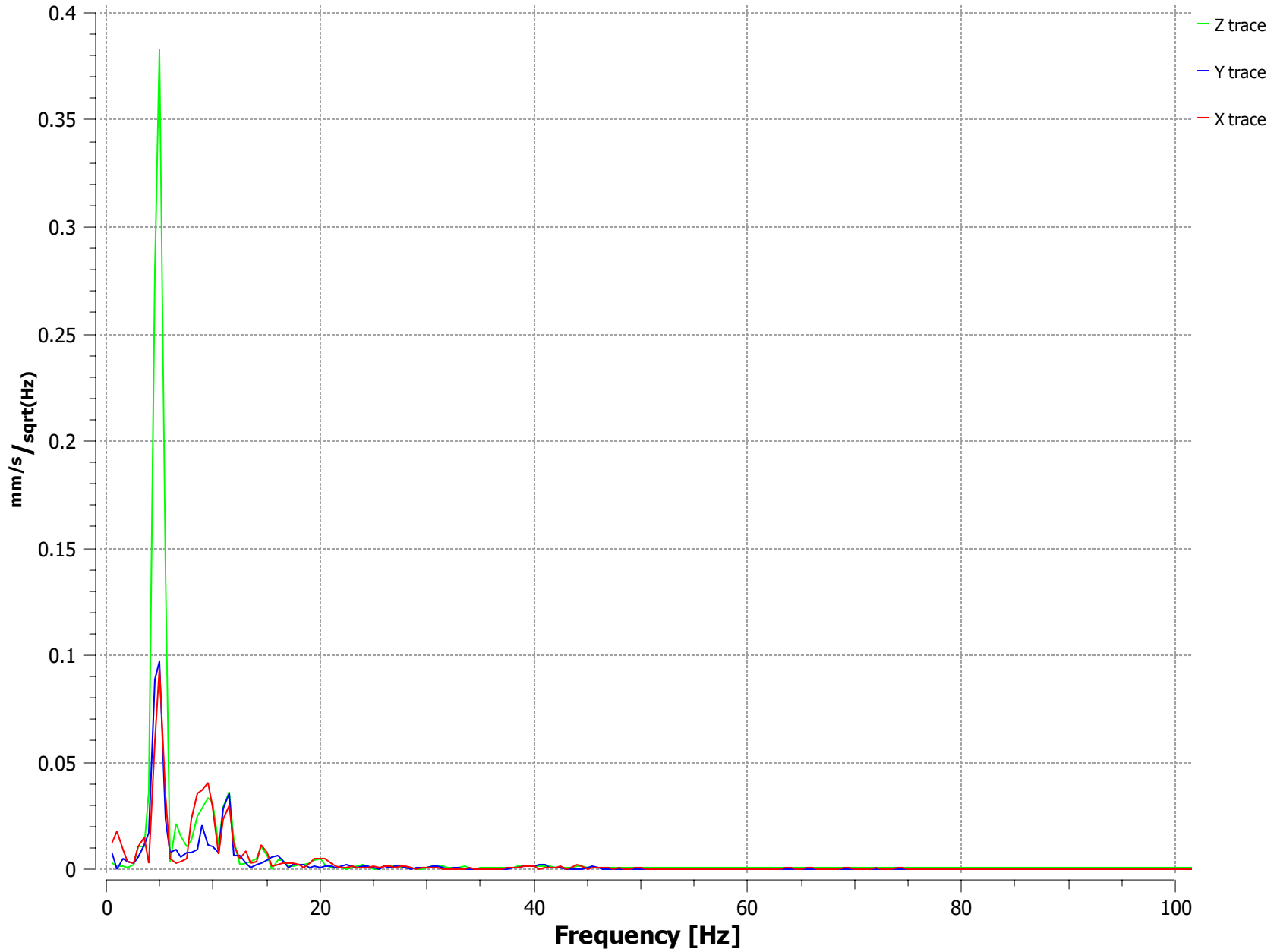
Velocity Trace: 2020-03-10 17:57:45



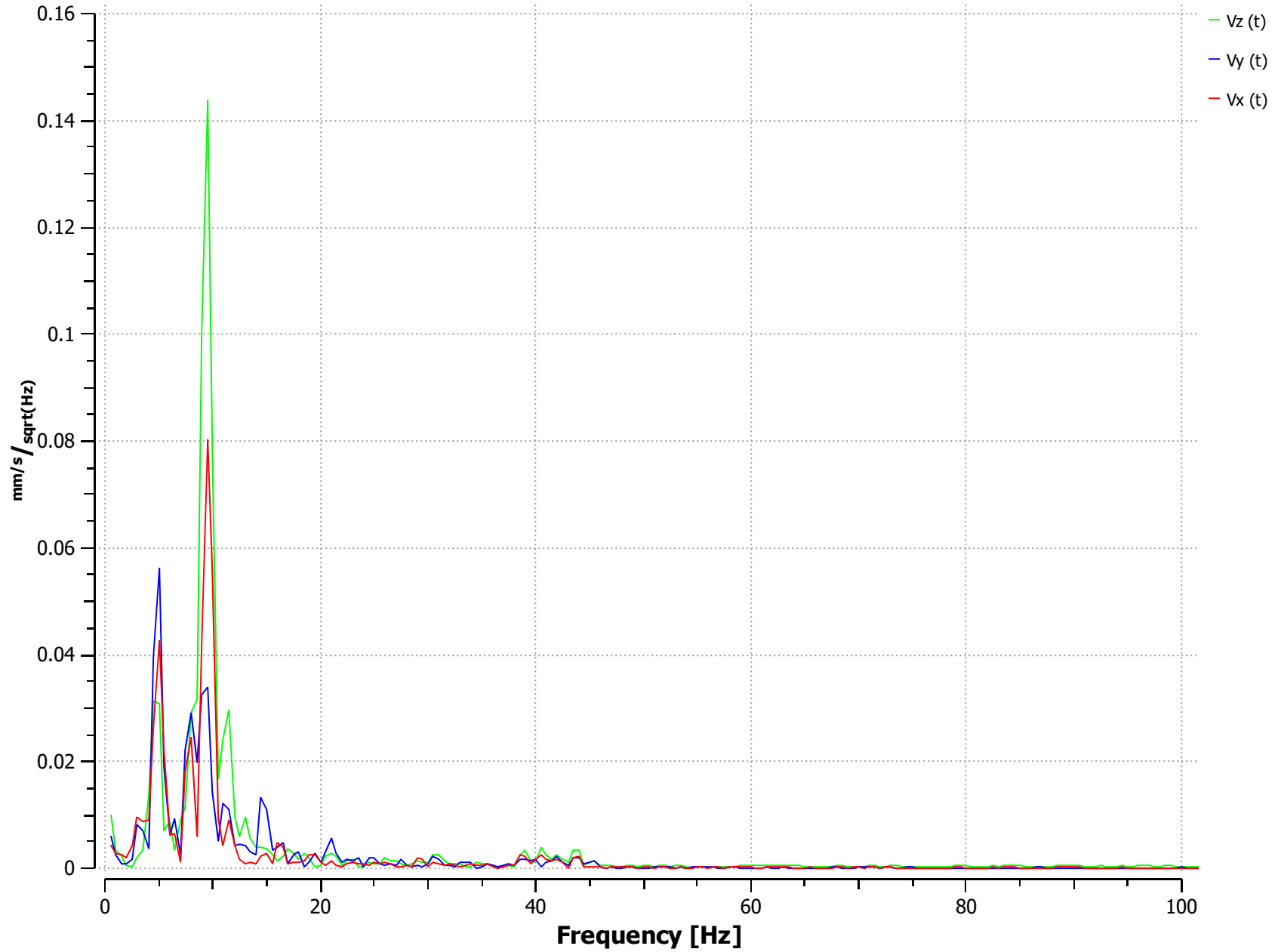
Velocity Trace: 2020-03-10 17:57:48



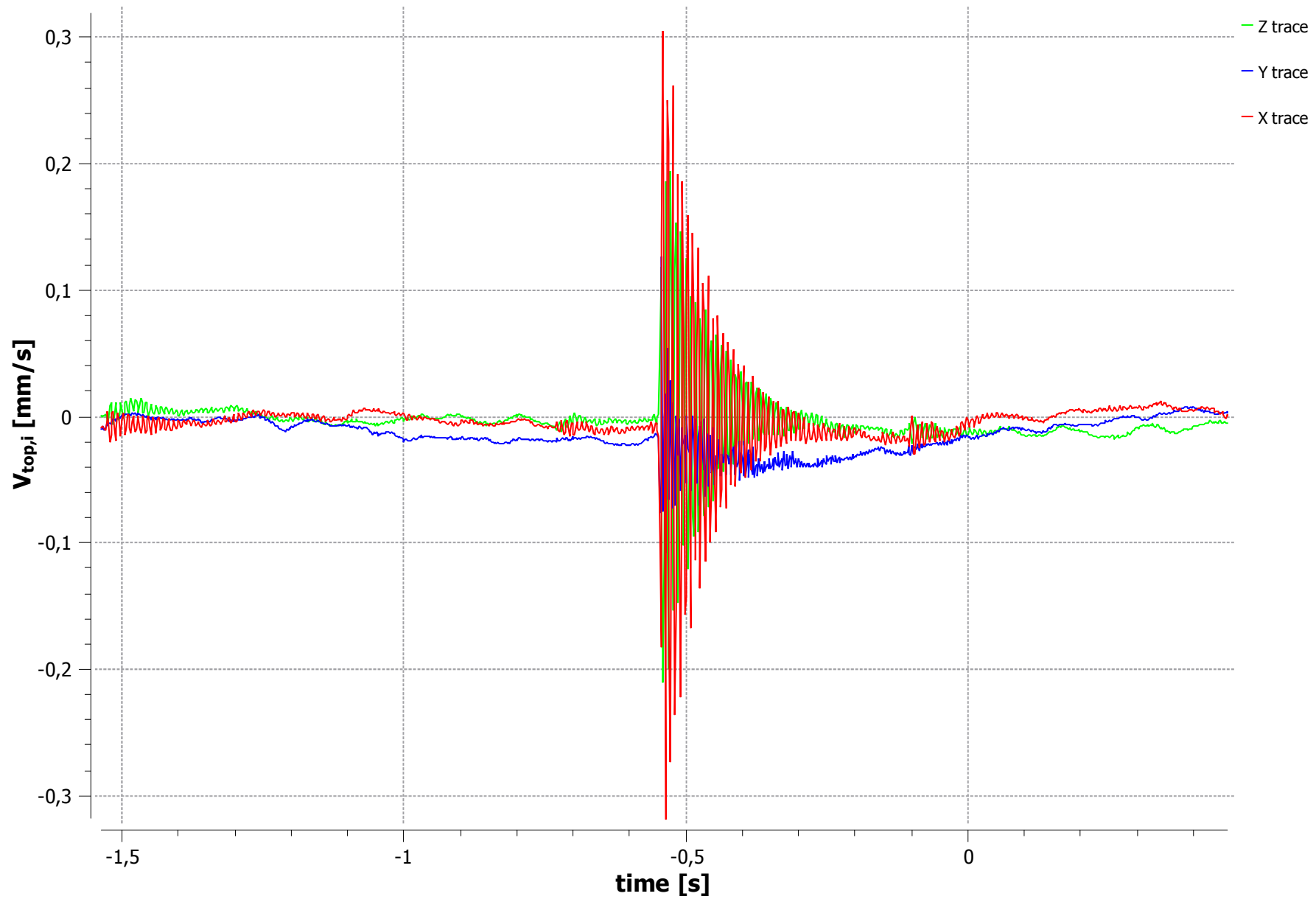
Spectrum: 2020-03-10 17:57:45



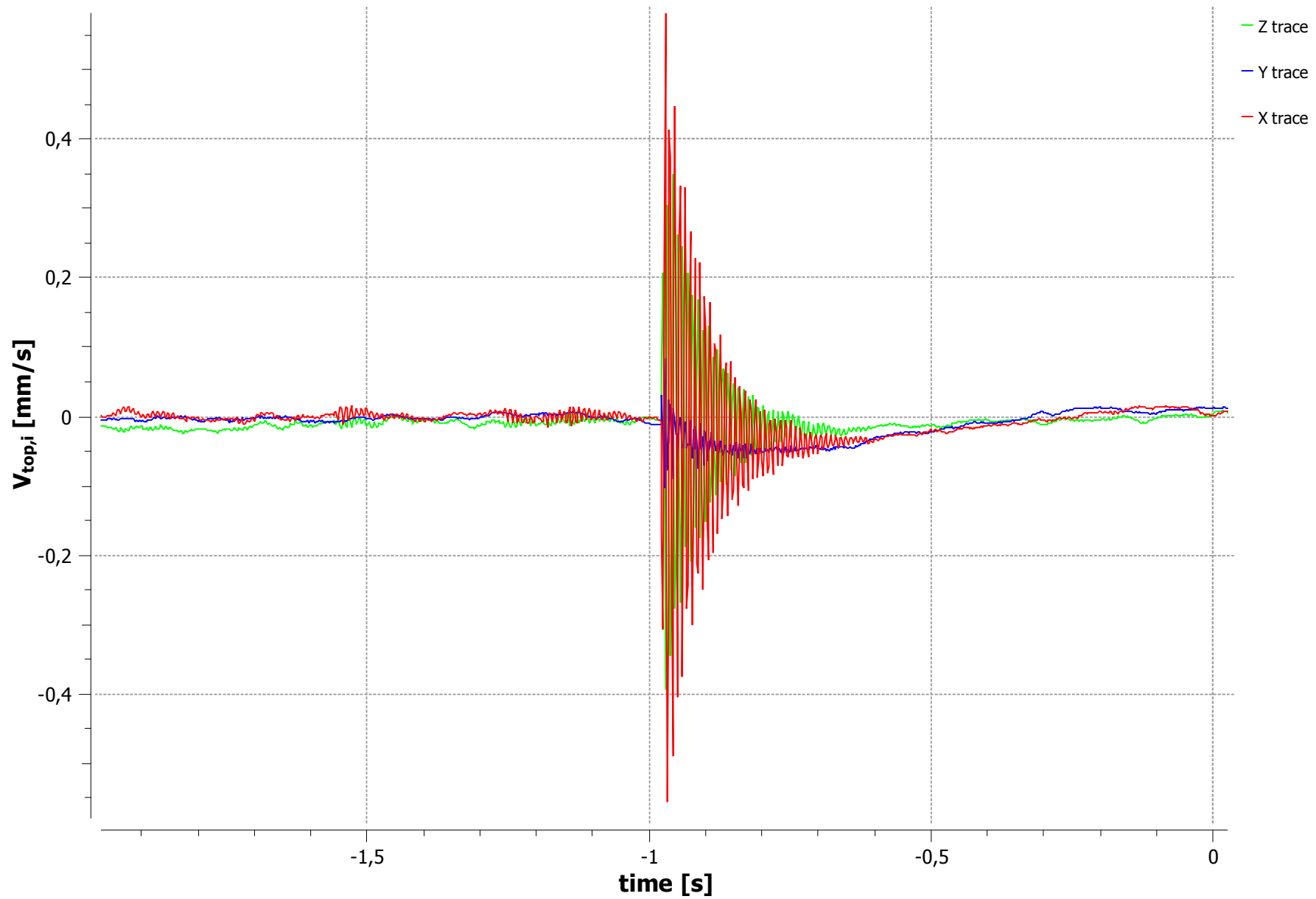
Spectrum: 2020-03-10 17:57:48



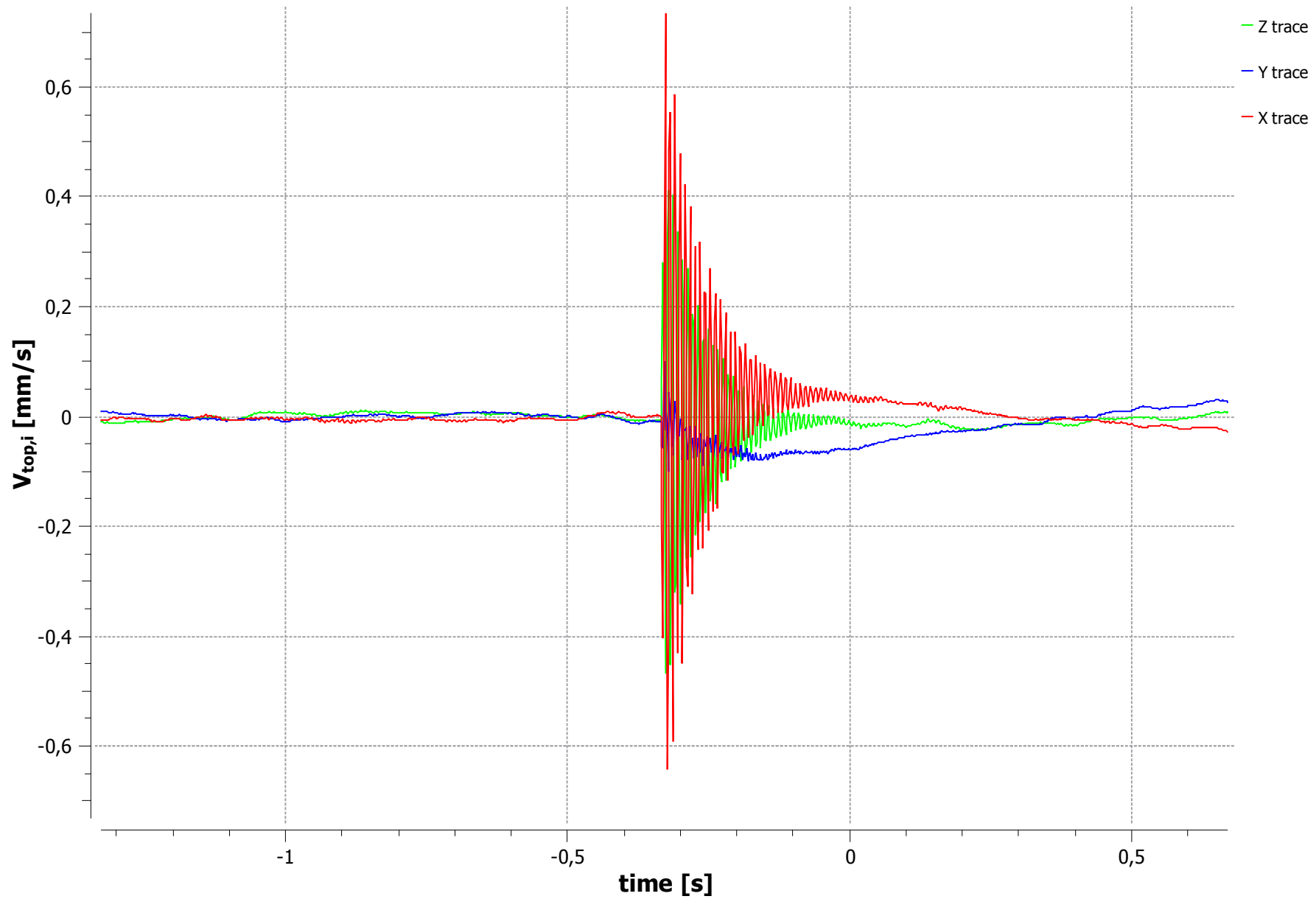
Velocity Trace: 2020-03-10 21:56:31



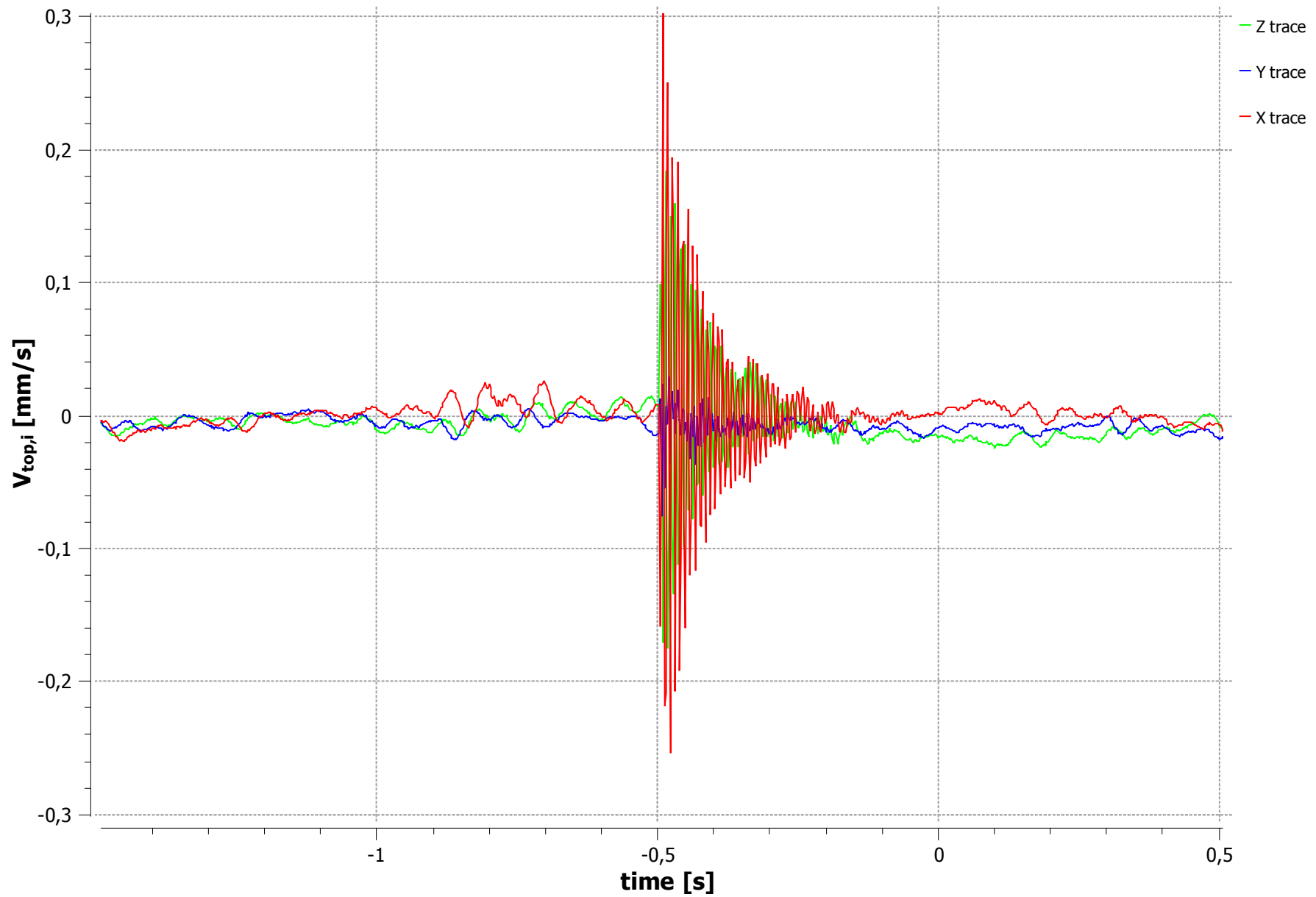
Velocity Trace: 2020-03-10 21:51:17



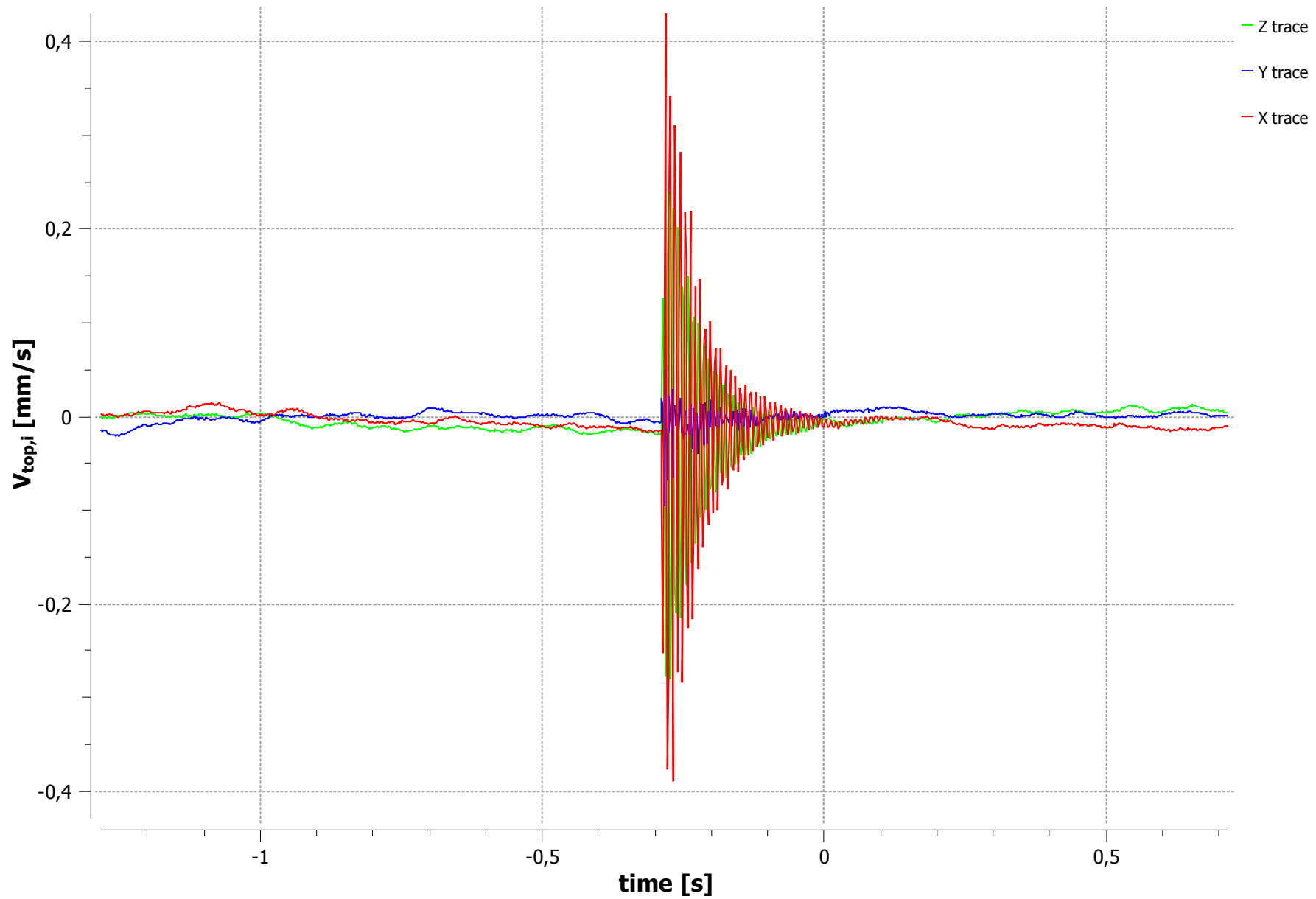
Velocity Trace: 2020-03-10 21:53:14



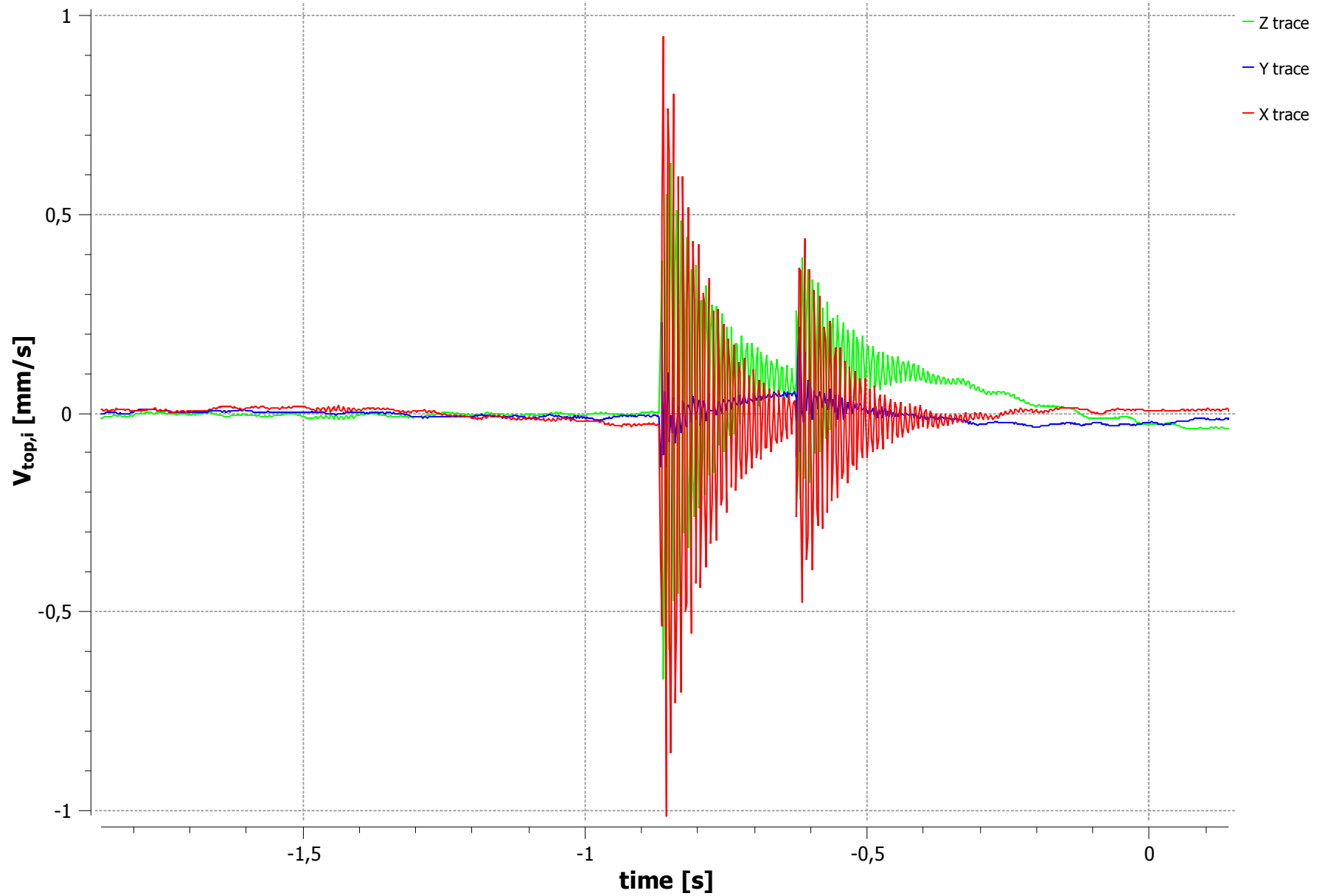
Velocity Trace: 2020-03-10 21:59:01



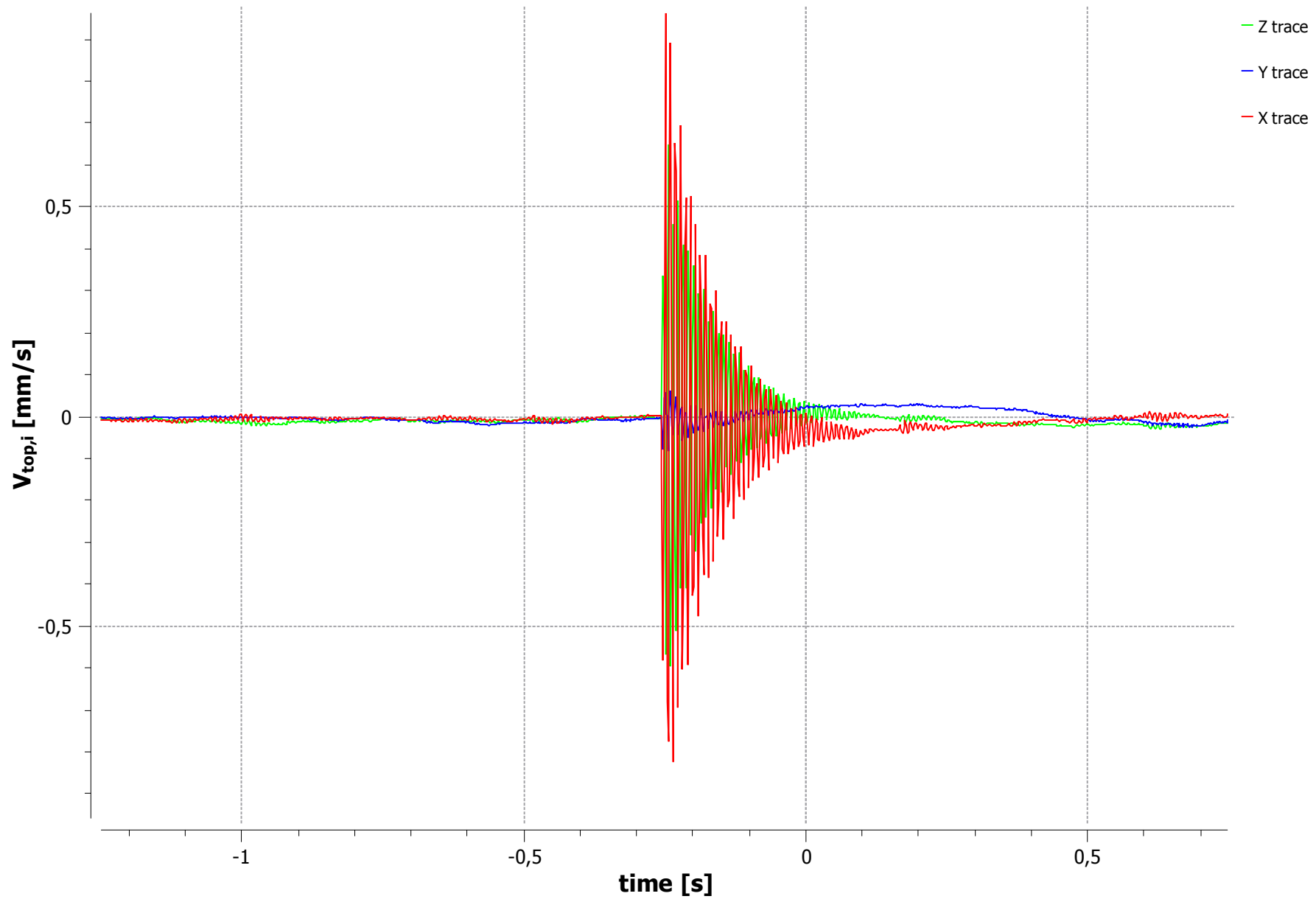
Velocity Trace: 2020-03-10 21:55:39



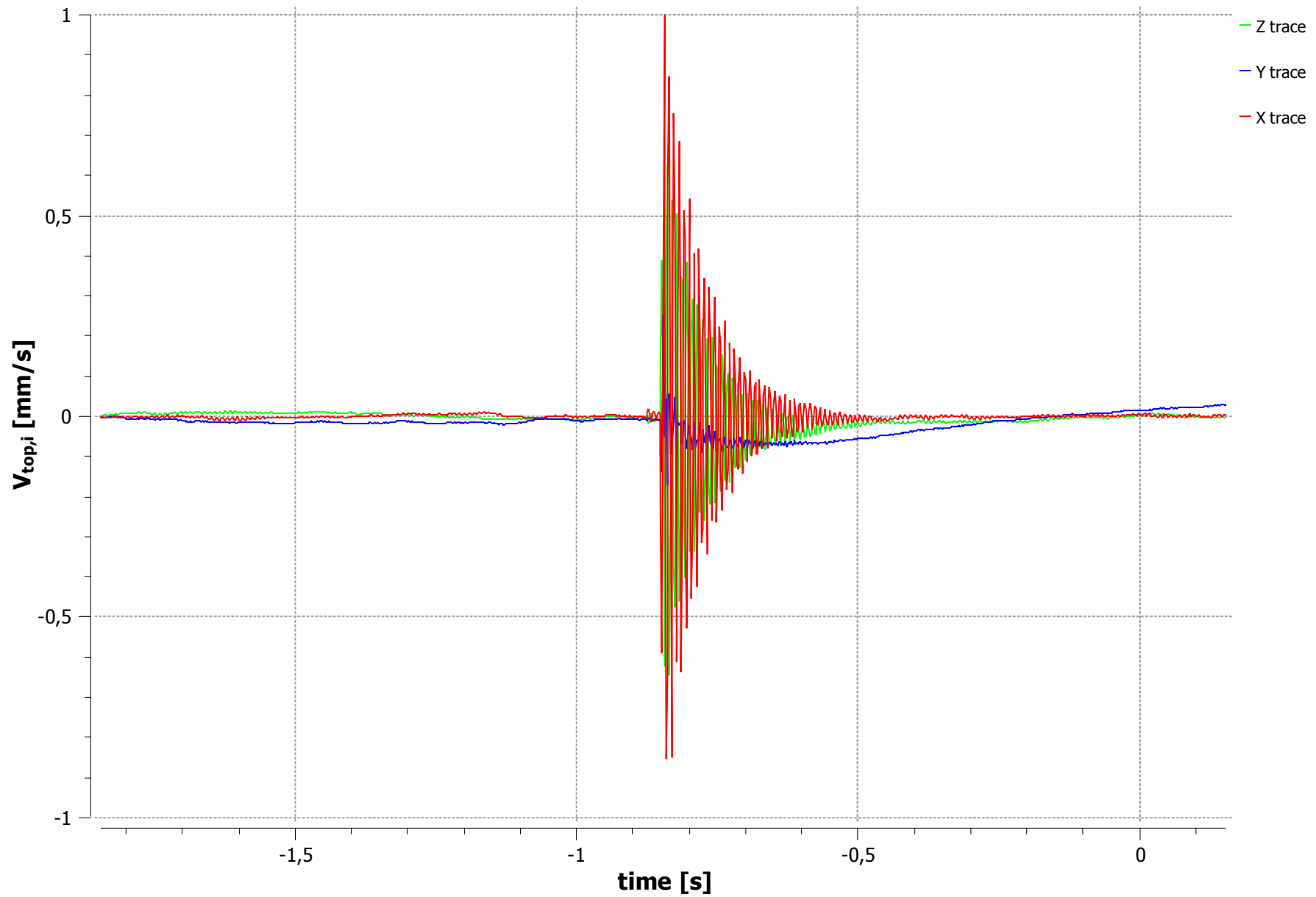
Velocity Trace: 2020-03-10 22:30:16



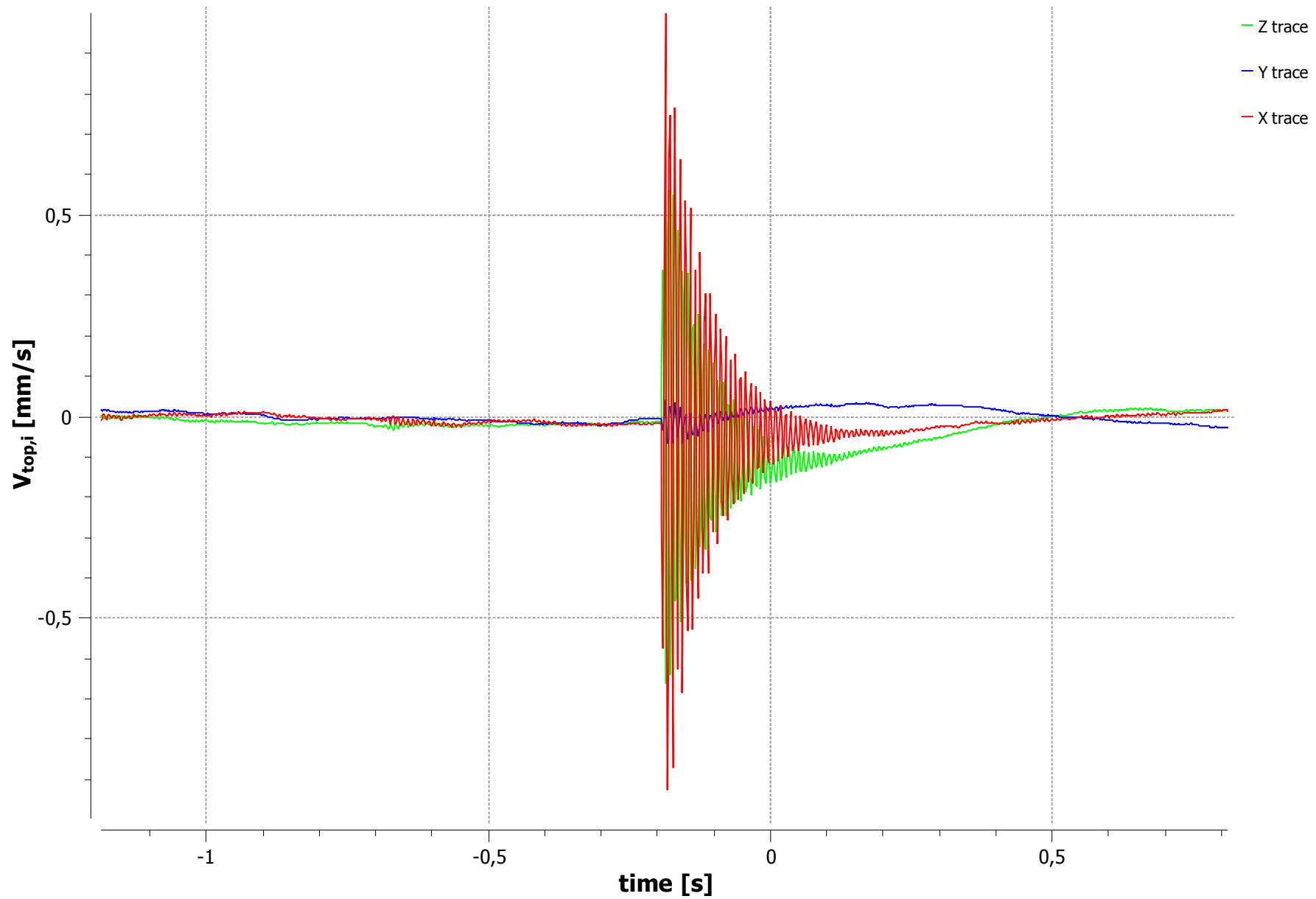
Velocity Trace: 2020-03-10 22:21:55



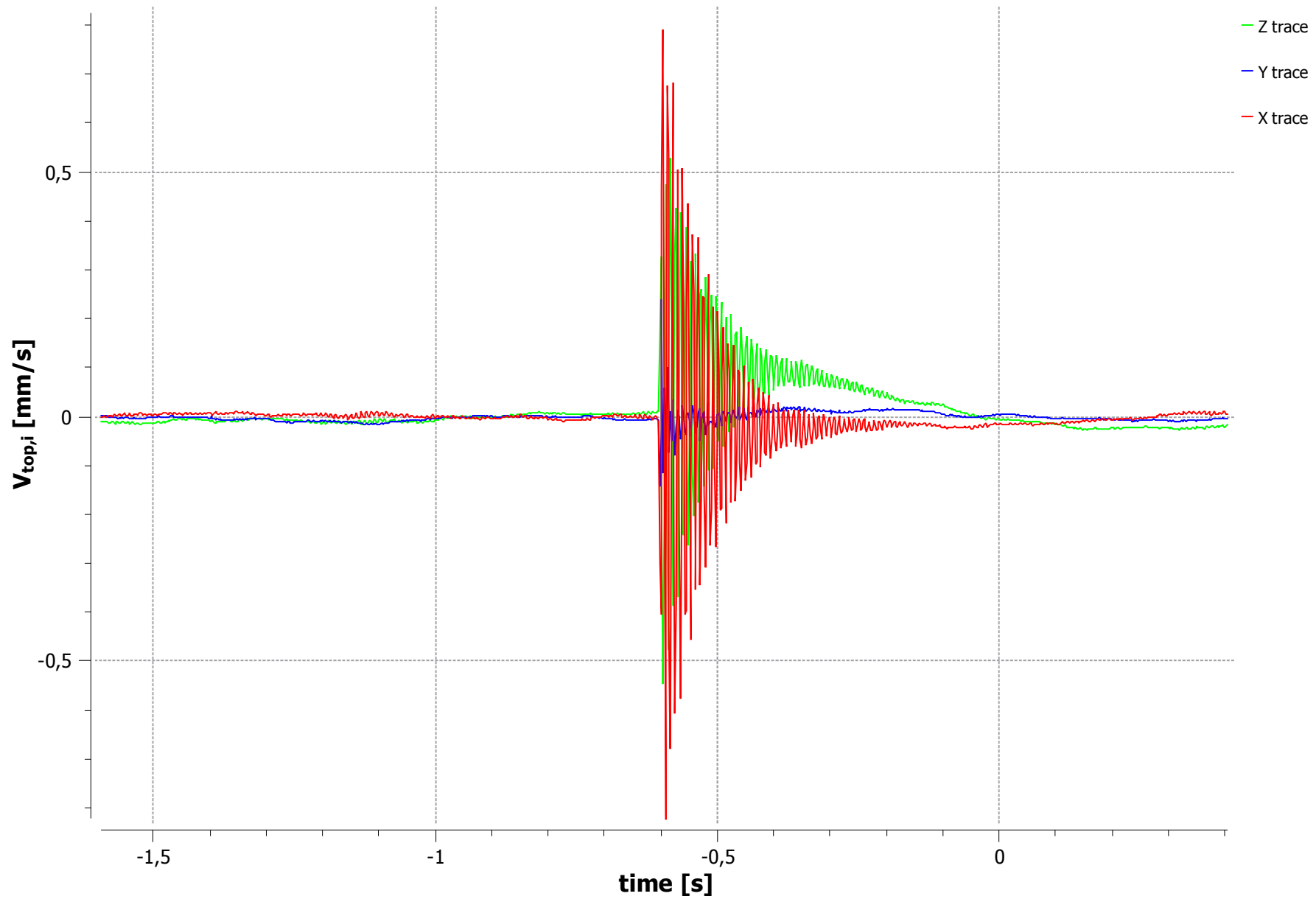
Velocity Trace: 2020-03-10 22:15:47



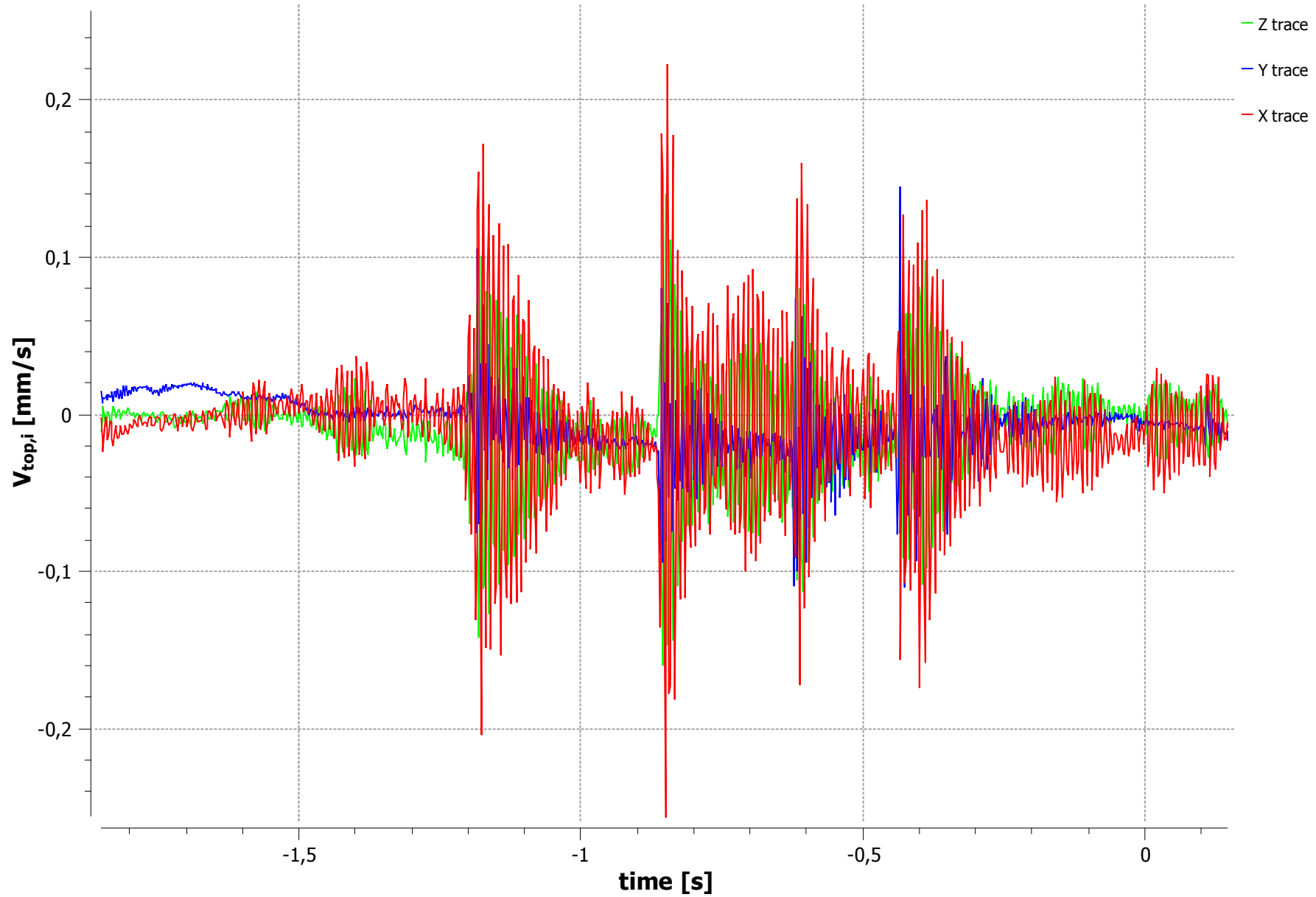
Velocity Trace: 2020-03-10 22:29:43



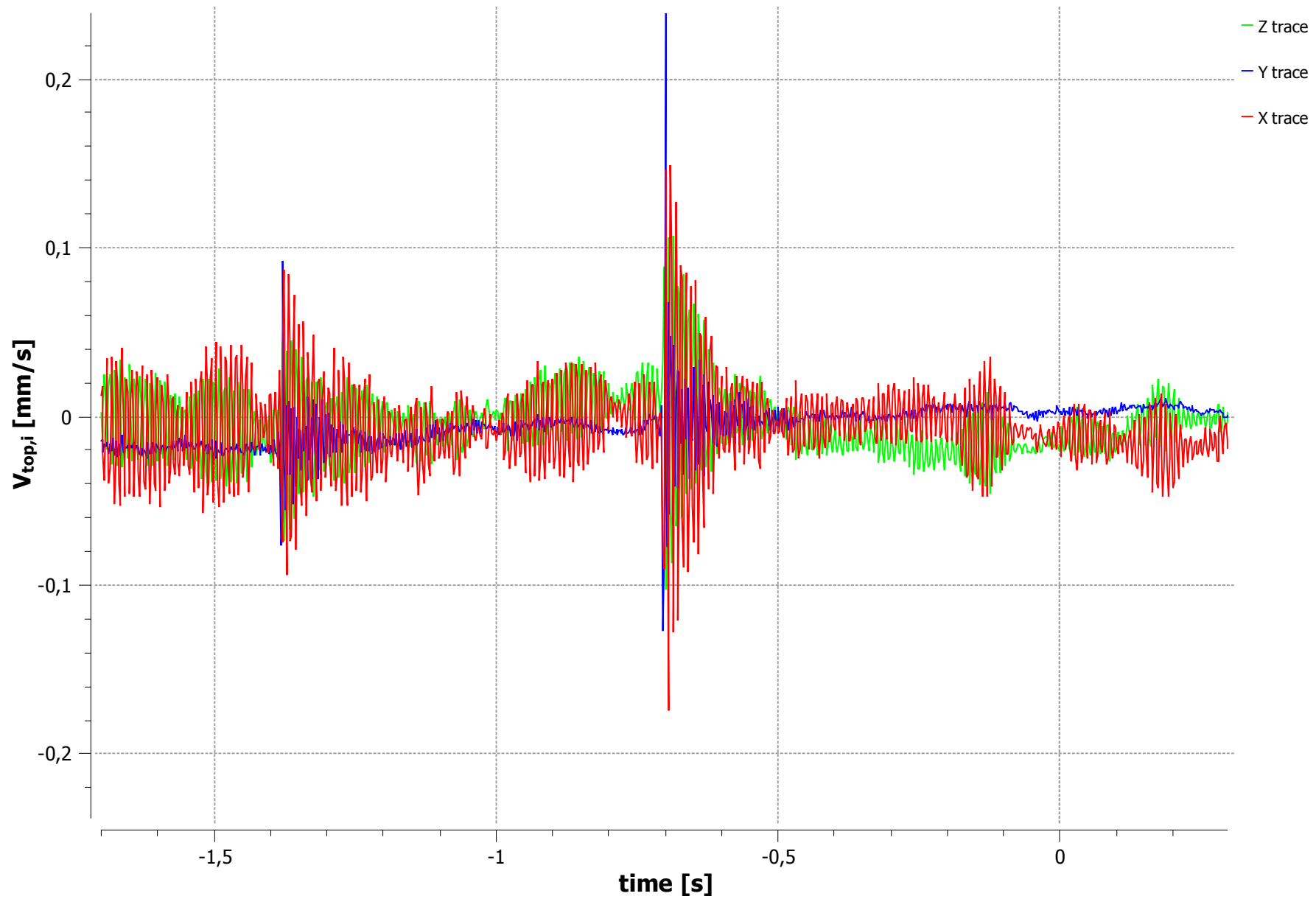
Velocity Trace: 2020-03-10 22:29:30



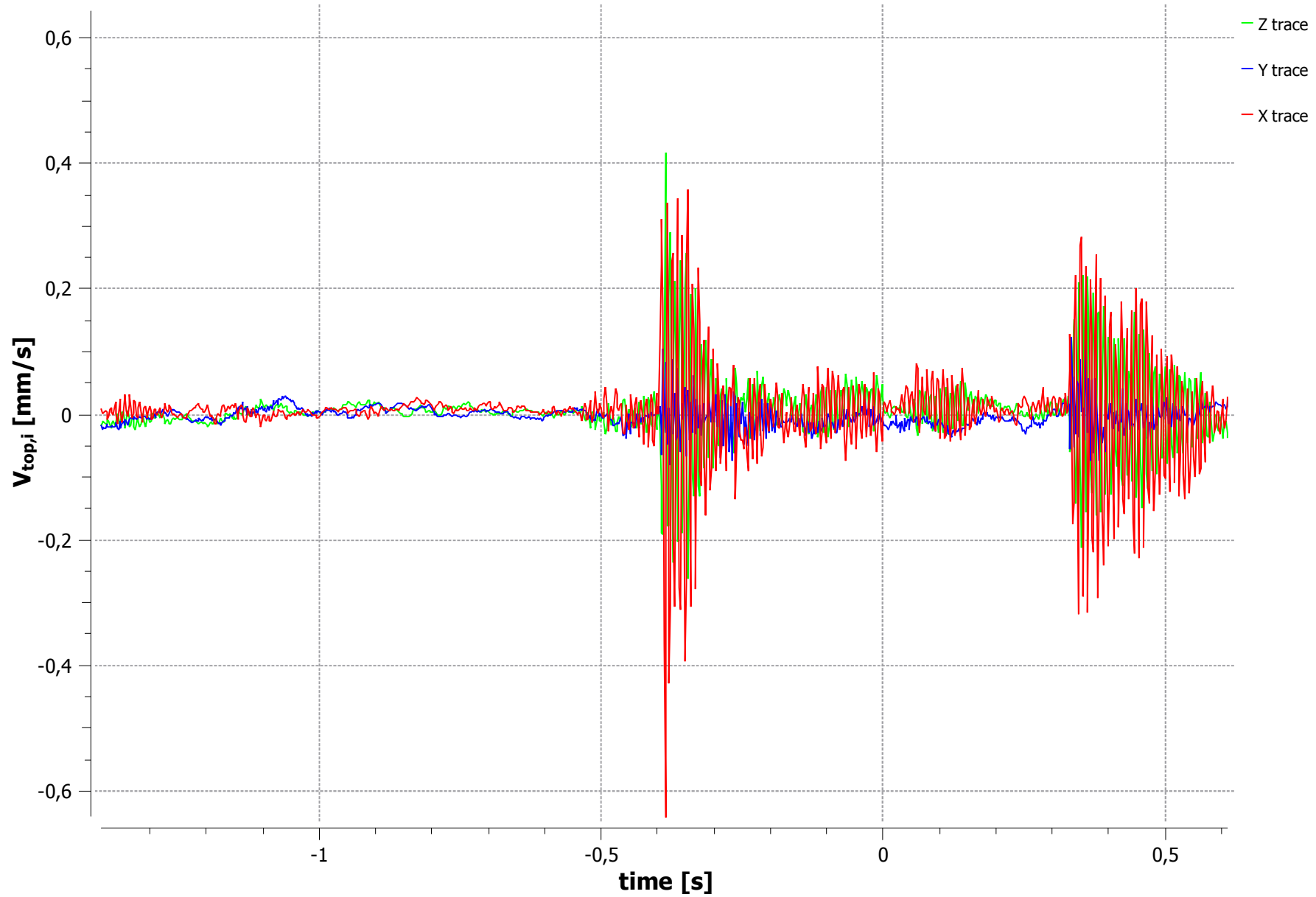
Velocity Trace: 2020-03-12 00:20:36



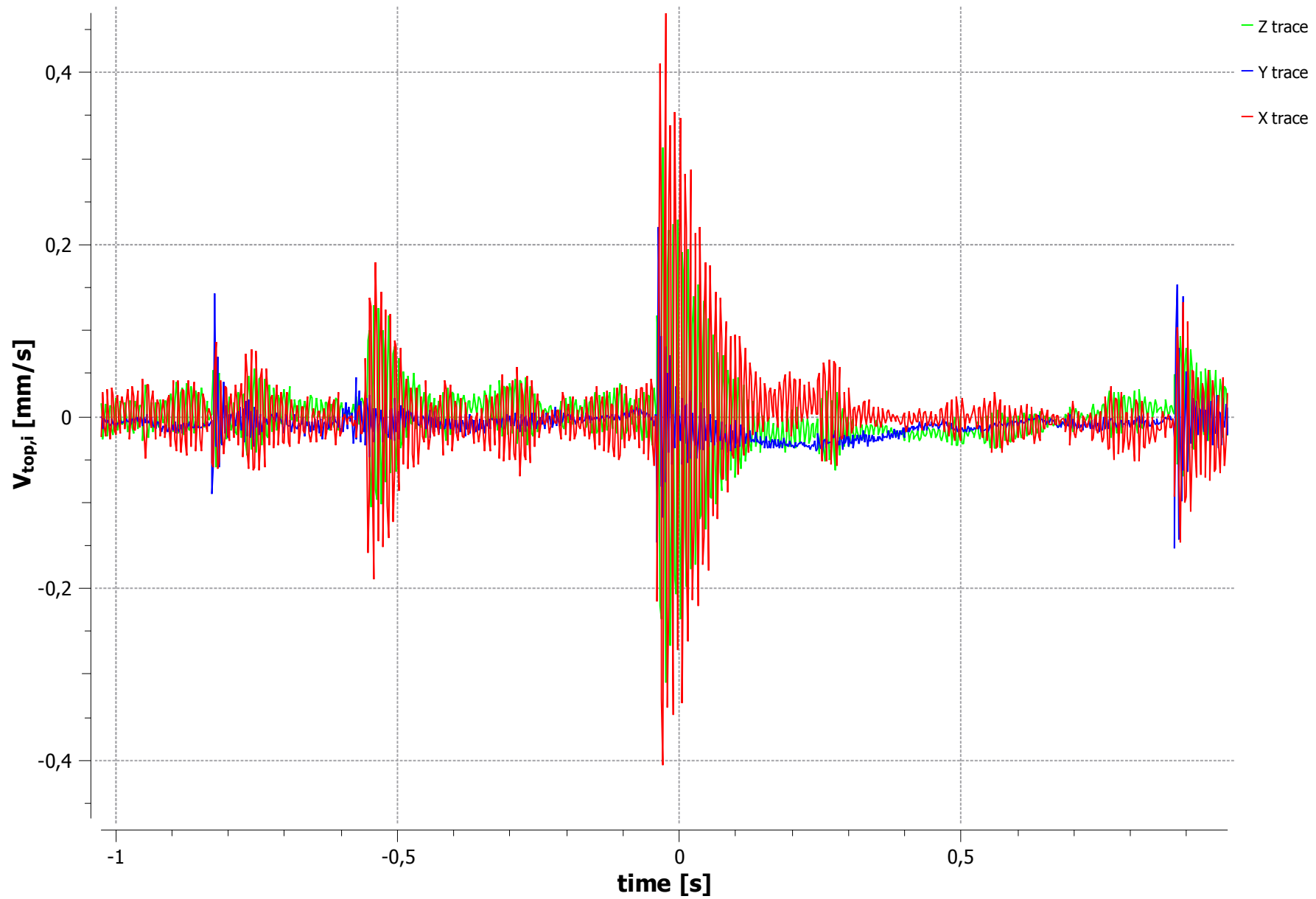
Velocity Trace: 2020-03-12 04:44:56



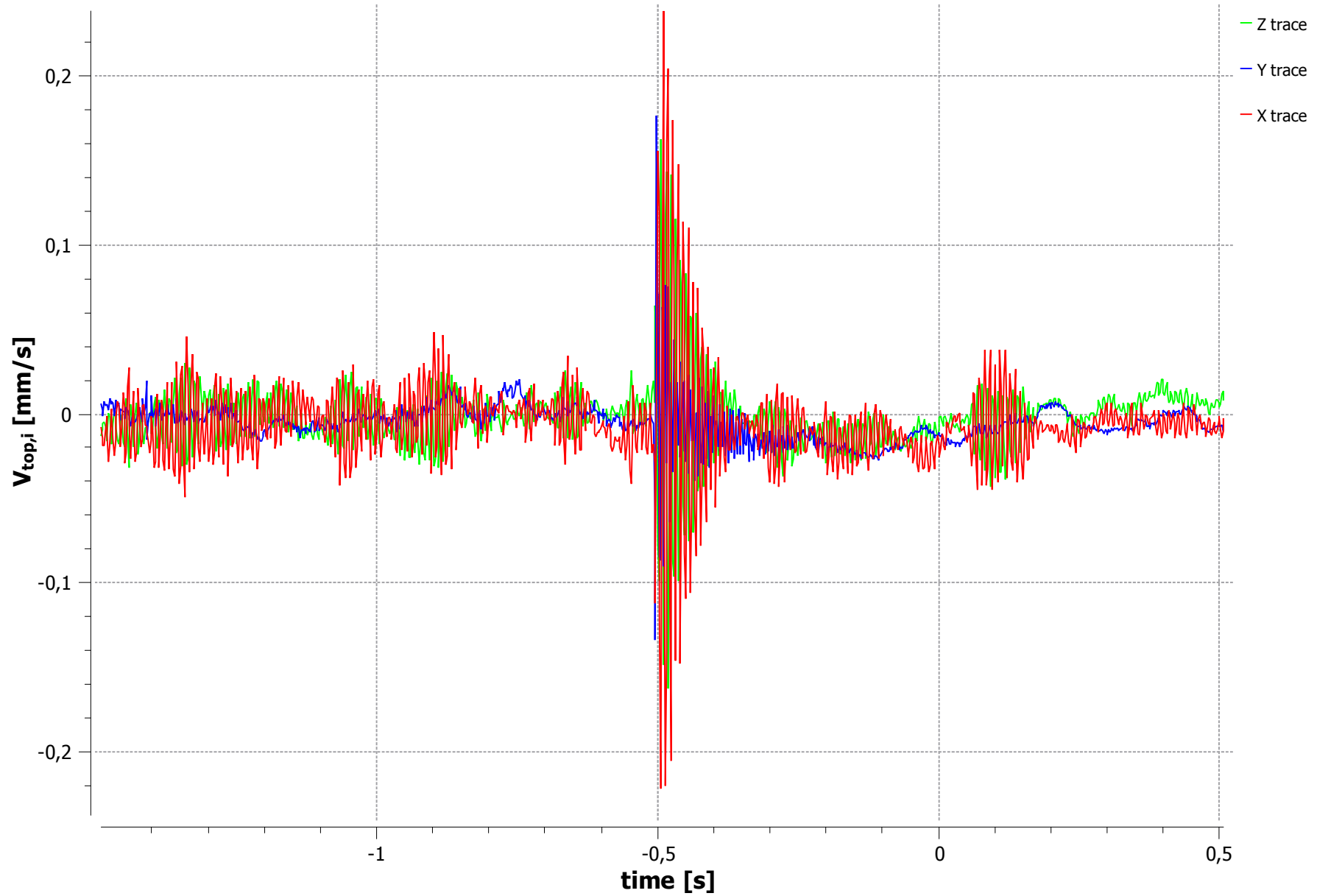
Velocity Trace: 2020-03-12 05:28:11



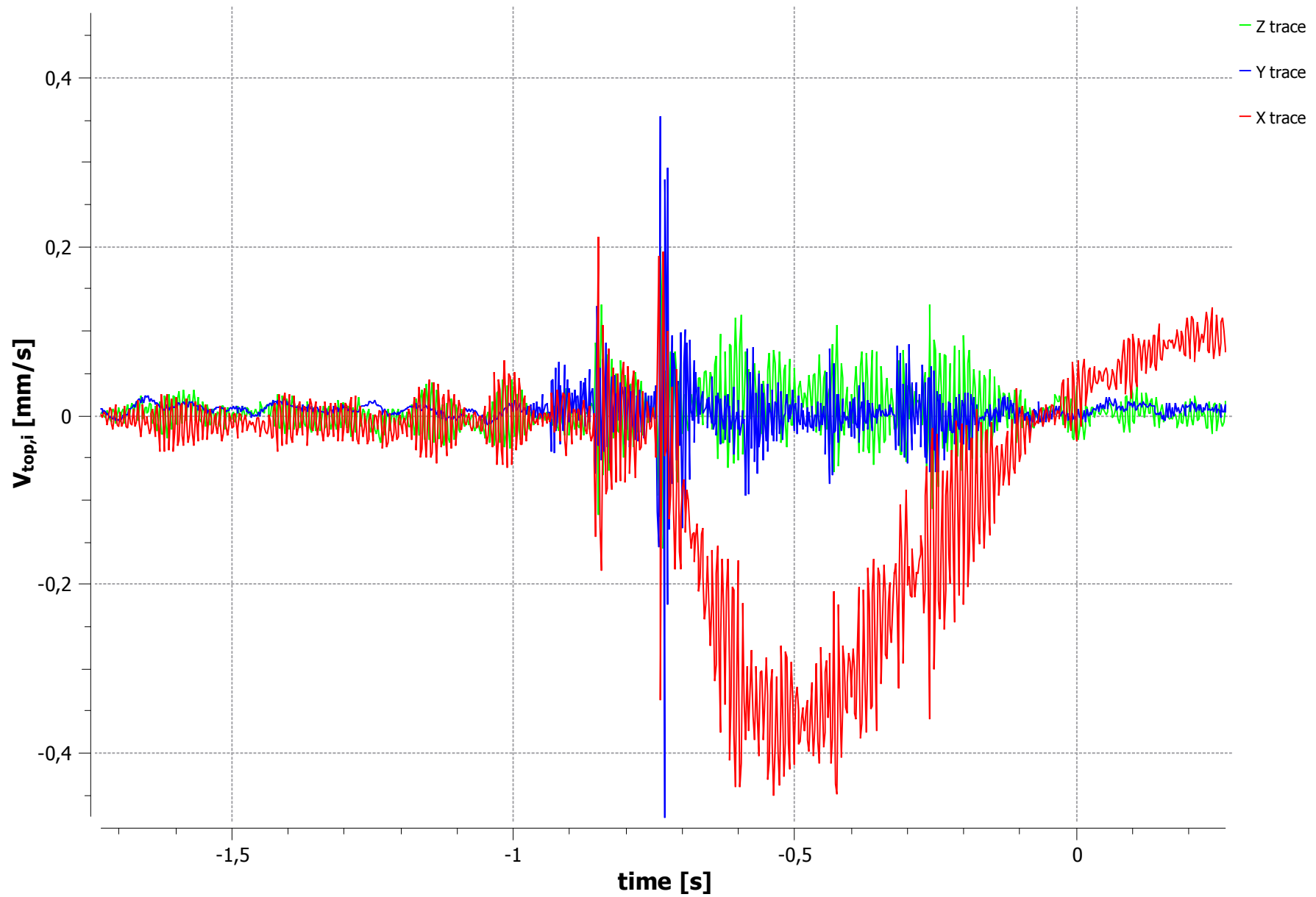
Velocity Trace: 2020-03-12 05:35:02



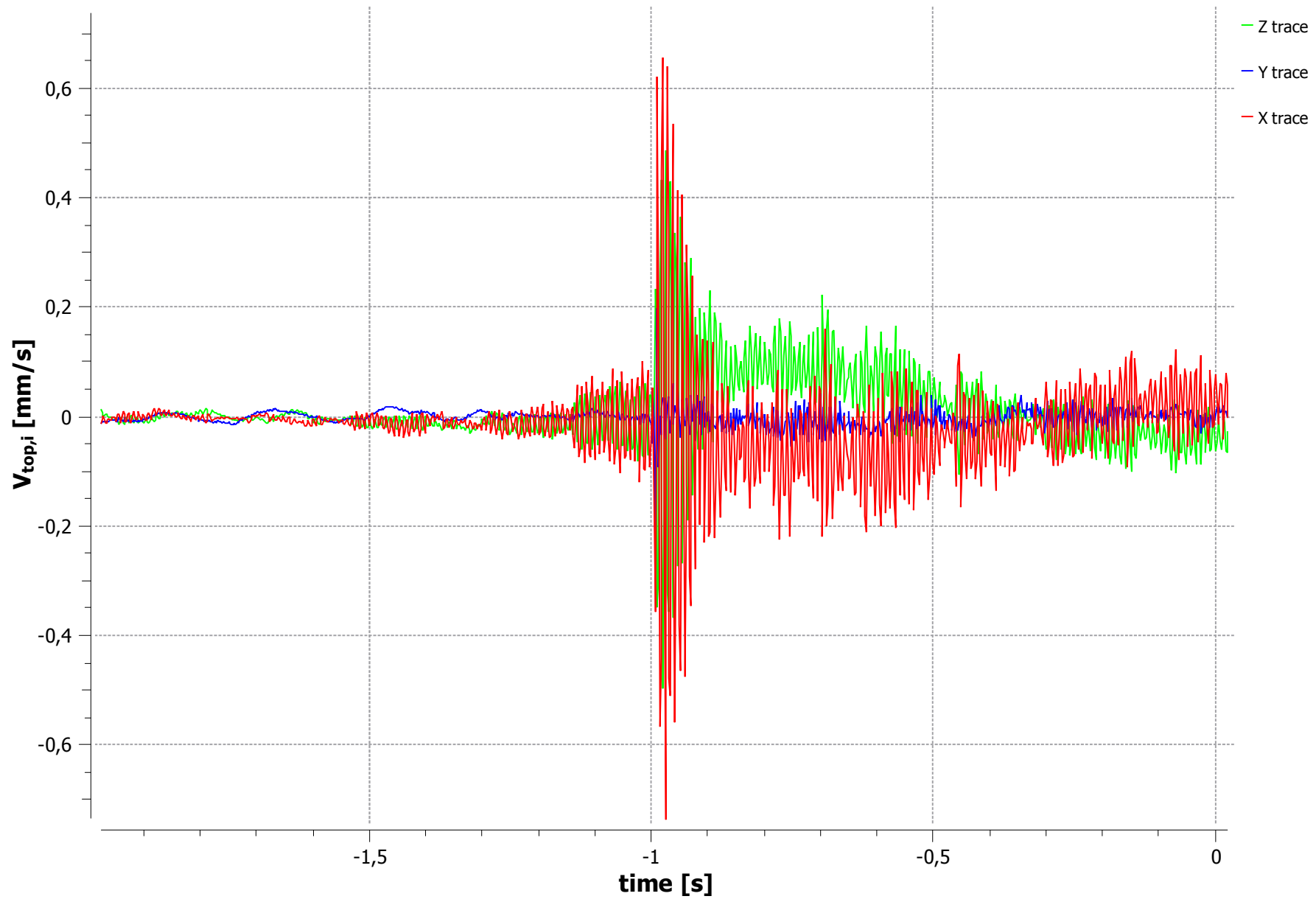
Velocity Trace: 2020-03-12 07:03:14



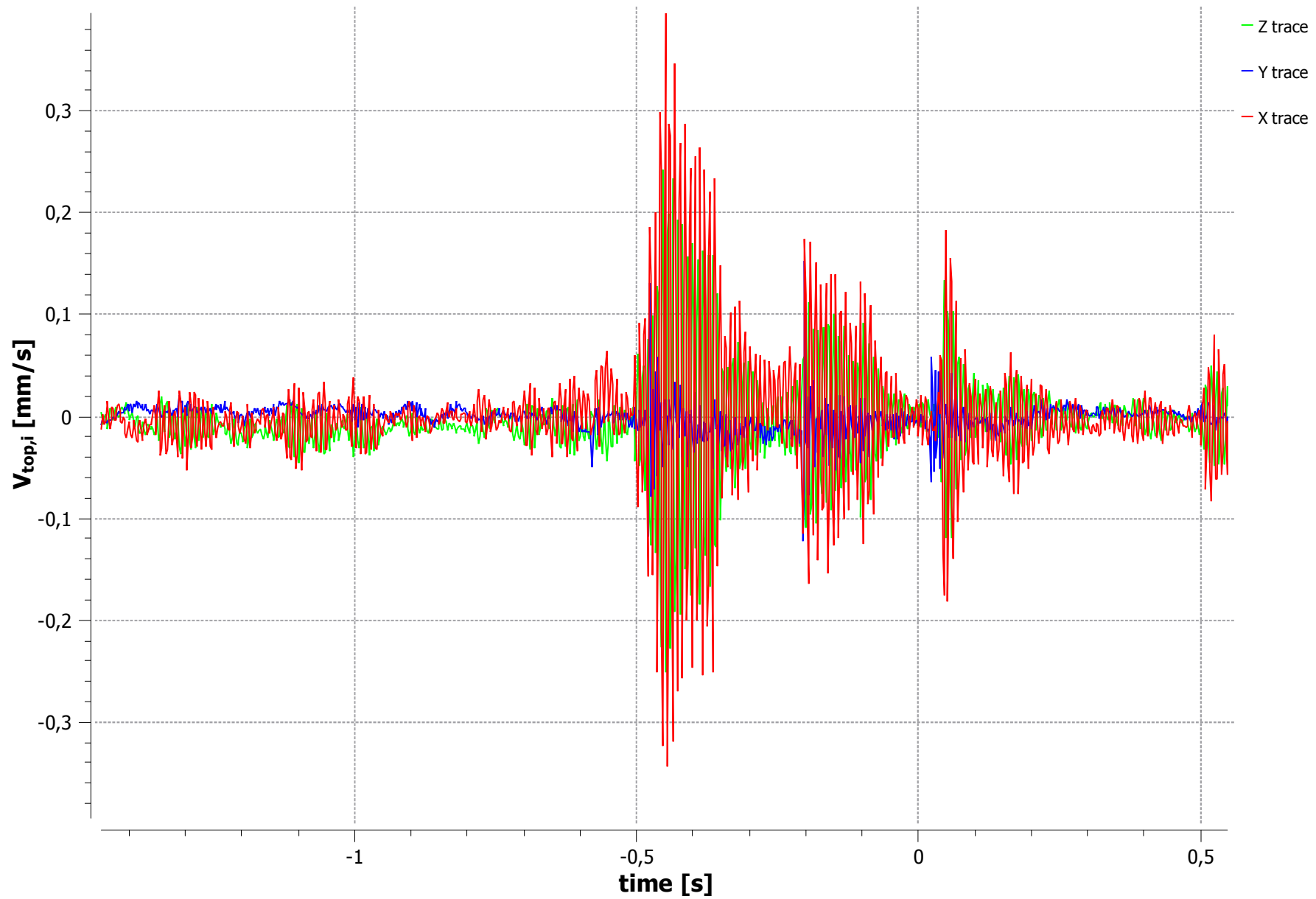
Velocity Trace: 2020-03-12 08:43:29



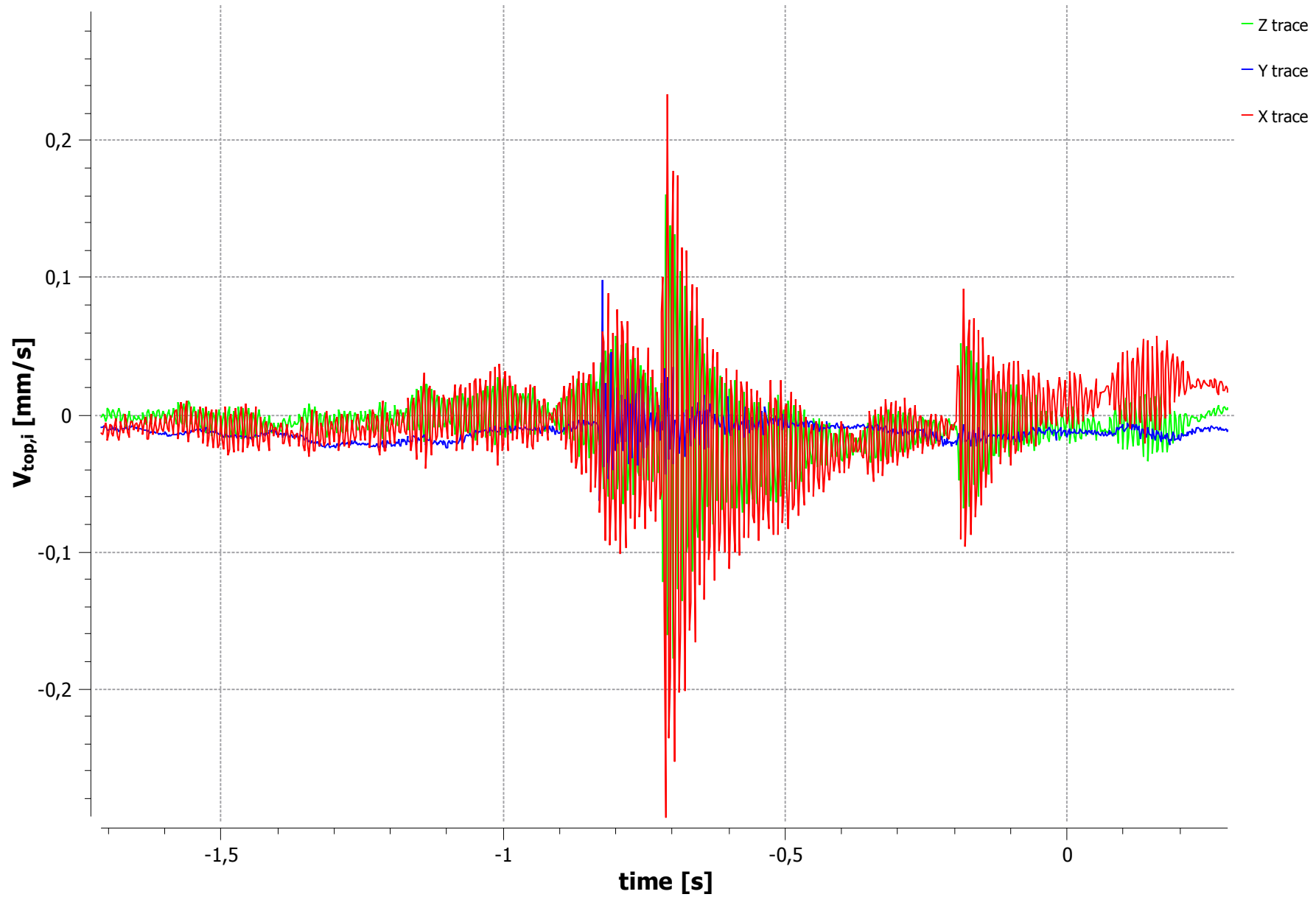
Velocity Trace: 2020-03-12 09:34:08



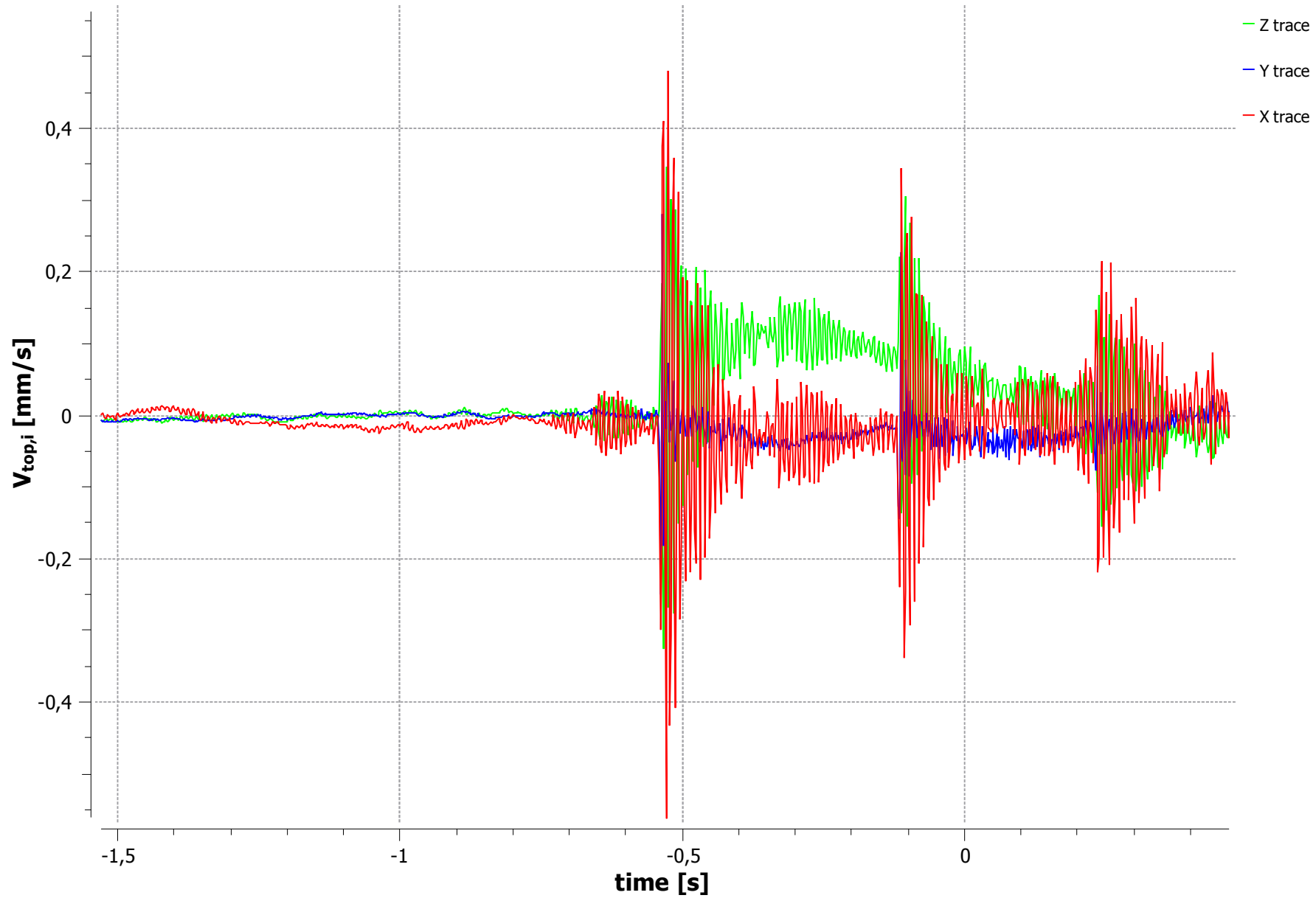
Velocity Trace: 2020-03-12 12:14:38



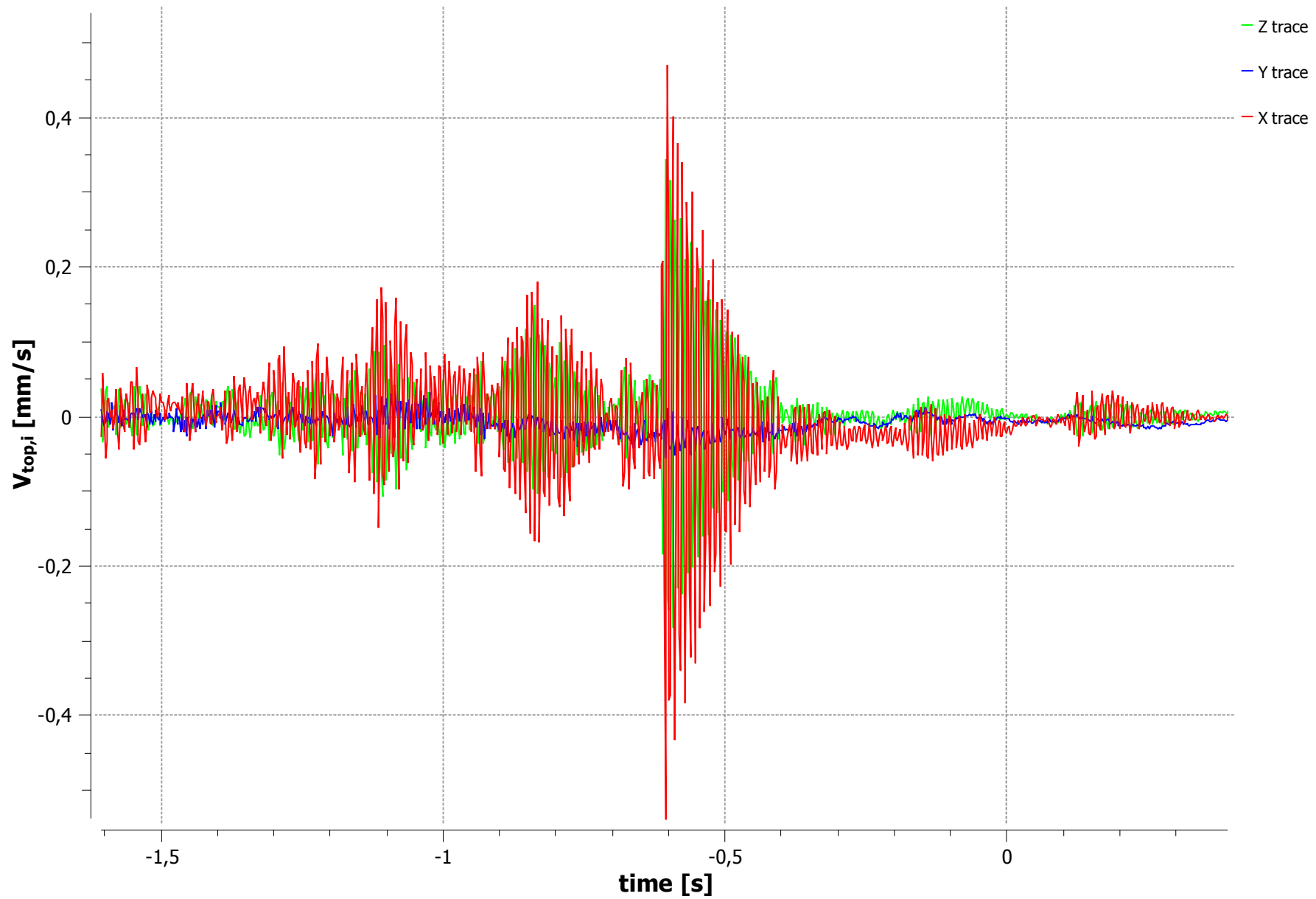
Velocity Trace: 2020-03-13 04:41:39



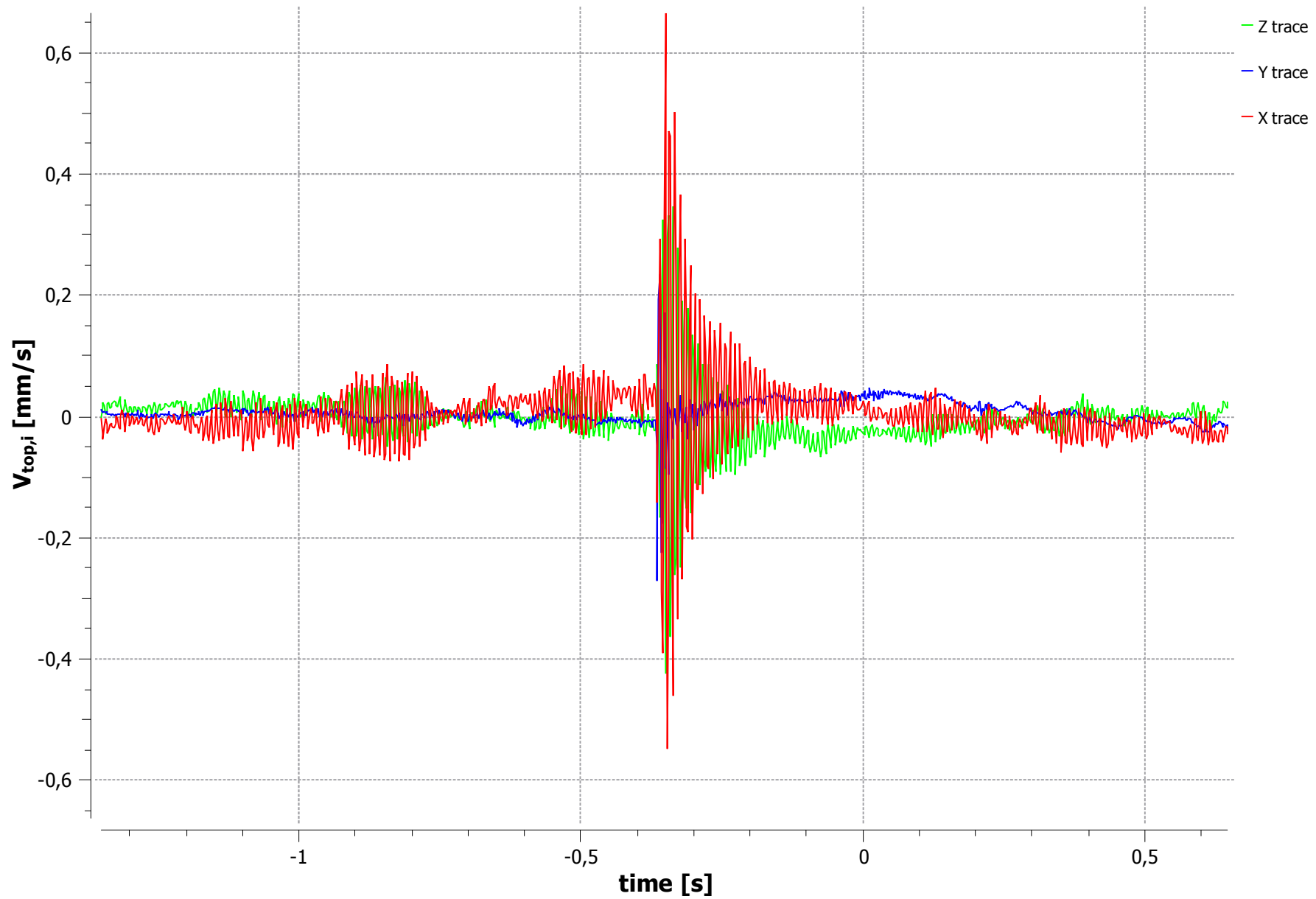
Velocity Trace: 2020-03-13 07:10:52



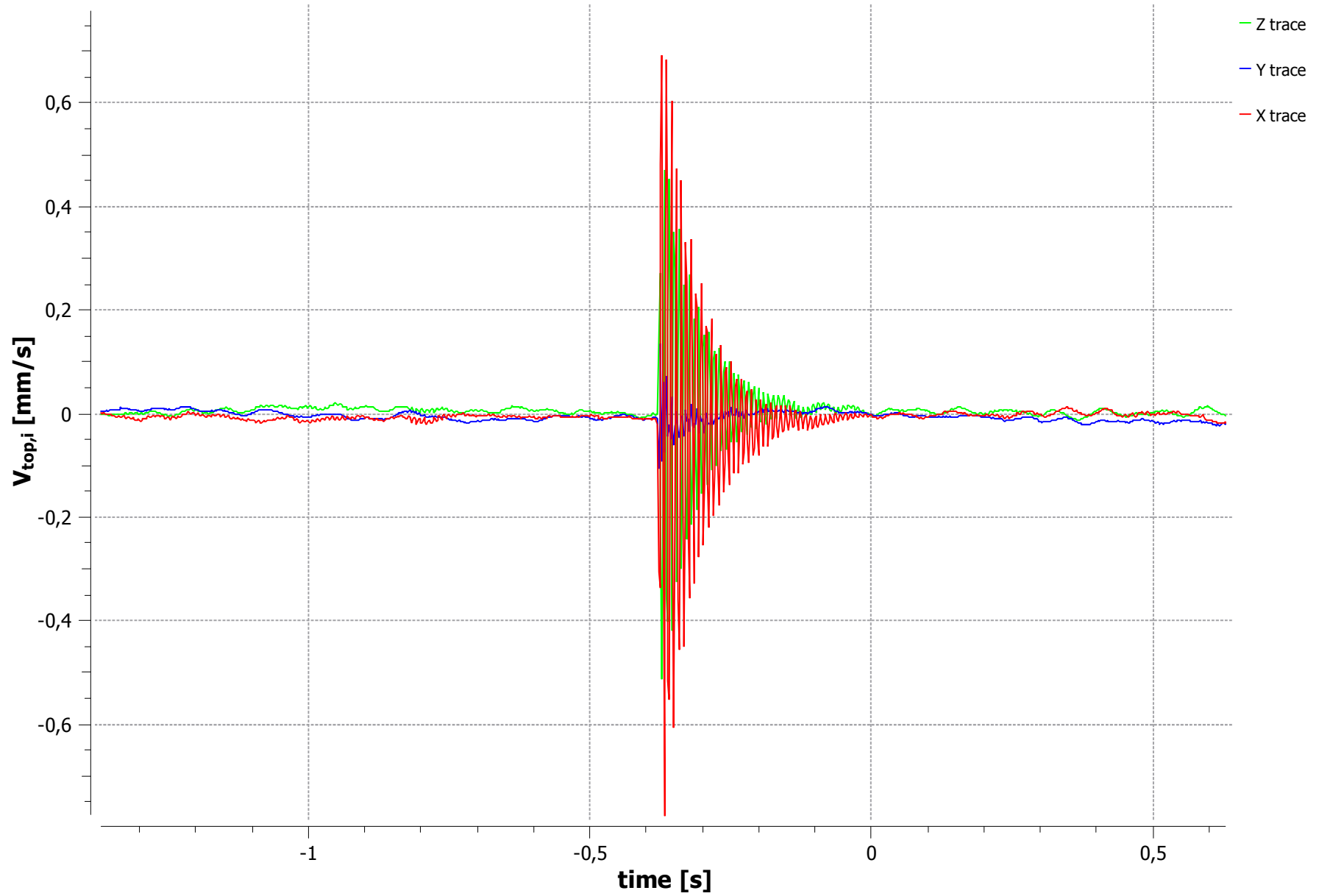
Velocity Trace: 2020-03-13 08:54:04



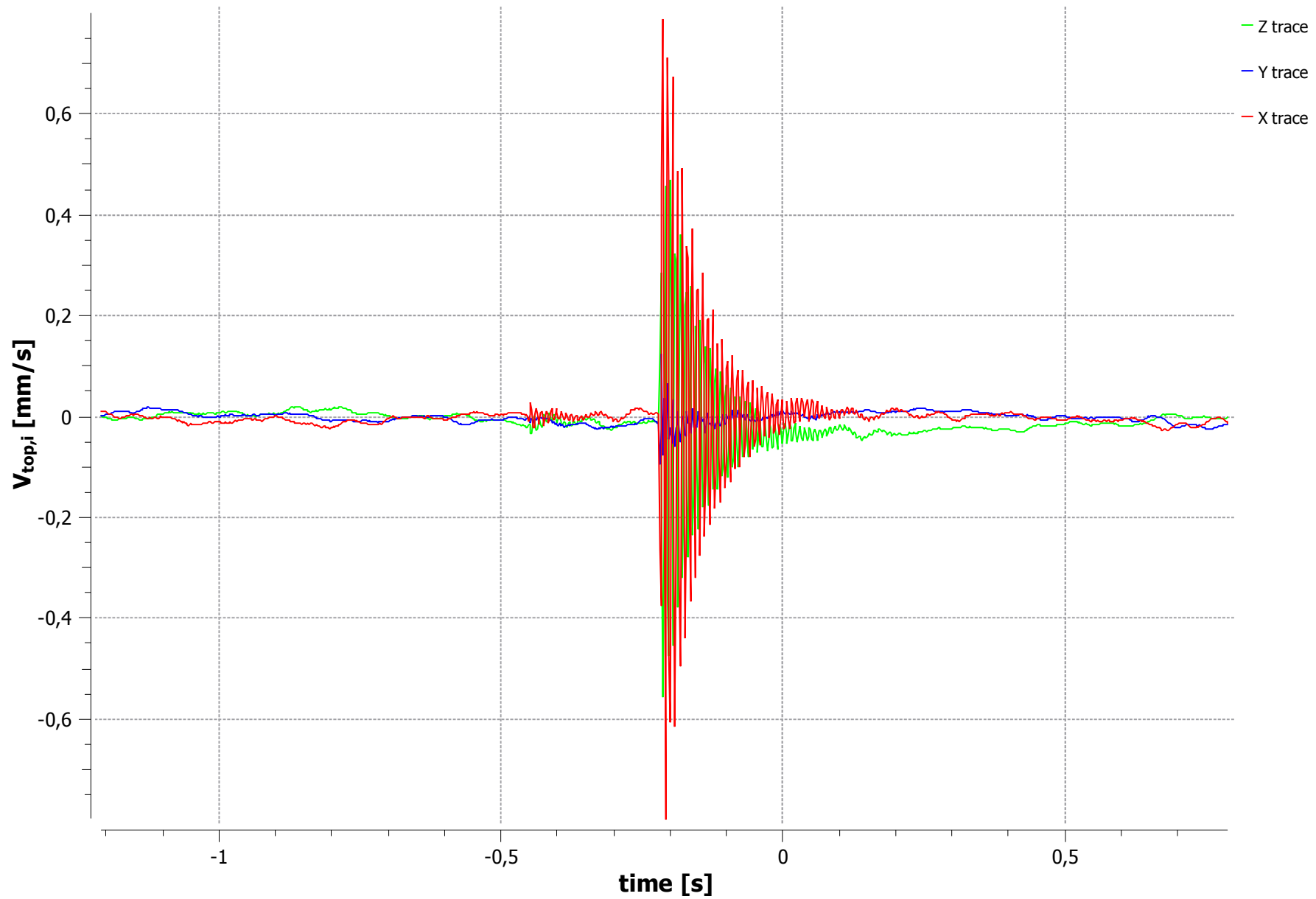
Velocity Trace: 2020-03-13 10:19:10



Velocity Trace: 2020-03-13 12:25:45



Velocity Trace: 2020-03-13 12:28:48



BIJLAGE 2: BEREKENINGBLADEN

- 2A: Berekening trillingsniveaus bestaande gebouw, hinder
- 2B: Berekening trillingsniveaus appartementsgebouw, hinder
- 2C: Berekening trillingsniveaus woongebouwen, hinder
- 2D: Berekening trillingsniveaus vrijstaande woningen, hinder
- 2E: Berekening horecapaviljoen, hinder

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:
 V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
 V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
 R afstand tussen immissiepunt en de bron;
 R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
 α materiaaldemping in de bodem (1/m);
 n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
 n = 0.5 voor R-golven.

Berekening formule van Barkan

Bestaande gebouw op 100 m afstand van het spoor

Dag-en avondperiode

	V0 [-]	R0 [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
$V_{eff,max}$	0,28	125	100	0,5	0,01
V_{per}	0,02	125	100	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
$V_{max,eff,max}$	0,40	5
V_{per}	0,03	-

	Prognose resultaat (op de vloer) [-]
V_{max}	1,00
V_{per}	0,07

Nachtperiode

	V0 [-]	R0 [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
$V_{eff,max}$	0,12	125	100	0,5	0,01
V_{per}	0,05	125	100	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
$V_{max,eff,max}$	0,17	5
V_{per}	0,07	-

	Prognose resultaat (op de vloer) [-]
V_{max}	0,43
V_{per}	0,18

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
- R afstand tussen immissiepunt en de bron;
- R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
- α materiaaldemping in de bodem (1/m);
- n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Berekening formule van Barkan

Appartementsgebouw op 140 m afstand van het spoor

Dag-en avondperiode

	V0 [-]	R0 [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
$V_{eff,max}$	0,16	90	140	0,5	0,01
V_{per}	0,01	90	140	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
$V_{max,eff,max}$	0,078	10
V_{per}	0,005	-

Prognose resultaat
(op de vloer) [-]

V_{max}	0,19
V_{per}	0,01

Nachtperiode

	V0 [-]	R0 [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
$V_{eff,max}$	0,14	90	140	0,5	0,01
V_{per}	0,01	90	140	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
$V_{max,eff,max}$	0,068	10
V_{per}	0,005	-

Prognose resultaat
(op de vloer) [-]

V_{max}	0,17
V_{per}	0,01

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
- R afstand tussen immissiepunt en de bron;
- R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
- α materiaaldemping in de bodem (1/m);
- n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Berekening formule van Barkan

Woongebouwen op 180 m afstand van het spoor

Dag-en avondperiode

	V0 [-]	R0 [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
$V_{eff,max}$	0,28	125	180	0,5	0,01
V_{per}	0,02	125	180	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
$V_{max,eff,max}$	0,135	10
V_{per}	0,01	-

	Prognose resultaat (op de vloer) [-]
V_{max}	0,34
V_{per}	0,02

Nachtperiode

	V0 [-]	R0 [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
$V_{eff,max}$	0,12	100	180	0,5	0,01
V_{per}	0,01	100	180	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
$V_{max,eff,max}$	0,040	10
V_{per}	0,003	-

	Prognose resultaat (op de vloer) [-]
V_{max}	0,10
V_{per}	0,01

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R₀ van de bron;
- R afstand tussen immissiepunt en de bron;
- R₀ afstand tussen meetpunt en de bron;
- α materiaaldemping in de bodem (1/m);
- n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Berekening formule van Barkan

Vrijstaande woningen op 250 m afstand van het spoor

Dag-en avondperiode

	V0 [-]	RO [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
V _{eff,max}	0,28	125	250	0,5	0,01
V _{per}	0,02	125	250	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
V _{max,eff,max}	0,057	5
V _{per}	0,004	-

Prognose resultaat (op de vloer) [-]	
V _{max}	0,14
V _{per}	0,01

Nachtperiode

	V0 [-]	RO [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
V _{eff,max}	0,12	125	250	0,5	0,01
V _{per}	0,01	125	250	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
V _{max,eff,max}	0,024	5
V _{per}	0,002	-

Prognose resultaat (op de vloer) [-]	
V _{max}	0,06
V _{per}	0,01

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R₀ van de bron;
- R afstand tussen immissiepunt en de bron;
- R₀ afstand tussen meetpunt en de bron;
- α materiaaldemping in de bodem (1/m);
- n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Berekening formule van Barkan

Horecapaviljoen op 45 m afstand van het spoor

Dag-en avondperiode

	V0 [-]	RO [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
V _{eff,max}	0,28	125	45	0,5	0,01
V _{per}	0,02	125	45	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
V _{max,eff,max}	1,039	5
V _{per}	0,074	-

Prognose resultaat (op de vloer) [-]	
V _{max}	2,60
V _{per}	0,185

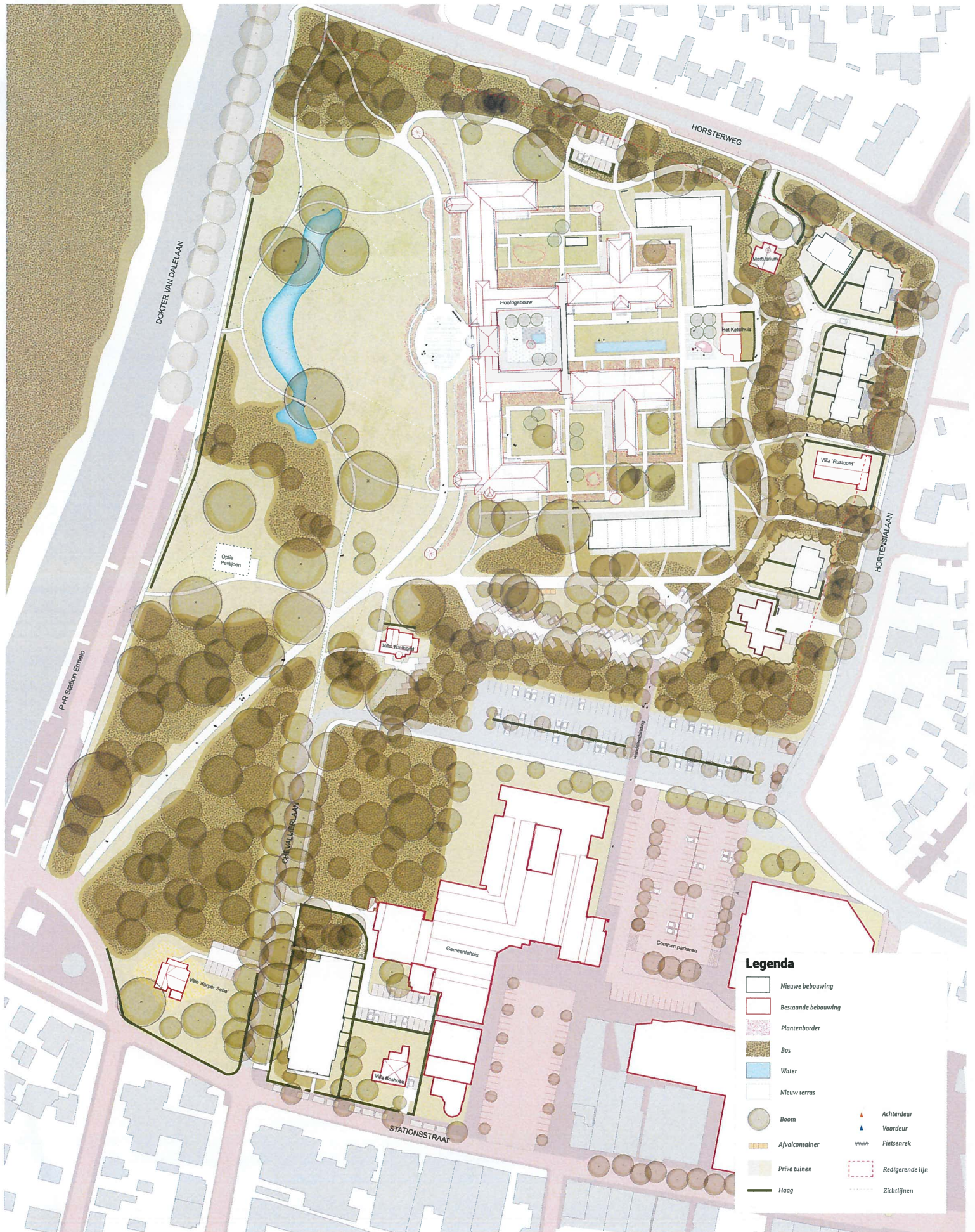
Nachtperiode

	V0 [-]	RO [m]	R (afstand)	n [-]	α [1/m]
V _{eff,max}	0,12	125	45	0,5	0,01
V _{per}	0,01	125	45	0,5	0,01

	Resultaat [-]	Frequentie [HZ]
V _{max,eff,max}	0,445	5
V _{per}	0,037	-

Prognose resultaat (op de vloer) [-]	
V _{max}	1,11
V _{per}	0,093

BIJLAGE 3: TEKENINGEN



Legenda	
	Nieuwe bebouwing
	Bestaande bebouwing
	Plantenborder
	Bos
	Water
	Nieuw terras
	Boom
	Afvalcontainer
	Prive tuinen
	Haag
	Achterdeur
	Voordeur
	Fietsenrek
	Redigerende lijn
	Zichtlijnen



LEGENDA

-  Bestaande gebouwen
-  Wonen, appartementen in het hoofdgebouw
-  Wonen: vrijstaand/2*1kap
-  Wonen: gericht op senioren
-  Zorgwonen
-  Uitvaarcentrum/ maatschappelijke functie
-  N.t.b. kantoor / wonen/ maatschappelijke functie
-  optioneel: Horecapaviljoen
-  Typologieen

BIJLAGE 4: TERMEN EN DEFINITIES VAN SBR-B

4 Termen en definities

Opmerking: de termen en definities zijn, voor zover van toepassing, in overeenstemming met NEN-ISO 2041 [3]

Amplitude-frequentiekarakteristiek: de verhouding tussen ingaand en uitgaand signaal van een meetstelsel als functie van de frequentie, gegeven in een zeker frequentie-interval.

Beoordelingsperiode: een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingssterkte aan de streefwaarden:

de dagperiode van 07.00 uur tot 19.00 uur;

de avondperiode van 19.00 uur tot 23.00 uur;

de nachtperiode van 23.00 uur tot 07.00 uur.

Continue trilling: een trilling die ten opzichte van de grootste trillingstijd (laagste eigenfrequentie) gedurende een lange tijd aanwezig is.

Frequentie: de reciproque van de trillingstijd.

Herhaald voorkomende trilling: kortdurende trilling door weg- of railverkeer (waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke) met een repeterend karakter.

Kortdurende trilling: trilling met een kortdurend (doorgaans korter dan enkele seconden), uitdempend karakter. De trilling wordt veroorzaakt door een stootvormige excitatie.

Niet-stationaire trilling: continue trilling waarvan de sterkte als functie van de tijd niet constant is, of een kortdurende trilling.

Meetduur: tijdsduur waarin met één configuratie meetpunten een meting wordt uitgevoerd.

Meetpunt: positie waar een trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) wordt gemeten.

Meetrichting: de richting waarin de trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) in een meetpunt wordt gemeten.

Meting: het bepalen van de momentane waarde van de trillingsgrootte gedurende een zekere aaneengesloten tijdsduur door middel van een meetmethode.

Momentane waarde: de waarde van een variërende grootte op een zeker tijdstip.

Snelheid: een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de verplaatsing weergeeft.

Stationaire trilling: continue trilling die gedurende een lange aaneengesloten periode met een constante sterkte voorkomt.

Streefwaarde: de waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog geen trillingshinder optreedt.

Trilling: een variatie van een grootte (verplaatsing, snelheid, versnelling) als functie van de tijd, die de beweging of de positie van een systeem beschrijft waarbij de grootte afwisselend groter en kleiner is dan een gemiddelde waarde.

Trillingssterkte (Engels: vibration severity): in het algemeen de aanduiding van de sterkte of grootte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect. In het geval van hinder wordt onder de trillingssterkte verstaan de effectieve waarde van de gewogen trillingsgrootte.

Trillingstijd: de kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt.

Topwaarde: de in absolute zin grootste afwijking van een grootte ten opzichte van de gemiddelde waarde gedurende een zeker tijdsinterval.

Verplaatsing: een vectoriële grootte die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.

Versnelling: een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de snelheid weergeeft

5 Eenheden en grootheden

5.1 Eenheden

De te gebruiken eenheden en grootheden moeten in overeenstemming zijn met het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), zoals vermeld in hoofdstuk 4 (tabel 6, 8 en 9) en bijlage A, beiden van NEN 999:1977, en met NEN 1000:1986.

5.2 Grootheden

In het kader van deze meet- en beoordelingsrichtlijn worden bij voorkeur de hieronder gegeven eenheden aangehouden.

a	versnelling, in m/s^2
f	frequentie, in Hz
f_e	eigenfrequentie, in Hz
g	zwaartekrachtversnelling ($9,81 \text{ m/s}^2$)
T	trillingstijd, in s
u	verplaatsing, in mm
v	snelheid, in mm/s

5.3 Gehanteerde symbolen

De verder in deze richtlijn gehanteerde symbolen zijn hieronder weergegeven.

A_1	streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} , dimensieloos
A_2	maximale waarde voor de trillingssterkte V_{\max} , dimensieloos
A_3	streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} , dimensieloos
f	frequentie, in Hz
f^*	frequentie in Hz, waarvoor $\varphi(f) = 0$
f_{\max}	grensfrequentie van het laagdoorlaatfilter, in Hz
f_{\min}	grensfrequentie van het hoogdoorlaatfilter, in Hz
f_o	kantelfrequentie van het wegingsfilter, $f_o = 5,6 \text{ Hz}$
$H_{a(f)}$	wegingsfunctie trillingsversnelling, s^2/m
$H_{v(f)}$	wegingsfunctie trillingssnelheid, s/mm
i	variabele die het interval van 30 seconden aangeeft waarin $v_{\text{eff,max,30,i}}$ is gemeten

N	aantal aaneensluitende tijdsintervallen van 30 seconden in een beoordelingsperiode; voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, $N = 1440$; voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, $N = 1440$; voor de avondperiode van 19.00 tot 23.00 uur, $N = 480$; voor de nachtperiode van 23.00 tot 07.00 uur, $N = 960$
n	aantal gehele tijdsintervallen van 30 seconden binnen de duur van een meting
t	tijd, in s
T_b	totale tijdsduur dat een trillingsbron in bedrijf is in een beoordelingsperiode, in s
T_m	tijdsduur van de meting, in s
T_o	tijdsduur van de beoordelingsperiode, in s
τ	tijdconstante, in s
V_{\max}	grootste waarde van $v_{\text{eff,max}}$ in de beschouwde ruimte, dimensieloos
V_{per}	trillingssterkte over de beoordelingsperiode behorende bij de ruimte, dimensieloos en bepaald op basis van de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima $v_{\text{eff,max,30,i}}$. Deze waarde dient uitsluitend te worden bepaald voor het meetpunt en de meetrichting waarin de grootste waarde V_{\max} voor de ruimte volgens 9.7 is bepaald.
$v(t)$	momentane waarde van de gewogen trillingsgrootte, dimensieloos
$v_{\text{eff}}(t)$	voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootte, dimensieloos
$v_{\text{eff,max}}$	de grootste waarde van $v_{\text{eff}}(t)$ over de meetduur, dimensieloos
$v_{\text{eff,max,30,i}}$	de grootste waarde van $v_{\text{eff}}(t)$ in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos
$v_{\text{eff,max,stat}}$	de statistisch bepaalde grootste waarde van $v_{\text{eff}}(t)$ over de meetduur, dimensieloos
v_o	referentiewaarde van de wegingfunctie, $v_o = 1,0 \text{ mm/s}$
$v_{\text{per,meet}}$	de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van $v_{\text{eff,max,30,i}}$ over de meetperiode
$\varphi(f)$	maximale referentie fase-frequentie karakteristiek voor het meetsysteem, in graden
$\varphi_m(f)$	de fase-frequentiekarakteristiek van het meetsysteem, in graden