



M+P | Onderdeel van
Müller-BBM groep
Mensen met oplossingen



Rapport

Verificatiemetingen tunnelwand Nieuwmarkt Zuid, mei 2020

Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever Metro en Tram, Gemeente Amsterdam
Entrada 600
1114 AA AMSTERDAM

Opdrachtnummer -

Titel Verificatiemetingen tunnelwand Nieuwmarkt Zuid, mei 2020

Rapportnummer M+P.GADM.20.02.1

Revisie 0

Datum 5 juni 2020

Aantal pagina's 18

Auteurs ir. E. Nieuwenhuizen
ing. S. Hardeman

Contactpersoon ir. E. Nieuwenhuizen | 0297-320651 | aalsmeer@mp.nl

M+P Visserstraat 50 | 1431 GJ Aalsmeer
Wolfskamerweg 47 | 5262 ES Vught

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Inhoud

1	Inleiding	4
1	Uitvoering van de metingen	5
1.1	Aanpak	5
1.2	Meetlocatie	5
1.3	Meetapparatuur	6
2	Resultaten	7
3	Vergelijk met metingen 1980	11
4	Conclusie en aanbevelingen	12
bijlage A	Figuren	13
bijlage B	Meetdata	16

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten van trillingsmetingen die op 26 mei 2020 zijn verricht op de tunnelwand bij de zuidelijke ingang van metrostation Nieuwmarkt. Het doel van de metingen is om te controleren of het trillingsniveau in de tunnelwand is gedaald na het slijpen van de rails. Deze maatregel is uitgevoerd in maart 2020 naar aanleiding van de resultaten van voertuiggebonden metingen, zie M+P.GADM.19.01.1 van 6 september 2019 en van metingen op dezelfde tunnelwand, zie M+P.GADM.19.02.1 van 18 februari 2020.

1 Uitvoering van de metingen

1.1 Aanpak

De trillingsmetingen zijn verricht op een vast referentiepunt in de stationshal (meetpunt 5). Dit meetpunt is eerder gebruikt in 1980, in 2014, 2018 en februari 2020.

Bij iedere passage zijn de trillingen gemeten loodrecht op de caissonwand (in horizontale richting). Vastgesteld zijn de maximaal optredende versnellingsniveaus in tertsbanden ($L_{a,max}$). De versnellingsniveaus zijn vervolgens omgerekend naar snelheidsniveaus ($L_{v,max}$).

Het type van het passerende materieel is geregistreerd door een waarnemer in de tunnel. De passagetijd (van buffer tot buffer) ter plaatse van de meetdoorsnede km 1.100 in de tunnel is met de hand geklokt. De voertuigsnelheid is bepaald op basis van de passagetijd en de afmetingen van het betreffende materiaal.

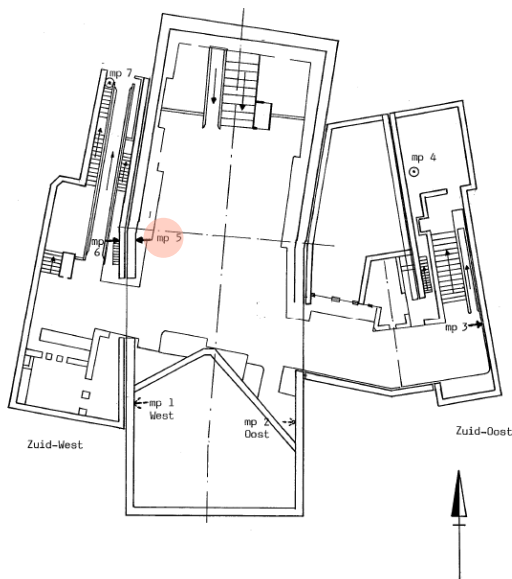
De metingen zijn uitgevoerd op 26 mei 2020 vanaf 09:50 tot 11:20 uur. Passages waarbij tegelijkertijd metro's uit twee richtingen passeerden, zijn bij de analyse niet meegenomen. De gemeten voertuigen zijn van het type M5, S1/S2 en M4/S3.

De resultaten zijn vergeleken met de waarden die in februari 2020 op hetzelfde meetpunt op exact dezelfde wijze zijn vastgesteld na het vervangen van de ES-las in spoor 1 ter hoogte van km 1.05 in het spoor van CS naar WP (spoor 1). Uit die metingen bleek dat de trillingsniveaus, ondanks het egaliseren van de ES-lassen, waren toegenomen ten opzichte van de resultaten uit 2018. De verwachting was dat het resultaat van het egaliseren van de ES-lassen werd onderdrukt door een algehele verslechtering van de kwaliteit van het spoor (waaronder golfslijtage). Voor de resultaten van die metingen verwijzen we naar M+P.GADM.19.02.1 van 18 februari 2020.

Ook worden de resultaten vergeleken met de meetresultaten uit 2018. Voor de resultaten van die metingen verwijzen wij naar M+P.GADM.17.01.2 van 26 april 2018.

1.2 Meetlocatie

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd op meetpunt 5 bij de zuidelijke toegang van het stationsgebouw Nieuwmarkt ter hoogte van km 1.035. Het meetpunt ligt op caisson 11/02/08 en bevindt zich aan het begin van de boog in het spoor. Het meetpunt is aangegeven in figuur 1.



figuur 1 meetpunt 5 de zuidelijke toegang van station Nieuwmarkt

1.3 Meetapparatuur

Bij de metingen is gebruik gemaakt van de in tabel I vermelde apparatuur. De apparatuur is voor en na de meting gekalibreerd. Hierbij zijn geen afwijkingen van meer dan 0,1 dB ten opzichte van de initiële kalibratiewaarde geconstateerd. Dit is ruim binnen de gestelde marges.

tabel I gebruikte meetapparatuur

apparatuur	merk	type	aantal
analyzer	RION	NA-28	1
trillingsopnemer	RION	PV-57	1
trillingsjikkbron	RION	VE-10	1

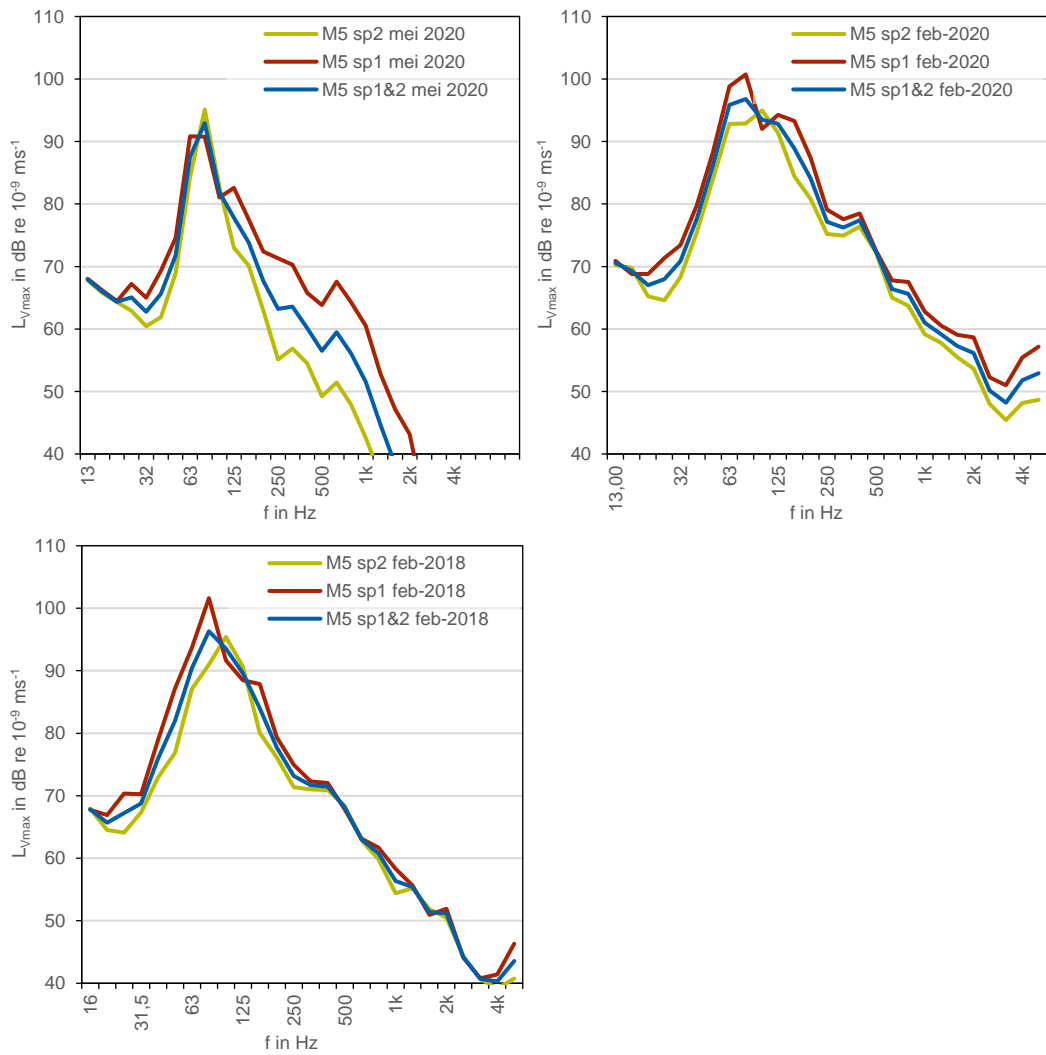
2 Resultaten

De aantallen passages die zijn meegenomen in de analyse, zijn verwerkt in tabel II.

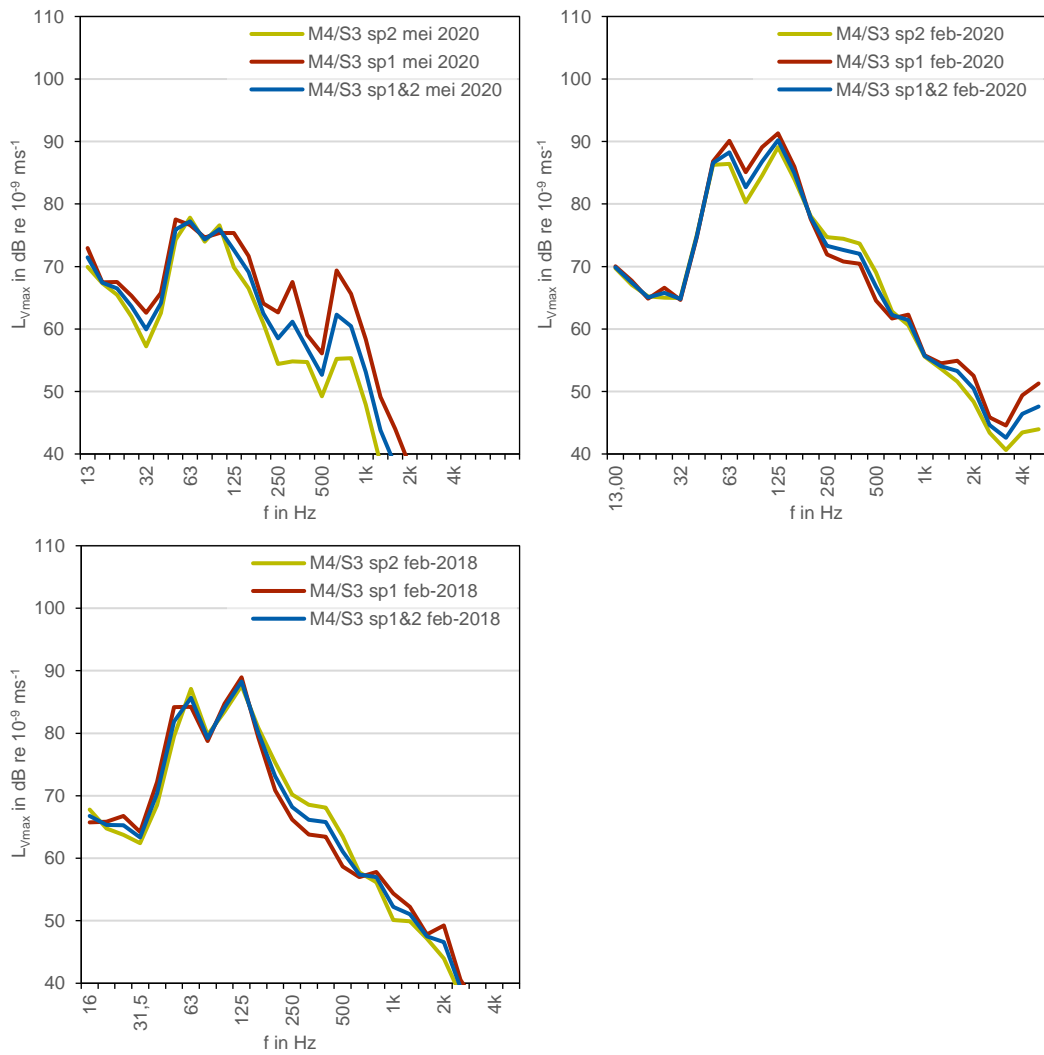
tabel II *aantal gemeten passages*

materieeltype	spoor richting	
	Amsterdam CS (spoor 2)	Weesperplein (spoor 1)
M5	6	7
M4/S3	3	2
S1/S2	8	7

In Bijlage B zijn de maximale snelheidsniveaus (L_{Vmax}) in tertsbanden, gemeten op meetpunt 5 per passage weergegeven in een tabel. In figuur 2 t/m figuur 5 zijn de gemiddelde 1/3 octaafbandwaarden per voertuigtype weergegeven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen passages in zuidelijke (spoor 1) en noordelijke richting (spoor 2). Ook de gemiddelde waarden over beide sporen zijn in de figuren verwerkt. De gemeten waarden worden vergeleken met de meetwaarden die in 2018 zijn vastgesteld.

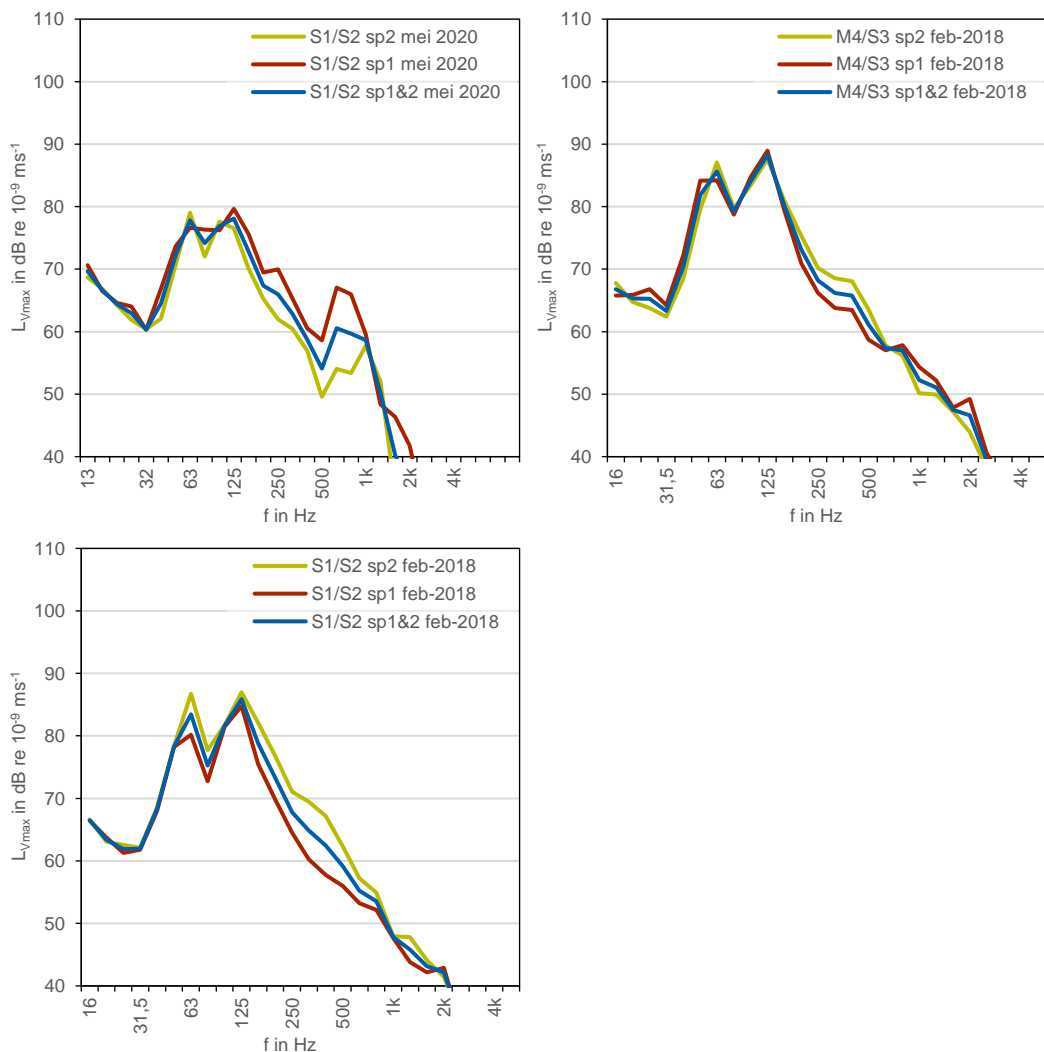


figuur 2 *gemiddelde waarde van L_{Vmax} van M5 materieel, uitgesplitst per spoor en gemiddeld over beide sporen, linksboven mei 2020, rechtsboven februari 2020, onder februari 2018*



figuur 4

gemiddelde waarde van L_{Vmax} van M4/S3 materieel, uitgesplitst per spoor en gemiddeld over beide sporen; linksboven mei 2020, rechtsboven februari 2020, onder februari 2018



figuur 5

gemiddelde waarde van L_{Vmax} van S1/S2 materieel, uitgesplitst per spoor en gemiddeld over beide sporen; linksboven mei 2020, rechtsboven februari 2020, onder februari 2018

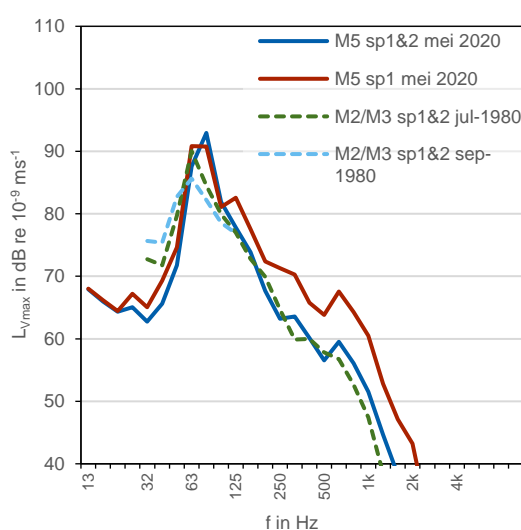
Uit de metingen blijkt dat de trillingsniveaus zijn afgenomen ten opzichte van de situatie van februari 2020 en 2018¹. Dit wordt verduidelijkt in Bijlage A, waar de trillingsniveaus per spoor en per materieeltype direct worden vergeleken. De afname is breedbandig van aard. De dominante trillingspiek die bij 80 Hz optreedt, met name bij passages van M5 materieel op spoor 1, is sterk afgenomen. Voor het M5 materieel is deze piek met 11 dB afgenomen ten opzichte van de metingen in februari 2020.

Opvallend is dat de piek op 80 Hz vanwege M5 materieel op spoor 2 niet is afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat op spoor 2 de ES-lassen niet zijn vervangen, wat wel is gebeurd op spoor 1. Alleen de combinatie van het vervangen van de ES-lassen en het slijpen van het spoor levert een vermindering van de trillingsniveaus.

¹ Er is sprake van een toename rond 1000 Hz. Dit geldt voor alle metrotypes met name op spoor 1. Naar verwachting zijn dit kleine oneffenheden veroorzaakt door het slijpen. Deze kunnen gedurende enkele maanden na het slijpen nog afvlakken door het gebruik van het spoor. Trillingen bij hogere frequenties leveren minder hinder, omdat ze zich minder ver voortplanten.

3 Vergelijk met metingen 1980

Bij een meetcampagne in 2014 zijn onder andere de trillingsniveaus ter plaatse van meetpunt 5 vergeleken met metingen uit 1980, zie M+P.GADM.14.01.1. Hierbij is vastgesteld dat ter plaatse van meetpunt 5 sprake was van een duidelijk hoger trillingsniveau dan de meetwaarden uit 1980. De piek lag in de 80 Hz 1/3 octaafband en trad vooral op bij metro's van het type M2/3 en M5, welke vergelijkbare trillingsniveaus veroorzaken. In onderstaande figuur zijn de metingen uit 1980 vergeleken met de huidige metingen om te toetsen of er na het slijpen van het spoor vergelijkbare resultaten worden gevonden als in 1980.



figuur 6 gemiddelde waarde van L_{vmax} vergeleken met metingen uit 1980

Uit figuur 6 kan worden opgemaakt dat het trillingsniveau over spoor 1 en 2 gemiddeld nu beter overeenkomt met de metingen uit 1980 dan voor het slijpen van het spoor. Wel blijft de piek in het spectrum nog circa 3 dB hoger vergeleken met de metingen in juli 1980 en 7 dB hoger vergeleken met de metingen in september 1980. Verwacht wordt dat dit verschil afneemt wanneer ook op spoor 2 de ES-las wordt vervangen.

4 Conclusie en aanbevelingen

Op 26 mei 2020 zijn trillingsmetingen uitgevoerd in de metrotunnel bij de zuidelijke toegang van station Nieuwmarkt. De metingen zijn verricht om te controleren of het slijpen van zowel spoor 1 als spoor 2 heeft geleid tot lagere trillingsniveaus, nadat eerder al de ES-las in spoor 1 ten zuiden van station Nieuwmarkt was vervangen.

Uit de metingen is gebleken dat het trillingsniveau is afgenomen ten opzichte van de metingen in februari 2020 en 2018. De afname treedt op bij alle materieeltypes over zowel spoor 1 als spoor 2. De dominante trillingspiek die bij 80 Hz optreedt, met name bij passages van M5 materieel op spoor 1, is sterk afgenomen. Voor het M5 materieel is deze piek met 11 dB afgenomen ten opzichte van de metingen in februari 2020. Op spoor 2 is deze piek vanwege M5 materieel niet afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat op dit spoor de ES-las niet is vervangen.

Uit vergelijk met de metingen die op dezelfde locatie verricht zijn in 1980 kan worden opgemaakt dat de trillingsniveaus nu beter overeenkomen dan voor het slijpen van het spoor. Wel blijft de piek in het spectrum nog circa 3 dB hoger vergeleken met de metingen in juli 1980 en 7 dB hoger vergeleken met de metingen in september 1980. Verwacht wordt dat dit verschil afneemt wanneer ook op spoor 2 de ES-las wordt vervangen.

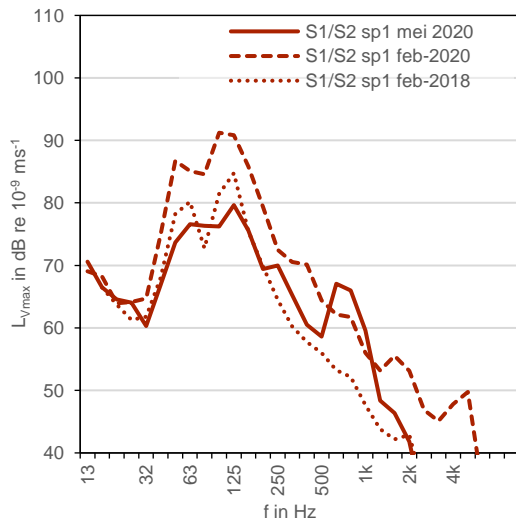
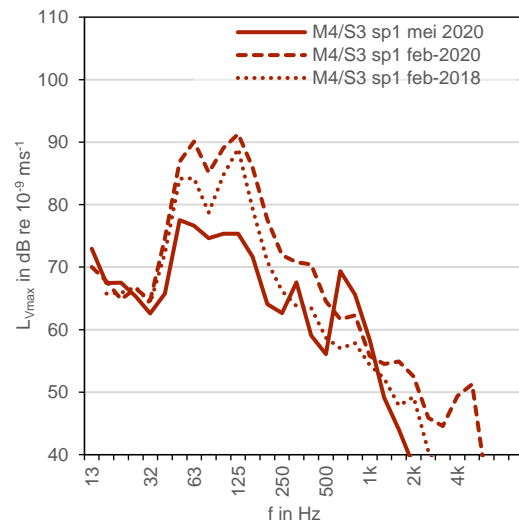
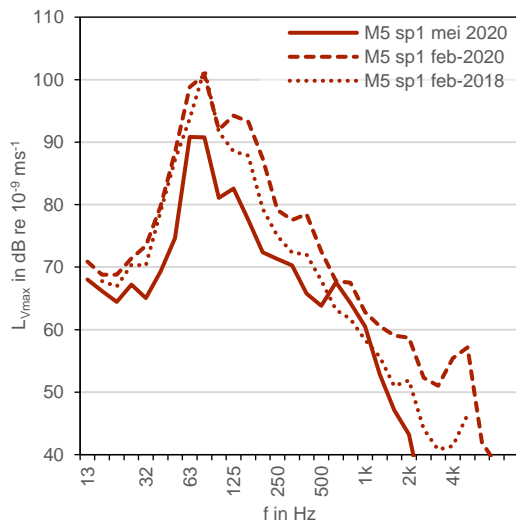
Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat het slijpen van het spoor heeft geleid tot lagere trillingsniveaus. Wel dient hierbij de kanttekening te worden geplaatst dat er mogelijk minder passagiers in de metro's zaten vanwege de corona maatregelen.

Naar aanleiding van de resultaten stellen we het voor:

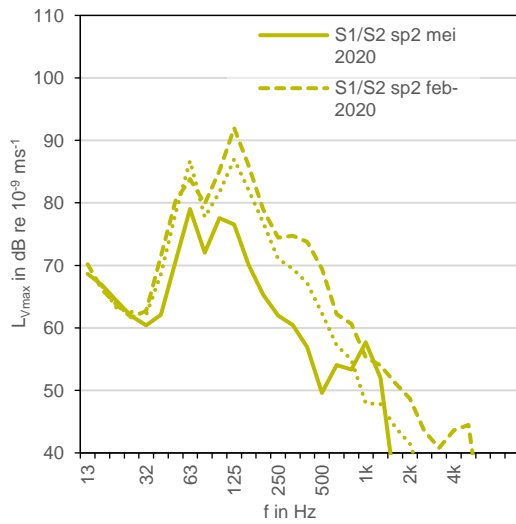
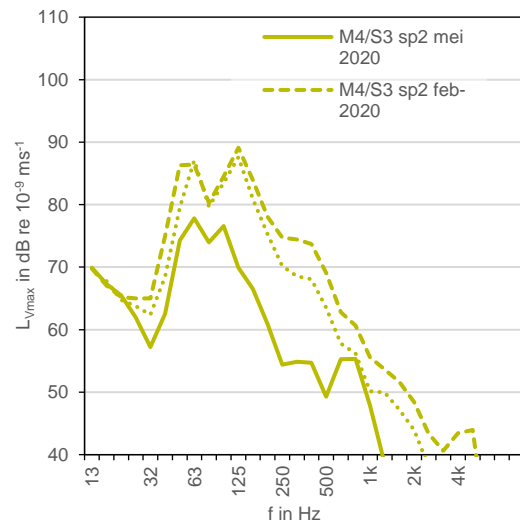
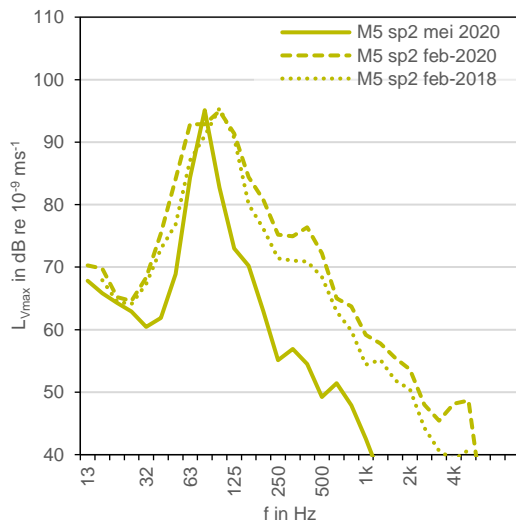
- Om ook de ES-las op spoor 2 vervangen en om daarna te controleren of dit leidt tot vergelijkbare trillingsniveaus als in 1980;
- Aan de omwonenden te vragen of ook de trillingshinder is afgenomen;
- Het monitoren van de kwaliteit van het spoor om te kunnen bepalen welke momenten het meest effectief zijn om het spoor opnieuw te slijpen.

Bijlage A

Figuren



spoor 1: trillingsniveau mei 2020 vergeleken met februari 2020 en 2018 voor verschillende voertuigtypen



spoor 2: trillingsniveau 2020 vergeleken met 2018 voor verschillende voertuigtypen

Bijlage B

Meetdata

Start tijd	duur	aantal bakken	richting	type	id	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
09:50:47	00:00:09	3	Amstel	M4/S3	84/88/76	73,6	66,9	70,0	63,7	60,1	61,3	75,0	76,7	77,1	76,7	76,2	71,8	65,6	68,4	62,4	59,8	57,0	66,3	64,4	56,6	49,9	47,0	40,5	30,3	36,6	28,9
09:53:30	00:00:08	3	Amstel	M4/S3	101/80/81	72,4	68,0	65,1	66,8	65,1	70,3	80,0	76,5	72,1	74,0	74,6	71,5	62,6	56,8	72,6	58,4	55,1	72,4	66,8	60,1	48,4	41,0	35,9	29,2	25,5	24,2
09:56:03	00:00:09	3	CS	S1/S2	62/64/67	68,4	61,8	68,6	57,4	62,5	59,2	62,8	73,1	69,1	71,3	72,9	68,6	62,0	60,7	58,1	53,5	45,9	51,8	53,8	65,7	51,3	32,0	30,7	21,0	19,5	17,8
09:57:53	00:00:08	3	Amstel	S1/S2	63/48/49	70,4	63,1	63,3	65,1	59,5	67,9	76,6	77,2	79,3	78,3	81,1	75,2	67,7	67,0	65,8	57,7	57,6	67,3	66,9	60,1	47,1	47,5	43,3	30,5	24,7	27,8
09:59:24	00:00:09	3	CS	M4/S3	103/78/99	68,3	67,4	66,8	64,8	57,4	69,5	83,7	82,2	77,2	80,2	72,0	67,9	60,7	54,8	56,7	57,0	47,8	53,5	48,6	42,4	41,5	32,7	26,4	24,9	20,9	23,6
10:03:41	00:00:12	6	CS	M5	151/152	69,1	64,6	63,5	63,0	60,8	55,8	64,5	80,4	93,7	82,9	71,6	67,2	59,0	53,2	53,6	50,2	44,2	61,1	56,9	40,0	38,5	32,3	22,6	19,4	17,6	16,5
10:05:22	00:00:09	3	Amstel	S1/S2	67/64/62	75,4	67,7	59,6	64,3	58,3	61,0	69,9	74,0	72,3	70,7	76,6	73,3	69,7	66,8	63,0	58,0	57,8	65,9	66,8	59,6	48,2	47,9	43,2	32,4	27,3	37,7
10:08:14	00:00:08	3	Amstel	S3/S4	99/78/103	69,5	67,9	65,5	65,3	59,2	64,0	76,3	76,2	74,0	76,3	76,8	71,3	65,8	68,2	60,5	58,6	57,7	67,0	66,5	56,1	50,4	47,2	42,2	28,6	26,1	28,8
10:10:20	00:00:21	6	CS	M5	129/130	64,8	65,0	66,4	64,9	61,3	61,5	70,7	84,9	98,3	84,2	74,1	71,1	66,8	54,8	61,7	60,1	54,9	52,2	47,2	42,6	37,2	28,9	22,9	19,2	17,5	16,1
10:12:31	00:00:11	6	Amstel	M5	152/151	63,7	62,4	67,6	67,0	65,2	67,7	74,8	91,4	90,8	82,9	82,9	79,3	75,6	71,3	70,4	64,5	64,1	65,9	64,5	59,5	52,5	47,3	44,5	31,9	29,5	32,0
10:15:46	00:00:08	3	CS	S1/S2	58/50/61	68,5	71,8	63,5	64,1	57,6	63,9	75,6	83,0	72,8	73,0	72,8	65,6	60,9	57,4	60,2	50,0	46,1	50,9	47,8	50,7	62,6	40,1	25,7	24,4	19,1	18,9
10:18:43	00:00:12	6	CS	M5	107/108	72,6	68,4	63,9	63,0	58,3	64,5	67,5	83,1	96,9	82,1	73,6	74,5	67,4	57,5	62,2	61,2	57,9	54,7	49,8	45,3	43,7	32,6	27,2	22,2	18,6	17,2
10:20:10	00:00:11	6	Amstel	M5	130/129	65,4	65,8	66,8	68,8	65,4	72,2	72,8	93,8	89,9	80,5	82,7	77,7	72,3	71,2	73,5	68,3	63,3	69,0	65,9	62,9	53,9	49,7	43,9	31,8	27,1	30,9
10:23:18	00:00:08	3	Amstel	S1/S2	61/50/58	69,0	61,7	63,2	60,7	59,4	68,7	73,9	77,8	73,7	72,0	77,2	75,5	67,8	68,3	60,1	54,7	55,8	65,2	63,8	56,2	46,1	43,6	40,8	35,9	27,6	27,8
10:25:39	00:00:12	6	CS	M5	120/119	67,9	61,3	64,7	62,5	60,1	58,2	66,3	81,7	97,7	84,5	73,3	67,3	63,9	54,3	56,0	52,6	46,7	45,5	43,1	39,0	35,0	25,5	22,0	19,1	17,2	16,0
10:27:31	00:00:13	6	Amstel	M5	108/107	64,6	64,9	57,5	68,4	63,5	68,9	70,5	87,9	89,5	79,4	81,1	76,8	70,2	68,5	68,1	64,4	63,7	70,2	64,3	64,3	53,3	44,7	41,7	30,7	26,4	27,4
10:29:40	00:00:11	3	CS	S1/S2	66/56/55	74,1	64,3	58,8	64,8	60,2	62,5	77,3	83,9	72,3	86,0	81,7	69,2	67,4	63,1	61,2	62,0	51,9	57,7	50,8	41,8	40,6	31,5	25,2	19,9	17,9	16,4
10:35:14	00:00:10	6	Amstel	M5	119/120	71,8	65,5	62,8	67,2	65,4	68,8	81,5	91,9	92,8	82,8	86,0	77,1	74,0	70,2	66,4	63,9	62,1	65,5	61,5	55,4	53,6	46,1	43,5	32,5	29,2	29,3
10:36:19	00:00:10	3	CS	M4/S3	88/74/84	70,6	72,6	64,2	60,3	55,2	57,4	66,3	73,1	69,6	74,8	65,3	61,3	59,0	50,3	47,4	49,8	44,1	60,3	65,9	47,3	36,3	31,9	25,5	20,6	18,5	17,0
10:38:02	00:00:08	3	Amstel	S1/S2	55/56/66	74,1	70,6	68,0	64,7	60,6	69,8	78,4	76,6	77,4	76,3	79,9	75,0	68,6	73,0	67,6	65,0	60,2	67,7	64,0	60,8	52,8	45,8	41,9	31,9	26,3	25,0
10:44:09	00:00:08	3	Amstel	M4/S3	84/88/74	70,0	67,3	66,3	62,8	59,6	65,9	75,3	85,7	93,8	84,6	77,0	74,5	68,4	61,9	64,2	61,7	61,0	57,4	52,8	46,9	45,8	33,9	28,2	22,3	19,1	19,7
10:44:09	00:00:08	6	CS	M5	133/134	70,0	67,3	66,3	62,8	59,6	65,9	75,3	85,7	93,8	84,6	77,0	74,5	68,4	61,9	64,2	61,7	61,0	57,4	52,8	46,9	45,8	33,9	28,2	22,3	19,1	19,7
10:46:09	00:00:08	3	CS	S1/S2	45/46/68	66,4	69,9	67,9	64,1	57,7	66,1	74,9	81,3	79,4	83,4	87,7	80,4	75,6	68,6	68,9	68,8	59,7	61,9	58,5	61,5	58,4	37,3	31,4	25,1	23,9	24,1



10:48:17	00:00:06	3	CS	S1/S2	62/64/67	68,8	67,2	64,3	59,9	59,8	57,2	64,2	72,2	68,4	71,3	71,4	67,7	61,4	60,6	58,5	53,8	45,9	52,2	52,3	65,9	55,8	33,1	29,6	21,3	19,1	18,0
10:52:02	00:00:08	3	Amstel	S1/S2	68/46/45	69,5	68,5	64,7	64,9	62,5	63,9	71,1	80,1	80,1	79,9	84,4	84,6	77,5	76,7	72,7	70,5	64,1	69,8	67,3	61,2	51,1	47,8	42,1	31,7	28,0	29,0
10:53:35	00:00:11	6	Amstel	M5	133/134	69,0	71,5	67,9	64,8	63,4	66,3	76,7	89,0	92,6	79,3	80,6	76,3	70,0	74,8	69,1	64,9	64,4	64,9	64,5	57,5	50,4	46,5	42,1	31,7	28,6	32,7
10:56:51	00:00:07	3	CS	S1/S2	49/48/63	66,0	65,8	62,4	60,7	64,6	63,8	69,2	80,5	69,9	80,5	72,9	68,9	64,5	61,2	55,6	53,8	47,9	49,6	56,7	60,6	43,7	30,3	27,3	20,3	18,6	16,6
10:57:31	00:00:08	3	Amstel	S1/S2	67/64/62	66,7	67,5	66,1	59,3	57,3	61,6	66,6	72,6	70,0	77,5	78,7	73,2	70,0	70,8	62,3	58,2	57,0	67,4	65,7	59,3	47,0	47,4	41,8	27,7	22,9	21,5
10:59:13	00:00:07	3	CS	M4/S3	81/80/101	71,0	61,9	65,4	60,7	59,1	60,8	72,8	78,1	75,0	74,7	72,5	70,3	63,1	58,0	60,3	57,4	55,8	51,9	51,3	54,0	37,8	32,2	25,5	20,0	18,2	17,9
11:03:27	00:00:08	3	Amstel	S1/S2	63/48/49	69,5	66,3	67,2	68,9	64,6	75,4	79,0	77,9	81,1	78,9	79,9	72,4	64,9	67,0	65,3	59,9	57,7	66,1	67,0	59,9	46,5	44,4	39,6	27,9	23,8	23,9
11:04:07	00:00:14	6	CS	M5	129/130	69,0	68,1	63,9	62,7	59,5	61,0	65,9	84,2	97,5	80,2	72,1	69,5	59,4	50,9	50,0	48,1	44,0	43,1	36,6	38,0	31,0	23,1	20,3	18,0	17,4	16,1
11:08:00	00:00:08	3	Amstel	S4/S3	101/80/81	69,0	70,3	64,1	67,4	68,7	69,6	76,7	75,7	73,4	75,5	78,4	73,8	63,0	57,0	70,5	56,3	55,2	71,9	65,6	60,4	49,0	41,6	37,8	29,4	24,3	24,3
11:10:38	00:00:13	6	CS	M5	51/52	67,2	61,5	63,9	62,1	59,4	60,3	68,7	87,3	99,4	82,7	73,1	75,3	63,8	56,0	56,4	53,3	48,3	52,3	57,6	43,7	34,6	30,9	22,3	19,0	17,3	16,3
11:12:22	00:00:10	6	Amstel	M5	130/129	71,8	62,4	64,3	69,5	67,4	71,7	73,4	92,7	88,1	79,5	82,6	77,7	72,7	71,5	73,5	68,9	64,8	68,3	64,7	62,7	54,3	49,1	43,7	32,7	28,0	29,3
11:14:29	00:00:09	6	CS	M5	103/78/99	70,5	63,7	65,2	62,7	62,5	69,1	79,4	87,4	77,1	79,1	71,2	66,3	58,6	54,7	56,7	55,5	47,0	53,1	46,9	48,3	37,8	33,2	28,1	25,0	22,4	24,1
11:18:54	00:00:11	6	CS	M5	119/120	61,7	73,6	63,0	62,1	61,8	65,1	68,1	85,3	100,0	85,9	75,4	70,3	64,9	59,1	58,2	55,5	50,5	49,2	44,7	43,8	34,4	28,4	22,5	19,3	16,9	16,5
11:20:01	00:00:11	6	Amstel	M5	152/151	70,1	70,7	64,2	64,4	64,9	69,8	72,4	89,0	91,3	83,0	82,3	77,8	72,0	71,3	70,7	65,9	64,3	69,2	64,4	61,1	52,0	46,3	43,2	32,9	28,0	30,6