MIRT-VERKENNING
OV EN WONEN
TOETS VOORLOPIG VKA

EFFECTNOTITIE TRILLINGEN

MAART 2026

DEFINITIEF

Autorisatieblad

MIRT verkenning OV en Wonen Regio Utrecht, Toets voorlopig VKA

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Wybo Gardien	√	13-03-2026
Gecontroleerd door	Stef Brauers, Thymo Vlot	√	13-03-2026
Vrijgegeven door	Willem Snel	√	17-03-2026

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
0.1	Eerste resultaten	09-12-2025	50% Conceptversie van de effectnotitie Trillingen
1.0	Conceptnotitie	19-12-2025	90%-Conceptversie ter review
2.0	Definitieve notitie	06-02-2026	Definitieve notitie na verwerking review
3.0	Conceptnotitie	24-02-2026	Alternatieven 5 en 6 toegevoegd aan effectbeschrijving en beoordeling
4.0	Definitieve notitie	17-03-2026	Definitieve notitie na verwerking review

1 Doel rapportage 4
1.1 Inleiding 4
1.2 Leeswijzer 4
2 Beleidskader en wet- en regelgeving 5
2.1 Beleid 5
3 Onderzoeksmethodiek en scoremethodiek 6
3.1 Onderzoeksmethodiek 6
3.2 Scoringsmethodiek 7
3.2.1 Trillingen 7
3.2.2 Opzet van het onderzoek 7
3.2.3 Trillingscontouren 7
3.2.4 Aantallen gehinderden binnen contour 9
3.2.5 Scoring 10
4 Beoordeling en maatregelen 11
4.1 Hinder exploitatiefase 11
4.2 Schade en hinder in de bouwfase 11
5 Conclusie 12
5.1 Samenvatting resultaten en eindbeoordeling 12
6 Leemten in kennis 13
Colofon 14

1 Doel rapportage

1.1 Inleiding

Voorliggend achtergrondrapport beschouwt de optredende effecten van de vier alternatieven van de MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport)-verkenning OV en Wonen voor het aspect trillingen. Voor een uitgebreide beschrijving van de alternatieven wordt verwezen naar de bijbehorende oplegnotitie.

Deze rapportage maakt inzichtelijk hoe de alternatieven zich ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de (beleidsarme) referentiesituatie in 2040 verhouden. Dit geeft input om te komen tot een voorkeursalternatief.

In deze rapportage is dezelfde methode gehanteerd om varianten te vergelijken als in de Zeef 2 studie.

In de Zeef 2 studie zijn er vier alternatieven en twee varianten vergeleken. In voorliggende rapportage worden vier alternatieven onderzocht (1 t/m 4). Een belangrijk verschil met de alternatieven uit Zeef 2 is dat er nu in alle alternatieven sprake is van een gegraven tunnel voor de Merwedelijn. Verder is er in dit rapport geen alternatief waarin een nieuwe busbaan langs de A27/A28 voorkomt.

1.2 Leeswijzer

Deze effectnotitie bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- Een beschrijving van de relevante wet- en regelgeving en beleidskaders (hoofdstuk 2).
- Een beschrijving van de onderzoeksmethodiek en scoremethodiek (hoofdstuk 3)
- Beschrijving van de effecten van de alternatieven (hoofdstuk 4)
- Conclusie met een samenvatting van de beoordelingen (hoofdstuk 5).
- Een beschrijving van de leemten in kennis (hoofdstuk 6).

2 Beleidskader en wet- en regelgeving

2.1 Beleid

In Nederland is er geen wettelijk beoordelingskader voor het voorkomen van hinder of schade door trillingen. Desondanks is het onderwerp trillingen bij het opstellen van ruimtelijke plannen wel een aandachtspunt.

Per 1 januari 2024 is de Omgevingswet (Ow) van kracht. Ook in de Ow zijn geen streef- en grenswaarden opgenomen voor trillingen afkomstig van (spoor)wegen of trams. Tot 1 januari 2024 was de Wet Ruimtelijke Ordening (Wro) van toepassing, waarin stond dat de zorg voor goede ruimtelijke ordening van belang is en daarvoor is het nodig om mogelijke trillingshinder in kaart te brengen. Het begrip ‘goede ruimtelijke ordening’ uit de Wro art. 3.1 is in de Ow vervangen door het begrip ‘evenwichtige toedeling van functies aan locaties’, art. 4.2 (afgekort: ETFAL). Vanuit dit artikel moet ook in het kader van een omgevingsplan onder de Ow trillingshinder (waar relevant) in kaart worden gebracht en betrokken worden bij de afweging in het kader van het beschermen van de fysieke leefomgeving.

In de omgevingswet zijn wel regels opgesteld om de leefomgeving te beschermen tegen trillingen van bouw- en sloopwerkzaamheden. Artikel 7.18 van het Bbl (Besluit bouwwerken leefomgeving) bepaalt dat voldaan moet worden aan de waarden voor trillingen uit tabel 4 van de Meet- en Beoordelingsrichtlijn, deel B, 'Hinder voor personen in gebouwen 2006' (SBR-Richtlijn).

De SBR-richtlijnen (Stichting Bouwresearch) worden bij bijna alle infrastructuurprojecten toegepast, om schade of hinder van trillingen te beoordelen. De richtlijn bestaat uit 3 delen:

- Deel A: Schade aan gebouwen
- Deel B: Hinder voor personen in gebouwen
- Deel C: Verstoring van apparatuur

Voor de MIRT verkenning is uitgegaan uit van deel A, B en C van de SBR-richtlijnen. De delen A (schade) en B (hinder) zijn van toepassing op het gehele onderzoeksgebied. Deel C (verstoring van apparatuur) is aan de orde op het Utrecht Science Park (USP, voorheen De Uithof).

Bij deel B van de SBR-richtlijn is er een onderscheid tussen nieuwe, bestaande en gewijzigde situaties. Voor de nieuwe tramlijnen is uitgegaan van een nieuwe situatie volgens de SBR-B richtlijn. Van de alternatieven, volgen de HOV-bus verbindingen bestaande wegen. In de huidige situatie zijn hier al trillingen door weggebruik te verwachten.

Verder kan er nog sprake zijn van hinder van laagfrequent geluid. Dit is geluid dat ontstaat door dat trillingen in de bodem tot geluidafstraling in gebouwen leidt. Laagfrequent geluid treedt vooral op in de directe omgeving van tunnels. Voor laagfrequent geluid van railverkeer is de GWR-richtlijn de meest gangbare richtlijn (ook wel Methode De Ruiter genoemd).

3 Onderzoeksmethodiek en scoremethodiek

3.1 Onderzoeksmethodiek

Het aspect trillingen is op kwalitatieve wijze onderzocht. Dit betekent dat gebruik is gemaakt van beschikbare kentallen, van waaruit een 'doorvertaling' is gemaakt naar de impact van de alternatieven op de omgeving. Daarin is onderscheid gemaakt naar trillingen in de realisatiefase (aanleg) en de exploitatiefase (het feitelijk gebruik van de nieuwe infrastructuur).

Schade (SBR-A)

Beperking tot de volgende bouwwerkzaamheden:

- Cut-and-cover tunnel: trillingen damwanden / heipalen
- Bruggen en bovengrondse civiele constructies (vb. tramkunstwerk op +1): trillingen damwanden / heipalen

Uitgangspunt is dat de tunnels in alle alternatieven gegraven worden Op basis van literatuur en eenvoudige empirische modellen is bepaald tot hoe ver er schade te verwachten is. Op basis daarvan vindt een kwalitatieve vergelijking plaats van de alternatieven, waarbij ook het aantal nabijgelegen gebouwen/objecten is betrokken.

Hinder (SBR-B)

Dit kan zowel optreden bij bouwwerkzaamheden als tijdens de exploitatie.

Bouwwerkzaamheden - Gebruik van prognose die ook voor schade is gebruikt om te bepalen tot welke afstand er hinder op kan treden.

Exploitatiefase - Inschatting op basis van literatuur en eerder door Movares uitgevoerde metingen en prognoses per modaliteit en bijbehorende constructie in wat de hindercontour is. Alternatieven worden hiermee kwalitatief vergeleken, waarbij ook het aantal nabijgelegen gebouwen/voorzieningen is betrokken.

Verstoring van apparatuur (SBR-C)

Verstoring van apparatuur kan zowel optreden bij bouwwerkzaamheden als tijdens de exploitatie. Of er verstoring optreedt, hangt sterk af van de specifieke gevoeligheid van apparatuur die in de omgeving van de infrastructuur staat opgesteld. Hiervoor is het trillingsonderzoek, dat is gebruikt voor de ruimtelijke onderbouwing van de Uithoflijn[1] (contourafstanden, locatie en trillingsgevoeligheid van apparatuur), als uitgangspunt gehanteerd.

Bouwwerkzaamheden – Gebruik van prognose die ook voor schade is gebruikt om te bepalen tot welke afstand er verstoring op kan treden.

Tabel 3-1 Beoordelingskader trillingen

Aspect	Criterium	Toelichting	Methode
Trillingen	Schade (SBR-A)	Inschatting risico op schade aan gebouwen en hinder voor woningen en gebouwen met gevoelige functies (verpleeghuizen, verzorgingstehuizen en ziekenhuizen)	Kwalitatief
	Hinder (SBR-B)	Trillingen in de realisatiefase en gebruiksfase.	Kwalitatief
	Verstoring van apparatuur (SBR-C)	Verstoring van gevoelige apparatuur	Kwalitatief

[1] *Uithoflijn Inventarisatie Trillingseffecten Uithof Een dynamisch onderzoek, ITC Utrecht, 22 november 2013 – Versie 2.0*

3.2 Scoringsmethodiek

3.2.1 Trillingen

De alternatieven voor de tram- en busverbindingen hebben effect op trillingen in de directe omgeving van de nieuwe tram- en busverbindingen. Zowel tijdens de bouwfase als tijdens de exploitatiefase zijn er trillingen te verwachten. Tijdens de exploitatiefase is alleen gekeken naar hinder van trillingen en verstoring van apparatuur door trillingen, en is er geen schade te verwachten. Voor de bouwfase is schade door trillingen, hinder van trillingen en verstoring van apparatuur door trillingen beschouwd.

3.2.2 Opzet van het onderzoek

De opzet van het onderzoek is erop gericht om de verschillende alternatieven te kunnen vergelijken op het aspect trillingen. Op basis van eerder uitgevoerde trillingsmetingen, trillingsprognoses en expert judgement, is per modaliteit en type baan of constructie een contourafstand voor hinder en schade bepaald. Uit de contourafstand en de ligging van de alternatieven volgt hoeveel gebouwen en verblijfsobjecten er binnen de contour liggen. Aan de hand van deze aantallen zijn de varianten vergeleken. Vertrekpunt bij de analyses zijn de bestaande bebouwingsplots (GIS-databestanden).

3.2.3 Trillingscontouren

De gehanteerde contourafstanden voor trillingshinder in de exploitatiefase staan in Tabel 3-2. In Tabel 3-4 zijn de contourafstanden voor hinder en schade tijdens de bouwfase opgenomen. In de bouwfase zijn alleen tram- en buslijnen beschouwd op een viaduct, brug of tunnel. In Tabel 3-5 staan de contourafstanden voor gevoelige apparatuur in de exploitatiefase en in Tabel 3-6 voor de bouwfase. Voor een verdiepte ligging van de tram zijn dezelfde contourafstanden aangehouden als voor een tram in een tunnel. Dit kan leiden tot een lichte overschatting van het aantal panden in de bouwfase, en een lichte onderschatting van het aantal verblijfsobjecten in de exploitatiefase.

Er is vanuit gegaan dat er geen trillingsgevoelige activiteiten, zoals heien en het intrillen van damwanden, wordt ondernomen tijdens de aanleg van een tram- of busbaan op maaiveld. Daarom wordt tijdens de bouwfase van tram- of busbaan op maaiveld geen schade of hinder verwacht.

Mogelijk treden er tijdens sloopwerkzaamheden trillingen op die in de omgeving, zoals bij alternatief 3 de sloop van de bestaande trambrug en het traject naar Huis ter Geer. Het is niet de verwachting dat deze activiteiten tot schade leiden, maar trillingen zijn wel een aandachtspunt voor sloopwerkzaamheden.

Tabel 3-2. Contourafstanden voor hinder van trillingen in de exploitatiefase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	onderbouwing
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	10	Op basis van verschillende trillingsmetingen, vooral langs buslijnen in Utrecht, SBR-B streefwaarden gewijzigde situatie
Tram- lage intensiteit (0-16 trams/uur)	Maaiveld	15	Op basis van prognose trillingen trams Uithoflijn, geschaald met meetresultaten trams Uithoflijn
Trams remiseritten	Maaiveld	15	Remiseritten zijn tramritten met een lage intensiteit. De contourafstand wordt dan bepaald door de maximaal optredende trillingen.
Tram middelhoge intensiteit (17-32 trams/uur)	Maaiveld	20	Op basis van prognose trillingen trams Uithoflijn, geschaald met meetresultaten trams Uithoflijn
Tram hoge intensiteit (>32 trams/uur)	Maaiveld	25	Op basis van prognose trillingen trams Uithoflijn, geschaald met meetresultaten trams Uithoflijn
Tram	Viaduct (niveau +1) brug	20	Op basis van “worst case” prognose trillingen trams viaduct Pelikaanstraat Utrecht
Tram	Tunnel	10	Bij trams in een tunnel zijn de te verwachten trillingen lager dan de SBR-B streefwaarden, maar is er mogelijk nog wel sprake van hinder van laagfrequent geluid.

Tabel 3-3. Contourafstanden voor hinder van trillingen in de bouwfase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Onderbouwing
Tram, bus, fietspad	Cut-and-cover/ verdiept (niveau -1)	100	Op basis van CUR166[2] trillingsprognose voor het intrillen van 20m lange damwanden
Tram, bus	Viaduct (niveau +1) brug	34	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 20m lange palen

Tabel 3-4. Contourafstanden voor schade van trillingen in de bouwfase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Onderbouwing
Tram, bus, fietspad	Cut-and-cover/ verdiept (niveau -1)	33	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het intrillen van 20m lange damwanden
Tram, bus	Viaduct (niveau +1) brug	38	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 20m lange palen

Tabel 3-5. Contourafstanden voor verstoring van apparatuur in de exploitatiefase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Criterium en vloer	Onderbouwing
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	40	VC[3]-C, funderingsniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	90	VC-C, vloerniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	90	VC-D, funderingsniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	190	VC-D, vloerniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	190	VC-E, funderingsniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	Maaiveld	310	VC-E, vloerniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”

[2] CUR 166, Damwandconstructies, 6e herziene druk, deel 1, 2012

[3] Evolving criteria for research facilities: I – Vibration, Hal Amick, Michael Gendreau, Todd Busch, and Colin Gordon, Proceedings of SPIE Conference 5933, 2005.*

Tabel 3-6. Contourafstanden voor verstoring van apparatuur in de bouwfase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Criterium en vloer	Onderbouwing
Bus	Viaduct (niveau +1) brug	800	VC-C, funderings-niveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	Viaduct (niveau +1) brug	900	VC-C, vloerniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	Viaduct (niveau +1) brug	1000	VC-D, funderings-niveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	Viaduct (niveau +1) brug	1100	VC-D, vloerniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	Viaduct (niveau +1) brug	1100	VC-E, funderings-niveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	Viaduct (niveau +1) brug	1200	VC-E, vloerniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”

3.2.4 Aantallen gehinderden binnen contour

Met de BAG[4]-gegevens over het aantal verblijfsobjecten per pand, is voor de verschillende alternatieven het aantal verblijfsobjecten bepaald, waar mogelijk sprake is van trillingshinder. Voor schade is gekeken naar het aantal gebouwen binnen de schadecontour. In de BAG gegevens zijn geen toekomstige woningen opgenomen die mogelijk gerealiseerd zijn tijdens de exploitatiefase. Hierdoor is er mogelijk sprake van een onderschatting van het aantal verblijfsobjecten met trillingshinder of trillingsschade.

Bij verstoring van apparatuur is bepaald in welke gebouwen met trillingsgevoelige apparatuur verstoring kan optreden. Deze aantallen zijn opgenomen in Tabel 3-7, Tabel 3-8 en Tabel 3-9. Het blijkt dat er geen gebouwen binnen de contouren voor gevoelige apparatuur liggen, doordat op het USP de bestaande infrastructuur gebruikt wordt voor de bussen en trams (geen nieuwe busbaan langs de A27/A28). Hierdoor hoeven er tijdens de bouw geen palen te worden geheid of damwanden te worden getrild.

Een aandachtspunt op het USP is de verlegging van de busroute naar de Leuvenlaan. Hoewel hier in de huidige situatie al vrachtwagens rijden die een vergelijkbare trillingen kunnen geven als bussen, neemt de intensiteit van de passages toe, waardoor er vaker verstoring van apparatuur kan optreden. Gebouwen waar mogelijk meer verstoring kan optreden, zijn het Bloembergengebouw en het David de Wiedgebouw. Het David de Wiedgebouw was nog niet opgenomen in de ruimtelijke onderbouwing van de Uithoflijn. Van dit gebouw is bekend dat er klachten zijn van trillingen. Een mogelijke invloedsfactor hierbij is het verkeersplateau dat voor het gebouw in de Leuvenlaan aanwezig is. Het advies hier is, om bij het ontwerp van de busroute over de Leuvenlaan aandacht te hebben voor trillingen. Mogelijke mitigerende maatregelen zijn:

[4] Basisregistratie Adressen en Gebouwen, bevat gegevens van alle adressen en gebouwen in Nederland, zoals bouwjaar, oppervlakte, gebruiksdoel en locatie op de kaart. De BAG is onderdeel van het overheidsstelsel van basisregistraties.

- De wegas niet richting de gebouwen met gevoelige apparatuur verplaatsen.
- Het vermijden van objecten die trillingen kunnen verhogen nabij de gebouwen, zoals verkeersplateaus.
- Een goede wegfundering om verzakkingen te voorkomen.

Tabel 3-7. Aantal verblijfsobjecten binnen hindercontour in exploitatiefase

Alternatief	Merwedelijn tram	SUNIJ-lijn / Tram Kanaleneiland	Tram 22	Busmaat-regelen A12 / Waterlinieweg / USP	Totaal
Ref	**0**	**644**	**917**	**0**	**1561**
1	739	455	1068	0	2262
2	738	454	1068	0	2260
3	739	452	1068	0	2259
4	740	454	1068	0	2262
5	739	455	917	0	2110
6	738	454	917	0	2110

Tabel 3-8. Aantal verblijfsobjecten binnen hindercontour in bouwfase

Alternatief	Merwede-lijn tram	SUNIJ-lijn / Tram Kanalen-eiland	Tram 22	Bus, A12	Bus, Waterlinie-weg	Bus, USP	Totaal
Ref	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
1	3265	0	0	0	0	0	3265
2	3297	0	0	0	0	0	3297
3	3405	0	0	0	0	0	3405
4	3297	0	0	0	0	0	3297
5	3265	0	0	0	0	0	3265
6	3297	0	0	0	0	0	3297

Tabel 3-9. Aantal gebouwen binnen schadecontour in bouwfase

Alternatief	Merwede-lijn tram	SUNIJ-lijn / Tram Kanalen-eiland	Tram 22	Bus, A12	Bus, Waterlinie-weg	Bus, USP	Totaal
Ref	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
1	54	0	0	0	0	0	54
2	66	0	0	0	0	0	66
3	61	0	0	0	0	0	61
4	66	0	0	0	0	0	66
5	54	0	0	0	0	0	54
6	66	0	0	0	0	0	66

3.2.5 Scoring

In Tabel 3-10 is de scoringsmethodiek voor het onderdeel trillingen opgenomen.

Tabel 3-10. Scoringsmethodiek t.b.v. effectrapportage

Score	Verklaring	Kwalitatief
++	Zeer positieve effecten	Sterke afname
+	Positieve effecten	Beperkte afname
0	Geen of geringe effecten	Geen tot zeer beperkte toe-/afname
-	Negatieve effecten	Beperkte toename
- -	Zeer negatieve effecten	Sterke toename

De volgende aantallen zijn aangehouden in de kwalitatieve beoordeling. De aantallen zijn gekozen zodat er onderscheid zichtbaar is tussen alternatieven.

Tabel 3-11 Beoordelingskader

	Beoordeling hinder	Beoordeling schade	Beoordeling verstoring
Sterkte afname/ toename	>1000 verblijfsobjecten	>50 panden	>5 panden
Beperkte afname /toename	100 – 1000 verblijfsobjecten	10 – 50 panden	1-5 panden
Geen of gering	<100 verblijfsobjecten	<10 panden	0

4 Beoordeling en maatregelen

4.1 Hinder exploitatiefase

De beoordeling van hinder door trillingen voor personen tijdens de exploitatiefase staat in Tabel 4-1. De 6 alternatieven scoren allen negatief. De hinder van trillingen neemt toe doordat er ten opzichte van de referentiesituatie gehinderden bij komen langs de nieuwe traminfrastructuur. De toename van hinder treedt in alle alternatieven vooral op langs het nieuwe ondergrondse tracé van de Merwedelijn. De meeste verblijfsobjecten binnen de contour bevinden zich in de omgeving van de Jaarbeursboulevard. Verder zijn er langs de Overste den Oudenlaan en Europalaan woningen die binnen de contour liggen.

Langs Tram 22 treedt – in de alternatieven 1 tot en met 4 - een toename van het aantal verblijfsobjecten vooral op tussen het centraal station en de Bleekstraat. Dit is een gevolg van de intensiteitstoename.

Tabel 4-1 Beoordeling hinder tijdens de exploitatiefase

Alternatief	Beoordeling hinder exploitatiefase
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-

4.2 Schade en hinder in de bouwfase

De beoordeling van schade en hinder in de bouwfase is opgenomen in Tabel 4-2. Alle alternatieven scoren zeer negatief. Dit komt hoofdzakelijk door de aanleg van de cut-and-cover tunnel, waarvoor damwanden worden ingebracht. In de alternatieven 2, 4 en 6 is het aantal panden met kans op schade het grootst doordat de Merwedelijn hier over de grootste lengte ondergronds is. In alternatief 3 is er het grootste aantal personen met hinder, vanwege de aanleg van de nieuwe brug over het Amsterdam-Rijnkanaal en nieuwe aangrenzende viaducten in Nieuwegein.

Tabel 4-2 Beoordeling van schade en hinder tijdens de bouwfase

Alternatief	Beoordeling schade bouwfase	Beoordeling hinder bouwfase
1	--	--
2	--	--
3	--	--
4	--	--
5	--	--
6	--	--

5 Conclusie

5.1 Samenvatting resultaten en eindbeoordeling

In Tabel 5-1 zijn de meest effecten samengevat. Alle alternatieven krijgen een gelijkwaardige beoordeling.

Tabel 5-1 Beoordeling hinder tijdens de exploitatiefase

Alternatief	Beoordeling hinder exploitatiefase	Beoordeling schade bouwfase	Beoordeling hinder bouwfase	Eindbeoordeling
1	-	--	--	--
2	-	--	--	--
3	-	--	--	--
4	-	--	--	--
5	-	--	--	--
6	-	--	--	--

Maatregelen in de exploitatiefase

De toename van hinder tijdens de exploitatiefase hangt vooral samen met hinder van laagfrequent langs de nieuwe tunnel en verdiepte ligging van de Merwedelijn. Laagfrequent geluid hangt samen met relatief hoogfrequente trillingen (>20 Hz). Er is een aantal opties om deze hinder te mitigeren:

- Aanpassingen in de bovenbouwconstructie van de tramlijn, zoals (in oplopende volgorde van effectiviteit en kosten):
  - slappe beddingsplaatjes/ slappe loper onder ingegoten spoor
  - undersleeper pads
  - ballastmatten
  - floating slab track
- Afscherming van de tunnel van de omgeving door een laag van slap materiaal aan de buitenzijde van de tunnel, bijvoorbeeld rubber.

Met deze maatregelen is de hinder langs de Merwedelijn voor een groot deel te mitigeren. In de alternatieven 1 tot en met 4 blijft er langs het tracé van tram 22 richting het USP een toename van hinder bestaan door de intensiteitsverhoging.

Maatregelen in de bouwfase

De hinder en kans op schade in de bouwfase treedt vooral op door het intrillen van damwanden voor de tunnel en verdiepte ligging van de Merwedelijn. Er zijn verschillende opties om de trillingen die hierbij ontstaan te beperken.

- Het voorboren van de damwanden
- Fluïderen tijdens het intrillen
- Damwanden drukken in plaats van trillen
- Het toepassen van diepwanden, jetgroutwanden of Mixed-In-Place wanden in plaats van damwanden

Bij de aanleg van bruggen en viaducten treedt hinder en de kans op schade vooral op bij het inheien van funderingspalen. Mogelijke maatregelen om de trillingen hierbij te beperken zijn:

- Het toepassen van een alternatief paalsysteem, zoals geboorde palen of schroefpalen.

Met deze maatregelen is het mogelijk om de schade aan gebouwen door trillingen grotendeels weg te nemen, en verandert de beoordeling van hinder en schade tijdens de bouwfase van zeer negatief naar negatief of neutraal.

Daarnaast is het monitoren van trillingen tijdens de bouwfase een beheersmaatregel. Als streef- of grenswaarden overschreden dreigen te worden, kan er tijdig worden ingegrepen.

6 Leemten in kennis

Van bepaalde fauna is bekend dat die gevoelig is voor trillingen. Denk hierbij aan reptielen, amfibieën en vissen. Op het gebied van de beoordeling is er echter een leemte in kennis. Er is hiervoor geen beoordelingskader, en de dosis-effectrelaties zijn niet bekend. Met deze leemte in kennis is de afweging van de alternatieven en het nemen van een besluit nog steeds mogelijk.

Colofon

Opdrachtgever	U Ned
Uitgave	Mott MacDonald & Movares
Ondertekenaar	Willem Snel
Projectteam	Wybo Gardien, Stef Brauers
Projectnummer	M0007542 / MM207100372
Versie	4.0
Datum	13-03-2026

© 2026, Movares Nederland B.V., Mott MacDonald B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V. en Mott MacDonald B.V.