

PHS METEREN-BOXTEL

Achtergrondrapportage Trillingen - deel 3: Maatregelenafweging

9 MAART 2020

DEFINITIEF

084063559 A



Contactpersoon

P. Schouten
Adviseur Geotechniek en
Trillingen

T +31 (0)6 2706 1378
E peter.schouten@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	7
1.1	Projectomschrijving	7
1.1.1	Studiegebied spoor	7
1.1.2	Plangebied	7
1.1.3	Deelgebied 1: Zuidwestboog Meteren	9
1.1.4	Deelgebied 2: Meteren - 's-Hertogenbosch	9
1.1.5	Deelgebied 3: 's-Hertogenbosch – Vught	9
1.1.6	Deelgebied 4: Vught – Boxtel	11
1.1.7	Studiegebied trillingen	11
1.1.8	Studiegebied laagfrequent geluid	13
1.2	Rapportages trillingen en positionering van van dit rapport	14
1.3	Leeswijzer	16
2	ONDERZOEKSMETHODIEK	17
2.1	Algemene opzet	17
2.2	Clustering van afwegingspanden	17
2.3	Methodiek van maatregelen afweging	18
2.4	Beschrijving vervolgstappen per cluster	18
3	ALGEMENE BEOORDELING MAATREGELEN	22
3.1	Bronmaatregelen	22
3.2	Maatregel in de overdracht	23
3.3	Maatregel bij ontvanger	24
3.4	Investeringskosten van maatregelen	25
3.5	Eerste selectie van maatregelen	26
4	AFWEGING ZUIDWESTBOOG	27
5	AFWEGING WAARDENBURG – ‘S HERTOGENBOSCH	28
5.1	Deelgebied Waardenburg – Hedel	28
5.1.1	Knelpunten analyse	28

5.1.2	Clustering van afwegingspanden	28
5.1.3	Doelmatigheidsafweging van maatregelen	29
5.1.4	Samenvattende maatregelafweging	29
5.2	Deelgebied 's-Hertogenbosch	30
5.2.1	Knelpunten analyse	30
5.2.2	Clustering van afwegingspanden	30
5.2.3	Selectie van effectieve maatregelen	32
5.2.4	Nadere afweging per cluster	32
5.2.4.1	Cluster Sint Lucasstraat	32
5.2.4.2	Cluster Sint Maartenstraat	35
5.2.4.3	Cluster Veemarktweg	37
5.2.4.4	Cluster Peellandstraat	38
5.2.4.5	Combinatie clusters oostzijde	41
5.2.4.6	Cluster Orthen	41
5.2.4.7	Cluster Parallelweg	43
5.2.4.8	Cluster Celsiusstraat	45
5.2.4.9	Combinatie clusters westzijde	48
5.3	Samenvattende maatregelenafweging plansituatie	49
6	RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT PLANSITUATIE	51
6.1	Knelpunten analyse	51
6.2	Clustering van afwegingspanden	51
6.3	Selectie van effectieve maatregelen	53
6.4	Nadere afweging per cluster	53
6.4.1	Cluster Isabellastraat	53
6.4.2	Cluster Molenvenseweg Noord	57
6.4.3	Cluster Molenvenseweg Zuid	60
6.4.4	Cluster Pieter Bruegellaan	63
6.4.5	Cluster Rembrandterf	66
6.4.6	Cluster Rembrandtlaan	68
6.4.7	Cluster Helvoirtseweg	71
6.4.8	Cluster Spoorlaan Noord	71
6.4.9	Cluster Spoorlaan Zuid	71
6.4.10	Cluster de Schakel	74
6.4.11	Combinatie clusters oostzijde	74
6.4.12	Cluster Aert Heymlaan	75
6.4.13	Cluster Van Miertstraat	76
6.4.14	Combinatie clusters westzijde	78
6.4.15	Combinatie clusters oost- en westzijde	78

6.5	Samenvattende maatregelenafweging plansituatie	79
6.6	Involed op overige omgevingsfactoren	80
6.6.1	Laagfrequent geluid	80
6.6.2	Geluid	80
7	RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT TIJDELIJKE SITUATIE	81
7.1	Knelpunten analyse	81
7.2	Clustering van afwegingspanden	82
7.3	Selectie van effectieve maatregelen	84
7.4	Doelmatigheidsafweging	85
7.4.1	Cluster Margrietlaan	85
7.4.2	Cluster Aert Heymlaan Noord	85
7.4.3	Cluster Nieuwe Heikantstraat	86
7.4.4	Cluster Aert Heymlaan Zuid	87
7.4.5	Cluster Helvoirtseweg	88
7.4.6	Cluster Versterplein	89
7.4.7	Cluster Van Miertstraat	89
7.4.8	Cluster Esschestraat	90
7.4.9	Cluster Bestevaer	91
7.4.10	Cluster Ouwkerklaan	91
7.4.11	Cluster Industrieweg	92
7.5	Samenvattende maatregelenafweging	93
8	RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT - BOXTEL	94
8.1	Knelpuntenanalyse	94
8.2	Clustering van afwegingspanden	94
8.3	Selectie van effectieve maatregelen	96
8.4	Doelmatigheidsafweging	96
8.4.1	Cluster Van Salmstraat	96
8.4.2	Cluster Brugstraat	97
8.4.3	Cluster Spoorstraat	98
8.5	Samenvattende maatregelenafweging	98
9	BOVENWETTELIJKE MAATREGELEN VUGHT NOORD	99
9.1	Inleiding	99
9.2	Effect van maatregelen	100
10	REFERENTIES	102

BIJLAGE A: BESCHRIJVING VAN TRILLINGSREDUCERENDE MAATREGELEN	103
BIJLAGE B: KOSTENANALYSE VAN MAATREGELEN	114
BIJLAGE C: MAATREGELEN AFWEGING WAARDENBURG -‘S- HERTOGENBOSCH	128
BIJLAGE D: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT PLANFASE	138
BIJLAGE E: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT UITVOERINGSFASE	151
BIJLAGE F: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT-BOXTEL	164
BIJLAGE G: OVERZICHT MAATREGELENAFWEGING	167
BIJLAGE H: OVERZICHT HET INVLOED VAN MAATREGELENSETS OP VMAX EN VPER	170

1 INLEIDING

1.1 Projectomschrijving

Voorliggend document beschrijft de resultaten van het deelonderzoek Trillingen ten behoeve van het Tracébesluit (hierna: TB) Programma Hoogfrequent Spoorvervoer Meteren – Boxtel. Het project PHS Meteren - Boxtel is onderdeel van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS). Doel van PHS is om op de drukste trajecten van het landelijk spoornetwerk te komen tot hoogfrequent spoorvervoer en een toekomstvaste routing van het goederenvervoer met zo intensief mogelijk gebruik van de Betuweroute. Uitgangspunt van PHS is dat op de drukste trajecten reizigers uiterlijk in 2028 elke 10 minuten moeten kunnen opstappen op een intercity of een sprinter.

In het project PHS Meteren – Boxtel wordt daartoe een 4e spoor tussen 's-Hertogenbosch en Vught aansluiting inclusief een vrije kruising ter plaatse van Vught aansluiting gerealiseerd. Tevens wordt een verbindingsboog tussen de Betuweroute en de spoorlijn Utrecht – 's-Hertogenbosch bij Meteren gerealiseerd. De verbindingsboog veroorzaakt een toename van het aantal goederentreinen tussen Meteren en Boxtel.

Als gevolg van de fysieke ingreep in Vught, waarbij onder meer huidige belemmeringen op doorgaande sporen worden weggenomen, zal er een lokale verhoging van de rijnsnelheid optreden. De toename van het aantal reizigerstreinen is geen gevolg van het project PHS Meteren-Boxtel omdat deze voorafgaand aan het project al is opgetreden in de aanloop naar PHS. Deze toename is wel opgenomen in de trillingenanalyse.

1.1.1 Studiegebied spoor

Het studiegebied omvat het gebied waar de effecten onderzocht worden als gevolg van de uitbreidingen van de spoorweginfra. Concreet zijn dit de effecten op de Betuweroute nabij Meteren en de effecten op het spoorwegtracé tussen Meteren en Boxtel. In Boxtel wordt het studiegebied bepaald door het gewijzigde spoorgebruik van de goederentreinen.

Het studiegebied omvat de volgende tracéaanduiding:

- Betuweroute: tussen km 44.0 en 47.0
- Spoor Utrecht – Eindhoven: tussen km 28.5 en km 43.5

Het studiegebied is opgedeeld in vier deelgebieden, te weten:

1. Zuidwestboog Meteren (aansluiting Betuweroute tot circa km 32.000, eerste plangebied);
2. Meteren - 's-Hertogenbosch (van circa km 32.000 t/m km 48.500);
3. 's-Hertogenbosch - Vught (van circa km 48.500 t/m km 55.000, tweede plangebied)
4. Vught – Boxtel (van circa km 55.000 t/m km 43.500 (spoor Boxtel-Eindhoven)).

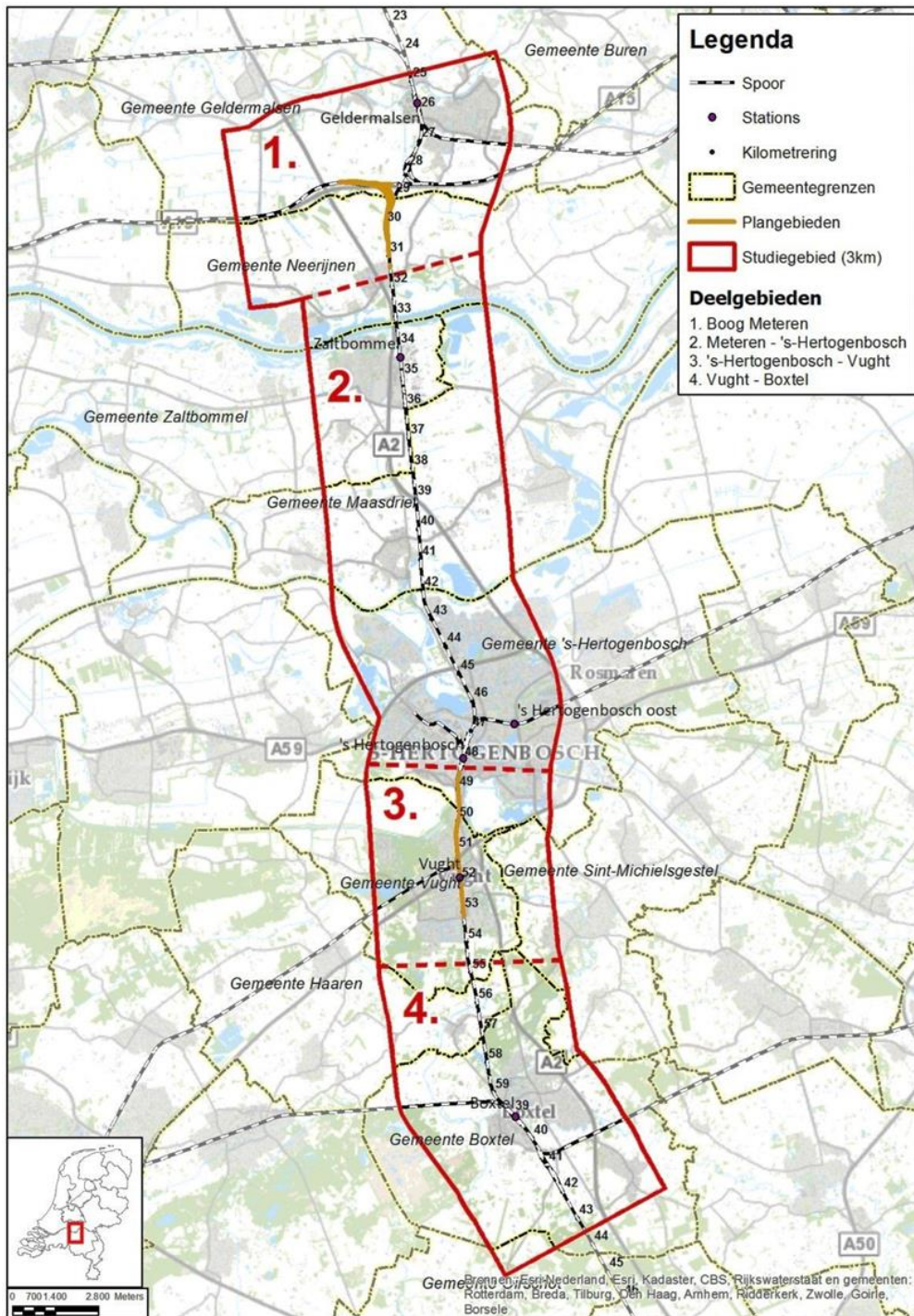
Deze deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 1 (rood omlijnd met onderbroken strepen als begrenzen van de onderlinge deelgebieden).

1.1.2 Plangebied

De plangebieden voor het project PHS Meteren - Boxtel betreffen de twee locaties waar een fysieke ingreep in de spoorweginfrastructuur wordt uitgevoerd, namelijk:

- a. de zuidwestboog bij Meteren; en
- b. de viersporigheid tussen 's-Hertogenbosch en Vught aansluiting, en de vrije kruising bij Vught, inclusief een verdiepte ligging van het spoor door Vught.

De omvang van de plangebieden wordt bepaald door de ruimte die nodig is om de verbindingsboog bij Meteren, de uitbreiding van het spoor tussen 's-Hertogenbosch en Vught en de verdiepte ligging in Vught te realiseren. De plangebieden zijn ook weergegeven in navolgende figuur met een oranje lijn.



Figuur 1 Studiegebied Meteren - Boxtel: Plangebieden en deelgebieden.

In het studiegebied is gewerkt in de volgende twee stappen:

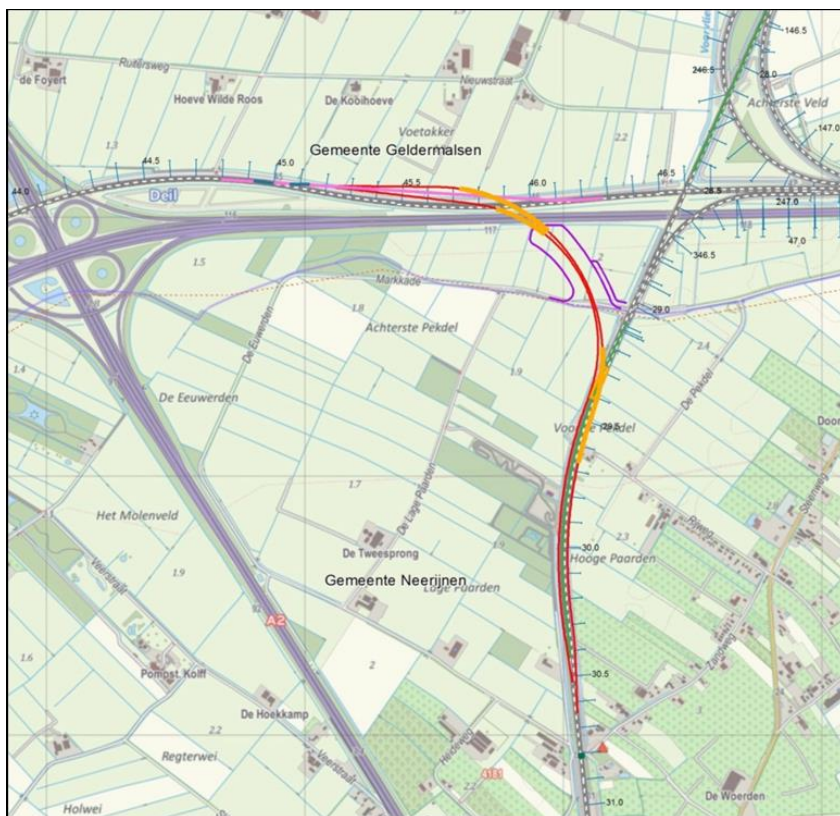
1. Inventarisatie afstand van de bebouwing tot aan het bestaande spoor.
2. Alle gebieden met bebouwing zoals in ref [2] vastgesteld zijn opgenomen in het trillingenmodel en beoordeeld conform Bts.

In het kader van het TB worden niet alleen de genoemde delen van het plangebied onderzocht maar wordt het gehele traject Meteren-Boxtel op het aspect trillingen beschouwd. In de overige gebieden is uitsluitend het gewijzigd spoorgebruik aan de orde. In de drie delen van het voorliggende achtergrondrapport is het gehele studiegebied (zie onderstaande paragraaf 1.1.7) beschouwd.

1.1.3 Deelgebied 1: Zuidwestboog Meteren

De aanleg van deze nieuwe verbindingsboog heeft een toename van het goederenverkeer tussen Meteren en Boxtel tot gevolg.

Op 17 juni 2014 heeft de staatssecretaris van IenM besloten om voor het tracédeel zuidwestboog Meteren variant V2 Hoog nader uit te werken en te onderzoeken in het op te stellen MER en TB. In dit ontwerp wordt de boog gerealiseerd door middel van fly-overs. Het buitenste spoor van de boog kruist door middel van twee fly-overs de Betuweroute, rijksweg A15 en de spoorlijn Utrecht – 's-Hertogenbosch. Op de plaatsen tussen de fly-overs, waar geen infrastructuur wordt gekruist, wordt de boog op hoogte gehouden door middel van zandlichamen. De binnenboog kruist de rijksweg A15 met behulp van één fly-over. Om de aansluiting mogelijk te maken dient, naast de aanleg van de nieuwe verbindingsbogen, de Betuweroute ter plaatse van de aansluiting over een lengte van circa 1.200 m (circa km 45.0 - 46.2) in noordelijke richting verlegd te worden. In onderstaande figuur zijn de wijzigingen weergegeven.



Figuur 2 Situatieschets Zuidwestboog Meteren.

1.1.4 Deelgebied 2: Meteren - 's-Hertogenbosch

Op het traject binnen deelgebied 2 tussen Meteren en station 's-Hertogenbosch (van circa km 32.000 t/m km 48.500) worden geen fysieke wijzigingen aan de sporen doorgevoerd. Wel zal er als gevolg van de aanleg van de verbindingsboog voorliggend project op dit trajectdeel een intensiteitstoename van het goederenverkeer plaatsvinden. In dit deelgebied worden wel ingrepen verwacht in de omgeving van het spoor in de vorm van mitigerende en/of compenserende maatregelen.

1.1.5 Deelgebied 3: 's-Hertogenbosch – Vught

Voor deelgebied 3 is door de staatssecretaris van IenM op 17 juni 2014 besloten om de variant V3 nader uit te werken in een MER en een TB. Het voornemen bevat de volgende onderdelen:

1. Van drie naar vier sporen tussen 's-Hertogenbosch en aansluiting Vught en het realiseren van een ongelijkvloerse kruising op de aansluiting Vught, zodat treinen niet langer op elkaar hoeven te wachten;
2. Met het oog op een vermindering van de omgevingseffecten wordt sporen van en naar Eindhoven tussen de N65 en de Molenstraat verdiept aangelegd.

De verdiepte ligging heeft een lengte van circa 1.610 meter¹. Het verdiept gelegen spoor ligt 2 tot 5 meter oostelijker van de huidige spoorbaan. Het verdiept liggende spoor wordt zodanig ontworpen dat het profiel van de wegen op maaiveld blijft, zoals in de huidige situatie ook het geval is. De bovenkant van de verdiepte ligging is hierdoor gelijk aan de huidige hoogte van het spoor. Voor de bouw van de verdiepte ligging worden over een lengte van 3,3 km tijdelijke sporen aangelegd aan de westzijde van de huidige spoorbaan. In Figuur 3 is dit gevisualiseerd.

De overweg Loonsebaan wordt vervangen door een onderdoorgang voor langzaam verkeer (fietsers, voetgangers). De overweg Wolfskamerweg/Laagstraat wordt een onderdoorgang voor autoverkeer. De overige kruisingen met het spoor blijven gehandhaafd, maar veranderen van overwegen naar ongelijkvloerse kruisingen (dek over de verdiepte ligging).

In Vught-Noord neemt het totale ruimtebeslag van het spoor toe. Dit komt door de aanleg van een vierde spoor ten oosten van de bestaande sporenbundel en een vrije spoorkruising. Ten noorden van de N65 is de verbreding van de sporenbundel het grootst en bedraagt circa 14 meter. Over de lengte van de verdiepte ligging blijft het spoor op vrijwel dezelfde locatie als het bestaande spoor, met een verschuiving van 3 meter in oostelijke richting.

N65

In de huidige situatie kruist de N65 door middel van een onderdoorgang het op maaiveld liggende spoor. Binnen PHS Meteren-Boxtel worden de sporen 's-Hertogenbosch – Eindhoven verdiept aangelegd in Vught en de N65 juist op maaiveld: de ongelijkvloerse kruising wordt 'omgekeerd'. Omdat deze omkering een direct gevolg is van PHS Meteren-Boxtel, behoren de wijzigingen aan de N65 ook tot de scope van PHS Meteren-Boxtel. Het plangebied voor de N65 loopt grofweg vanaf de kruising met de Randweg (km 3.0) nabij tot de kruising van de N65 met de Helvoirtseweg en J.F. Kennedylaan (km 4.18).

¹ Dit is de lengte van het diepliggende deel van de verdiepte ligging tussen de kruising met het spoor vanuit Tilburg en de kruising met de Molenstraat (dus exclusief toeritten).



Figuur 3 Verdiepte ligging in Vught.

1.1.6 Deelgebied 4: Vught – Boxtel

Op het traject binnen deelgebied 4 tussen Vught en Boxtel (van circa km 55.000 t/m km 43.500 (spoor Boxtel - Eindhoven) worden geen fysieke wijzigingen aan de sporen doorgevoerd. Wel zal er als gevolg van voorliggend project op dit trajectdeel een intensiteitstoename van het goederenverkeer plaatsvinden en een verandering in het sporengebruik tussen aansluiting in Boxtel richting Tilburg/'s-Hertogenbosch en de vrije kruising Liempde.

1.1.7 Studiegebied trillingen

Het te beoordelen traject in de verschillende milieuonderzoeken omvat maximaal het studiegebied rond het spoortracé zoals aangegeven in Figuur 4 en is onderverdeeld in vier deelgebieden:

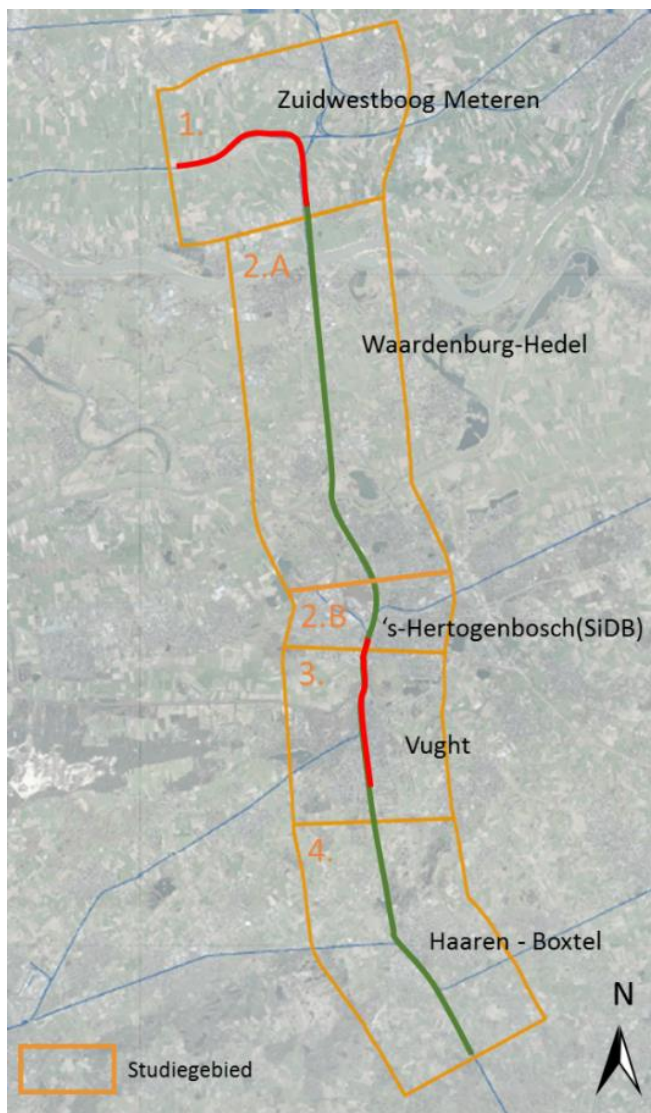
1. Zuidwestboog Meteren
2. Waardenburg – 's-Hertogenbosch
3. Vught
4. Haaren-Boxtel.

De omvang van het studiegebied is afhankelijk van de te verwachten effecten en kan derhalve per milieuaspect verschillen. Het studiegebied voor trillingen betreft het gebied waar ten gevolge van het project PHS Meteren-Boxtel wijzigingen plaatsvinden die de trillingssituatie beïnvloeden. Het gaat hierbij om de fysieke wijzigingen uit het plangebied en de hierdoor veranderende treinaantallen in de omliggende gebieden. Het studiegebied betreft daarmee grofweg het gehele spoor tussen Meteren en Boxtel. Hierbij zijn alle panden zoals in ref [2] vastgesteld beoordeeld. Op grotere afstanden van het spoor wordt de streefwaarde met zekerheid niet overschreden. Gedurende het onderzoek wordt getoetst of de aangenomen studiezone voldoende breed is aangenomen. Zo nodig wordt de zone lopende het onderzoek uitgebreid.

Het studiegebied is opgedeeld in deelgebieden zoals weergegeven in Tabel 1 en Figuur 4. Specifiek voor trillingen is deelgebied 2 opgesplitst in twee subgebieden: Waardenburg - Hedel (2A) en 's-Hertogenbosch (2B). Dit omdat in 's-Hertogenbosch in de periode 2013-2015 een project is uitgevoerd (Tracébesluit Sporen in 's-Hertogenbosch, kortweg TB SiDB) waardoor hier - conform de methodiek van de Bts - een afwijkende referentiesituatie is gehanteerd, namelijk de situatie voorafgaand aan de realisatie van het project TB SiDB. Voor alle andere deelgebieden is de huidige situatie als referentie gehanteerd.

Tabel 1 Indeling en gehanteerde afbakening per deelgebied.

Deelgebied	Trajectdeel	Afbakening deelgebied [km van- km tot]
1	Zuidwestboog Meteren	29,0 – 32,0
2A	Waardenburg - Hedel	32,0 – 45,5
2B	's-Hertogenbosch (SiDB)	45,5 – 48,9
3	Vught	48,9 – 55,0
4	Haaren – Boxtel	55,0 – 43,5



Figuur 4 Studiegebied Meteren – Boxtel: plangebied (rode lijn) en deelgebieden studiegebied.

Studiegebied trillingen tijdelijke situatie

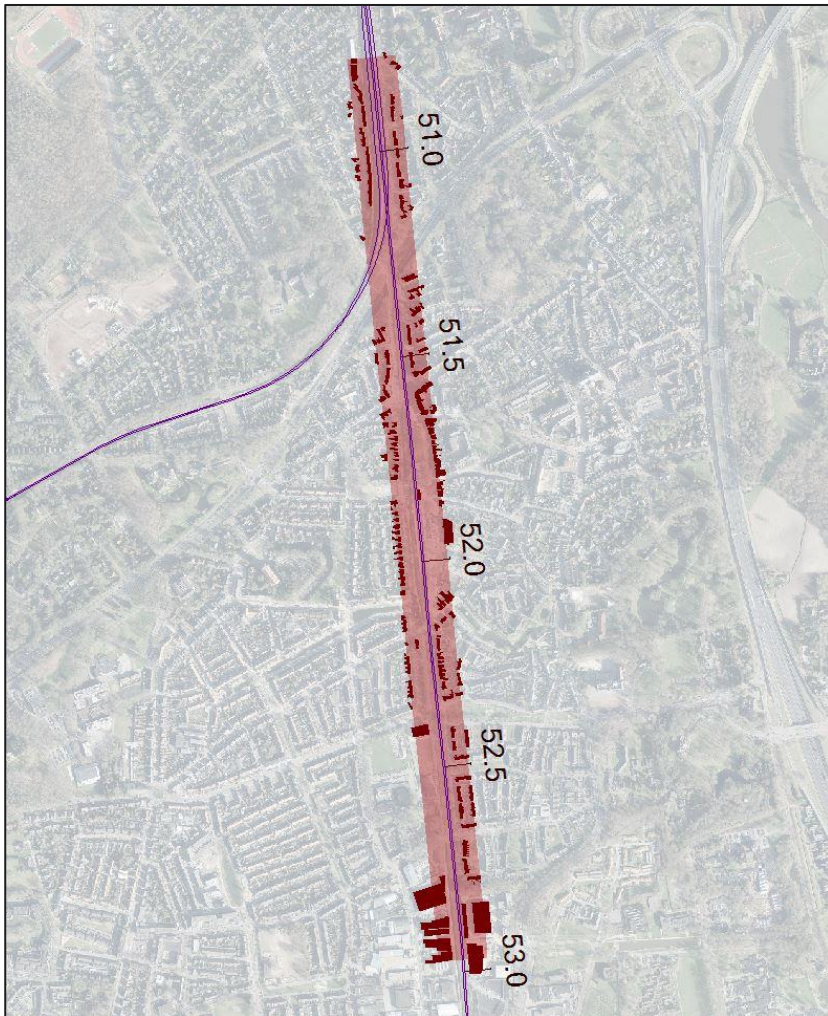
Het studiegebied voor trillingen voor de tijdelijke situatie betreft het gebied waar als gevolg van de bouw van de bakconstructie/verdiepte ligging in Vught een tijdelijk spoor wordt aangelegd. Volgens het ontwerp wordt het spoor in een verdiepte bakconstructie aangelegd van kilometer 50,77 tot 52,97 (circa 2,2 km lengte). De tijdelijke sporen worden aangelegd ten westen van het huidige spoor in Vught tussen km 50.0 en km 53.3. Naar verwachting is het tijdelijk spoor ongeveer 3 tot 3,5 jaar in gebruik, tussen 2020 en 2025. Voor de wijziging/aanleg van de nieuwe sporen in Meteren is het niet nodig tijdelijke sporen aan te leggen. Als studiegebied voor de tijdelijke situatie wordt het gebied gehanteerd ter plaatse van het tijdelijke spoor in Vught met een zone zoals in ref [2] vastgesteld aan weerszijden van het tijdelijke spoortracé.

1.1.8 Studiegebied laagfrequent geluid

Het studiegebied voor laagfrequent geluid is alleen toegepast op het deelgebied waar het spoor beneden maaiveldniveau in een bakconstructie wordt aangelegd (in deelgebied 3 – Vught). Bij het verdiept aanleggen van het spoor in een betonnen bakconstructie, is de kans aanwezig dat er laag frequent geluid ontstaat en tot overlast kan gaan leiden bij dicht bij het spoor aanwezige (woon)bebouwing. Het spoor wordt in een verdiepte bakconstructie aangelegd van kilometer 50,77 tot 52,97 (circa 2,2 km lengte). Voor de overige deelgebieden is de spoorligging op maaiveld en is laagfrequent geluid niet relevant aanwezig. Over de hele lengte (ca. 2,2 km) van de verdiepte ligging/bakconstructie van het spoor wordt een strook van circa 60 m

aan weerszijden van het spoor beschouwd waarbinnen zich mogelijk laagfrequent geluid-problemen voor kunnen doen.

Op basis van een studie aan een vergelijkbare situatie aan de Combitunnel in Nijverdal is de afstand van 60 m gehanteerd. Binnen het gedefinieerde gebied zijn circa 400 panden aanwezig. Een overzicht van het studiegebied en van de aanwezige panden in dit gebied is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 panden aanwezig binnen de voor laagfrequent geluid gevoelige zone (langs de verdiepte ligging Vught)

1.2 Rapportages trillingen en positionering van van dit rapport

Onderdeel van de toelichting op het Tracébesluit is een aantal zelfstandig leesbare onderzoeksrapporten voor verschillende milieuaspecten, die als losse achtergrondrapporten beschikbaar zijn. Het voorliggende rapport betreft één van de drie onderzoeksrapporten die voor het aspect Trillingen ten behoeve van het Tracébesluit (TB) zijn opgesteld.

Relatie met OTB rapportage Trillingen

De rapportage Trillingen is een actualisatie van de vergelijkbare rapportage die ten behoeve van het ontwerp Tracébesluit (OTB) voor het project PHS Meteren - Boxtel is opgesteld. Ten opzichte van de uitgangspunten die in de rapportage ter toelichting van het OTB zijn gehanteerd zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd:

Aanpassingen sporen

Zuidwestboog Meteren:

Aanpassing hoekverhouding wissels (aansluiting op sporen Betuweroute en aansluiting op sporen Utrecht-Den Bosch van de twee nieuwe bogen. (marginale verschillen in ligging spoor)

Den Bosch en Vught:

De volgende wijzigingen in het spoorontwerp zijn verwerkt:

- Lokaal aanpassing ligging nieuwe westelijke spoor tpv kunstwerk Vlijmenseweg / Drongelens kanaal (km 48.7 – 49.0, spoor iets naar buiten toe)
- Ligging alle 4 sporen tussen kw postweg en begin tunnelbak (km 50.1 – 50.8, versmalling spoorbundel)
- Ligging westelijk spoor (spoor naar Tilburg) (km 50.8 – 51.2 / 19.0 – 18.7). Hier is het spoor iets verder van woningen (dichter tegen de bak) aan gelegd en is het spoor in de binnenboog dichter naar spoor buitenboog verplaatst.
- Ligging sporen station Vught (km 51.1-52.3). Hier is het geheel marginaal naar het westen verplaatst en is de spoorbundel net buiten de perrons iets smaller gemaakt.

Bij het herzien van het onderzoek trillingen voor het Tracébesluit is gebleken dat in het model voor berekening van de toekomstige trillingsniveaus in Vught, zoals gepresenteerd in het OTB-rapport, ten onrechte wissels zijn opgenomen.

In de huidige situatie zijn er ter hoogte van km 50.9 - km 51.1 een tweetal wisselcomplexen aanwezig ter plaatse van de in/uittakking naar Tilburg. Dit betreft een wisselcomplex tussen km 50.9 en km 51.0 over de 3 bestaande sporen en een wissel in het westelijke spoor in de uittakking naar Tilburg ter plaatse van km 51.05. Deze wissels vervallen in de toekomstige situatie door de ongelijkvloerse kruising van de sporen. Het rijden door wissels veroorzaakt een verhoogd trillingsniveau in de directe omgeving. Het vervallen van de wissels leidt daarmee tot een lager trillingsniveau dan eerder in de OTB-studie is berekend.

Gegevens bebouwde omgeving

De gegevens van bebouwing in het studiegebied, ontleend aan BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen) die voor het OTB is gehanteerd, is vergeleken met het bestand dat januari 2019 is ontleend aan het register en hierop aangepast. Tevens zijn de bouwplannen geactualiseerd.

Als gevolg van de wijzigingen in spoorligging en bebouwing zijn de analyses voor de onderstaande deeltrajecten in het TB geactualiseerd:

- Van km 45.8 – km 48.6 in verband met de aanpassing van de bebouwing in dit gebied
- Van km 48.6 – km 54.2 in verband met de spooraanpassingen in dit gebied.

De overige aanpassingen aan de sporen zijn niet meegenomen, omdat de geringe aanpassing in combinatie met de grote afstand tot de eerstelijns bebouwing op deze delen niet tot een wijziging leidt, waarbij de trillingsniveaus toename opzichte van de oorspronkelijk bepaalde trillingsniveaus voor de plansituatie.

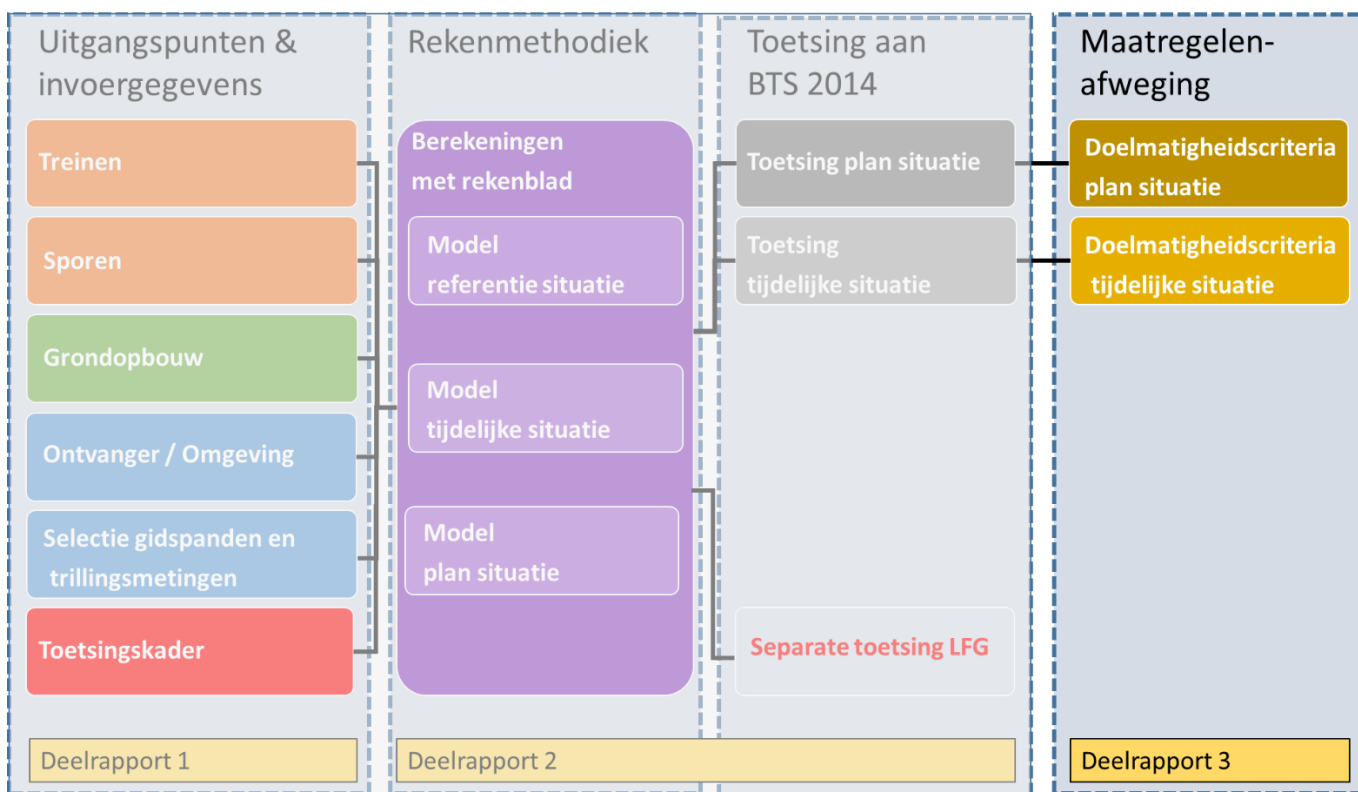
Onderlinge relatie deelrapportages trillingen

In de drie onderzoeksrapporten Trillingen, zijn voor het milieuaspect trillingen de effecten van de aanpassing van de spoorinfrastructuur en het veranderde spoorgebruik beschreven. Voor de locaties waar een overschrijding is van de grenswaarden van V_{max} en V_{per} uit de Bts, is onderzocht in hoeverre trillingsmaatregelen toegepast kunnen worden en zijn de maatregelen afgewogen op doelmatigheid.

Met name vanwege de leesbaarheid van het achtergrondrapport trillingen, is het rapport opgesplitst in een aantal deelrapporten, te weten:

- Deelrapport 1: Rapportage met uitgangspunten inclusief metingen;
- Deelrapport 2: Rapportage modellering referentie-/plansituatie (rekenmethodiek) en toetsing;
- Deelrapport 3: Rapport Maatregelenafweging
- Deelrapport 4: Rapport analyse kans op trillingsschade door trillingen railverkeer

In navolgend schema is voor de deelrapporten 1 t/m 3, die alle betrekking hebben op de hinder-analyse per deelrapport de scope en inhoud van elk deelrapport aangegeven en is de samenhang tussen de drie rapporten weergegeven.



Figuur 6 Schematisch overzicht van de inhoud van de drie deelrapporten trillingen.

In rapport deel 1 zijn de basisgegevens van het trillingsonderzoek beschreven zoals de gehanteerde uitgangspunten voor de trillingsberekeningen en de uitgangspunten ten aanzien van de uitgevoerde trillingsmetingen. Tevens is in dit rapport het juridisch kader weergegeven. In deelrapport 2 is de wijze van modellering voor de referentie- en plansituatie weergegeven, en zijn de berekeningsresultaten getoetst aan de normen uit de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts). In het voorliggende deelrapport 3 wordt nader ingegaan op de afweging van doelmatige trillingsmaatregelen.

1.3 Leeswijzer

In het voorliggende rapport is de maatregelenafweging beschreven die conform Bts is uitgewerkt, op basis van de prognoses vastgelegd in deelrapport 2.

In hoofdstuk 2 wordt de gehanteerde onderzoek en analyse techniek beschreven, en wordt de aanpak van maatregelenafweging per cluster toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de in de beschouwing betrokken trillingsmitigerende maatregelen beschreven en wordt op basis van algemene kenmerken een eerste selectie van potentieel toepasbare maatregelen voor het gehele onderzoeksgebied gemaakt. In de hoofdstukken 4,5,6 en 8 wordt de maatregelafweging voor de plansituatie uitgewerkt voor de deeltrajecten Meteren-Hedel, 's-Hertogenbosch, Vught en Vught-Boxtel. Daarbij wordt in hoofdstuk 6 tevens ingegaan op de invloed van de afgewogen maatregelen in relatie met de laag frequent geluid problematiek. In hoofdstuk 7 is hetzelfde uitgewerkt voor de tijdelijke situatie in Vught. In Hoofdstuk 8 worden de effecten van bovenwettelijke maatregelen in Vught-Noord, die onderdeel zijn van het plan, uitgewerkt.

2 ONDERZOEKSMETHODIEK

2.1 Algemene opzet

In de Bts zijn verschillende waarden opgenomen waarmee de gevolgen van trillingen kunnen worden bepaald (V_{max} en V_{per}). Daarbij geeft V_{max} de maximale trillingssterkte in een ruimte van een woning of bedrijfspand weer. V_{per} geeft de gemiddelde trillingssterkte aan over een bepaalde periode. Voor V_{max} en V_{per} zijn in de Bts grens- en streefwaarden opgenomen. Wanneer deze grenswaarden als gevolg van het project worden overschreden, moet voor de panden waar sprake is van overschrijding van grens- en streefwaarden (zogenaamde afwegingspanden) afgewogen worden of maatregelen getroffen kunnen worden om trillingen zodanig te verminderen dat voldaan wordt aan de grenswaarden uit de Bts. Bij deze afweging worden globaal de volgende stappen doorlopen:

- Om te bepalen welke maatregelen kansrijk zijn, wordt in eerste instantie een algemeen keuzeprocess uitgevoerd van alle mogelijke maatregelen uit de ontwikkelende maatregelencatalogus (ref [3]). Maatregelen die niet effectief zijn of waarvoor geen informatie beschikbaar is over de effectiviteit van de maatregel, vallen af.
- De afwegingspanden worden op basis van een aantal criteria verdeeld in clusters.
- Per afwegingspand in het cluster wordt voor de trillingsniveaus (V_{max} of V_{per}) bepaald wat de benodigde afname in trillingen moet zijn om aan de grenswaarden uit de Bts te voldoen.
- Vervolgens worden per cluster kansrijke maatregelen beschouwd en afgewogen.
- De kansrijke maatregelen die overblijven na de voorgaande analyse, worden per cluster afgewogen. Deze afweging vindt plaats in drie stappen:
 1. De maatregelen worden globaal afgewogen op basis van de criteria effectiviteit en kosten, op basis waarvan een nadere verfijning van de benaming van maatregelen als “kansrijk” of “kansarm” worden verkregen. Eventueel worden de maatregelen daarbij ook mee beoordeeld op de aspecten inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, robuustheid en onderhoudbaarheid (zie paragraaf 2.3). Op basis van deze afweging blijven een aantal voorkeursmaatregelen over.
 2. De voorkeursmaatregelen worden nader verkend door de effectiviteit van de maatregelen te bepalen voor de locatiespecifieke omstandigheden met gebruikmaking van modelberekeningen.
 3. Afweging van de voorkeursmaatregelen (of een combinatie van maatregelen) met behulp van een Multicriteria analyse. Daarbij wordt ook bepaald of het toepassen van de maatregelen doelmatig is vanuit kostenooipunt (wegen de kosten van de maatregel op tegen de opbrengsten). Indien volledige mitigatie niet kostendoelmatig is wordt confoem Bts (art 6, lid 2) bovendien afgewogen of maatregelen waarbij de toename van V_{max} tot 30% wordt beperkt kostendoelmatig zijn. Resultaat is een samenvattende tabel waarin de informatie is opgenomen waarmee een besluit genomen kan worden over de toe te passen maatregelen in het betreffende cluster. Voor aansluitende clusters wordt bovendien nog afgewogen of bij het combineren van clusters een grotere kostendoelmatigheid van maatregelen mogelijk is, dan wel of hiermee nog een grotere effectiviteit is te bereiken.

2.2 Clustering van afwegingspanden

In het projectgebied zijn in totaal 613 afwegingspanden vastgesteld (ref [2]). Voor een afwegingspand geldt dat conform Bts een afweging van maatregelen dient plaats te vinden, waarbij in geval van toepassing van de maatregelen de trillingsniveaus V_{max} of V_{per} zodanig worden gereduceerd dat hiermee wordt voldaan aan de grenswaarden zoals geformuleerd in Bts.

Het projectgebied is verdeeld in een viertal deelgebieden. De inventarisatie van afwegingspanden per deelgebied wordt beschreven in een knelpuntenanalyse. Daaropvolgend worden de panden per deelgebied opgedeeld in clusters. Per cluster is een afzonderlijke nadere analyse uitgevoerd naar de toepasbaarheid van maatregelen. Een cluster is een groep van woningen die profijt heeft van een gezamenlijke voorziening/maatregel. Bij de indeling in clusters zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Een cluster bestaat uit afwegingspanden die ofwel aan de oost- of de westzijde van het spoor liggen.
- De te beschouwen reductie van trillingsniveaus in de afwegingspanden in de eerstelijnsbebouwing binnen het cluster is vergelijkbaar.
- Achterliggende afwegingspanden, dat wil zeggen panden achter de eerstelijns bebouwing zijn toegevoegd aan het cluster, voor zover deze in hetzelfde invloedsgebied liggen van het spoor.

- De clusters zijn zo klein mogelijk gekozen om in een latere fase maatregelen te kunnen combineren. Op deze wijze wordt voorkomen dat woningen ten onrechte niet in aanmerking komen van maatregelen.

Voor een solitair individueel afwegingspand worden, overeenkomstig een cluster, ook maatregelen afgewogen.

2.3 Methodiek van maatregelen afweging

In het kader van de maatregelenafweging worden de volgende aspecten beschouwd:

- Effectiviteit (geschiktheid in het frequentiedomein en de maximale reductie als gevolg van de maatregelen).
- Kosten (indicatieve kostenvergelijking van de maatregelen gepresenteerd in de maatregelencatalogus (ref [3]) met een nadere kostenvergelijking voor de kansrijke maatregelen). De kosten worden beschouwd inclusief 19,75% PEAT en BTW.
- Inpasbaarheid (dit omschrijft de mogelijkheid van de ruimtelijke inpassing met inachtneming van andere functies en waarden in de omgeving).
- Uitvoerbaarheid (de geschiktheid van de maatregel/uitvoeringstechniek om in de gegeven situatie uit te voeren zonder schade en/of hinder).
- Duurzaamheid/onderhoudbaarheid (de mogelijkheid c.q. het risico dat de maatregel gedurende lange periode, in de orde van minimaal 25 jaar, in stand gehouden kan worden dan wel door andere activiteiten, bijvoorbeeld graafwerkzaamheden, zodanig beschadigd kan worden dat hierdoor de functionaliteit aanzienlijk wordt aangetast).
- Robuustheid van de maatregel, waaronder wordt begrepen de opgebouwde ervaring met het toepassen van deze maatregel, hetzij gebaseerd op toepassing in Nederland onder vergelijkbare omstandigheden, ofwel in het buitenland onder vergelijkbare omstandigheden. Voor maatregelen in het spoor geldt dat een aantal maatregelen nog een vrijgave traject bij ProRail moeten doorlopen. Met de toepassing van deze maatregelen wordt terughoudend omgegaan. Daarom scoren deze maatregelen op het aspect "robuustheid" laag.

Een eerste algemene beoordeling van maatregelen is gebaseerd op de beschrijving van maatregelen in de maatregelencatalogus (ref [3]). Dit resulteert in een keuze van een beperkt aantal maatregelen (voorkeursmaatregelen) die op basis van een algemene afweging op bovengenoemde criteria als toepasbaar worden beschouwd, zonder dat de locatie specifieke omstandigheden zijn meegewogen (zie paragraaf 2.4).

De vervolgstappen in de afweging van maatregelen hebben betrekking op het niveau van de clusters, waarbij de volgende stappen worden doorlopen:

1. Een eerste kwalitatieve verkenning van de toepasbaarheid op basis van de locatiespecifieke omstandigheden, eisen en randvoorwaarden. Hieruit worden de voorkeursmaatregelen afgeleid die nader worden onderzocht. Deze afweging vindt op clusterniveau plaats.
2. Een nadere verkenning van de effectiviteit van de voorkeursmaatregelen aan de hand van een modelmatige effectprognose. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zowel de resultaten van model analyses (in dit geval volgens een Eindige Elementen Methode PLAXIS2D modellering) als van Nederlandse en internationale literatuur.
3. Een Multi-criteria analyse van de voorkeursmaatregelen of eventueel maatregelcombinaties, inclusief een kosten vergelijking voor de voorgestelde maatregelen in relatie met het doelmatigheidsbeginsel².

2.4 Beschrijving vervolgstappen per cluster

In de verdere uitwerking worden per cluster de mogelijk geschikte maatregelen, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf, in 3 achtereenvolgende stappen geanalyseerd:

Stap 1: Globale afweging van mogelijke maatregelen

In deze stap wordt een eerste analyse voor elk afzonderlijk cluster uitgevoerd.

² De doelmatigheid van de maatregel is uitgedrukt met een coëfficiënt voor kostendoelmatigheid waarin de gekapitaliseerde opbrengsten vanuit de mitigatie worden gedeeld door de investeringskosten van de maatregel(en) set. Als de coëfficiënt groter dan 1 wordt, dan is de maatregel(en) set doelmatig.

Bij deze beoordeling worden de beoordelingsaspecten “effectiviteit van de maatregel” en “investeringskosten van de maatregel” als primaire kwalitatieve filters gehanteerd.

Zonodig, indien dit onderscheidend is voor de keuze, worden ook de volgende beoordelingsaspecten meegenomen:

- Uitvoerbaarheid van de maatregel.
- De ruimtelijke inpasbaarheid van de maatregel.
- Duurzaamheid/beheerbaarheid.
- Robuustheid van de maatregel

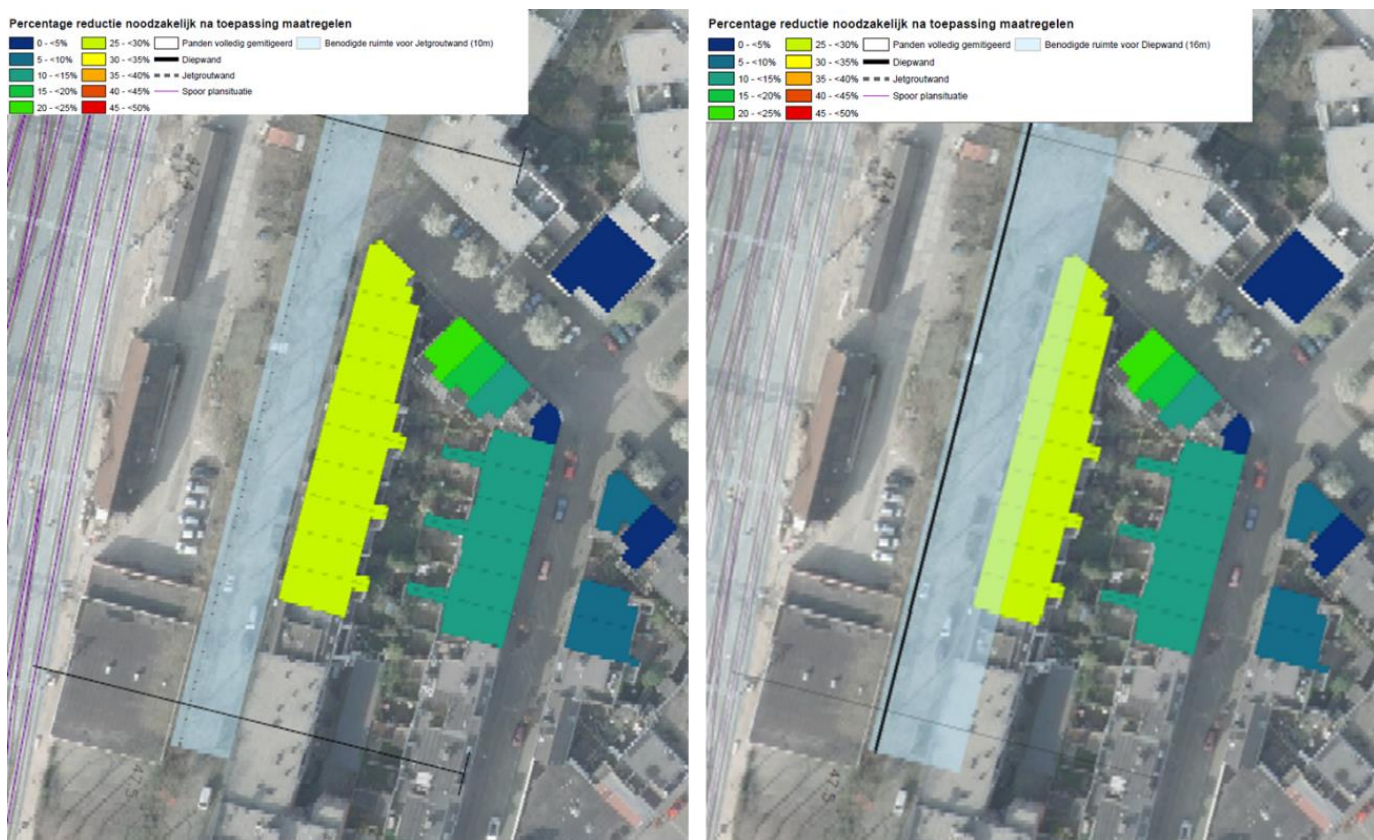
Voor de beoordeling op uitvoerbaarheid van maatregelen buiten de spoorzone is de beschikbare werkruimte relevant, die noodzakelijk is voor het installeren van de maatregel. Dit betreft in hoofdstuk 3 nadere te beschrijven “maatregelen in medium”, zoals “TROC betonwand”.

Hiervoor worden de volgende benodigde werkstrookbreedtes aangehouden:

- TROC betonwand, type diepwand: werkstrookbreedte 16 m
- TROC betonwand, type jetgrout of andere in situ techniek 10 m

Voor andere TROC-oplossingen in stedelijk gebied, zoals de MIP-wand (zie paragraaf 3.2), zal naar verwachting de benodigde werkstrookbreedte ten minste gelijk zijn aan die van de diepwand, tenzij er gebruik kan worden gemaakt van stalen damwanden als wandelement en deze drukkend op diepte kunnen worden gebracht. In dat geval zal de benodigde breedte naar verwachting gelijkwaardig zijn aan die voor jetgroutwanden.

In onderstaande Figuur 7 is als voorbeeld de beschouwde werkstrookbreedte in kaart gebracht voor een locatie in ‘s-Hertogenbosch.



Figuur 7 Toelichting werkstrookbreedte TROC (voorbeeld St Lucasstraat- 's Hertogenbosch): links werkstrookbreedte jet-grout wand (10m), rechts werkstrookbreedte diepwand (16 m)

Stap 2: Nadere verkenning van meest geschikte maatregelen

In deze stap wordt de effectiviteit van de in stap 1 aangemerkte meest geschikte maatregelen verder geanalyseerd. Hierbij wordt op basis van een praktische invulling van de maatregel (in termen van plaats en

afmetingen) op clusterniveau een beoordeling van het effect op de trillingsniveaus ter plaatse van de afwegingspanden bepaald.

Dit wordt uitgedrukt in:

- De gerealiseerde reductie van trillingsniveaus voor het maatgevende afwegingspand (dat is het pand met de hoogste benodigde reductie binnen een cluster) tot het benodigde maximale reductieniveau.
- Het aantal panden waarvoor met de maatregel voldoende mitigatie kan worden gerealiseerd.

Stap 3: Multicriteria-analyse van de na stap 2 geselecteerde maatregelen of daaruit afgeleide maatregel-combinaties, inclusief afweging doelmatigheid.

Op basis van de analyse van de effectiviteit van afzonderlijke maatregelen in stap 2 worden in deze stap een aantal afzonderlijke maatregelen en maatregel-combinaties beschouwd.

Voor de geselecteerde maatregel(en) sets wordt een Multicriteria-analyse uitgevoerd op de aspecten effectiviteit, inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, onderhoudbaarheid, robuustheid, en kosten

In deze Multicriteria-analyse een aantal aspecten nader gekwantificeerd:

- De effectiviteit van de maatregel wordt uitgedrukt in de gerealiseerde maximale trillingsreductie en het aantal panden waarvoor volledige mitigatie wordt gerealiseerd.
- De verhouding tussen V_{max} plansituatie en V_{max} voor referentie situatie is beschouwd met een factor Q . Dus $Q = V_{max}$ plansituatie / V_{max} referentie situatie.
- De kosten worden gekwantificeerd op basis van een aantal basiskentallen, waarvan de onderbouwing is opgenomen in ref [4] (de invloed op de afwegingspanden na toepassing van de maatregelen).
- De kosten doelmatigheid wordt uitgedrukt in de verhoudingsfactor tussen de opbrengsten voor het aantal gemitigeerde panden en de bouwkosten van de maatregelen.

Op basis van een relatieve schaal worden de kansrijke maatregelen voor de overige beschouwde aspecten als volgt gewaardeerd:

++ staat voor "helemaal geschikt"

+ staat voor "geschikt maar niet helemaal"

0 staat voor indifferent of gemiddeld

Omdat niet geschikte maatregelen al in stap 1 afvallen wordt geen negatieve score gehanteerd.

Aan het einde van de afweging wordt een voorkeur van de maatregelen afgeleid, waarbij wederom de bovenstaande schaalverdeling is gebruikt. De totaalscore wordt gebaseerd op de laagste beoordeling voor een aspect. Oftewel; als een maatregel op effectiviteit als "+", wordt beoordeeld maar op de andere aspecten als "++", dan is de totaalbeoordeling een "+".

Voor de beschouwde maatregelen in de clusters zijn de kosten bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- Prijzen op basis van prijspeil 2014.
- Kosten inclusief PEAT3 opslag.
- Er zijn voor de uitvoering van de werkzaamheden geen aanvullende kosten voor het bouwrijp maken voor de specifieke maatregelen.
- Wanneer de mitigerende maatregel "TROC" op meerdere locaties wordt toegepast, kunnen de vaste uitvoeringskosten over een grotere wandlengte worden verdeeld.

De opbrengsten per pand (het richtbedrag) zijn gebaseerd op ref [4]. Hierbij is uitgegaan van prijspeil 2014. Hieruit volgt een waarde van 47.000 euro per woning als geaccepteerde kosten voor maatregelen. Dit betreft dan de kosten zoals vastgelegd in de SSK-raming, de Mu-waarde incl. 19,5 % PEAT kosten, en inclusief btw.

Voor kantoren is in ref [5] een normbedrag per relevante werkplek van € 500,- gehanteerd. Hiervoor is aangehouden dat een werkplek in een kantoor overeenkomt met een bedrijfsoppervlak van 10 m² en dat het

³ PEAT staat voor de engineeringkosten betreffende "Project management, Engineering, Administratie en Toezicht".

gehele pandoppervlak als werkruimte is aan te merken. Dit betekent dat voor de functie kantoren een normbedrag van € 50 per m² kantooroppervlak is gehanteerd.

Voor overige gebruiksfuncties is vooralsnog geen algemene benadering voor de vaststelling van het normbedrag beschikbaar. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten bepaald:

Bijeenkomstruimte, onderwijs en gezondheidszorgfunctie

Voor deze gebruiksfuncties wordt als uitgangspunt de benadering voor kantoren gehanteerd. Dat betekent dat voor deze functies wordt gerekend met een normbedrag van € 50 per m² gebouwoppervlak.

Bedrijfspannd en winkelruimte

Per bedrijfspannd wordt aangenomen dat 10% van het oppervlak van het bedrijfsgebouw de functie “kantoor” heeft. Dit betekent dat voor de functie bedrijf/industrie een normbedrag van € 5 per m² oppervlak bedrijfsgebouw is gehanteerd.

De doelmatigheid van de maatregel is uitgedrukt met een coëfficiënt voor kostendoelmatigheid, op basis van de volgende relatie:

Bij woningen:

Kosten doelmatigheid = $(n \cdot 47.000) / \text{kosten van de maatregel set}$, waar n het aantal woningen is waarvoor de totale benodigde reductie wordt bereikt.

Bij kantoren, bijeenkomstruimten, gezondheidszorg, sportfunctie en onderwijsfunctie en scholen:

Kosten doelmatigheid = $A \cdot 50 / \text{kosten van de maatregel set}$, waarbij A het vloeroppervlak in het gebouw betreft.

Bij bedrijfspannd en winkelruimte:

Kosten doelmatigheid = $A \cdot 5 / \text{kosten van de maatregel set}$, waarbij A het inpandige vloeroppervlak in het bedrijfsgebouw betreft.

Hierin is het maatregelbedrag uitgedrukt in Euro en het bedrijfsoppervlak in m².

Indien een cluster uit een combinatie van panden met verschillende functies bestaat worden de opbrengsten vanuit de diverse functies samengesteld vergeleken met de kosten van de maatregelen-set.

De bovengenoemde totale investeringskosten (inclusief btw en inclusief PEAT-kosten) zijn als basis voor de kostenvergelijking in stap 3 (Multicriteria analyse) gehanteerd.

3 ALGEMENE BEOORDELING MAATREGELLEN

3.1 Bronmaatregelen

De volgende bronmaatregelen zijn beschouwd:

- Ballastmatten
- Verbetering aansluiting bij kunstwerk
- Onderhoud rails
- Onderhoud ballastbed
- Under sleeper pads
- Zettingsvrije plaat
- Betonplaat onder ballastplaat met ballastmat
- LadderTrack
- Wide sleeper track
- Floating slab track
- Spoor voegloos maken
- Wissel verplaatsen
- Betonplaat onder ballastbed met isolatiemateriaal onder dwarsliggers
- Afveren rails met railklemmen op betonplaat
- Geogrid

Een aantal van de bovengenoemde maatregelen maken onderdeel uit van een “standaard” spoorontwerp. Zo worden “ballastmatten” toegepast bij spoor in ballast op een kunstwerk, wordt “een verbetering van de overgang baan-kunstwerk” standaard gerealiseerd middels de toepassing van overgangplaten en wordt het spoor, waar mogelijk, voegloos uitgevoerd. Wissel-locaties zijn in het spoortechnisch ontwerp geoptimaliseerd en zijn daarmee vastgelegd. Daarnaast vindt regulier onderhoud plaats aan rails en ballastbed, waarmee naast handhaving van het comfort van de reiziger, ook de emissie van trillingen naar de omgeving wordt beperkt.

De onderstaande beschouwing van maatregelen heeft betrekking op het effect van toepassing in die situaties die niet “standaard” in het ontwerp zitten, dan wel tot het regulier onderhoud behoren.

De maatregel “Under sleeper pads” is effectief in het frequentiedomein vanaf 25 Hz en 30 Hz. In deze situatie zijn dominante trillingen vanaf 8 Hz aan de orde. Dat betekent dat deze maatregelen niet geschikt zijn om de reductie in het benodigde frequentiedomein afdoende te faciliteren. Hetzelfde is van toepassing op de maatregel “Afveren rails met railklemmen”.

De maatregel “Zettingsvrije plaat”, is in het algemeen een effectieve maatregel, maar heeft alleen wezenlijke meerwaarde ten opzichte van de maatregel “betonplaat” in een situatie waarbij het baanlichaam is aangelegd op een relatief slappe ondergrond, waarbij zetting van de baan een aandachtspunt is in het onderhoud van het spoor. In het gebied ten noorden van ‘s-Hertogenbosch zou deze maatregel beschouwd kunnen worden. Echter, omdat in dat gebied slechts een tweetal (alleenstaande) afwegingspanden zijn geïdentificeerd, valt deze maatregel op grond van kosten af.

In het gebied vanaf en ten zuiden van ‘s-Hertogenbosch is de zettingsvrije plaat niet wezenlijk effectiever dan een betonplaat, terwijl de oplossing, als gevolg van de benodigde funderingspalen, aanzienlijk duurder is dan de betonplaat. Op basis van de genoemde argumenten is de maatregel “Zettingsvrije plaat” aangemerkt als niet kosten efficiënt en is deze niet verder in beschouwing genomen. Op dit gedeelte wordt de maatregel “Betonplaat” als maatregel beschouwd.

De maatregelen “Floating slab track”, “Ladder track” en “Wide sleeper track”, die weliswaar een substantiële trillingsreductie kunnen opleveren, betreffen spoorconstructies die door ProRail niet zijn vrijgegeven voor toepassing in het spoor. Omdat de proceduretijd van het vrijgave traject lang is, is er geen zekerheid dat deze maatregelen ook daadwerkelijk toegepast kunnen worden. Om die redenen zijn deze maatregelen als niet robuust terzijde gelegd en worden deze niet verder meegenomen.

De maatregelen “Betonplaat onder ballastbed met isolatie materiaal onder dwarsliggers”, “Afveren rails met railklemmen op beton plaat”, “Geogrid” zijn niet beschouwd als algemene maatregel in het projectgebied omdat deze maatregelen ofwel geen zekerheid bieden ten aanzien van de te realiseren trillingsreductie ofwel omdat deze praktisch niet inpasbaar in het ontwerp zijn.

Het bovenstaande leidt tot het uitgangspunt dat alleen de optie “Betonplaat onder balastbed met ballastmat” als bronmaatregel wordt beschouwd.

3.2 Maatregel in de overdracht

Tussen spoorconstructie en de ontvanger zijn de volgende type mitigerende maatregelen in de overdracht beschouwd:

- Een ondergronds scherm of sleuf, nader aangeduid als TROC (Trilling Reduceerende Ondergrondse Constructie)
- Trillingscherm in de vorm van L-wand in het talud van de aardebaan;
- Steiler maken spoortalud;
- Spoorsloot/waterpartij.

De TROC's kunnen worden onderscheiden in wanden met grote stijfheid en massa (ten opzichte van de ondergrond) en wanden met een geringe stijfheid.

De eerste groep omvat wanden die worden gerealiseerd met behulp van in-situ ontgravings en/of grondvermengingstechnieken waarbij beton of grout wordt ingebracht en waardoor, na verharding van het wand-mengsel een stijve wand ontstaat.

Voor de TROC's met een grote stijfheid worden uitsluitend de typen “diepwand” en “jet-groutwand” beschouwd, om de volgende redenen:

- Een wand die volgens de “diepwand”-techniek wordt gerealiseerd heeft een grote stijfheid en zal in de aanwezige ondergrond goed te realiseren zijn, als een continue betonwand.
- Een wand op basis van de techniek “jet-grouting” is realiseerbaar in de ondergrond zoals aangetroffen in het projectgebied. Wel zullen de wandafmetingen (wanddikte en diepte) in vergelijking tot een “diepwand” iets groter zijn om dezelfde effectiviteit als een diepwand te kunnen bereiken. Bovendien kan met deze techniek geen goede wand tot aan maaiveld worden gerealiseerd en zal naar verwachting de bovenste 2 m van de wand na een ontgraving in beton moeten worden opgestort op het gedeelte dat middels jet-grouting is geïnstalleerd. Dit hangt samen met de uitvoeringstechniek van jet-grouten, waarbij onder grote druk (tot 50MPa of hoger) de ondergrond wordt versneden en vermengd met grout. Weliswaar is door sturing in werkdruk de uitvoering op geringe diepte mogelijk, maar de kwaliteit van de aldus te realiseren wand is op dit moment nog onvoldoende onderbouwd met praktijkervaringen (incl. trillingsmetingen). Overigens dient de wand in ieder geval over de bovenste meter tot maaiveld te worden afgewerkt met een in het werk te storten deksloof.
- Een wand op basis van een situ graafmethodiek waarbij tijdens het graven de losgegraven grond wordt vermengd met een groutmengsel (bijvoorbeeld volgens CSM of MIP-methodiek). Bij deze techniek wordt een wand verkregen met een aanzienlijk lagere stijfheid dan bij de diepwand methodiek. Via indicatieve berekeningen is vastgesteld dat een wand volgens deze techniek een reducerende werking heeft tot maximaal orde 30%, hetgeen daarmee minder dan de helft is van de effectiviteit van een diepwand met dezelfde afmetingen.

De tweede groep TROC's met lage stijfheid omvat de volgende typen:

- Polystyreenscherm in bodem bij een pand (“EPS-wand”)
- TROC open sleuf in bodem
- TROC open sleuf met keerwanden
- TROC beklede keerwand

De maatregelen van het type TROC met lage stijfheid worden geen van alle geschikt geacht om de volgende redenen:

- De maatregel “TROC-polystyreen in bodem bij woning” (EPS) is niet meegenomen als een algemene maatregel voor het gebied Vught wegens de volgende redenen:
- Onzekerheid over de effectiviteit van de maatregel “EPS” voor dit gebied:
Er zijn grote reducties benodigd in het projectgebied. De effectiviteit van deze maatregel is op basis van indicatieve modelberekeningen bepaald op maximaal 35%. Echter, de modelberekeningen geven aan dat het invloedsgebied van de maatregel achter de wand beperkt is tot enkele meters. Daardoor is het onzeker dat toepassing van de maatregel aan de buitenzijde van de panden voldoende is om volledige mitigatie te realiseren.

- Bij de indicatieve berekeningen is een benodigde schermdiepte van circa 2 m direct naast de fundering van woningen aangehouden. Bij deze diepte kan niet worden uitgesloten dat de wand deels beneden de hoogste grondwaterstand ligt. Hierbij is er risico van opdrijven van de wand.
- Onzekerheid van beheersbaarheid van de maatregel “EPS”:
In de stedelijke gebieden van ‘s-Hertogenbosch, Vught en Boxtel zal toepassing op grote schaal noodzakelijk zijn bij veel afzonderlijke panden. De handhaving van de maatregel, waarbij graafactiviteiten tot beschadiging leiden is lastig. Bovendien is bij toepassing langs aaneengesloten panden met meerdere afzonderlijke eigenaren de afdwingbaarheid van de maatregel waarschijnlijk niet mogelijk waardoor de effectiviteit per afzonderlijk pand niet is te borgen.
- Er is nog onvoldoende ervaring met toepassing, zodat grootschalige toepassing niet is aan te bevelen.
- Op basis van de bovengenoemde argumenten wordt de maatregel “EPS” voor het plangebied niet als een toepasbare maatregel meegenomen:
- De maatregelen “TROC open sleuf in bodem” is niet beschouwd als maatregel in het projectgebied omdat deze maatregelen ofwel geen zekerheid bieden ten aanzien van de te realiseren trillingsreductie, ofwel omdat de inpasbaarheid in omgeving en spoor situatie (‘s-Hertogenbosch, Vught, Boxtel) niet mogelijk is.
- De maatregel “TROC open sleuf met keerwanden” is in theorie effectief maar het garanderen van een duurzame open sleuf in een bebouwde omgeving is niet realistisch, onder meer doordat dit intensief beheer vereist. Daarom is deze maatregel niet verder opgenomen als een algemene maatregel.
- De maatregel “TROC beklede keerwand” is niet opgenomen als een algemene maatregel. Deze maatregel is tot nu toe in de praktijk toegepast en op effectiviteit beoordeeld ofwel in een ondergrondssituatie boven het grondwater niveau ofwel in een situatie waarbij stalen damwanden worden toegepast. Bovendien vereist toepassing van deze techniek een tijdelijke bouwput met een breedte van enkele meters, die tot de diepte waarop de bekleding aangebracht dient te worden moet worden ontgraven. Dit betekent dat lange (stalen) damwanden ingebracht moeten worden. Deze techniek wordt hier niet uitvoerbaar wordt geacht in verband met het grote risico op omgevingsschade bij inbrengen en trekken van de damwanden. Op basis van de genoemde overwegingen wordt de inzet van deze techniek niet als realistisch beschouwd.
- De maatregel “Spoorsloot/waterpartij” is niet meegenomen als een algemene maatregel omdat de reducerende werking van deze maatregel beperkt is en deze maatregel in het stedelijk gebied in zijn algemeenheid slecht is in te passen.

De maatregelen “Trillings scherm L-wand in talud” en “Steiler maken spoortalud”, “Spoorsloot/waterpartij” zijn niet beschouwd als algemene maatregel in het projectgebied omdat deze maatregelen ofwel onvoldoende trillingsreductie leveren.

In Bijlage A zijn de diverse maatregelen in de overdracht schematisch weergegeven.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat alleen de TROC type stijve wand in de uitvoeringsvormen “diepwand”, “jet-grout-wand” en “MIP-wand”, in geval van een reductie van minder dan 30%, nader in de analyse wordt meegenomen als kansrijke mitigerende maatregelen in de overdracht.

3.3 Maatregel bij ontvanger

Een deel van de denkbare maatregelen heeft betrekking op het aanpassen van woningen. Dit betreft de volgende maatregelen:

- Verstijven van (houten) vloeren: door het vervangen van (houten) vloerbalken door bijvoorbeeld stalen balken of het vervangen van houten vloeren door een betonnen vloer wordt gewicht aan de constructie toegevoegd en de stijfheid vergroot. Deze maatregelen zijn doorgaans alleen op de begane grondvloer toepasbaar. Bij toepassing op verdiepingsvloeren zal dit mogelijk gecombineerd moeten worden met het aanpassen van de draagconstructie (wanden).
- Vervangen van niet-dragende binnenwanden door dragende wanden: dit draagt bij tot het verstijven van het pand en daardoor tot een reductie van de trillingen in het pand.
- Verstijving van buitengevels door het aanbrengen van een extra gemetselde wand tegen de gevel heeft naar verwachting een gering effect, omdat de gevel in de meeste gevallen al een stijfheid van betekenis heeft.
- Het vergroten van de stijfheid door het aanbrengen van externe verstijvingen aan het pand (“steunberen”). Omdat dit de beeldkwaliteit van het pand aantast en naar verwachting ook maar een beperkt effect heeft, wordt deze optie niet verder meegenomen.

- Het verzwaren en/of verstijven van de fundering van het pand, bij voorbeeld door het installeren van extra funderingspalen (in geval van een paalfundering) of het aanbrengen van een funderingsplaat onder het gehele pand (bij een op staal gefundeerd pand) kan zeer effectief zijn. Deze maatregel is echter zeer kostbaar.
- Toepassen van een dempende constructie in het pand. Hierbij wordt een verend ondersteund zwaar gewicht in het pand geïnstalleerd. De vergrote massatraagheid en demping karakteristiek van het pand zal de beweging van het pand in theorie verminderen. Deze methodiek is echter voor de meeste panden niet inpasbaar, vanwege het benodigde ruimtebeslag. Bovendien is de methode zeer kostbaar.

De maatregelen “verstijven van vloeren” en “vervangen van niet dragende binenwanden” worden niet als kansrijk gezien omdat de inpasbaarheid in de bestaande bouwkundige constructie complex zal zijn met als gevolg hoge kosten, ingrijpende constructieve aanpassingen aan de panden en daardoor ingrijpende gevolgen voor de bewoners gedurende de uitvoering van de maatregel (waarschijnlijk kunnen bewoners gedurende enige weken geen gebruik maken van het pand). De kosten van deze maatregelen zijn naar verwachting bovendien hoger dan het richtbedrag per pand (zie paragraaf 2.4).

De maatregelen “extra stabiliteitswanden” en “aanbrengen dempende massa” worden vanuit het oogpunt van inpasbaarheid (respectievelijk beeldkwaliteit en ruimtebeslag) niet als realistisch gezien.

Samenvattend worden er bij de ontvanger geen maatregelen beschouwd.

3.4 Investeringskosten van maatregelen

De investeringskosten van maatregelen die als uitgangspunt voor de kostendoelmatigheidsafweging worden gehanteerd, zijn als volgt bepaald:

Bron- en overdrachtsmaatregelen

Voor bron- en overdrachtsmaatregelen is gebruik gemaakt van een eenheidsprijs per strekkende meter maatregel (Mu waarde, inclusief PEAT, inclusief btw).

De eenheidsprijzen zijn ontleend aan een kostenanalyse (op basis van investeringskosten) die is opgesteld voor de meest voorkomende oplossingsituaties in ‘s-Hertogenbosch, Vught en Vught-Boxtel.

Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd dat de maatregel, op een specifieke locatie over een lengte van 100 à 300 m toegepast wordt. De eenheidsprijzen zijn samengevat in Tabel 2 en gebaseerd in de opstelling per maatregel weergegeven in bijlage B.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende situaties:

- Realisatie van (bron)maatregelen ter plaatse van bestaande spoor (“in spoorzone”);
- Realisatie van bronmaatregelen bij een nieuwbouw situatie (“vrije bouw”)
- Realisatie van overdrachtsmaatregelen buiten de spoorzone

Voor de TROC- wanden is de prijs gebaseerd uitgaande van een wandlengte van 100 -300 m.

Tabel 2 Bouwkosten overzicht maatregelen per strekkende meter.

Maatregel [-]	Investeringskosten/m' in spoorzone [€]	Investeringskosten/m' buiten spoorzone/ vrije bouw langs spoor [€]
Betonplaat onder 1 spoor, emplacement	5.800 ⁴	2.800
Betonplaat onder 2 sporen emplacement	9.800	5.700
Betonplaat onder 3 sporen emplacement	13.900	8600
Betonplaat onder 4 sporen	18.000	11.500
Diepwand (10 m diep)		14.200
Diepwand (15 m diep)		17.900
Diepwand (20 m diep)		21.600
Jet-grout wand (13 m diep)		19.600
Jet-grout wand (18 m diep)		24.400
Jet-groutwand (23 m diep)		28.400
MIP-wand (20 m diep)		8.000

3.5 Eerste selectie van maatregelen

In vervolg op de in het voorgaande beschreven algemene beoordeling van maatregelen is een eerste selectie uitgevoerd, waarbij per deelgebied de effectiviteit van de maatregelen nader is beschouwd in relatie tot de beoogde trillingsreductie. In deze verfijningsslag is nader gekeken naar de volgende twee aspecten met betrekking tot effectiviteit:

- Geschiktheid van de maatregel in het frequentiedomein.
- De maximaal realiseerbare reductie door de maatregel.

Voor het aspect frequentiedomein is een vergelijking gemaakt tussen het bereik van de dominante frequenties waarop de maatregelen effect hebben en het bereik van de dominante frequenties zoals vastgesteld bij de trillingsmetingen, die maatgevend zijn voor de diverse deelgebieden. Indien de beide frequentiedomeinen niet overeenstemmen is de effectiviteit gering.

Voor de noodzakelijke reductie is in eerste instantie een vergelijking gemaakt tussen de benodigde reductie (in procenten) en de realiseerbare percentages reductie van de maatregelen volgens de maatregelencatalogus. Omdat op basis van oriënterende modelberekeningen en door ons geraadpleegde literatuur de indruk is ontstaan dat de realiseerbare percentages in de catalogus deels te optimistisch zijn, zijn de uitgangspunten per beschouwde maatregel aangepast. Op basis van de resultaten van deze nadere beoordeling zijn de maatregelen op basis van percentage reductie nader geclassificeerd.

De volgende maatregelen worden in de verdere analyse per deelgebied en binnen deze gebieden weer opgedeeld naar clusters beschouwd:

- Betonplaat onder spoor (bronmaatregel).
- Diepwand (overdrachtmaatregel)
- Jet-groutwand (overdrachtmaatregel).
- MIP-wand (overdrachtmaatregel)

⁴ Dit is inclusief spoorkosten.

4 AFWEGING ZUIDWESTBOOG

In het deelgebied Zuidwestboog vinden alleen fysieke ingrepen aan het spoor plaats ter plaatse van de boog van Meteren. Binnen het invloedsgebied van het spoor is bebouwing aanwezig op minimaal 35 m vanaf het spoor. Bij de bebouwing is echter, zoals beschreven in ref [2], geen overschrijding van streefwaarden bepaald. Een maatregelen afweging is voor dit deel niet aan de orde.

Op basis van de bovengemelde redenen, is er geen maatregelenafweging voor dit gebied uitgevoerd.

5 AFWEGING WAARDENBURG – ‘S HERTOGENBOSCH

5.1 Deelgebied Waardenburg – Hedel

5.1.1 Knelpunten analyse

In het gebied Waardenburg - Hedel is één afwegingspand vastgesteld (zie ref [1]). Bij dit afwegingspand is sprake van een overschrijding van de grenswaarde voor V_{per} . De locatie is weergegeven in Figuur 8.



Legenda

Percentage reductie noodzakelijk (maatgevend V_{max}/V_{per})

0 - <10	50 - <60	— Spoor eindsituatie
10 - <20	60 - <70	
20 - <30	70 - <80	
30 - <40	80 - <90	
40 - <50	90 - <100	

Figuur 8 Locatie afwegingspand deelgebied Waardenburg-Hedel.

Voor dit pand Vlierdseweg 4, Bruchem (bij km 37.8) is een reductie benodigd van 34%.

5.1.2 Clustering van afwegingspanden

Het betreft hier op een locatie een enkel pand. Het volgende cluster wordt onderscheiden:

Tabel 3 Beschrijving cluster Waardenburg – Hedel.

Nr.	Benaming cluster	Omschrijving
1	Cluster Vlierdseweg	Dit cluster bevat één pand. Dit pand ligt aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 37.8.

5.1.3 Doelmatigheidsafweging van maatregelen

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is beoordeeld in hoeverre de kansrijke maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van benodigde reductie), inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, duurzaamheid en robuustheid.

Hierbij zijn de volgende afwegingen gemaakt:

- Het cluster omvat slechts één pand en daarom zijn bronmaatregelen niet kostendoelmatig omdat de investeringskosten aanzienlijk groter zijn dan de opbrengst per pand. Daarom is de bronmaatregel “betonplaat” niet als maatregel voor dit gebied meegenomen.
- De maatregel “verbetering aansluiting kunstwerk” is alleen toepasbaar indien er sprake is van een kunstwerk met sporen over een kunstwerk dat gelegen is bij het cluster. In dit geval is er weliswaar een kunstwerk (overweg) in de omgeving van het pand Vlierdseweg. De afstand van het pand tot de overweg is echter zodanig dat een verbeteringsmaatregel bij de overweg alleen in effect resorteert als de maatregel over een grote lengte vanuit de overweg wordt doorgezet, waarbij overigens naar verwachting onvoldoende mitigatie wordt bereikt. De kosten van deze maatregel zijn aanzienlijk groter dan de opbrengsten.
- De maatregel “TROC” is in het kader van de maatregelafweging afgevallen, omdat de werkruimte tussen pand en spoor voor realisatie van de wand onvoldoende is. Bovendien zijn de investeringskosten van de TROC hoog. Daarom is deze maatregel is niet doelmatig.

5.1.4 Samenvattende maatregelafweging

De maatregelenafweging resulteert in de conclusie dat er voor het gebied Waardenburg – Hedel geen maatregelset is die voldoet aan de gestelde eisen in het kader van de doelmatigheidsafweging. Dit is samengevat in bijlage G.

5.2 Deelgebied 's-Hertogenbosch

5.2.1 Knelpunten analyse

In Figuur 9 zijn de locaties met afwegingspanden zoals bepaald in ref [2], weergegeven.



Figuur 9 Overzicht afwegingspanden deelgebied 's-Hertogenbosch.

In het gebied 's-Hertogenbosch zijn in totaal 487 afwegingspanden vastgesteld (zie ref [2]).

5.2.2 Clustering van afwegingspanden

Het gebied 's-Hertogenbosch is verdeeld in zeven clusters waarin per cluster een afzonderlijke nadere analyse is uitgevoerd naar de toepasbaarheid van maatregelen. De clustering is afgestemd op de ligging van de panden en benodigde reductie van trillingsniveaus. De aangehouden clusters zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Tabel 4 Beschrijving clusters 's-Hertogenbosch Plansituatie.

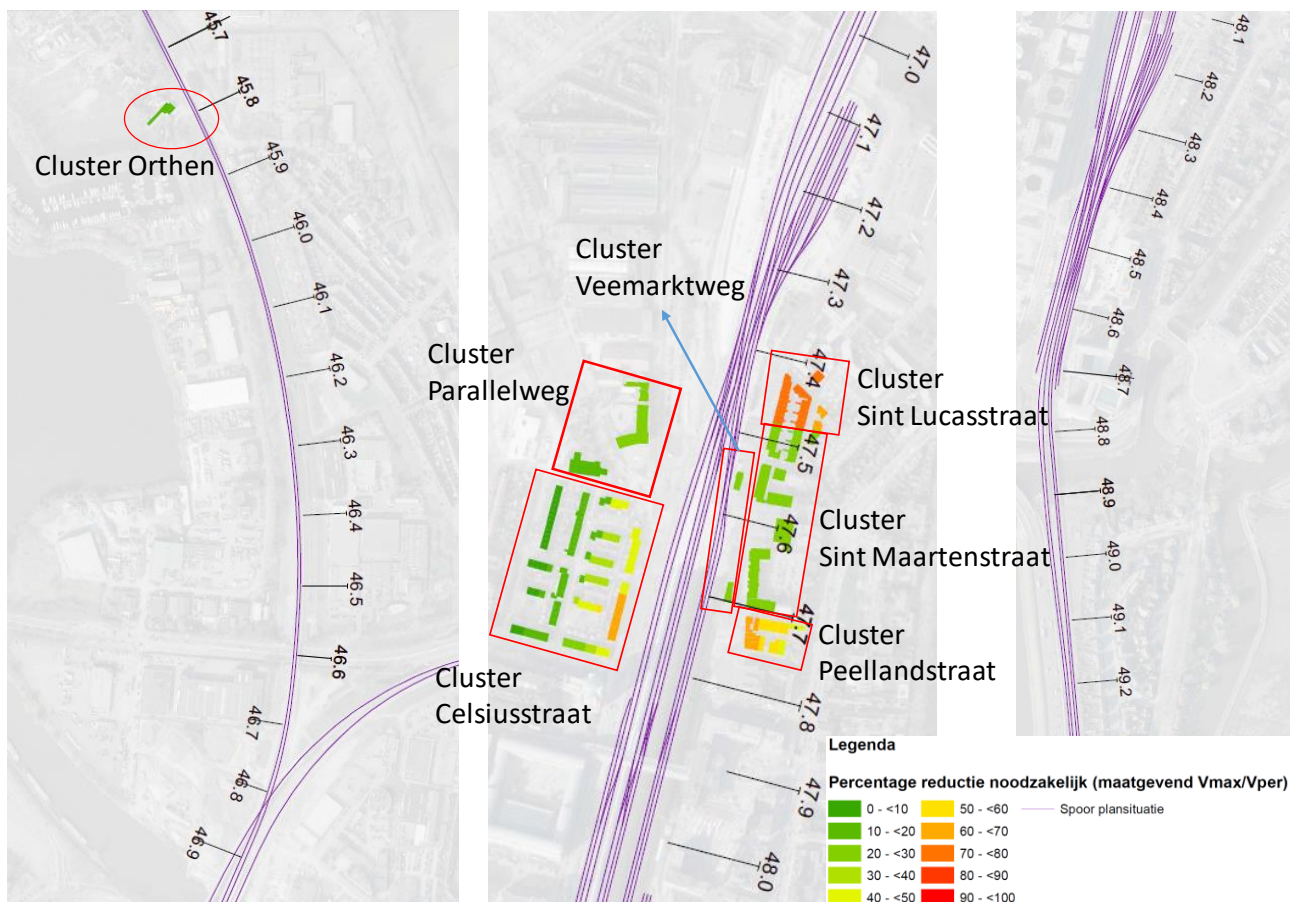
Nr.	Benaming	Omschrijving
1	Cluster Sint Lucasstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,41 tot en met km 47,48
2	Cluster Sint Maartenstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,49 tot en met km 47,70
3	Cluster Veemarktweg	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,49 tot en met km 47,70 echter op korte afstand van het spoor
4	Cluster Peellandstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,71 tot en met km 47,75
5	Cluster Orthen	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 45,78
6	Cluster Parallelweg	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,48 tot en met km 47,59

Nr.	Benaming	Omschrijving
7	Cluster Celsiusstraat	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetering km 47,62 tot en met km 47,80

De ligging van de clusters is weergegeven in de overzichtskaart in Figuur 10.

In Bijlage C zijn detailkaarten van de clusters weergegeven, inclusief de classificatie van de afwegingspanden op basis van de benodigde trillingsreductie.

In Tabel 5 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (Vmax en Vper) weergegeven.



Figuur 10 Overzicht clusters 's Hertogenbosch.

Tabel 5 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging 's-Hertogenbosch.

Nr.	Benaming cluster	Aantal afwegingspanden/wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m ²)	Vloeroppervlakte per categorie (m ²)	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Sint Lucasstraat	55/55	N.v.t.	N.v.t.	79%	11%
2	Cluster Sint Maartenstraat	178/178	N.v.t.	N.v.t.	23%	2%
3	Cluster Veemarktweg	2/0	449	Kantoorfunctie: 215 Bijeenkomst ruimte: 234	23%	0%
4	Cluster Peellandstraat	53/53	N.v.t.	N.v.t.	64%	0%
5	Cluster Orthen	2/2	N.v.t.	N.v.t.	0%	16%
6	Cluster Parallelweg	8/8	4610	N.v.t.	29%	0%

Nr.	Benaming cluster	Aantal afwegingspanden/ wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m ²)	Vloeroppervlakte per categorie (m ²)	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
7	Cluster Celsiusstraat	195/195	N.v.t.	N.v.t.	64%	15%

5.2.3 Selectie van effectieve maatregelen

De maatregelen die op basis van de algemene analyse als potentieel toepasbaar zijn aangemerkt voor de verschillende clusters in het gebied 's-Hertogenbosch zijn samengevat in Tabel 6.

Tabel 6 Samenvatting van de nader te overwegen trillingsmitigerende maatregelen

Locatie	Aan de bron	In de overdracht	Bij ontvanger
's-Hertogenbosch	Betonplaat onder ballastbed met ballastmat	TROC-betonscherm in bodem	n.v.t.

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is per cluster beoordeeld in hoeverre de in bovenstaande tabel genoemde maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van beoogde reductie), kosten, uitvoerbaarheid en inpasbaarheid.

Hierbij wordt de volgende katekening gemaakt:

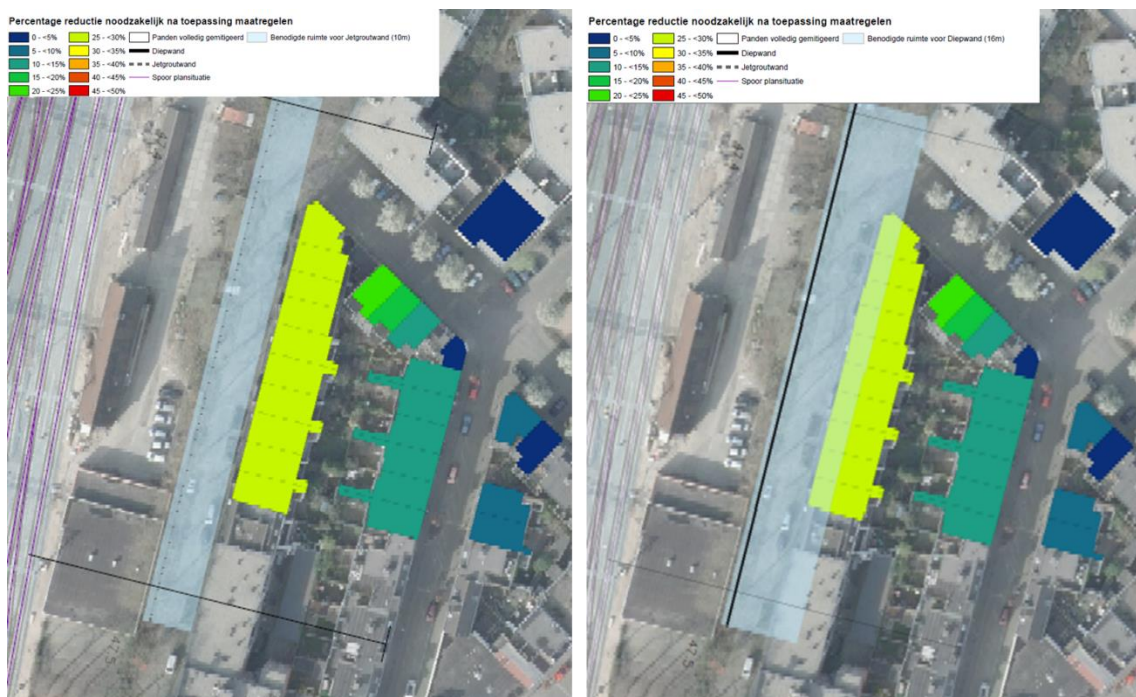
- Voor het gebied 's-Hertogenbosch zijn er 6 clusters (uit 7 clusters in totaal) gelegen ter hoogte van het emplacement 's Hertogenbosch. Bij keuze voor maatregelen aan de bron, zullen deze bronmaatregelen onder meerdere sporen (naar verwachting bij meer dan 5 stuks per cluster en plaatselijk onder alle sporen) nodig zijn om voldoende trillingsmitigatie bij de afwegingspanden te realiseren. Het realiseren van deze maatregelen op het emplacement 's-Hertogenbosch is zowel ontwerptechnisch en uitvoeringstechnisch zeer complex en is daardoor extreem kostbaar en is daardoor niet kostendoelmatig. Om deze reden worden bronmaatregelen niet als zeer realistisch beschouwd voor de clusters langs het emplacement 's-Hertogenbosch, te weten voor de clusters Boschveldweg, Sint Lucastraat, Sint Maartenstraat, Veemarktweg, Peellandstraat, Parallelweg en Celsiusstraat. Dit betekent dat de maatregel "Betonplaat" uitsluitend bij het cluster Orthen wordt beschouwd. Ter plaatse van het emplacement wordt de maatregel "TROC" beschouwd.

5.2.4 Nadere afweging per cluster

5.2.4.1 Cluster Sint Lucasstraat

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel TROC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. De toepasbaarheid van een diepwand scoort negatief omdat de beschikbare werkruimte niet over de gehele lengte beschikbaar is. Een jet-groutwand is wel uitvoerbaar binnen de beschikbare ruimte.



Figuur 11 Benodigde werkruimte TROC, locatie Sint Lucasstraat (links “jet-groutwand, rechts “diepwand”).

Op basis van het voorgaande wordt voor dit cluster, de maatregel “TROC” als toepasbaar nader beoordeeld. Daarbij wordt uitsluitend de variant “jet-groutwand” nader onderzocht.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat samengevat van de nadere verkenning van de in de vorige stap geformuleerde voorkeursmaatregelen.

Er zijn een drietal maatregelvarianten “TROC” beschouwd van het type jet-groutwand”. Het verschil tussen de varianten per type is de toenemende diepte van de wand. Voor de jet-groutwand is een dikte van 1,5 m aangehouden.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 7

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Boschveldweg 349. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken.

Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 7 Verkenning van oplossingen Cluster Sint Lucasstraat.

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC circa 20 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	79	47	32	0	0

TROC circa 20 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	79	49	31	0	0
TROC circa 20 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	79	52	27	14	8

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel “TROC” bij Cluster Sint Lucasstraat weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel “TROC” varieert op basis van de diepte van de wand.
- Zoals weergegeven in *Tabel 7* neemt de effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren toe bij grotere diepte van de TROC tot een diepte van 23 m voor de jet-groutwand.
- In geen van de berekende gevallen is volledige mitigatie te realiseren. De oorzaak hiervan is de vereiste zeer hoge reductie van trillingsniveaus.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregelsets

Voor Cluster Sint Lucasstraat worden de onderstaande maatregelensets nader geanalyseerd:

- Maatregel set 1: De maatregel Jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m dikte
- Maatregel set 2: De maatregel Jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte

De maatregel TROC dient in alle gevallen over een lengte van 140 m langs het spoor te worden toegepast om voor het gehele cluster in effect te resulteren (zie bijlage C).

De wand is aangenomen op een afstand van circa 25 m vanuit het spoor en op circa 8 m vanuit de eerstelijns bebouwing. Deze locatie wordt bepaald door de aanwezigheid van bebouwing langs het spoor, waardoor plaatsing dicht bij het spoor niet mogelijk is. De TROC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de TROC. Om deze reden scoort de maatregel een “0” op inpasbaarheid.

Tabel 8 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Sint Lucasstraat.

Criterium	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 2: 18m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	0	15
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 55)	8 (van 55)
Additionele max reductie benodigd [%]	32	29
Vmax (Q) voor maatregelen	1,881 (1,46)	1,881 (1,46)
Vmax (Q) na maatregelen	1.004 (0,78)	0,944 (0,73)
Inpasbaarheid	0	0
Uitvoerbaarheid	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	2.744.000	3.416.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,00	0,11

Op basis van de multicriteria analyse worden voor dit cluster de volgende conclusies getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect effectiviteit.

- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Samenvattend voldoet geen van de beschouwde maatregelensets aan alle beoordelingscriteria.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van V_{max} tot hoogstens 30%) levert de onderstaande resultaten op en resulteert evenmin in een kostendoelmatige maatregel.

Tabel 9 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Sint Lucasstraat (30% regel).

criterium	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100
Aantal panden gemitigeerd [-]	55 (van 55)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
V_{max} (Q) voor maatregelen	1,881 (1,46)
V_{max} (Q) na maatregelen	1,004 (0,78)
Inpasbaarheid	0
Uitvoerbaarheid	++
Onderhoudbaarheid	++
Robuustheid	++
Kosten [€]	2.744.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,94

De waarde voor V_{max} en Q hebben ook in deze tabel betrekking op het maatgevende pand “Boschveldweg 349”.

Een samenvatting van de afwegingen is opgenomen in bijlage G.

Uit het overzicht in Tabel 9 blijkt dat de beide benaderingen voor het cluster St Lucasstraat weliswaar resulteert in een effectieve maatregel, namelijk een jet-groutwand met een diepte van 13 m, maar dat de maatregel niet kostendoelmatig is.

5.2.4.2 Cluster Sint Maartenstraat

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel TROC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen TROC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. Maatregelen bij de ontvanger worden kansarm geacht, gezien het aantal panden, de vereiste mitigatie en de daardoor naar verwachting ingrijpende aanpassingen aan de panden. Dit zal resulteren in een lage kostendoelmatigheid die ver onder het criterium van minimaal 1 ligt.

Op basis van bovenstaande afweging wordt voor dit cluster de maatregel TROC van het type “diepwand” en van het type “jet-groutwand” nader uitgewerkt.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Uitgegaan is van een TROC op circa 33 m vanuit het spoor op de noordelijke kant en 43 m vanuit het spoor op de zuidelijke kant. Voor de locatie van het TROC-scherm wordt verwezen naar bijlage C.

Er is een tweetal maatregelvarianten TROC beschouwd zowel voor type diepwand en het type jet-groutwand. Het verschil tussen de 2 varianten per type is de toenemende diepte van de wand. Bij het type

diepwand is uitgegaan van een wanddikte van 0,5 m. Voor de jet-groutwand is een dikte van 1,5 m aangehouden en is vervolgens een diepte aangehouden die eenzelfde effectiviteit heeft als bij de voorgaande diepwandvariant.

Onderstaande tabel is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Sint Maartenstraat weergegeven.

Tabel 10 Verkenning van oplossingen Cluster Sint Maartenstraat.

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden gemitigeerd
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC circa 43 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=10 m	23	38	3	98	174
TROC circa 43 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	23	38	3	98	174
TROC circa 43 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=15 m	23	40	0	100	178
TROC circa 43 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	23	40	0	100	178

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 10:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Sint Maartenstraat 3. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Onderstaand zijn de conclusies ten aanzien van effectiviteit van de maatregel “TROC” bij Cluster Sint Maartenstraat weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel “TROC” varieert op basis van de diepte van de wand.
- Bij toepassing van de jet-grout techniek is een circa 3 m diepere wand nodig dan bij toepassing van de diepwand techniek om dezelfde effectiviteit te realiseren.
- Bij een wanddiepte van 15 m voor een diepwand of 18 m voor een jet-groutwand is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

De maatregel diepwand langs het spoor voor cluster Sint Maartenstraat omvat een TROC op 43 m (met uitzondering van de noordelijke gedeelte met 33 m afstand tot het spoor) vanuit buitenste spoor over een lengte van 310 m (zie bijlage C).

De volgende maatregelen sets worden beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 10 m diepte en 0,5 m wanddikte.
- Maatregel set 2: De maatregel diepwand van 15 m diepte en 0,5 m wanddikte.
- Maatregel set 3: De maatregel jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m wanddikte.

- Maatregel set 4: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m wanddikte.

De TROC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de TROC. Om deze reden scoort de maatregel een “0” op inpasbaarheid

De waarde voor Vmax en Q zijn vermeld voor het maatgevende pand “Sint Maartenstraat 3”.

Tabel 11 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Sint Maartenstraat.

criterium	Maatregel set 1: 10 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 15 m diepe diepwand	Maatregel set 3: 13 m diepe jet- groutwand	Maatregel set 4: 18 m diepe jet- groutwand
Effectiviteit [%]	97%	100%	97%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	174 (van 178)	178 (van 178)	174 (van 178)	178 (van 178)
Additionele max reductie benodigd [%]	3	0	3	0
Vmax (Q) voor maatregelen	0,258 (1,69)	0,258 (1,69)	0,258 (1,69)	0,258 (1,69)
Vmax (Q) na maatregelen	0,159 (1,04)	0,156 (1,02)	0,159 (1,04)	0,156 (1,02)
Inpasbaarheid [-]	0	0	0	0
Uitvoerbaarheid [-]	+	+	+	+
Onderhoudbaarheid	++	++	++	++
Robuustheid	++	++	++	++
Kosten [€]	4.402.000	5.549.000	6.076.000	7.564.000
Kosten doelmatigheid [-]	1,86	1,51	1,35	1,11

Op basis van de multicriteria analyse voor het cluster Sint Maartenstraat worden de volgende conclusies worden getrokken:

- Alle beschouwde maatregelen sets voldoen op het aspect kostendoelmatigheid
- De maatregel TROC tot 15 m diepte voor diepwand of 18 m voor jet-groutwand voldoet op het aspect effectiviteit.
- De maatregel TROC tot 10 m diepte voor diepwand of 13 m voor jet-groutwand is kostendoelmatig bij een effectiviteit voor 174 van de totaal 178 panden, met een mitigatie “tekort” van 3 % voor deze 4 panden.
- De maatregelen zijn uitvoerbaar. De inpasbaarheid is als matig beoordeeld in verband met de noodzaak om een aantal waardevolle bomen te verwijderen.

Samenvattend voldoen de beschouwde maatregelen aan alle beoordelingscriteria.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) resulteert in een vergelijkbare en eveneens kostendoelmatige maatregel.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

5.2.4.3 Cluster Veemarktweg

Stap 1: Globale afweging

Het cluster Veemarktweg bestaat uit 2 singuliere panden die op korte afstand (minder dan 10 meter) vanuit het spoor liggen. De afstand tussen de beide panden bedraagt meer dan 450 m. De overdrachtsmaatregel TROC is hier niet toepasbaar omdat de ruimte tussen spoor en bebouwing gering is (minder dan 10 m). Beide panden in dit cluster hebben uitsluitend uit een begane grond verdieping met een groot

vloeroppervlak. Bronmaatregelen bij de ontvanger zijn niet kostendoelmatig. Op basis hiervan is voor Cluster Veemarktweg geconcludeerd dat er geen doelmatige maatregelen inpasbaar zijn.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van V_{max} tot hoogstens 30%) levert evenmin in een kostendoelmatige maatregel op.

Een samenvatting van de afwegingen is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse .

5.2.4.4 Cluster Peellandstraat

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel TROC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoort de TROC met jet-grout techniek positief omdat er hiervoor voldoende werkruimte beschikbaar is. Voor een TROC aangelegd middels de diepwandtechniek is aan de noordzijde van het cluster onvoldoende ruimte beschikbaar. Aan deze zijde is een kantoorpand gelegen, waar de beschikbare aanleg ruimte wordt beperkt tot circa 13 m. Om deze reden is dit type wand aan de noordzijde van het cluster niet toepasbaar.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Voor de locatie van de TROC-schermen wordt verwezen naar Bijlage C.

Voor de cluster Peellandstraat geldt dat voor alle panden met de functie “wonen” een maximale benodigde reductie van 64% noodzakelijk is. De TROC ligt circa 19 m van het spoor.

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Peellandstraat weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 12:

De waarden voor de “Max benodigde reductie V_{max} ” en “Gereduceerde V_{max} ” weergegeven in de tweede en derde kolom van *Tabel 12* hebben betrekking op het maatgevende pand Boschveldweg 33. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie V_{max} ” en “Gereduceerde V_{max} ” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 12 Verkenning van oplossingen Cluster Peellandstraat.

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC circa 19 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=10 m	64	47	18	40	21
TROC circa 19 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	64	47	18	40	21
TROC circa 19 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=15 m	64	51	15	45	24
TROC circa 19 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	64	51	15	45	24
TROC circa 19 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=20 m	64	53	11	60	32
TROC circa 19 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	64	53	11	60	32

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel "TROC" bij Cluster Peellandstraat weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel "TROC" varieert op basis van de wanddiepte.
- Bij toepassing van de jet-grout techniek is een circa 3 m diepere wand nodig dan bij toepassing van de diepwand techniek om dezelfde effectiviteit te realiseren.
- In geen van de berekende gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Peellandstraat worden de onderstaande maatregelen sets beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m dikte.
- Maatregel set 2: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte.
- Maatregel set 3: De maatregel jet-groutwand van 23 m diepte en 1,5 m dikte.

De totale lengte van de TROC is circa 90 m en ligt op circa 19 m vanuit het spoor en aan de noordkant loopt deze geknikt om het pand van cluster Veemarktweg heen.

De TROC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een drietal bomen langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de TROC. Om deze reden scoort de maatregel een "0" op inpasbaarheid.

De waarde voor Vmax en Q zijn vermeld voor het maatgevende pand "Boschveldweg 33".

Tabel 13 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Peellandstraat.

criterium	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 2: 18 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 3: 23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	40%	45%	60%
Aantal panden gemitigeerd [-]	21 (van 53)	24 (van 53)	32 (van 53)
Additionele max reductie benodigd [%]	18	15	11
Vmax (Q) voor maatregelen	1,083 (1,46)	1,083 (1,46)	1,083 (1,46)
Vmax (Q) na maatregelen	0,595 (0,80)	0,560 (0,75)	0,510 (0,69)
Inpasbaarheid [-]	0	0	0
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++	++
Robuustheid	++	++	++
Kosten [€]	1.764.000	2.196.000	2.556.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,56	0,51	0,59

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Peellandstraat te 's-Hertogenbosch worden de volgende conclusies worden getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet voor alle panden op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen sets met jet-groutwand voldoen op het aspect kostendoelmatigheid.

Samenvattend voldoet de beschouwde maatregelen set niet aan alle beoordelingscriteria.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) levert de onderstaande resultaten op en resulteert in een kostendoelmatige maatregel.

Tabel 14 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Peellandstraat (30% regel).

criterium	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	53 (van 53)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Vmax (Q) voor maatregelen	1,083 (1,46)
Vmax (Q) na maatregelen	0,595 (0,80)
Inpasbaarheid [-]	+
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid	++
Robuustheid	++

Kosten [€]	1.764.000
Kosten doelmatigheid [-]	1,41

Een samenvatting van alle afwegingen is opgenomen in bijlage G.

Uit het overzicht in *Tabel 14* blijkt dat de benadering gedeeltelijke mitigatie voor het cluster Peellandstraat resulteert in een effectieve maatregel, namelijk een jet-groutwand met een diepte van 13 m, waarbij de maatregel kostendoelmatig is bij mitigatie tot een Vmax toename van hoogstens 30%.

5.2.4.5 Combinatie clusters oostzijde

In de paragrafen 5.2.4.2 tot en met 5.2.4.4 is de maatregelenafweging voor de afzonderlijke clusters ten oosten van het emplacement station 's Hertogenbosch weergegeven.

In deze paragraaf wordt aanvullend onderzocht in hoeverre een combinatie van maatregelen van clusters tot een andere afweging leidt ten aanzien van de aspecten effectiviteit en kostendoelmatigheid, dan wel of door koppeling van maatregelen een aanpassing van de te treffen maatregelen zoals beschreven per afzonderlijk cluster mogelijk is. In zowel cluster Sint Lucasstraat als cluster Peellandstraat wordt alleen de maatregel jet-grout-wand als overdrachtsmaatregel mogelijk geacht, waarbij een kostendoelmatige oplossing wordt verkregen bij hantering van de 30% aanpak.

Voor de combinatie van de clusters is uitgegaan van een doorgaande TROC, die echter voor de delen ten behoeve van de St Lucasstraat en Peellandstraat bestaat uit een jet-groutwand en een diepwand voor het gedeelte St Maartenstraat. In de detailleringfase kan als optimalisatie worden onderzocht of toepassing van een doorgaande jet-groutwand, met ter plaatse van het cluster St Maartenstraat een wanddiepte van 18 m een hogere kostendoelmatigheid heeft met eenzelfde effectiviteit.

Onderscheidend is dat deze combinatie wand voor de clusters Sint Lucasstraat en Peellandstraat de toenames mitigeert tot maximaal 30 procent voor Vmax, terwijl voor het cluster Sint Maartenstraat de mitigatie volledig aan de doelwaarden van de Bts voldoet.

Het aantal panden met volledige mitigatie zal bij de gecombineerde wand niet afwijken van het totaal van het aantal gemitigeerde panden bij een afzonderlijke maatregel per cluster. Dat betekent dat het aantal gemitigeerde panden $53+178+55 = 286$ stuks is ten opzichte van een totale omvang van het gecombineerde cluster van 286 panden, ofwel een effectiviteit van 100%.

De lengte van deze gecombineerde wand zal circa 410 m bedragen.

De TROC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de TROC.

De investeringskosten van deze oplossing bedragen €7.730.000, en daarmee is de berekende kostendoelmatigheid 1,74. Het voorgaande betekent dat de maatregel voor het gecombineerde cluster Sint Lucasstraat, Sint Maartenstraat en Peellandstraat kostendoelmatig is.

In Bijlage C is de combinatie van de maatregelen die zijn beschouwd weergegeven. Opgemerkt wordt dat in de combinatiekaart het effect is weergegeven ten opzichte van de maximaal beoogde mitigatie conform Bts.

5.2.4.6 Cluster Orthen

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel TROC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen TROC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. De grondopbouw ter plaatse van dit cluster wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van enkele slappe lagen onder maaiveld. Hierdoor zal een betonplaat op deze locatie op een paalfundering gefundeerd moeten worden. Zoals toegelicht in sectie 3.1 is deze maatregel niet kostendoelmatig en wordt dus niet verder beschouwd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Voor de locatie van de TROC-schermen wordt verwezen naar Bijlage C. Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Orthen weergegeven. In dit cluster is sprake van een overschrijding van V_{per} bij beide panden (tot ongeveer 16% benodigde reductiepercentage).

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 15:

De waarden voor de “Max benodigde reductie V_{per} ” en “ V_{per} reductie” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 15 hebben betrekking op het maatgevende pand Orthen 162. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie V_{per} ” en “ V_{per} reductie” voor het maatgevende pand.

Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 15 Verkenning van oplossingen Cluster Orthen.

Maatregel	Max benodigd reductie V_{per}	V_{per} reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m,D=10 m	16	6	10	0	0
TROC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	16	6	10	0	0
TROC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m,D=15 m	16	27	0	100	2
TROC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	16	27	0	100	2

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel “TROC” bij Cluster Orthen weergegeven:

- Zoals weergegeven in Tabel 15, neemt de effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren toe bij grotere diepte van de diepwand.
- Bij een wanddiepte van 15 m voor een diepwand of 18 m voor een jet-groutwand is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Orthen worden de onderstaande maatregel sets beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 15 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 2: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte.

De lengte van de maatregel is circa 40 m op een afstand van circa 6 m vanuit het spoor.

De multicriteria analyse voor dit cluster is weergegeven in navolgende tabel. De Vper waarde is voor het maatgevende pand “Orthen 162” .vermeld.

Tabel 16 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Orthen.

criterium	Maatregel set 1: 15 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 18 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	2 (van 2)	2 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Vper voor maatregelen	0,392	0,392
Vper na maatregelen	0,286	0,286
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	716.000	976.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,13	0,10

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Orthen worden getrokken:

- Beide maatregelensets voldoen volledig op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen sets voldoen op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van Vmax van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van Vper conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Orthen geen aanpassingen oplevert, en er voor dit cluster geen kostendoelmatigheid van maatregelen is.

5.2.4.7 Cluster Parallelweg

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel TROC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen TROC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is.

Op basis van het voorgaande wordt voor dit cluster alleen de maatregel TROC als kansrijk nader beschouwd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Voor het cluster Parallelweg is met een maximale benodigde reductie van 29% voor Vmax. Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor dit cluster weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 17:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Parallelweg 53. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken.

Deze waarde is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 17 Verkenning van oplossingen Cluster Parallelweg.

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC circa 5 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=10 m	29	65	0	100	8
TROC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	29	65	0	100	8

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel “TROC” bij Cluster Parallelweg weergegeven:

- Als gevolg van de korte afstand tot de sporen is de effectiviteit van de maatregel “diepwand” bij een relatief korte wanddiepte van 10 m of een “jet-groutwand” met een wanddiepte van 13 m voldoende om volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Parallelweg worden de onderstaande maatregelen sets voorgesteld:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 10 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 2: De maatregel jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m dikte.

De totaal lengte van de benodigde TROC is ongeveer 260 m (zie Bijlage C). De waarde voor Vmax en Q hebben betrekking op het maatgevende pand “Parallelweg 53”.

Tabel 18 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Parallelweg.

Criterium	Maatregel set 1: 10 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100	100
Aantal panden gemitigeerd [-]	8 (van 8)	8 (van 8)
Vmax (Q) voor maatregelen	0,333 (1,84)	0,333 (1,84)
Vmax (Q) na maatregelen	0,121 (0,67)	0,121 (0,67)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid	++	++
Uitvoerbaarheid	+	++
Onderhoudbaarheid	++	++

Robuustheid	++	++
Kosten [€]	3.962.000	5.096.000
Kosten doelmatigheid	0,10	0,07

Bij uitvoering van de TROC als diepwand zal, in verband met de benodigde werkruimte, de oostelijke wegverharding van de Parallelweg volledig en de westelijke wegverharding gedeeltelijk tijdelijk afgezet moet worden en daardoor niet beschikbaar zijn voor het verkeer. In geval van toepassing van de jet-grout techniek zal naar verwachting maximaal één rijstrook van de oostelijke wegverharding tijdelijk afgesloten moeten worden voor het verkeer. Om deze reden scoort de maatregelset 1 op het aspect “uitvoerbaarheid” lager dan maatregelset 2.

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Parallelweg te 's-Hertogenbosch kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwde maatregel sets voldoen op het aspect effectiviteit.
- De beschouwd maatregel sets voldoen niet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) levert dezelfde resultaten op als weergegeven in Tabel 18 en resulteert dus eveneens niet in een kostendoelmatige maatregel.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor het cluster Parallelweg geen kostendoelmatige maatregelset is.

5.2.4.8 Cluster Celsiusstraat

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel TROC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen TROC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. Maatregelen bij de ontvanger worden kansarm geacht, gezien het aantal panden, de vereiste mitigatie en de daardoor naar verwachting ingrijpende aanpassingen aan de panden. Dit zal resulteren in een lage kostendoelmatigheid die ver onder het criterium van minimaal 1 ligt.

Op basis van het voorgaande wordt voor dit cluster alleen de maatregel TROC als kansrijk nader beschouwd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

In het cluster Celsiusstraat hebben alle panden de functie “wonen” en is de maximale benodigde reductie 66%.

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Celsiusstraat weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 19:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Parallelweg 114. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 19 Verkenning van oplossingen Cluster Celsiusstraat.

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=10 m	64	61	3	98	191
TROC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	64	61	3	98	191
TROC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=15 m	64	62	2	99	193
TROC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	64	62	2	99	193
TROC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=20 m	64	65	0	100	195
TROC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	64	65	0	100	195

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel “diepwand” bij Cluster Celsiusstraat weergegeven:

- Volledige mitigatie is te realiseren met een 20 m diepte diepwand of 23 m diepte jet-groutwand op 5 m vanuit het buitenste spoor.
- Met een 15 m diepe diepwand of 18 m diepte jet-groutwand op 5 m vanuit het buitenste spoor, is er alleen sprake van overschrijding bij 2 panden met een benodigde reductie van minder dan 2% en 1%.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Celsiusstraat worden de onderstaande maatregelen sets nader beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 15 m diepte en 0,5 m dikte
- Maatregel set 2: De maatregel diepwand van 20 m diepte en 0,5 m dikte
- Maatregel set 3: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte
- Maatregel set 4: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte

De totale theoretische lengte van de TROC is ongeveer 290 m (zie Bijlage C) op een afstand van 5 m vanuit het spoor.

De waarde voor Vmax en Q zijn vermeld voor het maatgevende pand “Parallelweg 114”.

Tabel 20 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Celsiusstraat.

Criterion	Maatregel set 1: 15 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 20 m diepe diepwand	Maatregel set 3: 18 m diepe jet- groutwand	Maatregel set 4: 23 m diepe jet- groutwand
Effectiviteit [%]	99	100	99	100
Aantal panden gemiddeld [-]	193 (van 195)	193 (van 195)	195 (van 195)	195 (van 195)
Additional max reductie benodigd [%]	<2	0	<2	0
Vmax (Q) voor maatregelen	1,119 (1,84)	1,119 (1,84)	1,119 (1,84)	1,119 (1,84)
Vmax (Q) na maatregelen	0,427 (0,70)	0,397 (0,65)	0,427 (0,70)	0,397 (0,65)
Inpasbaarheid	++	++	++	++
Uitvoerbaarheid	+	+	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++	++	++
Robuustheid	++	++	++	++
Kosten [€]	5.191.000	7.076.000	6.264.000	8.236.000
Kosten doelmatigheid [-]	1,75	1,28	1,46	1,11

Bij uitvoering van de TROC als diepwand zal, in verband met de benodigde werkruimte, de oostelijke wegverharding van de Parallelweg volledig en de westelijke wegverharding gedeeltelijk, tijdelijk afgezet moet worden en daardoor niet beschikbaar zijn voor het verkeer. In geval van toepassing van de jet-grout techniek zal naar verwachting maximaal één rijstrook van de oostelijke wegverharding tijdelijk afgesloten moeten worden voor het verkeer. Om deze reden scoort de maatregelset 1 op het aspect "uitvoerbaarheid" lager dan maatregelset 2.

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Celsiusstraat te 's-Hertogenbosch kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Alle maatregelen sets voldoen (nagenoeg) op het aspect effectiviteit.
- Alle maatregelen sets voldoen op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) levert de onderstaande resultaten op en resulteert eveneens in een kostendoelmatige maatregel met een circa 10 m kortere TROC met als gevolg een verdere toename van de kostendoelmatigheid, zoals in de onderstaande tabel weergegeven. De waarde voor Vmax en Q hebben betrekking op het maatgevende pand "Parallelweg 114".

Tabel 21 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Celsiusstraat (30% regel).

criterium	Maatregel set 1: 10 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100	100
Aantal panden gemittigeerd [-]	195 (van 195)	195 (van 195)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Vmax (Q) voor maatregelen	1,119 (1,84)	1,119 (1,84)
Vmax (Q) na maatregelen	0,441 (0,73)	0,441 (0,73)
Inpasbaarheid	++	++
Uitvoerbaarheid	+	+
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	4.118.000	5.684.000
Kosten doelmatigheid [-]	2,23	1,61

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. Samenvattend wordt geconcludeerd dat toepassing van een TROC bij dit cluster (nagenoeg volledig) effectief en kostendoelmatig is.

Opgemerkt wordt dat het op de kaart weergegeven tracé van de TROC de Stationstunnel kruist. Dat betekent praktisch dat de toe te passen wand tot aan de noordzijde van deze tunnel wordt aangebracht.

5.2.4.9 Combinatie clusters westzijde

Bij de beide clusters Parallelweg en Celsiusstraat wordt uitgegaan van een oplossing met de TROC op 5 m van het spoor. Bij combinatie van de beide clusters is daarom een maatregel TROC met een totale lengte van circa 480 m noodzakelijk (als conservatieve benadering met 265 langs het cluster Celsiusstraat en 215 m langs het cluster Parallelweg). De gecombineerde maatregel die wordt beschouwd, bestaat uit een TROC op circa 5 m uit het spoor, met een wanddiepte van circa 10 m diepwand of 13 m jet-groutwand langs cluster Parallelweg en een circa 15 m diepwand of 18 m jet-groutwand m langs cluster Celsiusstraat.

De investeringskosten zijn in dat geval € 8.777.000 en € 11.740.000 met respectievelijk diepwand en jet-groutwand techniek. De kostendoelmatigheid voor dit combinatie-cluster is dan 1,07 en 0,80 met respectievelijk diepwand en jet-groutwand techniek. De kaart voor de locatie van de gecombineerde TROC is in bijlage C weergegeven.

Dit betekent dat met de diepwand als TROC een kostendoelmatige maatregelset is bepaald.

Opgemerkt wordt dat het op de kaart weergegeven tracé van de TROC de Stationstunnel kruist. Dat betekent praktisch dat de toe te passen wand tot aan de noordzijde van deze tunnel wordt aangebracht, met een totale lengte van ongeveer 460 m.

5.3 Samenvattende maatregelenafweging plansituatie

Op basis van de afweging die per cluster is gemaakt conform artikel 9 lid 1 van Bts, wordt de volgende samenvattende beoordeling gemaakt voor het deelgebied Waardenburg - 's-Hertogenbosch, op basis van de beoordeling op effectiviteit en kostendoelmatigheid van maatregelen en maatregelen-sets die op de overige in beschouwing genomen aspecten positief scoren. Indien meerdere maatregelen of -sets effectief zijn, maar geen van de sets een kostendoelmatigheid groter dan 1 heeft, wordt uitsluitend de maatregel(set) vermeld met de hoogste kostendoelmatigheid. Indien gekozen is voor de toepassing van de 30% mitigatieregulering is dit als opmerking in de laatste kolom van de tabel opgenomen.

Tabel 22 Samenvatting maatregelen afweging clusters Waardenburg - 's Hertogenbosch.

No	Cluster	Maatregelset	Effectiviteit (%)	Kosten-doelmatigheid (-)	Opmerking
-	Vliedseweg 4, Bruchum	n.v.t.	n.v.t	n.v.t.	
1	Sint Lucasstraat	Jet-groutwand, 18 m diep	15	0,11	
2	Sint Maartenstraat	Diepwand, 15 m diep	100	1,86	
		Jet-groutwand, 18 m diep	100	1,35	
3	Veemarktweg	n.v.t.	n.v.t	n.v.t.	
4	Peellandstraat	Jetgroutwand, 23 m diep	60	0,59	
	Combinatie 1,2,4	Jet-groutwand 13 m, diepwand 15m	100	1,74	Betreft 30% regel mitigatie voor cluster 1 en 4
5	Orthen	Diepwand 15 m diep	100	0,13	
		Jet-groutwand 18 m diep	100	0,10	
6	Parallelweg	Diepwand, 10 m diep	100	0,10	
		Jet-groutwand, 13 m diep	100	0,07	
7	Celsiusstraat	Diepwand, 15 m diep	Circa 100	1,75	
		Jet-groutwand, 18 m diep	Circa 100	1,28	
	Combinatie 6,7	Diepwand, 10/15 m diep	Circa 100	1,07	
		Jet-groutwand, 18/23 m diep	Circa 100	0,80	

- De maatregel “diepwand” is kostendoelmatig voor de clusters Sint Maartenstraat en Celsiusstraat en is daarbij volledig effectief.
- Voor de overige clusters, indien deze afzonderlijk worden beschouwd, is geen kostendoelmatige maatregel vastgesteld.
- Combinatie van de clusters Sint Lucasstraat, Sint Maartenstraat en Peellandstraat aan de oostzijde van het station, met daarbij mitigatie tot 30% toename voor de clusters Sint Lucasstraat en Peellandstraat en volledige mitigatie conform BTS voor de Sint Maartenstraat resulteert in een effectieve en kostendoelmatige maatregel. Wel zal hierbij een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg niet gehandhaafd kunnen worden.
- Aan de westzijde van het emplacement resulteert een integrale beschouwing van een TROC met diepwand voor alle afwegingspanden tot een effectieve en kostendoelmatige maatregel. Met jet-grout techniek leidt dit tot een weliswaar effectieve maar geen kostendoelmatige maatregel.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Op basis van de afweging van maatregelen worden voor het deelgebied 's-Hertogenbosch de trillingmitigerende maatregelen in het Tracébesluit opgenomen die zijn opgenomen in onderstaande tabel.

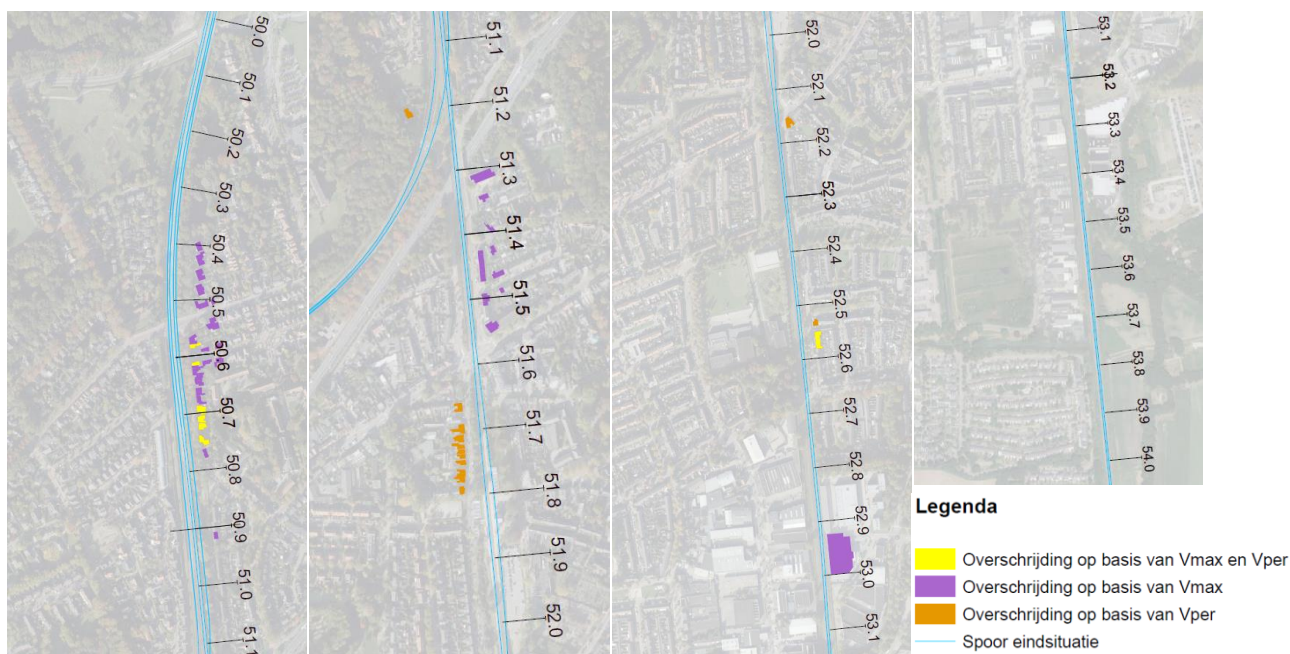
Tabel 23 Samenvatting te treffen trilling-mitigerende maatregelen deelgebied Waardenburg - 's Hertogenbosch.

Gebied	Van km	Tot km	Wandtype	Wanddiepte	Wandlengte	Wanddikte	Opmerking
's-Hertogenbosch	47,37	47,51	Jetgroutwand	13 m	140 m	1,5 m	
's-Hertogenbosch	47,51	47,69	Diepwand	15 m	180 m	0,5 m	In uitwerkingsfase is optimalisatie in wandtype met diepte tot 18 m en wanddikte tot 1,5 m mogelijk
's-Hertogenbosch	47,69	47,77	Jet-groutwand	13 m	90 m	1,5 m	
's-Hertogenbosch	47,36	47,575	Diepwand	10 m	215 m	0,5 m	In uitwerkingsfase is optimalisatie in wandtype met diepte tot 13 m en wanddikte tot 1,5 m mogelijk
's-Hertogenbosch	47,575	47,82	Diepwand	15 m	245 m	0,5 m	In uitwerkingsfase is optimalisatie in wandtype met diepte tot 18 m en wanddikte tot 1,5 m mogelijk

6 RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT PLANSITUATIE

6.1 Knelpunten analyse

De prognose van trillingsniveaus in de plansituatie voor het aspect trillingen is beschreven in ref [1]. In Figuur 12 is een overzicht opgenomen van de daarbij bepaalde afwegingspanden.



Figuur 12 Overzicht afwegingspanden Vught Plansituatie.

In de plansituatie geldt dat:

- Er is in de plansituatie nergens sprake van een $v_{max}B_{ts} > 3,2$.
- Bij een 76-tal panden wordt de B_{ts} overschreden voor v_{max} . Daarnaast zijn er nog 18 panden waar alleen de v_{per} wordt overschreden.
- Dat op basis van $v_{max}B_{ts}$ alleen aan de oostzijde een reductie benodigd is van veelal 50% tot 60% van de v_{max} in de plansituatie. Uitzondering hierop is de bebouwing aan de Molenvenseweg waar een reductie tot circa 85% benodigd is.
- Voor de v_{per} aan beide zijden van het spoor is een reductie van minder dan 45% benodigd (uitzonderingen hierop zijn de gebieden die ook een reductie ten behoeve van v_{max} behoeven).
- In het gebied Vught zijn in totaal 94 afwegingspanden vastgesteld (ref [1]).

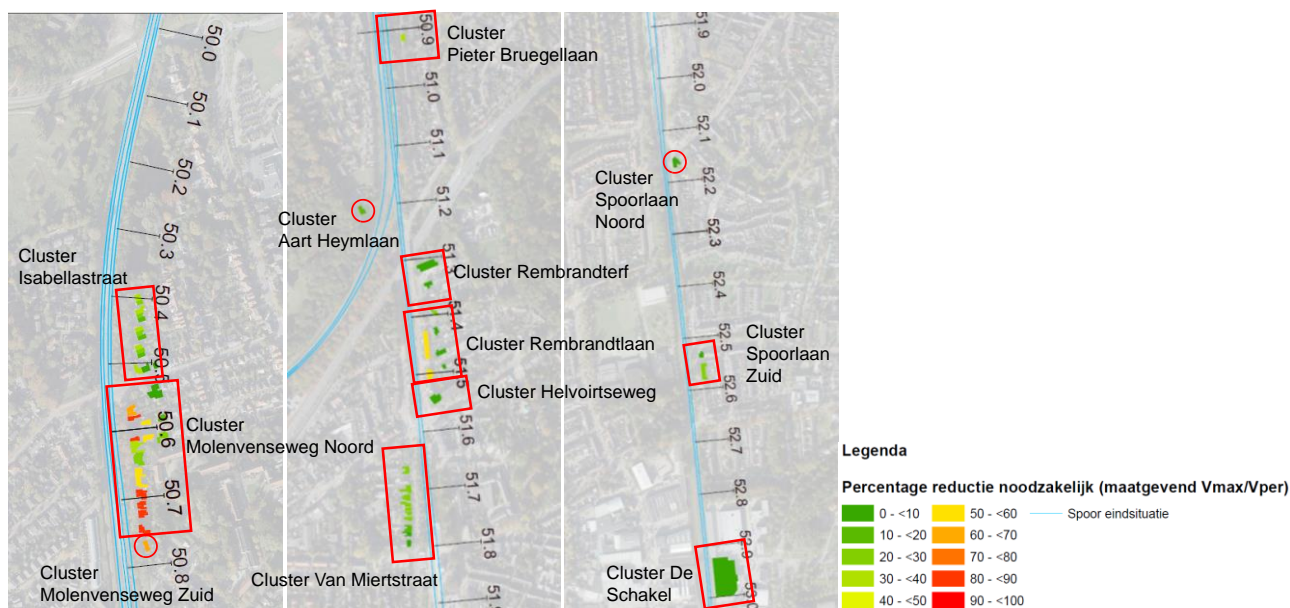
6.2 Clustering van afwegingspanden

Het gebied Vught is verdeeld in verschillende clusters waarin per cluster een afzonderlijke nadere analyse is uitgevoerd naar de toepasbaarheid van maatregelen. Een cluster is een groep van woningen die profijt heeft van een gezamenlijke voorziening/maatregel. De clusters zijn beschreven in Tabel 24.

Tabel 24 Beschrijving clusters Vught Plansituatie.

Nr	Benaming cluster	Omschrijving	Beschrijving plansituatie
1	Cluster Isabellastraat	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 50,40 tot en met km 50,51) en ten noorden van de “Loonsebaan”	Ter hoogte van dit cluster wordt geen verdiepte ligging gerealiseerd
2	Cluster Molenvenseweg Noord	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 50,55 tot en met km 50,75)	Ter hoogte van dit cluster wordt geen verdiepte ligging gerealiseerd
3	Cluster Molenvenseweg Zuid	Eén pand (woonfunctie) aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 50,77)	Dit cluster ligt in het gebied waar in de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd.
4	Cluster Pieter Bruegellaan	Twee panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van (spoometering km 50,91 tot en met km 50,92)	Dit cluster ligt in het gebied waarin zowel de verdiepte ligging als aardebaan situatie naast de bak worden gerealiseerd
5	Cluster Aaet Heymlaan	Eén pand (woonfunctie) aan de westzijde van het spoor (spoometering km 51,20)	Dit cluster ligt nabij de aftakking naar Tilburg (aardebaan situatie)
6	Cluster Rembrandterf	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 51,31 tot en met km 51,35)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
7	Cluster Rembrandtlaan	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 51,40 tot en met km 51,51)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
8	Cluster Helvoirtseweg	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 51,55)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
9	Cluster van Miertstraat	De panden aan de westzijde van het spoor (spoometering km 51,66 tot en met km 51,79)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
10	Cluster Spoorlaan Noord	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 52,16 tot en met km 52,17)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
11	Cluster Spoorlaan Zuid	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 52,54 tot en met km 52,58)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
12	Cluster De Schakel	Een Pand (winkelfunctie) aan de oostzijde van het spoor (spoometering km 52,97)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging

De ligging van de clusters is weergegeven in de overzichtskaart in navolgende figuur.



Figuur 13 Overzicht clusters Vught Plansituatie.

In Bijlage D zijn detailkaarten van de clusters weergegeven, inclusief de classificatie van de afwegingspanden op basis van de benodigde trillingenreductie.

In Tabel 25 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (V_{max} en V_{per}) weergegeven.

Tabel 25 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging.

Nr.	Cluster	Aantal afwegingspanden /wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m ²)	Vloeroppervlakte per categorie (m ²)	Max reductie (V_{max}) benodigd	Max reductie (V_{per}) benodigd
1	Cluster Isabellastraat	15/15	N.v.t.	N.v.t.	38%	0%
2	Cluster Molenvenseweg Noord	26/26	N.v.t.	N.v.t.	84%	44%
3	Cluster Molenvenseweg Zuid	1/1	N.v.t.	N.v.t.	60%	0%
4	Cluster Pieter Bruegellaan	2/2	N.v.t.	N.v.t.	35%	0%
5	Cluster Aert Heymlaan	1/1	N.v.t.	N.v.t.	0%	17%
6	Cluster Rembrandterf	5/1	1635	Kantoorfunctie: 1635	6%	0%
7	Cluster Rembrandtlaan	17/17	N.v.t.	N.v.t.	60%	0%
8	Cluster Helvoirtseweg	4/4	N.v.t.	N.v.t.	1%	0%
9	Cluster van Miertstraat	14/14	N.v.t.	N.v.t.	0%	30%
10	Cluster Spoorlaan Noord	2/2	N.v.t.	N.v.t.	0%	8%
11	Cluster Spoorlaan Zuid	6/6	N.v.t.	N.v.t.	26%	7%
12	Cluster De Schakel	1/0	2505	Winkelfunctie: 2505	5%	0%

6.3 Selectie van effectieve maatregelen

De maatregelen die op basis van de algemene analyse als potentieel toepasbaar zijn aangemerkt voor de verschillende clusters in het gebied Vught zijn samengevat in Tabel 26.

Tabel 26 Samenvatting van de nader te overwegen trillings mitigerende maatregelen.

Locatie	Aan de bron	In de overdracht	Bij de ontvanger
Vught	Beton plaat onder ballastbed met ballastmat	TROC-betonscherm in bodem, type diepwand en type jet-groutwand	n.v.t.

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is per cluster beoordeeld in hoeverre de in bovenstaande tabel genoemde maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van beoogde reductie), inpasbaarheid, uitvoerbaarheid en inpasbaarheid.

6.4 Nadere afweging per cluster

6.4.1 Cluster Isabellastraat

Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregelen betonplaat en TROC scoren hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen TROC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Hierbij zijn de volgende bronmaatregelen beschouwd:

- Betonplaat onder spoor 1 (oostelijk) van 0,5 m dikte.
- Betonplaat onder sporen 1 en 2 (oostelijk en midden) van 0,5 m dikte.
- Betonplaat onder sporen 1,2 en 3 van 0,5 m dikte.

Als maatregel in de overdracht tussen het spoor en de afwegingspanden is een TROC beschouwd. Hierbij zijn een aantal maatregelvarianten beschouwd (zie bijlage D) die onderling verschillen in:

- De positie (afstand) tot spoor en bebouwing.
- De diepte D van de wand in de ondergrond.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 27:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Loonsebaan 28. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum van alle individuele panden per cluster. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is ofwel gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, of is het tekort aan reductie bij een ander pand indien het effect van de maatregel bij dit pand geringer is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 27 Verkenning van maatregelen voor Cluster Isabellastraat.

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
Betonplaat onder spoor 1 (oostelijk spoor)	38	19	27	20	3
Betonplaat onder sporen 1+2	38	19	20	20	3
Betonplaat onder sporen 1+2+3	38	19	20	20	3
TROC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=10 m	38	-31	69	0	0
TROC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	38	-31	69	0	0
TROC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=15	38	-16	55	0	0
TROC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	38	-16	55	0	0
TROC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=20	38	2	36	7	1
TROC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=23	38	2	36	7	1
TROC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=10	38	-4	43	20	3
TROC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=13	38	-4	43	20	3

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
TROC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=15	38	10	32	20	3
TROC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	38	10	32	20	3
TROC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=20	38	24	16	20	3
TROC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=23	38	24	16	20	3

Onderstaand zijn de resultaten van de beoordeling voor de maatregelen bij Cluster Isabellastraat weergegeven:

- De Vmax overschrijding van streefwaarden is niet alleen een gevolg van spoorpassages op het naastgelegen spoor, maar treedt bij een aantal panden ook op bij treinpassages op de andere sporen. Daarom is toepassing van een betonplaat onder het naastgelegen spoor als enige maatregel niet voldoende.
- De toepassing van de maatregel “betonplaat” onder meerdere sporen levert bij een aantal panden nog een (beperkte) extra reductie op maar levert geen volledige mitigatie op. Dit betekent dat ook bij toepassing van de maatregel betonplaat onder 3 sporen, aanvullende maatregelen nodig zijn om volledige reductie te krijgen.
- De diepte van de TROC en ook de afstand tot de ontvanger (hier panden) en vanaf de trillingsbron (het spoor), zijn belangrijk voor de effectiviteit van de maatregel.
- In sommige gevallen is lokaal een versterking van de trillingsniveaus van de trillingen door de wand berekend. De oorzaken zijn het frequentiedomein, afstand vanaf het spoor, het gedrag van de grondlagen en de positie van de maatregel “TROC”. Er is sprake van een zogenaamde dynamische schaduwwerking direct achter de wand, waarbij de grootte van dit gebied, waarin uitsluitend een reducerend effect is berekend, afhangt van de diepte van de wand.
- De effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren neemt toe bij grotere diepte van de TROC.
- Ondanks de toepassing van de maatregel “TROC” zowel naast de bron als naast de ontvanger, is bij een aantal panden een extra reductie. Dit betekent dat, in combinatie met de maatregel “TROC”, andere maatregelen nodig zijn om volledige reductie te krijgen.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Isabellastraat worden de onderstaande maatregelen sets nader uitgewerkt:

- Maatregel set 1: de maatregel “betonplaat” voor twee sporen + diepwand van 20 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 2: de maatregel “betonplaat” voor oostelijk spoor + diepwand van 20 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 3: de maatregel “betonplaat” voor twee sporen + jet-groutwand van 23 m diepte en 1,5 m dikte.
- Maatregel set 4: de maatregel “betonplaat” voor oostelijk spoor + jet-groutwand van 23 m diepte en 1,5 m dikte.

De maatregel diepwand dient langs het spoor over een lengte van circa 150 m, gerekend vanaf de Loonsebaan in noordelijke richting te worden toegepast. De betonplaat oplossing dient vanaf het kunstwerk Loonsebaan tot een afstand van circa 150 m in noordelijke richting te worden aangebracht onder de betreffende sporen.

De situatie van de maatregelen op de kaarten is weergegeven in bijlage D. De waarde voor Vmax en Q zijn in *Tabel 28* weergegeven voor het maatgevende pand “Loonsebaan 28”.

Tabel 28 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Isabellastraat.

Criterion	Maatregel set 1: Betonplaat voor 2 sporen + diepwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 2: Betonplaat voor oostelijk spoor + diepwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 3: Betonplaat voor 2 sporen + jet- groutwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 4: Betonplaat voor oostelijk spoor + jet-groutwand (L=20m kant weg)
Effectiviteit [%]	80%	53%	80%	53%
Aantal panden gemitigeerd [-]	12 (van 15)	8 (van 15)	12 (van 15)	8 (van 15)
Additionele max reductie benodigd [%]	< 2	< 3	< 2	< 3
Vmax (Q) voor maatregelen	0,650 (1,44)	0,650 (1,44)	0,650 (1,44)	0,650 (1,44)
Vmax (Q) na maatregelen	0,412 (1,03)	0,421 (1,01)	0,412 (1,03)	0,421 (1,01)
Inpasbaarheid [-]	+	+	+	+
Uitvoerbaarheid [-]	--	+	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++	++
Kosten [€]	4.095.000	3.660.000	5.115.000	4.680.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,14	0,10	0,11	0,08

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Isabellastraat te Vught kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.
- Op basis van alle beschouwde aspecten scoort de maatregel set bestaande uit een betonplaat voor 2 sporen en een TROC langs de spoorzijde van de wegverharding het meest positief.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) levert de onderstaande resultaten op en resulteert evenmin in een kostendoelmatige maatregel. Hierbij is de lengte waarover de beschouwde maatregelen noodzakelijk zijn, evenals bij de bovenstaande analyse, 150 m.

Tabel 29 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Isabellastraat (30% regel).

criterium	Maatregel set 1: Betonplaat voor oostelijk spoor	Maatregel set 2: Diepwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 3: Jet-groutwand (L=23m kant weg)
Effectiviteit [%]	100%	80%	80%
Aantal panden gemitigeerd [-]	15 (van 15)	12 (van 15)	12 (van 15)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	<1	<1
Vmax (Q) voor maatregelen	0,650 (1,44)	0,650 (1,44)	0,650 (1,44)
Vmax (Q) na maatregelen	0,533 (1,18)	0,504 (1,14)	0,504 (1,14)
Inpasbaarheid [-]	+	+	+
Uitvoerbaarheid [-]	--	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++
Kosten [€]	855.000	3.240.000	4.260.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,82	0,17	0,13

Een samenvatting van de afwegingen is opgenomen in bijlage G.

Uit de bovenstaande analyse volgt samenvattend dat er voor het cluster Isabellastraat geen maatregelset is vastgesteld die kostendoelmatig is.

6.4.2 Cluster Molenvenseweg Noord

Stap 1: Globale afweging

Er is geen enkele maatregel individueel volledig geschikt voor Cluster Molenvenseweg Noord. De oorzaak hiervan is dat dit cluster een maximale reductie tussen 80% en 90% vereist en geen van de beschikbare maatregelen hieraan naar verwachting kan voldoen. Dit betekent dat een combinatie van de maatregelen "TROC-wand" en "betonplaat" noodzakelijk zal zijn om voldoende effectiviteit te bereiken.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van de maatregelen voor cluster Molenvenseweg Noord samengevat.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 30:

De waarden voor de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 30 hebben betrekking op het maatgevende pand "Molenvenseweg 67". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 30 Verkenning van maatregelen voor Cluster Molenvenseweg Noord

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
Betonplaat op spoor 1 (oostelijke spoor)	84	12	77	8	2
Betonplaat op sporen 1+2	84	12	76	8	2
Betonplaat op sporen 1+2+3	84	12	76	8	2
TROC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=15 m	84	56	30	35	9
TROC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	84	56	30	35	9
TROC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=20 m	84	61	23	35	9
TROC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	84	61	23	35	9
TROC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=15 m	84	26	58	23	6
TROC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	84	26	58	23	6
TROC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=20 m	84	28	56	23	6
TROC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	84	28	56	23	6

Onderstaand zijn de resultaten voor de maatregelen bij Cluster Molenvenseweg Noord weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel “betonplaat” met een betonplaat van 0,5 m dikte, uitgedrukt in het percentage reductie neemt globaal af met toenemende afstand, behalve van een korte afstand waarin het versterking van de trillingsniveaus is opgemerkt voor de derde en vierde oostelijke sporen.
- De toepassing van de maatregel “betonplaat” onder de vier sporen is niet voldoende. Dit betekent dat een aanvullende maatregel in combinatie met de maatregel “betonplaat” moet worden toegepast om 100% reductie te krijgen.
- De toepassingen van de maatregel “betonplaat” voor meer dan 1 spoor leidt niet tot een betere mitigatie dan de toepassing van de betonplaat op alleen het oostelijke spoor.

- Op basis van oriënterende berekeningen is vastgesteld dat een 10 m diepe diepwand de trillingsniveaus in de aardebaan situatie niet voldoende reduceert bij Cluster Isabellastraat. Daarom zijn verdere analyses voor Cluster Molenvenseweg uitgevoerd voor wanddieptes van 15 m en 20 m.
- De effectiviteit van de maatregel “TROC” varieert op basis van de verschillende afstanden en de diepte van de diepwand.
- In geen van de beschouwde gevallen is volledige mitigatie te realiseren. Bij de toepassing van de maatregel “TROC” zowel bij de bron als nabij de ontvanger is bij een aantal panden een extra reductie nodig. Dit betekent dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn in combinatie met de maatregel “TROC” om volledige reductie te verkrijgen.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Molenvenseweg Noord, worden de onderstaande maatregelen sets voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Betonplaat voor sporen 1+2 met een diepwand van 20 m diepte ter plaatse van de in het baanontwerp geplande keerwand.
- Maatregelen set 2: Betonplaat voor sporen 1+2 met een jet-groutwand van 23 m diepte t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand.

Het Cluster Molenvenseweg loopt van “Loonsebaan 23” tot en met “Molenvenseweg 67”. Dit deel van de cluster loopt parallel aan het spoor en heeft een lengte van ongeveer 180 m. De lengte waarover maatregelen noodzakelijk zijn is circa 210 m. De multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Noord is weergegeven in Tabel 31. De waarden voor V_{max} en Q zijn in deze tabel vermeld voor het maatgevende pand “Molenvenseweg 67”.

Tabel 31 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Molenvenseweg Noord.

Criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen + 20 m diepe diepwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen + 23 m diepe jet-groutwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand
Effectiviteit [%]	65%	65%
Aantal panden gemitigeerd [-]	17 (van 26)	17 (van 26)
Additionele max reductie benodigd [%]	12	12
V_{max} (Q) voor maatregelen	2,553 (2,27)	2,553 (2,27)
V_{max} (Q) na maatregelen	0,568 (0,50)	0,568 (0,50)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 5.733.000	€ 7.161.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,14	0,11

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Noord worden getrokken:

- Geen van de beschouwde maatregelensets voldoet op het aspect effectiviteit.
- Geen van de beschouwde maatregelensets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) levert de onderstaande resultaten op en resulteert evenmin in een kostendoelmatige maatregel.

Met dit doelcriterium geldt voor het cluster Molenvenseweg Noord dat de benodigde mitigatie zodanig afneemt dat er geen bronmaatregelen meer noodzakelijk zijn en kan worden volstaan met een TROC. De waarde voor Vmax en Q hebben hier wederom betrekking op het maatgevende pand “Molenvenseweg 67”.

Tabel 32 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Molenvenseweg Noord (30% regel).

Criterion	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand	Maatregelen set 2: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand
Effectiviteit [%]	100 %	100 %
Aantal panden gemitigeerd [-]	26 (van 26)	26 (van 26)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Vmax (Q) voor maatregelen	2,553 (2,27)	2,553 (2,27)
Vmax (Q) na maatregelen	0,987 (0,88)	0,987 (0,88)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 3.759.000	€ 5.124.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,33	0,24

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt voor dit cluster geconcludeerd dat er geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.3 Cluster Molenvenseweg Zuid

Stap 1: globale afweging

Het Cluster Molenvenseweg Zuid omvat alleen een pand in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Voor dit cluster is een reductie van circa 60% vereist. De maatregel “TROC” scoort goed op het aspect effectiviteit en wordt nader beschouwd. In de bakconstructie heeft de toepassing van de betonplaat als maatregel weinig invloed op de trillingsniveaus. Daarom is deze maatregel niet voorgesteld voor de clusters waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van de maatregelen voor cluster Molenvenseweg Zuid samengevat.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 33:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 35 hebben betrekking op het maatgevende pand “Molenvenseweg 65”. De waarde (“Max tekort reductie”) is gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het pand. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het

aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 33 Verkenning van maatregelen voor Cluster Molenvenseweg Zuid

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=15 m	60	30	30	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=18 m	60	30	30	0	0
TROC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=20 m	60	33	27	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=23 m	60	33	27	0	0
TROC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=15 m	60	53	7	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=18 m	60	53	7	0	0
TROC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=20 m	60	59	1	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=23 m	60	59	1	0	0

Zoals weergegeven in Tabel 33 wordt met de maatregel “diepwand” van 20 m diepte of “jet-groutwand” van 23 m diepte op 15 m afstand van het spoor, onvoldoende mitigatie bereikt. Echter, toepassing van dezelfde maatregel “diepwand” van 20 m diepte of “jet-groutwand” van 23 m diepte, maar dan op een afstand van 5 m van de bakwand (ter plaatse van de in het baanontwerp geplande keerwand), leidt bijna tot volledige reductie voor het pand.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Molenvenseweg Zuid, worden de onderstaande maatregelen sets voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Een diepwand van 20 m diepte ter plaatse van de in het baanontwerp geplande keerwand.
- Maatregelen set 2: Een jet-groutwand van 23 m diepte t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand.

Het Cluster Molenvenseweg Zuid omvat alleen het pand “Molenvenseweg 65”. De lengte waarover maatregelen noodzakelijk zijn is circa 35 m. De multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Zuid is weergegeven in Tabel 34. De waarden voor Vmax en Q zijn in deze tabel vermeld voor het pand “Molenvenseweg 65”.

Tabel 34 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Molenvenseweg Zuid

Criterion	Maatregelen set 1: 20 m diepe diepwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand	Maatregelen set 2: 23 m diepe jet-groutwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand
Effectiviteit [%]	0%	0%
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 1)	0 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	1	1
Vmax (Q) voor maatregelen	1,017 (2,292)	1,017 (2,292)
Vmax (Q) na maatregelen	0,414 (0,93)	0,414 (0,93)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 756.000	€ 994.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,0	0,0

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Zuid worden getrokken:

- Geen van de beschouwde maatregelensets voldoet op het aspect effectiviteit.
- Geen van de beschouwde maatregelensets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) levert de onderstaande resultaten op en resulteert evenmin in een kostendoelmatige maatregel.

Met dit doelcriterium geldt voor het cluster Molenvenseweg Zuid dat de benodigde mitigatie zodanig afneemt dat er dat kan worden volstaan met een TROC. De waarde voor Vmax en Q hebben hier wederom betrekking op het pand "Molenvenseweg 65".

Tabel 35 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Molenvenseweg Zuid (30% regel).

Criterion	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand	Maatregelen set 2: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. de in het baanontwerp geplande keerwand
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	1 (van 1)	1 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Vmax (Q) voor maatregelen	1,017 (2,292)	1,017 (2,292)
Vmax (Q) na maatregelen	0,481 (1,083)	0,481 (1,083)
Inpasbaarheid [-]	++	++

Uitvoerbaarheid [-]	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 626.500	€ 854.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,08	0,06

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt voor dit cluster geconcludeerd dat er geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.4 Cluster Pieter Bruegellaan

Stap 1: globale afweging

Cluster Pieter Bruegellaan ligt in het gebied waarin zowel de aardebaan als de toekomstige verdiepte ligging worden gerealiseerd. In de bakconstructie heeft de toepassing van de betonplaat als maatregel weinig invloed op de trillingsniveaus. Daarom is deze maatregel niet voorgesteld voor de clusters waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Voor dit cluster is de maatregel "TROC" beschouwd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in Cluster Pieter Bruegellaan

Cluster Pieter Bruegellaan is het cluster met 2 panden (met woningfunctie) waarin V_{max} de streefwaarde overschrijdt. Het maximale reductiepercentage voor dit cluster is 35%.

In Tabel 36 is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Pieter Bruegellaan weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 36

De waarden voor de "Max benodigde reductie V_{max} " en "Gereduceerde V_{max} " weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 36 hebben betrekking op het maatgevende pand "Pieter Bruegellaan 30". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster.

Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie V_{max} " en "Gereduceerde V_{max} " voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 36 Verkenning van maatregelen voor Cluster Pieter Bruegellaan.

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC Diepwand t.p.v. teen spoortalud D=15 m	35	25	10	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. teen spoortalud D=18 m	35	25	10	0	0
TROC Diepwand t.p.v. teen spoortalud D=20 m	35	27	8	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. teen spoortalud D=23 m	35	27	8	0	0
TROC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=15 m	35	2	33	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=18 m	35	2	33	0	0
TROC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=20 m	35	8	27	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=23 m	35	8	27	0	0

In Cluster Pieter Bruegellaan, is er sprake van twee sporen (spoor 1 en spoor 4) op een aardebaan en 2 tussenliggende sporen in de verdiepte ligging.

Onderstaand is het resultaat betreffende de maatregelen voor Cluster Pieter Bruegellaan weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel "TROC" varieert op basis van de verschillende afstanden en de diepte van de diepwand.
- In tegenstelling tot bij de aardebaan situatie, levert een grotere diepte van de diepwand geen aanzienlijke toename op van de effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren. De oorzaak ligt in de locatie van de diepwand naast de diepwand van de bak constructie.
- In geen van de berekende gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Pieter Bruegellaan worden de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Een 20 m diepe diepwand (0,5 m dikte) t.p.v. teen spoortalud.
- Maatregelen set 2: Een 23 m diepe jet-groutwand t.p.v. teen spoortalud .

Het Cluster Pieter Bruegellaan bestaat uit de panden “Pieter Bruegellaan 29” en “Pieter Bruegellaan 30”. De lengte van de benodigde schermwand bedraagt circa 55 m.

De multicriteria analyse voor Cluster Pieter Bruegellaan is weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Pieter Bruegellaan .

Criterion	Maatregelen set 1: diepwand 20 m diep t.p.v. teen spoortalud	Maatregelen set 2: jet-groutwand 23 m diep t.p.v. teen spoortalud
Effectiviteit [%]	0%	0%
Aantal panden gemittigeerd [-]	0 (van 2)	0 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	8	8
Vmax (Q) voor maatregelen	0,620 (1,86)	0,620 (1,86)
Vmax (Q) na maatregelen	0,453 (1,36)	0,453 (1,36)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 1.188.000	€ 1.562.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,0	0,0

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Pieter Bruegellaan worden getrokken:

- Geen van de maatregelensets voldoet op de aspecten effectiviteit en kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) is aanvullend uitgevoerd. Deze levert de onderstaande resultaten op.

Uit onderstaande tabel blijkt dat voor het cluster Pieter Bruegellaan de beschouwde TROC typen voor dit cluster bij deze doelwaarde niet adequaat zijn om de beoogde reductie te realiseren. Bij beide panden is nog een reductie van maximaal 3% benodigd. De maatregel voldoet ook niet op het aspect kostendoelmatigheid. De waarde voor Vmax en Q zijn vermeld voor het maatgevende pand “Pieter Bruegellaan 30”.

Tabel 38 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Pieter Bruegellaan (30% regel).

criterium	Maatregelen set 1: diepwand 20 m diep t.p.v. teen spoortalud	Maatregelen set 2: jet-groutwand 23 m diep t.p.v. teen spoortalud
Effectiviteit [%]	0%	0%
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 2)	0 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	3	3
Vmax (Q) voor maatregelen	0,620 (1,86)	0,620 (1,86)
Vmax (Q) na maatregelen	0,453 (1,36)	0,453 (1,36)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 1.188.000	€ 1.562.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,0	0,0

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.5 Cluster Rembrandterf

Stap 1: globale afweging

De benodigde mitigatie voor dit cluster is 6%.

Voor het Cluster Rembrandterf, scoort de maatregel TROC positief. In de bakconstructie heeft de toepassing van de betonplaat als maatregel weinig invloed op de trillingsniveaus. Daarom is deze maatregel niet beschouwd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in Vught, Cluster Rembrandterf die ligt in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Cluster Rembrandterf omvat 5 panden, met totaal 4 wooneenheden waarin de maximale benodigde reductie 6% is.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 39:

De waarden voor de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 39 hebben betrekking op het maatgevende pand "Rembrandterf 1". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 39 Verkenning van maatregelen voor Cluster Rembrandterf.

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Oppervlakte / aantal woningen gemitigeerd
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m ²] / [-]
TROC Diepwand op 5 m van de bak D=15 m	6	25	0	100	1635 / 1
TROC Jet-groutwand op 5 m van de bak D=18 m	6	25	0	100	1635 / 1
TROC Diepwand op. 13 m van het spoor D=15 m	6	12	0	100	1635 / 1
TROC Jet-groutwand op 13 m van het spoor D=18 m	6	12	0	100	1635 / 1

De volgende conclusie wordt op basis van de verkennende analyses getrokken:

- In alle beschouwde gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Rembrandterf worden de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Diepwand van 15 m diepte op. 5 m van de bak.
- Maatregelen set 2: Diepwand van 15 m diepte op 13 m van het spoor.
- Maatregelen set 3: Jet-groutwand van 18 m diepte op. 5 m van de bak.
- Maatregelen set 4: Jet-groutwand van 18 m diepte op 13 m van het spoor.

Het Cluster Rembrandterf omvat een tweetal panden met één woning en een pand met een andere functie. Aan de noordzijde wordt het cluster fysiek begrensd door de N65. Dit betekent dat het doorzetten van een TROC in langsrichting van het spoor niet mogelijk is. Bovendien wordt er tussen de verdiepte ligging en de panden een fietstunnel evenwijdig aan het spoor gerealiseerd. Het toepassen van een TROC kan een onderdeel uitmaken van de constructie van de fietstunnel, bijvoorbeeld als oostelijke begrenzing van de tunnel. Dit is als uitgangspunt in de doelmatigheidsafweging gehanteerd.

De benodigde lengte van de maatregel TROC is circa 65 m. De multicriteria analyse voor Cluster Rembrandterf is weergegeven in Tabel 40. De waarde voor Vmax en Q zijn vermeld voor het maatgevende pand "Rembrandterf 1".

Tabel 40 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Rembrandterf.

criterium	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregelen set 2: 15 m diepe diepwand t.p.v. 13 m van het spoor	Maatregelen set 3: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregelen set 4: 18 m diepe diepwand t.p.v. 13 m van het spoor
Effectiviteit [%]	100%	100%	100%	100%
Aantal woningen gemitigeerd [-]	1 (van 1)	1 (van 1)	1 (van 1)	1 (van 1)
Oppervlakte gemitigeerd [m ²]	1635 (van 1635)	1635 (van 1635)	1635 (van 1635)	1635 (van 1635)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0	0	0
V _{max} (Q) voor maatregelen	0,385 (1,39)	0,385 (1,39)	0,385 (1,39)	0,385 (1,39)
V _{max} (Q) na maatregelen	0,288 (1,04)	0,360 (1,30)	0,288 (1,04)	0,360 (1,30)
Inpasbaarheid [-]	++	++	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++	++
Kosten [€]	€ 1.163.500	€ 1.163.500	€ 1.586.000	€ 1.586.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,11	0,11	0,08	0,08

De volgende conclusies worden getrokken uit de multicriteria analyse voor Cluster Rembrandterf:

- Alle beschouwde maatregelensets resulteren in de beoogde mitigatie.
- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van V_{max} tot hoogstens 30%) is beschouwd. Omdat de doelwaarden in dit geval identiek zijn aan die bij volledige mitigatie tot doelwaarden, zijn de uitkomsten niet afwijkend van de bovenstaande analyse.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.6 Cluster Rembrandtlaan

Stap 1: globale afweging

Voor Cluster Rembrandtlaan wordt een algemene maatregel beschouwd, "TROC". Voor dit cluster, moet een orde van 60% reductie wordt gerealiseerd. De afwegingspanden liggen ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Op basis van algemene kentallen wordt verwacht dat de maatregel "TROC" niet geschikt is voor volledige mitigatie. Daarnaast is de uitvoerbaarheid van de TROC met diepwand techniek problematisch omdat over een gedeelte van het cluster de afstand tussen hart spoor en de panden circa 14 m bedraagt, waarbij in deze strook ook de wand van de betonnen bak moet worden gerealiseerd. De inpasbaarheid van een diepwand wordt, vanwege de benodigde werkruimte, hier niet mogelijk geacht.

Dit betekent dat alleen de TROC type jet-groutwand, die een kleinere werkruimte nodig heeft dan een diepwand, hier inpasbaar is.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor de panden Cluster Rembrandtlaan weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 41:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 41 hebben betrekking op het maatgevende pand “Rembrandtlaan 45”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 41 Verkenning van maatregelen voor Cluster Rembrandtlaan.

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=18 m	60	24	35	29	5
TROC Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=23 m	60	25	35	35	6
TROC Jet-groutwand t.p.v. 13 m van het spoor D=18 m	60	7	52	29	5
TROC Jet-groutwand t.p.v. 13 m van het spoor D=23 m	60	10	50	29	5

De volgende conclusie wordt op basis van de verkennende analyses getrokken:

- In geen van de gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Rembrandtlaan worden de onderstaande maatregelen set voorgesteld voor de verdiepte ligging situatie:

- Maatregelen set 1: Jet-groutwand van 23 m diep op 5 m van de bak.

Het Cluster Rembrandtlaan omvat afwegingspanden in de Heikantstraat en de Rembrandtlaan. Het grootste gedeelte van de huizen ligt parallel aan het spoor. De lengte van de maatregelen is circa 175 m. De multicriteria analyse voor Cluster Rembrandtlaan is weergegeven in de navolgende tabel. De waarden voor Vmax en Q in de tabel zijn voor het maatgevende pand “Rembrandtlaan 45”.

Tabel 42 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Rembrandtlaan.

criterium	Maatregelen set 1: 23 m jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	35%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 17)
Additionele max reductie benodigd [%]	35
Vmax (Q) voor maatregelen	1,001 (1,38)
Vmax (Q) na maatregelen	0,751 (1,04)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 4.970.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,06

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Rembrandtlaan worden getrokken:

- De maatregel set voldoet niet op de aspecten effectiviteit en kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) is aanvullend uitgevoerd. Deze levert de onderstaande resultaten op.

Uit onderstaande tabel blijkt dat voor het cluster Rembrandtlaan de doelwaarden worden bereikt met een circa 5 m kortere TROC met als gevolg een geringe toename van de kostendoelmatigheid, echter tot een waarde kleiner dan 1. Dit is in de onderstaande tabel weergegeven. De waarde voor Vmax en Q zijn wederom vermeld voor het maatgevende pand "Rembrandtlaan 45".

Tabel 43 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Rembrandtlaan (30% regel).

criterium	Maatregelen set 1: 18 m Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	17 (van 17)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Vmax (Q) voor maatregelen	1,001 (1,38)
Vmax (Q) na maatregelen	0,758 (1,05)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 4.270.000

Criterium	Maatregelen set 1: 18 m Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Kosten doelmatigheid [-]	0,19

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.7 Cluster Helvoirtseweg

Stap 1: globale afweging

Cluster Helvoirtseweg omvat één pand met vier adressen met “wonen” functie aan de oostzijde van het spoor. De maximale benodigde reductie voor dit cluster is 1% van V_{max} . Voor Cluster Helvoirtseweg, zullen alle geselecteerde maatregelen voldoen op het aspect effectiviteit, omdat de benodigde reductie minder dan orde van 5% is. Echter, omdat de beschikbare ruimte tussen de tunnelbak en panden slechts 8 m is, is de uitvoerbaarheid van de TROC met diepwand en jet-grout techniek niet mogelijk.

Dit betekent dat geen van de beschikbare maatregelen hier toepasbaar is.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Deze stap blijft voor dit cluster achterwege bij gebrek aan inpasbare maatregelen.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Ook deze stap wordt niet doorlopen omdat er voor dit cluster geen maatregelen inpasbaar zijn.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.8 Cluster Spoorlaan Noord

Stap 1: globale afweging

Cluster Spoorlaan Noord ligt ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Voor dit cluster is de maximale benodigde reductie van V_{per} ongeveer 8%. Opgemerkt wordt dat de maatregel “TROC” met ofwel diepwand of jet-grout techniek op basis van uitvoerbaarheid niet geschikt wordt geacht, in verband met onvoldoende werkruimte.

Op basis van het voorgaande is voor Cluster Spoorlaan Noord te Vught geconcludeerd dat er geen maatregelen inpasbaar zijn, zodat de stappen 2 en 3 achterwege zijn gelaten. Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G, inclusief een beschouwing op basis van de 30% -regel afweging. Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Spoorlaan Noord niet tot andere conclusies leidt..

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.9 Cluster Spoorlaan Zuid

Stap 1: globale afweging

Cluster Spoorlaan Zuid ligt ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Voor dit cluster is sprake van zowel V_{max} als V_{per} problemen met de maximale benodigde reductie van V_{max} van ongeveer 26% en maximale V_{per} van ongeveer 7%. Voor Cluster Spoorlaan Zuid, is er voldoende ruimte beschikbaar voor het uitvoeren van een constructie met TROC tussen spoor en panden.

Stap 2: Nadere verkenning van oplossingen

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in Cluster Spoorlaan Zuid weergegeven. Voor dit cluster zijn de resultaten van deze stap in de hierna weergegeven tabel gepresenteerd.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 44:

De waarden voor de “Max benodigde reductie V_{max} ” en “Gereduceerde V_{max} ” weergegeven in de tweede en derde kolom hebben betrekking op het maatgevende pand “Spoorlaan 35”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie V_{max} ” en “Gereduceerde V_{max} ” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 44 Verkenning van maatregelen voor Cluster Spoorlaan Zuid.

Maatregel	Max Benodigd reductie V_{per}	V_{per} reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC diepwand D=15 m diep op circa 5 m van de bak	26	28	0	100	6
TROC jet-groutwand D=18 m diep op circa 5 m van de bak	26	28	0	100	6

Volledige mitigatie is te realiseren met de maatregel TROC, met zowel jet-grout van 18 m diep als diepwand techniek van 15 m diep.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Spoorlaan Zuid zijn de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Jet-groutwand van 18 m diep op circa 5 m van de bak.
- Maatregelen set 2: Diepwand van 15 m diep op circa 5 m van de bak.

De benodigde lengte van de maatregel TROC is ongeveer 100 meter. De multicriteria analyse voor Cluster Spoorlaan is weergegeven in navolgende tabel. De waarde voor V_{max} en Q zijn voor het maatgevende pand “Spoorlaan 35”.

Tabel 45. Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Spoorlaan Zuid.

Criterion	Maatregel set 1: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregel set 2: 15 m diepe diepwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 6)	6 (van 6)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Vmax (Q) voor maatregelen	0,542 (1,31)	0,542 (1,31)
Vmax (Q) na maatregelen	0,390 (0,94)	0,390 (0,94)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 2.440.000	€ 1.790.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,12	0,16

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Spoorlaan Zuid te Vught worden getrokken:

- Alle maatregelen sets voldoen op het aspecten effectiviteit.
- Geen van de maatregelen set voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) is aanvullend uitgevoerd. Deze levert de onderstaande resultaten op.

Uit de onderstaande tabel blijkt dat met dat criterium uit het oogpunt van de effectiviteit de maatregel TROC kan worden uitgevoerd met een (5 m) minder diepe wand. Echter, deze maatregel is niet kostendoelmatig. De waarden voor Vmax en Q zijn wederom vermeld voor het maatgevende pand "Spoorlaan 35".

Tabel 46 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Spoorlaan Zuid (30% regel).

Criterion	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregel set 2: 10 m diepe diepwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 6)	6 (van 6)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Vmax (Q) voor maatregelen	0,542 (1,31)	0,542 (1,31)
Vmax (Q) na maatregelen	0,441 (1,06)	0,441 (1,06)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 1.960.000	€ 1.420.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,14	0,20

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.10 Cluster de Schakel

Stap 1: globale afweging

Cluster De Schakel omvat een pand (De Schakel 2) met een winkelfunctie aan de oostzijde van het spoor. De maximale benodigde reductie voor dit cluster is 5% van V_{max} . Voor Cluster De Schakel, voldoen alle voorlopig geselecteerde kansrijke maatregelen ten aanzien van effectiviteit, omdat de benodigde reductie minder dan 5% is.

De gevel van het pand ligt op circa 9 m vanuit toekomstig hart spoor en circa 15 m vanuit hart bestaande spoor. Dit betekent dat het uitvoeren van de TROC met zowel diepwand als jet-grout techniek niet realiseerbaar is en wordt de optie TROC daarom niet verder beschouwd.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat er voor dit cluster geen maatregelen mogelijk zijn.

de aanvullende analyse waarbij het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van V_{max} van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van V_{per} conform Bts leidt voor het cluster De Schakel niet tot andere conclusies.

6.4.11 Combinatie clusters oostzijde

In de paragrafen 6.4.1 tot en met 6.4.11 is de maatregelenafweging voor de afzonderlijke clusters ten oosten van het emplacement station Vught weergegeven.. Dit cluster omvat alle aaneengesloten bebouwing in het noorderlijk deel

De volgende combinaties zijn voor de clusters in Vught Noord beschouwd:

- Combinatie 1: de clusters Clusters Isabellastraat en Molenvenseweg Noord
Dit cluster is beschouwd omdat de clusters aan elkaar grenzen en een zelfde spoor situatie betreffen.
- Cluster 2: de clusters Clusters Isabellastraat, Molenvenseweg Noord en Molenvenseweg Zuid. Deze combinatie omvat alle aaneengesloten afwegingspanden in het noordelijk deel van Vught Noord.

Een combinatie met de afwegingspanden van het cluster Pieter Bruegellaan is niet beschouwd omdat de afwegingspanden van het laatste cluster enige tientallen meters ten zuiden van de bovengenoemde combinatie liggen, zodat er geen maatregelen denkbaar zijn waar zowel de afwegingspanden in het cluster Pieter Bruegellaan als de meer noordelijk gelegen afwegingspanden in Vught Noord een effect van zullen ondervinden.

Maatregelafweging Combinatie 1:

De totale lengte van het gecombineerde cluster is circa 360 m. Voor het gecombineerde cluster is de oplossing met een doorlopende TROC, gecombineerd met een betonplaat onder twee sporen ter hoogte van de clusters Isabellastraat en Molenvenseweg Noord beoordeeld, beide maatregelen toegepast over de genoemde lengte.

De totale investeringskosten bedragen bij toepassing van een diepwand € 9.828.000 en € 12.276.000 bij toepassing van een jet-groutwand. De kostendoelmatigheid is daarbij respectievelijk 0,14 en 0,11.

Dat betekent dat de kostendoelmatigheid door combinatie van de beide clusters niet wezenlijk toeneemt en kleiner dan 1 is.

Maatregelafweging Combinatie 2:

De totale lengte van het gecombineerde cluster is circa 395 m. Voor het gecombineerde cluster is de oplossing met een doorlopende TROC over bovengenoemde lengte, gecombineerd met een betonplaat onder twee sporen ter hoogte van de clusters Isabellastraat en Molenvenseweg Noord over een lengte van 360 m beoordeeld.

De totale investeringskosten bedragen bij toepassing van een diepwand € 10.584.000 en € 13.270.000 bij toepassing van een jet-groutwand. De kostendoelmatigheid is daarbij respectievelijk 0,13 en 0,10.

Dat betekent dat de kostendoelmatigheid van deze combinatie kleiner is dan van combinatie 1 en kleiner dan 1 is.

Andere combinaties van clusters aan de oostzijde van het spoor zijn niet beschouwd, omdat deze nergens aangrenzend zijn en tot een lagere totale investering zullen leiden door de combinatie van de maatregelen.

6.4.12 Cluster Aert Heymlaan

Stap 1: globale afweging

Voor Cluster Aert Heymlaan zijn twee algemene maatregelen, “TROC” en “betonplaat” beschouwd. De oorzaak is dat ter hoogte van de Cluster Aert Heymlaan uitsluitend spoor op een aardenbaan wordt gerealiseerd.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Aert Heymlaan weergegeven. In dit cluster is sprake van een overschrijding van V_{per} bij een pand (tot ongeveer 17% benodigd reductiepercentage).

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 47:

De waarden voor de “Max benodigde reductie V_{max} ” en “Gereduceerde V_{max} ” weergegeven in de tweede en derde kolom van deze tabel hebben betrekking op het maatgevende pand “Aert Heymlaan 1”. *Tabel 47 Verkenning van maatregelen voor Cluster Aert Heymlaan.*

Maatregel	Max Benodigd reductie V_{per}	V_{per} reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
Betonplaat op spoor 1	17	18	0	100	1
TROC Diepwand t.p.v. talud D=15 m	17	-6	22	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. talud D=18 m	17	-6	22	0	0
TROC Diepwand t.p.v. talud D=20 m	17	7	10	0	0
TROC jet-groutwand t.p.v. talud D=23 m	17	7	10	0	0
TROC Diepwand t.p.v. kant weg D=15 m	17	36	0	100	1
TROC jet-groutwand t.p.v. kant weg D=18 m	17	36	0	100	1
TROC Diepwand t.p.v. kant weg D=20 m	17	44	0	100	1
TROC jet-groutwand t.p.v. kant weg D=23 m	17	44	0	100	1

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregelen bij Cluster Aert Heymlaan weergegeven:

- De toepassing van de maatregel “betonplaat” op het westelijke spoor levert voldoende mitigatie. Dit is een gevolg van het feit dat de V_{per} overschrijding voornamelijk wordt bepaald door de treinpassages op dit spoor 1.
- Met de maatregel TROC van 15 m diepte diepwand en van 18 m diepte jet-groutwand ter plaatse van kant weg (op ongeveer 23 m van het spoor), is volledige mitigatie te realiseren.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Aert Heymlaan worden de onderstaande maatregelen sets beschouwd:

- Maatregelen set 1: 15 m diepte diepwand t.p.v. kant weg (ongeveer 23 m van het spoor).
- Maatregelen set 2: 18 m diepte jet-groutwand t.p.v. kant weg (ongeveer 23 m van het spoor).
- Maatregelen set 3: Betonplaat onder het westelijk spoor.

Het Cluster Aert Heymblaan baksituatie omvat het pand Aert Heymblaan no 1. Dit pand ligt aan de westzijde van het spoor dat in een boog langs de panden heen loopt. De totale lengte langs het spoor is ongeveer 80 meter. Voor de lengte van de maatregelen is circa 120 m meegenomen. De multicriteria analyse voor dit cluster is weergegeven in Tabel 48.

Tabel 48 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Aert Heymblaan.

criterium	Maatregelen set 1: 15 m diepte diepwand	Maatregelen set 2: 18 m diepte jet-groutwand	Maatregelen set 3: Betonplaat onder westelijke spoor
Effectiviteit [%]	100%	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	1 (van 1)	1 (van 1)	1 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0	0
Vper voor maatregelen	0,125	0,125	0,125
Vper na maatregelen	0,080	0,080	0,102
Inpasbaarheid [-]	++	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++
Kosten [€]	€2.148.000	€ 2.928.000	€ 696.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,02	0,02	0,07

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Aert Heymblaan te Vught wordt getrokken:

- De maatregelen TROC en betonplaat onder westelijke spoor voldoen op het aspect effectiviteit maar zijn niet kostendoelmatig.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van Vmax tot hoogstens 30%) is aanvullend beschouwd. Dit resulteert evenmin in een kostendoelmatige maatregelset.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor dit cluster geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.13 Cluster Van Miertstraat

Stap 1: globale afweging

Cluster Van Miertstraat ligt ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Voor dit cluster is de maatregel "TROC" beschouwd. Het beoogde reductiepercentage heeft betrekking op een Vper reductie met een maximum van ongeveer 30%.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand zijn de resultaten voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in het Cluster Van Miertstraat weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 49:

De waarden voor de “Max benodigde reductie V_{max}” en “Gereduceerde V_{max}” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 49 hebben betrekking op het maatgevende pand “Van Miertstraat 1”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie V_{max}” en “Gereduceerde V_{max}” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 49 Verkenning van maatregelen voor Cluster Van Mierstraat.

Maatregel	Max Benodigd reductie V _{per}	V _{per} reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
TROC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=15 m	30	28	3	71	10
TROC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=18 m	30	28	3	71	10
TROC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=20 m	30	28	2	71	10
TROC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=23 m	30	28	2	71	10
TROC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=15 m	30	2	28	14	2
TROC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=18 m	30	2	28	14	2
TROC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=20 m	30	8	22	29	4
TROC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=23 m	30	8	22	29	4

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregelen bij Cluster Van Miertstraat weergegeven:

- Met de maatregel TROC, op een afstand van 5 m van de bak, is de grootste mitigatie te realiseren, al wordt daarbij geen volledige mitigatie gerealiseerd.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Van Miertstraat, zijn de onderstaande maatregel sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Diepwand van 20 m diepte op circa 5 m van de bak
- Maatregelen set 2: Jet-groutwand van 23 m diepte op circa 5 m van de bak

Het Cluster Van Miertstraat omvat panden met nummers 1 t/m 12. De benodigde lengte van maatregelen in de overdracht is circa 185 m.

De multicriteria analyse voor Cluster van Miertstraat is weergegeven in Tabel 50. De waarden voor V_{max} en Q zijn vermeld in deze tabel voor het maatgevende pand “Van Miertstraat 1”.

Tabel 50 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Van Miertstraat.

criterium	Maatregelen set 1: 15 m diepte diepwand op 5 m van het de bak	Maatregelen set 2: 18 m diepte jet-groutwand op 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	71%	71%
Aantal panden gemitigeerd [-]	10 (van 14)	10 (van 14)
Additionele max reductie benodigd [%]	< 3	< 3
V_{per} voor maatregelen	0,148	0,148
V_{per} na maatregelen	0,106	0,106
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 3.311.500	€ 4.514.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,14	0,10

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Van Miertstraat worden getrokken:

- Geen van de maatregelen sets TROC voldoen op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een maatregelenafweging op basis van de 30% benadering (beperking van toename van V_{max} tot hoogstens 30%) is aanvullend beschouwd. Dit resulteert evenmin in een kostendoelmatige maatregelset.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Samenvattend wordt vastgesteld dat er voor het cluster Van Miertstraat geen kostendoelmatige maatregelen zijn om mitigatie volgens de Bts streefwaarden te realiseren.

6.4.14 Combinatie clusters westzijde

De beide clusters ten westen van het spoor liggen ver uiteen. Dat betekent dat een analyse van de combinatie geen meerwaarde heeft.

6.4.15 Combinatie clusters oost- en westzijde

Een combinatie van maatregelen voor clusters aan oost- en westzijde is alleen ter plaatse van de clusters Van Miertstraat aan de orde. In alle andere gevallen zijn de clusters ten oosten van het spoor gesitueerd. Ter hoogte van Miertstraat zijn geen bronmaatregelen (betonplaat) afgewogen zodat combineren van clusters geen meerwaarde heeft.

6.5 Samenvattende maatregelenafweging plansituatie

Op basis van de afweging die per cluster is gemaakt, is de volgende samenvattende beoordeling voor het projectgebied Vught opgesteld. Deze is gemaakt op basis van de beoordeling op effectiviteit en kostendoelmatigheid van maatregelen en maatregelen-sets die op de overige in beschouwing genomen aspecten positief scoren. Indien meerdere maatregelen of -sets effectief zijn, maar geen van de sets een kostendoelmatigheid groter dan 1 heeft, wordt uitsluitende de maatregel(set) vermeld met de hoogste kostendoelmatigheid.

Het overzicht in Tabel 51 geeft het volgende weer: Voor de alle clusters zijn de mogelijke en daarbij effectieve maatregelen-sets niet kostendoelmatig. Een beschouwing op basis van de 30% benadering resulteert in dezelfde conclusie.

Tabel 51 Samenvatting multi criteria analyse maatregelsets Vught.

No	Cluster	Maatregelset BTS (30% regel)	Effectiviteit (%) - BTS	Kosten-doelmatigheid (-) - BTS	Effectiviteit (%) - 30% regel	Kosten-doelmatigheid (-) – 30% regel
1	Isabellastraat	Betonplaat voor 2 sporen + diepwand (betonplaat onder oostelijke spoor)	80	0,14	100	0,82
2	Molenvenseweg Noord	Betonplaat voor 2 sporen + 20 m diepe diepwand t.p.v. baanontwerp geplande keerwand (15 m diepe diepwand t.p.v. baanontwerp geplande keerwand)	65	0,14	100	0,33
3	Molenvenseweg Zuid	20 m diepe diepwand t.p.v. baanontwerp geplande keerwand (15 m diepe diepwand t.p.v. baanontwerp geplande keerwand)	0,0	0,0	100	0,08
4	Pieter Bruegellaan	20 m diepe diepwand t.p.v. teen spoortalud	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Rembrandterf	15 m diepe diepwand op 5 m van de bak	100	0,11	n.v.t.	n.v.t.
		15 m diepe diepwand op 13 m van het spoor	100	0,11	n.v.t.	n.v.t.
6	Rembrandtlaan	23 m jet-groutwand (18 m jet-groutwand)	35	0,06	100	0,19
7	Helvoirtseweg	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8	Spoorlaan Noord	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
9	Spoorlaan Zuid	15 m diepte diepwand (10 m diepte diepwand)	100	0,16	100	0,20
10	De Schakel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
11	Aert Heymlaan	15 m diepe diepwand op 23 m van het spoor	100	0,02	n.v.t.	n.v.t.
		Betonplaat onder westelijke spoor	100	0,07	n.v.t.	n.v.t.

12	Van Miertstraat	15 m diepe diepwand op 5 m van de bak	71	0,14	n.v.t.	n.v.t.
	Combinatie van Isabellastraat/ Molenvenseweg Noord	betonplaat + TROCwand met diepwand techniek	71	0,14	100	0,46
	Combinatie van Isabellastraat/ Molenvenseweg Noord/Molenvenseweg Zuid	betonplaat + TROCwand met diepwand techniek	69	0,13	100	0,24

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

6.6 Invloed op overige omgevingsfactoren

6.6.1 Laagfrequent geluid

Voor laagfrequent geluid zijn de trillingen die de panden bereiken in het frequentiedomein van de 63 en 125 Hz octaafband maatgevend.

In het prognosemodel, zie ref [2], is gebruik gemaakt van de resultaten van praktijkmetingen in de verdiepte ligging Nijverdal. Op basis van deze metingen is voor het frequentiedomein van 63Hz en hoger een invoegverlies op de bronsterkte toegepast. In de verdiepte ligging Nijverdal is in de spoorconstructie geen ballastmat toegepast. In de verdiepte ligging Vught is de verwachting dat wel een ballastmat zal worden toegepast. De ballastmat zal een mitigerende werking hebben waardoor de bronsterkte van de trillingen wordt gereduceerd alvorens deze naar de omgeving kan afstralen. Dit betekent dat met het toegepaste prognosemodel voor laagfrequent geluid een overschatting van de omgevingsbeïnvloeding is bepaald.

Op basis van literatuur (ref [6]) is vastgesteld dat de maatregel "Ballast mat" effectief is voor frequenties boven 40 Hz. Daarbij treden in het frequentiebereik van 63 tot 125 Hz reducties op in de orde van tenminste 14 dB (afname trillingssterkte circa 80%).

Zoals beschreven in ref [2] is, op basis van de metingen in Nijverdal, afgeleid dat er in Vught in woningen op 15 m afstand tot het spoor rekeningen gehouden dient te worden met een overschrijding van de grenswaarde voor laagfrequent geluid van circa 16 dB in de 63 Hz band. Voor woningen op 35 m afstand bedraagt deze overschrijding naar verwachting nog tenminste 10 dB. Het gebied waarin overschrijding werd verwacht is daarbij vastgesteld op 60 m vanuit het spoor.

Op basis van ref [6] kan worden aangenomen dat bij toepassing spoor in ballast op ballastmatten in de verdiepte ligging er voor frequenties boven 63 Hz, een reductie van de trillingssterkte van gemiddeld 14 dB (circa 80%) optreedt. Wordt deze afname verwerkt in de prognoses voor Vught, dan volgt hieruit dat het invloedsgebied waarin een overschrijding van de grenswaarden voor laagfrequent geluid optreedt, afneemt tot een gebied tot 25 m vanuit het spoor. Deze afname heeft tot gevolg dat het aantal woningen waarin naar verwachting deze overschrijding optreedt afneemt van 439 woningen naar 141 woningen.

Geen van de toepasbare maatregelen voor trillingsmitigatie is geschikt om een afname in het frequentiedomein van laagfrequent geluid te realiseren.

6.6.2 Geluid

Bij de maatregelen die buiten het spoor zouden worden getroffen (TROC-diepwand) is er sprake van een oplossing die geen invloed heeft op de geluidsproductieniveaus van het spoor.

Ook bij de toepassing van spoor in ballast op een betonplaat is er geen toename van de geluidsniveaus te verwachten.

7 RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT TIJDELIJKE SITUATIE

7.1 Knelpunten analyse

Voor de tijdelijke situatie, waarbij er een dubbel spoor ten westen van de bestaande sporen wordt gelegd, is een vergelijkbare maatregelafweging uitgevoerd als voor de planfase. Aangezien er voor dergelijke langdurige (meerdere jaren) tijdelijke situaties geen specifieke richtlijnen zijn opgesteld, is hiervoor dezelfde aanpak gevolgd als voor de plansituatie. In de onderstaande figuur zijn de afwegingspanden weergegeven.



Figuur 14 Overzicht afwegingspanden Vught, Tijdelijke situatie.

In de tijdelijke situatie geldt dat:

- Overwegend aan de westzijde een reductie benodigd is. Ter plaatse van de cluster Helvoirtseweg is de hoogste reductie benodigd van 60 tot 90%.
- Alleen aan de noordzijde, ter hoogte van de Bosscheweg, komt het spoor, als gevolg van de intakking, zeer lokaal enigszins oostwaarts. Het effect hiervan op trillingen heeft betrekking op één pand.
- De trillingskarakteristiek $v_{max}B_t$ s bepalend is voor de maatgevende reductie.

7.2 Clustering van afwegingspanden

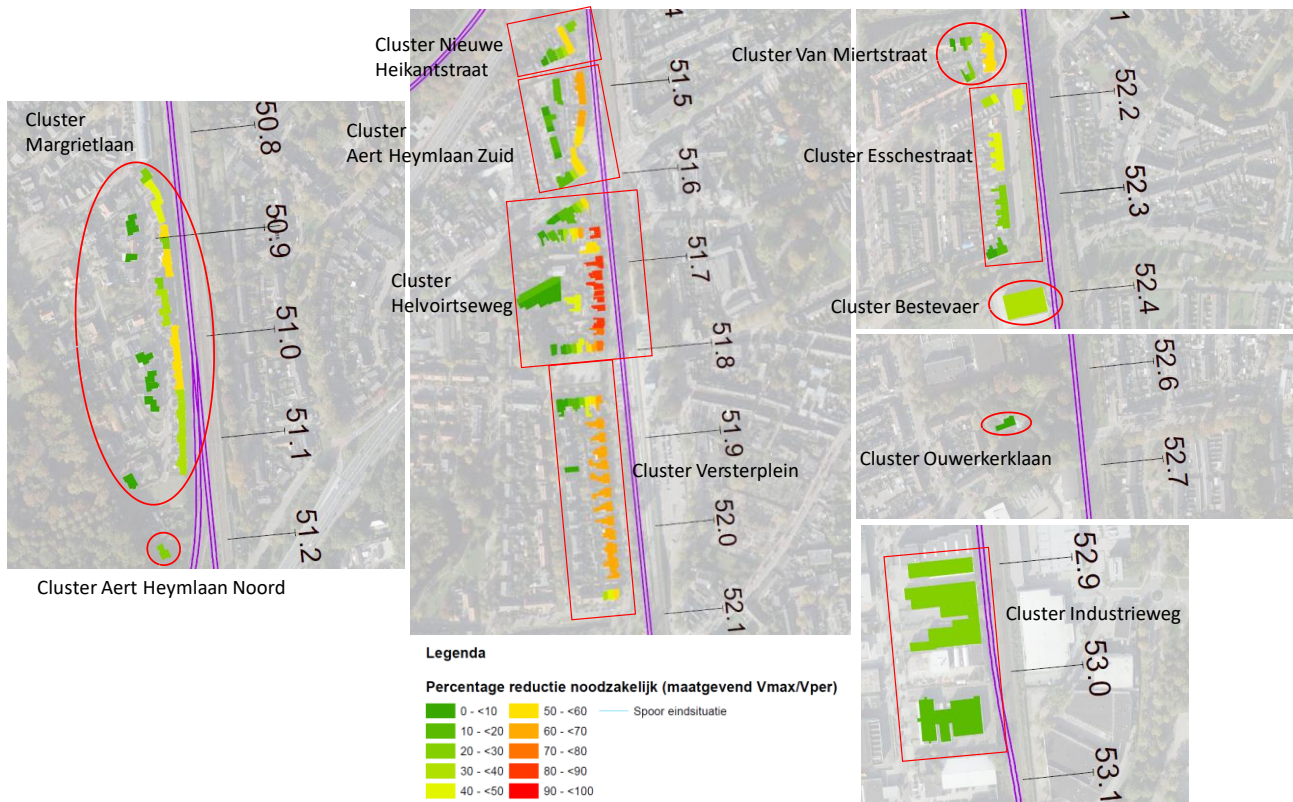
Voor de tijdelijke situatie zijn de afwegingspanden in het gebied Vught verdeeld in 11 clusters. De methodiek om tot deze clusters te komen is vergelijkbaar met de methode die voor de plansituatie is gehanteerd. De clusters komen echter niet overeen met de clusters die in de plansituatie zijn benoemd.

De volgende clusters worden onderscheiden:

Tabel 52 Beschrijving clusters Vught Tijdelijke situatie.

Nr	Benaming cluster	Omschrijving	Beschrijving tijdelijk situatie
1	Cluster Margrietlaan	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 50,84 tot en met km 51,14)	Dit cluster bestaat voornamelijk uit panden aan de Margrietlaan en loopt parallel aan het spoor. De minimale afstand tussen de huizen en het spoor is circa 8 m.
2	Cluster Aert Heymlaan Noord	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,20)	Dit cluster bestaat uit 1 woning.
3	Cluster Nieuwe Heikantstraat	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,43 tot en met km 51,47)	Dit cluster omvat uit woningen waarbij een gedeelte bestaat uit woningblokken haaks op het spoor. De kortste afstand tussen woning en tijdelijk spoor is circa 12 m.
4	Cluster Aert Heymlaan Zuid	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,48 tot en met km 51,60)	Dit cluster bestaat uit 3 blokken woningen.
5	Cluster Helvoirtseweg	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,63 tot en met km 51,79)	In dit cluster staan enkele huizen haaks op het spoor. De kortste afstand tussen woning en tijdelijk spoor is circa 8 m.
6	Cluster Versterplein	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,85 tot en met km 52,07)	Dit cluster bestaat uit een aantal woonhuizen die een blok vormen haaks op het spoortracé.
7	Cluster Van Miertstraat	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 52,13 tot en met km 52,17)	Dit cluster bestaat uit een blok woonhuizen en paar vrijstaande panden parallel aan het spoor.
8	Cluster Esschestraat	Woningen aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 52,20 tot en met km 52,35)	Dit cluster bevat 4 blokken huizen waarvan 2 blokken parallel aan het spoor en 2 blokken haaks op de spooras.
9	Cluster Bestevaer	Bedrijfspannd aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 52,41)	Dit cluster is een pand met 11 bedrijfseenheden.
10	Cluster Ouwerkerklaan	Woning aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 52,65)	Dit cluster omvat 1 pand.
11	Cluster Industrierweg	pandenn aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 52,90 tot en met km 53,04)	Dit cluster bestaat uit een aantal woningen en grote bedrijfspanden inclusief kantorenfunctie.

De ligging van de clusters voor de tijdelijke situatie is weergegeven in de overzichtskaart in Figuur 15.



Figuur 15 Overzicht clusters Vught, Tijdelijke situatie.

In Bijlage F zijn detailkaarten van de clusters weergegeven.

In Tabel 53 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (V_{max} en V_{per}) weergegeven.

Tabel 53 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging tijdelijke situatie.

Nr.	Benaming cluster	Aantal afwegingspanden/wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m ²)	Vloeroppervlakte per categorie (m ²)	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Margrietlaan	32/32	N.v.t.	N.v.t.	56%	0%
2	Cluster Aert Heymlaan Noord	1/1	N.v.t.	N.v.t.	0%	28%
3	Cluster Nieuwe Heikantstraat	7/7	N.v.t.	N.v.t.	54%	0%
4	Cluster Aert Heymlaan Zuid	29/28	208	Winkelfunctie: 208	68%	0%
5	Cluster Helvoirtseweg	41/38	485	Bijeenkomstfunctie: 435 Winkelfunctie: 50	85%	46%
6	Cluster Versterplein	35/34	14	Kantoorfunctie: 14	68%	0%
7	Cluster Van Miertstraat	12/12	N.v.t.	N.v.t.	57%	0%
8	Cluster Esschestraat	25/24	203	Bijeenkomstfunctie: 203	46%	31%
9	Cluster Besteveer	11/0	1000	Kantoorfunctie: 835 Winkelfunctie: 165	31%	0%
10	Cluster Ouwerkerklaan	1/1	N.v.t.	N.v.t.	4%	0%
11	Cluster Industrieweg	6/2	4558	Kantoorfunctie: 3718 Industriefunctie: 840	29%	0%

7.3 Selectie van effectieve maatregelen

Uitgangspunt in de analyse is dat de volgende maatregelen voor de tijdelijke situatie in het ontwerp, gebruik en het onderhoud van de tijdelijke sporen worden toegepast:

- De rijsnelheid in de tijdelijke situatie is voor alle treinen en op beide sporen gelimiteerd tot 80 km/uur.
- Ter plaatse van de overgang van aardebaan naar (tijdelijke) kunstwerken worden overgangsconstructies toegepast.
- Er wordt waar mogelijk voegloos spoor toegepast.
- Onderhoud aan de baan en spoor in de tijdelijke situatie wordt overeenkomstig de gangbare procedures uitgevoerd. Dit betekent dat de kwaliteit van baan en spoorligging op identieke wijze wordt geborgd als bij permanent spoor.

Om in de tijdelijke situatie voldoende mitigatie te realiseren zijn de volgende maatregelen sets beschouwd:

- Betonplaat onder de beide tijdelijke sporen.
- Betonplaat onder de beide sporen, in combinatie met een TROC met diepwand van 15 m diepte of jet-groutwand van 18 m diepte.
- Betonplaat onder de beide sporen, in combinatie met een TROC met diepwand van 20 m diepte of jet-groutwand van 23 m diepte.

- Een TROC, type diepwand van 15 m diepte of jet-groutwand van 18 m diepte.
- Een TROC, type diepwand van 20 m diepte of jet-groutwand van 23 m diepte.

Het toepassen van maatregelen bij de ontvanger wordt, gezien de geringe effectiviteit van deze maatregel in relatie tot de beoogde reductie, niet beschouwd.

Per cluster is, op basis van de benodigde reductie, maximaal een drietal maatregelsets bepaald uit bovenstaande 5 sets. De effectiviteit van de beschouwde maatregelen is ontleend aan de voor deze maatregelen gehanteerde uitgangspunten en eventueel uitgevoerde modelberekeningen voor de beschouwde situaties in de plansituatie.

7.4 Doelmatigheidsafweging

In de onderstaande tabellen zijn de resultaten van de multicriteria analyses per cluster in de tijdelijke situatie weergegeven.

7.4.1 Cluster Margrietlaan

De ruimte tussen het pand en as tijdelijk spoor bedraagt lokaal circa 8 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een TROC zowel met diepwand als jet-groutwand, in verband met de benodigde werkruimte, bij voorkeur voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam dient te gebeuren en om die reden niet wordt meegenomen. De lengte waarover de maatregelen moeten worden toegepast is circa 380 m. De V_{max} en Q waarden, vermeld in onderstaande tabel, hebben betrekking op het maatgevende pand, "Margrietlaan 39".

Tabel 54 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Margrietlaan.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	25%
Aantal panden gemitigeerd [-]	8 (van 32)
Additionele max reductie benodigd [%]	52
V_{max} (Q) voor maatregelen	0,916 (1,60)
V_{max} (Q) na maatregelen	0,870 (1,52)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 3.724.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,10

De beschouwde maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.2 Cluster Aert Heymlaan Noord

De ruimte tussen woning en as tijdelijk spoor bedraagt circa 21 m en is voldoende om de maatregel "TROC" uit te voeren. Daarom is de maatregel TROC met zowel diepwand als jet-grout techniek beschouwd. De

benodigde lengte van de maatregelen (betonplaat en TROC) op circa 5 m van het spoor is circa 65 m. De Vmax en Q waarden in onderstaande tabel zijn vermeld voor het maatgevende pand “Aert Heymlaan 1”.

Tabel 55 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Aert Heymlaan Noord.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +20 m diepe diepwand	Maatregelen set 3: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	0%	0%	0%
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 1)	0 (van 1)	0 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	19	13	13
Vmax (Q) voor maatregelen	1,182 (1,27)	1,182 (1,27)	1,182 (1,27)
Vmax (Q) na maatregelen	1,075 (1,16)	0,992 (1,07)	0,992 (1,07)
Inpasbaarheid [-]	++	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+	+
Robuustheid [-]	+	+	+
Kosten [€]	€ 637.000	€ 2.041.000	€ 2.483.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,00	0,00	0,00

Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.3 Cluster Nieuwe Heikantstraat

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 12 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een diepwand, in verband met de benodigde werkruimte, bij voorkeur voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam dient te gebeuren. Op basis hiervan, is een TROC met jet-grout techniek op circa 5 m van het spoor voorgesteld.

De lengte van het traject van de maatregelen is circa 80 m. De Vmax en Q waarden zijn in de navolgende tabel vermeld voor het maatgevende pand “Nieuwe Heikantstraat 21”.

Tabel 56 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Nieuwe Heikantstraat.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	29%	71%
Aantal panden gemitigeerd [-]	2 (van 7)	5 (van 7)
Additionele max reductie benodigd [%]	45	30
Vmax (Q) voor maatregelen	0,888 (1,81)	0,888 (1,81)
Vmax (Q) na maatregelen	0,799 (1,63)	0,669 (1,37)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 784.000	€ 3.056.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,12	0,08

Geen van de maatregelen sets voldoen op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.4 Cluster Aert Heymlaan Zuid

De ruimte tussen panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 7 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een TROC met zowel diepwand of jet-grout techniek niet realiseerbaar is na de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. De lengte van de maatregelen is circa 140 m. De Vmax en Q waarden in Tabel 57 hebben betrekking op het maatgevende pand, "Aert Heymlaan 16".

Tabel 57 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Aert Heymlaan Zuid.

Criterion	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	39%
Aantal panden gemitigeerd [-]	11 (van 28)
Oppervlakte gemitigeerd [m ²]	0 (van 208)
Additionele max reductie benodigd [%]	64
Vmax (Q) voor maatregelen	1,270 (1,99)
Vmax (Q) na maatregelen	1,221 (1,91)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 1.372.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,38

De maatregel voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.5 Cluster Helvoirtseweg

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 8 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een TROC met ofwel diepwand of jet-grout techniek niet realiseerbaar is na de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. De lengte van de maatregelen is circa 200 m. De Vmax en Q waarden zijn in de navolgende tabel vermeld voor het maatgevende pand, "Van Miertstraat 3".

Tabel 58 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Helvoirtseweg.

Criterion	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	33%
Aantal panden gemitigeerd [-]	8 (van 38)
Oppervlakte gemitigeerd [m ²]	285 (van 485) 235 m ² bijeenkomst+ 50 m ² winkel
Additionele max reductie benodigd [%]	93
Vmax (Q) voor maatregelen	2,759 (2,02)
Vmax (Q) na maatregelen	2,924 (2,15)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 1.960.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,20

Uit de analyse blijkt dat de maatregel weliswaar effect heeft bij panden op enige afstand van het spoor, maar dat er ter plaatse van het maatgevende pand, op korte afstand van het spoor, sprake is van een toename van het trillingsniveau (zoals blijkt uit bovenstaande tabel) en er daar geen sprake is van mitigatie. De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.6 Cluster Versterplein

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 25 m. Dit betekent dat de uitvoerbaarheid van een TROC- wand op basis van beschikbare werkruimte mogelijk is. De lengte van de maatregelen is circa 270 m. Een TROC wordt op een afstand van circa 20 m van het spoor beschouwd. De Vmax en Q waarden zijn voor het maatgevende pand, "Van Miertstraat 16" in de onderstaande tabel vermeld.

Tabel 59 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Versterplein.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen +20 m diepe diepwand	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	17%	17%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 34)	6 (van 34)
Oppervlakte gemitigeerd [m ²]	0 (van 14)	0 (van 14)
Additionele max reductie benodigd [%]	24	24
Vmax (Q) voor maatregelen	1,247 (1,84)	1,247 (1,84)
Vmax (Q) na maatregelen	0,645 (0,95)	0,645 (0,95)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 8.478.000	€ 10.314.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,03	0,03

De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.7 Cluster Van Miertstraat

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 30 m. Dit betekent dat de uitvoerbaarheid van een TROC op basis van beschikbare werkruimte mogelijk is. De lengte van de maatregelen is circa 120 m. Een TROC wordt op een afstand van circa 20 m van het spoor wordt beschouwd. De Vmax en Q waarden hebben betrekking op het maatgevende pand, "Van Miertstraat 46".

Tabel 60 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Van Miertstraat.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen +20 m diepe diepwand	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	42%	42%
Aantal panden gemitigeerd [-]	5 (van 12)	5 (van 12)
Additionele max reductie benodigd [%]	7	7
Vmax (Q) voor maatregelen	0,950 (1,75)	0,950 (1,75)
Vmax (Q) na maatregelen	0,463 (0,85)	0,463 (0,85)
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 3.768.000	€ 4.584.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,06	0,05

De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.8 Cluster Esschestraat

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 33 m. Dit betekent dat de uitvoerbaarheid van de wand op basis van beschikbare werkruimte mogelijk is. Echter, de toepassing van de TROC op deze locatie is minder effectief dan de betonplaat, bij de afstand tussen panden en spoor en de beoogde reductie. Daarom wordt alleen de maatregel betonplaat beschouwd. De lengte van de maatregel is circa 200 m. De Vmax en Q waarden zijn voor het maatgevende pand, Esschestraat 3 bepaald en vermeld in de onderstaande tabel.

Tabel 61 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Eschestraat.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	20%
Aantal panden gemitigeerd [-]	5 (van 24)
Oppervlakte gemitigeerd [m ²]	0 (van 203)
Additionele max reductie benodigd [%]	30
Vmax (Q) voor maatregelen	0,749 (1,41)
Vmax (Q) na maatregelen	0,614 (1,16)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 1.960.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,12

De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

7.4.9 Cluster Bestevaer

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 6 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een TROC met ofwel diepwand of jet-groutwand niet realiseerbaar is, ook niet voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. De lengte van de maatregelen is circa 60 m. De Vmax en Q waarden, vermeld in Tabel 62, zijn voor de maatgevend pand, "Bestevaer 1".

Tabel 62 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Bestevaer.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	100%
Oppervlakte gemittigeerd [m ²]	1000 (van 1000) 835 m ² kantoor+ 165 m ² winkel
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Vmax (Q) voor maatregelen	0,672 (1,88)
Vmax (Q) na maatregelen	0,316 (0,88)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	--
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 588.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,08

De maatregelen set voldoet op de aspect effectiviteit, maar niet op de aspect kostendoelmatigheid.

7.4.10 Cluster Ouwerkerklaan

Het pand in dit cluster grenst aan de begraafplaats, die aan de andere zijde tot aan het tijdelijke spoor doorloopt. Om die reden is geen overdracht maatregel inpasbaar en uitvoerbaar en wordt uitsluitend de maatregelset betonplaat onder 2 sporen beschouwd. De lengte van de maatregelen is circa 60 m.

Tabel 63 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Ouwkerklaan.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	1 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Vmax (Q) voor maatregelen	0,258 (1,36)
Vmax (Q) na maatregelen	0,227 (1,19)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 588,000
Kosten doelmatigheid [-]	0,08

De beschouwde maatregelen set voldoet op het aspect effectiviteit maar is niet kostendoelmatig.

7.4.11 Cluster Industrieweg

De minimale ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 6 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een TROC met ofwel diepwand of jet-groutwand niet realiseerbaar is voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. Derhalve is alleen de maatregel “betonplaat” beschouwd. De lengte van de maatregelen is circa 365 m. De Vmax en Q waarden in de navolgende tabel hebben betrekking op het maatgevende pand, “Industrieweg 9”.

Tabel 64 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Industrieweg.

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	2
Oppervlakte gemitigeerd [m ²]	4558 (van 4558) 3718 m ² kantoor+ 840 m ² industrie
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Vmax (Q) voor maatregelen	0,566 (1,70)
Vmax (Q) na maatregelen	0,362 (1,09)
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	--
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 3.577.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,08

De beschouwde maatregelen set voldoet op het aspect effectiviteit maar is niet kostendoelmatig.

7.5 Samenvattende maatregelenafweging

Op basis van de afweging die per cluster is gemaakt, is de volgende samenvattende beoordeling gemaakt voor de tijdelijke situatie in Vught. Deze is gemaakt op basis van de beoordeling op effectiviteit en kostendoelmatigheid van maatregelen en maatregelen-sets die op de overige in beschouwing genomen aspecten positief scoren. Indien meerdere maatregelen of -sets effectief zijn, maar geen van de sets een kostendoelmatigheid groter dan 1 heeft, wordt uitsluitende de maatregel(set) vermeld met de hoogste kostendoelmatigheid. Indien er geen maatregelen zijn vastgesteld waarmee enige mate van effectiviteit wordt bereikt is geen maatregel beschouwd.

Tabel 65 Samenvatting van de multi criteria analyse maatregelsets.

No	Cluster	Maatregelset	Effectiviteit (%)	Kosten-doelmatigheid (-)
1	Margrietlaan	Betonplaat onder 2 sporen	25	0,10
2	Aert Heymlaan Noord	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	Nieuwe Heikantstraat	Betonplaat voor 2 sporen + jet-groutwand	71	0,08
4	Aert Heymlaan Zuid	Betonplaat voor 2 sporen	39	0,38
5	Helvoirtseweg	Betonplaat voor 2 sporen	33	0,20
6	Versterplein	Betonplaat voor 2 sporen + diepwand	17	0,03
7	Van Miertstraat	Betonplaat voor 2 sporen + diepwand	42	0,06
8	Esschestraat	Betonplaat voor 2 sporen	20	0,12
9	Bestevaer	Betonplaat voor 2 sporen	100	0,08
10	Ouwerkerklaan	Betonplaat voor 2 sporen	100	0,08
11	Industrieweg	Betonplaat voor 2 sporen	100	0,08

Uit de resultaten van de beschouwde varianten volgt dat:

- Alleen bij de clusters Bestevaer, Ouwerkerklaan en Industrieweg is een maatregelen set denkbaar die voldoende effectiviteit heeft ten aanzien van trillingsmitigatie. Voor de andere clusters is geen realistische en effectieve maatregelen set aan te geven.
- De inpassing van een TROC tussen het spoor en de afwegingspanden, die ten westen van het spoor liggen, zal op korte afstand van het spoor moeten gebeuren. Als gevolg van de korte afstand tot de bron zal de TROC in die situatie bij een groot aantal afwegingspanden niet tot mitigatie leiden. Bovendien is de uitvoerbaarheid vanuit het oogpunt van beperkte werkbreedte bij een aantal clusters een reden waarom deze maatregel af dient te vallen.
- In alle beschouwde gevallen is de kostendoelmatigheid onvoldoende.

De maatregelenafweging resulteert in de conclusie dat er voor geen van de clusters een maatregelset is die voldoet aan de gestelde eisen in het kader van de doelmatigheidsafweging. Dit is samengevat in bijlage G.

In deze bijlage is tevens per cluster de maatregelenafweging opgenomen waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van V_{max} van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van V_{per} conform Bts.

Zoals uit het overzicht blijkt levert deze aanpak weliswaar een afname op van de benodigde mitigatie bij acht clusters op, maar in geen van de gevallen is hierbij sprake van kostendoelmatigheid.

8 RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT - BOXTEL

8.1 Knelpuntenanalyse

In Figuur 16 zijn de afwegingspanden weergegeven met een overschrijding van de toetswaarden van V_{max} en V_{per} , zoals vastgesteld in ref [2].



Figuur 16 Overzicht afwegingspanden Vught-Boxtel Plansituatie.

Er is in de plansituatie geen sprake van een overschrijding van de interventiewaarde $v_{maxBts} > 3,2$. Wel dient conform de Bts een doelmatigheidsafweging van maatregelen te worden uitgevoerd.

Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Bij 20 panden wordt de Bts overschreden voor v_{per} in de plansituatie.
- Voor de v_{maxBts} is geen reductie benodigd in het beschouwde gebied.
- Met name aan de oostzijde (18 van de 20 panden in bebouwde kom van Boxtel) is een reductie benodigd is van circa 25% van de v_{per} in de plansituatie, met uitzondering van de bebouwing aan het Stationsplein waar een reductie van 12% benodigd is.

8.2 Clustering van afwegingspanden

In het gebied Vught-Boxtel zijn in totaal 20 afwegingspanden vastgesteld (zie ref [2]). In het gebied Boxtel liggen alle panden langs een spoor op een aardebaan.

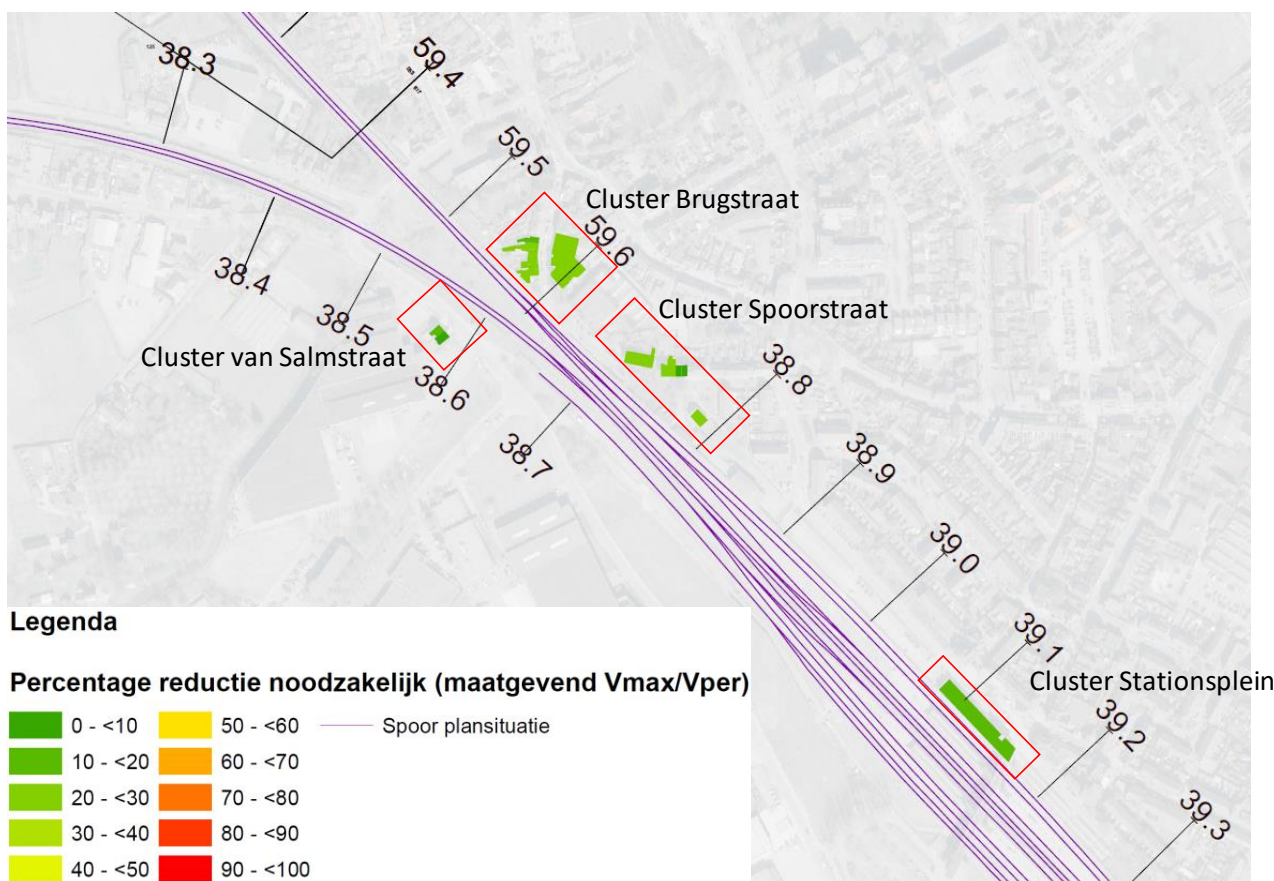
Het gebied Vught-Boxtel is verdeeld in vier clusters, deze zijn weergegeven in Tabel 66.

Tabel 66 Beschrijving clusters Vught-Boxtel Plansituatie.

Nr.	Benaming cluster	Omschrijving
1	Cluster van Salmstraat	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 38,57.
2	Cluster Brugstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 59,56 tot en met km 59,60.
3	Cluster Spoorstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 38,71 tot en met km 38,87.
4	Cluster Stationsplein	Dit cluster bevat drie winkels naast het spoor. De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 39,08 tot en met km 39,16.

De ligging van de clusters is weergegeven in de overzichtskaart in onderstaande figuur.

Opgemerkt wordt dat het Cluster Stationsplein het station Boxtel met daaraan gekoppelde commerciële ruimten betreft. Omdat in de 3 panden die dit betreft spoorgebonden bedrijfsactiviteiten plaatsvinden, wordt hiervoor geen afweging van maatregelen uitgewerkt. De afweging heeft derhalve betrekking op 3 clusters met totaal 17 panden.



Figuur 17 Overzicht clusters Vught-Boxtel plansituatie.

In Bijlage F zijn detailkaarten van de clusters weergegeven, inclusief de classificatie van de afwegingspanden op basis van de benodigde trillingsreductie (situatie zonder maatregelen).

In Tabel 67 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (Vmax en Vper) weergegeven (exclusief Cluster Stationsplein).

Tabel 67 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging.

Nr.	Locatie Boxtel	Aantal afwegingspanden/ wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m ²)	Vloeroppervlakte per categorie (m ²)	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Van Salmstraat	2/2	N.v.t.	N.v.t.	0%	11%
2	Cluster Brugstraat	9/7	2092	Kantoorfunctie: 846 Gezondheidszorgfunctie: 1246	0%	25%
3	Cluster Spoorstraat	6/6	N.v.t.	N.v.t.	0%	25%

8.3 Selectie van effectieve maatregelen

De maatregelen die op basis van de algemene analyse zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn geïdentificeerd als mogelijk inzetbare maatregel in het gebied Boxtel zijn samengevat in Tabel 68.

Tabel 68 Samenvatting van de nader te overwegen trillings mitigerende maatregelen.

Locatie	Aan de bron	In de overdracht	Bij de ontvanger
Boxtel	“Beton plaat onder ballastbed met ballastmat”	“TROC-betonscherm in bodem”	N.v.t.

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is per cluster beoordeeld in hoeverre de in bovenstaande tabel genoemde maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van beoogde reductie), toepasbaarheid, uitvoerbaarheid en inpasbaarheid.

Hierbij zijn de volgende afwegingen gemaakt:

- Voor het gebied Boxtel is er één cluster (cluster Brugstraat) waarvoor, bij keuze voor maatregelen aan de bron, deze bronmaatregelen onder meerdere sporen (naar verwachting onder 4 sporen) nodig zijn om voldoende trillingsmitigatie bij de afwegingspanden te realiseren. Het realiseren van deze maatregelen op het emplacement Boxtel is zowel ontwerptechnisch en uitvoeringstechnisch zeer complex en is daardoor extreem kostbaar. Om deze reden wordt deze bronmaatregel niet als realistisch beschouwd voor zowel de cluster Brugstraat als de cluster Spoorstraat.
- Op inpasbaarheid scoort de maatregel betonplaat positief, met de kanttekening dat er een wisselcomplex aanwezig is ter hogte van een aantal clusters, waardoor de inpasbaarheid lokaal aanpassingen vereist van de standaard oplossing.
- Voor de maatregel “TROC betonscherm in bodem” is in het kader van de maatregelenafweging in Boxtel de variant MIP-wand beschouwd. Deze variant is beschouwd in verband met de benodigde reductie en de geringe lengte van benodigde schermwanden. Toepassing van diepwanden of jet-groutwanden als TROC resulteert in een aanzienlijk duurdere oplossing.

8.4 Doelmatigheidsafweging

8.4.1 Cluster Van Salmstraat

Stap 1: globale afweging

Cluster Van Salmstraat is de maximale benodigde reductie van Vper ongeveer 11%.

Opgemerkt wordt dat de uitvoerbaarheid van de “Betonplaat” hier laag scoort omdat de werkzaamheden in een spoor situatie in exploitatie uitgevoerd moeten worden. Bovendien is de kostendoelmatigheid onvoldoende omdat deze maatregel alleen betrekking heeft op 2 afwegingspanden. De beoogde reductie is met de maatregel “MIP-wand” in principe te realiseren. Deze maatregel wordt nader beoordeeld.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

De benodigde reductie van 11 % is met een MIP wand te realiseren. Op basis van een verkennende berekening is vastgesteld dat de MIP-wand tot een diepte van 20 m moet worden toegepast, waarbij deze is aangenomen aan de spoorzijde van de Van Salmstraat ter hoogte van de beide panden. De benodigde scherm lengte bedraagt dan circa 40 m.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Van Salmstraat wordt de onderstaande maatregelen set nader beschouwd.

- Maatregelen set : MIP-wand van 20 m diep op circa 15 m vanaf het spoor aan de spoorzijde langs de Van Salmstraat

Het cluster omvat 2 afwegingspanden De benodigde lengte van de maatregelen is circa 40m. De multicriteria analyse voor Cluster Van Salmstraat is weergegeven in navolgende tabel. In Tabel 69 zijn Vper waarden voor de maatgevend pand, Van Salmstraat 2a vermeld.

Tabel 69 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Van Salmstraat.

criterium	Maatregelen set : 20 m MIP op 15m van het spoor
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	2 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Vper voor maatregelen	0,117
Vper na maatregelen	0,099
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	++
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 320.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,29

Op basis van de bovenstaande afweging wordt geconcludeerd dat de maatregelset op aspect effectiviteit, inpasbaarheid, uitvoerbaarheid en robuustheid positief scoort. Echter de maatregel voldoet niet op het aspect kostendoelmatigheid. Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. Op basis van deze afweging is voor Cluster Van Salmstraat geconcludeerd dat er geen kostendoelmatige maatregelen zijn.

8.4.2 Cluster Brugstraat**Stap 1: globale afweging**

Voor cluster Brugstraat worden twee maatregelen “Betonplaat” en “MIP-wand” beschouwd. Voor dit cluster is de maximale benodigde reductie van Vper ongeveer 25%.

Voor de TROC “MIP-wand” als overdracht maatregel is de beschikbare werkruimte minder dan 10 m. Daarom is deze maatregel op basis van het aspect “uitvoerbaarheid” niet toepasbaar en wordt niet nader beschouwd.

Opgemerkt wordt dat de uitvoerbaarheid van de “Betonplaat” hier laag scoort omdat de werkzaamheden in een spoor situatie in exploitatie uitgevoerd moeten worden. Voor de maatregel betonplaat zijn de investeringskosten naar verwachting hoog, omdat de maatregel onder meerdere sporen noodzakelijk is.

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Voor de maatregel betonplaten is bepaald dat bij toepassing onder alle 4 sporen een reductie van 20% is te realiseren. Dit is dus onvoldoende om de beoogde mitigatie te realiseren. De kosten van deze maatregelen zijn in de orde van € 2.000.000.

Omdat de effectiviteit onvoldoende is en de kosten aanzienlijk hoger zijn dan het voor mitigatie beschikbare budget bij 9 panden wordt deze maatregel als niet doelmatig beschouwd.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel set

Gezien de conclusie van stap 2 is een multi-criteria analyse achterwege gelaten. Er is geen toepasbare effectieve en kostendoelmatige maatregel voor handen.

8.4.3 Cluster Spoorstraat

Stap 1: globale afweging

Voor cluster Spoorstraat worden twee maatregelen “Betonplaat” en “MIP-wand” verder beschouwd. Voor dit cluster is de maximale benodigde reductie van V_{per} ongeveer 25%.

Omdat dit cluster uit slechts zes panden bestaat is de kostendoelmatigheid van de maatregel “Betonplaat” en “MIP-wand” waarschijnlijk laag.

Voor de overdracht maatregel “MIP-wand” is de uitvoerbaarheid door de beperkte werkruimte (plaatselijk minder dan 10 m) niet mogelijk. Ook op het aspect inpasbaarheid scoort de MIP-wand laag vanwege de aanwezigheid van bomen in het zuidelijk deel van het beschouwde wand-tracé. Om deze reden wordt deze maatregel verder niet beschouwd.

Opgemerkt wordt dat de uitvoerbaarheid van de “Betonplaat” hier laag scoort omdat de werkzaamheden in een spoor situatie in exploitatie uitgevoerd moeten worden. Voor de maatregel betonplaat zijn de investeringskosten naar verwachting hoog, omdat de maatregel onder meerdere sporen noodzakelijk is,

Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Dit cluster is voor wat betreft beoogde reductie vergelijkbaar met het cluster Brugstraat. Het aantal afwegingspanden is echter kleiner (6 panden).

Om deze redenen is de conclusie zoals getrokken voor het cluster Brugstraat ook van toepassing op het cluster Spoorstraat. Dit betekent dat er geen effectieve en kostendoelmatige maatregel inzetbaar is.

Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel set

Gezien de conclusie van stap 2 is een multi-criteria analyse achterwege gelaten. Op basis van bovenstaande afweging is voor Cluster Spoorstraat geconcludeerd dat er geen kostendoelmatige maatregelen ingezet kan worden.

8.5 Samenvattende maatregelenafweging

De maatregelenafweging resulteert in de conclusie dat er voor de clusters in het gebied Vught-Boxtel geen maatregelen zijn die doelmatig kunnen worden toegepast voor trillingsmitigatie. De maatregelenafweging is nader samengevat in bijlage G.

9 BOVENWETTELIJKE MAATREGELLEN VUGHT NOORD

9.1 Inleiding

Door de initiatiefnemer van PHS Meteren-Boxtel is besloten bovenwettelijke trillingsmitigerende maatregelen in het plan op te nemen in verband met hoge en toenemende trillingsniveaus in het gebied Vught-Noord.

De volgende maatregelen zijn onderdeel van het plan:

- 1a. een betonplaat onder het oostelijk spoor van km 50.560 – km 50.770. De betonplaat wordt toegepast over een lengte van 210 m onder het oostelijke spoor.
- 1b. een 15 m diepe diepwandconstructie met wanddikte 0,5 m van km 50.560 – km 50.770. De TROC heeft een lengte van 210 m en wordt waar mogelijk ter plaatse van de teen van het talud aangebracht.
- 2. Een MIP-wand van 20 m diepte ter plaatse van de in het baanontwerp geplande keerwand van km 50.770 – km 50.805. De TROC heeft een lengte van 35 m.
- 3. Een MIP-wand van 20 m diepte ter plaatse van de in het baanontwerp geplande keerwand van km 50.840 – km 51.100. De TROC heeft een lengte van 260 m.

De ligging van de maatregelen is weergegeven in Figuur 18. Met deze maatregelen wordt beoogd om V_{max} terug te brengen tot een waarde van maximaal 0,8.



Figuur 18 Overzicht trace van bovenwettelijke maatregelen Vught-Noord.

Het gebied dat in beschouwing is genomen betreft de bebouwing ten oosten van het spoor tussen de Loonsebaan en de A65. De panden zijn gelegen ter hoogte van spoorkilometrerings km 50.5 tot km 51.1.

9.2 Effect van maatregelen

Effecten aan oostzijde spoor

In onderstaande tabel is de bebouwing in het gebied Vught Noord aan de oostzijde van het spoor in deelgebieden onderverdeeld. De indeling is gebaseerd op de locatie van maatregelen.

Tabel 70 Omvang deelgebieden voor het gebied Vught Noord

Deelgebied	Kilometrerings
1	km 50.560 – km 50.770
2	km 50.770 – km 50.805
3	km 50.840 – km 51.100

Het effect van de maatregelen is bepaald met behulp van het rekeninstrumentarium zoals gebruikt voor de maatregelafweging.

In Tabel 71 is het effect van de maatregelen per deelgebied weergegeven voor het pand met de maximale trillingssterkte V_{max} zonder maatregel-effect. In de kolommen zijn, respectievelijk, V_{max} referentie, V_{max} in de plansituatie exclusief effect maatregel, V_{max} in de plansituatie inclusief effect maatregel en de bijbehorende Q voor het maatgevende pand weergegeven. De volledige resultaten voor alle panden in het deelgebied zijn in bijlage H weergegeven.

Tabel 71 Effect van maatregelenset Vught Noord voor het maatgevende pand in gebied 1.

Deelgebied	Adres [-]	$V_{max,ref}$ [-]	$V_{max,plan}$ excl. maatregel [-]	$V_{max,plan}$ incl. maatregel [-]	Q (V_{max} plan na maatregel / V_{max} ref) [-]
1	Molenvensweg 67	1,13	2,55	0,69	0,61
2	Molenvensweg 65	0,44	1,02	0,71	1,60
3	Pieter Bruegellaan 30	0,33	0,62	0,45	1,36

Effect maatregelen aan westzijde spoor

Ten westen van het beschouwde deeltraject van het spoor bevindt zich ook woonbebouwing (met eerste lijnsbebouwing in Verlengde Kampdijklaan, Johan Frisolaan en Margrietlaan).

Voor deze bebouwing zal de betonnen bak (vanaf km 50.76) als een afscherming fungeren, waardoor over het zuidelijk gedeelte van dit deelgebied geen afstraling van trilling via de TROC zal plaatshebben. In het noordelijk deel (globaal van km 50.5 tot km 50.76) liggen de overige sporen op een aardenbaan. In dit gebied is de afstand van woningen tot de TROC minimaal 45 m. De bronmaatregel "betonplaat" onder het oostelijke spoor zal voor deze woningen geen wezenlijke invloed hebben, omdat de maximale trillingsniveaus worden bepaald door de treinen die over de westelijke sporen rijden.

De TROC die aan de teen van het oostelijk talud wordt aangebracht, zal in westelijke richting geen effect hebben, omdat de afstand van de TROC tot de bebouwing ten westen van het spoor met 45 m groot is. Bij deze afstand is het effect van reflectie door de wand verwaarloosbaar, zodat de trillingsniveaus in de woningen niet zullen toenemen.

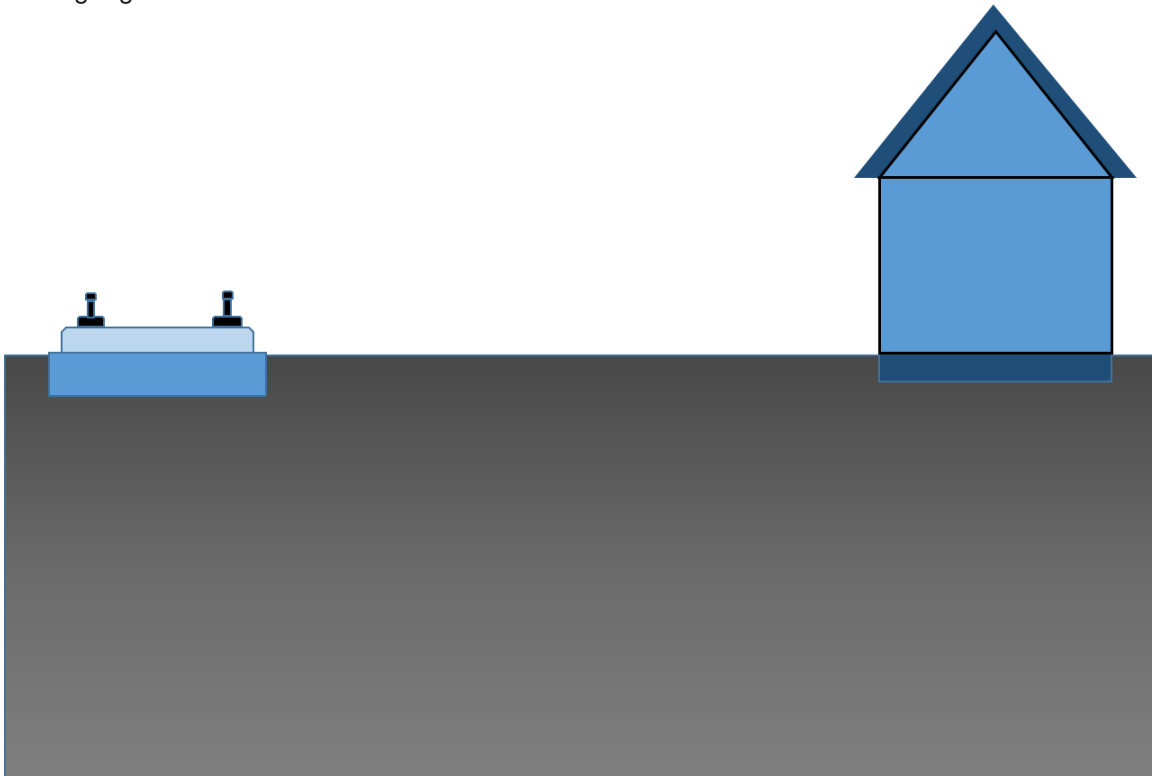
Samenvattend wordt geconcludeerd dat bij toepassing van de maatregelen Vught Noord zoals omschreven, het doelscenario van $V_{max} = 0,8$ in Vught Noord, oostzijde niet wordt overschreden en dat de trillingniveaus in Vught Noord, westzijde niet extra worden beïnvloed.

10 REFERENTIES

1. PHS Meteren-Boxtel, Achtergrondrapportage Trillingen – deel 1: Uitgangspunten inclusief metingen, Arcadis
2. PHS Meteren-Boxtel, Achtergrondrapportage Trillingen – deel 2: Modelleren en toetsing, Arcadis
3. Maatregelencatalogus spoortrillingen, samenvattend overzicht, Grontmij, kenmerk GM 0175097 van 16-12-2015.
4. Memo Voorzet voor besluitvorming over de prijs voor afweging van doelmatige maatregelen tegen trillinghinder, voor DO, ProRail – I en M, 12 februari 2014.
5. Memo Handelswijze Bts bij afweging maatregelen in relatie tot kantoren, kenmerk EDMS-#3627028-v2-Voorstel_DO_richtprijs_voor_doelmatige_afweging_maatregelen_bij_kantoren.
6. R.G. Wettschureck, F. Breuer, M. Tecklenburg, H. Widmann, 1999. Installation of highly effective vibration mitigation measures in a railway tunnel in Cologne, Germany. Rail Engineering International, Edition 1999, No. 4, pp. 12-16.
7. Dynamische nadelige effecten van trillingsreducerende maatregelen, Aanvulling Maatregelencatalogus spoortrillingen, Deltares, kenmerk 11200206-000-GEO-0003-jvm, mei 2017
8. Niet-dynamische nadelige effecten van trillingsreducerende maatregelen, Aanvulling Maatregelencatalogus spoortrillingen, Deltares, kenmerk 11200206-000-GEO-0004-jvm, mei 2017

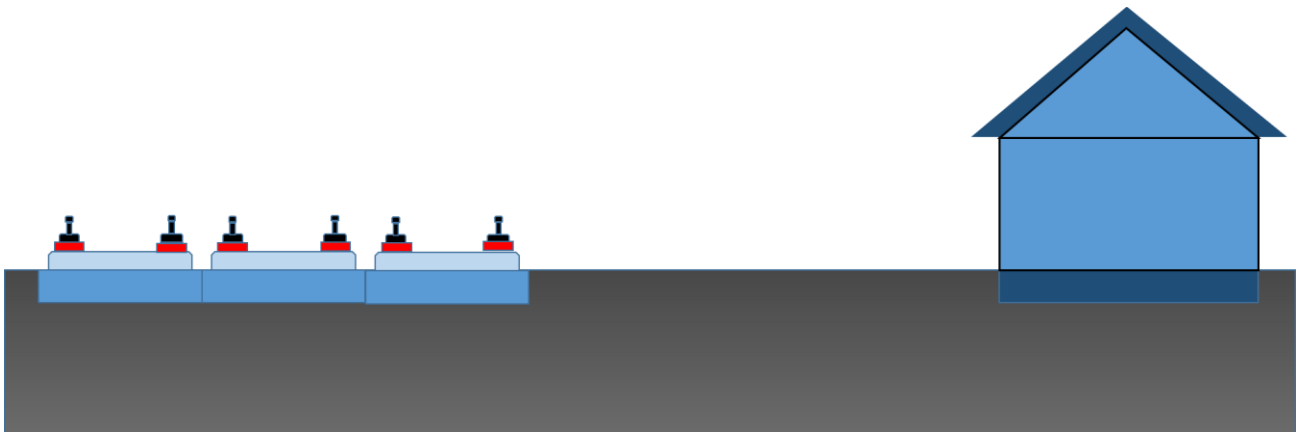
BIJLAGE A: BESCHRIJVING VAN TRILLINGSREDUCERENDE MAATREGELEN

1. Uitgangssituatie



Spoor in ballastbed

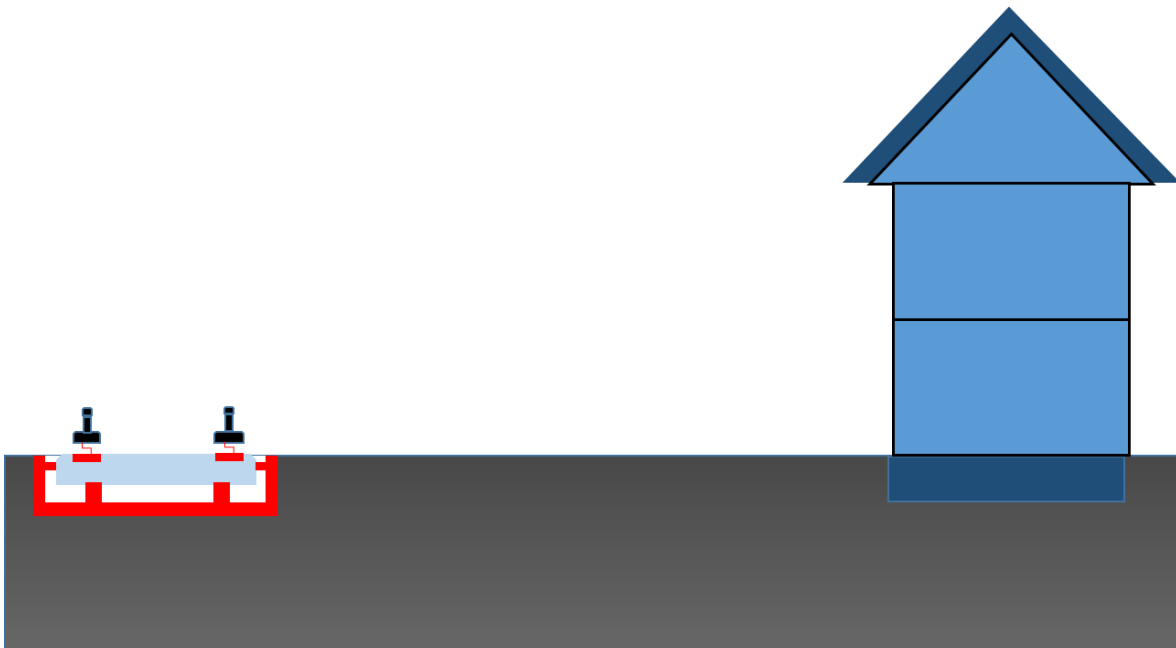
2. Maatregelen aan bron



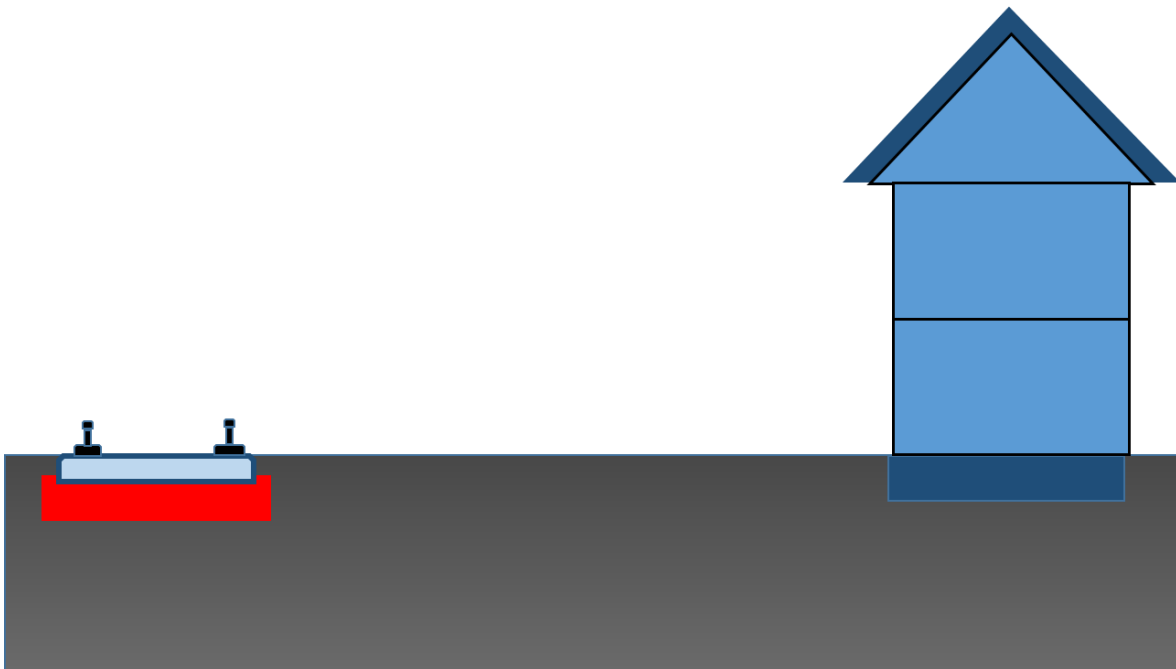
Railpads



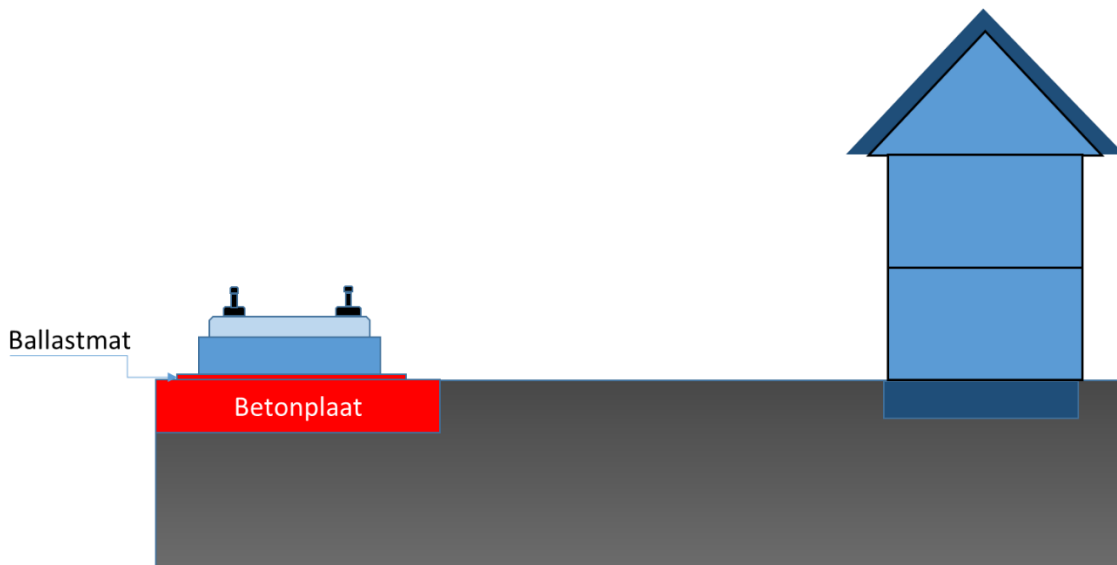
Under sleeper pads



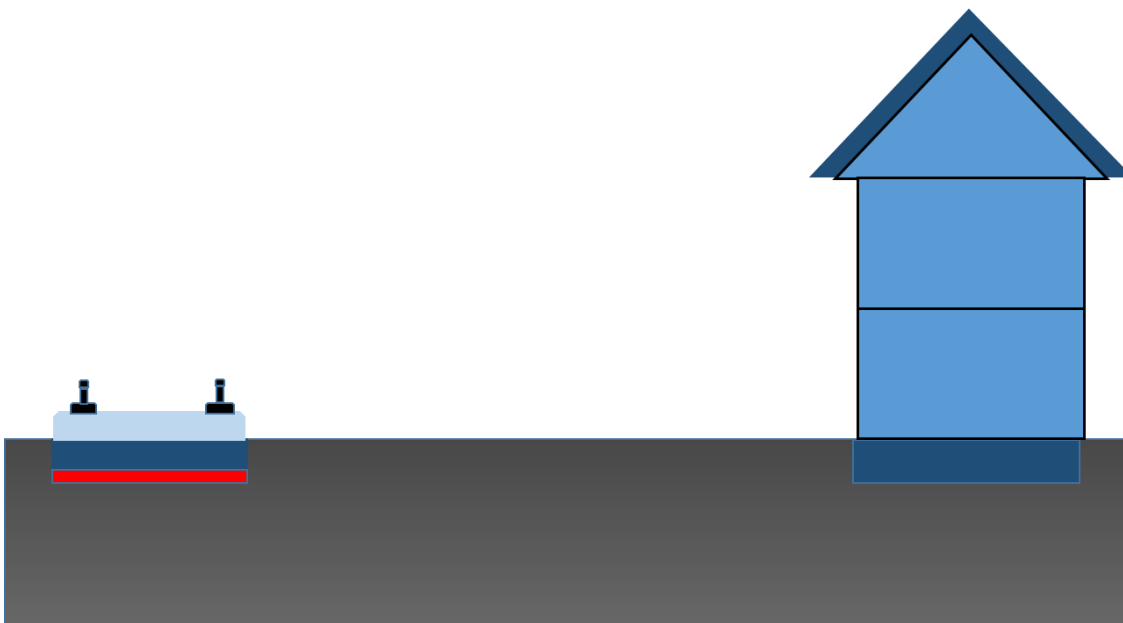
Floating slab track



Slab track



Betonplaat onder ballastbed met ballastmat



Ballastmat onder spoor in ballast

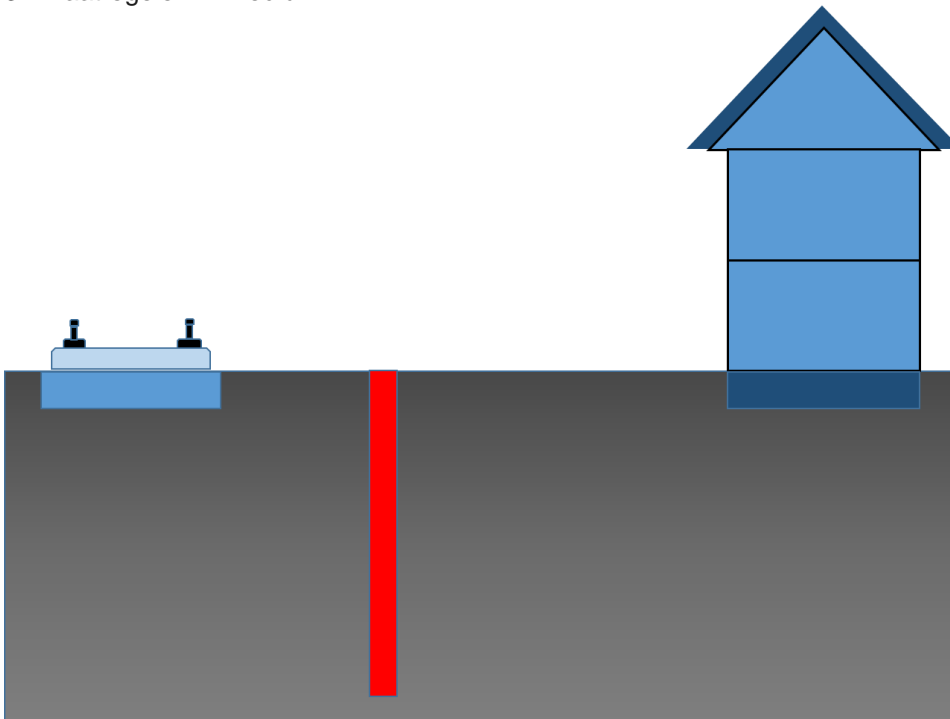


Ladder track (bovenaanzicht)

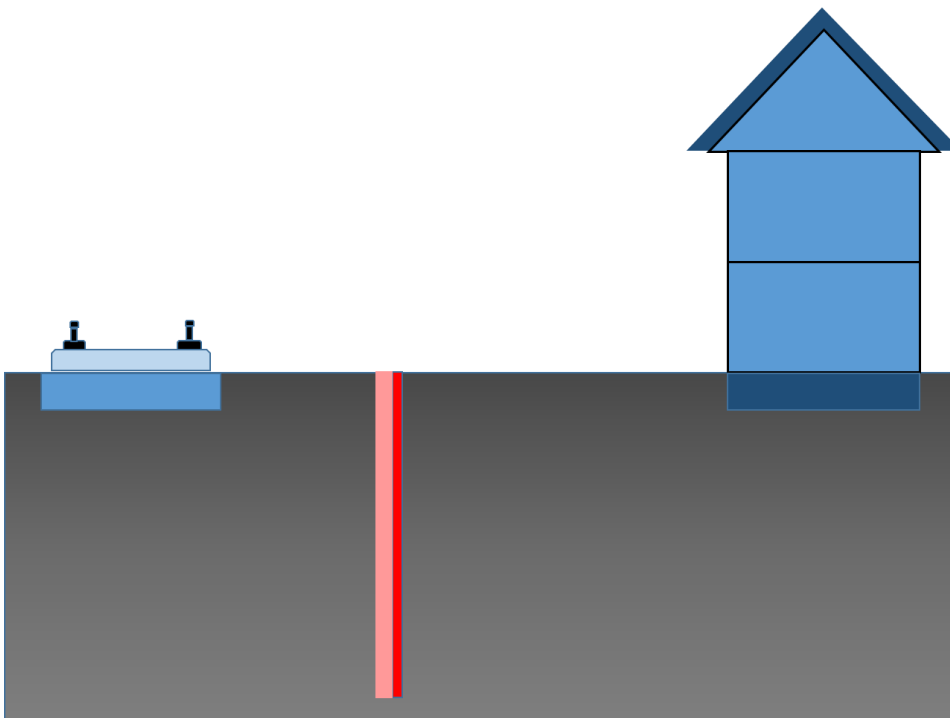


Wide sleeper track (bovenaanzicht)

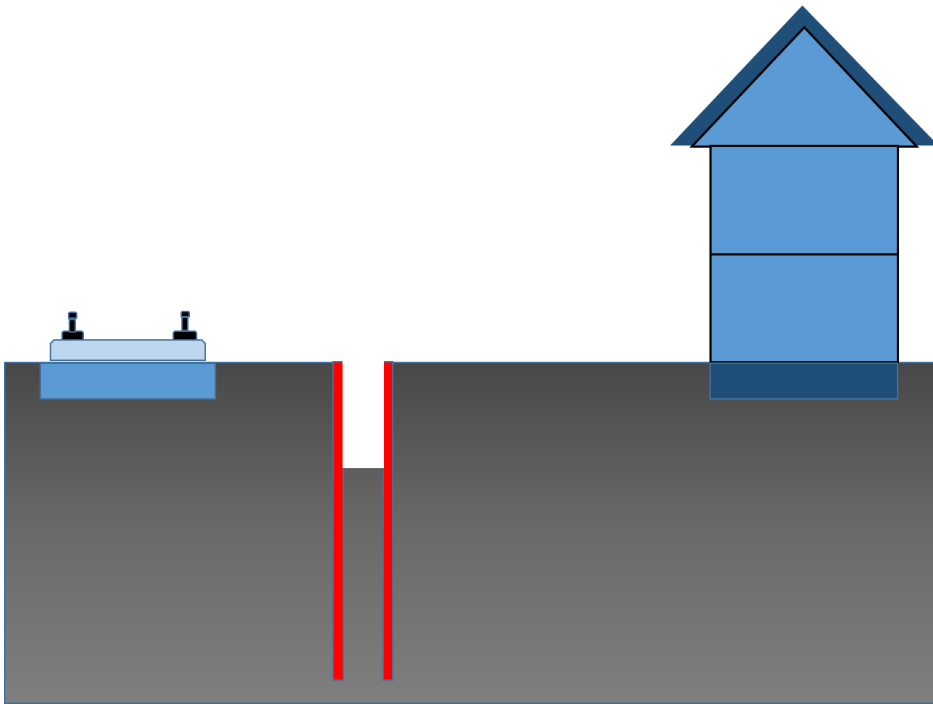
3. Maatregelen in medium



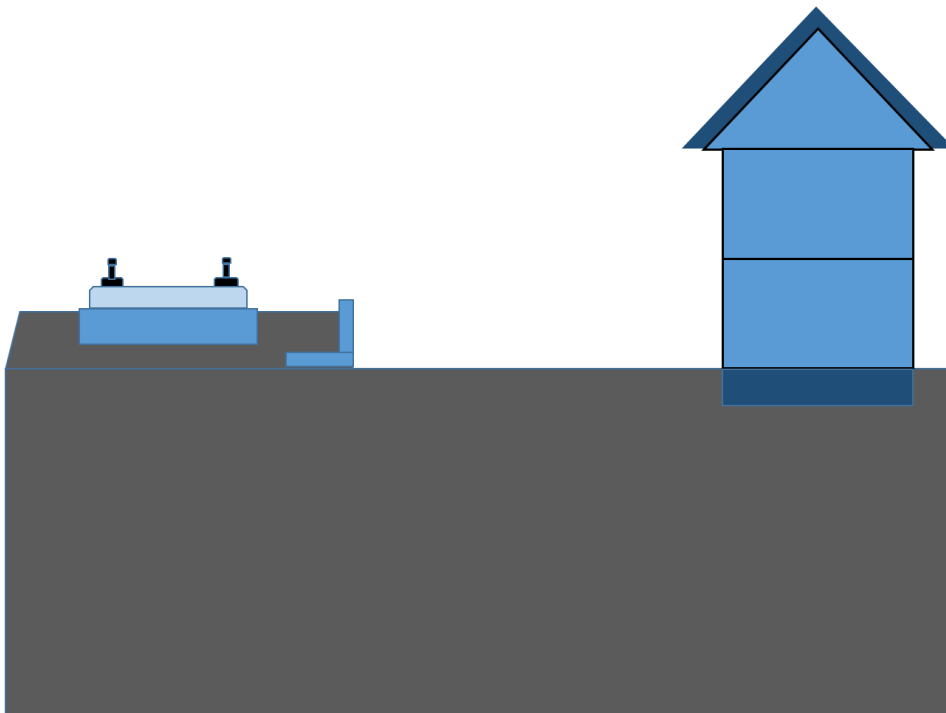
Ondergronds trillingsreducerende constructie (TROC)



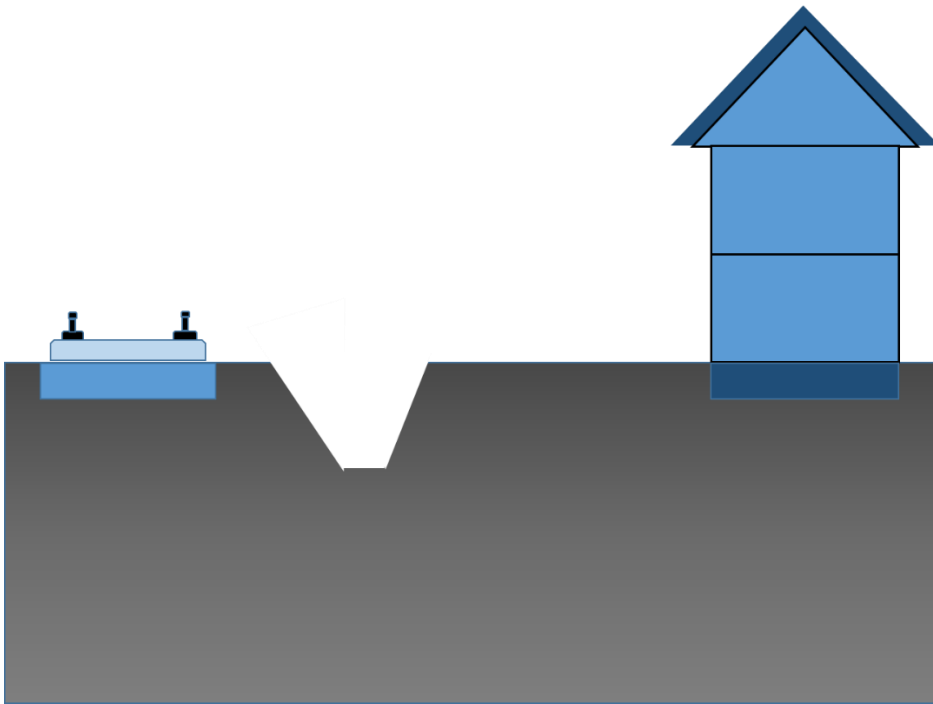
Beklede ondergrondse trillingsreducerende constructie



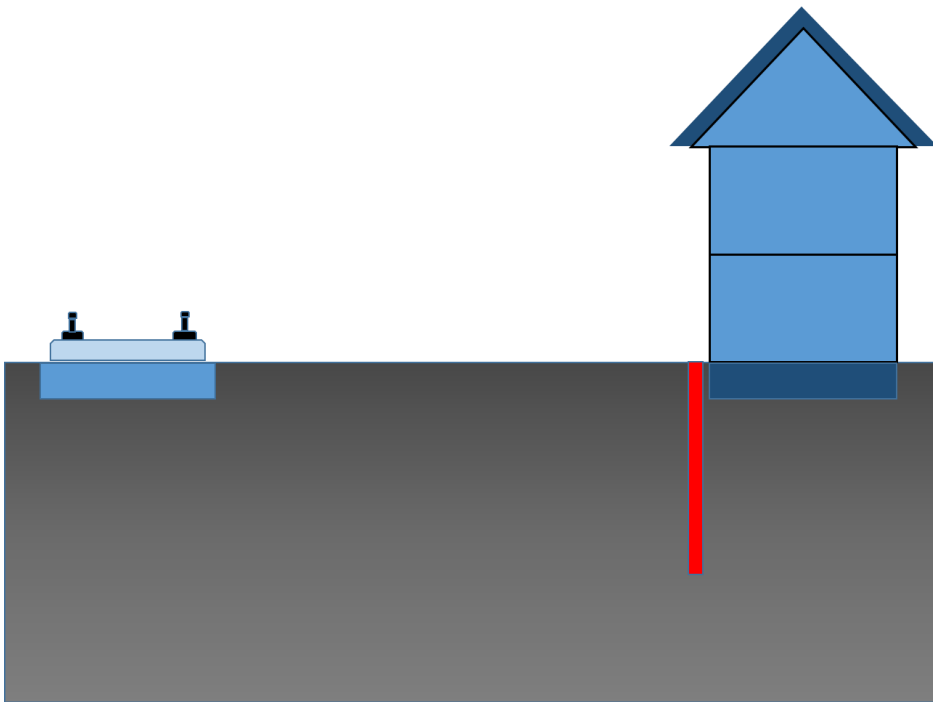
Open sleuf met keerwanden



Trillingscherm L-wand in talud

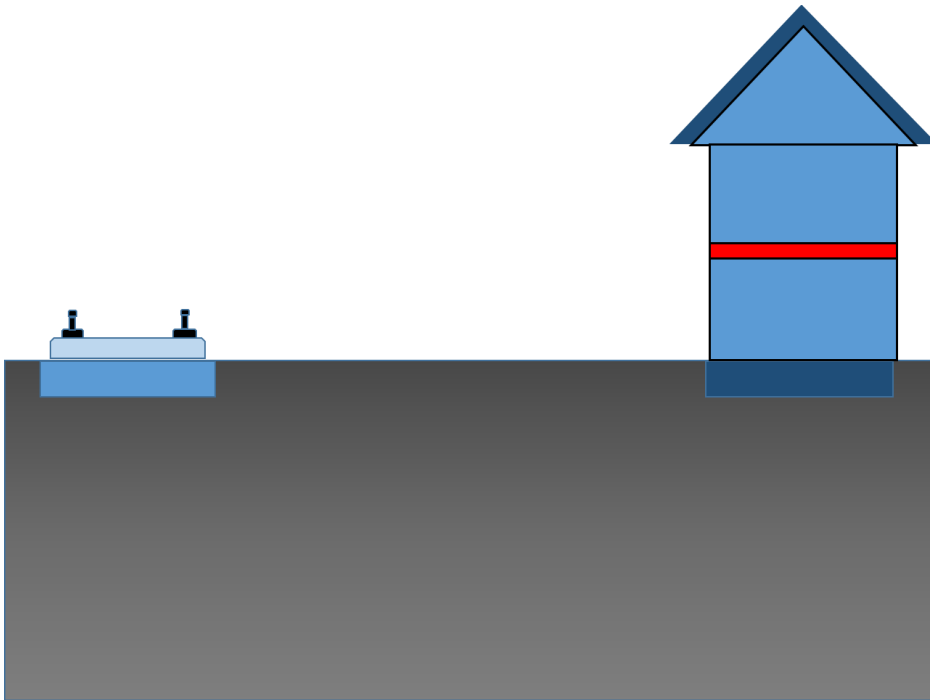


Open sleuf in bodem

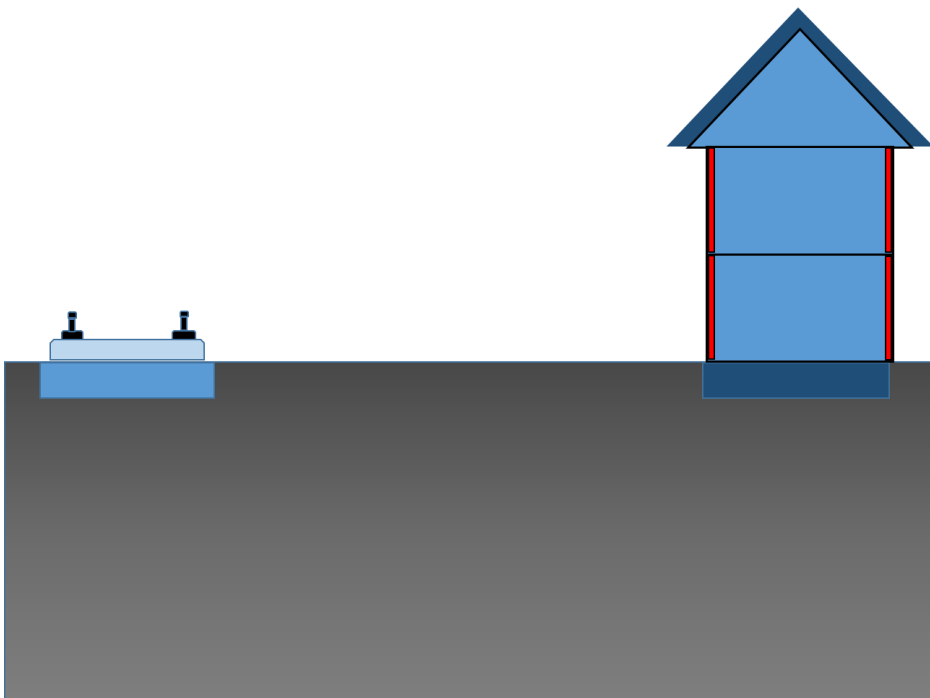


Polystyreen scherm in bodem bij/tegen woning

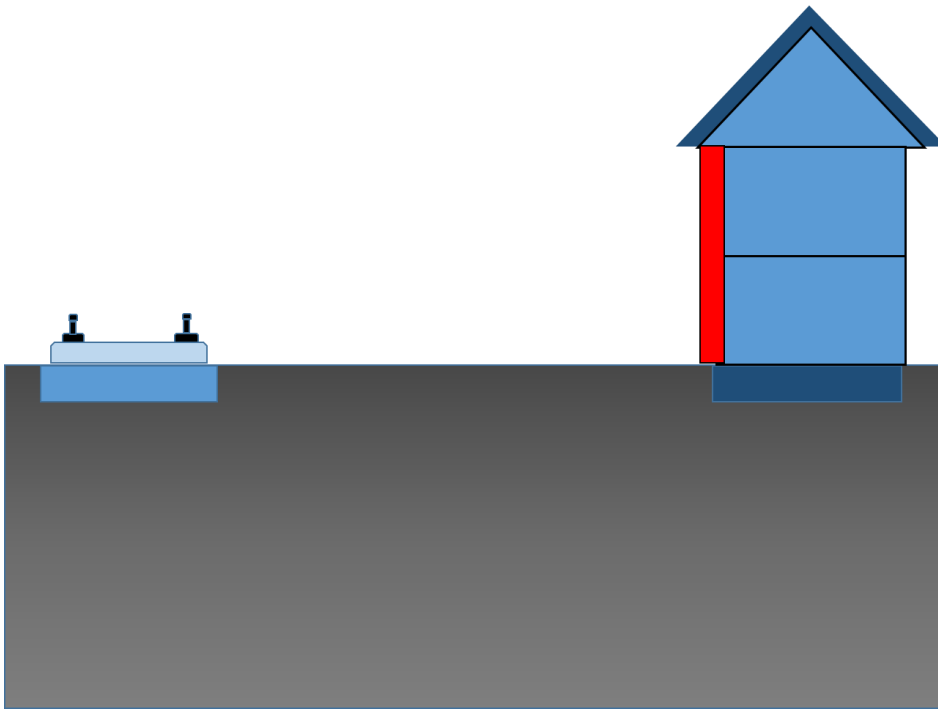
4. Maatregelen bij ontvanger



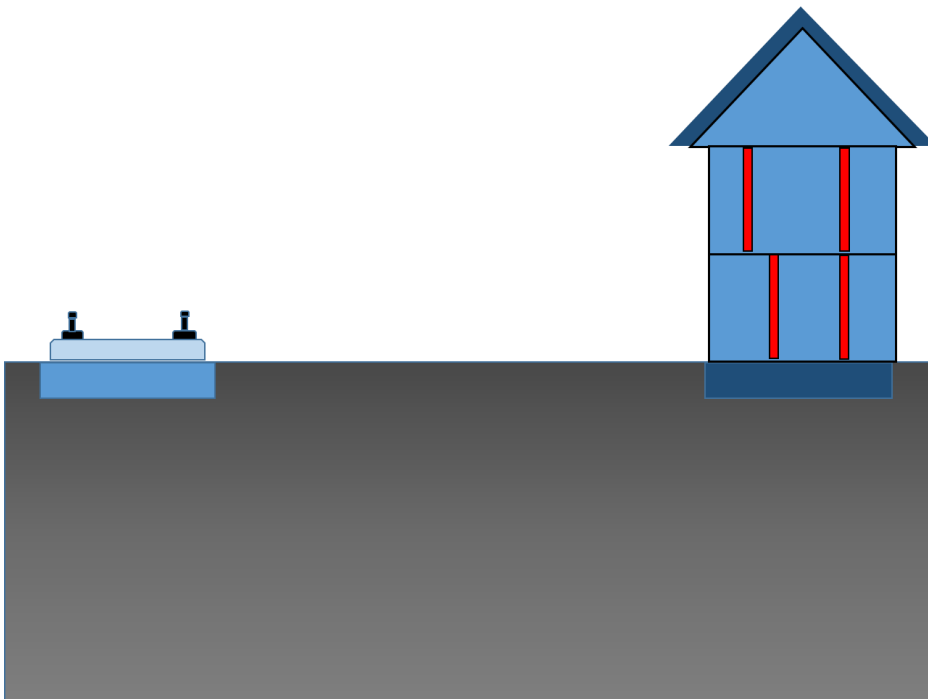
Verstijven (verdiepings)vloer in pand



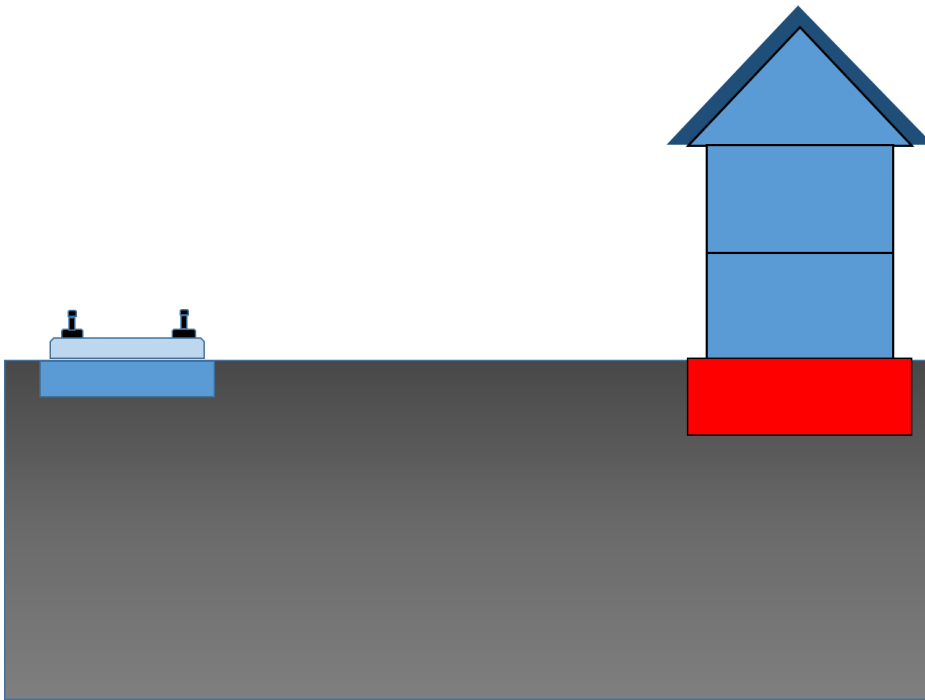
Vervangen binnenwanden in pand



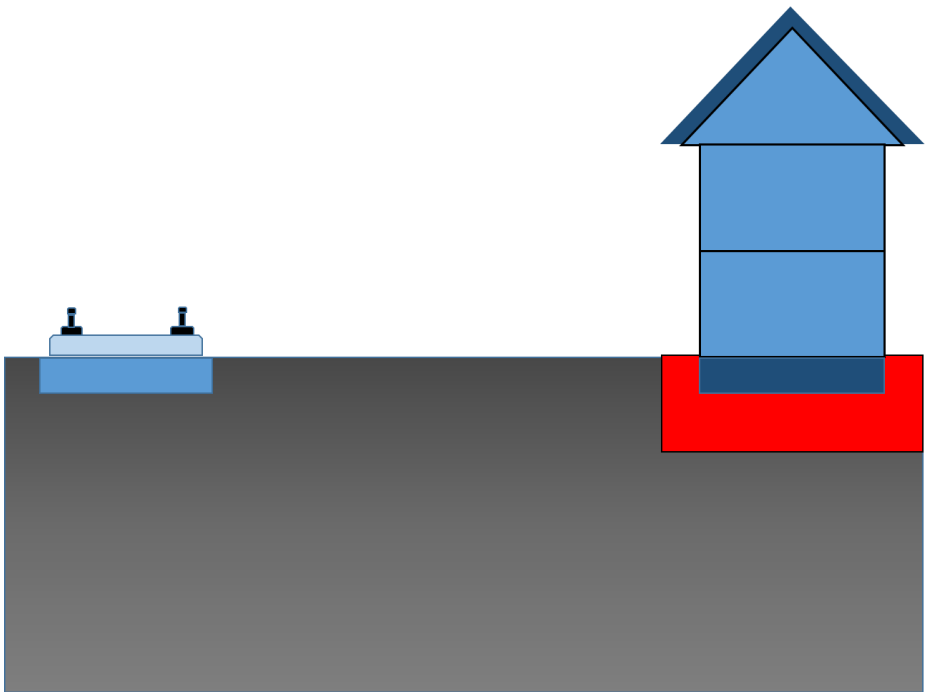
Verstevinging buitengevel van pand



Extra stabiliteitwanden in pand



Verzwaren fundering



Aanbrengen dempende massa

BIJLAGE B: KOSTENANALYSE VAN MAATREGELEN

In deze bijlage is de kostenanalyse van de in de afweging betrokken bron- en overdrachtsmaatregelen uitgewerkt.

Betonplaat 1 vrije bouw

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 1 sporig exclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in de faseringen van project Meteren - Boxtel					
geen rekening gehouden met opbreken spoor					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen ProRail					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
Betonplaat L=140m B=4m D=0,5m	280,00	m3	€ 350,00	€	98.000,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	560,00	m2	€ 70,00	€	39.200,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	137.200,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	75.531,10
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	212.731,00
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	10.636,55
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	14.040,25
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	237.408,00
Project onvoorzien			10,00%	€	23.740,80
Totaal investeringskosten			T-Waarde	€	261.149,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			T-Waarde incl. afronding		€ 316.000,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	7.834,47
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten			Mu-waarde	€	268.983,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten			Mu-waarde incl. afronding		€ 325.500,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	53.124,14
Totaal investeringskosten excl. BTW			Mu-waarde	€	322.107,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			Mu-waarde incl. afronding		€ 389.700,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			140 m1		€ 2.800,00

Betonplaat 2 vrije bouw

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 2 sporig exclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in de faseringen van project Meteren - Boxtel					
geen rekening gehouden met opbreken spoor					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen ProRail					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
Betonplaat L=140m B=8,5m D=0,5m	595,00	m3	€ 335,00	€	199.325,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.190,00	m2	€ 70,00	€	83.300,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	282.625,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	155.590,21
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	438.215,00
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	21.910,75
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	28.922,19
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	489.048,00
Project onvoorzien			10,00%	€	48.904,80
Totaal investeringskosten			T-Waarde	€	537.953,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			T-Waarde incl. afronding		€ 650.900,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	16.138,59
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten			Mu-waarde	€	554.092,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten			Mu-waarde incl. afronding		€ 670.500,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	109.433,17
Totaal investeringskosten excl. BTW			Mu-waarde	€	663.525,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			Mu-waarde incl. afronding		€ 802.900,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			140 m1	€	5.700,00

Betonplaat 3 vrije bouw

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 3 sporig exclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in de faseringen van project Meteren - Boxtel					
geen rekening gehouden met opbreken spoor					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen ProRail					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
Betonplaat L=140m B=13m D=0,5m	910,00	m3	€ 325,00	€	295.750,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.820,00	m2	€ 70,00	€	127.400,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	423.150,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	232.951,78
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	656.102,00
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	32.805,10
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	43.302,73
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	732.210,00
Project onvoorzien			10,00%	€	73.221,00
Totaal investeringskosten			T-Waarde	€	805.431,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			T-Waarde incl. afronding	€	974.600,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	24.162,93
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten			Mu-waarde	€	829.594,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten			Mu-waarde incl. afronding	€	1.003.800,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	163.844,82
Totaal investeringskosten excl. BTW			Mu-waarde	€	993.439,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			Mu-waarde incl. afronding	€	1.202.100,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)				140 m1	€ 8.600,00

Betonplaat 1 in spoorzone

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 1 sporig inclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Einheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in een weekend buitendienststelling van 52 uur					
geen rekening gehouden met obstakels naast de spoorbaan (bomen, groenstroken, gebouwen, etc.)					
geen rekening gehouden met buitendienststellingskosten of vervangend vervoer					
geen rekening gehouden met eventuele aanwezige wissels					
geen rekening gehouden met eventuele 10 kV kabel					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
geen rekening gehouden met eventuele afspanblok bovenleiding					
Betonplaat L=10m B=4m D=0,5m aantal 14 stuks	280,00	m3	€ 350,00	€	98.000,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. plaatsen betonplaten	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet personeel t.b.v. plaatsen betonplaten 5 man, 16 uur	80,00	uur	€ 56,25	€	4.500,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	560,00	m2	€ 70,00	€	39.200,00
Weekendwerk spoorploeg 6 man t.b.v. verwijderen en herplaatsen spoor					
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. verwijderen en herplaatsen spoorsectie van 36 m1 (4 stuks)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet shovel 2500L weekend	4,00	inzet	€ 838,00	€	3.352,00
Afvoeren oude ballast ca 500 ton	18,00	vracht	€ 350,00	€	6.300,00
Koop ballast	500,00	ton	€ 25,00	€	12.500,00
Unima weekend	1,00	inzet	€ 2.900,00	€	2.900,00
Omhangen bovenleiding (4 man, hoogwerker)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Thermietlassen maken weekend					
Inzet verwarmingswagen / trekperatuur	1,00	inzet	€ 305,00	€	305,00
Weekendwerk Spoorploeg 5 man t.b.v. voegloos maken spoor	1,00	inzet	€ 2.760,00	€	2.760,00
Aan- afvoerkosten mobiele kraan	1,00	post	€ 5.000,00	€	5.000,00
Aan- afvoerkosten shovel	2,00	post	€ 405,00	€	810,00
Aan- afvoerkosten Unima	1,00	post	€ 833,00	€	833,00
Aan- afvoerkosten verwarmingswagen / trekperatuur	1,00	post	€ 380,00	€	380,00
Inzet beveiliging (instellen en aanpassen spoorstroomloop)	1,00	post	€ 5.000,00	€	5.000,00
ProRail kabels en leidingen (opgraven/in mantelbuizen doen/aan kant leggen / terug plaatsen in kabelkokers of grond)	180,00	m1	€ 150,00	€	27.000,00
Aanbrengen kabelkokers 8,5*9,5 cm.	140,00	m1	€ 45,00	€	6.300,00
Aanbrengen kabelkokers 16*25 cm.	140,00	m1	€ 70,00	€	9.800,00
NVW-veiligheid	1,00	post	€ 15.000,00	€	15.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	287.538,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	158.294,90
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	445.833,00
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	22.291,65
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	29.424,98
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen			T-Waarde	€	497.550,00
Project onvoorzien			10,00%	€	49.755,00
Totaal investeringskosten			T-Waarde	€	547.305,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			T-Waarde incl. afronding	€	662.200,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	16.419,15
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten			Mu-waarde	€	563.724,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten			Mu-waarde incl. afronding	€	682.100,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	111.335,49
Totaal investeringskosten excl. BTW			Mu-waarde	€	675.059,00
Totaal investeringskosten incl. BTW			Mu-waarde incl. afronding	€	816.800,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)				140 m1	€ 5.800,00

Betonplaat 2 in spoorzone

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 2 sporig inclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in een weekend buitendienststelling van 52 uur					
geen rekening gehouden met obstakels naast de spoorbaan (bomen, groenstroken, gebouwen, etc.)					
geen rekening gehouden met buitendienststellingskosten of vervangend vervoer					
geen rekening gehouden met eventuele aanwezige wissels					
geen rekening gehouden met eventuele 10 kV kabel					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
geen rekening gehouden met eventuele afspanblok bovenleiding					
Betonplaat L=5m B=8,50m D=0,5m aantal 28 stuks	595,00	m3	€ 335,00	€	199.325,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. plaatsen betonplaten	4,00	inzet	€ 5.000,00	€	20.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	32,00	uur	€ 18,75	€	600,00
Inzet personeel t.b.v. plaatsen betonplaten 5 man, 32 uur	160,00	uur	€ 56,25	€	9.000,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.190,00	m2	€ 70,00	€	83.300,00
Weekendwerk spoorploeg 8 man t.b.v. verwijderen en herplaatsen spoor	4,00	inzet	€ 4.416,00	€	17.664,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. verwijderen en herplaatsen spoorsectie van 36 m1 (8 stuks)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet shovel 2500L weekend	6,00	inzet	€ 838,00	€	5.028,00
Afvoeren oude ballast ca 1.000 ton	35,00	vracht	€ 350,00	€	12.250,00
Koop ballast	1.000,00	ton	€ 25,00	€	25.000,00
Unima weekend	1,00	inzet	€ 2.900,00	€	2.900,00
Omhangen bovenleiding (4 man, hoogwerker)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Thermietlassen maken weekend	20,00	stuks	€ 350,00	€	7.000,00
Inzet verwarmingswagen / trekapparaat	1,00	inzet	€ 305,00	€	305,00
Weekendwerk Spoorploeg 5 man t.b.v. voegloos maken spoor	1,00	inzet	€ 2.760,00	€	2.760,00
Aan- afvoerkosten mobiele kraan	2,00	post	€ 5.000,00	€	10.000,00
Aan- afvoerkosten shovel	3,00	post	€ 405,00	€	1.215,00
Aan- afvoerkosten Unima	1,00	post	€ 833,00	€	833,00
Aan- afvoerkosten verwarmingswagen / trekapparaat	1,00	post	€ 380,00	€	380,00
Inzet beveiliging (instellen en aanpassen spoorstroomloop)	1,00	post	€ 6.000,00	€	6.000,00
ProRail kabels en leidingen (opgraven/in mantelbuizen doen/aan kant leggen / terug plaatsen in kabelkokers of grond)	180,00	m1	€ 150,00	€	27.000,00
Aanbrengen kabelkokers 8,5*9,5 cm.	140,00	m1	€ 45,00	€	6.300,00
Aanbrengen kabelkokers 16*25 cm.	140,00	m1	€ 70,00	€	9.800,00
NVW-veiligheid	1,00	post	€ 17.500,00	€	17.500,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	484.460,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	266.704,05
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	751.164,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	37.558,20
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	49.576,82
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	838.299,00
Project onvoorzien			10,00%	€	83.829,90
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	922.129,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	1.115.800,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	27.663,87
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	949.793,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	1.149.200,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	187.584,12
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	1.137.377,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	1.376.200,00
Prijz per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			140 m1	€	9.800,00

Betonplaat 3 in spoorzone

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 3 sporig inclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in een weekend buitendienststelling van 52 uur					
geen rekening gehouden met obstakels naast de spoorbaan (bomen, groenstroken, gebouwen, etc.)					
geen rekening gehouden met buitendienststellingskosten of vervangend vervoer					
geen rekening gehouden met eventuele aanwezige wissels					
geen rekening gehouden met eventuele 10 kV kabel					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
geen rekening gehouden met eventuele afspanblok bovenleiding					
Betonplaat L=3,50m B=13m D=0,5m aantal 40 stuks	910,00	m3	€ 325,00	€	295.750,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. plaatsen betonplaten	6,00	inzet	€ 5.000,00	€	30.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	48,00	uur	€ 18,75	€	900,00
Inzet personeel t.b.v. plaatsen betonplaten 5 man, 48 uur	240,00	uur	€ 56,25	€	13.500,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.190,00	m2	€ 70,00	€	83.300,00
Weekendwerk spoorploeg 10 man t.b.v. verwijderen en herplaatsen	6,00	inzet	€ 5.520,00	€	33.120,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. verwijderen en herplaatsen spoorsectie van 36 m1 (12 stuks)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet shovel 2500L weekend	8,00	inzet	€ 838,00	€	6.704,00
Afvoeren oude ballast ca 1.500 ton	55,00	vracht	€ 350,00	€	19.250,00
Koop ballast	1.500,00	ton	€ 25,00	€	37.500,00
Unima weekend	1,00	inzet	€ 2.900,00	€	2.900,00
Omhangen bovenleiding (6 man, hoogwerker)	2,00	inzet	€ 7.500,00	€	15.000,00
Thermietlassen maken weekend	30,00	stuks	€ 350,00	€	10.500,00
Inzet verwarmingswagen / trekperatuur	2,00	inzet	€ 305,00	€	610,00
Weekendwerk Spoorploeg 5 man t.b.v. voegloos maken spoor	2,00	inzet	€ 2.760,00	€	5.520,00
Aan- afvoerkosten mobiele kraan	2,00	post	€ 5.000,00	€	10.000,00
Aan- afvoerkosten shovel	4,00	post	€ 405,00	€	1.620,00
Aan- afvoerkosten Unima	1,00	post	€ 833,00	€	833,00
Aan- afvoerkosten verwarmingswagen / trekperatuur	2,00	post	€ 380,00	€	760,00
Inzet beveiliging (instellen en aanpassen spoorstroomloop)	1,00	post	€ 7.500,00	€	7.500,00
ProRail kabels en leidingen (opgraven/in mantelbuizen doen/aan kant leggen / terug plaatsen in kabelkokers of grond)	360,00	m1	€ 150,00	€	54.000,00
Aanbrengen kabelkokers 8,5*9,5 cm.	140,00	m1	€ 45,00	€	6.300,00
Aanbrengen kabelkokers 16*25 cm.	280,00	m1	€ 70,00	€	19.600,00
NVV-veiligheid	1,00	post	€ 20.000,00	€	20.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	685.467,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	377.362,06
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	1.062.829,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	53.141,45
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	70.146,71
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	1.186.117,00
Project onvoorzien			10,00%	€	118.611,70
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	1.304.729,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	1.578.700,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	39.141,87
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	1.343.871,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	1.626.100,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	265.414,52
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	1.609.286,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	1.947.200,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			140 m1	€	13.900,00

Diepwand 1: H = 10m

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Diepwand h=10m solitair werk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Diepwand voorzien van wapening ca 40kg/m3					
Diepwand dik 500mm L=100m H=10m	1.000,00	m2	€ 500,00	€	500.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	500.000,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	275.259,10
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	775.259,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	38.762,95
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	51.167,09
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	865.189,00
Project onvoorzien			10,00%	€	86.518,90
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	951.708,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	1.151.600,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	28.551,24
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	980.259,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	1.186.100,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	193.601,15
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	1.173.860,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	1.420.400,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			100 m1	€	14.200,00

Diepwand 2: H=15m

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Diepwand h=15m solitair werk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Diepwand voorzien van wapening ca 40kg/m3					
Diepwand dik 500mm L=100m H=15m	1.500,00	m2	€ 420,00	€	630.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	630.000,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	346.826,47
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	976.826,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	48.841,30
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	64.470,52
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	1.090.138,00
Project onvoorzien			10,00%	€	109.013,80
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	1.199.152,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	1.451.000,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	35.974,56
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	1.235.127,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	1.494.500,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	243.937,58
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	1.479.065,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	1.789.700,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			100 m1	€	17.900,00

Diepwand 3: H = 20m

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
Trillingsmaatregelen vrije baan				
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd				
Diepwand voorzien van wapening ca 40kg/m3				
Diepwand dik 500mm L=100m H=20m	2.000,00	m2	€ 380,00	€ 760.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€ 760.000,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€ 418.393,83
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€ 1.178.394,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€ 58.919,70
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€ 77.774,00
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€ 1.315.088,00
Project onvoorzien			10,00%	€ 131.508,80
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€ 1.446.597,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€ 1.750.400,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€ 43.397,91
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€ 1.489.995,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€ 1.802.900,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€ 294.274,01
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€ 1.784.269,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€ 2.159.000,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			100 m1	€ 21.600,00

Jet-grout palen wand 13 m diep

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Jet-grout palenwand h=13m solitair werk (kleine hoeveelheid)					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Jet-grout palenwand met diameter 1.500 mm					
Jet-grout palenwand Ø 1500mm L=265m H=13m	265,00	m1	€ 6.900,00	€	1.828.500,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	1.828.500,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	1.006.622,53
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	2.835.123,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	141.756,15
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	187.118,12
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	3.163.997,00
Project onvoorzien			10,00%	€	316.399,70
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	3.480.397,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	4.211.300,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	104.411,91
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	3.584.809,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	4.337.600,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	707.999,78
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	4.292.809,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	5.194.300,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			265 m1	€	19.600,00

Jet-grout palen wand 18 m diep

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Jet-grout palenwand h=18m solitair werk (kleine hoeveelheid)					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Jet-grout palenwand met diameter 1.500 mm					
Jet-grout palenwand Ø 1500mm L=265m H=18m	265,00	m1	€ 8.600,00	€	2.279.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	2.279.000,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	1.254.630,98
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	3.533.631,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten		5,00%	€		176.681,55
Overige Bijkomende kosten		6,60%	€		233.219,65
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	3.943.532,00
Project onvoorzien			10,00%	€	394.353,20
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	4.337.885,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	5.248.800,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	130.136,55
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	4.468.022,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	5.406.300,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	882.434,35
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	5.350.456,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	6.474.100,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			265 m1	€	24.400,00

Jet-grout palen wand 23 m diep

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Jet-grout palenwand h=23m solitair werk (kleine hoeveelheid)					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Jet-grout palenwand met diameter 1.500 mm					
Jet-grout palenwand Ø 1500mm L=265m H=23m	265,00	m1	€ 10.000,00	€	2.650.000,00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€	2.650.000,00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	1.458.873,23
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	4.108.873,00
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	205.443,65
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	271.185,62
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€	4.585.502,00
Project onvoorzien			10,00%	€	458.550,20
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€	5.044.052,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€	6.103.300,00
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	151.321,56
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€	5.195.374,00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€	6.286.400,00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	1.026.086,37
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€	6.221.460,00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€	7.528.000,00
Prijs per m1 (Mu-waarde incl. PEAT en BTW)			265 m1	€	28.400,00

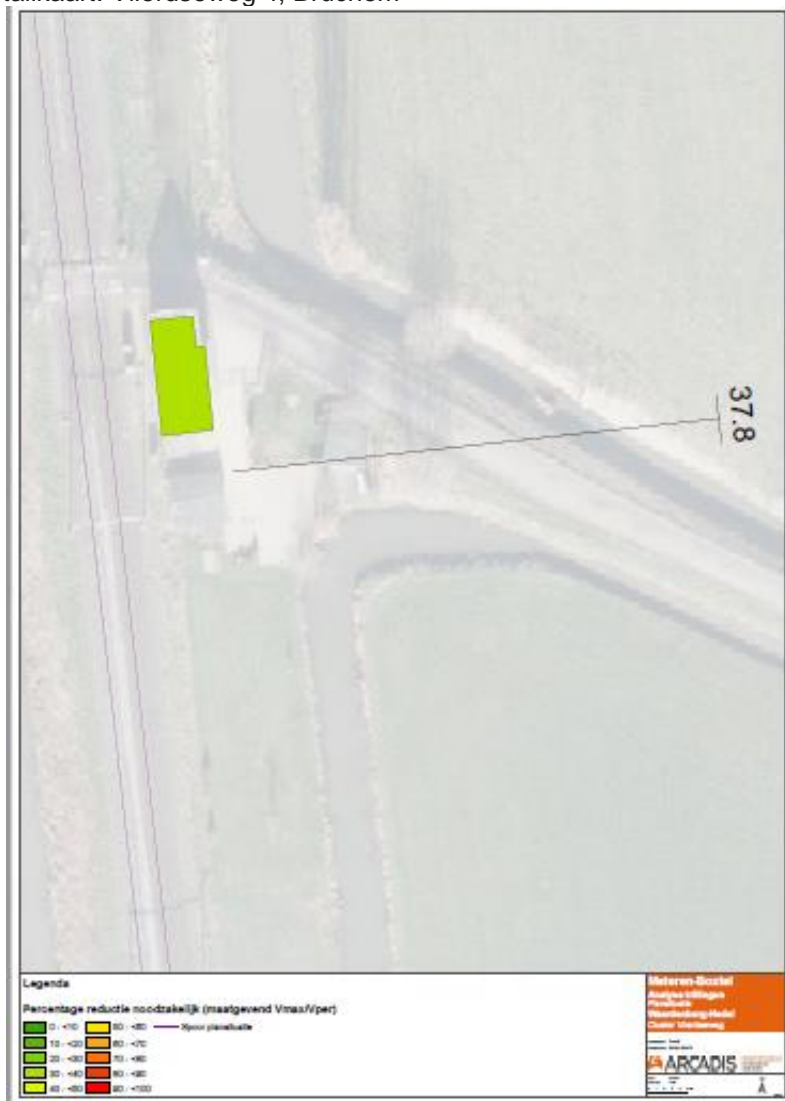
MIP wand, 20 m diep

Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014

Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
Trillingsmaatregelen vrije baan				
Werzaamheden worden solitair uitgevoerd				
Mixed in Place wand voorzien van wapening ca 40kg/m3				
Mixed in Place wand dik 500mm L=100m H=20m	2,000.00	m2	€ 140.00	€ 280,000.00
Totaal benoemde directe bouwkosten				€ 280,000.00
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55.05%	€ 154,145.10
Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen		T-Waarde		€ 434,145.00
Vastgoedkosten			Niet van toepassing	
Engineeringskosten			5.00%	€ 21,707.25
Overige Bijkomende kosten			6.60%	€ 28,653.57
Totaal Basisraming trillingsmaatregelen		T-Waarde		€ 484,506.00
Project onvoorzien			10.00%	€ 48,450.60
Totaal investeringskosten		T-Waarde		€ 532,957.00
Totaal investeringskosten incl. BTW		T-Waarde incl. afronding		€ 644,900.00
Scheefte op basis van expert judgement			3.00%	€ 15,988.71
Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten		Mu-waarde		€ 548,946.00
Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten		Mu-waarde incl. afronding		€ 664,200.00
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19.75%	€ 108,416.84
Totaal investeringskosten excl. BTW		Mu-waarde		€ 657,363.00
Totaal investeringskosten incl. BTW		Mu-waarde incl. afronding		€ 795,400.00
Prijs per m1 (Mu-waarde excl. de PEAT kosten en incl. BTW)			100 m1	€ 8,000.00

BIJLAGE C: MAATREGELEN AFWEGING WAARDENBURG -'S-HERTOGENBOSCH

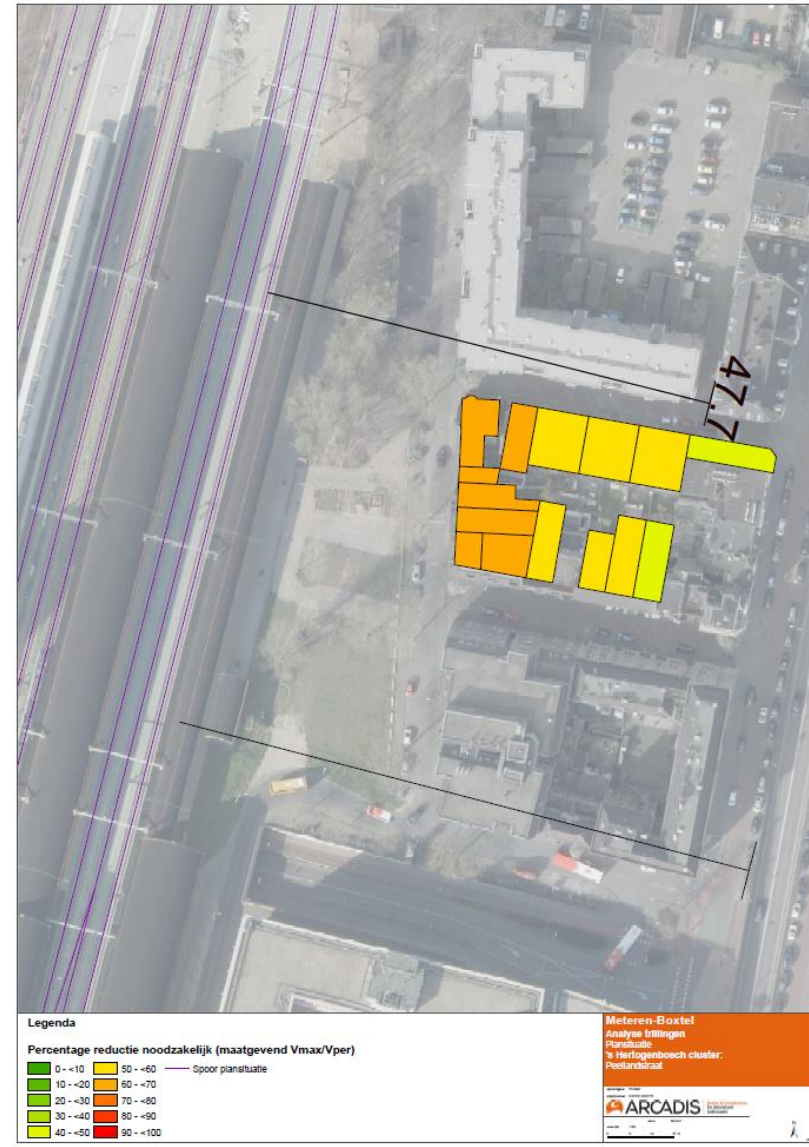
Detailkaart: Vliedseweg 4, Bruchem



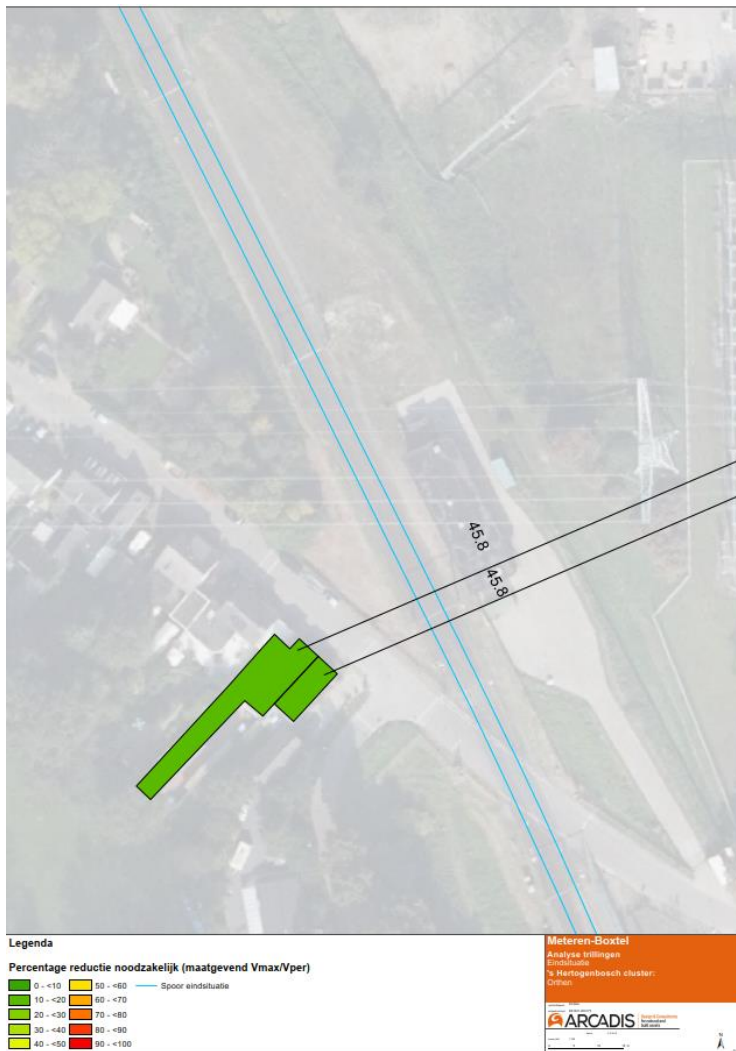
Detailkaarten: Sint Lucasstraat en Sint Maartenstraat



Detailkaarten: Veemarktweg en Peellandstraat



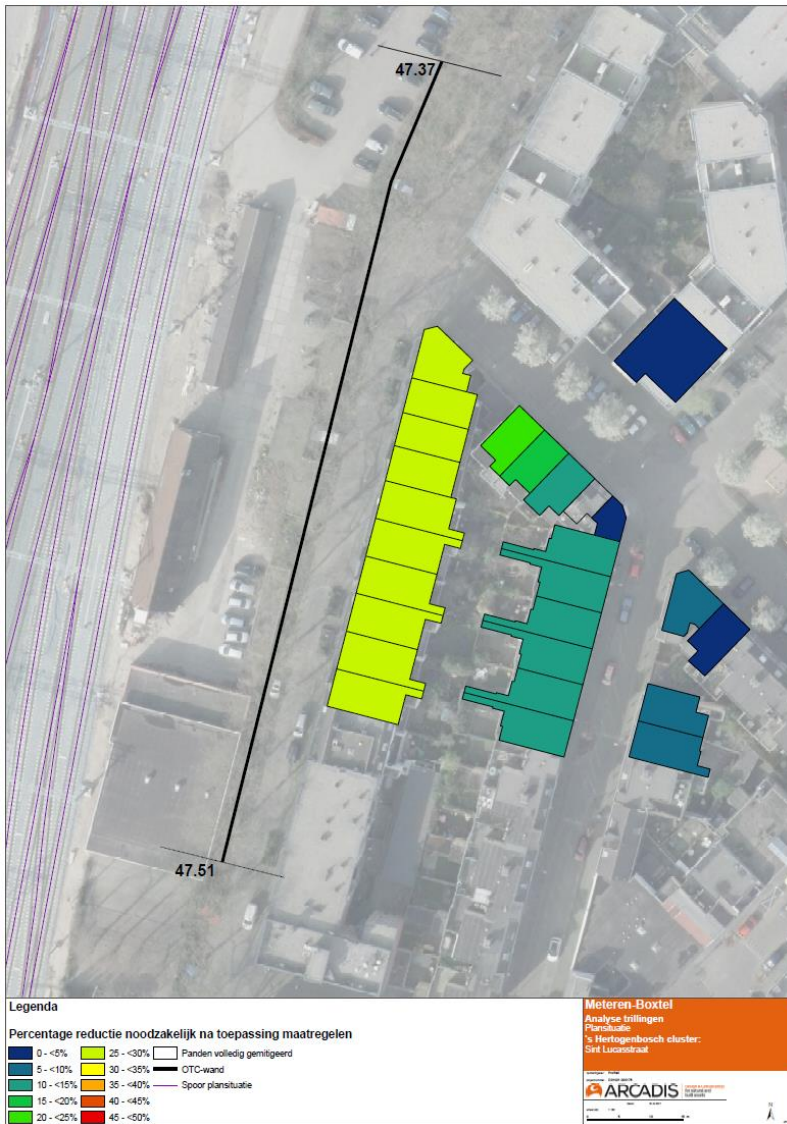
Detailkaarten: Orthen



Detailkaarten: Parallelweg en Celsiusstraat



Maatregelenkaarten: Sint Lucasstraat en Sint Maartenstraat

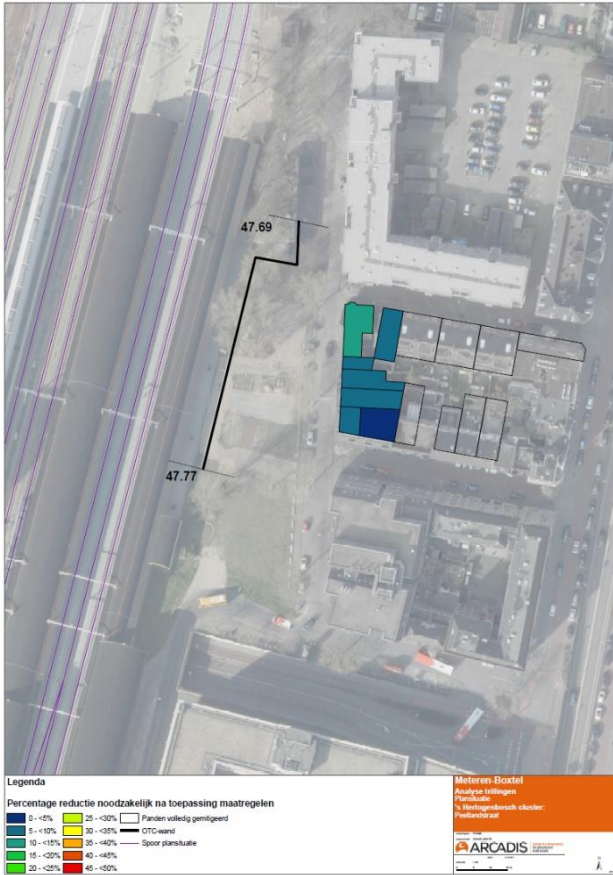


Maatregelset TROC

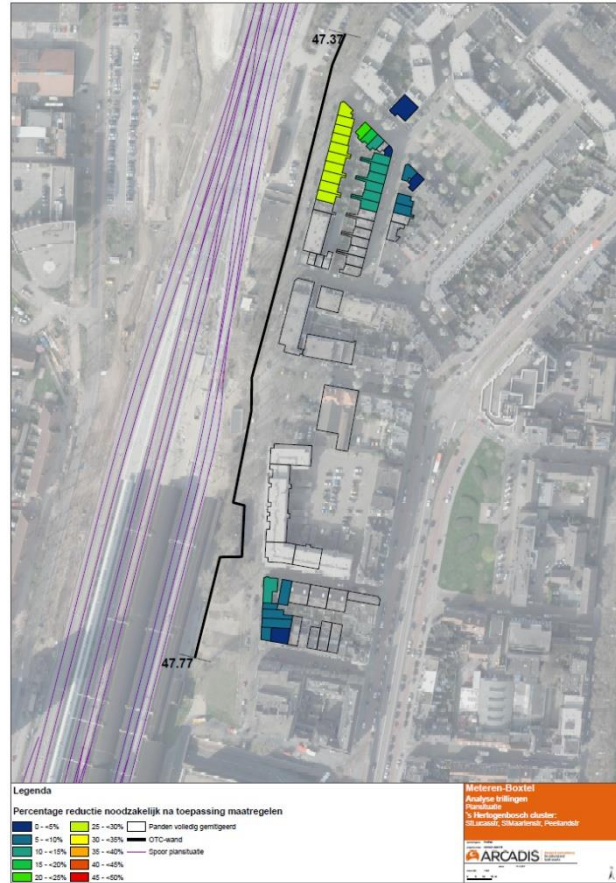


Maatregelset TROC

Maatregelenkaarten: Peellandstraat en combinaties oostzijde emplacement



Maatregelset TROC

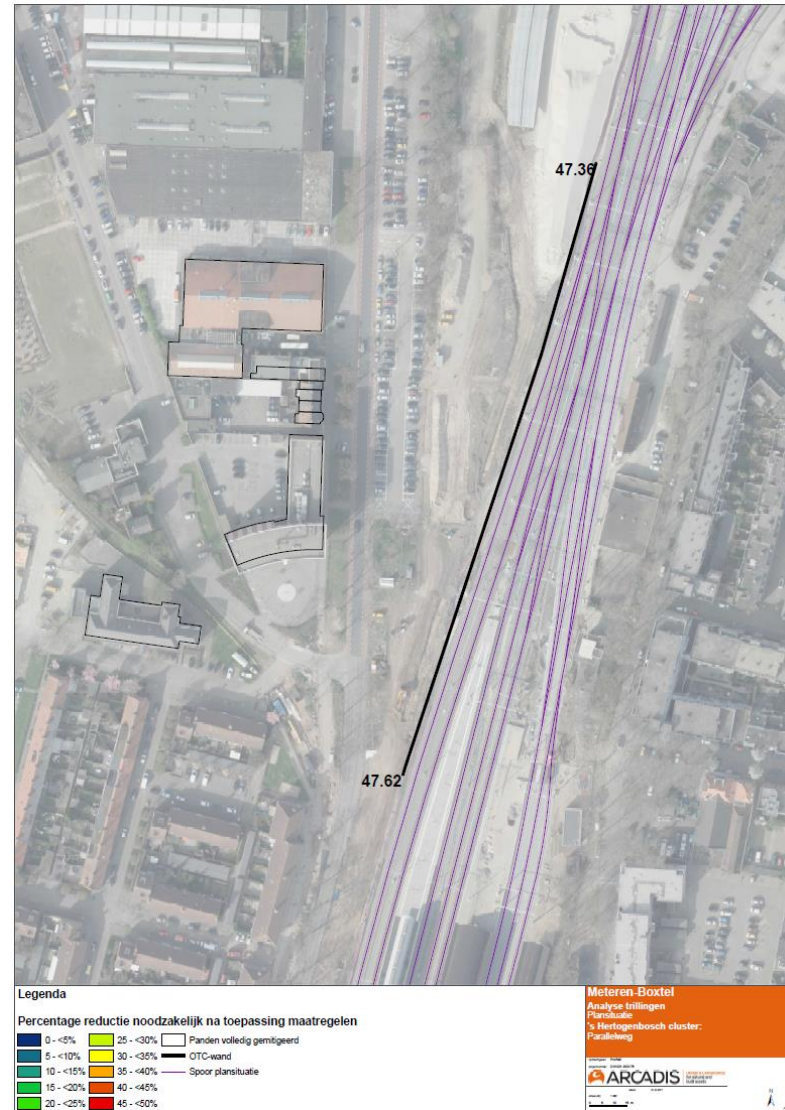


Maatregelset TROC

Maatregelenkaarten: Orthen en Parallelweg



Maatregelset TROC



Maatregelset TROC

Maatregelenkaarten: Celciusstraat en combinatie westzijde emplacement



Maatregelset TROC



Maatregelenset TROC

BIJLAGE D: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT PLANFASE

Detailkaarten: Isabellastraat & Molenvenseweg Noord



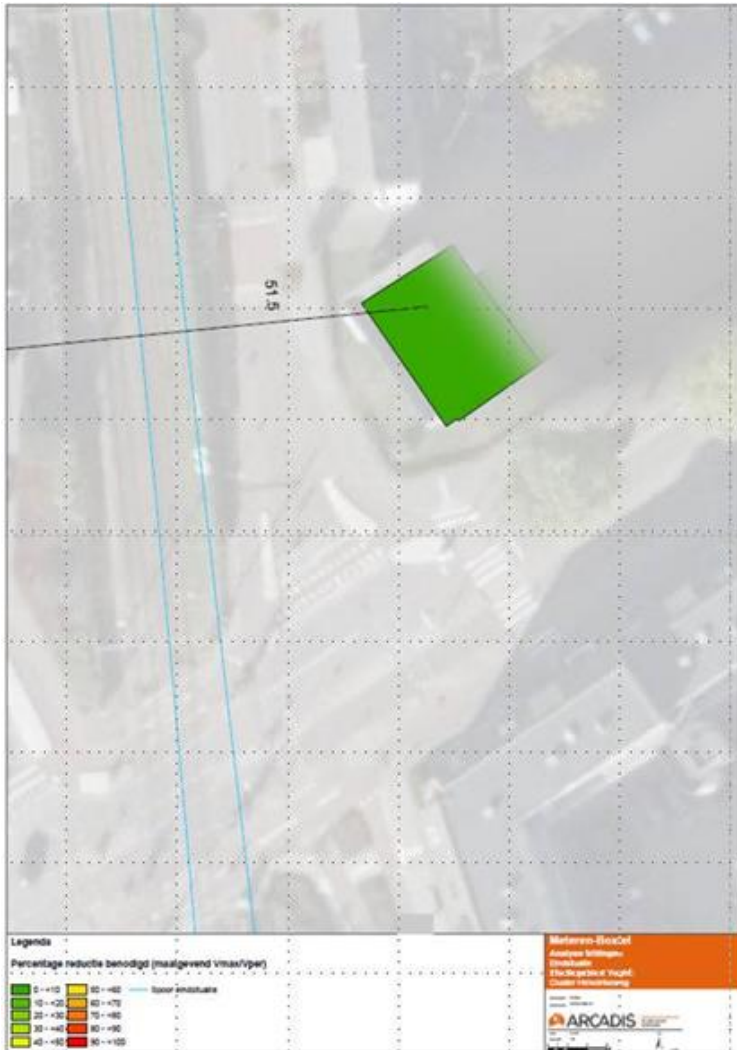
Detailkaarten: Molenvenseweg Zuid en Pieter Bruegellaan



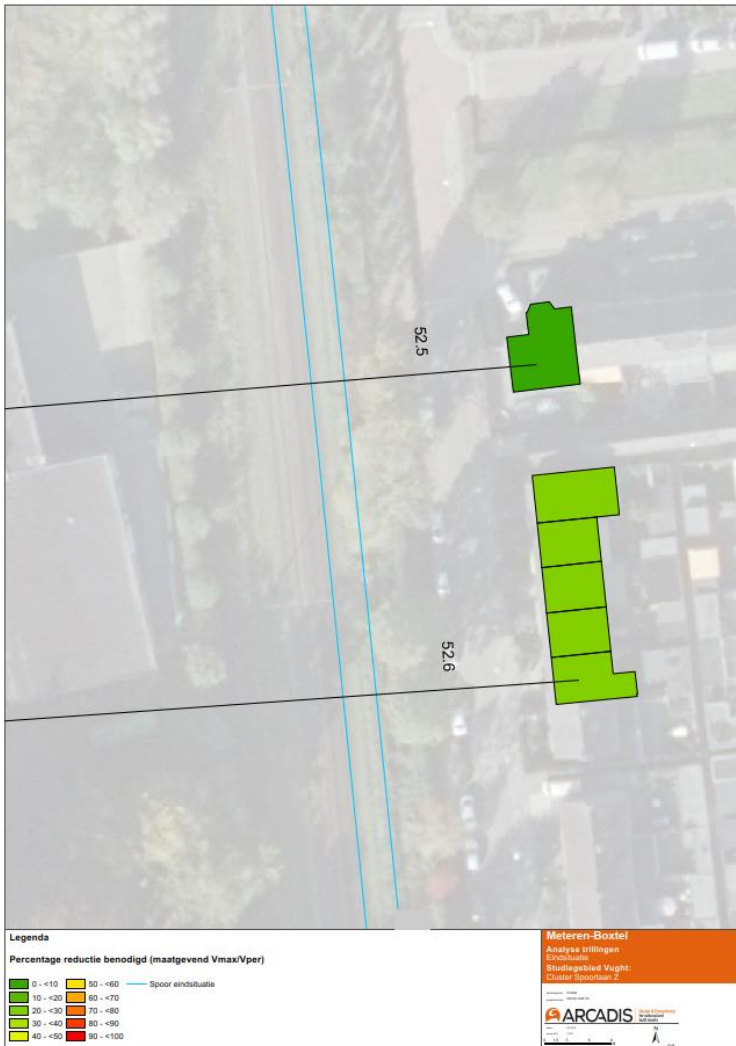
Detailkaarten: Rembrandterf & Rembrandtlaan



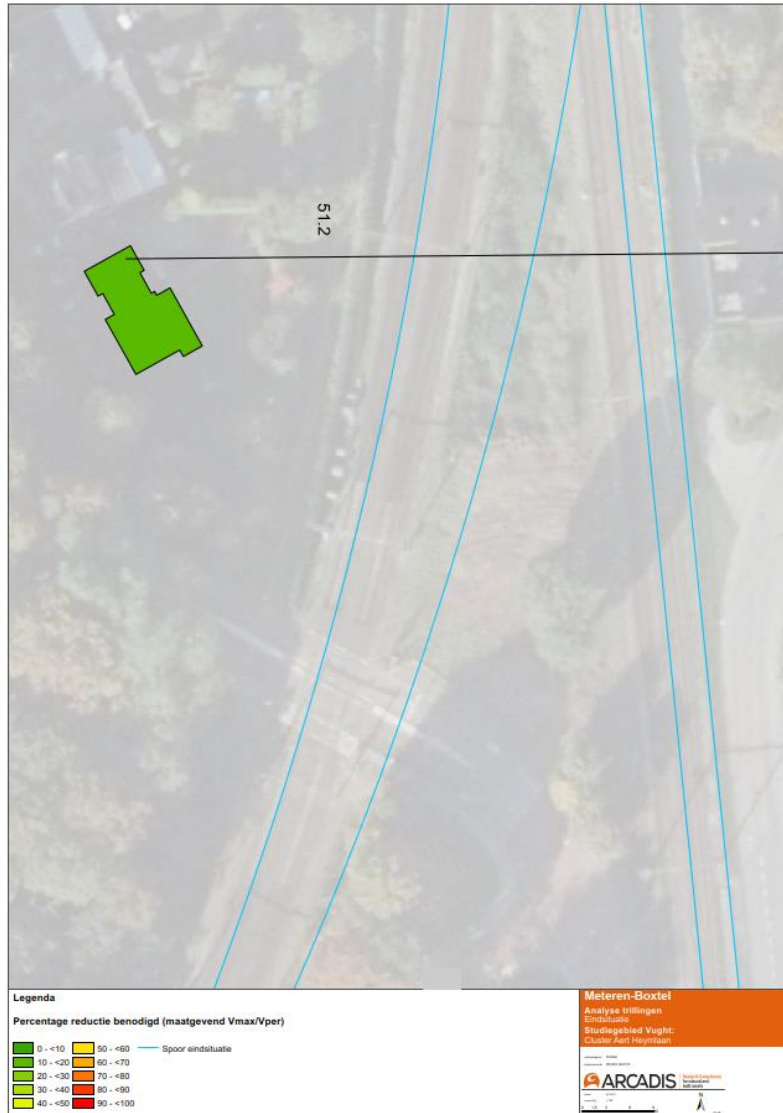
Detailkaarten: Helvoirtseweg & Spoorlaan Noord



Detailkaarten: Spoorlaan Zuid en De Schakel



Detailkaarten Aert Heymlaan & Van Miertstraat



Maatregelenkaarten: Isabellastraat



Maatregelen set Betonplaat onder 2 sporen + TROC



Maatregelen set Betonplaat onder oostelijk spoor + TROC

Maatregelenkaarten: Molenvensweg Noord en Molenvensweg Zuid



Maatregelenset Betonplaat onder 2 sporen +TROC



Maatregelset TROC

Maatregelenkaart: Pieter Bruegellaan en combinatie



Maatregelset TROC



Maatregelenset Betonplaat onder 2 sporen +TROC

Maatregelenkaarten: Rembrandterf



Maatregelset TROC op 5 m uit spoor

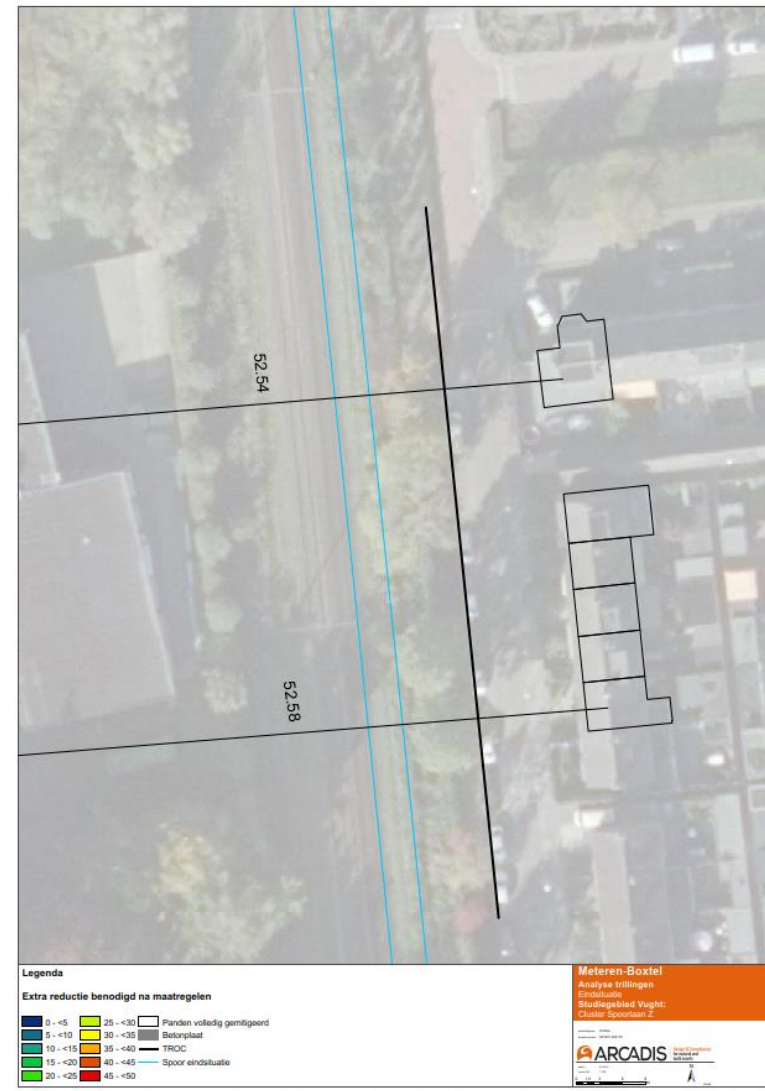


Maatregelset TROC op 13 m uit het spoor

Maatregelenkaarten: Rembrandtlaan en Spoorlaan Zuid



Maatregelset TROC



Maatregelset TROC

Maatregelenkaarten: Aert Heymlaam en Van Miertstraat



Maatregelset TROC



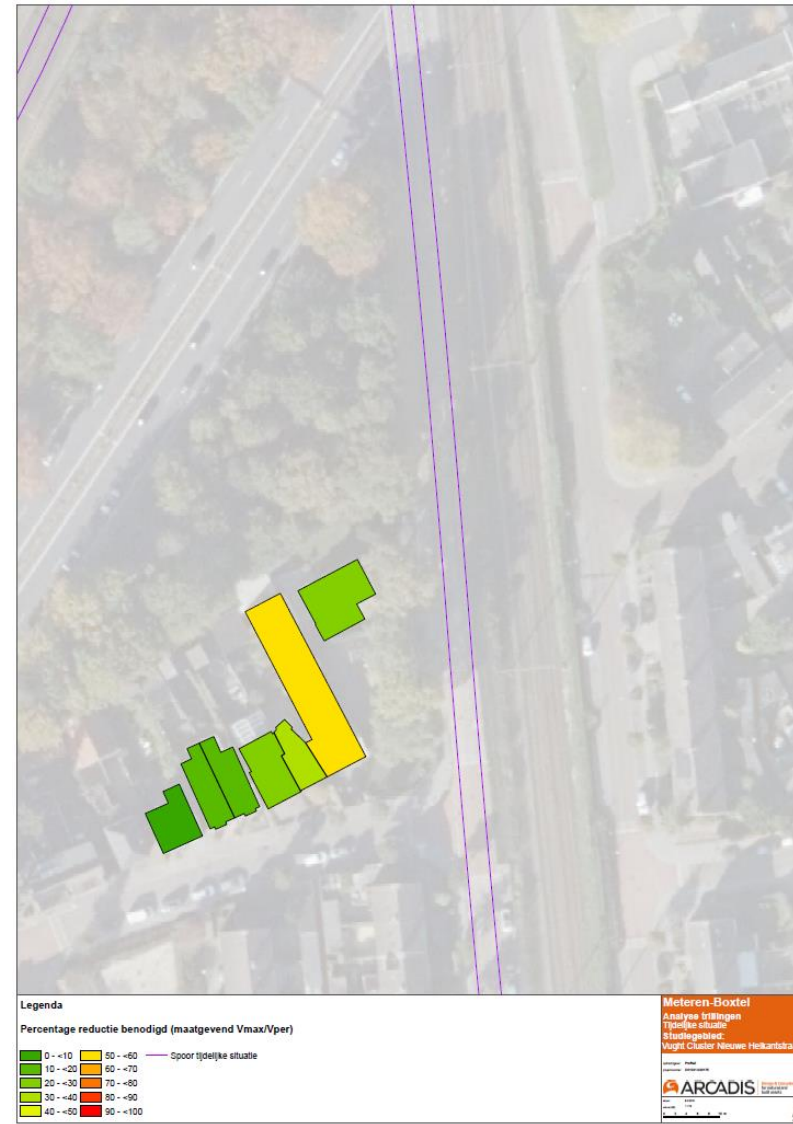
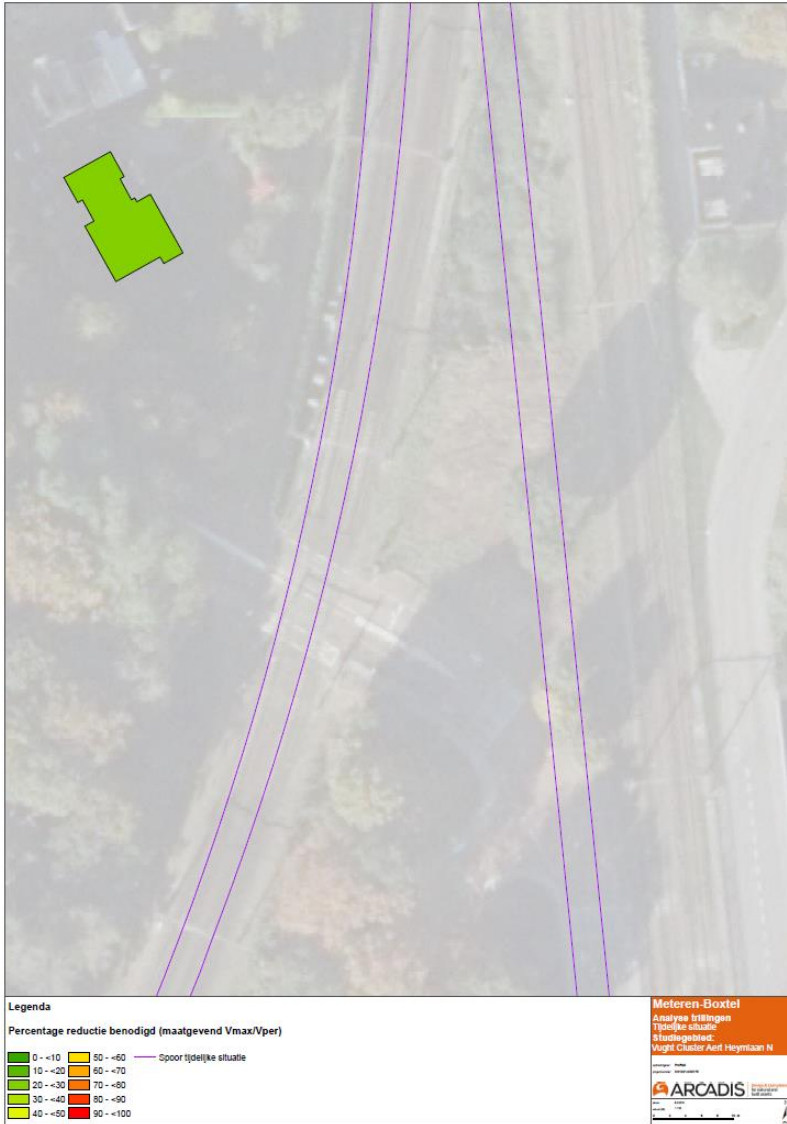
Maatregelset TROC

BIJLAGE E: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT UITVOERINGSFASE

Detailkaarten: Margrietlaan



Detailkaarten:Aert Heymlaan Noord & Nieuwe Heikantstraat



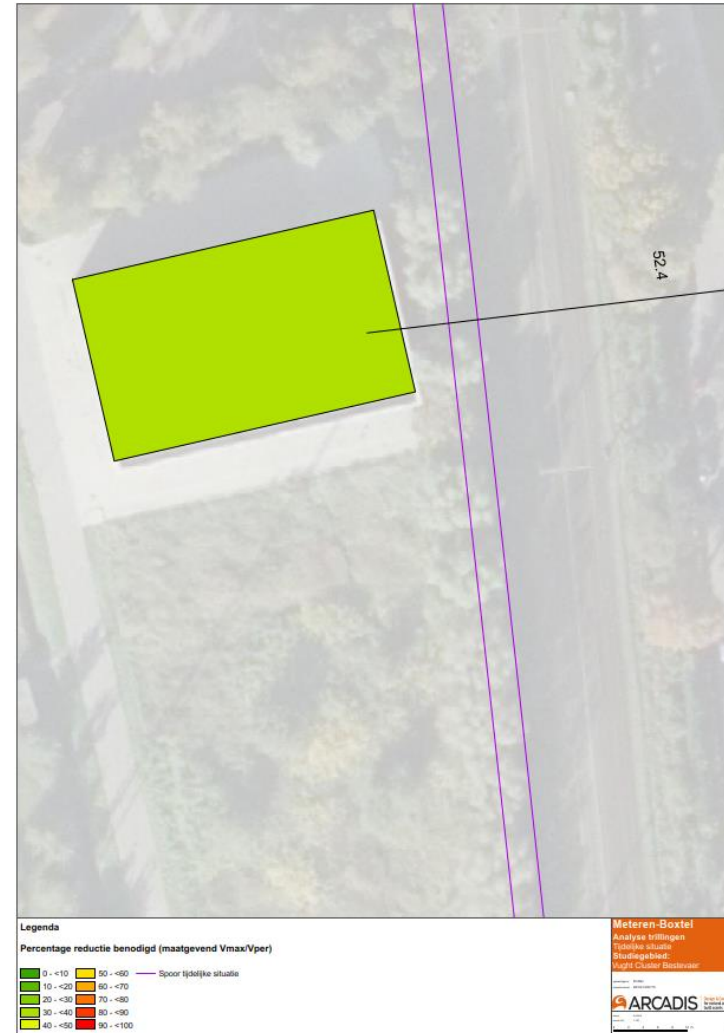
Detailkaarten: Aert Heymlaan Zuid & Helvoirtseweg



Detailkaarten: Van Miertstraat & Vesterplein



Detailkaarten: Esschestraat & Bestevaer



Detailkaarten: Ouwkerklaan & Industrierweg



Maatregelenkaarten: Margrietlaan en Aert Heymlaan Noord



Maatregelen set Betonplaat voor 2 sporen



Maatregelen set Betonplaat voor 2 sporen en TROC

Maatregelenkaarten: Nieuwe Heikantstraat



Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen



Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen +TROC

Maatregelenkaarten: Aert Heymlaan zuid en Helvoirtseweg



Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen



Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen

Maatregelenkaarten: Versterplein en Van Miertstraat



Maatregelset betonplaat onder 2 sporen + TROC

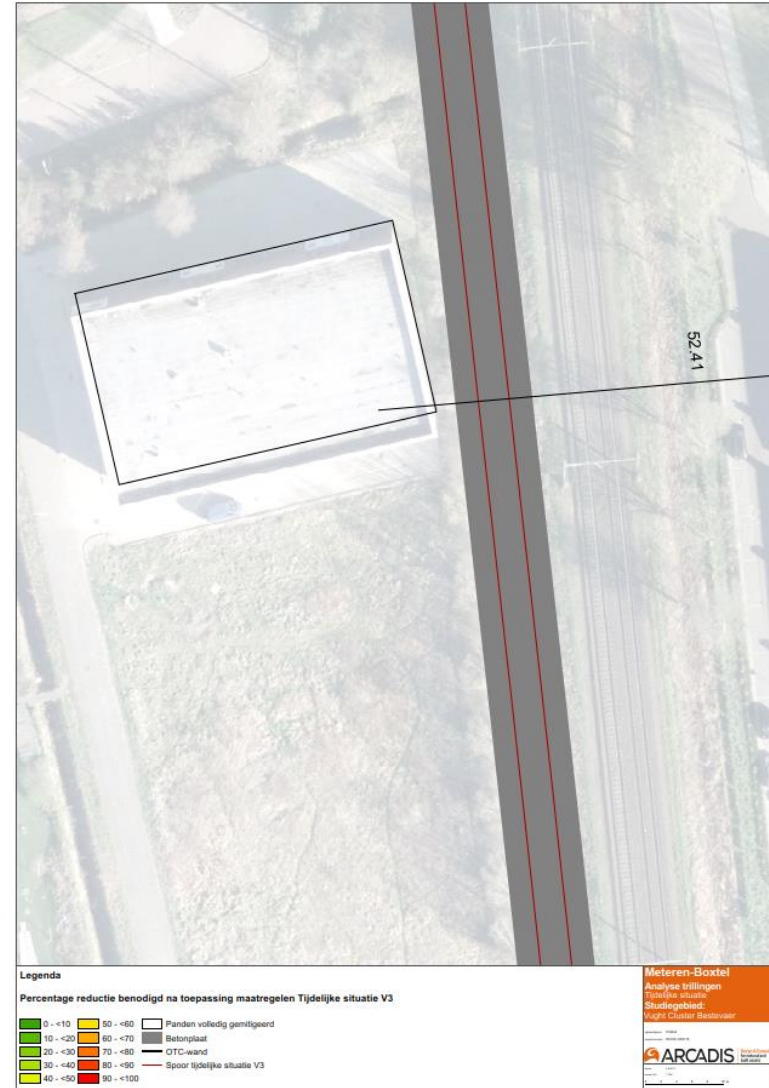


Maatregelenset betonplaat onder 2 sporen + TROC

Maatregelenkaarten: Esschestraat en Bestevaer



Maatregelenbetonplaat onder 2 sporen



Maatregelenbetonplaat onder 2 sporen

Maatregelenkaarten: Ouwerkerklaan en Industrieweg



Maatregelset betonplaat onder 2 sporen



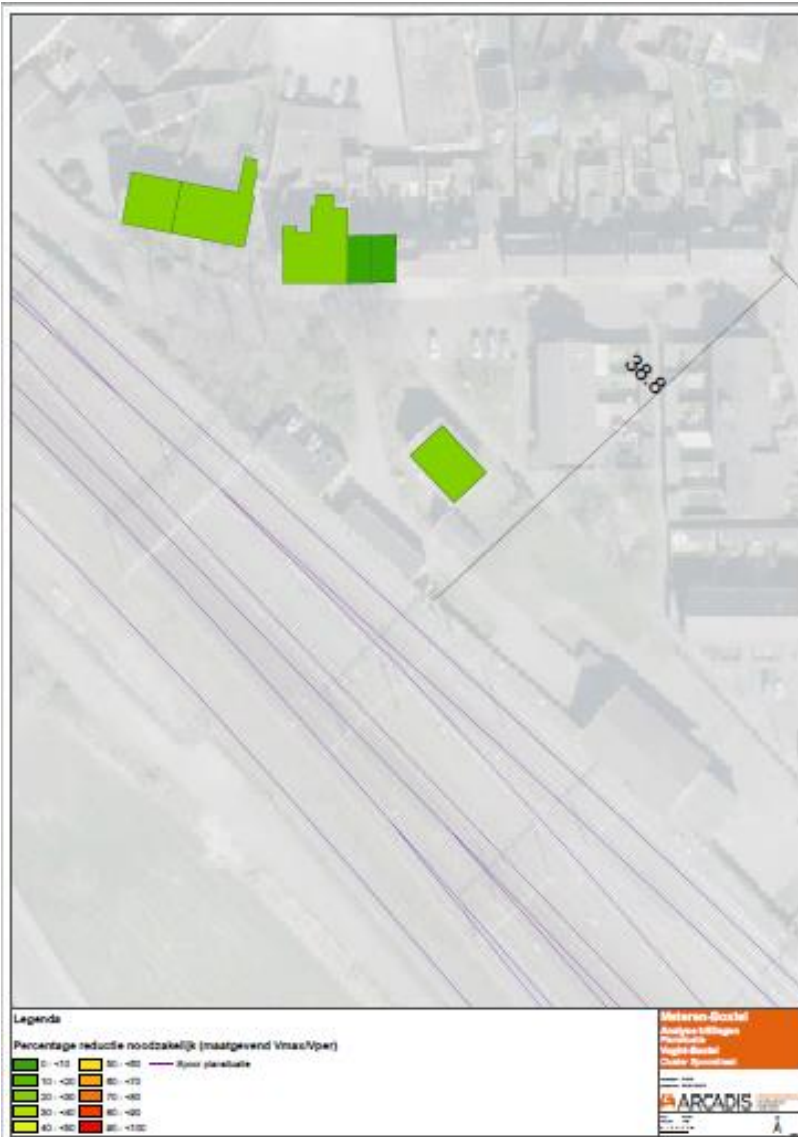
Maatregelset betonplaat onder 2 sporen

BIJLAGE F: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT-BOXTEL

Detailkaarten: Van Salmstraat en Brugstraat



Detailkaarten: Spoorstraat en Stationsplein



Maatregelenkaarten: Van Salmstraat

BIJLAGE G: OVERZICHT MAATREGELENAFWEGING

Toelichting op tabel:

In deze bijlage opgenomen tabel wordt per afzonderlijk beschouwd cluster een overzicht verstrekt van de afgewogen maatregelen in stap 3 van de doelmatigheidsafweging. Er worden in de tabel per cluster maximaal 4 maatregelsets gepresenteerd.

In de maatregelkolommen (kolom nrs 5 t/m 8)) worden de volgende afkortingen gehanteerd:

- BP = betonplaat (op aardebaan)
- DW = diepwand (TROC)
- JW = jet-groutwand (TROC)
- MIP = MIP wand (TROC)

In kolom 9 is de maximale effectiviteit van de maatregelen sets weergegeven.

In kolom 10 is de addionele benodigde reductie na het toepassing van de maatregelen sets weergegeven.

In kolom 11 is het aantal woningen en het oppervlakte andere activiteits/bedrijfsruimten weergegeven.

In de kolommen 12 t/m 15 is voor elke maatregelset het aantal woningen cq. het vloeroppervlak van de overige panden weergegeven waarvoor de maatregel tot een volledige mitigatie leidt. Indien de maatregel voor alle afwegingspanden voldoende mitigatie oplevert is de cel "groen gemarkeerd".

De investeringskosten van de beschouwde maatregelsets zijn in de kolommen 16 t/m 19 vermeld. Op basis van de kosten en de gebruiksfunctie van de afwegingspanden is per maatregelset de kostendoelmatigheid bepaald, zoals weergegeven in de kolommen 20 t/m 23. In de cellen is middels een donker groene stip aangegeven wanneer deze set op basis van kostendoelmatigheid voldoet. Een rode stip betekent dat er geen kostendoelmatigheid is voor deze maatregelset.

In de kosten kolommen is per cluster-maatregel combinatie middels een gele markering aangegeven dat deze maatregelset voldoet op alle aspecten van doelmatigheid.

De analyse is voor alle clusters uitgevoerd op basis van een toetsing aan de bovengrens criteria van de Bts zoals beschreven in de rapportage (in tabel aangeduid als "Bts max situatie"). Per deelgebied is aanvullend de impact van de maatregelenafweging beoordeeld als deze wordt betrokken op de afwegingspanden waarvoor geldt dat ofwel de toename van v_{max} groter is dan 30% ofwel niet wordt voldaan aan toetstingscriteria voor v_{per} . Indien deze zogenaamde 30% regel voor een cluster tot een afwijkende streefwaarde voor de trillingsreductie leidt, is dit middels een grijsmarkering in kolom 2 weergegeven.

BIJLAGE H: OVERZICHT HET INVLOED VAN MAATREGELENSSETS OP VMAX EN VPER

Toelichting op tabel:

In de navolgende tabel wordt voor de clusters waar een maatregel voor wordt toegepast het effect van de toe te passen maatregel nader toegelicht in de vorm van Vmax en Vper na mitigatie.

Toelichting op de kolommen:

In de kolommen 10 en 14 zijn de Vmax referentie en Vper referentie per rij panden weergegeven.

In de kolommen 11 en 15 zijn de Vmax doelwaarde en Vper doelwaarde per rij panden weergegeven.

In de kolommen 12 en 16 zijn de plansituatie Vmax en plansituatie Vper per rij panden weergegeven.

In de kolommen 13 en 17 zijn de overschrijding reductie van Vmax en overschrijding reductie van Vper per rij panden weergegeven.

In kolom 18 is het effectiviteit van de maatregelset per rij panden weergegeven.

In de kolommen 19 t/m 20 zijn de gereduceerde waarden van Vmax en Vper als gevolg van de mitigatie door de maatregelset weergegeven.

In deze tabel worden de resultaten gepresenteerd voor:

- Den Bosch: cluster cluster Sint Lucasstraat (met 30% regel), Sint Maartenstraat, cluster Peellandstraat (met 30% regel), cluster Parallelweg, cluster Celciusstraat.

Bovendien, worden de resultaten voor Vught Noord (bovenwettelijke maatregelen) weergegeven.

Toelichting op de kolommen:

In In de kolommen 10 en 11 zijn de Vmax referentie en Vper referentie per rij panden weergegeven.

In In de kolommen 12 en 13 zijn de plansituatie Vmax en plansituatie Vper per rij panden weergegeven.

In de kolom 14 en 15 zijn de gereduceerde waarden van Vmax en Vper als gevolg van de mitigatie door de maatregelset weergegeven.

Cluster Sint Lucasstraat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax doelwaarde	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper doelwaarde	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961206866	's-Hertogenbosch	Sint Crispijnstraat	4,6,8,10,14,2,12	7	1988	Oost	47.41	77.63	0.951	1.237	1.385	11%	0.192	0.192	0.215	11%	58%	0.583	0.090
7961213258	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	365,367	2	1988	Oost	47.42	46.28	1.280	1.663	1.862	11%	0.256	0.256	0.287	11%	46%	0.997	0.154
7961272540	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	361,363	2	1910	Oost	47.43	46.08	1.280	1.663	1.862	11%	0.256	0.256	0.287	11%	47%	0.996	0.153
7961223060	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	38,40	2	1911	Oost	47.43	59.22	1.126	1.464	1.639	11%	0.226	0.226	0.254	11%	47%	0.871	0.135
7961272539	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	357,359	2	1910	Oost	47.44	46.09	1.280	1.663	1.862	11%	0.256	0.256	0.287	11%	47%	0.996	0.153
7961203554	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	34,36	2	1988	Oost	47.44	63.30	1.084	1.409	1.578	11%	0.218	0.218	0.244	11%	48%	0.815	0.126
7961252809	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	30,32	2	1911	Oost	47.44	67.82	1.044	1.357	1.519	11%	0.210	0.210	0.235	11%	50%	0.757	0.117
7961274746	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	28	1	1911	Oost	47.44	74.29	0.978	1.271	1.423	11%	0.197	0.197	0.221	11%	55%	0.641	0.099
7961232803	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	353,355	2	1988	Oost	47.44	45.97	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.005	0.155
7961206431	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	54	1	1911	Oost	47.44	78.90	0.943	1.225	1.372	11%	0.190	0.190	0.213	11%	59%	0.564	0.088
7961252808	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	349,351	2	1988	Oost	47.45	45.83	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.004	0.155
7961272541	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	50,52	2	1911	Oost	47.45	66.20	1.054	1.397	1.534	9%	0.212	0.212	0.238	11%	49%	0.775	0.120
7961223059	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	347,345	2	1988	Oost	47.45	45.70	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.003	0.155
7961236193	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat,Sint Maartenstraat	26,19	2	1911	Oost	47.46	93.66	0.823	1.070	1.198	11%	0.125	0.125	0.136	8%	52%	0.569	0.065
7961252810	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	46,48	2	1911	Oost	47.46	66.18	1.054	1.370	1.534	11%	0.212	0.212	0.238	11%	49%	0.775	0.120
7961265037	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	22,24	2	1911	Oost	47.46	97.98	0.794	1.032	1.156	11%	0.078	<A3	0.068	0%	58%	0.490	0.029
7961252807	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	341,343	2	1988	Oost	47.46	45.57	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.003	0.154
7961213259	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	44,42	2	1911	Oost	47.46	65.92	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.784	0.121
7961203553	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	337,339	2	1988	Oost	47.47	45.31	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.001	0.154
7961213260	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	38,40	2	1911	Oost	47.47	65.90	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.784	0.121
7961252806	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	333,335	2	1911	Oost	47.48	44.94	1.306	1.697	1.901	11%	0.261	0.261	0.293	11%	47%	1.009	0.155
7961214654	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	15,17	2	1911	Oost	47.48	93.04	0.823	1.070	1.198	11%	0.125	0.125	0.136	8%	52%	0.579	0.066
7961242708	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	36,34	2	1911	Oost	47.48	65.31	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.788	0.122
7961213257	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	329,331	2	1988	Oost	47.48	44.57	1.306	1.697	1.901	11%	0.261	0.261	0.293	11%	47%	1.007	0.155
7961274325	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	30,32	2	1911	Oost	47.48	65.24	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.788	0.122
7961227641	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	11,13	2	1987	Oost	47.48	92.68	0.830	1.079	1.209	11%	0.126	0.126	0.137	8%	51%	0.588	0.067

Cluster Sint Maartenstraat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax e	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper e	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961279318	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	327,325	2	1911	Oost	47.49	44.18	0.224	0.291	0.379	23%	0.119	0.119	0.121	2%	37%	0.238	0.076
7961267403	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	7,9	2	1987	Oost	47.49	92.33	0.151	0.197	0.256	23%	0.058	<A3	0.057	0%	40%	0.154	0.034
7961242709	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	28,26	2	1911	Oost	47.49	64.54	0.188	0.245	0.319	23%	0.099	<A3	0.100	0%	42%	0.184	0.058
7961254897	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	22,24	2	1911	Oost	47.49	64.48	0.188	0.245	0.319	23%	0.099	<A3	0.100	0%	42%	0.184	0.058
7961258368	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	3	1	1985	Oost	47.50	91.64	0.152	0.198	0.258	23%	0.058	<A3	0.058	0%	40%	0.156	0.035
7961259364	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	18,20	2	1911	Oost	47.50	63.86	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	41%	0.126	0.033
7961257010	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	293,295,297,299,301,303,305,;	16	1985	Oost	47.50	42.70	0.152	0.198	0.258	23%	0.070	<A3	0.068	0%	37%	0.163	0.043
7961232783	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	14,16	2	1911	Oost	47.51	63.79	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	41%	0.126	0.033
7961203556	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	10,12	2	1911	Oost	47.51	63.16	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	40%	0.128	0.033
7961213261	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	8,6	2	1911	Oost	47.52	63.09	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	40%	0.128	0.033
7961227302	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	17,11	2	1985	Oost	47.52	55.83	0.135	0.176	0.229	23%	0.062	<A3	0.060	0%	34%	0.151	0.040
7961257011	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	15	1	1985	Oost	47.52	46.78	0.147	0.190	0.248	23%	0.067	<A3	0.065	0%	38%	0.153	0.040
7961237221	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	13,19	2	1985	Oost	47.52	51.30	0.140	0.182	0.238	23%	0.064	<A3	0.062	0%	35%	0.155	0.041
7961223061	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	2,4	2	1911	Oost	47.52	67.17	0.123	0.159	0.208	23%	0.056	<A3	0.054	0%	47%	0.110	0.029
7961225481	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	30,26,28	3	1990	Oost	47.54	56.43	0.134	0.175	0.227	23%	0.062	<A3	0.060	0%	34%	0.149	0.039
7961209307	's-Hertogenbosch	Kempenlandstraat	63,65,69,71,75,77,79,81,83,85,;	52	1991	Oost	47.56	36.22	0.161	0.209	0.273	23%	0.074	<A3	0.072	0%	36%	0.176	0.046
7961235036	's-Hertogenbosch	Kempenlandstraat	27,29,25,23	4	1991	Oost	47.58	50.91	0.141	0.184	0.240	23%	0.065	<A3	0.063	0%	25%	0.179	0.047
7961278342	's-Hertogenbosch	Kempenlandstraat,Boschveldweg	14,16,18,20,22,201,203,205,20	12	1913	Oost	47.61	62.21	0.128	0.166	0.216	23%	0.058	<A3	0.056	0%	29%	0.153	0.040
7961206584	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	85,87,89,91,95,97,99,105,107,;	18	1985	Oost	47.64	35.76	0.162	0.211	0.275	23%	0.075	<A3	0.072	0%	27%	0.202	0.053
7961220252	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	39,43,45,47,53,55,59,61,63,67,	24	1985	Oost	47.67	36.67	0.161	0.209	0.273	23%	0.074	<A3	0.072	0%	27%	0.200	0.053
7961276035	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	34,36,38,42,44,46,48,52,54,50,	11	1985	Oost	47.69	62.75	0.128	0.166	0.216	23%	0.058	<A3	0.056	0%	30%	0.151	0.039
7961215379	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	56,58,60,64,66,68,70,72,74,76,	14	1985	Oost	47.70	44.41	0.149	0.194	0.253	23%	0.069	<A3	0.066	0%	28%	0.182	0.048

Cluster Peellandstraat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax doelwaarde	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper doelwaarde	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961247168	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	1	1	1910	Oost	47.71	100.91	0.535	0.695	0.778	11%	0.000	<A3	0.000	0%	62%	0.292	0.000
7961436844	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	3,5,7,7A,5A,5B,7B,7C	8	1953	Oost	47.72	89.24	0.572	0.744	0.833	11%	0.021	<A3	0.021	0%	52%	0.398	0.010
7961436845	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	9,9A,13,11,9B,9C,11A,11B	8	1953	Oost	47.72	77.57	0.619	0.804	0.901	11%	0.064	<A3	0.052	0%	59%	0.372	0.022
7961436846	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	15,17,19,19A,17A,17B,19B	8	1953	Oost	47.72	65.89	0.672	0.873	0.978	11%	0.141	ref>plan	0.141	0%	50%	0.488	0.070
7961278872	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	23,21,25,27,29	5	1953	Oost	47.72	59.93	0.701	0.912	1.021	11%	0.149	ref>plan	0.148	0%	48%	0.530	0.077
7961236488	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	33,35	2	1954	Oost	47.72	48.71	0.762	0.990	1.109	11%	0.163	ref>plan	0.162	0%	47%	0.593	0.087
7961268405	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	33	1	1954	Oost	47.73	51.94	0.744	0.968	1.083	11%	0.159	ref>plan	0.158	0%	45%	0.595	0.087
7961248916	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	29,31	2	1890	Oost	47.73	52.67	0.739	0.960	1.075	11%	0.158	ref>plan	0.157	0%	44%	0.600	0.088
7961234962	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	11,13	2	1950	Oost	47.74	96.15	0.548	0.712	0.797	11%	0.000	<A3	0.000	0%	56%	0.349	0.000
7961262653	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	27B,27C,27D,27E,27F,2	9	1950	Oost	47.74	53.79	0.733	0.953	1.067	11%	0.156	ref>plan	0.156	0%	44%	0.594	0.087
7961234961	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	17,15	2	1910	Oost	47.74	89.77	0.572	0.744	0.833	11%	0.021	<A3	0.021	0%	51%	0.407	0.010
7961275606	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	23	1	1952	Oost	47.74	71.63	0.644	0.838	0.938	11%	0.135	ref>plan	0.134	0%	54%	0.430	0.062
7961205584	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	19,19A	2	1957	Oost	47.74	84.02	0.591	0.768	0.860	11%	0.022	<A3	0.022	0%	58%	0.358	0.009
7961235336	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	25	1	1950	Oost	47.75	60.82	0.696	0.905	1.013	11%	0.147	ref>plan	0.147	0%	48%	0.524	0.076
7961230181	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	25	1	1950	Oost	47.75	54.89	0.728	0.946	1.059	11%	0.155	ref>plan	0.154	0%	45%	0.582	0.085

Cluster Parallelweg

1	2	3	4	6	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax doelwaar de	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper doelwaar de	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961246600	's-Hertogenbosch	Parallelweg	52	1	1933	West	47,48	90,42	0,181	0,235	0,333	29%	0,011	<A3	0,045	0%	64%	0,122	0,017
7961266587	's-Hertogenbosch	Parallelweg	53	1	1935	West	47,48	90,34	0,181	0,235	0,333	29%	0,011	<A3	0,045	0%	64%	0,121	0,016
7961266588	's-Hertogenbosch	Parallelweg	54	1	1933	West	47,49	89,83	0,183	0,238	0,336	29%	0,011	<A3	0,046	0%	65%	0,119	0,016
7961256578	's-Hertogenbosch	Parallelweg	55	1	1933	West	47,49	88,84	0,184	0,240	0,339	29%	0,011	<A3	0,046	0%	66%	0,115	0,016
7961226877	's-Hertogenbosch	Parallelweg	56	1	1933	West	47,50	87,07	0,186	0,242	0,342	29%	0,011	<A3	0,046	0%	68%	0,108	0,015
7961208161	's-Hertogenbosch	Parallelweg	60,58,64	3	1998	West	47,55	74,26	0,209	0,272	0,385	29%	0,012	<A3	0,052	0%	64%	0,137	0,019

Cluster Celsiusstraat

1	2	3	4	6	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Sho	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal pand	Bouwjaar	Local	Kilometre ring	D_re	Vmax r	Vmax de	Max Vm	Reductie Vmax	Vper r	Vper de	Vpe	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961007247	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	1	1	2018	West	47,60	100,00	0,356	0,404	0,654	38%	0,033	<A3	0,069	0%	75%	0,164	0,017
7961236602	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	2,4	2	1952	West	47,62	78,62	0,434	0,404	0,917	56%	0,040	<A3	0,096	0%	70%	0,273	0,028
7961276369	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	16,14	2	1952	West	47,62	100,37	0,356	0,404	0,748	46%	0,033	<A3	0,078	0%	75%	0,187	0,020
7961249648	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	10,12	2	1952	West	47,62	93,17	0,379	0,404	0,805	50%	0,035	<A3	0,084	0%	75%	0,201	0,021
7961207186	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	6,8	2	1952	West	47,62	86,07	0,403	0,404	0,859	53%	0,037	<A3	0,090	0%	75%	0,218	0,023
7961226880	's-Hertogenbosch	Parallelweg	66,67,68,69,70,71	6	1954	West	47,65	56,70	0,349	0,404	0,754	46%	0,037	<A3	0,082	0%	64%	0,274	0,030
7961226738	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	8,10	2	1952	West	47,66	93,22	0,248	0,322	0,532	39%	0,026	<A3	0,059	0%	75%	0,133	0,015
7961239765	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	12,14	2	1952	West	47,66	85,98	0,266	0,346	0,567	39%	0,028	<A3	0,062	0%	74%	0,148	0,016
7961207187	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	16,18	2	1952	West	47,66	78,64	0,284	0,369	0,606	39%	0,030	<A3	0,067	0%	70%	0,184	0,020
7961276370	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	4,6	2	1952	West	47,66	100,47	0,233	0,303	0,494	39%	0,025	<A3	0,055	0%	75%	0,124	0,014
7961236772	's-Hertogenbosch	Parallelweg	76,72,73,74,75,77	6	1954	West	47,66	53,40	0,360	0,404	0,778	48%	0,038	<A3	0,085	0%	64%	0,280	0,030
7961214493	's-Hertogenbosch	Parallelweg	80,78,79,81,83,82	6	1954	West	47,68	52,41	0,363	0,404	0,786	49%	0,038	<A3	0,085	0%	64%	0,283	0,031
7961216945	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	1,3	2	1952	West	47,69	75,97	0,292	0,379	0,612	38%	0,031	<A3	0,067	0%	70%	0,187	0,020
7961210259	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	9,11	2	1952	West	47,69	90,52	0,255	0,331	0,532	38%	0,027	<A3	0,059	0%	75%	0,133	0,015
7961216946	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	13,15	2	1952	West	47,69	97,66	0,239	0,311	0,499	38%	0,025	<A3	0,055	0%	75%	0,125	0,014
7961266426	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	5,7	2	1952	West	47,69	83,38	0,271	0,353	0,567	38%	0,029	<A3	0,062	0%	74%	0,149	0,016
7961266424	's-Hertogenbosch	Parallelweg	89,85,84,86,87,88	6	1954	West	47,69	50,90	0,370	0,404	0,786	49%	0,039	<A3	0,085	0%	64%	0,283	0,031
7961256437	's-Hertogenbosch	Parallelweg	90,91,92,95,94,93	6	1954	West	47,72	49,83	0,374	0,404	0,786	49%	0,040	<A3	0,085	0%	64%	0,283	0,031
7961236603	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	2,4	2	1952	West	47,71	75,07	0,292	0,379	0,612	38%	0,031	<A3	0,067	0%	70%	0,186	0,020
7961266427	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	8,6	2	1952	West	47,71	82,41	0,274	0,356	0,567	37%	0,029	<A3	0,062	0%	74%	0,149	0,016
7961256440	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	10,12	2	1952	West	47,71	89,55	0,257	0,334	0,532	37%	0,027	<A3	0,059	0%	75%	0,133	0,015
7961256439	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	14,16	2	1952	West	47,71	96,85	0,241	0,314	0,499	37%	0,026	<A3	0,055	0%	75%	0,125	0,014
7961266425	's-Hertogenbosch	Parallelweg	96,97,98,99,100,101	6	1954	West	47,73	48,23	0,567	0,404	1,179	66%	0,060	0,104	0,128	19%	64%	0,425	0,046
7961256438	's-Hertogenbosch	Parallelweg	104,102,103,105,106,107	6	1954	West	47,74	45,16	0,584	0,404	1,167	65%	0,062	0,104	0,127	18%	64%	0,421	0,046
7961237683	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	20	1	1952	West	47,74	99,13	0,352	0,404	0,702	42%	0,037	<A3	0,078	0%	71%	0,204	0,022
7961236604	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	30,32	2	1952	West	47,75	77,22	0,430	0,404	0,851	53%	0,046	<A3	0,094	0%	74%	0,223	0,025
7961226739	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	34,36	2	1952	West	47,75	69,89	0,463	0,404	0,909	56%	0,049	<A3	0,100	0%	70%	0,277	0,030
7961249649	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	22,24	2	1952	West	47,75	91,48	0,379	0,404	0,748	46%	0,040	<A3	0,083	0%	75%	0,187	0,021
7961266428	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	26,28	2	1952	West	47,75	84,38	0,403	0,404	0,798	49%	0,043	<A3	0,088	0%	75%	0,199	0,022
7961254031	's-Hertogenbosch	Parallelweg	109,110,111,112,113,108	6	1954	West	47,76	43,69	0,596	0,404	1,167	65%	0,063	0,104	0,127	18%	64%	0,421	0,046
7961238001	's-Hertogenbosch	Parallelweg	114,115,116,117,118,119	6	1954	West	47,77	41,93	0,608	0,404	1,167	65%	0,064	0,104	0,127	18%	64%	0,420	0,046
7961225650	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	1,3,7,9,11,5	6	1952	West	47,80	40,86	0,410	0,404	0,762	47%	0,043	<A3	0,083	0%	63%	0,279	0,030
7961215820	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	13,15,19,21,23,17	6	1952	West	47,80	56,69	0,349	0,404	0,642	37%	0,037	<A3	0,070	0%	67%	0,210	0,023
7961266840	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	29,31,33,35,27,25	6	1952	West	47,80	70,31	0,306	0,397	0,567	30%	0,032	<A3	0,062	0%	74%	0,147	0,016
7961256829	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	37,39,41,43,45,47	6	1952	West	47,80	84,07	0,269	0,349	0,499	30%	0,028	<A3	0,055	0%	75%	0,125	0,014

Vught Noord (bovenwettelijke maatregelen)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vper ref	Max Vmax	Vper	Vmax na maatregel	Vper na maatregel
8651006074	Vught	Loonsebaan	15	1	1936	Oost	50,53	99,5	0,09	0,00	0,11	0,01	0,08	0,00
8651006075	Vught	Loonsebaan	15A	1	1936	Oost	50,53	94,8	0,09	0,00	0,12	0,01	0,08	0,01
8651007367	Vught	Loonsebaan	17	1	1935	Oost	50,54	86,5	0,11	0,00	0,14	0,01	0,10	0,01
8651006073	Vught	Loonsebaan	19	1	1930	Oost	50,54	78,0	0,13	0,01	0,16	0,01	0,11	0,01
8651006072	Vught	Loonsebaan	23	1	1915	Oost	50,55	56,3	0,22	0,02	0,31	0,03	0,06	0,01
8651007368	Vught	Loonsebaan	21	1	1905	Oost	50,55	67,5	0,16	0,01	0,22	0,02	0,07	0,01
8651006071	Vught	Molenvenseweg	93	1	1969	Oost	50,57	25,5	0,58	0,04	1,03	0,08	0,40	0,03
8651006070	Vught	Molenvenseweg	91	1	1969	Oost	50,58	25,7	0,58	0,04	1,03	0,08	0,40	0,03
8651006066	Vught	Wilhelminalaan	23	1	1937	Oost	50,58	99,6	0,03	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00
8651009270	Vught	Wilhelminalaan	25	1	1937	Oost	50,58	89,9	0,04	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00
8651007954	Vught	Wilhelminalaan	27	1	1937	Oost	50,58	82,2	0,05	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00
8651006069	Vught	Molenvenseweg	89	1	1918	Oost	50,58	25,9	1,18	0,07	2,07	0,15	0,80	0,06
8651006067	Vught	Wilhelminalaan	29	1	1933	Oost	50,59	69,7	0,19	0,01	0,30	0,02	0,09	0,01
8651006068	Vught	Wilhelminalaan	31	1	1938	Oost	50,59	44,6	0,50	0,03	0,88	0,07	0,36	0,03
8651003458	Vught	Wilhelminalaan	22	1	1932	Oost	50,61	96,8	0,09	0,00	0,14	0,01	0,09	0,01
8651003459	Vught	Wilhelminalaan	24	1	1932	Oost	50,61	88,2	0,11	0,00	0,17	0,01	0,12	0,01
8651003460	Vught	Wilhelminalaan	26	1	1932	Oost	50,61	65,6	0,21	0,01	0,36	0,03	0,15	0,01
8651003461	Vught	Wilhelminalaan	28	1	1935	Oost	50,61	45,2	0,47	0,03	0,84	0,06	0,34	0,03
8651003462	Vught	Wilhelminalaan	30	1	1938	Oost	50,61	26,5	1,13	0,07	2,07	0,15	0,80	0,06
8651003463	Vught	Molenvenseweg	87	1	1974	Oost	50,62	26,5	0,33	0,02	0,62	0,05	0,24	0,02
8651007564	Vught	Molenvenseweg	85	1	1969	Oost	50,62	26,6	0,33	0,02	0,62	0,05	0,24	0,02
8651003464	Vught	Molenvenseweg	83	1	1918	Oost	50,63	26,6	0,33	0,02	0,62	0,05	0,24	0,02
8651003465	Vught	Molenvenseweg	81B	1	2003	Oost	50,64	29,2	0,19	0,01	0,34	0,02	0,15	0,01
8651007563	Vught	Molenvenseweg	81A	1	2003	Oost	50,65	29,3	0,19	0,01	0,34	0,02	0,15	0,01
8651003469	Vught	Victorialaan	15	1	1938	Oost	50,65	53,2	0,08	0,00	0,14	0,01	0,07	0,00
8651003466	Vught	Molenvenseweg	79D	1	1964	Oost	50,66	29,3	0,47	0,03	0,98	0,08	0,42	0,03
8651003467	Vught	Molenvenseweg	79C	1	1964	Oost	50,67	29,3	0,47	0,03	0,98	0,08	0,42	0,03
8651003468	Vught	Molenvenseweg	79B	1	1964	Oost	50,67	29,4	0,47	0,03	0,98	0,08	0,42	0,03
8651003471	Vught	Molenvenseweg	79A	1	1964	Oost	50,68	29,4	0,47	0,03	0,98	0,08	0,42	0,03
8651003472	Vught	Molenvenseweg	79	1	1930	Oost	50,69	27,9	1,07	0,06	2,18	0,16	0,81	0,06
8651003473	Vught	Molenvenseweg	77	1	1930	Oost	50,70	27,9	1,07	0,06	2,18	0,16	0,80	0,06
8651003474	Vught	Molenvenseweg	75	1	1934	Oost	50,71	28,0	1,02	0,06	2,18	0,16	0,79	0,06
8651003475	Vught	Molenvenseweg	73	1	1934	Oost	50,71	28,0	1,02	0,06	2,18	0,16	0,79	0,06
8651003482	Vught	Molenvenseweg	71	1	1934	Oost	50,72	28,1	1,02	0,06	2,30	0,17	0,79	0,06
8651003483	Vught	Molenvenseweg	69	1	1934	Oost	50,73	28,1	1,02	0,06	2,30	0,17	0,79	0,06
8651003484	Vught	Molenvenseweg	67	1	1930	Oost	50,75	26,2	1,13	0,07	2,55	0,19	0,69	0,05
8651003485	Vught	Molenvenseweg	65	1	1959	Oost	50,77	29,8	0,44	0,03	1,02	0,08	0,71	0,06
8651009422	Vught	Molenvenseweg	63	1	1980	Oost	50,79	44,6	0,13	0,01	0,20	0,02	0,16	0,02
8651009423	Vught	Molenvenseweg	59	1	2002	Oost	50,80	55,4	0,11	0,00	0,16	0,02	0,14	0,01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vper ref	Max Vmax	Vper	Vmax na maatregel	Vper na maatregel
8651003486	Vught	Molenvenseweg	53,51	2	1891	Oost	50,82	68,0	0,09	0,00	0,13	0,01	0,11	0,01
8651003487	Vught	Molenvenseweg	49	1	1891	Oost	50,82	75,0	0,08	0,00	0,11	0,01	0,11	0,01
8651003488	Vught	Molenvenseweg	47A	1	1959	Oost	50,84	92,1	0,07	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00
8651003489	Vught	Molenvenseweg	47	1	1959	Oost	50,84	96,3	0,07	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00
8651006084	Vught	Molenvenseweg	62	1	1967	Oost	50,84	44,2	0,13	0,01	0,21	0,03	0,17	0,02
8651003490	Vught	Molenvenseweg	45A	1	1959	Oost	50,84	100,4	0,06	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00
8651005915	Vught	Molenvenseweg	60	1	1954	Oost	50,87	83,8	0,17	0,02	0,16	0,01	0,16	0,01
8651006085	Vught	Pieter Bruegellaan	36	1	1954	Oost	50,87	38,3	0,45	0,05	0,55	0,07	0,44	0,05
8651005916	Vught	Molenvenseweg	58	1	1954	Oost	50,87	84,0	0,17	0,02	0,15	0,01	0,15	0,01
8651006086	Vught	Pieter Bruegellaan	35	1	1954	Oost	50,88	38,3	0,45	0,05	0,55	0,07	0,44	0,05
8651006080	Vught	Molenvenseweg	56	1	1954	Oost	50,88	84,2	0,16	0,02	0,15	0,01	0,15	0,01
8651006087	Vught	Pieter Bruegellaan	34	1	1954	Oost	50,88	38,3	0,45	0,05	0,55	0,07	0,44	0,05
8651006081	Vught	Molenvenseweg	54	1	1954	Oost	50,88	81,9	0,17	0,02	0,16	0,02	0,16	0,02
8651006088	Vught	Pieter Bruegellaan	33	1	1954	Oost	50,89	38,3	0,45	0,05	0,55	0,07	0,44	0,05
8651006082	Vught	Molenvenseweg	52	1	1954	Oost	50,89	81,9	0,17	0,02	0,16	0,02	0,16	0,02
8651006083	Vught	Molenvenseweg	50	1	1954	Oost	50,90	84,8	0,16	0,02	0,15	0,01	0,15	0,01
8651006089	Vught	Pieter Bruegellaan	32	1	1954	Oost	50,90	35,3	0,50	0,06	0,62	0,08	0,45	0,06
8651006090	Vught	Pieter Bruegellaan	31	1	1954	Oost	50,91	35,2	0,50	0,06	0,62	0,08	0,45	0,06
8651006091	Vught	Pieter Bruegellaan	30	1	1954	Oost	50,91	35,2	0,33	0,04	0,62	0,08	0,45	0,06
8651006098	Vught	Vincent van Goghlaan	1	1	1954	Oost	50,92	85,2	0,11	0,00	0,15	0,01	0,15	0,01
8651006092	Vught	Pieter Bruegellaan	29	1	1954	Oost	50,92	35,2	0,33	0,04	0,62	0,08	0,45	0,06
8651009420	Vught	Vincent van Goghlaan	2	1	1954	Oost	50,92	79,3	0,12	0,01	0,17	0,02	0,17	0,02
8651006097	Vught	Vincent van Goghlaan	3	1	1954	Oost	50,92	73,2	0,19	0,02	0,19	0,02	0,18	0,02
8651006096	Vught	Vincent van Goghlaan	4	1	1954	Oost	50,92	67,4	0,22	0,02	0,22	0,03	0,21	0,02
8651006095	Vught	Vincent van Goghlaan	5	1	1954	Oost	50,92	61,8	0,24	0,03	0,25	0,03	0,23	0,03
8651006093	Vught	Pieter Bruegellaan	28	1	1954	Oost	50,92	35,2	0,50	0,06	0,62	0,08	0,45	0,06
8651006094	Vught	Vincent van Goghlaan	6	1	1954	Oost	50,93	56,2	0,27	0,03	0,29	0,04	0,25	0,03
8651009421	Vught	Pieter Bruegellaan	27	1	1954	Oost	50,93	35,2	0,50	0,06	0,62	0,08	0,45	0,06
8651006111	Vught	Molenvenseweg	48	1	1954	Oost	50,95	69,8	0,21	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02
8651006112	Vught	Molenvenseweg	46	1	1954	Oost	50,96	69,8	0,21	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02
8651006118	Vught	Pieter Bruegellaan	26	1	1954	Oost	50,96	35,2	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006113	Vught	Molenvenseweg	44	1	1954	Oost	50,96	70,4	0,20	0,02	0,20	0,02	0,19	0,02
8651006119	Vught	Pieter Bruegellaan	25	1	1954	Oost	50,96	35,2	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006114	Vught	Molenvenseweg	42	1	1954	Oost	50,97	70,4	0,20	0,02	0,20	0,02	0,19	0,02
8651006120	Vught	Pieter Bruegellaan	24	1	1954	Oost	50,97	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006115	Vught	Pieter Bruegellaan	23	1	1954	Oost	50,98	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006121	Vught	Molenvenseweg	40	1	1954	Oost	50,98	70,1	0,20	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02
8651006116	Vught	Pieter Bruegellaan	22	1	1954	Oost	50,98	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006122	Vught	Molenvenseweg	38	1	1954	Oost	50,99	70,3	0,20	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02
8651006117	Vught	Pieter Bruegellaan	21	1	1954	Oost	50,99	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006123	Vught	Molenvenseweg	36	1	1954	Oost	50,99	71,2	0,20	0,02	0,20	0,02	0,19	0,02
8651006124	Vught	Molenvenseweg	34	1	1954	Oost	51,00	75,4	0,19	0,02	0,19	0,02	0,18	0,02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vper ref	Max Vmax	Vper	Vmax na maatregel	Vper na maatregel
8651006129	Vught	Pieter Bruegellaan	20	1	1954	Oost	51,00	38,3	0,45	0,05	0,57	0,07	0,46	0,06
8651006125	Vught	Molenvenseweg	32	1	1954	Oost	51,00	76,3	0,19	0,02	0,18	0,02	0,17	0,02
8651006128	Vught	Pieter Bruegellaan	19	1	1954	Oost	51,01	38,3	0,45	0,05	0,57	0,07	0,46	0,06
8651006126	Vught	Molenvenseweg	30	1	1954	Oost	51,01	77,2	0,18	0,02	0,18	0,02	0,17	0,02
8651006127	Vught	Pieter Bruegellaan	18	1	1954	Oost	51,01	38,3	0,45	0,05	0,57	0,07	0,46	0,06
8651006311	Vught	Pieter Bruegellaan	17	1	1954	Oost	51,02	38,3	0,45	0,05	0,57	0,07	0,46	0,06
8651006317	Vught	Molenvenseweg	28	1	1954	Oost	51,03	79,5	0,18	0,02	0,17	0,02	0,17	0,02
8651006318	Vught	Molenvenseweg	26	1	1954	Oost	51,03	77,5	0,18	0,02	0,18	0,02	0,17	0,02
8651007576	Vught	Pieter Bruegellaan	16	1	1954	Oost	51,03	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006319	Vught	Molenvenseweg	24	1	1954	Oost	51,04	79,1	0,18	0,02	0,17	0,02	0,17	0,02
8651006325	Vught	Pieter Bruegellaan	15	1	1954	Oost	51,04	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651009135	Vught	Molenvenseweg	22	1	1954	Oost	51,04	78,3	0,18	0,02	0,17	0,02	0,17	0,02
8651006326	Vught	Pieter Bruegellaan	14	1	1954	Oost	51,05	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006321	Vught	Molenvenseweg	20	1	1954	Oost	51,05	79,9	0,18	0,02	0,17	0,02	0,17	0,02
8651009247	Vught	Pieter Bruegellaan	13	1	1954	Oost	51,05	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006322	Vught	Molenvenseweg	18	1	1954	Oost	51,06	80,4	0,17	0,02	0,17	0,02	0,17	0,02
8651009248	Vught	Pieter Bruegellaan	12	1	1954	Oost	51,06	35,3	0,50	0,06	0,65	0,08	0,47	0,06
8651006323	Vught	Molenvenseweg	16	1	1954	Oost	51,06	81,3	0,17	0,02	0,16	0,02	0,16	0,02
8651006327	Vught	Pieter Bruegellaan	11	1	1954	Oost	51,06	35,3	0,50	0,06	0,62	0,08	0,45	0,06
8651006324	Vught	Molenvenseweg	14	1	1954	Oost	51,07	82,6	0,17	0,02	0,16	0,02	0,16	0,02
8651009251	Vught	Pieter Bruegellaan	10	1	1954	Oost	51,08	38,4	0,45	0,05	0,55	0,07	0,44	0,05
8651009249	Vught	Pieter Bruegellaan	9	1	1954	Oost	51,08	38,4	0,45	0,05	0,55	0,07	0,44	0,05
8651009257	Vught	Antoon van Weliestraat	3	1	1954	Oost	51,09	83,9	0,17	0,02	0,15	0,01	0,15	0,01
8651009256	Vught	Antoon van Weliestraat	5	1	1954	Oost	51,09	77,9	0,18	0,02	0,17	0,02	0,17	0,02
8651009250	Vught	Pieter Bruegellaan	8	1	1954	Oost	51,09	38,4	0,45	0,05	0,53	0,07	0,42	0,05
8651006331	Vught	Antoon van Weliestraat	1	1	1954	Oost	51,09	90,1	0,15	0,02	0,14	0,01	0,14	0,01
8651006329	Vught	Antoon van Weliestraat	9	1	1954	Oost	51,09	65,8	0,22	0,02	0,22	0,03	0,20	0,02
8651006328	Vught	Antoon van Weliestraat	11	1	1954	Oost	51,09	59,9	0,25	0,03	0,26	0,03	0,23	0,03
8651006330	Vught	Antoon van Weliestraat	7	1	1954	Oost	51,09	72,2	0,20	0,02	0,19	0,02	0,18	0,02
8651007575	Vught	Pieter Bruegellaan	7	1	1954	Oost	51,09	38,4	0,45	0,05	0,53	0,07	0,42	0,05
8651006334	Vught	Molenvenseweg	12	1	1964	Oost	51,11	82,3	0,17	0,02	0,15	0,01	0,15	0,01
8651006344	Vught	Pieter Bruegellaan	6	1	1954	Oost	51,12	35,5	0,50	0,06	0,53	0,07	0,53	0,07
8651006335	Vught	Molenvenseweg	10	1	1954	Oost	51,12	83,3	0,17	0,02	0,15	0,01	0,15	0,01
8651006343	Vught	Pieter Bruegellaan	5	1	1954	Oost	51,12	35,5	0,50	0,06	0,53	0,07	0,53	0,07
8651007583	Vught	Rembrandtlaan	58	1	1954	Oost	51,13	69,4	0,21	0,02	0,19	0,02	0,19	0,02
8651006342	Vught	Pieter Bruegellaan	4	1	1954	Oost	51,13	35,5	0,50	0,06	0,51	0,06	0,51	0,06
8651007584	Vught	Rembrandtlaan	60	1	1954	Oost	51,13	63,4	0,23	0,02	0,21	0,03	0,21	0,03
8651006341	Vught	Pieter Bruegellaan	3	1	1954	Oost	51,13	35,5	0,50	0,06	0,49	0,06	0,49	0,06
8651006340	Vught	Pieter Bruegellaan	2	1	1954	Oost	51,14	35,5	0,50	0,06	0,47	0,06	0,47	0,06
8651006336	Vught	Rembrandtlaan	62	1	1954	Oost	51,14	53,2	0,29	0,03	0,26	0,03	0,26	0,03
8651006339	Vught	Pieter Bruegellaan	1	1	1954	Oost	51,15	35,5	0,50	0,06	0,45	0,06	0,45	0,06
8651006337	Vught	Rembrandtlaan	64	1	1954	Oost	51,15	55,2	0,28	0,03	0,24	0,03	0,24	0,03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vper ref	Max Vmax	Vper	Vmax na maatregel	Vper na maatregel
8651006338	Vught	Rembrandtlaan	66	1	1954	Oost	51,16	41,4	0,41	0,05	0,36	0,04	0,36	0,04
8651007585	Vught	Rembrandtlaan	68	1	1959	Oost	51,17	34,0	0,52	0,06	0,47	0,06	0,47	0,06

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264

6800 AG Arnhem

Nederland

+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Onze referentie: 079314872