

Gemeente Rotterdam

Vorbereiding MER Hoekse Lijn

Verkeerseffecten en
vervoerwaardestudie



Omdat we ons verplaatsen

adviseurs
mobiliteit
**Goudappel
Coffeng**

Gemeente Rotterdam

Vorbereiding MER Hoekse Lijn

Verkeerseffecten en vervoerwaardestudie

Datum	1 april 2015
Kenmerk	RTD264/Tnn/1865.01
Eerste versie	3 november 2015

Documentatiepagina

Opdrachtgever(s)	Gemeente Rotterdam
Titel rapport	Vorbereiding MER Hoekse Lijn Verkeerseffecten en vervoerwaardestudie
Kenmerk	RTD264/Tnn/1865.01
Datum publicatie	1 april 2015
Projectteam opdrachtgever(s)	Arjen Kamphuis, Jeroen Rijdsdijk, Leonard Goudswaard
Projectteam Goudappel Coffeng	Roderik Tonen, Erik Oerlemans, Arjan van der Werken
Projectomschrijving	Verkeersstudie ten behoeve van de milieu-effectrapportage voor de ombouw van de Hoekse Lijn. Deze verkeersstudie brengt de verkeerseffecten (verplaatsingen, per vervoerwijze) in beeld op basis van een modelstudie met het RVMK3.1-model.
Trefwoorden	Hoekse Lijn, Stadsregio Rotterdam, vervoerwaarde, metro, MER

1	Inleiding	1
2	Het project Hoekse Lijn	2
2.1	RVMK 3.1	2
2.2	Wijzigingen bij ombouw	2
2.2.1	Maassluis Steendijkpolder	3
2.2.2	Verlenging Hoek van Holland Strand	4
2.3	Alternatieven	5
3	Verkeerseffecten	6
3.1	Verkeersbeeld netwerk	6
3.2	Intensiteitontwikkeling op cruciale wegvakken	6
3.3	Capaciteit kruispunten	9
3.4	Verkeersveiligheid	10
3.5	Tijdelijke situatie	10
4	Resultaten vervoerwaardestudie	11
4.1	Modal split	11
4.2	Bezettingen op de Hoekse Lijn	12
4.3	Reizigerskilometers en reizigers	14
4.4	Modelresultaten in perspectief	16
5	Aanvullingen op modelberekeningen	17
5.1	Feiten en cijfers over strand Hoek van Holland	17
5.1.1	Stranddagen	17
5.1.2	Aantal strandbezoekers	18
5.2	Reizigerseffect ombouw en verlenging	19
5.2.1	Reizigerseffect bij ombouw	19
5.2.2	Reizigerseffect bij ombouw & verlenging	20
5.3	Verkeerssituatie op stranddagen	22
5.4	Overweganalyse	23
5.4.1	Veiligheid	23
5.4.2	Oponthoud huidige overwegen	23
5.4.3	Oponthoud nieuwe overwegen	24
5.5	Rol verlenging: bereikbaarheid & vervoerwaarde	25
6	Conclusies	27
Bijlage 1	Uitgangspunten vervoerwaardestudie	1
Bijlage 2	Vervoerwaarde in detail	1
Bijlage 3	V/C-ratio	1

Bijlage 4	Modelplots motorvoertuigen	1
Bijlage 5	Modelplots OV	1
Bijlage 6	Vergelijking met eerdere vervoerwaardestudie	1
Bijlage 7	Ervaringen Randstadrail	1
Bijlage 8	Gevoeligheidsanalyse: Programma Hoogfrequent spoor	1
Bijlage 9	Onderzoek overwegveiligheid (Movares)	1

1

Inleiding

De voorbereidingen voor de ombouw van de spoorverbinding Hoek van Holland – Rotterdam tot een metroverbinding zijn in volle gang. De Stadsregio Rotterdam maakte eind 2013 bekend de treinverbinding Hoekse Lijn om te bouwen tot een metroverbinding. Vanaf 2017 zullen metro's vanaf Hoek van Holland naar Rotterdam Nesselande rijden.

De ombouw betekent een koppeling met het bestaande metronetwerk van Rotterdam. Daarbij zal met een hogere frequentie worden gereden dan nu met de trein het geval is en wordt Station Maassluis Steendijkpolder aan het netwerk toegevoegd. De Hoekse lijn wordt daardoor voor reizigers aantrekkelijker. De diverse bestemmingen in het centrum van Rotterdam worden zonder overstap bereikbaar voor bewoners van Schiedam, Vlaardingen, Maassluis en Hoek van Holland, en omgekeerd. De bereikbaarheid van de gemeenten wordt groter en daarmee worden zij aantrekkelijker als woon- en werklocatie. De verwachting op basis van eerdere studie is dat het totaal aantal reizigerskilometers per openbaar vervoer met ruim 30% groeit.

Voor de te nemen ruimtelijke besluiten wordt door de Gemeente Rotterdam een procedure voor een milieueffectrapportage (m.e.r.) doorlopen. Onderdeel van deze milieueffectrapportage is een verkeers- en milieuonderzoek, waarin te verwachten verkeers- en milieusituatie wordt doorgerekend en beoordeeld. Als basis hiervoor is actualisatie van de inzichten ten aanzien van de verkeers- en vervoerseffecten noodzakelijk.

Deze rapportage beschrijft deze actualisatie. Na eerdere vervoerwaardestudies (2006 & 2011) en diverse uitwerkingen daarvan (o.a. in 2013) worden de inzichten hier geactualiseerd. Hoewel de diverse studies overeenkomsten vertonen in de opzet, zijn er inhoudelijke verschillen. Deze uiten zich vooral in de exacte opzet van de toekomstsituatie met metrobediening. Het gaat dan bijvoorbeeld om extra stations of de geboden frequentie. Daarnaast staat de ontwikkeling van het verkeersmodel niet stil, wat de mogelijkheid biedt om de vervoerwaardestudie met het RVMK3.1-model te kunnen actualiseren.

Hoofdstuk 2 beschrijft de ingrediënten die zijn meegewogen in de vervoerwaardestudie, hoofdstuk 3 analyseert de verkeerseffecten. In hoofdstuk 4 is het effect op de vervoerwaarde geschetst. Hoofdstuk 5 behandelt enkele aanvullende aspecten, waarna hoofdstuk 6 de conclusies presenteert.

Het project Hoekse Lijn

Met de aansluiting van de Hoekse Lijn op het Rotterdamse metronetwerk verdwijnt de rechtstreekse treinverbinding tussen Hoek van Holland, Maassluis en Vlaardingen enerzijds en Rotterdam Centraal anderzijds. Daarvoor in de plaats worden Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen enerzijds verbonden met Rotterdam centrum en Capelle a/d IJssel anderzijds. Er wijzigt echter meer. In dit hoofdstuk geven we weer hoe de vervoerwaardestudie tot stand is gekomen en welke elementen samen de ombouw van de Hoekse Lijn vormen.

2.1 RVMK 3.1

Voor het inschatten van de effecten op verkeer en vervoer is gebruik gemaakt van het RVMK3.1-model (de regionale verkeersmilieukaart) van de Stadsregio Rotterdam. Meer informatie over de achtergronden van het model zijn opgenomen in bijlage 1.

2.2 Wijzigingen bij ombouw

Naast de fysieke koppeling van de Hoekse Lijn aan het metronetwerk van Rotterdam, worden er meer infrastructurele aanpassingen gedaan aan het netwerk.

- Toevoeging van station Maassluis Steendijkpolder
- Verplaatsing van station Hoek van Holland Strand richting kust.

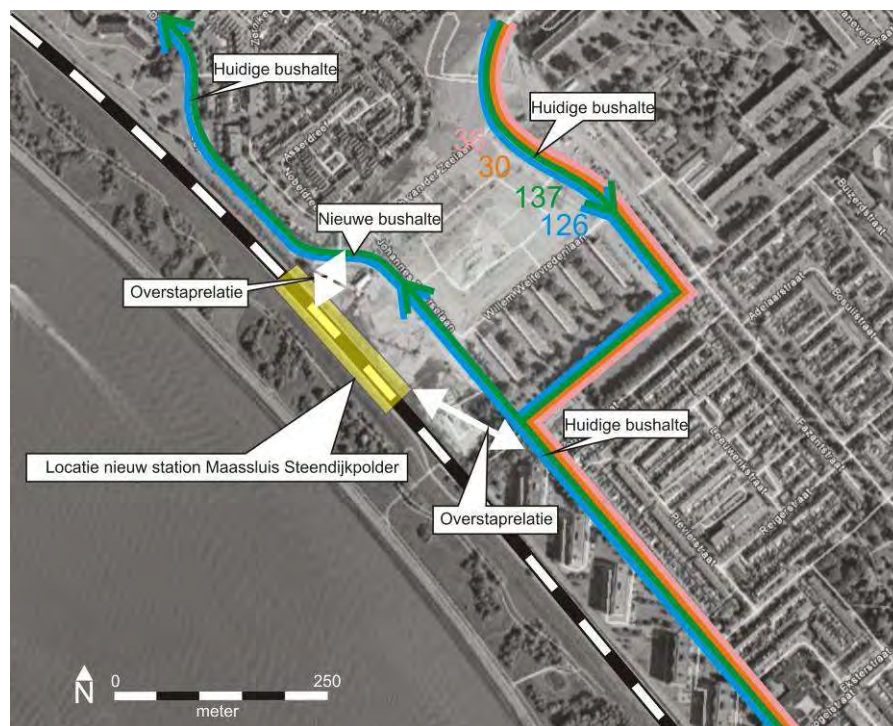
2.2.1 Maassluis Steendijkpolder

Het nieuwe station Maassluis Steendijkpolder ligt tussen de huidige stations Maassluis-West en Hoek van Holland Haven, aan de westkant van Maassluis. Het station biedt overstapmogelijkheden op buslijnen in de omgeving. Lijn 126 en 137 verbinden de wijk Steendijkpolder met Schiedam Centrum, lijn 30 en 36 met Naaldwijk en Den Haag (situatie basisjaar). De situatie is aangeduid in figuur 2.1.

Het station en de aantakende buslijnen bedienen voornamelijk het zuidwestelijke deel van de wijk Steendijkpolder (circa 2.500 woningen, 5.000 inwoners). Andere gebieden in het westen van Maassluis worden ontsloten via (bus en) station Maassluis-West.

Door de opening van de nieuwe halte veranderen in het model de volgende zaken:

- alle metro's tussen Maassluis-West en Hoek van Holland Haven stoppen op de halte;
- de buslijnen worden op de haltes 'aangetakt' op het nieuwe station, zodat hier ook reizigers kunnen overstappen van bus naar metro en andersom;
- door de extra stop zal de rijtijd tussen Hoek van Holland Haven en Maassluis toenemen met circa 1 minuut.



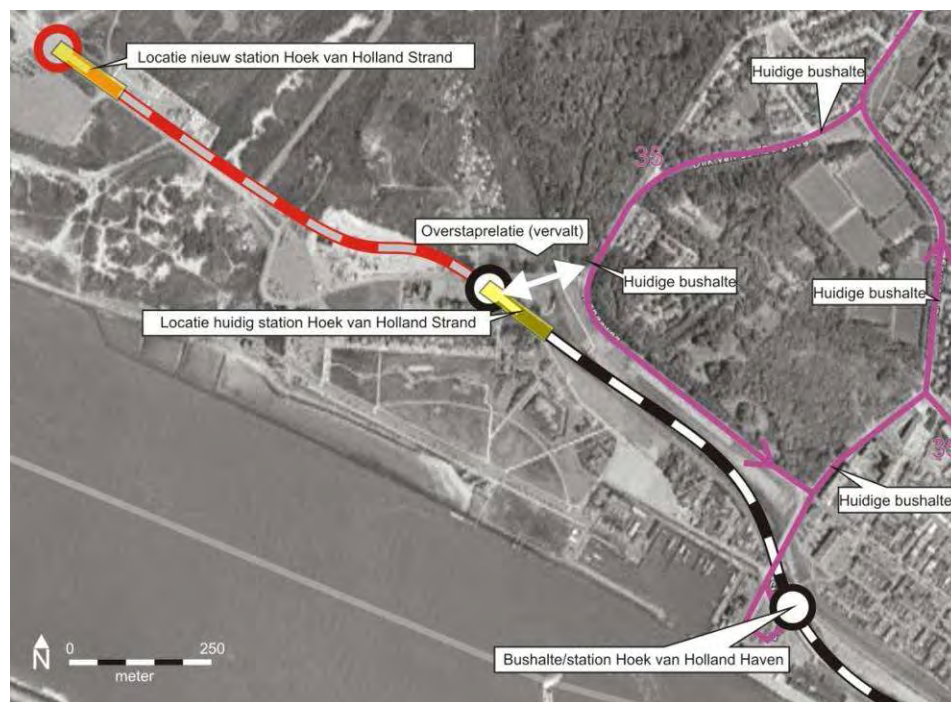
Figuur 2.1: Situatieschets station Maassluis Steendijkpolder

2.2.2 Verlenging Hoek van Holland Strand

Het huidige eindpunt bij Hoek van Holland Strand wordt verlegd in westelijke richting (figuur 2.2). Dit betekent een verlenging van de huidige lijn. Naast de functies en woningen rond het station (weliswaar beperkt in aantal) vormt het strand een belangrijke (recreatie-)functie in de omgeving, die reizigers voor de Hoekse Lijn aan zal trekken.

De verlenging van de Hoekse Lijn verandert de volgende aspecten van het model:

- Buslijn 35 kent geen overstaprelatie meer met de Hoekse Lijn via station Hoek van Holland Strand. Overstappen is – net als in de huidige situatie – nog wel mogelijk via Hoek van Holland Haven;
- De rijtijd tussen Hoek van Holland Haven en Hoek van Holland Strand neemt toe met circa 2 minuten. Dit is meer dan in eerdere studies, omdat de nieuwe stationslocatie eerder op een kortere afstand van het huidige station Strand was gelegen.



Figuur 2.2: Situatieschets Hoek van Holland Strand.

In het verkeersmodel is het strand geen herkomst of bestemming. Andere herkomsten of bestemmingen in de omgeving zijn wel in het model meegenomen. Het strand ' genereert' daarom in het model geen vervoervraag. Daar komt bij dat de recreatieve functie het vervoer erg seizoensafhankelijk en daardoor van dag tot dag moeilijk te voorspellen maakt, terwijl een verkeersmodel het gebruik op een 'gemiddelde' werkdag prognosticeert. Omdat het strand naar verwachting wel noemenswaardige invloed heeft op het gebruik van de Hoekse Lijn, is apart van de modelberekeningen een inschatting gemaakt

van het aantal (extra) strandreizigers door een snellere verbinding met het strand (zie ook hoofdstuk 5).

2.3 Alternatieven

In het verkeersmodel is voor diverse situaties de vervoerwaarde van de Hoekse Lijn geprognoseerd. In deze studie onderscheiden we vier situaties. Hierna behandelen we deze situaties, waarbij elk alternatief een uitbreiding bevat ten opzichte van het vorige alternatief. De exacte vormgeving van het bedieningsmodel van de Hoekse Lijn is opgenomen in bijlage 1. De rijtijden tussen de verschillende haltes zijn bij zowel metro als trein gelijk aan elkaar en de eerdere vervoerwaardestudie.

1) Basisjaar (2010)

Het basisjaar vormt het startpunt van de modelstudie. Het basisjaar is vormgegeven conform het infrastructuurnetwerk en de dienstregeling van 2010. In deze situatie wordt de Hoekse Lijn geëxploiteerd als treinverbinding Hoek van Holland Strand – Rotterdam Centraal. Het ruimtelijk programma in het basisjaar is overeenkomstig de aanwezige functies in het gebied in 2010 en de verkeersstromen zijn bij de realisatie van het model uitvoerig geijkt ('gekalibreerd') met tellingen op diverse doorsneden.

2) Referentiesituatie (2025, trein)

De referentiesituatie betreft een prognose voor 2025 zonder dat er wijzigingen worden aangebracht in het treinproduct dat op de Hoekse Lijn wordt geboden. De referentiesituatie wordt daarom ook weleens als de situatie 'niets doen' aangehaald. Er wijzigt echter wel degelijk iets ten opzichte van het basisjaar; tussen 2010 en 2025 kent het verkeersmodel ruimtelijke ontwikkelingen in de regio en de realisatie van grootschalige infrastructuurprojecten (zoals de A4, de HSL, etc.). De omgeving rond de Hoekse Lijn wijzigt, de verbinding zelf echter niet.

3) Alternatief ombouw (2025, metro)

In het alternatief ombouw wijzigt de opzet van de bediening van de Hoekse Lijn. Ten opzichte van de referentiesituatie wijzigt de 'omgeving' van de Hoekse Lijn niet.

- De treinverbinding Hoek van Holland Strand – Rotterdam Centraal wordt vervangen door een metroverbinding Hoek van Holland Strand – Nesselande (via Schiedam Centrum, Beurs en Kralingse Zoom). In de spitsperiodes wordt de huidige lijn A (Schiedam Centrum – Binnenhof) verlengd en verzorgt daarmee de verbinding Vlaardingen West – Binnenhof;
- Station Maassluis Steendijkpolder wordt toegevoegd aan de Hoekse Lijn (zie paragraaf 2.2.1).

4) Alternatief ombouw & verlenging (2025, metro + verlenging)

Het alternatief ombouw & verlenging kent maar één verschil ten opzichte van het 'alternatief ombouw': station Hoek van Holland strand wordt verlegd in westelijke richting (zie paragraaf 2.2.2).

3

Verkeerseffecten

3.1 Verkeersbeeld netwerk

Vanuit de informatie in bijlage 4 is het effect van de ombouw van de Hoekse Lijn op het verkeersbeeld af te leiden. Een eerste beeld ontstaat uit de mutaties in de intensiteitsaantallen op etmaalniveau. We vergelijken daarbij de intensiteiten (aantal motorvoertuigen per etmaal) in het alternatief ombouw met de referentiesituatie (het alternatief ombouw & verlenging leidt in de modelstudie niet tot relevante verkeerseffecten, zie hoofdstuk 5).

Op de meeste wegen rondom de Hoekse Lijn is er geen of een zeer beperkte verandering in het gebruik (veelal <1%) zichtbaar. Het enige noemenswaardige effect treedt op rond de stations van de Hoekse Lijn. Op de wegen van en naar de stations van de Hoekse Lijn is enige toename van het gebruik te zien. De toename is zodanig klein van aard (niet meer dan 5%) dat noemenswaardige verkeers- en milieueffecten niet te verwachten zijn. Het 'algemene' verkeerseffect van de ombouw kan daarom als 'nihil' worden beschouwd.

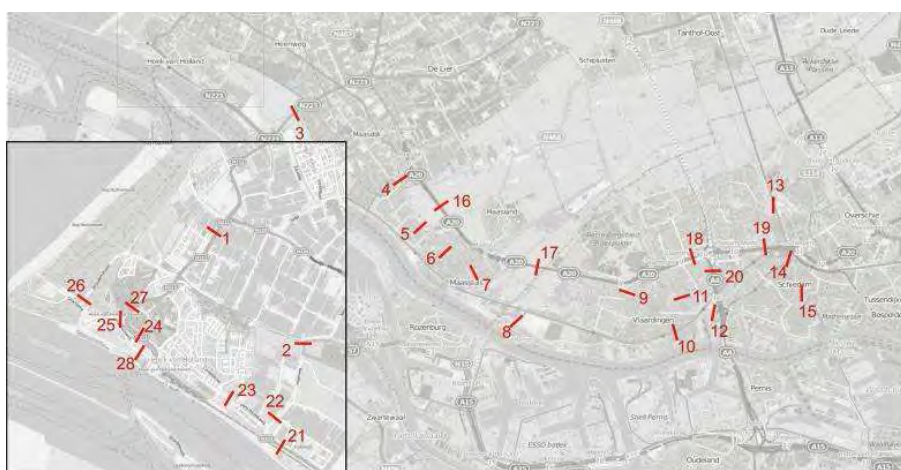
3.2 Intensiteitontwikkeling op cruciale wegvakken

Om het effect van de ombouw op het wegverkeer in meer detail te kunnen beoordelen, is van 20 relevante wegvakken verspreid over het invloedsgebied rondom de Hoekse Lijn de intensiteit bij verschillende alternatieven onderzocht. De wegvakken (opgenomen in tabel 3.1 en figuur 3.1) zijn gelegen op (hoofd)ontsluitingsroutes van de plaatsen rond de Hoekse Lijn.

Nr.	Weg	Gedeelte
1	N211	Leen van Ooijenlaan – N220
2	Haakweg	Bonnenweg – Nieuwelaan
3	N223	Binnendijk – Pettendijk
4	Maasdijk	Schenkeldijk – Dr. Albert Schweitzerlaan

Nr.	Weg	Gedeelte
5	Westlandseweg	Nachtegaallaan - Maasdijk
6	Westlandseweg	Mozartlaan - Rozenlaan
7	Laan 1940-1945	P.C. Hooftlaan - Vermeerlaan
8	Vlaardingsedijk	Deltapad - Maassluisdijk (t.h.v. gemeentegrens)
9	Marathonweg	Floris de Vijfdelaan - Riouwlaan
10	Vulcaanweg	Oosterstraat - Schiedamsedijk
11	Westlandseweg	Rotterdamseweg - Julianasingel
12	Vlaardingerdijk	Mr. L.A. Kesperweg - Afrit A4
13	's-Gravelandseweg	Zwaluwlaan - Fokkerstraat
14	Burg. V. Haarenlaan	Parkweg - Jan van Zutphenstraat
15	Rotterdamsedijk	Broersvest - Boerhaavelaan
16	A20 (Maasdijk)	Afrit Maasdijk - Afrit Maassluis
17	A20 (Maassluis)	Afrit Maassluis - Afrit Vlaardingen-West
18	A20 (Vlaardingen)	Afrit Vlaardingen - Kethelplein
19	A20 (Schiedam)	Afrit Schiedam-Noord - Afrit Schiedam
20	A4 (Schiedam)	Kethelplein - Afrit Vijfsluizen
21	Hoekse Baan	Ten oosten van Haakweg
22	Haakweg	Ten noorden van Prins Hendrikweg
23	Prins Hendrikweg	Prins Hendrikstraat - Zekkenweg
24	Langeweg	Strandweg - Harwichweg
25	Strandweg	Stationsweg - Langeweg
26	Strandboulevard	Ten noorden van Badweg
27	Dirk van den Burgweg	Strandweg - Kerkhofweg
29	Stationsweg	Ten oosten van Cruquiusweg

Tabel 3.1: overzicht nader onderzochte wegvakken



Figuur 3.1: ligging nader onderzochte wegvakken

Van de genoemde wegvakken is de intensiteitssituatie in beeld gebracht door het aantal passerende motorvoertuigen per werkdagemaal, 'mvt/etm', te meten. Dit is gedaan voor het basisjaar 2010, het referentiejaar 2025 (Hoekse Lijn als treinverbinding) en de ombouwalternatief (Hoekse Lijn als metroverbinding). Omdat het 'strandeffect' dat optreedt bij verlenging niet is gemodelleerd (zie ook paragraaf 4.1) zijn voor dit alternatief hier geen resultaten weergegeven.

De intensiteiten van de wegvakken in de verschillende alternatieven is opgenomen in tabel 3.2.

Nr.	Weg	2010	referentie	ombouw	ombouw t.o.v. referentie	
1	N211	13.600	13.700	13.400	-290	-2%
2	Haakweg	5.300	2.100	2.100	-10	-1%
3	N223	100	6.500	6.600	50	1%
4	Maasdijk	20.200	20.600	20.400	-150	-1%
5	Westlandseweg	15.700	14.400	14.300	-120	-1%
6	Westlandseweg	16.000	17.300	17.100	-190	-1%
7	Laan 1940-1945	17.700	19.100	18.900	-190	-1%
8	Vlaardingsedijk	4.500	4.600	4.600	-70	-1%
9	Marathonweg	23.600	25.700	25.400	-260	-1%
10	Vulcaanweg	13.400	14.500	14.300	-150	-1%
11	Westlandseweg	3.900	3.400	3.400	-60	-2%
12	Vlaardingerdijk	27.800	31.800	31.400	-330	-1%
13	's-Gravelandseweg	13.500	12.700	12.700	-20	0%
14	Burg. V. Haarenlaan	15.600	15.400	15.300	-70	0%
15	Rotterdamsedijk	13.300	14.000	13.900	-40	0%
16	A20 (Maasdijk)	48.000	44.300	44.100	-200	0%
17	A20 (Maassluis)	66.000	64.600	64.300	-310	0%
18	A20 (Vlaardingen)	88.500	93.500	93.000	-500	-1%
19	A20 (Schiedam)	124.600	110.800	110.500	-340	0%
20	A4 (Schiedam)	112.400	181.500	181.300	-190	0%
21	Hoekse Baan	-	6.400	6.400	-	0%
22	Haakweg	4.700	2.100	2.100	-	0%
23	Prins Hendrikweg	3.200	5.100	5.100	-	0%
24	Langeweg	200	400	200	-200	-50%
25	Strandweg	1.800	2.400	2.100	-300	-13%
26	Strandboulevard	0	800	800	-	0%
27	Dirk van den Burgweg	1.600	2.100	1.900	-200	-10%
28	Stationsweg	0	400	400	-	0%

Tabel 3.2: overzicht gemeten intensiteiten per alternatief (afgerond, in mvt/etm)

Wanneer de intensiteiten van de telpunten 1 tot en met 19 in ogenschouw worden genomen, blijkt dat het effect van ombouw van de Hoekse Lijn op de intensiteiten van de opgenomen wegen erg klein is. Op bepaalde locaties zijn kleine veranderingen zichtbaar die plausibel zijn. Daar komt bij dat alle afwijkingen binnen de nauwkeurigheidsmarge die verwacht mag worden van de prognose van het verkeersmodel vallen. Daarmee mag verondersteld worden dat de invloed van ombouw van de Hoekse Lijn op het gebruik van het omliggende wegennet verwaarloosbaar klein is. Dit versterkt het eerder geschetste algemene verkeersbeeld van de effecten van ombouw van de Hoekse Lijn en past binnen de ervaring dat verbeteringen van het OV zelden leiden tot noemenswaardige wijzigingen in het autogebruik.

De telpunten 20 tot en met 29 schetsen de effecten op het wegennet in Hoek van Holland. In veel gevallen is er geen verschil tussen het alternatief ombouw en de referentiesituatie. Als er al een verschil wordt opgemerkt gaat het in absolute zin om een kleine daling van het aantal motorvoertuigen.

De invloed van ombouw van de Hoekse Lijn op het gebruik van het omliggende wegennet is verwaarloosbaar klein.

3.3 Capaciteit kruispunten

Als aanvullende uitwerking van de verkeerseffecten van ombouw van de Hoekse Lijn, is in detail gekeken naar de belasting van kruispunten rondom de Hoekse lijn.

Van alle kruispunten in de gemeenten Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen en Schiedam is met behulp van de resultaten van het verkeersmodel de bezettingsgraad bepaald: de "V/C-ratio" (aantal voertuigen/capaciteit). Deze analyse is hier uitgevoerd voor het basisjaar 2010, het referentiejaar 2025 (Hoekse Lijn als treinverbinding) en de ombouwalternatief (Hoekse Lijn als metroverbinding).

De gehele lijst van onderzochte kruispunten is opgenomen in bijlage 3. Uit de lijst komen geen kruispunten naar voren waar in het alternatief ombouw met het RVMK-model een beduidend hogere belasting wordt gemeten dan in de referentievariant. Anderzijds zijn er eveneens weinig kruispunten waar een afname van het gebruik optreedt. Er zijn wel kruispunten waar de belasting te hoog is (zie bijlage 3), maar in die gevallen is in de huidige situatie of referentiesituatie ook al sprake van een knelpunt.

Deze analyse met het RVMK-model geeft een indicatief beeld dat goed bruikbaar is om alternatieven onderling met elkaar te kunnen vergelijken en zo het effect van een alternatief voor de MER te bepalen. Om de oorzaak van eventueel knelpunten te achterhalen is een gedetailleerde uitwerking per kruispunt nodig. Omdat de alternatieve situatie niet leidt tot nieuwe knelpunten vormt dit geen onderdeel van de MER.

Ombouw van de Hoekse Lijn leidt niet tot een beduidend hogere belasting van kruispunten in de omgeving vergeleken met de referentiesituatie.

3.4 Verkeersveiligheid

Het effect van ombouw van de Hoekse Lijn op het wegennet zoals geschetst in paragraaf 3.1 t/m 3.3 is te klein om te kunnen spreken van een noemenswaardige verandering van de verkeersveiligheidssituatie (afgeleid uit verandering van de verkeersdrukke) door ombouw van de Hoekse Lijn. Het enige veiligheidseffect dat daarmee van de Hoekse Lijn verwacht mag worden, zijn veranderingen in situaties waar verkeersdeelnemers direct in contact komen met de omgebouwde Hoekse Lijn: op overwegen. Dit aspect is apart opgenomen in paragraaf 5.4.

3.5 Tijdelijke situatie

Tijdens de ombouw van de Hoekse Lijn treden er twee tijdelijke verkeerseffecten op.

- Er is bouwverkeer voor de aan- en afvoer van materiaal.
- Er is vervangend vervoer voor de reizigers.

Beide effecten zijn tijdelijk van aard en verdwijnen nadat de ombouwfase van de Hoekse Lijn is afgerond.

Beide vervoersstromen zijn klein in omvang. Voor het vervangend vervoer zal het naar schatting om ca. 250 motorvoertuigbewegingen per richting per etmaal gaan. Dergelijke aantallen zullen niet tot nieuwe capaciteitsknelpunten leiden. Daar komt bij dat het bouwverkeer niet per definitie in de spitsperioden zal optreden.

In de tijdelijke situatie zijn geen extra verkeersknelpunten te verwachten.

4

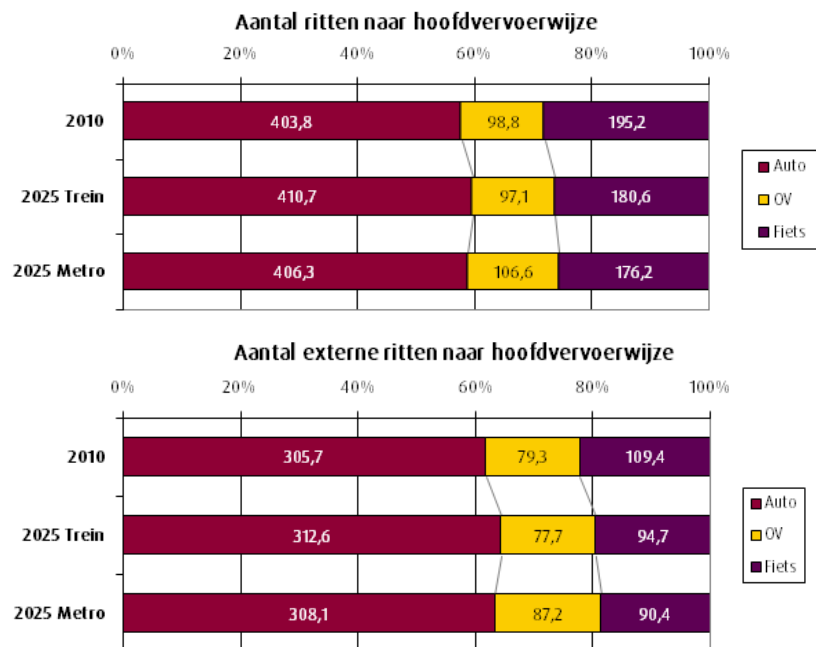
Resultaten vervoer- waardestudie

De resultaten ten aanzien van de vervoerwaarde zijn in detail opgenomen in bijlage 2 en 3. Hier is een samenvattend overzicht van de uitkomsten opgenomen.

4.1 Modal split

De vervoerwijzekeuze vormt de basis van alle verplaatsingen binnen het netwerk in het verkeersmodel. Wijzigingen in het netwerk (zoals de ombouw van de Hoekse Lijn) beïnvloeden de vervoerwijzekeuze. De modal split maakt dergelijke effecten inzichtelijk, door het aantal verplaatsingen per auto, OV en fiets als hoofdvervoerwijze onderling te vergelijken.

In dit onderzoek vergelijken we de modal split van de (deel)gemeenten Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen en Schiedam in de verschillende alternatieven. Daarin betrekken we de basissituatie (2010), de referentiesituatie (2025 Trein) en de situatie waarin de Hoekse Lijn wordt omgebouwd tot metroverbinding en station Steendijkpolder in de verbinding wordt opgenomen (2025 Metro). In de hier gepresenteerde modal split is niet de verlenging bij de halte Hoek van Holland Strand meegenomen, omdat dit effect niet is gemodelleerd (zie ook paragraaf 2.2.2). Figuur 4.1 presenteert de modal split van de 4 gemeenten.



Figuur 4.1: modal split van de gemeenten Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen en Schiedam samen in de verschillende alternatieven (ritten in duizendtallen). Boven: som van alle ritten van, naar en in gemeente. Onder: som van alle ritten van en naar elke gemeente (externe ritten).

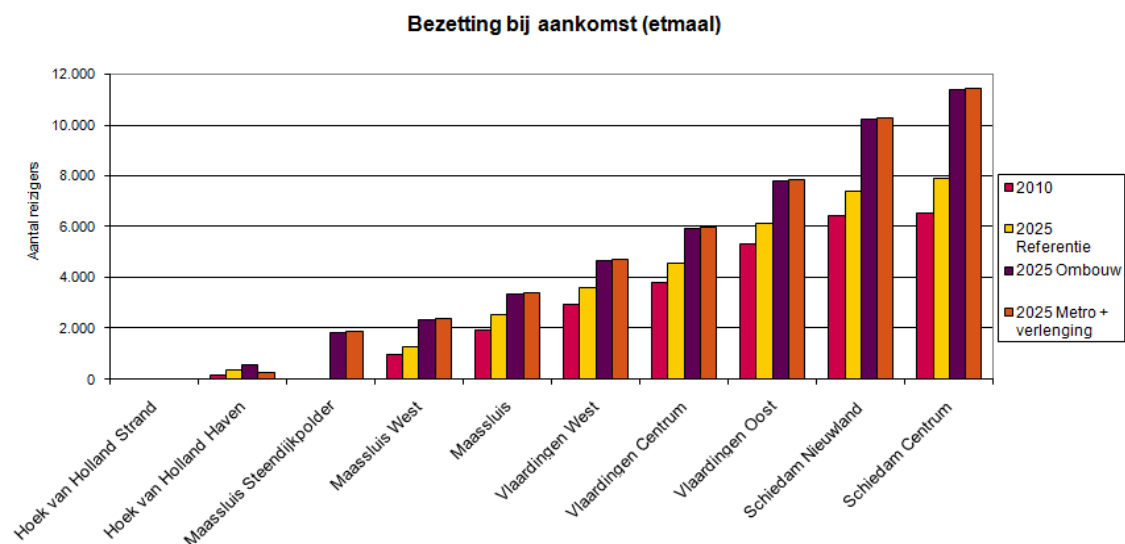
Als we kijken naar het aantal ritten van, naar en in elke gemeente, neemt door ombouw van de Hoekse Lijn het aantal ritten in 2025 dat de auto of fiets als hoofdvervoerswijze kent af (respectievelijk -1,1% en -2,4%) – dit in vergelijking met de situatie dat de Hoekse Lijn niet wordt omgebouwd. Het aandeel ritten dat het OV als hoofdvervoerswijze kent neemt aanzienlijk toe: van 97.100 ritten per etmaal in de referentiesituatie naar 106.600 ritten per etmaal in het alternatief ombouw (+9,8%). Kijken we alleen naar de externe ritten, dan is deze groei zelfs 12,8%. Het totale aantal verplaatsingen dat wordt gemaakt groeit overigens verwaarloosbaar klein als gevolg van de ombouw (+0,1%).

Ombouw van de Hoekse Lijn leidt in de gemeenten Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen en Schiedam tot meer ritten met het openbaar vervoer, en minder ritten met de fiets en de auto.

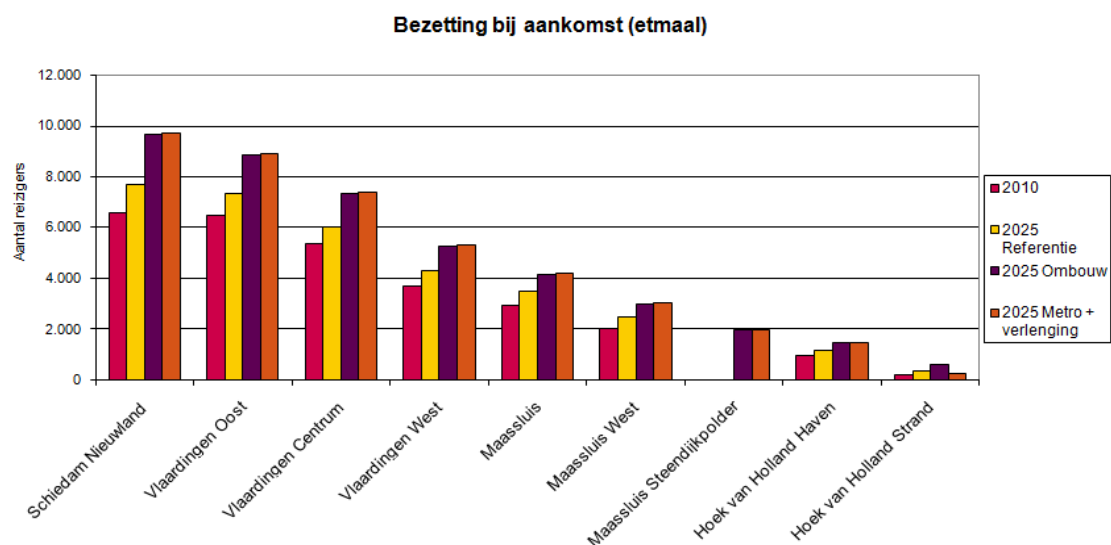
4.2 Bezettingen op de Hoekse Lijn

Het effect dat door de ombouw tot metroverbinding optreedt op het gebruik van de Hoekse Lijn zelf wordt inzichtelijk met de bezetting tussen de stations: het aantal reizigers dat met de trein of metro over een trajectdeel reist. Per rijrichting zijn in de figuren 4.2 en 4.3 de bezettingen tussen de stations opgenomen. Voor het effect van de ombouw

tot metro (2025) zijn twee alternatieven weergegeven: met en zonder verlenging bij de halte Hoek van Holland Strand (zie voor de uitwerking hoofdstuk 5).



Figuur 4.2: bezetting Hoekse Lijn (richting Rotterdam)



Figuur 4.3: bezetting Hoekse Lijn (richting Hoek van Holland)

De figuren laten een duidelijke groei zien in de bezetting wanneer de Hoekse Lijn wordt omgebouwd tot metro. Daarbij is de groei ook gelijkmatig verdeeld over de verbinding (op elk station neemt de bezetting iets verder toe ten opzichte van het alternatief trein).

Daarnaast wordt in de spitsperiode in de spitsrichting meer gereisd, al ontstaat er ook lichte groei in de tegenspitsrichting. De verschillen tussen de alternatieven waarin de metroverbinding wel of niet wordt verlengd bij Hoek van Holland Strand zijn beperkt: wanneer de Hoekse Lijn wordt verlengd, is de bezetting over het traject iets hoger.

4.3 Reizigerskilometers en reizigers

Het aantal afgelegde reizigerskilometers is een goede indicator voor de vervoerwaarde. Deze vermenigvuldiging van het aantal reizigers op doorsneden tussen stations en de afgelegde afstand tussen de stations voorkomt eventuele vertroebeling door overstapbewegingen. Daarom is het aantal reizigerskilometers hier gebaseerd op het vervoer op het traject Hoek van Holland Strand t/m Schiedam Nieuwland. De prestatie in termen van reizigerskilometers is opgenomen in tabel 4.1.

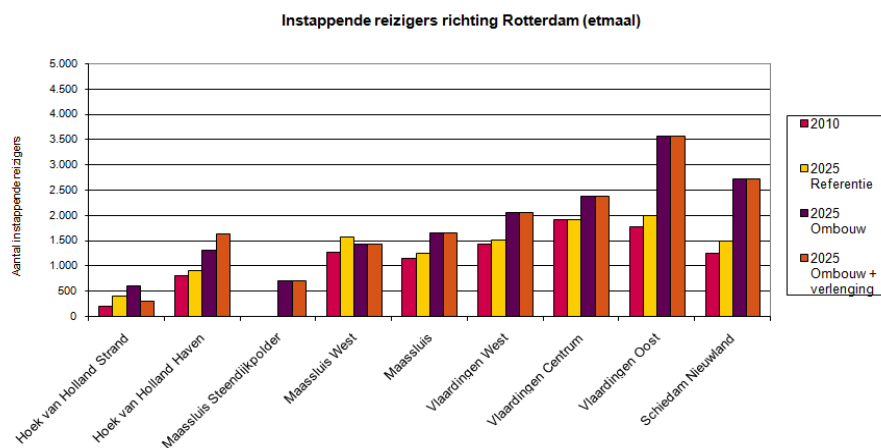
	Reizigerskm's	Groei t.o.v. 2010	Groei t.o.v. referentie
2010	108.000		
referentie	130.600	21%	
ombouw	165.400	53%	27%
ombouw & verlenging	166.800	54%	28%

Tabel 4.1: aantal reizigerskilometers in verschillende alternatieven

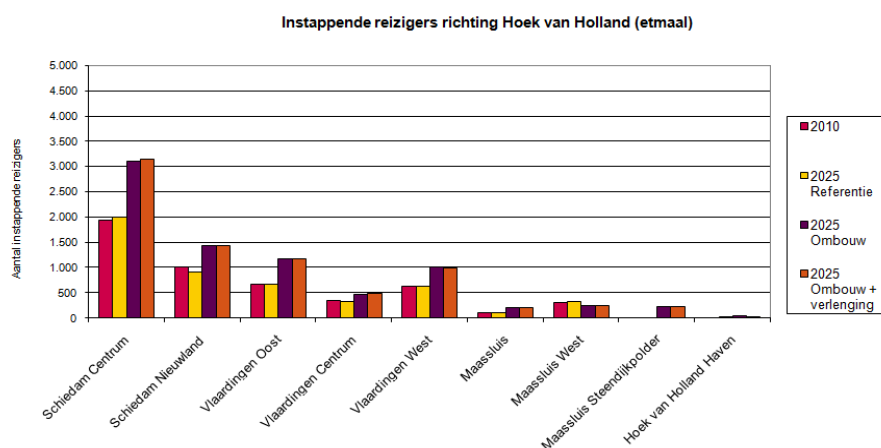
Naast reizigerskilometers is het aantal instappende reizigers een andere maat om de vervoerwaarde te meten. Hoewel deze maat doorgaans meer tot de verbeelding spreekt, is het van belang op te merken dat het aantal instappende reizigers naast 'nieuwe OV-reizigers', ook beïnvloedt wordt door OV-reizigers die door ombouw van de Hoekse Lijn hun reisgedrag aanpassen. Het betreft hier bijvoorbeeld reizigers die voor een reis vaker overstappen, maar daarmee over het geheel een kortere reistijd ervaren. Het aantal instappende reizigers als indicator kan daardoor per alternatief sterkere verschillen vertonen dan bij het aantal afgelegde reizigerskilometers. Het aantal instappende reizigers is gebaseerd op het vervoer op het traject Hoek van Holland Strand t/m Schiedam Nieuwland. De effecten op reizigersaantallen zijn opgenomen in tabel 4.2. De figuren 4.4 en 4.5 schetsen het effect op het aantal instappende reizigers per station.

	Reizigers	Groei t.o.v. 2010	Groei t.o.v. referentie
2010	12.900		
referentie	14.000	8%	
ombouw	21.200	65%	52%
ombouw & verlenging	21.200	65%	52%

Tabel 4.2: aantal instappende reizigers in verschillende alternatieven



Figuur 4.4: instappende reizigers per station (richting Rotterdam)



Figuur 4.5: instappende reizigers per station (richting Hoek van Holland)

De tabel laat een forse groei van het aantal instappende reizigers zien. Dat de groei van het aantal instappende reizigers sterker is dan de groei van het aantal reizigerskilometers, duidt er op dat er vooral sprake is van een toenamen van de 'korte ritten'; reizen over een kortere afstand dan gemiddeld. Vooral de stations Vlaardingen Oost en Schiedam Nieuwland kennen in absolute zin een forse groei van het aantal instappende reizigers. Uit de inzichten van bijlage 5 blijkt dat een deel van deze groei wordt veroorzaakt door reizigers die in de situatie zonder ombouw van de Hoekse Lijn met parallelle tram- en metroverbindingen reisden.

Op het traject Hoek van Holland Strand t/m Schiedam Nieuwland worden bij ombouw 27% meer reizigerskilometers verwacht en 52% meer instappende reizigers dan in de referentievariant.

Verlenging van de verbinding bij Hoek van Holland Strand sorteert beperkt effect in termen van instappende reizigers per gemiddelde werkdag. De effecten van verlenging liggen vooral op andere vlakken (zie ook hoofdstuk 5). De som van beide stations in Hoek van Holland resulteert in een hoger aantal instappende reizigers, maar dit wordt wel bereikt doordat een deel van de reizigers van station Hoek van Holland Strand uitwijkt naar station Hoek van Holland Haven. Het aantal strandreizigers is op een gemiddelde werkdag lager dan het aantal reizigers dat uitwijkt naar station Hoek van Holland Haven, waardoor er op Hoek van Holland Strand per saldo een daling van het aantal instappende reizigers waarneembaar is.

Wordt de metro verlengd in Hoek van Holland, dan levert dit vergelijkbare effecten op: de extra groei in Hoek van Holland Strand valt weg in de herverdeling van de reizigers over de stations Haven en Strand.

4.4 Modelresultaten in perspectief

In deze studie wordt gebruikt gemaakt van prognosemodellen. De uitkomsten daarvan geven een goede indruk van de te verwachten effecten van de ombouw van de Hoekse Lijn. In de praktijk zijn er echter altijd factoren die ervoor zorgen dat de daadwerkelijke effecten afwijken van de prognoses. Daarom is in bijlage 7 een vergelijking gemaakt tussen de prognoses en daadwerkelijke effecten van de invoering van Randstadrail en is gezocht naar verklaringen voor de verschillen.

Passen we deze inzichten toe op de situatie van de Hoekse Lijn, dan mag verwacht worden dat de modelresultaten een onderschatting geven. Ruimtelijke ontwikkelingen worden rond de Hoekse Lijn (anders dan bij Randstadrail) in zeer beperkte mate verwacht, terwijl de 'HOV-bonus' mogelijk tot meer reizigers leidt dan het model prognosticeert. Daarnaast valt op (in lijn met de resultaten) dat een groei van het aantal reizigers kan optreden met een gelijkblijvend niveau van het autogebruik.

5

Aanvullingen op modelberekeningen

Het verkeersmodel maakt een prognose voor de situatie van een gemiddelde werkdag. Daarbij wordt alleen rekening gehouden met verplaatsingen die (bijna) elke werkdag optreden, zoals woon-werk- en woon-school-verplaatsingen.

Het strand van Hoek van Holland kent dergelijke vaste patronen niet. Verplaatsingen van en naar het strand zijn van vele (onvoorspelbare) factoren afhankelijk en daarom vrijwel niet te modelleren. Voor het bepalen van het effect van verlenging bij Hoek van Holland Strand zijn dus andere benaderingen nodig. Om iets te kunnen zeggen over de verlenging in relatie tot de andere alternatieven, is het vervoerwaarde-effect op basis van deze inzichten geschat (zie hoofdstuk 4 en paragraaf 5.2).

We beschouwen het effect van verlenging met de volgende stappen:

- Feiten en cijfers over strand Hoek van Holland
 - Stranddagen
 - Strandbezoek
- Reizigerseffect van verlenging (het 'strandeffect')
- Verkeerssituatie op stranddagen
- Overwegveiligheid en oponthoud

5.1 Feiten en cijfers over strand Hoek van Holland

Het aantal strandbezoekers is zodanig afhankelijk van de omstandigheden, dat er geen eenduidig en helder beeld bestaat van de omvang en het patroon van 'strandbezoek'. Door diverse bronnen samen te voegen, is wel een beeld te destilleren van dit patroon. Hierna staan de diverse inzichten op een rij: ten aanzien van het aantal stranddagen en het aantal bezoekers.

5.1.1 Stranddagen

Strandbezoek, en daarmee het gebruik van station Hoek van Holland Strand, is sterk weersafhankelijk. We kunnen drie typen dagen onderscheiden:

- Topdag: meer dan 30 graden

- Drukke stranddag: 25 tot 30 graden
 - Gewone stranddag: 20 tot 25 graden
- Op overige dagen is het strandbezoek zeer beperkt.

Inzichten vanuit RET¹ en het KNMI² schetsen een beeld van de mate waarin dergelijke stranddagen voorkomen op basis van gegevens over het hele jaar. Tabel 5.1 geeft het overzicht. Om dit beeld in perspectief te plaatsen is ook aangegeven of er sprake was van noemenswaardige neerslaghoeveelheden overdag (de meeste neerslag valt in een uurblok binnen de periode 9:00-18:00, meer dan 2 mm).

Dagtype	Definitie	Aantal dagen 2011 t/m 2014	Waarvan met neer- slag overdag	Gemiddeld per jaar	Waarvan met neerslag overdag
Topdag	>30°C	12	0	3	0 - 0%
Drukke stranddag	25-30°C	47	2	12	1 - 13%
Gewone stranddag	20-25°C	240	25	60	6 - 10%
Overige dagen	<20°C	1.162	201	291	50 - 17%

Tabel 5.1: stranddagen over het jaar.

Uit tabel 5.1 valt af te leiden dat het aantal topdagen in een jaar zeer beperkt is (<1%). Drukke stranddagen (3%) en gewone stranddagen (16%) komen vaker voor. Het grootste deel van het jaar wordt echter ingenomen door de overige dagen (80%).

Warme dagen met neerslag zijn zeldzaam. Alleen enkele 'gewone stranddagen' kennen neerslag overdag, wat mogelijk negatief uitwerkt op de bezoekersaantallen die dag.

Topdagen komen incidenteel voor (<1%), in 80% van de tijd door het jaar heeft het strand nauwelijks aantrekkingskracht.

5.1.2 Aantal strandbezoekers

In het najaar van 2014 heeft Goudappel Coffeng een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van de nieuwe locatie van station Hoek van Holland Strand op het gebruik van de Hoekse Lijn³. Het jaarlijkse aantal strandbezoekers ligt tussen de 1,5 en 2 miljoen. Op topdagen bedraagt het aantal strandbezoekers circa 60.000. In dit onderzoek blijkt uit diverse bronnen dat in de huidige situatie 17% van de strandbezoekers de trein gebruikt. Dit is echter een gemiddelde van alle stranddagen. Het treingebruik zal sterk afhangen van de verkeersdrukke; op topdagen en drukke stranddagen is er veel congestie op de wegen naar Hoek van Holland en zal het aandeel treingebruikers hoog liggen (boven de 17%); op normale stranddagen is er weinig congestie en ligt het aandeel treinreizigers aanzienlijk lager. Voor drukke stranddagen zijn geen tellingen beschikbaar.

¹ RET wijzigingsformulier "Versterkingsritten (...)" (24 juli 2014)

² KNMI weergegevens Hoek van Holland (15 januari 2015), <http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/download.html>

³ Nieuwe locatie station Hoek van Holland Strand (Goudappel Coffeng, 2 september 2014)

Onderzoek van de deelgemeente Hoek van Holland⁴ becijfert 2,15 miljoen strandbezoeken per jaar. 49% van die bezoeken (1,05 miljoen) vinden plaats in de zomer. 67% van de bezoeken wordt per auto afgelegd, 14% per trein en 18% per fiets.

De RET¹ vermoedt dat door de spoorverlenging en frequentieverhoging het aandeel strandbezoekers per trein op topdagen kan toenemen tot 20%. Op topdagen wordt de frequentie naar Hoek van Holland Strand verhoogd om het aantal reizigers te kunnen verwerken, waar in de huidige situatie treinen worden verlengd om de extra vervoervraag op te vangen.

5.2 Reizigerseffect ombouw en verlenging

5.2.1 Reizigerseffect bij ombouw

Door ombouw van de Hoekse Lijn neemt het aantal mogelijkheden om naar het strand te reizen toe. Op werkdagen rijdt er na ombouw van de Hoekse Lijn drie keer per uur een metro naar Hoek van Holland, in plaats van twee keer per uur een trein in de referentiesituatie. Dit effect uit zich in verandering van de vervoerwaarde (zie hoofdstuk 4). Hierbij gaat het om een effect op de reguliere reizigers (bijvoorbeeld verplaatsingen woon-werk).

Strandbezoekers vormen een andere categorie reizigers: de reistijdwaardering is anders. Hierbij wordt ook wel gesproken over 'Lust-reizigers', in plaats van 'Must-reizigers'^{5,6}. Must-reizigers (veelgebruikers; 'forensen') hechten veel waarde aan een snelle en betrouwbare dienstregeling, 'Lust-reizigers' (incidenteel, sociaal-recreatief) hechten meer waarde aan comfort en gemak. Gedragsverandering van 'Must-reizigers' laat zich schetsen met een verkeersmodel, maar het gedragseffect van de 'Lust-reiziger' (strandbezoeker) is van andere zaken afhankelijk en daarom veel moeilijker met een verkeersmodel te bepalen.

Onderzoek⁷ wijst uit dat hoogfrequente verbindingen vooral aantrekkelijk zijn door de korte wachttijd die de reiziger ervaart: de reiziger kan op een willekeurig moment naar een halte te lopen waar na op elk moment een voertuig langs kan komen. De gemiddelde wachttijd voor een reiziger is dan de helft van de opvolgtijd: hoe korter de opvolgtijd, hoe korter de wachttijd. Er is echter een grens aan dit fenomeen: wanneer de opvolgtijden tussen voertuigen te groot wordt, gaan reizigers niet meer op een willekeurig moment naar de halte, maar plannen zij hun reis op de (geplande) vertrektijd van het voertuig. Deze grens is afhankelijk van het gedrag van de reiziger, maar ligt tussen opvolgtijden van 12 en 18 minuten. Bij grotere opvolgtijden is de gemiddelde wachttijd constant en bedraagt 5 tot 6 minuten. De opvolgtijd van voertuigen naar Hoek van Holland Strand daalt door de ombouw van 30 naar 20 minuten. In beide gevallen is de gemiddelde wachttijd voor de reiziger dus vergelijkbaar (de opvolgtijd blijft boven 18 minuten). De

⁴ "Hoek van Holland in cijfers", deelgemeente Hoek van Holland afdeling gebiedsontwikkeling, 8 mei 2012.

⁵ Verkeer en Vervoer in hoofdlijnen (Wee, B. van & Dijkstra, M., 2002)

⁶ De reiziger centraal (Hagen, M. van en Exel, M., 2014)

⁷ Urban transit, Operations, Planning and Economics (Vuchic, 2005).

totale reistijd (inclusief wachttijd) wijzigt door de ombouw dus niet: dit sorteert dus geen reizigerseffect.

Op topdagen is de situatie anders: dan wordt met meer metroritten doorgereden naar Hoek van Holland Strand (ook in de huidige situatie gebeurt dit al met de trein). Van deze incidentele frequentieverhoging mag geen (structureel) reizigerseffect worden verwacht. Op topdagen laten reizigers zich in hun reisgedrag vooral leiden door de aantrekkelijkheid van het strand: de grote toeloop is geen gevolg van het feit dat er meer metroritten worden aangeboden. Daar komt bij dat deze metroritten in de eerste plaats worden aangeboden om voldoende capaciteit te bieden, niet om de verbinding aantrekkelijker te maken.

Samengenomen kan gesteld worden dat de frequentieverhoging in het alternatief ombouw leidt tot meer *mogelijkheden* om Hoek van Holland Strand te bereiken. Dit biedt iets meer gemak, maar de frequentie wordt - afgezien van topdagen - niet zodanig hoog dat er sprake is van een hoogfrequent aanbod (waarbij reizigers op willekeurige momenten bij de halte aankomen). De meeste reizigers zullen de reis nog steeds plannen op de vertrektijden, de totale reistijd wordt daarom ook niet korter. Daar komt bij dat in Hoek van Holland nog (steeds) een lange wandeling moet worden gemaakt naar het strand. Daar de strandreiziger vooral waarde zal hechten aan comfort en gemak, is de verwachting dat het alternatief ombouw nauwelijks effect zal hebben op het aantal strandreizigers.

Het alternatief ombouw zal nauwelijks effect hebben op het aantal strandbezoekers dat per OV het strand bezoekt, het gemak van de reis neemt daarvoor te weinig toe.

5.2.2 Reizigerseffect bij ombouw & verlenging

Door verlenging van de Hoekse Lijn wordt de reistijd van en naar het strand per OV wel korter. Bovendien wordt het veel gemakkelijker om het strand te bereiken. In eerdere vervoerwaardestudies is dit effect al meegewogen⁸, hier actualiseren we dit effect met de meest recente inzichten.

Het strand wordt bezocht door 2,15 miljoen bezoekers per jaar⁴. Inzichten van de gemeente Rotterdam over het gebruik van vrijetijdsvoorzieningen⁹, laten zien dat in vergelijkbare situaties zonder geplande activiteit (schaatsbaan, Zuiderpark, zwembad) circa 60% van de bezoekers op een werkdag komt, en 40% op een weekenddag. In het geval van het strand gaat het dan *gemiddeld* om ca. 5.000 bezoekers per werkdag (bij 260 werkdagen per jaar). Indien het OV 17% van de modal split inneemt, betekent dit dat ca. 850 bezoekers per dag per OV naar het strand zullen reizen.

De reistijd per trein bedraagt 28 minuten¹⁰, met de (verlengde) metro is dit 31 minuten als gevolg van de extra stop op Maassluis Steendijkpolder en het doorrijden naar het

⁸ Vervoerwaardestudie Hoekse Lijn (Goudappel Coffeng, 28 juli 2011)

⁹ Evenementen in OV (gemeente Rotterdam, april 2010)

¹⁰ NS Dienstregeeling 2015

nieuwe station Hoek van Holland Strand aan de boulevard (+1 km, gemiddeld 30 km/h). Uitgaande van een wandelsnelheid van 4 km/h¹¹, zal de totale reistijd tussen Schiedam Centrum en het strand veranderen van 46 minuten in de referentiesituatie naar 34 minuten in het alternatief ombouw & verlenging.

Dit reistijdeffect (een afname van ca. 26%) leidt tot een toename van het aantal reizigers, omdat de verbinding met het strand aantrekkelijker wordt. Als reistijdelasticiteit wordt voor vrijetijdsverkeer een waarde gehanteerd van -0,49¹². Daardoor leidt de reistijdafname van 26% tot een toename van het gebruik met 13%.

In tabel 5.2 is deze groei toegepast op de benadering van het aantal strandreizigers per OV. De toename van het aantal reizigers tussen Schiedam en Hoek van Holland Strand als gevolg van de verlenging is ook verwerkt in de weergegeven modelresultaten (hoofdstuk 4). Daarbij is het aantal strandreizigers over de stations Maassluis, Vlaardingen Centrum en Schiedam Centrum verdeeld conform de 'originele' verhouding tussen het aantal instappers van deze stations uit de eerdere vervoerwaardestudie (tabel 5.3). De strandreizigers zijn in beide richtingen meegeteld (zowel op de reis naar als vanaf het strand), in de periode buiten de spitsen.

Dagtype	Benadering aantal OV-strandreizigers (afgerond)	groei aantal OV-strandreizigers door verlenging (afgerond)
gemiddelde werkdag	850 reizigers/etm	100 reizigers/etm

Tabel 5.2: Toename reizigers door verlenging Hoekse Lijn

Station	Aandeel	extra in-/uitstappers (afgerond)
Maassluis	17%	20
Vlaardingen Centrum	23%	25
Schiedam Centrum	60%	65
totaal	100%	100

Tabel 5.3: Toename in- en uitstappers door verlenging Hoekse Lijn op een werkdag

De vervoerwaarde van de verlenging op wordt geschat op 100 strandbezoekers extra per *gemiddelde* werkdag.

Bij dit reizigerseffect passen enkele opmerkingen, die ook zijn genoemd in de bronnen.

- Strandbezoekers zijn wellicht minder gevoelig voor reistijd dan hier geschatst: lagere reistijdelasticiteiten komen ook voor.
- De loopafstand is in de huidige situatie met ruim 1,2 kilometer lang, mogelijk vormt dit ook een mentale barrière voor het gebruik van het OV.

¹¹ ASVV 2012 (CROW, p. 238, december 2012)

¹² Review and meta-analysis of U.K. time elasticities of travel demand (Wardman, 30 augustus 2011)

- Reizigers naar het strand hebben meer bagage bij zich, waardoor de reis per OV en de (huidige) looptijd naar het strand als minder prettig wordt ervaren.
- Op zomerse dagen heeft de looproute naar het strand in de huidige situatie een plezierige uitstraling, waardoor de afstand gevoelsmatig korter kan zijn.
- Wanneer bezoekers naar het strand lopen, is het mooier weer dan gemiddeld, wat de wandeling veraangenaamt.

5.3 Verkeerssituatie op stranddagen

Naast effect op het gebruik van de metro in het alternatief ombouw & verlenging, heeft dit alternatief mogelijk ook effect op de verkeerssituatie in Hoek van Holland. Hier schetsen we dit verkeerseffect.

De parkeerruimte rond het strand biedt een aanknopingspunt voor het aantal auto's dat in de direct omgeving kan worden opgevangen¹³. Daarbij maken we onderscheid in verschillende locaties.

- Verkeer van en naar de parkeerruimte rond de Strandboulevard gebruikt de Schelpweg (kortste route) en niet de Strandweg. Het gaat hier om 730 parkeerplaatsen.
- Verkeer van en naar het grote parkeerterrein Badweg nabij het strand zal zich gelijkmatig verdelen over de Strandweg en de Strandboulevard (beide routes zijn ongeveer even lang). Het gaat hier om 1.250 parkeerplaatsen.
- Verkeer van en naar de overige parkeerruimte rijdt via de Strandweg. Het gaat hier om 970 parkeerplaatsen.

Gebruiken we deze gegevens en inzichten samen met die uit paragraaf 5.1.2, dan ontstaat een schets zoals in tabel 5.4. Uitgangspunt voor de bepaling van het aantal auto's is een gemiddelde bezetting van 3 strandbezoekers per auto.

Dagtype	Strandbezoek ³ (=100%)	Bezoekers per auto (=67%)	Verwacht aantal auto's
Normale stranddag	15.000	Ca. 10.000	Ca. 3.000
Drukke stranddag	30.000	Ca. 20.000	Ca. 7.000
Topdag	60.000	Ca. 40.000	Ca. 13.000

Tabel 5.4: schatting autogebruik op basis van bekende inzichten (afgerond)

Brengen we dit verwachte aantal auto's en de parkeercapaciteit met elkaar in verband, dan blijkt dat op een normale stranddag de volledige parkeercapaciteit nabij het strand wordt benut. Op andere stranddagen schiet de capaciteit van de parkeerruimte (veel) tekort. Het ligt daarom voor de hand dat de modal split zoals opgenomen in de statistieken niet van toepassing is op drukke stranddagen en topdagen, maar op een algemene

¹³ Gemeente Rotterdam, "waar parkeren in Hoek van Holland"
<http://www.rotterdam.nl/waarparkereninhoekvanholland> (15 januari 2015)

situatie. Op drukke stranddagen en topdagen is er geen parkeerruimte meer over: de parkeercapaciteit vormt een plafond, en daarmee een goede maat om iets te kunnen zeggen over het gebruik van de Strandweg en Strandboulevard.

5.4 Overweganalyse

5.4.1 Veiligheid

Movares heeft conform de geldende regelgeving onderzoek¹⁴ verricht naar de veiligheidssituatie van extra overwegen op de Hoekse Lijn. Het onderzoek laat zien dat over de totale Hoekse Lijn het risico in de situatie na ombouw en verlenging ("2015") 'iets hoger' is dan in de huidige situatie ("2008"). Het volledige rapport is in bijlage 9 opgenomen.

Onderzoek van Movares naar de overwegen op de Hoekse Lijn laat zien dat het veiligheidsrisico na ombouw en verlenging 'iets hoger' komt te liggen.

5.4.2 Oponthoud huidige overwegen

In de periode 2012-2014 heeft Goudappel Coffeng voor ProRail de Wachtrijtool ontwikkeld. Hierin zijn voor alle beveiligde overwegen in Nederland zowel de treinenloop als verkeersgegevens (voor zowel huidige als toekomstige situaties) opgenomen. De Wachtrijtool speelt onder meer een belangrijke rol in het lopende LVO (Landelijk Verbeterprogramma Overwegen).

In de Wachtrijtool is het kwaliteitsniveau van verkeersafwikkeling berekend door het onderling met elkaar in verband brengen van (toekomstige) dichtligtijden en gegevens over de (toekomstige) kruisende intensiteit van het wegverkeer. In de wachtrijtool wordt in feite voor elke trein een tijd-wegdiagram opgebouwd. Deze wordt op de infrastructuur geprojecteerd, waarbij zowel de ligging van perrons als van overwegen exact gepositioneerd is. Met inachtneming van de regelgeving, wordt per overweg per seconde bepaald hoe lang de overweg gesloten is en wanneer kruisend verkeer opnieuw doorgelaten wordt. Hierna is per gemeente en overweg een beeld opgenomen van de bevindingen voor een spitsituatie (werkdag).

Vlaardingen

- Oosthavenkade: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer boven grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie al voor. Verwachting is dat met groei van 16 treinen naar 24 metro's per uur de situatie grofweg vergelijkbaar zal blijven met de huidige situatie (iets meer passages, maar wat kortere sluitingen). In de spits 'vervelende overweg'.
- Westhavenkade: situatie vergelijkbaar met Oosthavenkade. In de spits 'nog acceptabele overweg'.
- Beethovenlaan: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer zeer ruim boven grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie al regelmatig voor. Verwachting is dat met

¹⁴ "Overweganalyse Hoekse Lijn" (concept), Movares, 16 april 2010.

groei van 8 treinen naar 24 metro's per uur de situatie flink zal verergeren. Verkeer zal niet voldoende verwerkt kunnen worden. Maatregelen noodzakelijk.

- Marathonweg: situatie vergelijkbaar met Beethovenlaan, alleen komt hier overstaan van verkeer in huidige situatie al structureel voor. Maatregelen noodzakelijk.

Maassluis

- Julianalaan: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer boven grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie niet/zeer beperkt voor. Verwachting is dat met de groei van 8 naar 12 passages de situatie grofweg vergelijkbaar zal blijven met de huidige situatie (iets meer, maar wat kortere sluitingen). In de spits wel enigszins 'vervelende overweg'.
- Deltaweg: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer overschrijdt grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie niet voor. Met groei van 8 naar 12 passages zal de situatie grofweg vergelijkbaar blijven met de huidige situatie (iets meer, maar wat kortere sluitingen). In de spits wel enigszins 'vervelende overweg'. Overweg staat op LVO-lijst, komt voor een groot deel door score vanuit overwegenregister (veiligheid).
- Maasweg: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer boven grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie beperkt voor. Situatie verder vergelijkbaar met Deltaweg, tevens opgenomen in LVO-lijst. Dit komt door zowel score op doorstroming als door score vanuit overwegenregister (veiligheid).
- Schenkeldijk: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer ruim onder grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie niet voor. Verwachting is dat met groei van 4 treinen naar 6 metro's de situatie vergelijkbaar blijft met de huidige situatie (iets meer, maar wat kortere sluitingen). Overweg geeft geen problemen.

Hoek van Holland

- Haakweg: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer ruim onder grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie niet voor. Met toevoeging van 2 passages per uur (alternatief ombouw) blijft de situatie vergelijkbaar met de huidige situatie (iets meer, maar wat kortere sluitingen). Overweg geeft geen problemen.
- Langweg: gemiddelde wachttijd gemotoriseerd verkeer boven grenswaarde, overstaan komt in huidige situatie niet voor. Verwachting is dat met groei van 4 naar 6 passages per uur de situatie vergelijkbaar blijft met de huidige situatie (iets meer, maar wat kortere sluitingen). Overweg geeft geen bijzondere problemen.

Door ombouw van de Hoekse Lijn neemt het aantal passages op de overwegen van de Hoekse Lijn toe. De situatie op de overwegen van de Hoekse Lijn wijzigt echter maar beperkt: waar knelpunten optreden, zijn deze in de huidige of referentiesituatie ook al aan de orde.

5.4.3 Oponthoud nieuwe overwegen

In het alternatief ombouw & verlenging kruist de Hoekse Lijn de Strandweg en de Strandboulevard via een spoorwegovergang die in de huidige situatie nog niet aanwezig is. Dit heeft effect op de capaciteit van beide wegen. Dat effect benaderen we hier.

In de normale situatie passeert op de overwegen 3 keer per uur per richting een metro (6 passages per uur). Op topdagen wordt op het drukste moment 8 keer per uur per richting

gereden (16 passages per uur). De overweg verspert de doorgang naar verwachting circa 30 tot 60 seconden (passeersnelheid ongeveer 50 km/u of hoger). De Strandweg en Strandboulevard zijn vormgegeven als gebiedsontsluitingsweg. De ervaring leert dat dergelijke wegen, indien er sprake is van vrije doorstroom (geen kruispunten, oversteken, etc.) circa 2.000 motorvoertuigen per uur per richting kunnen afwikkelen.

Op basis van deze inzichten schetst tabel 5.5 een beeld van de verwachte capaciteit. Om een beeld te krijgen bij de afwikkelcapaciteit is geschetst hoe lang het duurt voordat de 'achterliggende' parkeerruimte is gevuld. De overweg Strandweg is hierbij maatgevend. Naar verwachting maakt verkeer naar circa 1.600 plekken van deze overweg gebruik, via de Strandboulevard worden ruim 600 plekken bereikt, zie ook paragraaf 5.3.

Aspect	Huidig	Normaal	Topdag
Aantal minuten vrije doorgang per uur	60	54	44
Geschatte afwikkelcapaciteit (mvt/etm, bij vrije doorgang)	2.000	1.800	1.500
Tijd totdat achterliggende parkeerruimte Strandweg is gevuld (bij vrije doorgang)	50 min.	53 min.	65 min.
Tijd totdat achterliggende parkeerruimte Strandboulevard is gevuld (bij vrije doorgang)	18 min.	20 min.	25 min.

Tabel 5.5: schatting capaciteit overwegen voor wegverkeer (Strandweg)

Tabel 5.5 laat zien dat de impact van de overwegen relatief beperkt is, wanneer deze in verband worden gebracht met de achterliggende parkeercapaciteit. Het is zeer aannemelijk dat andere 'obstakels' op weg naar de parkeerruimte resulteren in een lagere afwikkelcapaciteit (zoals oversteken, rotonde Strandweg/Dirk van den Burgweg, kruispunt Maasdijk/Dirk van den Burgweg), waardoor de overwegen niet het maatgevende knelpunt op de route zijn.

De nieuwe overwegen Strandweg en Strandboulevard vormen geen maatgevend knelpunt voor de bereikbaarheid van het strand voor het autoverkeer.

5.5 Rol verlenging: bereikbaarheid & vervoerwaarde

Brengen we de voornoemde inzichten uit de diverse bronnen met elkaar in verband, dan is het volgende beeld te schetsen over het strandvervoer.

Met het alleen ombouwen van de Hoekse Lijn tot metroverbinding wordt nauwelijks effect verwacht op het aantal strandbezoekers dat per OV reist. Daarvoor neemt het gemak van de verbinding naar het strand te weinig toe.

Met het alternatief ombouw & verlenging verbetert de bereikbaarheid van het strand: de reistijd neemt af en door het verkorten van de wandeling naar het strand is het strand

ook gemakkelijker te bereiken. Daarmee kan ook nieuw publiek worden bereikt: voor hen wordt de drempel om Hoek van Holland te bezoeken lager.

Op topdagen trekt Hoek van Holland Strand vele bezoekers. Zoveel, dat de vervoervraag veel groter is dan de capaciteit: er is geen fietsenstalling of parkeerplek meer over en de treinen (of: metro's) zijn overvol. Verlenging van de metro naar het strand trekt in theorie meer reizigers, maar het systeem loopt al tegen de capaciteitsgrenzen aan. Omdat de vervoervraag naar het strand op deze dagen voor elke modaliteit groot is, leidt dit niet tot een ander verkeersbeeld: elke restruimte die bij de metro of op het wegennet ontstaat, zal direct worden ingevuld met nieuwe vervoervraag. Omdat reizigers bij elke modaliteit hinder ervaren, is het aannemelijk dat andere factoren dan de restcapaciteit de vervoerwijzekeuze bepalen (o.a. bagage, reisgezelschap). Daar komt bij dat topdagen maar incidenteel voorkomen (minder dan 1% per jaar): de infrastructuur in Hoek van Holland (auto én OV) is simpelweg niet op deze incidentele piekvraag gedimensioneerd.

Op de meeste dagen (80%) is er vooralsnog geen groot strandeffect te verwachten. Verlenging kan hier enig reizigerseffect sorteren, maar dit gaat om te verwaarlozen aantallen.

Het meest interessant is de situatie van de 'normale stranddagen' en 'drukke stranddagen' (bijna 20% van de dagen in het jaar). Hier sorteert de verlenging het meeste effect. De verwachte reizigersgroei door verlenging zal zich met name op deze dagen manifesteren, omdat er nog restruimte in het OV over is en de keuzereiziger wordt verleid met de kortere reistijd. Mogelijk resulteert dit indirect in minder autogebruik richting het strand.

Het alternatief ombouw & verlenging maakt Hoek van Holland Strand beter bereikbaar. Vooral op 'normale' en 'drukke' stranddagen (krap 20% van het jaar) zal de vervoerwaarde van de Hoekse Lijn hierdoor toenemen.

Conclusies

De Stadsregio Rotterdam maakte eind 2013 bekend de treinverbinding Hoekse Lijn om te bouwen tot een metroverbinding: vanaf 2017 zullen metro's vanaf Hoek van Holland naar Rotterdam Nesselande rijden.

De ombouw betekent een koppeling met het bestaande metronetwerk van Rotterdam. Daarbij zal met een hogere frequentie worden gereden dan nu met de trein het geval is. Voor de te nemen ruimtelijke besluiten wordt door de Gemeente Rotterdam een procedure voor een milieueffectrapportage (m.e.r.) doorlopen. Onderdeel van deze milieueffectrapportage is een verkeers- en milieuonderzoek, waarin te verwachten verkeers- en milieusituatie wordt doorgerekend en beoordeeld.

In het verkeersmodel is voor de volgende alternatieven het verkeers- en vervoerseffect geprognosticeerd.

- Referentiesituatie (2025): opzet als huidig
- Alternatief ombouw (2025): ombouw tot metro, station Maassluis Steendijkpolder wordt toegevoegd.
- Alternatief ombouw & verlenging (2025), als alternatief ombouw, maar met verlenging naar het strand.

Het effect van alternatief ombouw op het gebruik van het omliggende wegennet blijkt verwaarloosbaar klein te zijn in vergelijking met de referentiesituatie. De ombouw leidt ook niet tot een beduidend hogere belasting van kruispunten in de omgeving, een verkeersveiligheidseffect is daarom ook niet te verwachten. In de tijdelijke situatie zijn overigens ook geen nieuwe verkeersknelpunten te verwachten.

Ombouw van de Hoekse Lijn leidt in de gemeenten Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen en Schiedam tot meer ritten met het openbaar vervoer, en minder ritten met de fiets en de auto. Op het traject Hoek van Holland Strand t/m Schiedam Nieuwland worden bij ombouw 27% meer reizigerskilometers verwacht en 52% meer instappende reizigers dan in de referentievariant. Het aantal strandbezoekers per OV neemt door (alleen) ombouw van de Hoekse Lijn nauwelijks toe.

Wordt de metro verlengd in Hoek van Holland, dan betekent dit vooral een herverdeling van reizigers over de stations. Door verlenging van de Hoekse Lijn wordt het extra strandvervoer geschat op circa 100 strandbezoekers extra per *gemiddelde* werkdag. Het vervoer is echter sterk wisselend over het jaar: topdagen - waarbij de vervoervraag door auto én OV nauwelijks verwerkt kan worden - komen incidenteel voor (<1%). In 80% van de tijd door het jaar heeft het strand echter nauwelijks aantrekkingskracht. Het alternatief ombouw & verlenging maakt Hoek van Holland Strand vooral beter bereikbaar: op 'normale' en 'drukke' stranddagen (krap 20% van het jaar) zal de vervoerwaarde van de Hoekse Lijn hierdoor toenemen.

Onderzoek van Movares naar de overwegen op de Hoekse Lijn laat zien dat het veiligheidsrisico na ombouw en verlenging 'iets hoger' komt te liggen. Een eerste analyse van het openthoud bij de huidige overwegen van de Hoekse Lijn laat zien dat er wel knelpunten worden verwacht bij ombouw, maar dat deze in de huidige situatie vaak al aanwezig zijn. De nieuwe overwegen Strandweg en Strandboulevard vormen geen maatgevend knelpunt voor de bereikbaarheid van het strand voor het autoverkeer.

Wordt voor 2025 het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) gerealiseerd, dan blijkt uit gevoeligheidsanalyse dat dit beperkt effect zal hebben op het gebruik van de Hoekse Lijn. Vooral in Schiedam kan dit leiden tot minder groei van de Hoekse Lijn, omdat de trein aantrekkelijker wordt. Het positieve effect van ombouw blijft echter bestaan.

Bijlage 1

Uitgangspunten vervoerwaardestudie

Er wordt gebruik gemaakt van het onlangs geactualiseerde verkeersmodel voor de Stadsregio Rotterdam (RVMK 3.1). Een eerdere versie van dit model (RVMK 2.2) heeft ook aan de basis gestaan voor de eerdere berekeningen in 2011, 2012 en 2013. Het verkeersmodel beschrijft de vervoerwijzen auto (en vracht), openbaar vervoer en fiets voor de gehele etmaalperiode waarbij onderscheid gemaakt kan worden in een ochtendspits (07.00-09.00 uur), avondspits (16.00-18.00 uur) en restdagperiode (alle overige uren van het etmaal). Met het verkeersmodel kunnen de verkeerskundige effecten van de infrastructurele wijzigingen en ruimtelijke ontwikkelingen in kaart worden gebracht.

Verbeteringen modelsystematiek RVMK 3.1

Naast actualisering van de invoergegevens (gebiedsindeling, netwerken, sociaal economische gegevens, beleidsinstellingen) voor 2010, 2015, 2020 en 2030 zijn ten opzichte van de RVMK 2.2 een aantal inhoudelijke verbeteringen in het modelsysteem doorgevoerd.

- Aan de noordzijde van het studiegebied van het model (Stadsregio Rotterdam) heeft verfijning van het modelsysteem plaatsgevonden waarbij gebruik is gemaakt van data van het model Midden Holland en het model Haaglanden. Hierdoor kunnen met het model betrouwbaardere uitspraken worden gedaan op de randen van het studiegebied.
- Het vrachtverkeer (met onderscheid middelzwaar en zwaar vrachtverkeer) wordt berekend op basis van eigen ritproductiefactoren en distributiefuncties. Daarbij zijn de ritproducties in de havengebieden afgestemd op de ritproducties zoals berekend in het ritproductiemodel van het Havenbedrijf. Daarnaast zijn de resultaten van het herkomst- en bestemmingsonderzoek voor vrachtverkeer van en naar het Havengebied (op basis van Bluetooth) gebruikt om de vrachtmodellering binnen de RVMK te verbeteren.
- Voor de restdag periode wordt in tegenstelling tot de RVMK 2 nu ook gebruik gemaakt van een capaciteitsafhankelijke toedeeltechniek. Deze toedeeltechniek verbetert de beschrijvende waarde van de met de RVMK berekende intensiteiten.
- Binnen de openbaar vervoermodule zijn een 2-tal verbeteringen doorgevoerd. De openbaar vervoer reizigers worden binnen de RVMK 3 met 'Zenith' toegedeeld hetgeen inhoudt dat reizigers via verschillende routes bij hun eindbestemming kunnen

komen. Daarnaast zijn de reizigersaantallen in de RVMK 3 getoetst en gekalibreerd op basis van OV chipkaart gegevens van de RET.

- Om optimaal aan te sluiten bij de modellen van Rijkswaterstaat is de RVMK gekoppeld aan brondata van het NRM West (versie 2012). Concreet betekent dit dat buiten het studiegebied één op één gebruik is gemaakt van de gebiedsindeling, netwerken en sociaal economische gegevens van het NRM West (waarbij aan de noordkant van het studiegebied een verdere verfijning van de NRM West data heeft plaatsgevonden).
- De beleidsinstellingen binnen de RVMK (brandstofprijzen, openbaar vervoer tarieven, autobezit) zijn ontleend aan de uitgangspunten zoals vastgelegd in de WLO (Welvaart en Leefomgeving) scenario's die ook het NRM hanteert.

De RVMK 3.1 heeft de volgende planjaren:

- 2015 milieu;
- 2020 milieu;
- 2021 ambitie;
- 2030 milieu;
- 2030 ambitie.

Het planjaar voor de berekeningen Hoekse Lijn is 2025. Voor het netwerk is uitgegaan van '2020 milieu'. Dit alternatief is met betrekking tot infrastructuur sober en behoudend en wordt vooral in procedures met een juridische status gebruikt (bouw- en bestemmingsplannen, MER). Voor dit alternatief geldt dat er breed draagvlak bestaat voor een voorkeursvariant, projecten zich in de realisatiefase moeten bevinden van MIRT of RUVV, de financiering geregeld moet zijn en geen (grote) procedurele hobbels de uitvoering in de weg staan. De ruimtelijke ontwikkelingen moeten ook afgestemd worden op planjaar 2025. Hiervoor zijn de sociaaleconomische gegevens (SEGS) tussen 2030 milieu en 2020 milieu geïnterpoleerd tot 2025.

Infrastructuur

Auto

1. A4 Delft – Schiedam;
2. A15 MAVA;
3. Verlengde Zuiderparkweg;
4. 3-in-1 project;
5. N57-Groene Kruisweg;
6. Oostelijke randweg Hellevoetsluis 1e fase;
7. H6-weg (tweede ontsluitingsweg Hoek van Holland);
8. Aanbod project weg in Beter Benutten (capaciteit verhoging Rijkswegennet door o.a. DVM maatregelen).

Openbaar Vervoer

1. RandstadRail naar Slinge en Zoro bus;
9. HSL-zuid bediening conform eindbeeld;
10. Personenvervoer over water naar stadshavens;

Gemeente Schiedam

Infrastructuur Schieveste.

Gemeente Vlaardingen

Twee kleine wijzigingen in de kruispuntvormgeving.

Gemeente Maassluis

Infrastructuur Dijkpolder.

Gemeente Hoek van Holland

1. Aanleg fietspad en fietstunnel in Oranjevuitenpolder+
2. Tweede ontsluitingsweg Hoek van Holland (onderdeel van 3 in 1 project).

Ruimtelijke ontwikkelingen

Gemeente Schiedam

1. Nieuwland Parkweg Noord;
2. Spieringshoek;
3. Ventura-locatie.

Gemeente Vlaardingen

1. Park Vijfsluizen;
2. Vettenoordsepolder Oost+
3. Stationsgebied Centrum;

Gemeente Maassluis

1. Het Balkon (Het lage licht)
2. Dijkpolder?

Gemeente Hoek van Holland

1. Langeweg;
2. Berghaven Noord;
3. Kavels Stationsweg;
4. Warmte Kracht Installatie aan de Strandweg;
5. Korrelbeton;
6. Malibu.

Gevoeligheidsanalyse: Programma Hoogfrequent Spoor (PHS)

De geschetste vormgeving van het alternatief waarin het Programma Hoogfrequent Spoor is opgenomen is gebaseerd op bijlage 1c uit de Lange Termijn Spoor Agenda, het alternatief "PHS Maatwerk 6/6 BB, v12" (de voorkeursvariant). Dit meest actuele eindbeeld van PHS voorziet in enkele uitbreidingen van het treinaanbod in de toekomst. De volgende wijzigingen zijn opgenomen in het alternatief voor de gevoeligheidsanalyse.

- De intercity Den Haag Centraal - Rotterdam Centraal - Venlo rijdt via de HSL en stopt daardoor niet meer op station Dordrecht. Tussen Rotterdam Centraal en Dordrecht rij-

den hierdoor vier intercity's per uur per richting (stoppen allen te Blaak), in plaats van zes;

- Een extra intercity Rotterdam Centraal - Den Haag Centraal, stoppend op Delft en Den Haag HS (rijdt twee keer per uur per richting). De frequentie tussen Rotterdam en Den Haag HS komt hierdoor op acht intercity's per uur per richting te liggen, in plaats van zes;
- Een extra stoptrein Den Haag Centraal - Rotterdam Centraal - Dordrecht (twee keer per uur per richting). De frequentie van sprinters op dit traject komt daardoor uit op zes stoptreinen per uur per richting, in plaats van vier;
- Schiedam Centrum is geen intercitystation meer. De andere alternatieven voor 2025 van het RVMK3.1 voorzien in een 'tussenoplossing' waarbij nog 2 intercity's per uur per richting stoppen op Schiedam Centrum. In het PHS neemt de extra stoptrein deze rol over.

Bedieningsmodellen

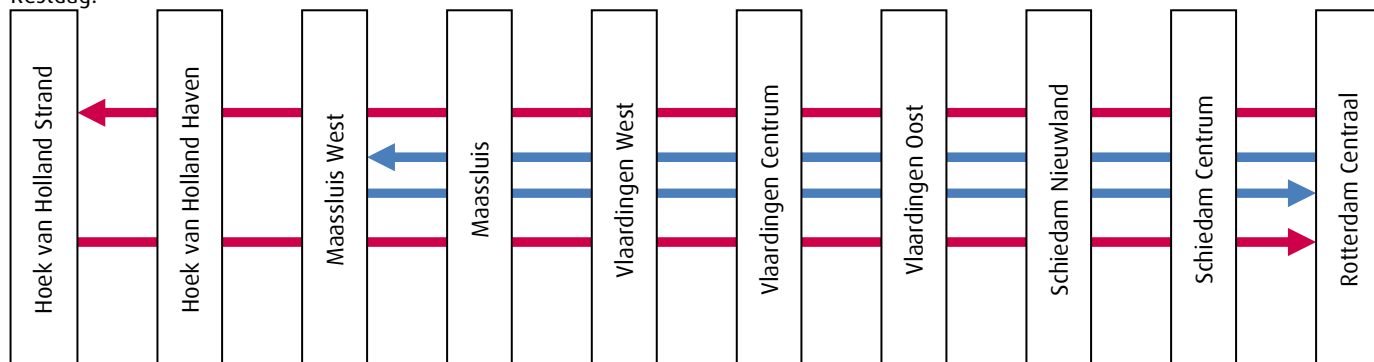
De verschillende bedieningsmodellen die onderdeel zijn van de modelalternatieven van de Hoekse Lijn zijn hierna gevisualiseerd.

- Opzet treinbediening (eerste figuur)
 - Hoek van Holland Strand – Rotterdam Centraal (twee keer per uur)
 - Maassluis West – Rotterdam Centraal (twee keer per uur)
 - Vlaardingenvestrum – Rotterdam Centraal (vier keer per uur, alleen spitsbediening)
- Opzet metrobediening (tweede figuur)
 - Hoek van Holland Strand – Nesselande (metrolijn B, drie keer per uur)
 - Maassluis Steendijkpolder – Nesselande (metrolijn B, drie keer per uur)
 - Vlaardingenvestrum – Binnenhof (metrolijn A, zes keer per uur, alleen spitsbediening)

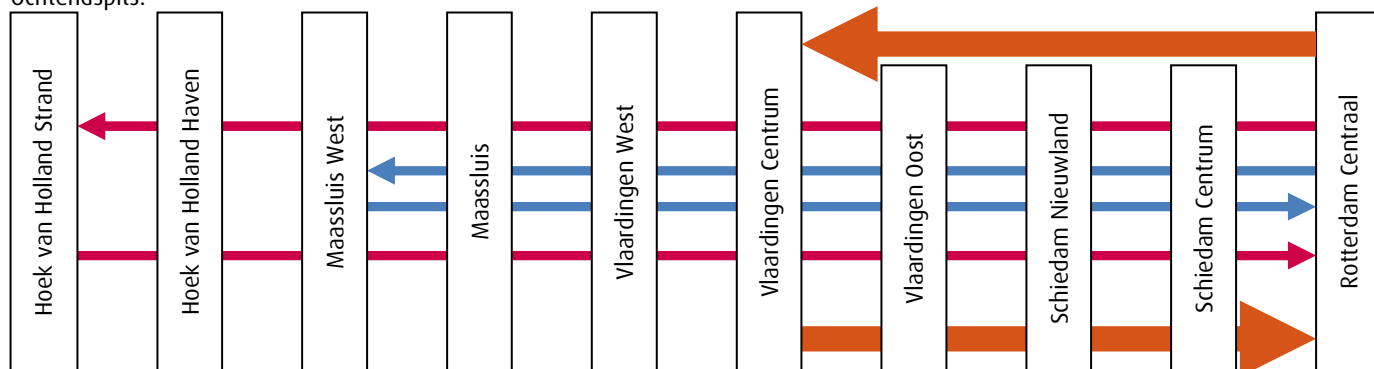
Frequentiebeeld alternatief treinbediening: 2010 en 2025 (conform huidige situatie)

In de spitsen stoppen in dit alternatief niet alle treindiensten op alle stations: pijlen die een stationsnaam doorsnijden stoppen op de bewuste halte.

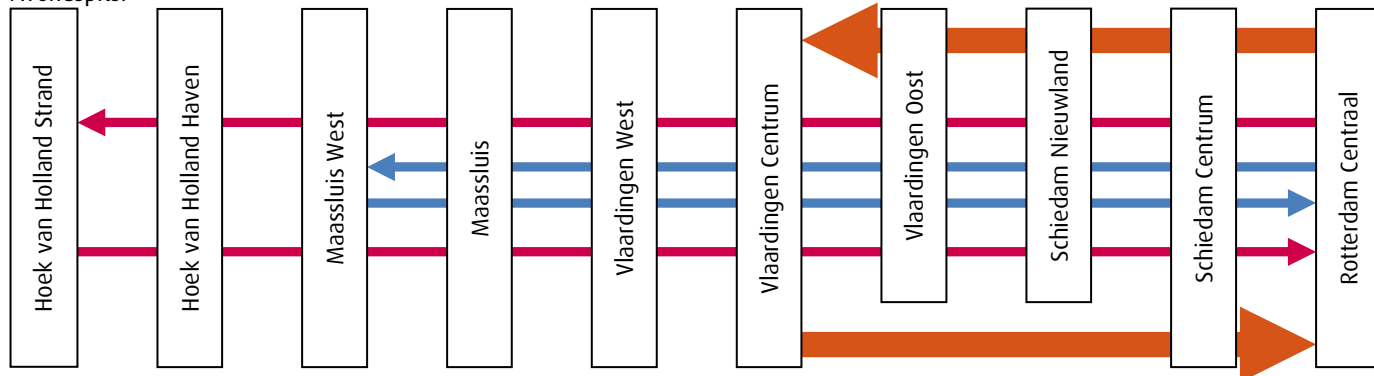
Restdag:



Ochtendspits:



Avondspits:

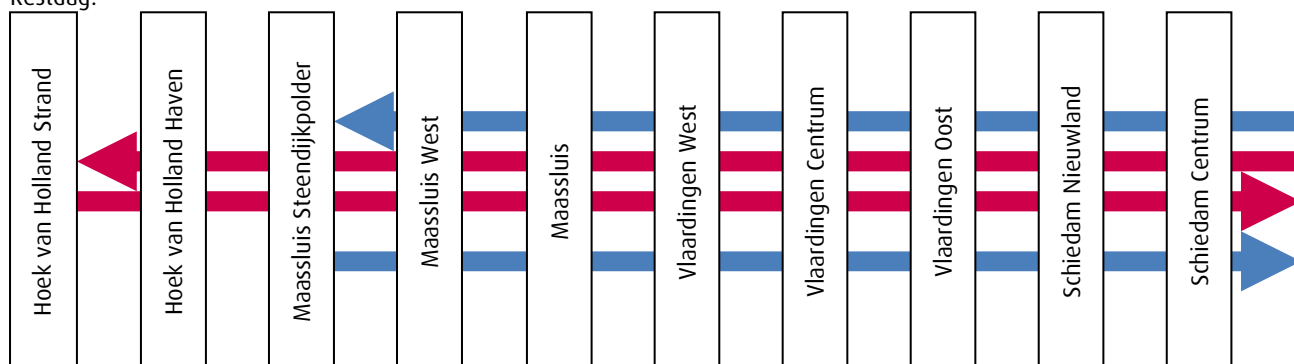


 Frequentie; viermaal per uur
 Frequentie; tweemaal per uur

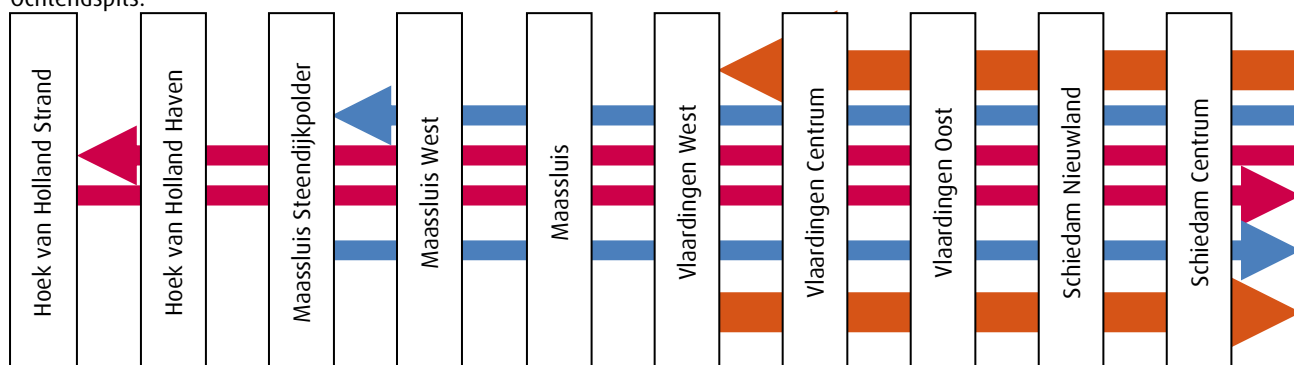
Frequentiebeeld alternatief metrobediening: 2025

- Alternatief ombouw
- Alternatief ombouw & verlenging
- Alternatief ombouw, verlenging & PHS

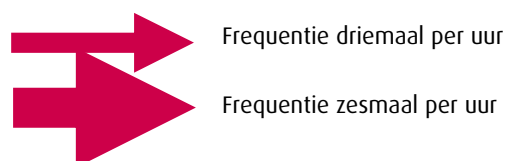
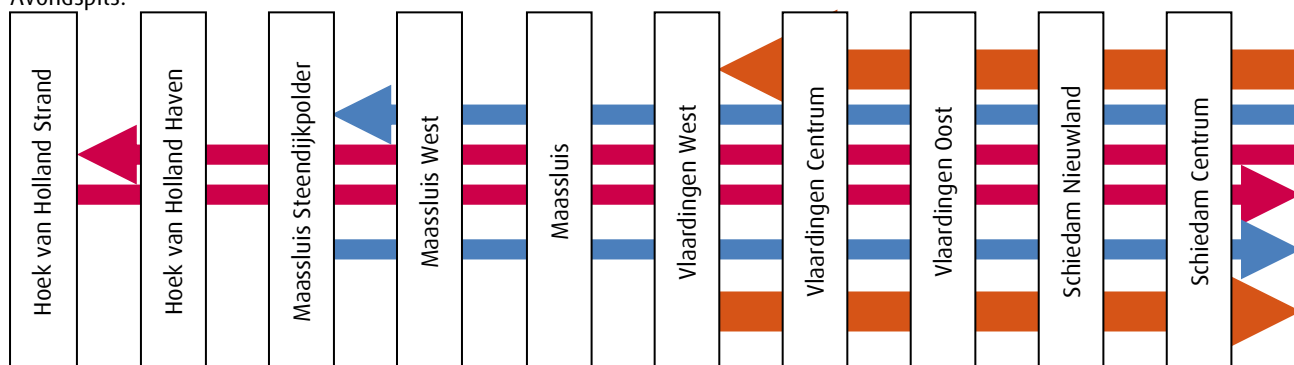
Restdag:



Ochtendspits:



Avondspits:



Bijlage 2

Vervoerwaarde in detail

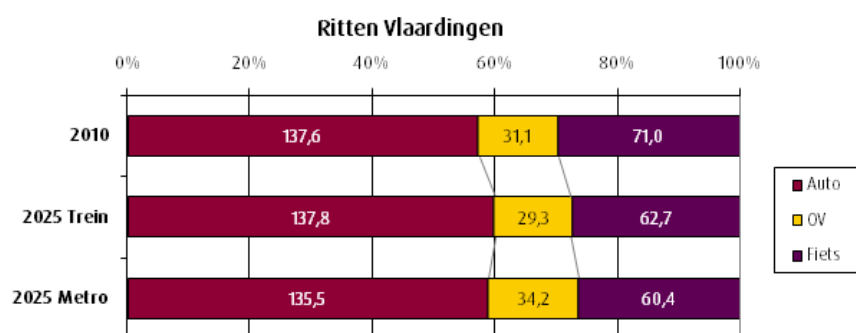
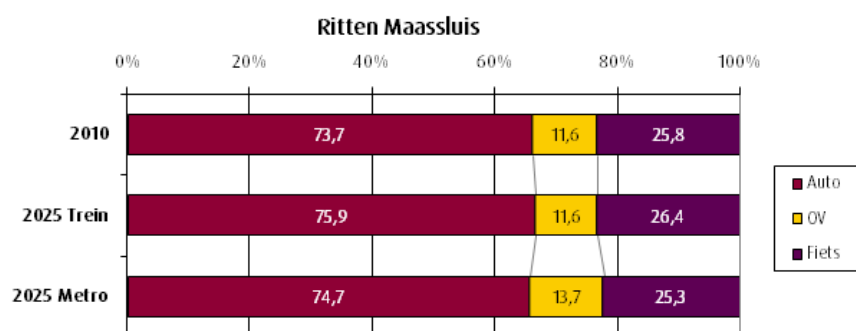
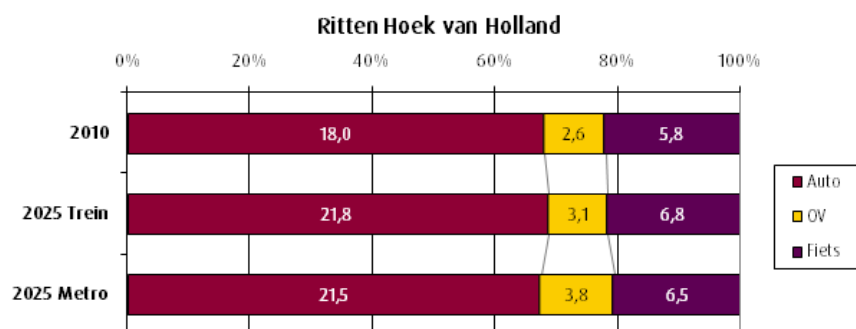
In deze bijlage zijn nadere details van de vervoerwaardestudie opgenomen:

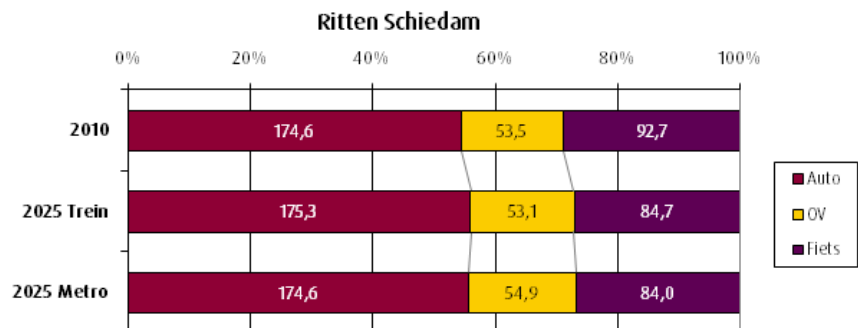
- Modal split per gemeente
- Bezetting over de Hoekse Lijn in spitsperioden
- Instappende reizigers per station in spitsperioden

Modal split per gemeente

Onderstaande figuren visualiseren de modal split per gemeente. Het aantal ritten per hoofdvervoerswijze is uitgedrukt in duizendtallen per etmaal.

Aantal ritten van, naar en in elke gemeente

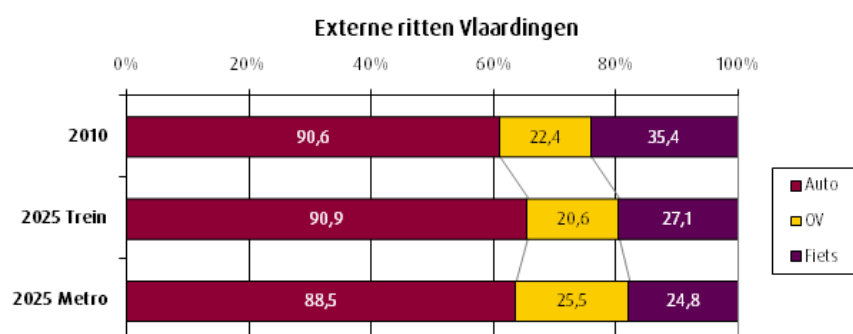
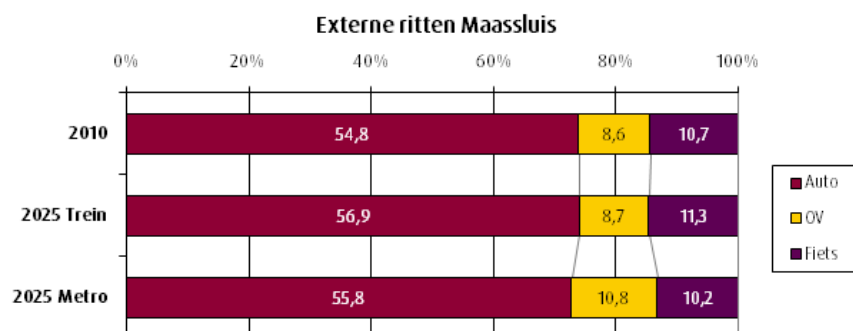
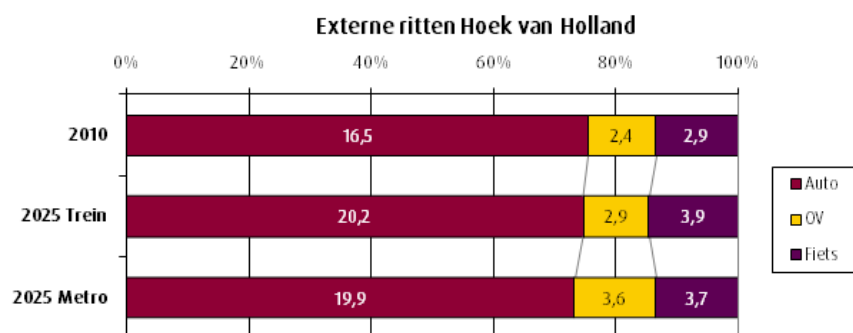


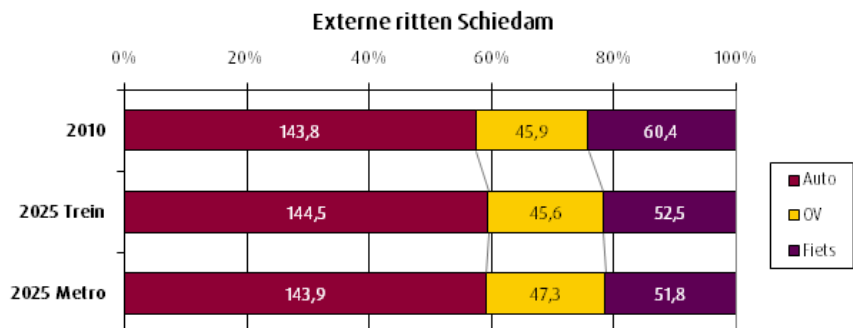


Verskil in aantal ritten tussen de referentiesituatie en het alternatief ombouw (ingaaude, uitgaande & interne ritten)

Gemeente	Auto	OV	Fiets	Totaal
Hoek van Holland	-1,5%	23,5%	-4,3%	0,3%
Maassluis	-1,5%	18,2%	-4,2%	-0,1%
Vlaardingen	-1,7%	16,9%	-3,6%	0,1%
Schiedam	-0,3%	3,3%	-0,8%	0,1%
Totaal	-1,1%	9,8%	-2,4%	0,1%

Aantal ritten van en naar elke gemeente (externe ritten)



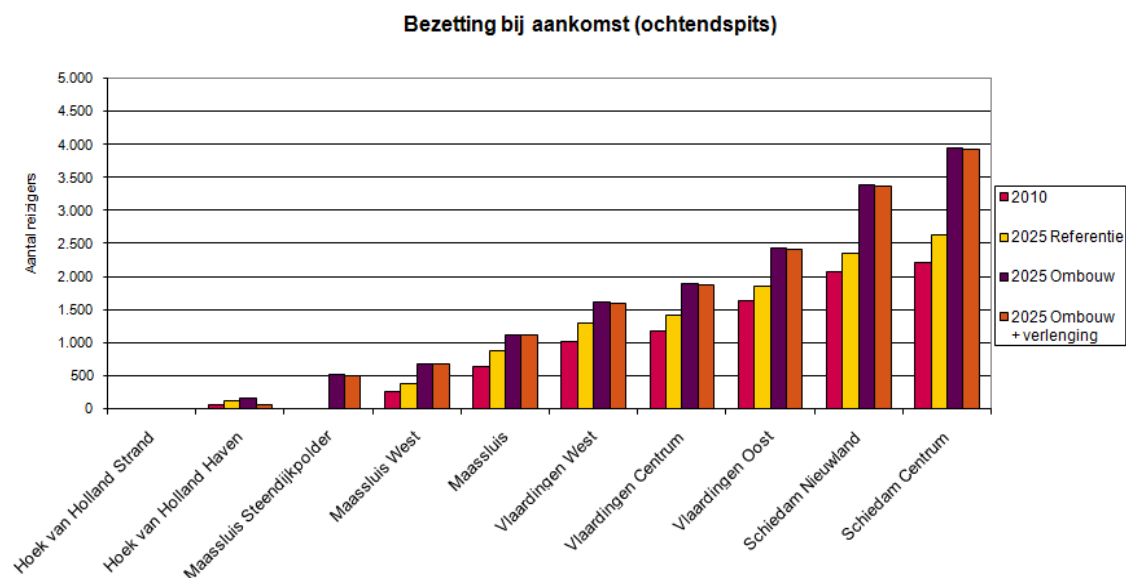


Vershil in aantal ritten tussen de referentiesituatie en het alternatief ombouw (ingående & uitgaande ritten)

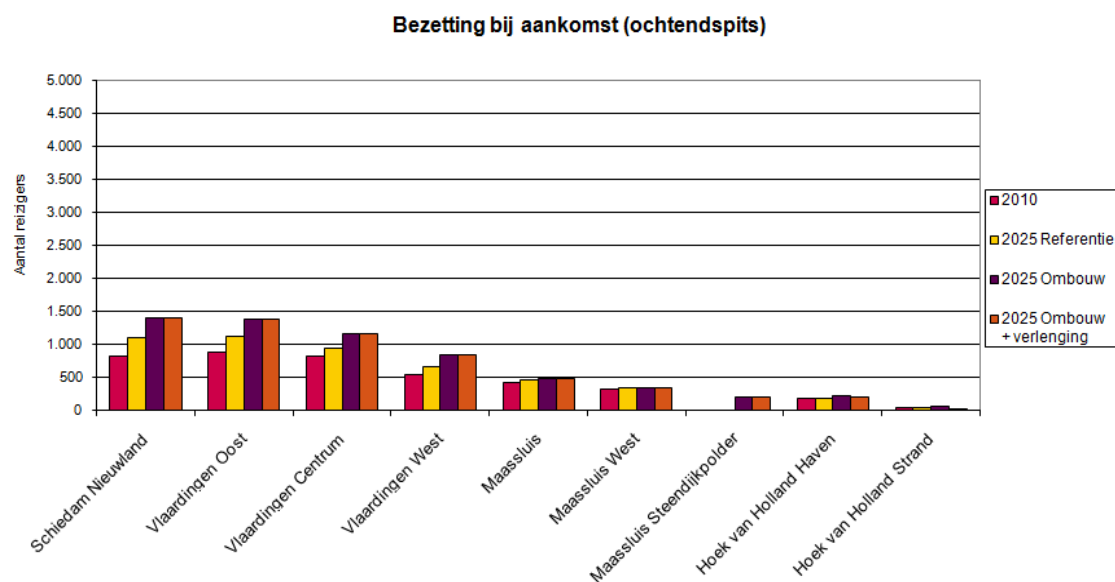
Gemeente	Auto	OV	Fiets	Totaal
Hoek van Holland	-1,6%	25,3%	-7,5%	0,4%
Maassluis	-2,0%	24,4%	-9,8%	-0,2%
Vlaardingen	-2,6%	24,1%	-8,3%	0,2%
Schiedam	-0,4%	3,8%	-1,4%	0,2%
Totaal	-1,4%	12,3%	-4,6%	0,2%

Bezetting Hoekse Lijn in spitsperiodes

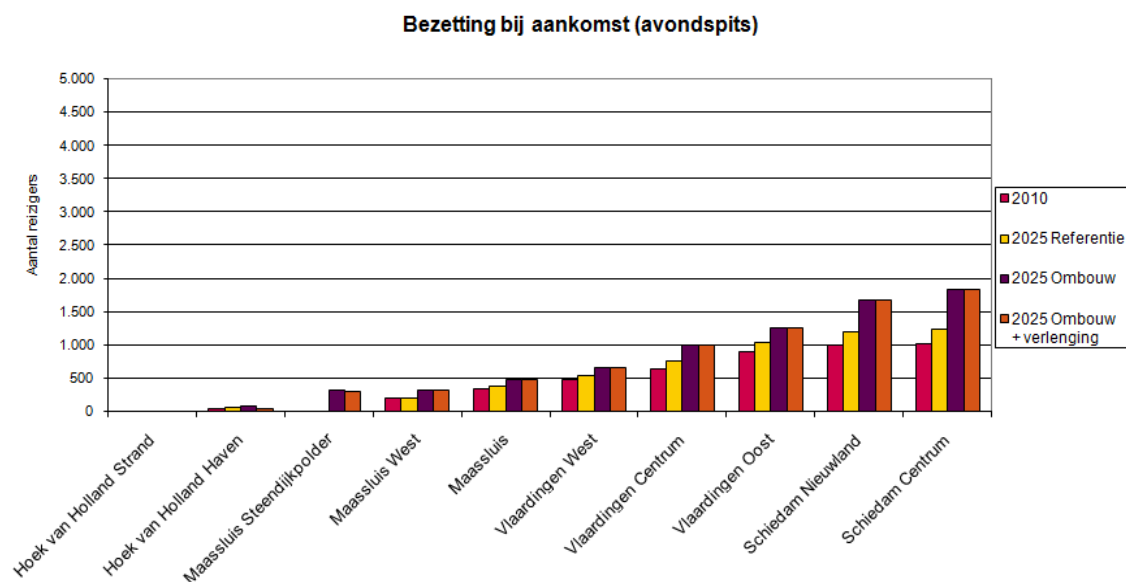
Ochtendspits richting Rotterdam



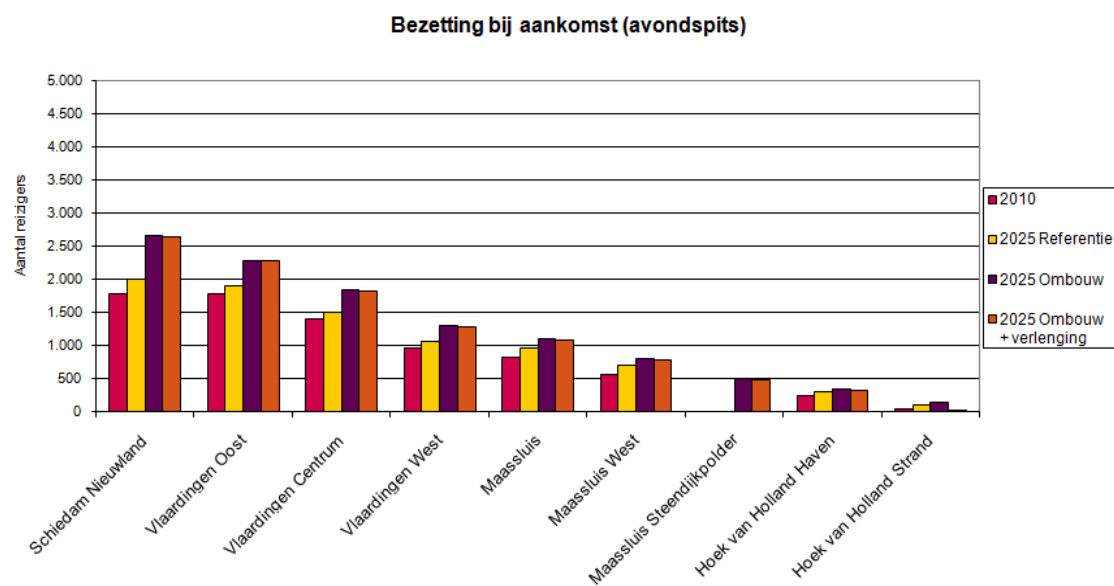
Ochtendspits richting Hoek van Holland



Avondspits richting Rotterdam

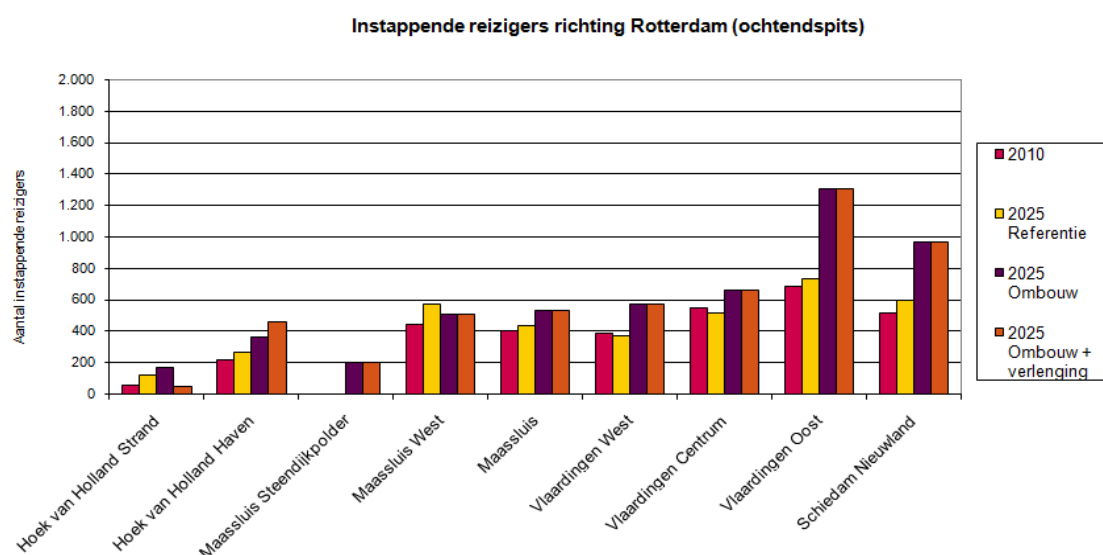


Avondspits richting Hoek van Holland

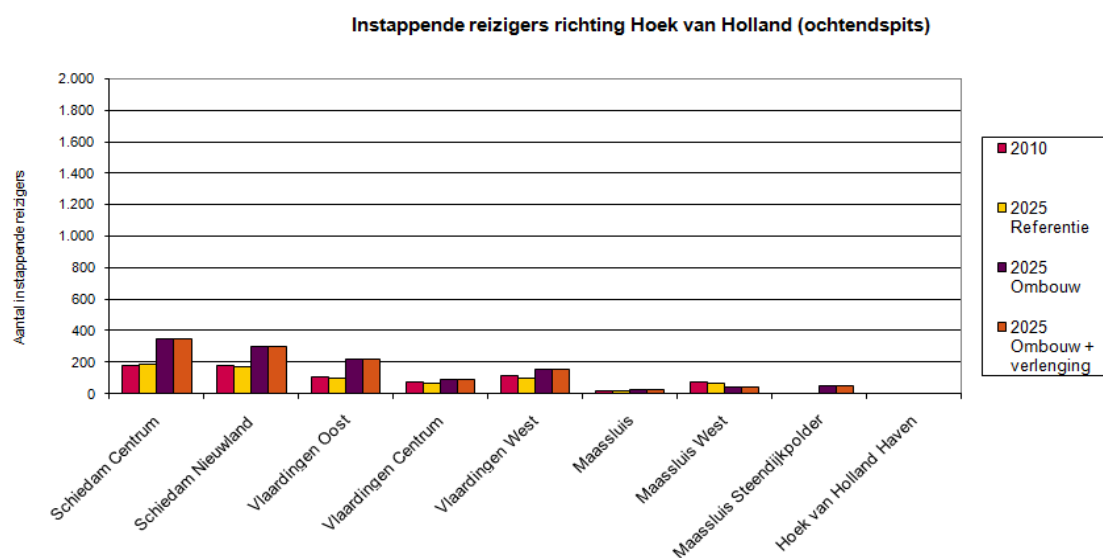


Instappende reizigers per station in spitsperioden

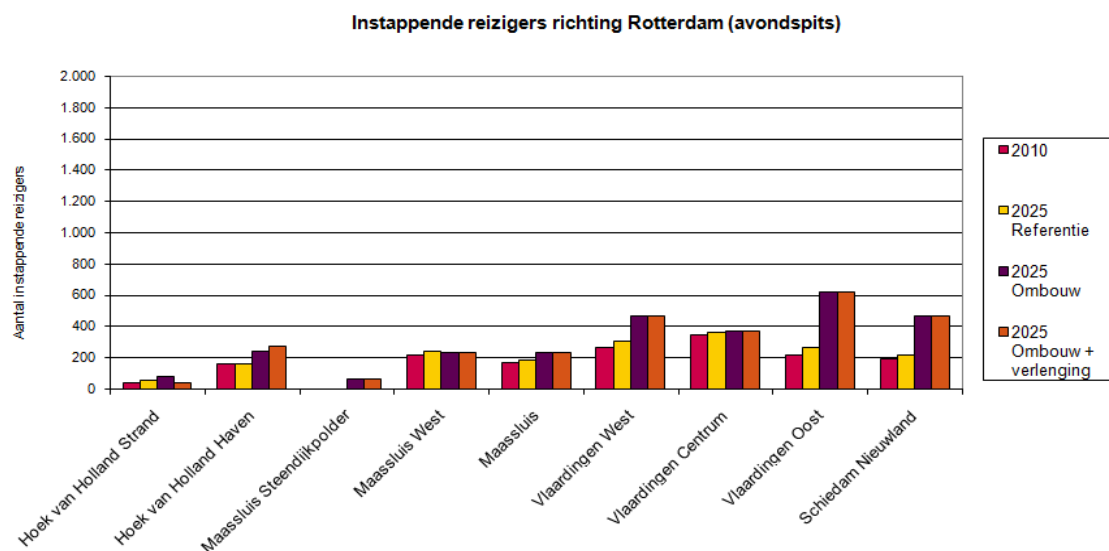
Ochtendspits richting Rotterdam



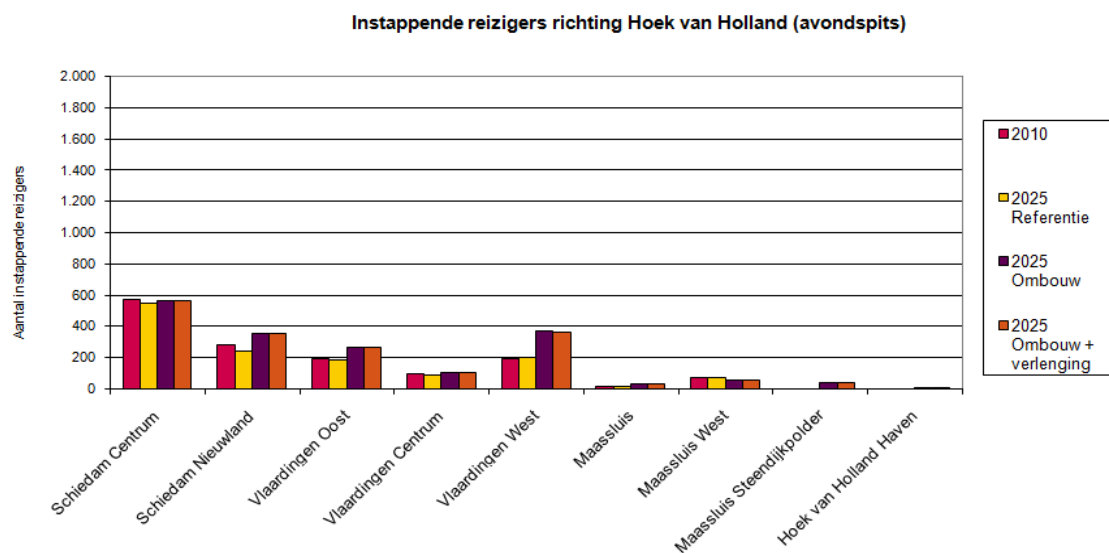
Ochtendspits richting Hoek van Holland



Avondspits richting Rotterdam



Avondspits richting Hoek van Holland



Bijlage 3

V/C-ratio

Met behulp van het RVMK-model is de bezettingsgraad van kruispunten in de gemeenten Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen en Schiedam inzichtelijk gemaakt. Deze 'V/C-ratio' maakt inzichtelijk welk deel van de capaciteit wordt benut. Bij waarden hoger dan 80% treden mogelijk problemen met de verkeersafwikkeling op. Bij waarden hoger dan 90% kan gesteld worden dat het kruispunt overbelast is.

De V/C-ratio's zijn weergegeven voor het basisjaar 2010, de referentiesituatie en het alternatief ombouw. Het verschil tussen de beide alternatieven is uitgedrukt in een percentage (groei of afname van de bezettingsgraad), evenals de 'autonome groei' tussen het basisjaar en de referentiesituatie. Alleen kruispunten die in het alternatief ombouw die een hogere bezettingsgraad kennen dan 50% zijn opgenomen.

De volgende gegevens zijn hierna opgenomen.

- Tabel met V/C ratio's in de ochtendspits
- Tabel met V/C ratio's in de avondspits
- Kaart die de ligging van de kruispunten aangeeft.

Ochtendspits

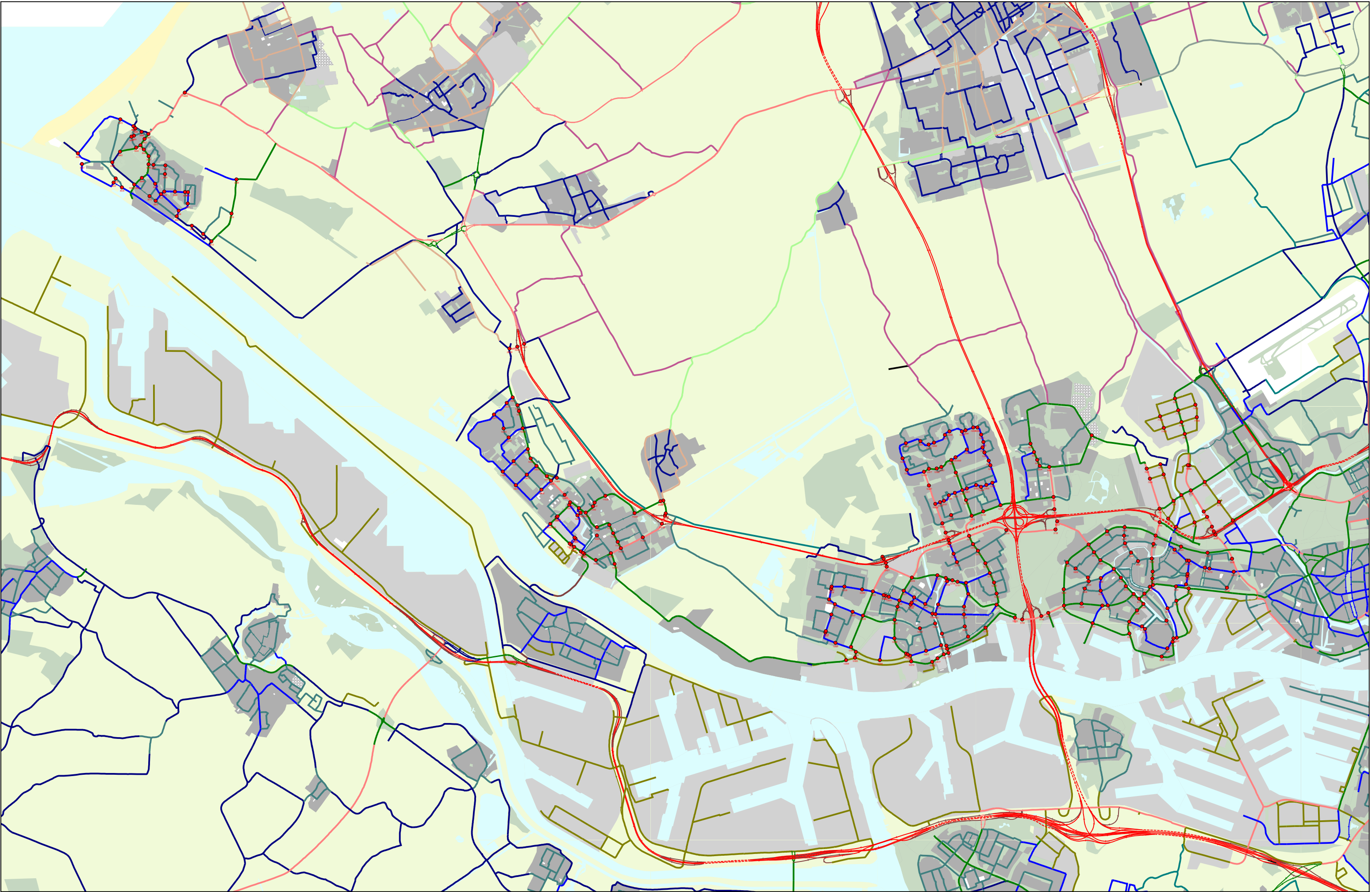
Nr.	Kruispunttype	2010	referentie	ombouw	ombouw t.o.v. referentie	Groei autonoom
6680	VRI	85%	79%	79%	1%	-7%
5748	VRI	101%	98%	98%	0%	-3%
6898	VRI	83%	75%	75%	0%	-9%
28577	Rotonde	43%	50%	50%	0%	17%
12767	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
74069	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6934	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
11003	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12988	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
1120	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5780	Voorrang	85%	85%	85%	0%	0%
12756	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6600	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6748	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
11015	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12742	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5754	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5774	VRI	86%	85%	85%	0%	-1%
10863	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12768	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
1119	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5668	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5764	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5803	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5805	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6658	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6738	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6832	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6835	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6904	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10862	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12621	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12727	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12928	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12951	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12976	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
28538	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
68618	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
79770	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10811	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6656	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6662	VRI	85%	85%	85%	0%	0%

Nr.	Kruispunttype	2010	referentie	ombouw	ombouw t.o.v. referentie	Groei autonoom
6746	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6902	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10937	VRI	83%	85%	85%	0%	2%
12604	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12618	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12723	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12958	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6948	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12695	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6942	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12979	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5662	VRI	84%	85%	85%	0%	1%
5746	VRI	85%	88%	88%	0%	4%
53738	Rotonde	50%	56%	56%	0%	13%
7002	Rotonde	58%	57%	57%	0%	-3%
28772	Voorrang	92%	101%	101%	0%	10%
28548	Rotonde	82%	103%	103%	0%	26%
28773	Rotonde	54%	60%	60%	0%	11%
68608	Voorrang	50%	53%	53%	0%	6%
5756	VRI	102%	126%	125%	-1%	23%
12655	VRI	75%	73%	72%	-1%	-3%
7026	VRI	99%	90%	90%	-1%	-9%
6774	Rotonde	59%	60%	60%	-1%	3%
12617	VRI	85%	89%	88%	-1%	5%
45622	Voorrang	49%	58%	57%	-1%	17%
5758	Rotonde	46%	54%	54%	-1%	19%
12610	VRI	85%	95%	94%	-2%	12%
6882	Rotonde	65%	63%	62%	-2%	-3%
11061	Rotonde	46%	52%	51%	-2%	15%
12563	Voorrang	36%	56%	55%	-2%	56%
12709	VRI	67%	65%	64%	-2%	-3%
6624	VRI	85%	89%	87%	-2%	4%
12627	VRI	62%	62%	61%	-2%	0%
12579	Voorrang	54%	58%	57%	-2%	7%
12558	Voorrang	55%	75%	73%	-3%	37%

Avondspits

Nr.	Kruispunttype	2010	referentie	ombouw	ombouw t.o.v. referentie	Groei autonoom
5774	VRI	85%	93%	93%	1%	9%
28577	Rotonde	58%	68%	68%	0%	16%
5748	VRI	106%	108%	108%	0%	2%
6835	VRI	97%	110%	110%	0%	13%
12627	VRI	76%	78%	78%	0%	2%
5772	Voorrang	56%	58%	58%	0%	3%
12768	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6680	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12709	VRI	82%	85%	85%	0%	4%
5764	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12723	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6898	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10862	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
1119	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5746	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5803	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6600	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6658	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6738	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6746	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6942	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10937	VRI	90%	85%	85%	0%	-5%
68618	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6656	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6904	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
11003	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5754	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6662	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6748	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12618	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12767	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12958	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12979	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5805	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6948	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10811	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12742	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12756	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
79770	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12695	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12988	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5668	VRI	85%	85%	85%	0%	0%

Nr.	Kruispunttype	2010	referentie	ombouw	ombouw t.o.v. referentie	Groei autonoom
5780	Voorrang	85%	85%	85%	0%	0%
11015	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12727	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12928	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12951	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12976	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6934	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
1120	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
10863	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12621	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
5662	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
12604	VRI	85%	85%	85%	0%	0%
6832	VRI	91%	90%	90%	0%	-1%
5758	Rotonde	59%	73%	73%	0%	23%
5773	Voorrang	102%	111%	111%	0%	9%
12617	VRI	90%	95%	95%	0%	5%
7026	VRI	105%	103%	103%	0%	-2%
7002	Rotonde	58%	55%	55%	0%	-5%
71491	Voorrang	67%	65%	65%	0%	-3%
68608	Voorrang	51%	57%	57%	0%	11%
5756	VRI	102%	107%	107%	0%	5%
12655	VRI	83%	74%	74%	0%	-10%
6624	VRI	85%	94%	94%	-1%	11%
53738	Rotonde	53%	57%	57%	-1%	9%
6902	VRI	89%	100%	99%	-1%	12%
28773	Rotonde	56%	67%	66%	-1%	19%
28538	VRI	100%	99%	99%	-1%	-1%
10924	Rotonde	59%	62%	61%	-1%	5%
28548	Rotonde	80%	99%	99%	-1%	25%
12610	VRI	93%	97%	96%	-1%	5%
12713	Rotonde	58%	56%	56%	-1%	-3%
45622	Voorrang	43%	53%	53%	-1%	23%
6882	Rotonde	67%	63%	62%	-1%	-7%
5690	Voorrang	45%	51%	51%	-1%	14%
6774	Rotonde	61%	61%	60%	-1%	-1%
12562	Voorrang	53%	69%	69%	-1%	31%
11051	Rotonde	47%	53%	52%	-1%	11%
28772	Voorrang	103%	115%	114%	-1%	11%
74069	VRI	85%	80%	79%	-1%	-5%
11061	Rotonde	52%	61%	60%	-1%	18%
12678	Voorrang	45%	52%	50%	-3%	15%
12564	Voorrang	42%	73%	71%	-3%	77%
12558	Voorrang	58%	75%	72%	-4%	27%



Bijlage 4

Modelplots motorvoertuigen

Hierna zijn de volgende modelplots opgenomen, die de modeluitkomsten visualiseren.

Verkeersintensiteiten (etmaal)

- 2010
- 2025 referentie (trein)
- 2025 ombouw (metro)

Verkeersintensiteiten (ochtendspits)

- 2010
- 2025 referentie (trein)
- 2025 ombouw (metro)

Verkeersintensiteiten (avondspits)

- 2010
- 2025 referentie (trein)
- 2025 ombouw (metro)

Verschilsituaties etmaal (absoluut)

- Vergelijking 2025 referentie ten opzichte van 2010 (basisjaar)
- Vergelijking 2025 ombouw ten opzichte van 2025 referentie

Verschilsituaties etmaal (relatief)

- Vergelijking 2025 referentie ten opzichte van 2010 (basisjaar)
- Vergelijking 2025 ombouw ten opzichte van 2025 referentie



Legend

Band Widths
MVT_Etmaal

- 0 - 1600
- 1600 - 6000
- 6000 - 8000
- 8000 - 12000
- 12000 - 20000
- > 20000



Legend

Band Widths
MVT_Etmaal

- 0 - 1600
- 1600 - 6000
- 6000 - 8000
- 8000 - 12000
- 12000 - 20000
- > 20000



Legend

Band Widths
MVT__Etmaal

0 - 1600
1600 - 6000
6000 - 8000
8000 - 12000
12000 - 20000
> 20000



Legend

Band Widths

MVT_os

0 - 400

400 - 1500

1500 - 2000

2000 - 3000

3000 - 5000

> 5000



Legend

- Band Widths**
MVT_os
- 0 - 400
 - 400 - 1500
 - 1500 - 2000
 - 2000 - 3000
 - 3000 - 5000
 - > 5000



Legend

Band Widths
MVT_os

- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- > 5000



Legend

Band Widths
MVT_as

- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- > 5000



Legend

Band Widths
MVT_as

0 - 400
400 - 1500
1500 - 2000
2000 - 3000
3000 - 5000
> 5000



Legend

Band Widths
MVT_as

- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- > 5000



Legend

Band Widths
MVT_etmaal_verschil_basis_abs

Gelijke intensiteit

Toename intensiteit

Afname intensiteit



Legend

Band Widths
MVT_etmaal_verschil_abs

- Gelijke intensiteit
- Toename intensiteit
- Afname intensiteit



Legend

Band Widths
MVT_etmaal_vershil_basis

- Gelijke intensiteit
- Toename intensiteit
- Afname intensiteit



Legend

Band Widths
MVT_etmaal_verschil

- Gelijke intensiteit
- Toename intensiteit
- Afname intensiteit

Bijlage 5

Modelplots OV

Hierna zijn de volgende modelplots opgenomen, die de modeluitkomsten visualiseren.

Aantal OV-reizigers (etmaal)

- 2010
- 2025 referentie (trein)
- 2025 ombouw (metro)

Aantal OV-reizigers (ochtendspits)

- 2010
- 2025 referentie (trein)
- 2025 ombouw (metro)

Aantal OV-reizigers (avondspits)

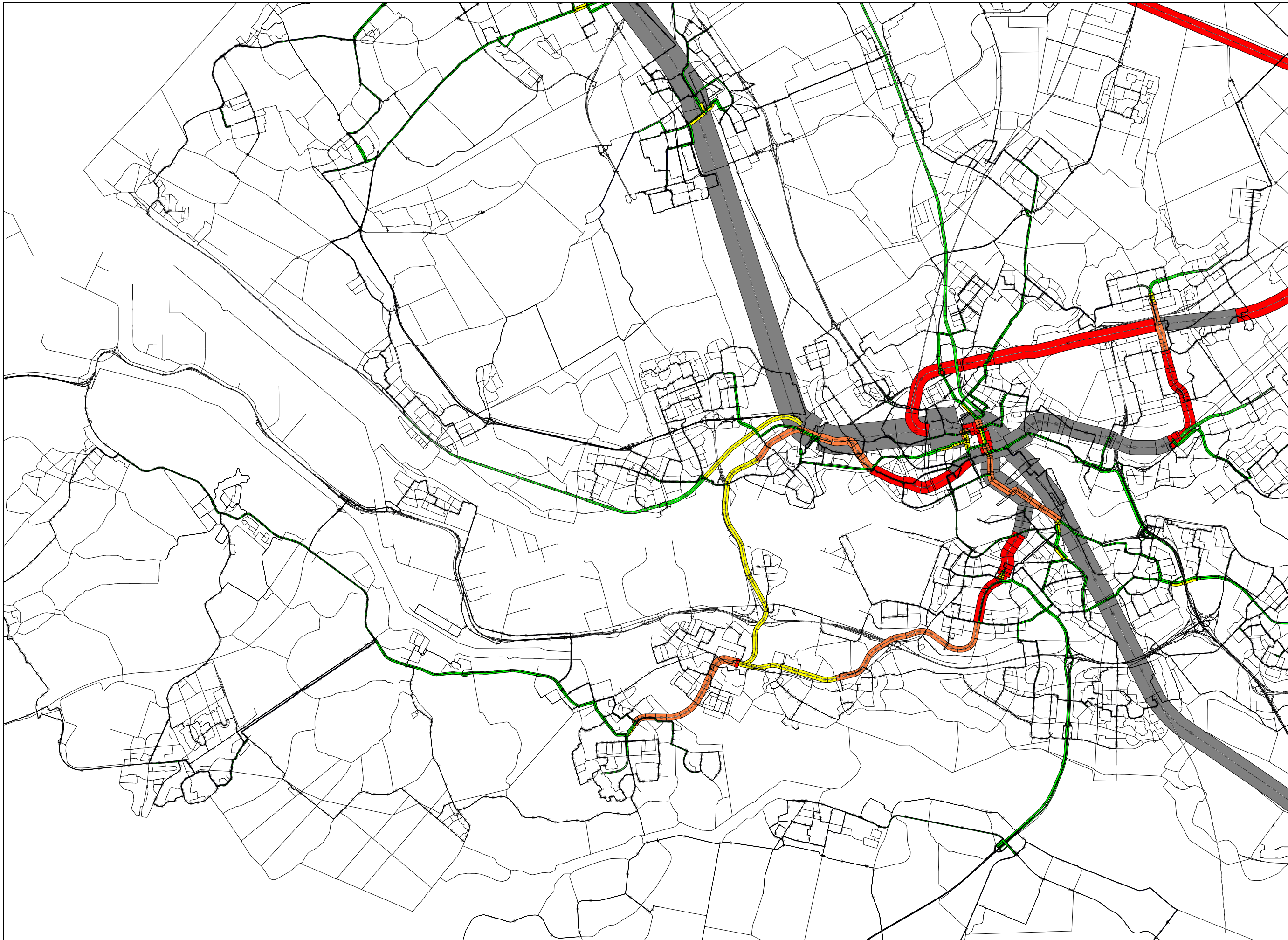
- 2010
- 2025 referentie (trein)
- 2025 ombouw (metro)

Verschilsituaties etmaal (absoluut)

- Vergelijking 2025 referentie ten opzichte van 2010 (basisjaar)
- Vergelijking 2025 ombouw ten opzichte van 2025 referentie

Verschilsituaties etmaal (relatief)

- Vergelijking 2025 referentie ten opzichte van 2010 (basisjaar)
- Vergelijking 2025 ombouw ten opzichte van 2025 referentie

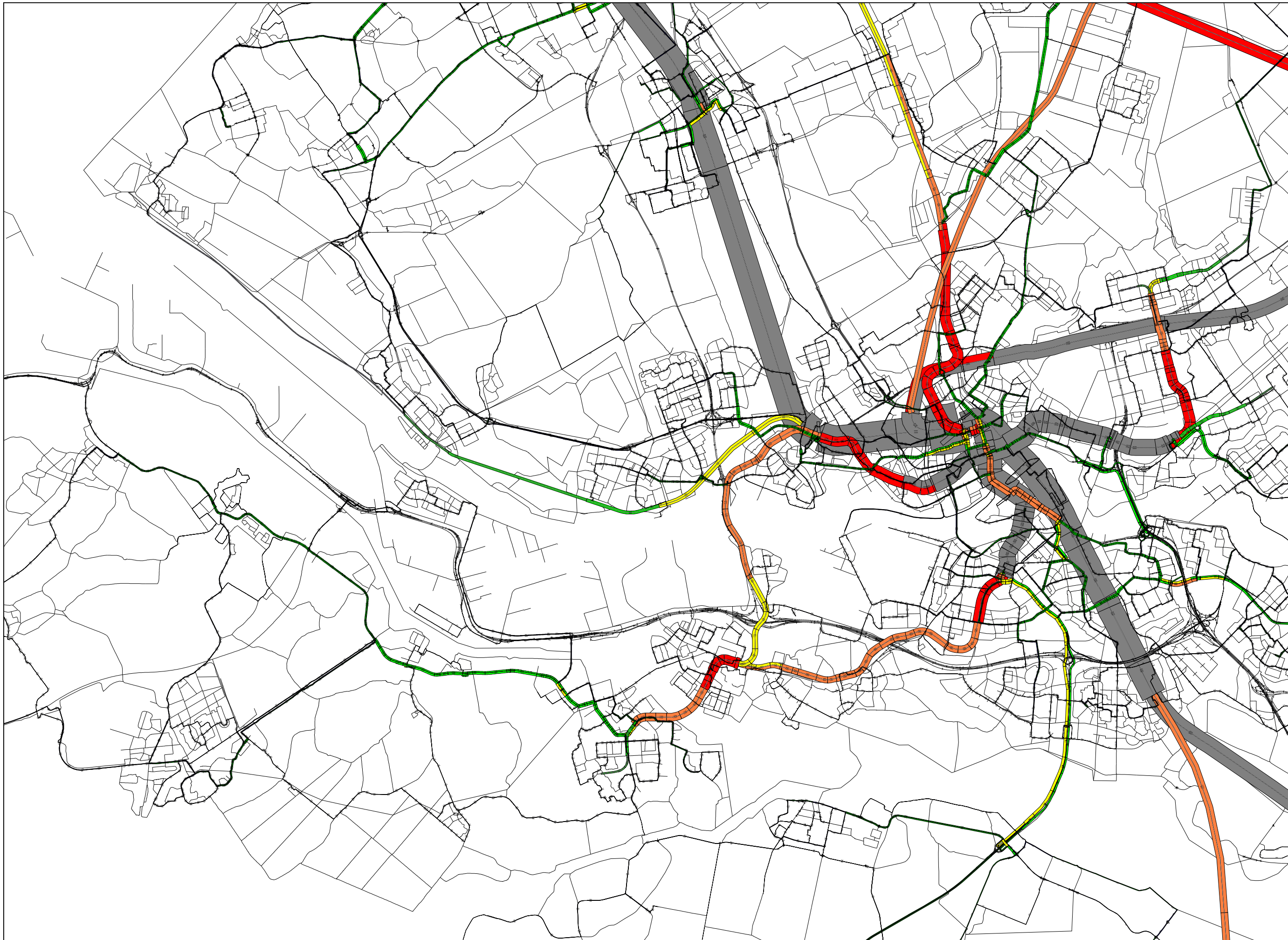


Legend

Band Widths

OV_etmaal

- 0 - 1600
- 1600 - 6000
- 6000 - 8000
- 8000 - 12000
- 12000 - 20000
- > 20000

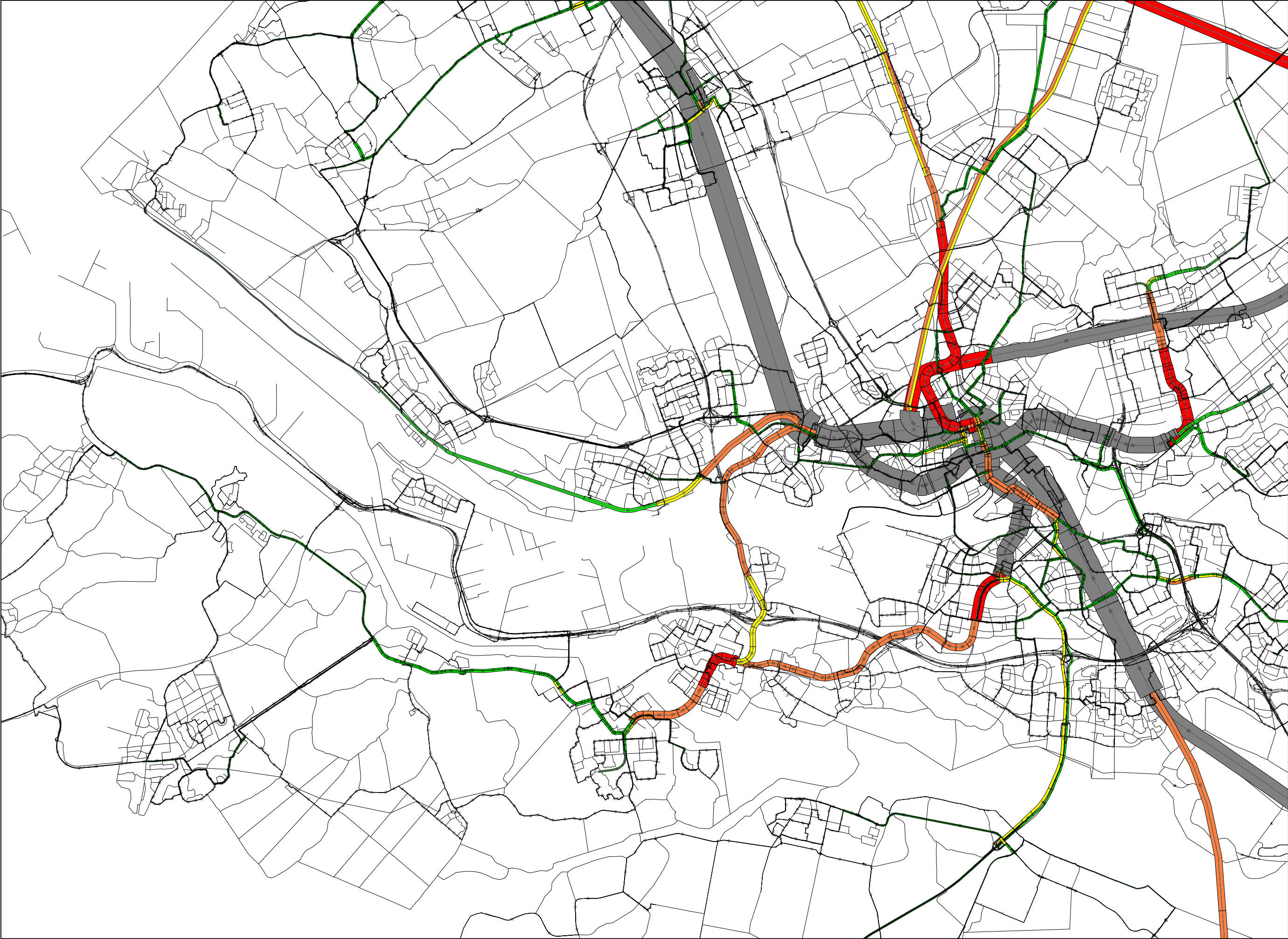


Legend

Band Widths

OV_etmaal

- 0 - 1600
- 1600 - 6000
- 6000 - 8000
- 8000 - 12000
- 12000 - 20000
- > 20000

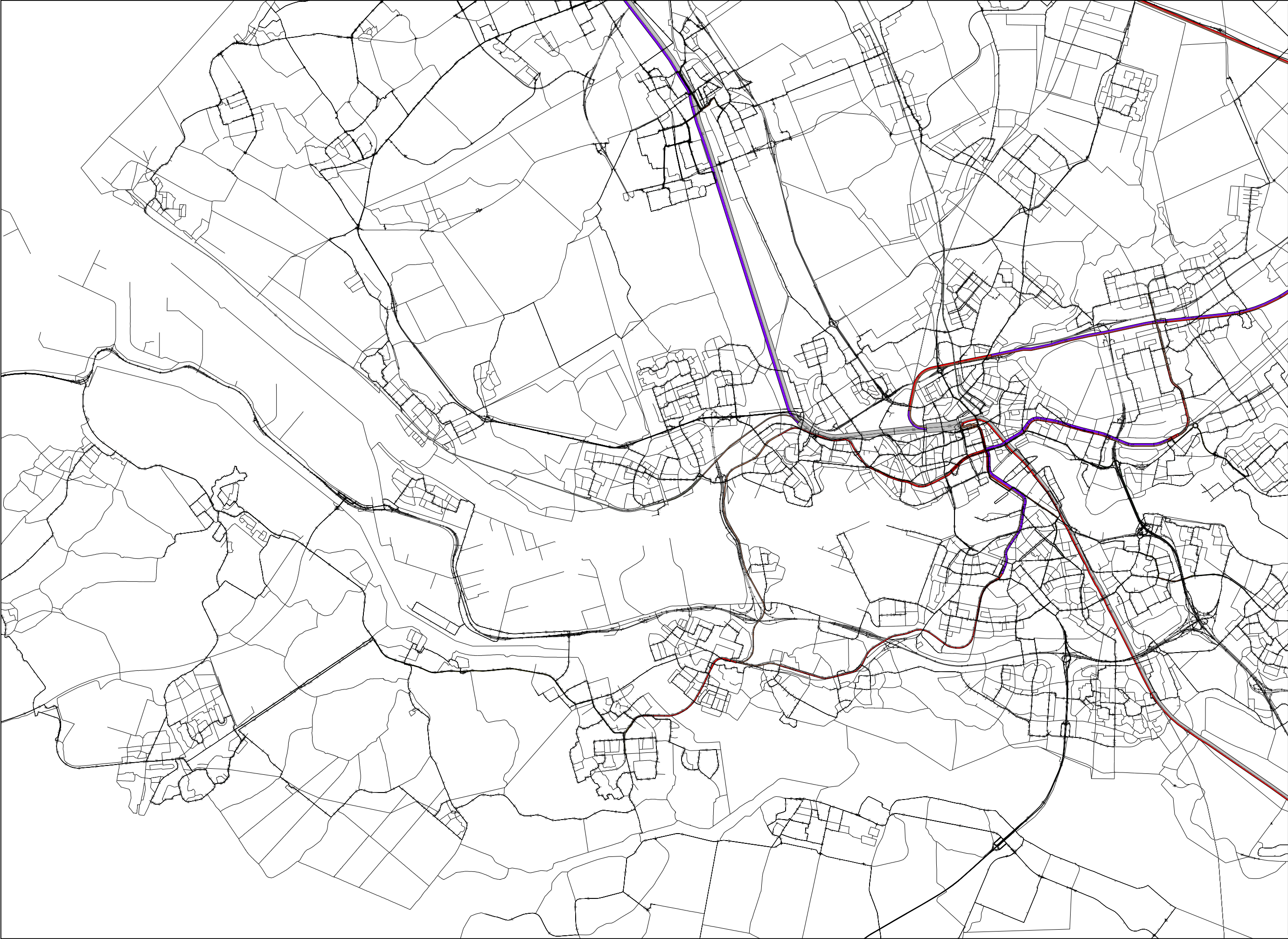


Legend

Band Widths

OV_etmaal

- 0 - 1600
- 1600 - 6000
- 6000 - 8000
- 8000 - 12000
- 12000 - 20000
- > 20000

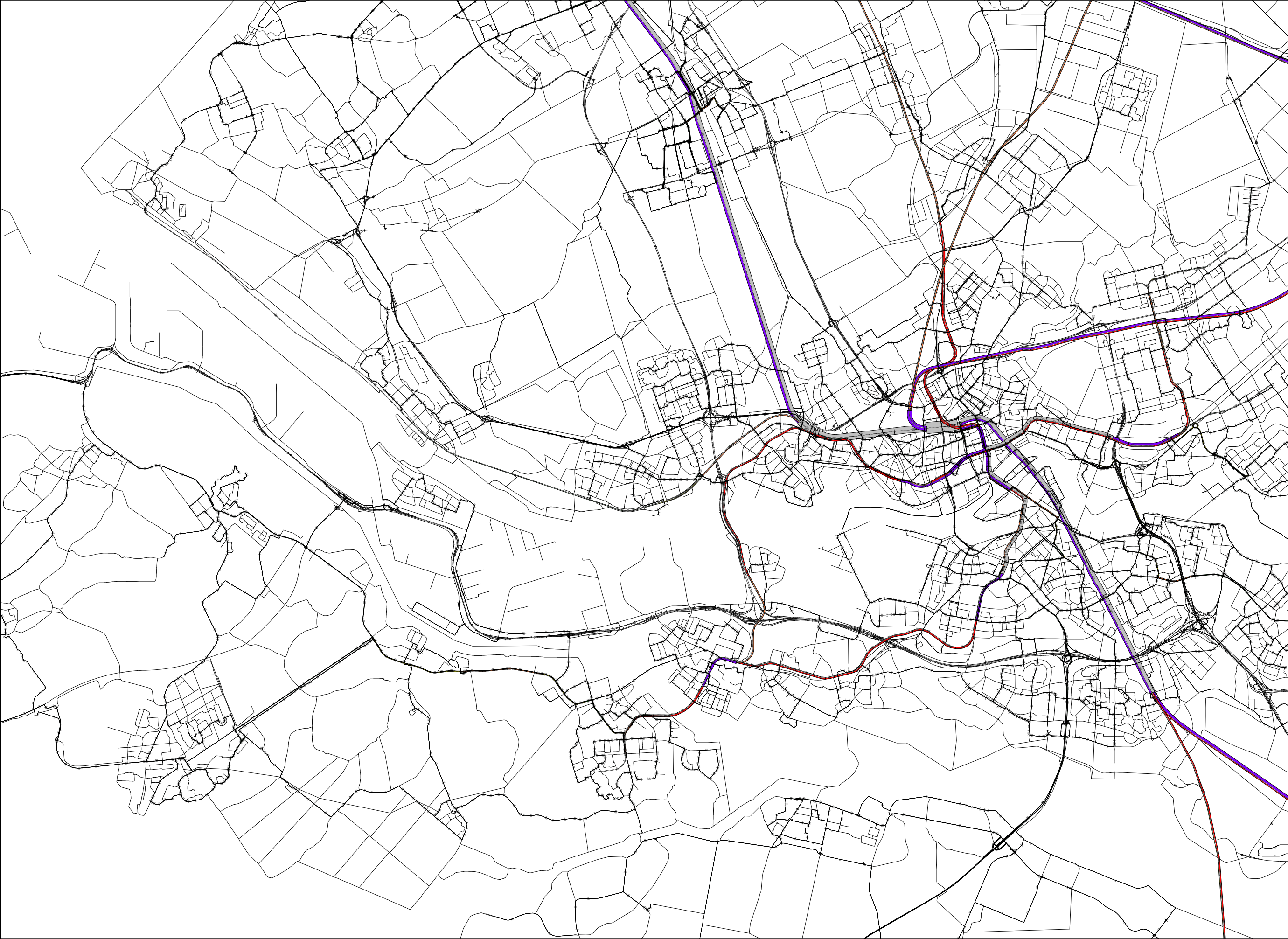


Legend

Band Widths

OV_os

- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- 5000 - 7500
- > 7500

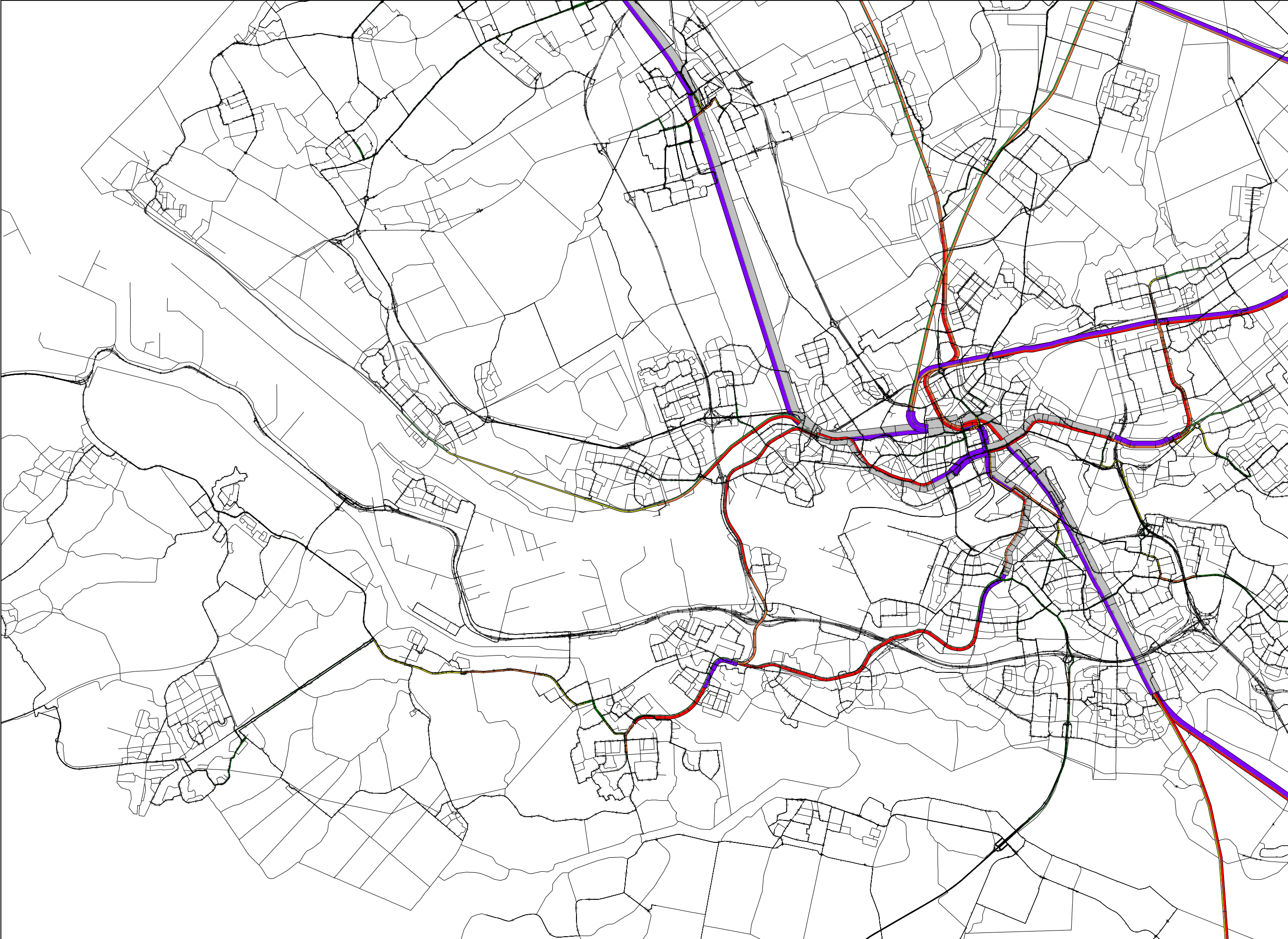


Legend

Band Widths

OV_os

- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- 5000 - 7500
- > 7500

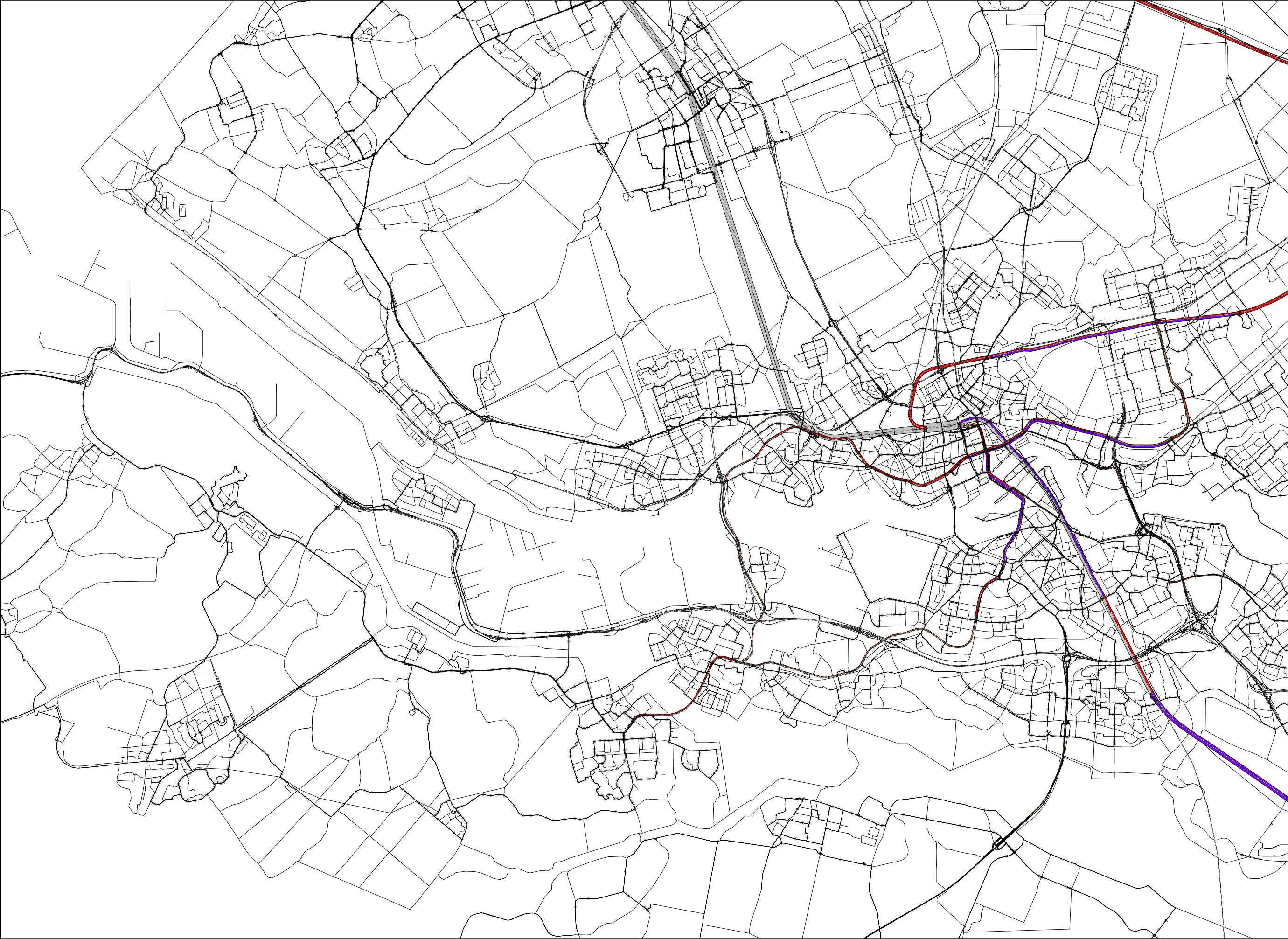


Legend

Band Widths

OV_os

- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- 5000 - 7500
- > 7500

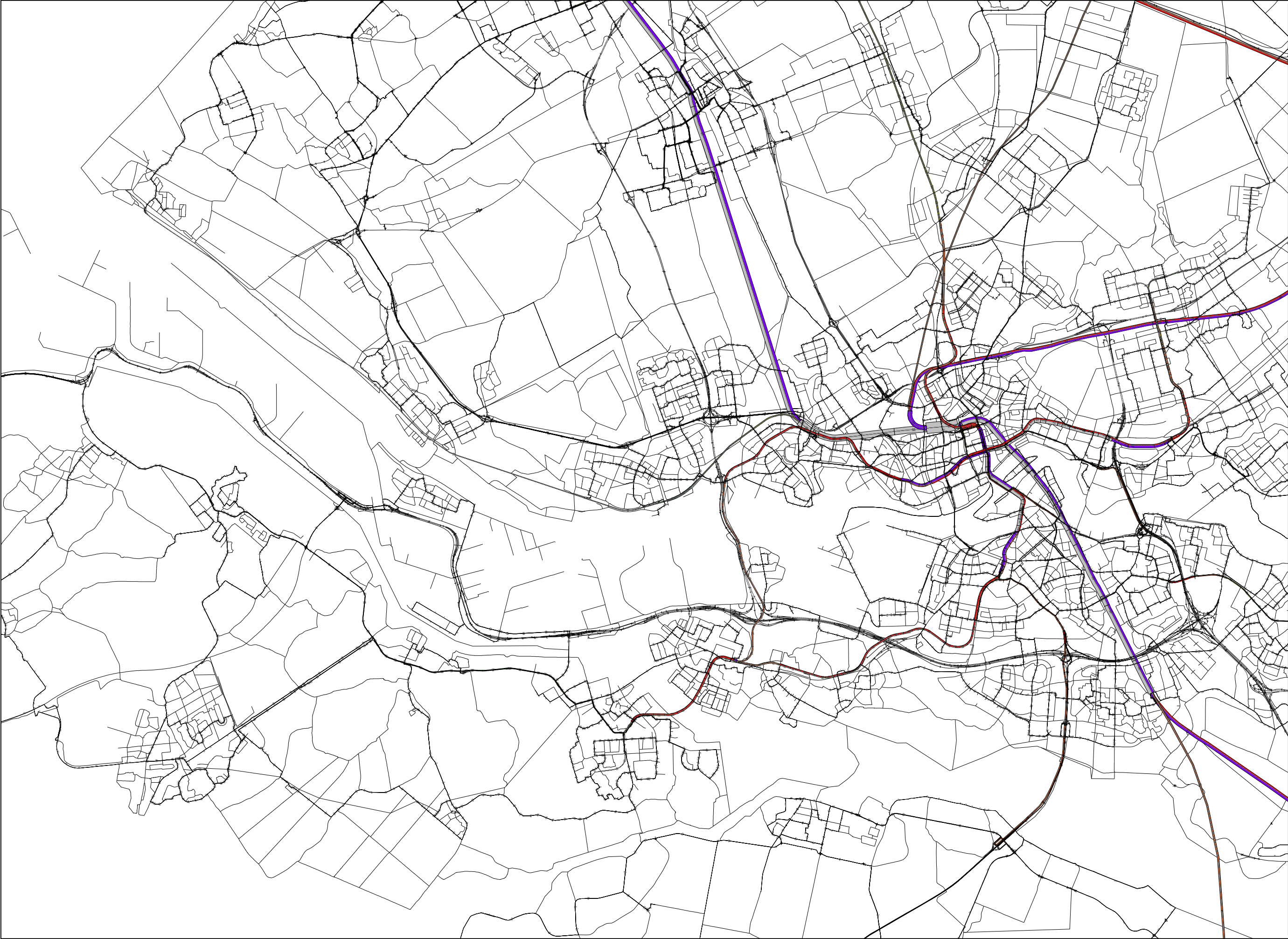


Legend

Band Widths

OV_as

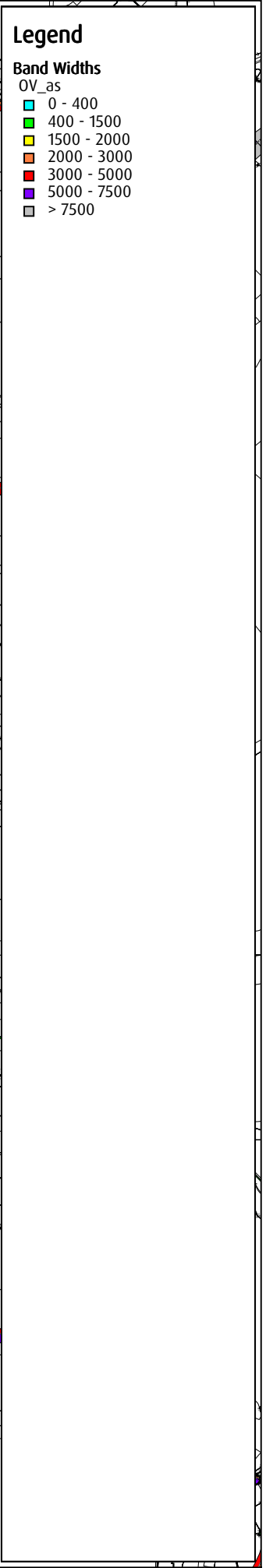
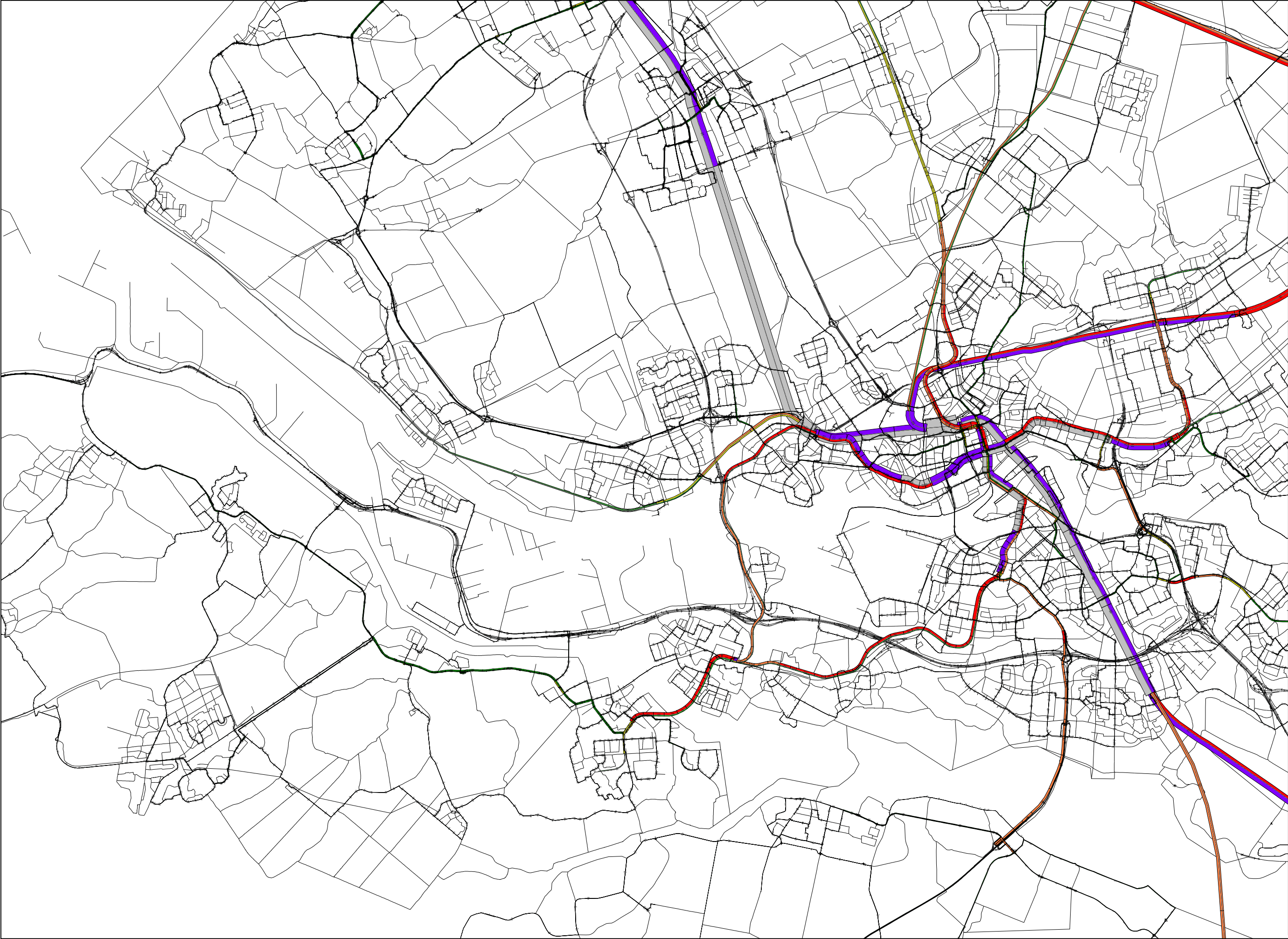
- 0 - 400
- 400 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 5000
- 5000 - 7500
- > 7500

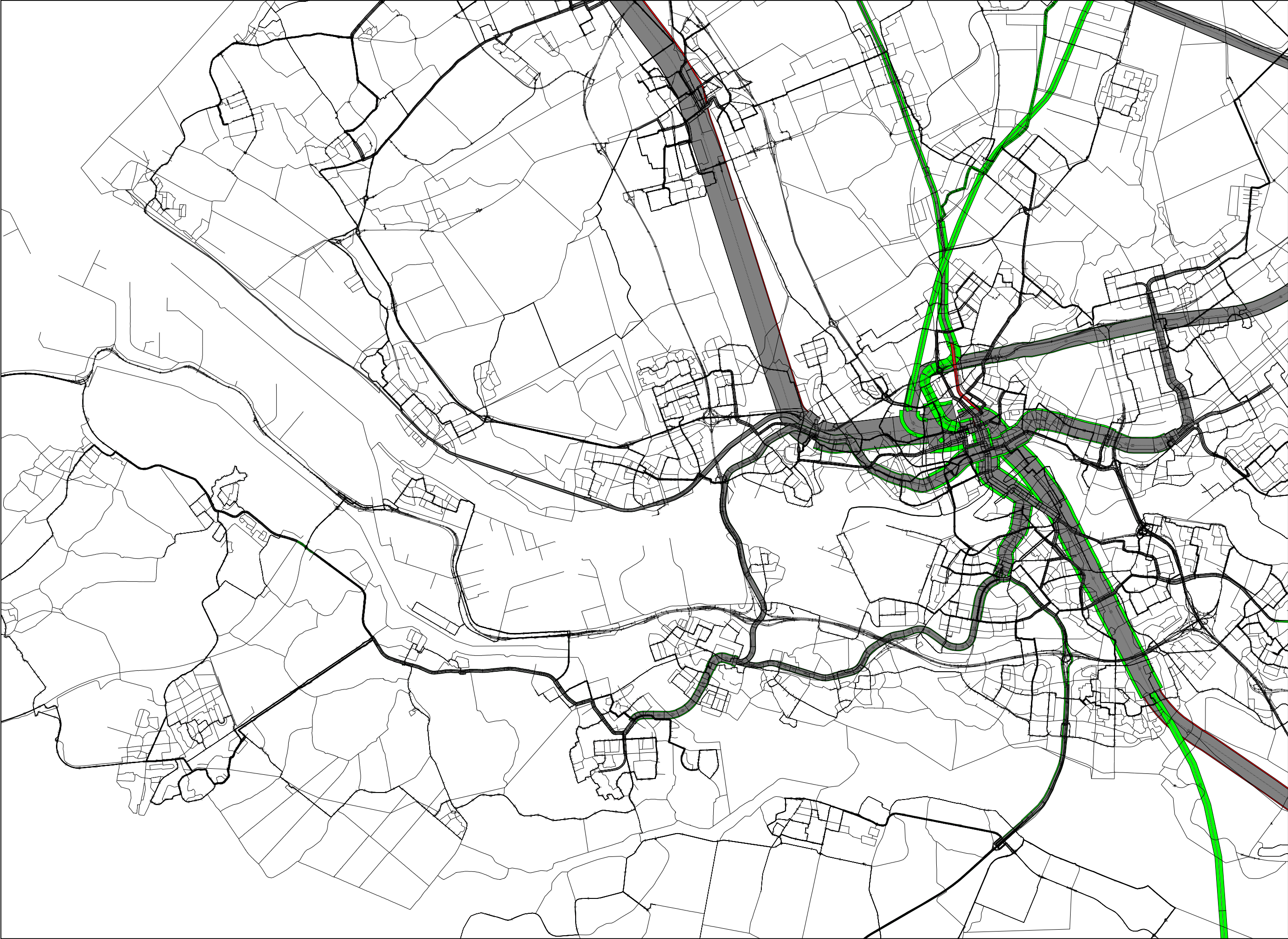


Legend

Band Widths
OV_as

0 - 400
400 - 1500
1500 - 2000
2000 - 3000
3000 - 5000
5000 - 7500
> 7500





Legend

Band Widths
OV_vershil_etm_basis_abs

- Gelijke intensiteit
- Toename intensiteit
- Afname intensiteit



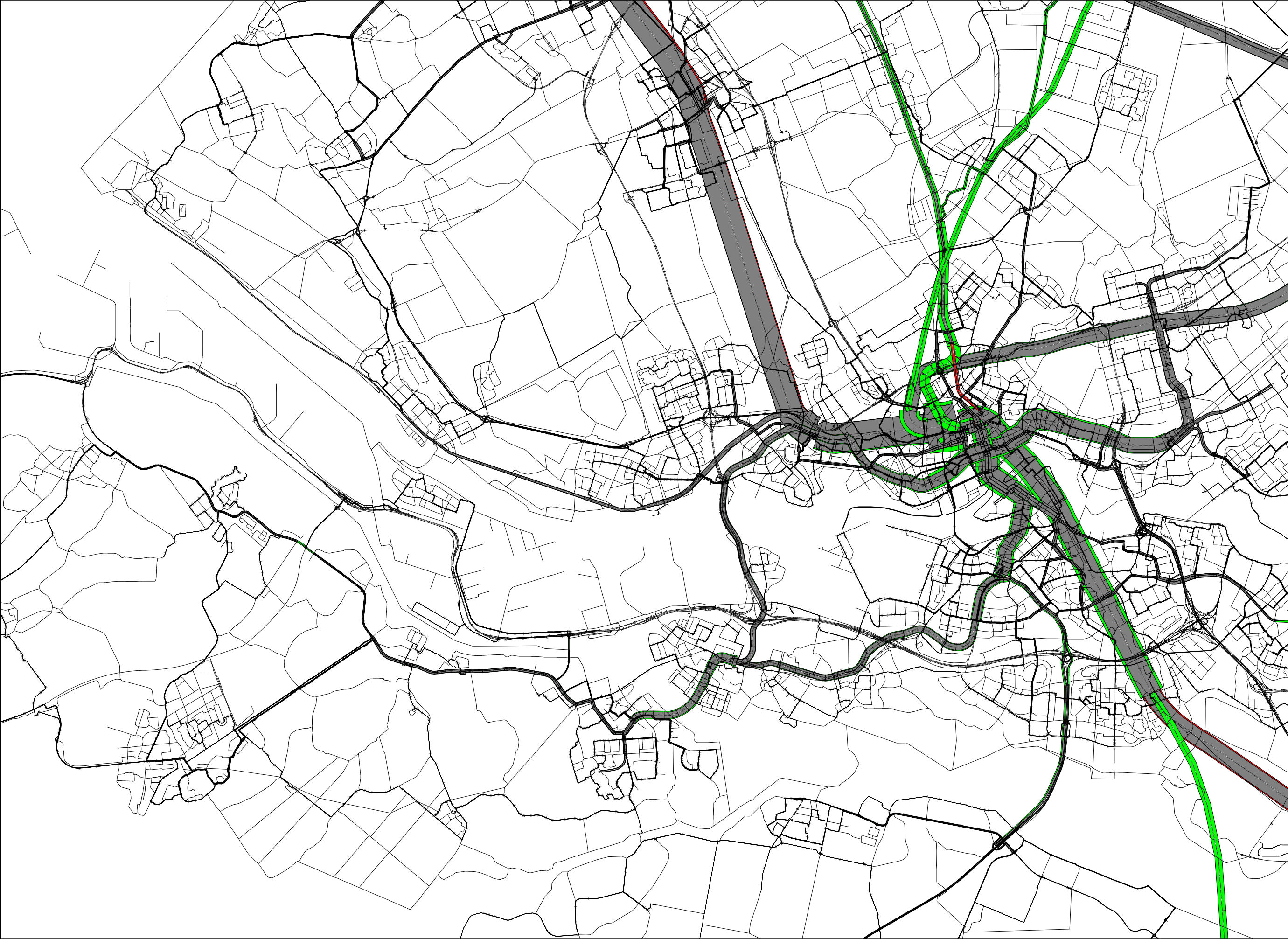
Legend

Band Widths
OV_verschil_etm_abs

Gelijke intensiteit

Toename intensiteit

Afname intensiteit



Legend

Band Widths

OV_verschil_etm_basis

- Gelijke intensiteit
- Toename intensiteit
- Afname intensiteit



Legend

Band Widths
OV_vershil_etm

- Gelijke intensiteit
- Toename intensiteit
- Afname intensiteit

Bijlage 6

Vergelijking met eerdere vervoer- waardestudie

Eerder is al studie verricht naar de effecten van ombouw van de Hoekse Lijn. In onderzoek naar de projectalternatief d.d. 2 oktober 2012 (kenmerk: SRA028/Ole/0415) is met een eerdere versie van het RVMK-verkeersmodel het effect van de ombouw tot metroverbinding geprognosticeerd. Ter vergelijking zijn de belangrijkste resultaten uit die studie hier opnieuw opgenomen. Het aantal reizigerskilometers is opgenomen in tabel B6.1, het aantal instappende reizigers in tabel B6.2. In beide gevallen betreft het ook hier de vervoerwaarde op het traject Hoek van Holland Strand t/m Schiedam Nieuwland

	Reizigerskm's	Groei t.o.v. 2009	Groei t.o.v. 2020 trein
2009	105.000		
2020 Trein	134.300	28%	
2020 Metro	176.100	68%	31%

Tabel B6.1: aantal reizigerskilometers eerdere doorrekening projectalternatief

	Reizigers	Groei t.o.v. 2009	Groei t.o.v. 2020 trein
2009	11.200		
2020 Trein	13.100	17%	
2020 Metro	18.200	62%	39%

Tabel B6.2: aantal instappende reizigers eerdere doorrekening projectalternatief

Het is van belang om bij het leggen van dwarsverbanden tussen de eerdere en huidige studie te beseffen dat er grote verschillen zijn in de verkeersmodellen die voor de studies zijn gebruikt. Zo is er een noemenswaardig verschil in de planhorizon (2020 versus 2025) en is een meer geavanceerde toedelingsmethodiek toegepast. Zo worden OV-reizigers in de derde versie van het RVMK over gelijkwaardige reisroutes verdeeld, in plaats van dat deze allemaal via de kortste route reizen. Meer details over de verschillen zijn opgenomen in bijlage 1.

Wel is op te merken dat het verschil tussen het aantal reizigerskilometers in de (toekomstige) alternatieven voor trein en metro in het eerdere en huidige onderzoek sterk overeenkomt: destijds resulteerde de ombouwalternatief in circa 30% meer reizigerskilometers, in de huidige analyse ontstaat eenzelfde omvang van het verschil.

Het aantal instappende reizigers vertoont meer verschil. In de eerdere studie bedroeg het verschil circa 40%, in de huidige analyse circa 50%. Gezien de overeenkomsten op het gebied van reizigerskilometers bestaat het sterke vermoeden dat dit onderlinge verschil vooral wordt veroorzaakt door (extra) overstappende reizigers vanuit aantakende en kruisende bus- en tramlijnen en niet door meer 'nieuwe' OV-reizigers.

Bijlage 7

Ervaringen Randstad-rail

De Rotterdamse regio is niet onbekend met projecten als de Hoekse Lijn: eerder is de spoorlijn Rotterdam Hofplein – Den Haag (via Pijnacker, de voormalige ‘Hofpleinlijn’) omgebouwd tot lightrailverbinding (Randstadrail, metrolijn E). Ook hier werd een bestaande spoorverbinding omgebouwd tot metroverbinding, maar deze ombouw ging gepaard met grootschalige ruimtelijke ontwikkelingen en een uitgebreidere ontwikkeling van de infrastructuur.

In een paper voor het CVS¹⁵ zijn de ontwikkelingen van het vervoer op Randstadrail in verband gebracht met de oorspronkelijke prognoses. Dit levert de volgende kanttekeningen op die in het kader van deze vervoerwaardestudie relevant zijn.

- Het gebruik ligt in de praktijk 8% lager dan in de oorspronkelijke prognoses. Dit valt binnen de onzekerheidsmarges die bij modeluitkomsten gehanteerd moeten worden.
- Het gerealiseerde ruimtelijk programma is fors kleiner dan waar in de oorspronkelijke prognose rekening mee is gehouden.
- Uit beide constatering wordt afgeleid dat de ‘bonusfactor’ van hoogwaardig openbaar vervoer (HOV) is in de praktijk hoger is dan waar in de prognose rekening mee is gehouden.
- Het gebruik van de auto is op enkele relevante doorsneden in de Rotterdamse regio over de jaren gelijk gebleven.
- De vervoerwaarde op de Hoekse Lijn zal niet zo snel groeien als bij Randstadrail (vanwege de beperkte ruimtelijke ontwikkelingen).
- Een metrolijn ligt na 30 jaar altijd op de goede plek.

Passen we deze inzichten toe op de situatie van de Hoekse Lijn, dan mag verwacht worden dat de modelresultaten een onderschatting geven. Ruimtelijke ontwikkelingen worden rond de Hoekse Lijn (anders dan bij Randstadrail) in zeer beperkte mate verwacht, terwijl de ‘HOV-bonus’ mogelijk tot meer reizigers leidt dan het model prognosticeert. Daarnaast valt op (in lijn met de resultaten) dat een groei van het aantal reizigers kan optreden met een gelijkblijvend niveau van het autogebruik.

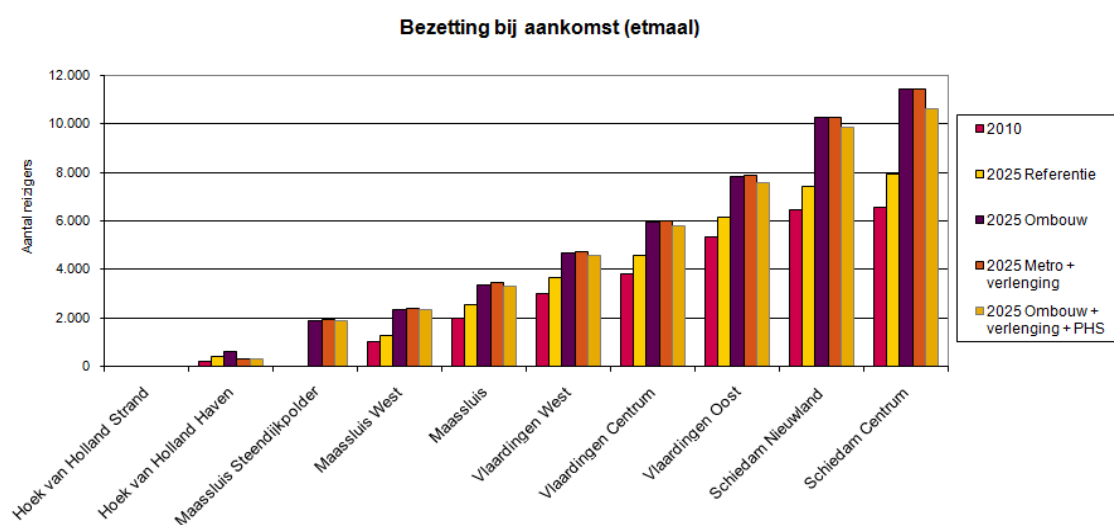
¹⁵ Bijdrage CVS, “Het succes van Randstadrail in de regio Rotterdam: Zijn de vervoersprognoses uitgekomen?”, Bojada, M. en Clerx, W., november 2014.

Bijlage 8

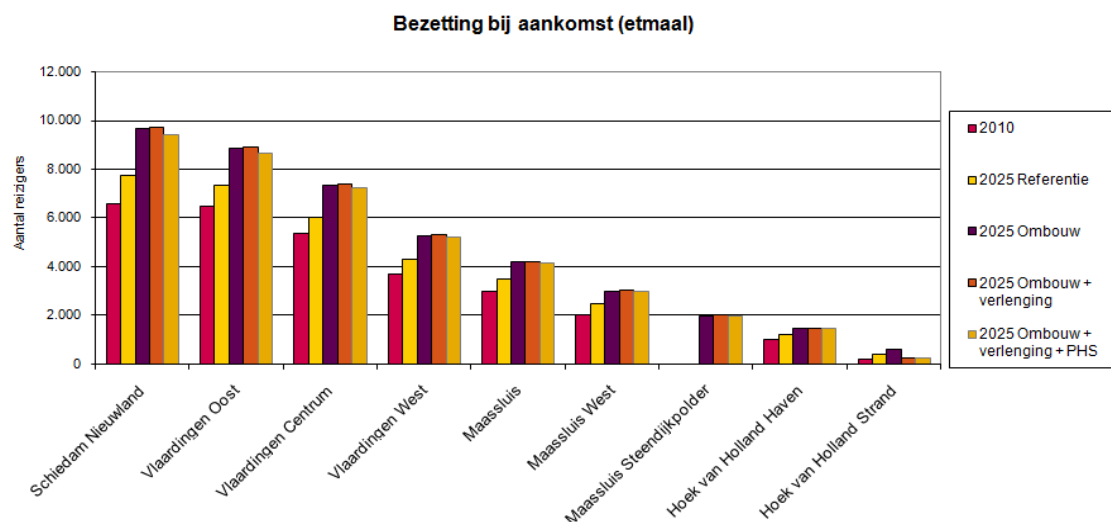
Gevoeligheidsanalyse: Programma Hoogfrequent spoor

Naast de eerder gepresenteerde alternatieven in het verkeersmodel, is ook een alternatief doorgerekend met ombouw van de Hoekse Lijn, verlenging bij Hoek van Holland Strand en invoering van het Programma Hoogfrequent Spoor. Het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) houdt geen wijziging in van het vervoeraanbod op de Hoekse Lijn zelf, maar wel op de aansluitende verbindingen met de trein via Schiedam Centrum en Rotterdam Blaak. De wijzigingen die in het 'PHS-alternatief' zijn aangebracht zijn opgenomen in bijlage 1.

In relatie tot de eerdere vervoerwaardestudie is het 'PHS-alternatief', relevant, omdat in de eerdere vervoerwaardestudie het bedieningsmodel van PHS onderdeel was van de toekomstalternatieven (trein en metro). De resultaten voor het alternatief waarin PHS wordt geboden zijn opgenomen in de figuren B9.1 en B9.2 en de tabellen B9.1 en B9.2



Figuur B9.1: bezetting Hoekse Lijn (richting Rotterdam)



Figuur B9.2: bezetting Hoekse Lijn (richting Hoek van Holland)

	Reizigerskm's	Groei t.o.v. 2010	Groei t.o.v. referentie
2010	108.000		
referentie	130.600	21%	
ombouw	165.400	53%	27%
ombouw & verlenging	170.500	58%	31%
ombouw, verlenging & PHS	165.837	54%	27%

Tabel B9.1: aantal reizigerskilometers op een zomerse werkdag

	Reizigers	Groei t.o.v. 2010	Groei t.o.v. referentie
2010	12.900		
referentie	14.000	8%	
ombouw	21.200	65%	52%
ombouw & verlenging	21.400	66%	53%
ombouw, verlenging & PHS	20.600	60%	48%

Tabel B9.2: aantal instappende reizigers op een zomerse werkdag

De figuren en tabellen laten zien dat de vervoerwaarde van de Hoekse Lijn iets lager uitvalt dan bij de alternatieven zonder PHS. De figuren en de gegevens in bijlage 4 laten zien dat het effect voornamelijk optreedt in Vlaardingen en Schiedam: de bezettingen tussen Hoek van Holland en Maassluis en tussen Maassluis en Vlaardingen zijn vrijwel

gelijk aan de uitkomsten van het ombouwalternatief zonder PHS. De invloed van PHS lijkt zich vooral te uiten in de reizen via Schiedam Centrum naar Delft en Rotterdam Centraal (en verder): op deze verbindingen groeit het aantal treinreizigers sterker dan in de alternatieven zonder PHS. Deze groei gaat echter ten koste van de groei op de (parallelle) metroverbinding. Ook is tussen Vlaardingen en Schiedam zichtbaar dat de parallelle tramlijnen en metrolijn C een kleinere afname van het aantal reizigers laten zien dan in de alternatieven zonder PHS.

Dit leidt tot de conclusie dat door invoering van PHS treinverbindingen van en naar Schiedam Centrum aantrekkelijker worden, waardoor de (deels parallel liggende) omgebouwde Hoekse Lijn minder OV-reizigers trekt. In absolute aantallen gaat het echter om een beperkt effect: het positieve effect van de ombouw, dat al zichtbaar was in de andere alternatieven, blijft bestaan.

Bijlage 9

Onderzoek overweg- veiligheid (Movares)

Hierna is het onderzoek “overweganalyse Hoekse Lijn” opgenomen, uitgevoerd door Movares.

Overweganalyse Hoekse Lijn

Bepaling van de relatieve verandering van het risico op
overwegen en overpaden

Opdrachtgever **Gemeente Rotterdam, dS+V**
R. de Zutter

Movares Nederland B.V.
Auteur Joost Vermeulen, Marcel Grob, Wim Kruidhof
Kenmerk RL\RL-JPF-080013646 - Versie 0.98

Utrecht, 16 april 2010
concept

© 2009, Movares Nederland B.V.

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

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de analyse van de relatieve verandering van het risico op overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn. Deze verandering heeft te maken met de omvorming van de Hoekse Lijn naar een light-rail-vervoerssysteem met nieuw materieel, hogere railvoertuigfrequenties, nieuwe haltes en een verlenging van de lijn in Hoek van Holland. Daarnaast zijn er autonome ontwikkelingen in de omvang van het wegverkeer die invloed hebben op de overwegveiligheid.

In de analyse is een kwantitatief risicomodel opgezet, waarbij voor vijf verschillende risicogroepen de risico's in 2015 (in termen van totale aantallen dodelijke slachtoffers per jaar) relatief bepaald zijn ten opzichte van de risico's in de huidige situatie. Hierbij is voor een aantal belangrijke eigenschappen van het systeem de invloed gemodelleerd van die eigenschap op de frequentie van aanrijdingen op overwegen en overpaden en op de gevolgen van deze aanrijdingen voor de verschillende risicogroepen. Door de relatieve risico's voor de verschillende overwegen en overpaden te combineren kan het totale relatieve risico in 2015 voor alle overwegen en overpaden samen worden berekend.

De analyse laat zien, dat het risico voor reizigers op overpaden in 2015 iets hoger is dan in 2008. Het risico voor langzaam verkeer op overwegen zal in 2015 circa drie keer zo groot zijn ten opzichte van 2008, voornamelijk als gevolg van de toename van de hoeveelheid langzaam verkeer op de overwegen. Het risico voor snelverkeer op overwegen zal ten opzichte van de huidige situatie iets toenemen. Het totale risico voor inzittenden van het railvoertuig (i.e. reizigers en rijdend personeel) zal aanzienlijk toenemen, naar schatting met een factor 6. Het persoonlijk risico voor deze risicodragers zal minder sterk toenemen, namelijk met ongeveer een factor 3 à 4. Daarbij moet worden aangetekend, dat het risico voor inzittenden van het railvoertuig bij een aanrijding in absolute zin veel kleiner is dan het risico voor wegverkeersdeelnemers. De bijdrage aan het totale risico voor inzittenden zal dus veel minder groot zijn dan de relatieve stijging suggereert.

Uit de analyse blijkt verder, dat de relatieve veranderingen van de risico's voor de verschillende risicogroepen zonder autonome ontwikkelingen niet substantieel anders zijn dan de risicoveranderingen inclusief autonome ontwikkelingen. De ontwikkelingen in de wegverkeersomvang hebben dus slechts een beperkt effect op de risico's. De grootste invloed van de autonome ontwikkelingen is zichtbaar in het risico voor langzaam verkeer, dat zonder autonome ontwikkelingen een duidelijk lichtere stijging vertoont.

Als variant is ook de situatie onderzocht waarbij de overweg Marathonweg in Vlaardingen gehandhaafd blijft. Door het handhaven van deze overweg stijgen de risico's wel licht, maar de bijdrage van de overweg Marathonweg is niet dominant in het totale risico. Dit geldt ook voor de situatie waarbij de autonome ontwikkelingen niet zijn meegenomen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1 Inleiding	4
1.1 Context	4
1.2 Doel	4
1.3 Leeswijzer	4
1.4 Documenthistorie	5
1.5 Referenties	5
2 Onderzoeksvraag	8
2.1 Vraagstelling	8
2.2 Scope	8
2.3 Algemene uitgangspunten	9
3 Ongevalscenario's op overwegen en overpaden	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Overzicht scenario's	10
3.2.1. <i>Overzicht scenario's reizigers op overpaden</i>	<i>10</i>
3.2.2. <i>Overzicht scenario's voetgangers op overwegen</i>	<i>11</i>
3.2.3. <i>Overzicht scenario's langzaam verkeer op overwegen</i>	<i>11</i>
3.2.4. <i>Overzicht scenario's gemotoriseerd verkeer op overwegen</i>	<i>11</i>
3.2.5. <i>Overzicht gevolgscenario's na aanrijding gemotoriseerd verkeer op overwegen</i>	<i>12</i>
4 Analyse van ongevalscasuïstiek	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Incidenten op de Hoekse Lijn	14
4.3 Incidenten op heavy rail in de periode 1999-2008	14
5 Aanpak van de modellering	18
5.1 Algemene modelleringsmethode	18
5.2 Het bepalen van de risicotoename	20
5.3 Keuze van factoren die invloed hebben op het risico	21
5.4 Gebruikte inputgegevens	23
5.5 Invloed op risico voor de verschillende factoren	25
5.5.1. <i>Snelheid, remvertraging en massa van de trein</i>	<i>26</i>
5.5.2. <i>Wachttijden bij overwegen</i>	<i>28</i>
5.5.3. <i>De intensiteit van het treinverkeer</i>	<i>29</i>
5.5.4. <i>Aantal reizigers per trein</i>	<i>29</i>
5.5.5. <i>De sterkte van het treinmaterieel</i>	<i>30</i>
5.5.6. <i>Ontsporing na aanrijding wegverkeer</i>	<i>30</i>
5.5.7. <i>Escalatie van ontsporing</i>	<i>31</i>
5.5.8. <i>De intensiteit van het wegverkeer</i>	<i>31</i>
5.5.9. <i>Layout van de overweg en complexiteit van de situatie</i>	<i>31</i>
5.5.10. <i>De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen</i>	<i>32</i>
5.5.11. <i>Het weghalen en toevoegen van overwegen</i>	<i>32</i>
5.6 Samenvatting van modellering van invloeden	32

6 Resultaten	37
6.1 Risicoverandering inclusief autonome effecten	37
6.1.1. <i>Totaalresultaten</i>	37
6.1.2. <i>Reizigers op overpaden</i>	38
6.1.3. <i>Langzaam verkeer op overwegen</i>	38
6.1.4. <i>Snelverkeer op overwegen</i>	38
6.1.5. <i>Reizigers in trein / light-railvoertuig</i>	38
6.1.6. <i>Bestuurders</i>	39
6.2 Risicoverandering zonder autonome effecten	39
6.3 Invloed tunnel Marathonweg op overwegrisico	41
7 Conclusies	43
Colofon	45

Bijlage I	Uitwerking risicomodel
Bijlage II	Uitwerking invloed massa bij aanrijdingen
Bijlage III	Overzicht overwegen en overpaden
Bijlage IV	Informatie uit rapport overwegen RandstadRail
Bijlage V	Modelresultaten per risicogroep
Bijlage VI	Gebruikte verkeersgegevens Hoekse Lijn

1 Inleiding

1.1 Context

Dit document betreft een onderzoek naar de veiligheid van de overwegen op de Hoekse Lijn. De voorgenomen metro-exploitatie zal een aantal wijzigingen tot gevolg hebben. Het gaat dan om een gewijzigde dienstregeling met een hogere voertuigfrequentie en nieuw materieel, de aanleg van een reizigersoverpad bij een nieuwe halte en de verlenging van de lijn naar de nieuwe halte Hoek van Holland Strand II, waardoor nieuwe overwegen ontstaan. Dit alles heeft invloed op de overwegveiligheid op de Hoekse Lijn.

Voor het project Hoekse Lijn is door de Dienst Stedebouw en Volkshuisvesting van de gemeente Rotterdam (dS+V) een Integraal Veiligheidsplan (IVP) opgesteld [2]. In dit IVP worden de veiligheidsdoelstellingen van het project beschreven. Verder worden rollen, taken en verantwoordelijkheden van de verschillende partijen in het project vastgelegd. Een van de veiligheidsdoelstellingen heeft betrekking op de veiligheid van overweggebruikers.

1.2 Doel

Het doel van dit rapport is, te beschrijven in hoeverre de overwegveiligheid op de Hoekse Lijn wordt beïnvloed door de voorgenomen metro-exploitatie en overige wijzigingen. Er is reeds een quick scan uitgevoerd, zie [1]. De verandering van het risico op overwegen zal uitgedrukt worden als een relatieve verandering van het risico ten opzichte van de huidige situatie. Ook zal dit rapport inzicht geven in de bijdrage van de verschillende overwegen aan het totale risico.

Als vervolg op deze kwantitatieve analyse zal een kwalitatieve analyse worden uitgevoerd naar de bijdrage van genomen en mogelijk nog te nemen maatregelen met betrekking tot overwegveiligheid. Daarbij zal de vraag worden beantwoord of het overwegrisico voldoet aan de ALARA-doelstelling (As Low as Reasonably Achievable) uit het IVP [2]. Voldoen aan de ALARA-doelstelling betekent dat het niet verder mogelijk is om op een redelijke wijze significante veiligheidsverbeteringen te bereiken.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd.

In hoofdstuk 2 worden het doel en de scope van het onderzoek beschreven en worden algemene uitgangspunten geformuleerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een overzicht gegeven van de verschillende scenario's voor aanrijdingen op overwegen en overpaden. In hoofdstuk 4 worden de resultaten beschreven van de analyse van geregistreerde incidenten op overwegen in Nederland. Hoofdstuk 5 geeft de methode weer voor het bepalen van de relatieve overwegrisico's, met

daarbij een samenvatting van de modellering van de verschillende onderdeelfactoren per parameter en de gebruikte inputgegevens. In hoofdstuk 6 worden de resultaten van de modelberekeningen beschreven, gevolgd in hoofdstuk 7 door de conclusies. De uitgebreide beschrijving van de modellering is te vinden in Bijlage I en Bijlage II. Bijlage III bevat een overzicht van bestaande en toekomstige overwegen en overpaden. De belangrijkste onderdelen van de modellering die uit de overweganalyse van RandstadRail zijn overgenomen zijn weergegeven in Bijlage IV. Bijlage V bevat de detailresultaten van de analyse, per risicogroep en per overweg of overpad, zowel voor 2008 als voor 2015. Bijlage VI geeft een overzicht van gebruikte gegevens over de treinfrequenties en de omvang van het wegverkeer.

1.4 Documenthistorie

<i>Uitgave</i>	<i>Datum</i>	<i>Wijzigingen en opmerkingen</i>
Versies 0.1 t/m 0.5	verschillende	Werkversies (intern Movares).
Versie 0.6	7 mei 2008	Conceptversie met beschrijving opzet model, voor dS+V.
Versie 0.7	20 mei 2008	Werkversie (intern Movares).
Versie 0.8	5 juni 2008	Opmerkingen Ronald de Zutter op versie 0.6 verwerkt. Nieuwe versie met modelbeschrijving voor dS+V.
Versies 0.9, 0.91, 0.92	verschillende	Werkversies (intern Movares).
Versie 0.93	25 juli 2008	Opmerkingen Ronald de Zutter op versie 0.8 verwerkt. Resultaten, conclusies en samenvatting toegevoegd. Nieuwe versie voor dS+V.
Versie 0.94	21 oktober 2008	Opmerkingen Ronald de Zutter op versie 0.93 verwerkt. Nieuwe versie voor dS+V.
Versie 0.95	3 november 2008	Opmerkingen Ronald de Zutter op versie 0.94 verwerkt. Nieuwe verkeersgegevens toegepast. Alternatieve optie met handhaven overweg Marathonweg toegevoegd. Nieuwe versie voor dS+V.
Versie 0.96	16 januari 2009	Documenthistorie toegevoegd. Definitieve versie voor dS+V.
Versie 0.97	7 juli 2009	Opmerkingen IVW verwerkt. Overzicht ongevalsscenario's toegevoegd. Beschrijving casuïstiek overwegincidenten toegevoegd. Modellering invloed remvertraging aangepast. Modellering invloed valhekken toegevoegd. Resultaten en conclusies bijgewerkt.
Versie 0.98	16 april 2010	Opmerkingen Ronald de Zutter verwerkt. Verkeersgegevens Strandboulevard gecorrigeerd. Resultaten en conclusies bijgewerkt.

1.5 Referenties

De volgende referenties worden in de analyse gebruikt:

- [1] Vooronderzoek overwegveiligheid Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, dS+V, R. de Zutter, versie 1.1, 5 februari 2008.

- [2] Integraal Veiligheidsplan Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, dS+V, R. de Zutter, versie 1.0, 18 juni 2008.
- [3] Veiligheid op de rails, Tweede Kadernota voor de veiligheid van het railvervoer in Nederland, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 8 november 2004.
- [4] Veiligheidsanalyse RandstadRail, Aanpassing risico-analyse overwegen en oversteken, Holland Railconsult, kenmerk ET-MNJ-030061310 versie 1.2, 23 januari 2006.
- [5] Veiligheidsanalyse RandstadRail, Studie veiligheid op hoofdlijnen RandstadRail, werkpakket 3a, Holland Railconsult, kenmerk ET-MNJ-010023816 - versie 1, 4 april 2001.
- [6] Stilstaan bij Overwegen, Wachten tot het rode licht gedoofd is, ProRail, kenmerk RTi200302-03, 10 februari 2003.
- [7] Netverklaring ProRail 2008 (bijlage 18), versie 1.8, 31 maart 2008, zie www.prorail.nl.
- [8] Systeembeschrijving Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, dS+V, versie 0.6, 16 mei 2008.
- [9] Risicomodel voor en risicoanalyse van overwegen, in opdracht van Infrabel N.V., Movares, kenmerk ONT-WK-070000485 versie 2.1, 23 november 2007.
- [10] Delta-risicoanalyse voor reizigersovergangen, in opdracht van Infrabel N.V., Movares, kenmerk ONT-WK-070000514 versie 2.0, 7 november 2007.
- [11] Globale toets overwegen, IVW, 28 november 2005.
- [12] Bepaling risiconiveaus op overwegen, IVW, 22 november 2005.
- [13] Verkeersgegevens Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, dS+V, Excel-bestand "20091009 Overweggegevens en reizigersaantallen.xls" in e-mail Ronald de Zutter d.d. 9 oktober 2009.
- [14] Mondelinge informatie over noodremvertragingen van Mart Bolijn (dS+V), 29 mei 2008.
- [15] Schematische Sporenlayout Hoekse Lijn, tekeningen met kenmerk P.191.SCH.001 - Blad 0 t/m 6, RET, 5 januari 2009.
- [16] OBE-bladen Hoekse Lijn: Schiedam Centrum - Hoek van Holland, blad 1 t/m 3 d.d. 28 juni 2007, blad 4 en 6 d.d. 17 maart 2006, blad 5 d.d. 20 maart 2006, OBE-blad Schiedam Centrum, blad 1 d.d. 20 maart 2007.
- [17] Website spoorwegincidentbestrijding, www.spoorwegincidentbestrijding.nl.
- [18] Materieelgegevens in BAMM-database op basis van gegevens RIB, NSM en NedTrain Consulting.
- [19] Veiligheidsanalyse RandstadRail, Risicoanalyse ontsporingen, Analyse op hoofdlijnen, Railned Spoorwegveiligheid, kenmerk RnV/01/U44.006.221, versie 1.0, 3 september 2001.
- [20] Gesprek van M. Wijnands met de heren J. Vorderegger en J. Schenk van IVW Divisie Rail op 9 september 2003 (gebruikt in [19], zie Bijlage IV).
- [21] AV133.1, Algemeen Voorschrift seinstelsel en seingeving, Plaatsing en toepassing van seinen volgens hoofdstuk II SR, ProRail, versie 002, 2 juni 2006.
- [22] Notitie sluitingstijden overwegen Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, dS+V, R. de Zutter, 3 juli 2008.
- [23] Hoekse Lijn, Integraal Programma van Eisen, conceptversie 1.0, 4 november 2008.

- [24] Casuïstiek van incidenten op overwegen van de Hoekse Lijn, ProRail, uittreksel uit ISO-database, Excel-bestand "20090407 Incidenten Hoekse Lijn Marcel Grob Movares.xls" d.d. 7 april 2009.
- [25] Casuïstiek van incidenten van 1999 t/m 2008 op overwegen in Nederland, ProRail, uittreksel uit ISO-database, Excel-bestand "20090407 Incidenten 1999 - 2008 Marcel Grob Movares - Nederland totaal.xls" d.d. 7 april 2009.
- [26] E-mail van Ronald de Zutter (dS+V) d.d. 19-11-2008, onderwerp "FW: Hoekselijn kilometers".

2 Onderzoeksvraag

2.1 Vraagstelling

De vraag die in de analyse wordt beantwoord, is:

In welke mate wordt de veiligheid van de overwegen op de Hoekse Lijn beïnvloed door de voorgenomen metro-exploitatie?

Deze invloed op het risico wordt (per risicodrager) gedefinieerd als de relatieve verandering van het totale risico in 2015 voor alle overwegen en overpaden samen, ten opzichte van de huidige situatie. Dit totale risico is gedefinieerd als het verwachte aantal doden per jaar op alle overwegen en overpaden samen. Voor het risico van overweggebruikers komt deze maat overeen met de doelstellingen in de Tweede Kadernota [3] en het IVP [2]. Voor inzittenden van de railvoertuigen is ook het persoonlijk risico een relevante maat, waarvoor ook in het IVP normen zijn gesteld. Voor deze risicodragers wordt daarom ook de relatieve verandering van het persoonlijk risico bepaald. Dit wordt in paragraaf 5.2 uitgebreider beschreven.

Een van de veranderende invloedsfactoren is de verwachte toename van het wegverkeer op de overwegen van de Hoekse Lijn. Om de invloed van deze autonome ontwikkelingen in kaart te brengen zal zowel de relatieve risicoverandering inclusief deze ontwikkelingen als de relatieve risicoverandering zonder deze ontwikkelingen worden berekend.

Zoals gezegd blijven de wijzigingen in verband met de voorgenomen metro-exploitatie die worden meegenomen in de analyse niet beperkt tot de stijging van de voertuigfrequentie. Ook de veranderingen van materiele eigenschappen, baanvaksnelheid, reizigersaantallen en dus ook de omvang van het wegverkeer worden in de analyse meegenomen. Ook wordt rekening gehouden met reeds geplande aanvullende maatregelen, zoals valhekken onder de overpadbomen.

2.2 Scope

De scope van de analyse is als volgt afgebakend:

- De analyse beschouwt de bestaande en nieuwe overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn, tussen station Schiedam Centrum en het toekomstig eindpunt Hoek van Holland Strand II. Overwegen en overpaden op andere delen van het spoorwegnet worden dus niet beschouwd.
- De analyse vergelijkt de huidige situatie met de situatie in 2015.
- In de analyse worden alleen de risicodragers beschouwd die direct bij incidenten op overwegen betrokken kunnen zijn. Dit zijn:
 - treinreizigers;
 - bestuurders en ander treinpersoneel;
 - overweggebruikers (gemotoriseerd en langzaam verkeer);
 - reizigers die overpaden gebruiken.

- Het risico heeft betrekking op het overlijden van risicodragers. Andere risico's, zoals het gewond raken van risicodragers, verminderde beschikbaarheid vanwege incidenten, financiële schade en milieurisico's vallen buiten de scope van de analyse.
- In de analyse worden zowel aspecten uit het spoorstelsel (materieel, dienstregeling, overwegbeveiliging) als de omgeving (lay-out en complexiteit overweg, wegverkeersintensiteit) beschouwd.

2.3 Algemene uitgangspunten

In de analyse zullen we de volgende algemene uitgangspunten hanteren:

- De beveiliging van de verschillende overwegen is van een gelijk niveau (i.e. AHOB of AOB).¹
Het aspect overwegbeveiliging zal dus niet in de bepaling van de risicoverhoudingen tussen de verschillende overwegen en overpaden en de risicoverhoudingen tussen de situatie in 2008 en de situatie in 2015 worden meegenomen.
Een uitzondering is de aanvullende maatregel om de overpadbomen te voorzien van valhekken. Deze zorgen ervoor dat de kans op incidenten waarbij reizigers onder de bomen door gaan sterk wordt gereduceerd. Deze maatregel wordt wel in de analyse meegenomen.
- Het risico voor personen in de trein (reizigers en treinpersoneel) wordt veroorzaakt door aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer op overwegen. Aanrijdingen met langzaam verkeer op overwegen of reizigers op overpaden leveren dus geen risico op voor de inzittenden van de trein.

Naast deze algemene uitgangspunten zullen in de analyse ook meer specifieke uitgangspunten en aannamen worden gebruikt. Die worden in de betreffende paragrafen weergegeven.

¹ In werkelijkheid is het overpad bij de halte Hoek van Holland-Haven in de huidige situatie beveiligd door een AKI en niet door een AOB. Uitgangspunt is dat de beveiliging van dit overpad bij de ombouw van de Hoekse Lijn naar een metrolijn zeker op het niveau van een AOB zal worden gebracht. Door aan te nemen dat de huidige beveiliging van dit overpad al het niveau van een AOB heeft, wordt de risicoreductie ten gevolge van het aanleggen van de AOB niet meegenomen. Deze aanpak is dus conservatief.

3 Ongevalscenario's op overwegen en overpaden

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de verschillende ongevalscenario's op overwegen en overpaden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de verschillende gebruikers van overwegen en overpaden. Per categorie overweggebruikers worden de relevante oorzaken van een incident geïnventariseerd. Zelfdoding valt daarbij buiten de scope van de analyse.

Het overzicht is de basis voor de analyse van ongevalscasuïstiek (zie hoofdstuk 4) en de verdere modellering van het overwegrisico (zie hoofdstuk 5). Bij de analyse van ongevalscasuïstiek wordt een uitsplitsing gemaakt naar de oorzaken die in de ongevalscenario's zijn geïdentificeerd.

3.2 Overzicht scenario's

3.2.1. *Overzicht scenario's reizigers op overpaden*

De volgende ongevalscenario's zijn relevant voor reizigers op overpaden:

1. een reiziger klimt over de bomen heen;
2. een reiziger duikt onder de bomen door;
dit kan in de toekomst worden voorkomen door valhekken onder de bomen;
3. een reiziger valt bij het oversteken van het spoor;
4. een reiziger blijft vastzitten tussen het spoor (bijvoorbeeld met een rollator, scootmobiel of rolstoel).

Haast van de reiziger (die zijn trein wil halen) is in dit scenario een belangrijke invloedfactor. Een voordeel van de Hoekse Lijn ten opzichte van het gemiddelde Nederlandse hoofdspoor is, dat op de Hoekse Lijn geen treinen met hoge snelheid de stations passeren. Tweede-treinsituaties (i.e. situaties waarbij een reiziger oversteekt na het passeren van de eerste trein en vervolgens wordt aangereden door een tweede trein)² leveren daardoor een lager risico op.

De bestuurder van het railvoertuig heeft tijd nodig om de situatie in te schatten en te reageren. In veel gevallen is de verblijftijd van de reiziger op de overweg klein, in de orde van enkele seconden. Er blijft dan een beperkte tijd over voor de remming. In sommige gevallen is de tijd wat langer door aarzeling of kan de bestuurder anticiperen vanwege voorbereidende bewegingen van de reiziger. De kans dat de reiziger niet wordt geraakt wordt dan wat groter bij betere remeigenschappen. Als de reiziger wel wordt geraakt is de snelheid bij de aanrijding kleiner.

Bij elk van deze scenario's kan onderscheid worden gemaakt in aanrijdingen door de eerste trein (meestal de trein die de reiziger wil halen of de trein die de reiziger net heeft verlaten) en aanrijdingen door een tweede trein.

² Uiteraard zijn ook situaties relevant waarbij een reiziger oversteekt vóór het passeren van een halterende trein en de reiziger vervolgens wordt aangereden door een andere trein, al vallen ze formeel niet onder de definitie van een tweede-treinsituatie.

3.2.2. *Overzicht scenario's voetgangers op overwegen*

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor voetgangers op overwegen:

5. een voetganger klimt over de bomen heen;
6. een voetganger duikt onder bomen door;
7. een voetganger betreedt de overweg via de open zijde van de overweg; dit is situatie-afhankelijk;
8. een voetganger valt bij het oversteken van het spoor;
9. een voetganger blijft vastzitten tussen het spoor.

Het verschil met de reizigers op overpaden is dat de voetgangers gemiddeld minder haast hebben en dat normaal gesproken het zicht niet belemmerd is door een stilstaand railvoertuig.

3.2.3. *Overzicht scenario's langzaam verkeer op overwegen*

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor langzaam verkeer op overwegen:

10. een verkeersdeelnemer duikt onder de bomen door;
11. een verkeersdeelnemer zigzagt langs de bomen; dit is situatie-afhankelijk, i.e. het mag alleen worden verwacht als er geen aparte overgang voor langzaam verkeer is met hele bomen;
12. een verkeersdeelnemer rijdt door de bomen heen;
13. een verkeersdeelnemer betreedt de overweg via de open zijde van de overweg; ook dit is situatie-afhankelijk, i.e. het mag alleen worden verwacht als er geen aparte overgang voor langzaam verkeer is met hele bomen;
14. een verkeersdeelnemer valt bij het oversteken van het spoor.

Vastzitten tussen het spoor is onwaarschijnlijk vanwege de (bijna) haakse kruisingen.

3.2.4. *Overzicht scenario's gemotoriseerd verkeer op overwegen*

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor gemotoriseerd verkeer op overwegen:

15. een wegvoertuig zigzagt langs de bomen; dit is situatie-afhankelijk, i.e. de kans hierop verschilt per overweg;
16. een wegvoertuig strandt op de overweg; dit kan het gevolg zijn van technisch falen, van een file of van manoeuvreren; de laatste oorzaak is met name relevant op de overweg Slachthuisweg;
17. een wegvoertuig merkt de gesloten overweg niet op en rijdt door de overwegbomen heen;
18. een wegvoertuig wordt door een achterligger op de overweg geduwd.

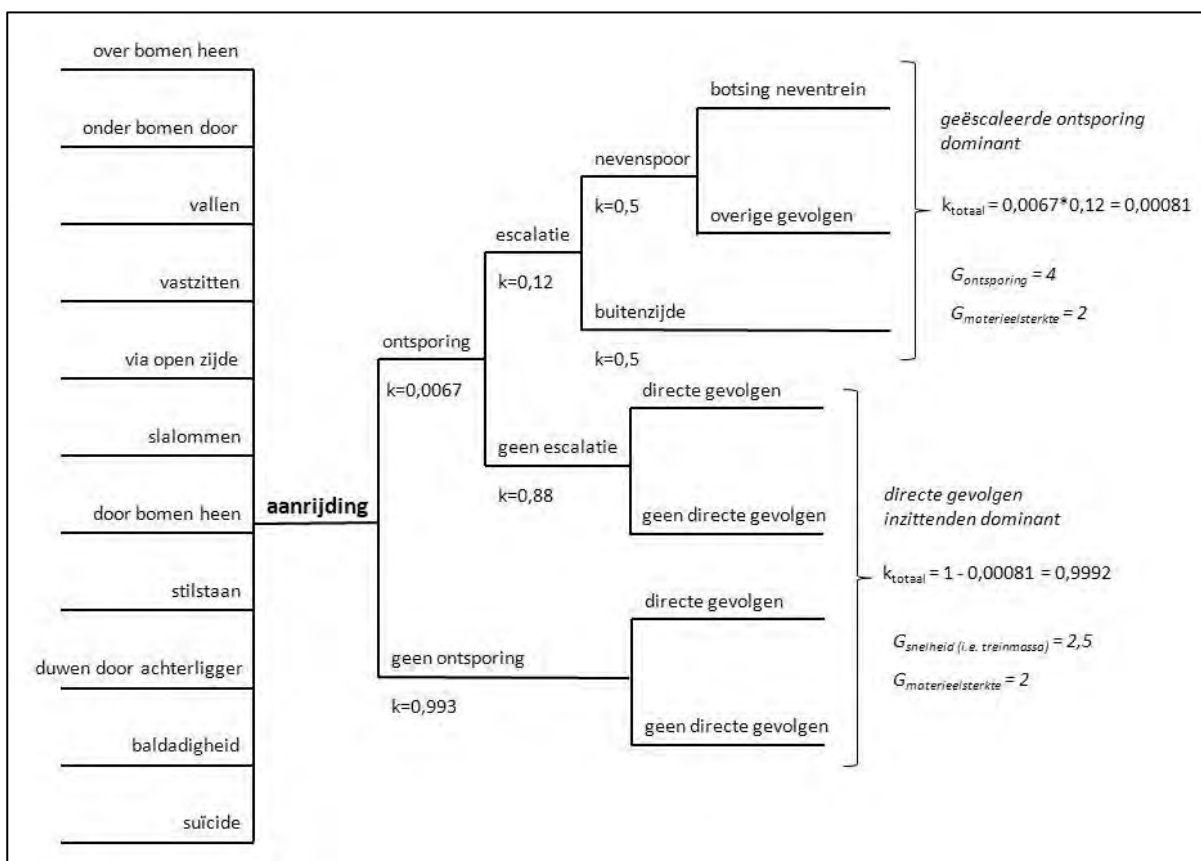
In geval van een gestrand voertuig leidt een verbeterde noodremvertraging tot een significante reductie van het risico. Bij zigzaggen is de verblijftijd van het wegvoertuig op de overweg klein, dus daar is het effect van de remeigenschappen kleiner. Dit geldt ook voor het scenario waarbij het voertuig dwars door de bomen heen rijdt, zeg met 50 km/h. De kans op een aanrijding is in dit laatste geval relatief klein, tenzij de bestuurder van het wegvoertuig remt na het aanrijden van de overwegbomen.

3.2.5. Overzicht gevolgscenario's na aanrijding gemotoriseerd verkeer op overwegen

Met name voor aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer is er een risico van ontsporing van het railvoertuig, met verschillende mogelijke gevolgen. De verschillende gevolgscenario's na een aanrijding van gemotoriseerd verkeer zijn:

- A. geen ontsporing;
- B. een niet-geëscaleerde ontsporing (i.e. de ontspoorde wielen blijven de spoorstaven aan de verkeerde zijde volgen);
- C. een ontsporing richting het nevenspoor, gevolgd door een botsing met een railvoertuig op het nevenspoor;
- D. een ontsporing richting het nevenspoor, zonder botsing met een railvoertuig op het nevenspoor, maar wel met andere ernstige gevolgen zoals kantelen, scharen of aanrijding van een object;
- E. een ontsporing richting het nevenspoor, zonder ernstige gevolgen;
- F. een ontsporing richting de buitenzijde van de sporen, met ernstige gevolgen zoals kantelen, scharen of aanrijding object;
- G. een ontsporing richting de buitenzijde van de sporen, zonder ernstige gevolgen.

De gebeurtenissenboom van bovenstaande gevolgen en de mogelijke oorzaken zijn schematisch weergegeven in onderstaande "vlinderdas".



Figuur 1: "Vlinderdas" met gebeurtenissenboom voor mogelijke gevolgen van aanrijding op overweg.

Omdat de gevolgen van een aanrijding afhangen van de oorzaak van de aanrijding, moeten de kansen die in de rechterhelft van de vlinderdas worden weergegeven worden beschouwd als gemiddelde kansen over alle oorzaken. Deze kansen zijn de volgende:

- de kans op een ontsporing van het railvoertuig gegeven een aanrijding; dit is het product van de kans dat de aanrijding betrekking heeft op gemotoriseerd wegverkeer en de kans dat een aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer leidt tot een ontsporing; voor de kans dat de aanrijding betrekking heeft op gemotoriseerd wegverkeer houden we een kans aan van $49 / 168 = 0,29$ (zie de casuïstiek in Tabel 3); voor de kans dat een aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer leidt tot een ontsporing houden we een kans aan van 0,023 (zie Bijlage IV); de kans op een ontsporing van het railvoertuig gegeven een aanrijding wordt daarmee 0,0067;
- de kans op escalatie van de ontsporing; hiervoor houden we een kans aan van 0,12 (zie Bijlage IV);
- de kans dat het railvoertuig richting nevenspoor uitwijkt, gegeven een geëscaleerde ontsporing; we nemen aan dat de kans hierop gelijk is aan 0,5.

De kans op een botsing met een railvoertuig op het nevenspoor wordt beïnvloed door de treinfrequentie. De treinfrequentie heeft dus in theorie ook via de frequentie van treinverkeer op het nevenspoor een invloed op het risico voor inzittenden van het railvoertuig. De verwachting is dat die invloed beperkt is, om de volgende redenen:

- slechts een klein deel van de aanrijdingen heeft betrekking op gemotoriseerd wegverkeer;
- slechts een klein deel van de aanrijdingen met gemotoriseerd wegverkeer leidt tot ontsporing van het railvoertuig;
- slechts een deel van de ontsporingen escaleert;
- bij slechts een deel van de escalerende ontsporingen (ongeveer de helft) wijkt het railvoertuig uit richting het nevenspoor;
- in veel gevallen is de trein op het nevenspoor ver genoeg weg om een botsing te voorkomen; immers, een groot deel van de dag is de tijd tussen twee railvoertuigen op het nevenspoor minimaal 10 minuten; bovendien is in de toekomstige situatie de noodremvertraging van de metrovoertuigen aanzienlijk beter dan gemiddeld op heavy rail.

4 Analyse van ongevalscasuïstiek

4.1 Inleiding

De volgende stap is het analyseren van de casuïstiek van overwegincidenten. Hiervoor zijn ongevalsgegevens opgevraagd bij ProRail. Twee sets gegevens zijn gebruikt:

- alle geregistreerde overwegincidenten op de Hoekse Lijn, i.e. van 1975 tot begin 2009 (zie [24]);
- de overwegincidenten op heavy rail in Nederland in een recente periode van 10 jaar (1999-2008) (zie [25]).

4.2 Incidenten op de Hoekse Lijn

De set incidenten op overwegen van de Hoekse Lijn bleek te klein om te gebruiken voor kwantitatieve schattingen van modelparameters. De belangrijkste gegevens uit deze set zijn samengevat in onderstaande tabel.

omschrijving	waarde
periode	maart 1975 - maart 2009
totaal aantal incidenten	345
aantal aanrijdingen bomen / installatie / hekken / bovenleiding e.d.	322
aantal aanrijdingen door trein	23
aantal dode overweggebruikers	7
aantal zwaargewonde overweggebruikers	7
aantal lichtgewonde overweggebruikers	4
aantal dode inzittenden trein	0
aantal zwaargewonde inzittenden trein	0
aantal lichtgewonde inzittenden trein	0

Tabel 1 Samenvatting van casuïstiek van ongevallen op overwegen Hoekse Lijn

4.3 Incidenten op heavy rail in de periode 1999-2008

De set van ongevalsgegevens voor heavy rail vanaf 1999 tot en met 2008 [24] bevat in totaal 5177 incidenten. Binnen deze set zijn er 168 incidenten met doden en/of zwaargewonden, dus op basis hiervan is een betrouwbaarder inschatting van de bijdrage van de verschillende scenario's mogelijk. Bij de verdere analyse is daarom uitgegaan van deze set ongevalsgegevens.

Deze incidenten worden ingedeeld in categorieën die zo veel mogelijk overeenkomen met de ongevalscenario's uit hoofdstuk 3. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen aanrijdingen door de "eerste trein" en aanrijdingen door een tweede trein.

omschrijving	waarde
periode	1999 - 2008
totaal aantal incidenten	5177
totaal aantal incidenten met doden en/of zwaargewonden (overweggebruikers en inzittenden trein)	291
totaal aantal incidenten met doden en/of zwaargewonden op overwegen beveiligd met bomen ³ (alleen overweggebruikers, doden onder inzittenden trein komen niet voor)	168
totaal aantal incidenten met doden en/of zwaargewonden op overwegen met andere typen beveiliging (overweggebruikers en inzittenden trein)	123
totaal aantal dode overweggebruikers	228
totaal aantal doden in trein	2
totaal aantal zwaargewonde overweggebruikers	97
totaal aantal zwaargewonden in trein	10
totaal aantal lichtgewonde overweggebruikers	144
totaal aantal lichtgewonden in trein	48

Tabel 2 Samenvatting van casuïstiek van ongevallen op overwegen in Nederland in de periode 1999-2008

Bij de verdere analyse beperken we ons tot de incidenten waarbij doden en/of zwaargewonden vallen. Bovendien selecteren we alleen de incidenten op overwegen die een beveiliging hebben die vergelijkbaar is met een AHOB. In totaal houden we 168 incidenten over. De onderverdeling van de incidenten over de categorieën overweggebruikers is weergegeven in onderstaande tabel.

omschrijving	waarde
totaal aantal incidenten in scope (i.e. met doden en/of zwaargewonden op overwegen beveiligd met bomen; zie vorige tabel)	168
aantal incidenten in scope met snelverkeer	49
aantal incidenten in scope met langzaam verkeer	119
aantal incidenten in scope met langzaam verkeer op overwegen	101
aantal incidenten in scope met reizigers op overpaden	18

Tabel 3 Onderverdeling van ongevallen op overwegen in Nederland in periode 1999-2008 in scope van analyse

Van de 168 incidenten in de scope van de analyse zijn de oorzaken in kaart gebracht, zowel voor snelverkeer als voor langzaam verkeer. Voor enkele incidenten is er een combinatie van meerdere oorzaken aan te wijzen. Hierdoor is de som van de aantallen incidenten per oorzaak iets groter dan het corresponderende aantal incidenten in de scope van de analyse.

Aan de resultaten is te zien, dat bij snelverkeer met name de oorzaken "door overweg heen", "slalommen" en "overweggebruiker kwam niet weg" een grote

³ Dit komt overeen met de categorieën AHOB, ADOB, Mini AHOB en Voetpad AOB.

bijdrage leveren aan het risico. Bij langzaam verkeer zijn de belangrijkste oorzaken "onder bomen door", "slalommen" en "betreden via open zijde".

oorzaak	incidenten met snelverkeer		incidenten met langzaam verkeer	
	aantal	%	aantal	%
geduwd	1	2,0	0	0,0
onder bomen door	1	2,0	18	15,1
door overweg heen	14	28,6	1	0,8
slalommen ⁴	15	30,6	52	43,7
mogelijke zelfdoding	1	2,0	5	4,2
gevallen	0	0,0	0	0,0
overweggebruiker kwam niet weg	11	22,4	9	7,6
betreden via open zijde	0	0,0	32	26,9
baldadigheid / weddenschap	1	2,0	4	3,4
onbekend	6	12,2	2	1,7
totaal	50	102,0	123	103,4

Tabel 4 Onderverdeling ongevallen op overwegen heavy rail naar oorzaken

In de modellering zullen we voor de oorzaken "onder bomen door" en "overweggebruiker kwam niet weg" per risicogroep de resultaten uit bovenstaande tabel gebruiken (zie paragraaf 5.5.1 en 5.5.10). Om die reden worden de betreffende resultaten voor langzaam verkeer nog verder uitgesplitst naar langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden. Dit is samengevat in onderstaande tabel.

oorzaak	langzaam verkeer op overwegen		reizigers op overpaden	
	aantal	%	aantal	%
onder bomen door	8	8%	10	56%
overweggebruiker kwam niet weg	6	6%	3	17%

Tabel 5 verdere onderverdeling ongevallen met langzaam verkeer per oorzaak

Tweede-treinsituaties vergroten de kans op een aanrijding op een overweg. In principe kunnen deze situaties optreden in combinatie met elke oorzaak voor de aanwezigheid van een overweggebruiker op een gesloten overweg. De kans dat een overweggebruiker de overweg betreedt is niet groter, maar de kans op een aanrijding neemt wel toe. Uit de casuïstiek blijkt, dat 3 incidenten met snelverkeer in de scope van de analyse te maken hebben met een tweede-treinsituatie. Voor langzaam verkeer zijn dit 34 incidenten. Tweede-treinsituaties komen echter in de huidige situatie ook al veel voor. In die zin is dit aspect geen onderscheidend kenmerk voor

⁴ Slalommen is in dit verband iets breder gedefinieerd, i.e. als moedwillig de gesloten overweg betreden door langs de bomen te gaan. Onder de bomen door gaan, de overweg via de open zijde betreden en baldadigheid worden hier niet bij gerekend.

de relatieve verandering van het overwegrisico. Om die reden nemen we dit aspect niet expliciet mee.

Specifiek voor de inzittenden van de railvoertuigen is ook geanalyseerd hoe vaak treinen zijn ontspoord als gevolg van een aanrijding op een overweg en wat de gevolgen van een aanrijding waren voor de inzittenden van de trein. Dit levert het volgende op:

- Alle doden en zwaargewonden in de trein zijn gevallen op overwegen met een beveiliging die op de Hoekse Lijn niet voorkomt. Deze incidenten vallen niet binnen de scope van de analyse, maar in het model wordt uiteraard wel meegenomen dat er een risico is dat inzittenden van het railvoertuig overlijden of zwaargewond raken.
- Bij 3 incidenten in de scope van de analyse ontspoord de trein na de aanrijding. Bij deze incidenten vallen dus geen doden of zwaargewonden.
- Er zijn in de periode 1999-2008 in Nederland geen aanrijdingen op overwegen opgetreden waarbij de trein na de ontsporing op een trein op het nevenspoor is gebotst.

5 Aanpak van de modellering

5.1 Algemene modelleringsmethode

De veiligheidssituatie op de Hoekse lijn kan in kaart gebracht worden via een systeem dat ervan uitgaat dat, hoewel één en ander wijzigt, veel van de omstandigheden hetzelfde zullen blijven. Daarnaast verschillen de overwegen op de Hoekse Lijn onderling ook niet veel voor wat betreft elementen die van invloed kunnen zijn op de veiligheid. Alle overwegen kruisen twee sporen, de meeste worden gebruikt voor hetzelfde treinverkeer, het zijn (met uitzondering van het overpad bij Hoek van Holland-Haven) allemaal AHOB's of AOB's en een aantal van deze zaken zullen niet of nauwelijks wijzigen.

Er is een model ontwikkeld dat de toename van het risico op de overwegen bepaalt. Dit model maakt gebruik van factoren waarmee het risico relatief bekeken wordt door met een risicofactor de risico's op de overwegen met elkaar te relateren. Zo betekent een verdubbeling van de treinverkeerintensiteit een verdubbeling van het risico. Dertien factoren bepalen in dit model het relatieve risico van de overwegen en overpaden nu ten opzichte van de overwegen en overpaden in 2015. Het gaat dus om de relatieve verandering van het risico, voor de verschillende risicogroepen, ten opzichte van het huidige risico. Dit model wordt toegepast op alle risicogroepen zoals genoemd in paragraaf 2.2. In de volgende paragrafen wordt de methode verder uitgewerkt.

Bij het modelleren van de invloed van de verschillende factoren wordt onderscheid gemaakt tussen invloeden op de kans op een aanrijding en invloeden op de gevolgen van een aanrijding. Sommige van deze dertien factoren (bijvoorbeeld de treinfrequentie) hebben alleen invloed op de kans op een aanrijding. Andere factoren (bijvoorbeeld de materieelsterkte) hebben alleen invloed op de gevolgen van een aanrijding. Ook zijn er factoren (bijvoorbeeld de treinsnelheid) die zowel invloed hebben op de kans als op de gevolgen van een aanrijding.

Bij de scheiding tussen kansen en gevolgen wordt de aanrijding zelf als de grens beschouwd. Dat betekent dat het risico van een ontsporing die het gevolg is van de aanrijding in zijn geheel binnen de gevolgen van de aanrijding wordt gemodelleerd. De voorwaardelijke kans op een ontsporing gegeven een aanrijding komt dus ook in de factoren voor de gevolgen van een aanrijding tot uitdrukking.

Voorafgaand aan de modellering van de invloed van de verschillende aspecten van het spoorsysteem is eerst een inventarisatie gemaakt van mogelijke ongevalscenario's rond overwegen en overpaden (zie hoofdstuk 3). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende categorieën overweggebruikers. Vervolgens wordt een analyse uitgevoerd van ongevalscasuïstiek van overwegen en overpaden in Nederland (zie hoofdstuk 4). Door middel van deze analyse wordt inzicht verkregen in de bijdrage van de verschillende scenario's op overwegen en overpaden aan het totale overwegrisico. Dit inzicht wordt gebruikt in de modellering van de invloed van een aantal aspecten.

In de analyse wordt gebruik gemaakt van de volgende symbolen:

Grootheid	symbool	Eenheid	symbool
Tijd	t	seconde	s
Snelheid	v	meter/seconde	m/s
Versnelling/vertraging	a	meter/seconde ²	m/s ²
Massa	m	kilogram of ton	kg of ton
Energie	E	joule	J
Overweg O_n in 2008	O_n	dit is een label	-
Overweg O_n in 2015	OT_n	dit is een label	-
Risico op overweg O_n in 2008	R_n	doden per jaar	-
Risico op overweg O_n in 2015	RT_n	doden per jaar	-
Ratio van totaal risico 2015 en totaal risico 2008	ΔR	dimensieloos	-
Risicoratio van overwegen O_n en O_m in 2008, i.e. R_n / R_m (voor alle n en m)	$f(O_m, O_n)$	dimensieloos	-
Risicoratio van overweg OT_n in 2015 en overweg O_m in 2008, i.e. RT_n / R_m (voor alle n en m)	$f(O_m, OT_n)$	dimensieloos	-
Relatieve verschil met betrekking tot aspect "xyz" van kanscomponent van risico van twee overwegen in 2008 en/of 2015	p_{xyz}	dimensieloos	-
Relatieve verschil met betrekking tot aspect "xyz" van gevolgcomponent van risico van twee overwegen in 2008 en/of 2015	G_{xyz}	dimensieloos	-
Beschikbare reactietijd voor bestuurder railvoertuig in 2008	$t_{r,oud}$	seconde	s
Beschikbare reactietijd voor bestuurder railvoertuig in 2015	$t_{r,nieuw}$	seconde	s
Noodremvertraging in 2008 (huidig materieel)	a_{oud}	meter/seconde ²	m/s ²
Noodremvertraging in 2015 (RSG3-materieel)	a_{nieuw}	meter/seconde ²	m/s ²
Fractie incidenten motorvoertuigen met oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg"	$\varphi_{stil,mv}$	dimensieloos	-
Fractie incidenten langzaam verkeer op overwegen met oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg"	$\varphi_{stil,lv}$	dimensieloos	-
Fractie incidenten reizigers op overpaden met oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg"	$\varphi_{stil,overpad}$	dimensieloos	-
Fractie incidenten reizigers op overpaden met oorzaak "onder bomen door"	$\varphi_{onder,overpad}$	dimensieloos	-
Reductiefactor vanwege valhekken voor kans op "onder bomen door" op overpaden	$\gamma_{hek,onder,overpad}$	dimensieloos	-
Aantal	$\#$	dimensieloos	-

5.2 Het bepalen van de risicotoename

De factor voor de totale risicotoename van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie wordt bepaald via de vergelijking.

$$\Delta R = \frac{\textit{Toekomstig_Risico}}{\textit{Huidig_Risico}}$$

Het totale (huidige of toekomstige) risico is gedefinieerd als het verwachte aantal doden per jaar op alle overwegen en overpaden samen. Dit wordt in de analyse voor alle risicogroepen als primaire maat voor het risico gehanteerd.

Voor inzittenden van de railvoertuigen is echter ook het persoonlijk risico een relevante maat. Voor deze risicodragers wordt daarom ook de relatieve verandering van het persoonlijk risico bepaald. Voor reizigers in de trein is het persoonlijk risico in [2] gedefinieerd als de overlijdenskans voor een reiziger per reizigerskilometer. Voor bestuurders is het persoonlijk risico in [2] gedefinieerd als de overlijdenskans voor een bestuurder per persoon per jaar. We zullen daarom voor reizigers in de trein de berekende relatieve verandering van het totale risico delen door de relatieve verandering van het aantal reizigerskilometers per jaar (zie paragraaf 5.4). Voor bestuurders zullen we de berekende relatieve verandering van het totale risico delen door de relatieve verandering van het aantal FTE bestuurders (zie ook paragraaf 5.4).

Er zijn op de huidige Hoekse lijn 17 overwegen en overpaden. Het betreft overwegen van het type AHOB en AOB, met uitzondering van het overpad Hoek van Holland-Haven.

Het model is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Alle overwegen op de Hoekse lijn zijn hetzelfde, op een beperkt aantal nader te noemen onderdelen na.
- Alle overwegen op de Hoekse lijn in de toekomst zijn gelijk aan die van nu, op een beperkt aantal nader te noemen aspecten na.
- Het risicoverschil tussen twee overwegen kan worden uitgedrukt met de ratio van hun risico's.

Met deze uitgangspunten is het mogelijk om de totale risicotoename te bepalen aan de hand van enkele bepalende onderdeelfactoren. Een uitwerking van dit model is te vinden in Bijlage I. Zoals reeds eerder gemeld, is in het door ons gebruikte model aangenomen dat de toename bepaald kan worden van het risico per overweg in 2015 ten opzichte van de situatie in 2008. Een factor bepaalt het risico van een overweg ten opzichte van een referentie-overweg. Deze factor $f(O_m, O_n)$ beschrijft de verhouding tussen het risico van overweg "n" en het risico van overweg "m" in de huidige situatie. De factor $f(O_m, O_n)$ bestaat weer uit verschillende risicofactoren. Deze worden beschreven in paragraaf 5.5.

Op dezelfde manier kan een overweg "n" in de toekomstige situatie vergeleken worden met een overweg "m" in de huidige situatie. Hiervoor wordt een soortgelijke

factor $f(O_m, OT_n)$ gebruikt. Ook deze factor is opgebouwd uit verschillende risicofactoren voor de verschillende relevante aspecten.

Op deze manier kunnen de huidige en toekomstige risico's van de verschillende overwegen worden gerelateerd aan het risico van de referentie-overweg in de huidige situatie. Voor de overweg O_m wordt dus in het model steeds de referentie-overweg gekozen. Deze overweg is per risicogroep gedefinieerd in Tabel 7.

5.3 Keuze van factoren die invloed hebben op het risico

Verondersteld wordt dat de factoren $f(O_m, O_n)$ en $f(O_m, OT_n)$ bepaald worden door een aantal onderdeelfactoren. Deze worden berekend aan de hand van verschillen tussen de overwegen nu en in de toekomst. Hierbij moet gedacht worden aan verschil in remvertraging van de trein, gewijzigde verkeersfrequentie, gewijzigde treinfrequentie, et cetera.

De situatie op de overwegen zal op de volgende wijze wijzigen:

Aspect	Huidige situatie	Toekomstige situatie
Rijdend materieel	Sprinter-materieel: circa 150 ton (zie [17])	SG3-metromaterieel: +/- 65 ton (zie [8])
Snelremvertraging	+/- 1 m/s^2	+/- 3 m/s^2 (zie [8])
Baanvaksnelheid	130 km/h (zie [7])	100 km/h (zie [8])
Beveiliging overpaden	AOB's ⁵ zonder valhekken	AOB's met valhekken (zie [23])
Treinfrequentie	max. 168 treinen per etmaal (zie [13])	max. 264 treinen per etmaal (zie [13])
Verkeersfrequentie	Afhankelijk van overweg	Algemeen: toename (zie [13])
Aantal overwegen	17 overwegen (zie [13])	20 overwegen (1 weg, 4 erbij) (zie [13])

De exacte gegevens zoals die in de analyse worden gebruikt zijn te vinden in paragraaf 5.4.

Daarnaast zijn er aspecten van overwegen die de verhoudingen van de risico's van de verschillende overwegen beïnvloeden, zoals lokale verschillen in verkeersfrequentie, lokale verschillen in treinfrequentie en de layout en complexiteit van een overweg.

Voor het bepalen van de aspecten die in de analyse van het relatieve risico worden meegenomen is onder andere gebruik gemaakt van het onderzoek voor Infrabel, waarbij een model is opgesteld waarmee het risico voor de verschillende Belgische overwegen en overpaden kan worden vergeleken (zie [9] en [10]). In dit model wordt per overweg of overpad een groot aantal parameters ingeschat. Met behulp van een weging van deze parameters wordt voor de overweg een risicogetal bepaald.

⁵ Met uitzondering van het overpad bij de halte Hoek van Holland Haven, dat beveiligd is met een AKI.

Hiermee is het mogelijk om de verschillende overwegen onderling te vergelijken. De lijst van parameters is gehanteerd als startpunt voor de selectie van parameters voor het model voor de Hoekse Lijn. Deze lijst is waar nodig aangevuld met parameters die zijn geïdentificeerd in de afwegingsmethodiek van IVW (zie [11] en [12]), en met overige relevante parameters die voor de Hoekse Lijn in de toekomstige situatie gewijzigd zijn ten opzichte van de huidige situatie.

Om meer gedetailleerd de invloed van de wijzigingen van de Hoekse Lijn op de gevolgen van aanrijdingen op overwegen te kunnen bepalen, is aanvullend de modellering van het risico op overwegen van RandstadRail beschouwd (zie [4]). Uit dit model zijn enkele extra parameters geselecteerd die in het model voor de Hoekse Lijn worden beschouwd.

Op basis van deze bronnen zijn dertien verschillende aspecten geïdentificeerd die bepalend zijn voor het risicoverschil. Andere aspecten worden niet expliciet meegenomen, bijvoorbeeld omdat die aspecten niet zullen wijzigen en omdat verwacht wordt dat de invloed van die aspecten op het totale risico van alle overwegen en overpaden samen klein is.

Deze dertien aspecten zijn:

- De snelheid van de trein;
 - De remvertraging (noodrem);
 - De massa van de trein;
 - De wachttijden bij overwegen;
 - Het aantal treinen per dag;
 - Het aantal reizigers per trein;
 - De sterkte van het treinmaterieel;
 - De kans op ontsporing na een aanrijding met wegverkeer;
 - De kans op escalatie van de ontsporing;
 - De verkeersintensiteit;
 - De layout van de overweg en de complexiteit van de situatie;
 - De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen;
 - Het weghalen en toevoegen van overwegen;
- deze laatste is, in tegenstelling tot de overige aspecten, geen eigenschap van een overweg, maar is uiteraard wel een eigenschap van de Hoekse Lijn die het overwegrisico beïnvloedt; om die reden wordt dit aspect apart besproken.

Voor vijf verschillende typen risicodragers moet de factor voor de risicotename ΔR bepaald worden.

Deze groepen zijn:

- Reizigers op overpaden;
 - Langzaam verkeer (voetgangers, fietsers);
 - Snelverkeer (auto's, vrachtauto's, motoren);
 - Passagiers in trein / lightrail-voertuig;
- N.B.: de aanname is, dat voor conducteurs en ander rijdend personeel buiten

de cabine een gelijke wijziging van het risico optreedt als voor passagiers in de trein;

- Machinist / Bestuurder.

Per onderdeelfactor zal bepaald worden wat de gevolgen zijn voor het risico bij de verschillende groepen.

De volgende aspecten worden niet expliciet meegenomen:

- aantal gekruiste sporen: dit aantal sporen is voor alle overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn (behalve de overpaden bij de haltes Vlaardingen-Centrum en Maassluis, waar één spoor wordt gekruist, en de overweg Vlaardingen Beethovensingel, waar naast de twee doorgaande sporen ook een goederenspoor wordt gekruist) gelijk aan 2; deze parameter geeft in de meeste gevallen dus alleen een schaling van de deelrisico's; bovendien komt het aantal sporen impliciet terug in de treinfrequentie die gesommeerd wordt over twee sporen; voor de relatieve risico's en risicoverandering speelt dit aspect dus geen rol;
- maximum snelheid van gemotoriseerd verkeer: aangenomen wordt dat deze ongewijzigd blijft; wellicht wordt dit aspect later toegevoegd;
- langere wachttijden vanwege passerende goederentreinen: de frequentie van goederentreinen is erg klein ten opzichte van de frequentie van reizigerstreinen;
- type en categorie overwegbeveiliging: deze is voor alle overwegen (met uitzondering van het overpad Hoek van Holland-Haven) min of meer gelijk; zoals gezegd wordt de invloed van toekomstige valhekken onder de overpadbomen wel meegenomen;
- het aantal inzittenden van een motorvoertuig: aangenomen wordt dat dit niet significant wijzigt.

5.4 Gebruikte inputgegevens

In de analyse zullen de volgende inputgegevens worden gebruikt:

- huidig reizigersmaterieel:
 - type: Sprinter-materieel, één treinstel SGM met 2 of 3 bakken;
 - massa (zie [17]):
 - 2-wagenstel: leeg 108 ton, beladen 118 ton;
 - 3-wagenstel: leeg 143 ton, beladen 160 ton;we gaan daarom uit van 150 ton per stel;
 - maximale dienstnelheid op de Hoekse Lijn: 125 km/h (zie [17]);
 - aanzetversnelling: van 0 tot 125 km/h in 75 seconden (zie [17]), dus een gemiddelde versnelling van 0.46 m/s²;
 - deze waarde wordt gebruikt om de werkelijke lokale snelheid van het materieel te bepalen;
 - dienstremvertraging: 0.6 m/s² (karakteristieke waarde voor reizigerstreinen, zie [18]);
 - deze waarde wordt gebruikt om de werkelijke lokale snelheid van het materieel te bepalen;

- noodremvertraging: 1.1 m/s² (karakteristieke waarde voor reizigerstreinen, zie [18]);
 - maximaal aantal zitplaatsen per voertuig (zie [17]):
2-wagenstel: maximaal 132 zitplaatsen (inclusief klappzittingen);
3-wagenstel: maximaal 237 zitplaatsen (inclusief klappzittingen);
- toekomstig lightrail-materieel (zie [8]):
 - type: SG3 (Bombardier Flexity Swift), één of twee gekoppelde stellen;
 - massa per stel: leeg 64,3 ton, vol beladen 84,6 ton, zie [8];
bij de bepaling van het risico voor inzittenden van het railvoertuig gaan we uit van 65 ton; aangezien een kleinere massa van het railvoertuig een hoger risico voor de inzittenden oplevert, is dit een conservatieve aanname;
 - maximale dienstsnelheid: 100 km/h;
 - comfort-aanzetversnelling: conservatieve aanname: 1 m/s²;
deze waarde wordt gebruikt om de werkelijke lokale snelheid van het materieel te bepalen;
 - dienstremvertraging: 0.8 m/s²;
deze waarde wordt gebruikt om de werkelijke lokale snelheid van het materieel te bepalen;
 - noodremvertraging: 3.0 m/s² beneden 60 km/h, 2.5 m/s² tussen 80 km/h en 60 km/h en 1.5 m/s² tussen 100 km/h en 80 km/h (zie [14]);
de resulterende noodremvertraging is dus afhankelijk van de beginsnelheid, waardoor er verschillen zullen optreden tussen de verschillende overwegen en overpaden;
omdat de overpaden zich direct naast de halte bevinden, waar de treinen een lage snelheid zullen hebben, wordt ervan uitgegaan dat voor overpaden de noodremvertraging van het lightrail-materieel gelijk is aan 3.0 m/s²;
voor overwegen wordt de noodremvertraging als volgt berekend: op basis van de gemiddelde snelheid die op de overwegen wordt gereden, wordt bepaald wat een equivalente constante noodremvertraging is die een even lange noodremweg oplevert; deze remvertraging is 2.5 m/s²; deze gemiddelde remvertraging wordt aangehouden voor de overwegen;
 - maximaal aantal inzittenden per voertuig: 104 zitplaatsen en 166 staanplaatsen per metrostel, dus maximaal 270 reizigers per stel, ofwel 540 in geval van twee gekoppelde stellen, zie [8];
 - verder is dit materieel voorzien van baanschuivers en afgeschermd draaistellen, om de gevolgen van een aanrijding met personen of voertuigen zo veel mogelijk te beperken, zie [8];
de bijbehorende verlaging van het risico in de toekomstige situatie nemen we overigens niet expliciet mee;
- huidige en toekomstige overwegen en overpaden: zie Bijlage III;
- huidige baanvakssnelheid: maximaal 130 km/h, lokaal lager (zie [16]);
in het gebied rond de haltes wordt voor de huidige situatie de geschatte feitelijke snelheid berekend op basis van een afname van de snelheid van 125 km/h naar 0 km/h richting de halte met een remvertraging van 0.6 m/s²

en met bovengenoemde aanzetversnelling vanaf de halte; daarbij wordt aangenomen dat de snelheid aan het begin van het perron gelijk is aan 50 km/h;

in werkelijkheid zou de snelheid lager kunnen zijn, bijvoorbeeld als de bestuurder de trein eerder laat uitrollen richting de halte of langzamer aanzet vanaf de halte; deze effecten nemen we hier dus niet mee;

- toekomstige baanvaksnelheden: 50 km/h op haltes en overpaden, 100 km/h elders (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**);
in het gebied rond de haltes wordt voor de toekomstige situatie de geschatte feitelijke snelheid berekend op basis van een afname van de snelheid van 100 km/h naar 0 km/h richting de halte met een remvertraging van 0.8 m/s² en met bovengenoemde aanzetversnelling vanaf de halte; daarbij wordt net als voor de huidige situatie aangenomen dat de snelheid aan het begin van het perron gelijk is aan 50 km/h;
- huidige en toekomstige railvoertuigfrequenties: zie Bijlage VI, overgenomen uit [13];
- huidige en toekomstige verkeersgegevens, inclusief aantallen reizigers op overpaden: zie Bijlage VI, overgenomen uit [13];
- huidig aantal reizigerskilometers per jaar op de Hoekse Lijn: 40 miljoen (4E07) <eigen schatting; info NSR opgevraagd, nog niet beschikbaar>;
- aantal reizigerskilometers per jaar op de Hoekse Lijn in 2015: 71 miljoen (7,1E07), zie [2] en [26];
- de relatieve verandering van het aantal reizigerskilometers per jaar is dus gelijk aan 1,8; <nog updaten na definitieve info>
- huidig aantal FTE bestuurders (i.e. machinisten) op de Hoekse Lijn: 25 FTE <eigen schatting; info NSR opgevraagd, nog niet beschikbaar>;
- aantal FTE bestuurders op de Hoekse Lijn in 2015: 37 FTE, zie [26];
- de relatieve verandering van het aantal FTE bestuurders is dus gelijk aan 1,5. <nog updaten na definitieve info>

5.5 Invloed op risico voor de verschillende factoren

Zoals in paragraaf 5.2 en 5.3 is beschreven, worden voor de verschillende aspecten factoren gebruikt die het relatieve verschil in risico tussen overwegen weergeven. Voor sommige van deze aspecten (zeg voor aspect "xyz") worden factoren bepaald met betrekking tot de kans op een aanrijding (weergegeven met p_{xyz}). Voor andere aspecten worden factoren bepaald met betrekking tot de gevolgen van een aanrijding (weergegeven met G_{xyz}). Enkele aspecten kennen zowel een factor voor de kans op een aanrijding als een factor voor de gevolgen van een aanrijding. In de onderstaande paragrafen is bij de symbolen voor de factoren voor het gemak steeds de toevoeging " (O_m, O_n) " respectievelijk " (O_m, OT_n) " weggelaten.

De factoren worden zowel gebruikt voor de relatieve verschillen tussen verschillende overwegen in 2008 als voor de relatieve verschillen tussen een overweg in 2008 en een (mogelijk andere) overweg in 2015. Veelal wordt in de tekst het geval besproken waarbij het risico van een overweg in 2015 wordt

vergeleken met het risico van dezelfde overweg in 2008. De vergelijking tussen verschillende overwegen in 2008 en de vergelijking tussen een overweg in 2015 en een andere overweg in 2008 worden op een soortgelijke manier uitgevoerd.

5.5.1. Snelheid, remvertraging en massa van de trein

Deze drie items zijn verbonden via de wetten van de klassieke mechanica en worden om die reden samen genomen.

Invloed treinsnelheid op kans

Een lagere snelheid van het treinverkeer leidt tot een kleinere kans dat de trein niet tijdig kan stoppen voor een obstakel op de overweg. Daarnaast leidt een aanrijding van een object op een overweg door een trein met een lagere treinsnelheid tot minder ernstige gevolgen.

We gaan ervan uit dat de snelheid van de trein een lineaire invloed heeft op de kans op een aanrijding. Dit geldt voor alle risicogroepen. Voor de factor voor de invloed van de treinsnelheid op de kans op een aanrijding nemen we dus aan:

$$p_{snelheid} = \frac{v_{nieuw}}{v_{oud}}.$$

Voor elke overweg wordt hierbij de snelheid aangehouden die de trein ter plaatse van de overweg kan halen, gegeven aanzet- en dienstremkarakteristieken van het materieel. Daarbij wordt ter plaatse van haltes een vaste maximale snelheid van 50 km/h gehanteerd.

Invloed remvertraging op kans

De (nood)remvertraging van de trein is van invloed op de kans dat een trein door een noodremming een aanrijding kan voorkomen. Ook zal, als een aanrijding niet kan worden voorkomen, het effect van de aanrijding kleiner zijn bij een grotere noodremvertraging.

Een uitgebreide analyse is te vinden in Bijlage I.2.1.

Er geldt in ons model voor de remvertraging dat deze alleen gevolgen heeft voor de kans op een aanrijding. Voor snelverkeer en inzittenden van het railvoertuig is dit verband als volgt gemodelleerd:

$$p_{rem} = p_{rem,snelverkeer} = \left(\varphi_{stil,mv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} \right) + (1 - \varphi_{stil,mv}).$$

Op dezelfde manier geldt voor langzaam verkeer op overwegen:

$$p_{rem} = p_{rem,langzaam\ verkeer} = \left(\varphi_{stil,lv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} \right) + (1 - \varphi_{stil,lv})$$

Voor reizigers op overpaden geldt:

$$p_{\text{rem}} = p_{\text{rem,overpaden}} = \left(\varphi_{\text{stil,overpad}} \cdot \frac{t_{r,\text{oud}}}{t_{r,\text{nieuw}}} \cdot \frac{a_{\text{oud}}}{a_{\text{nieuw}}} \right) + (1 - \varphi_{\text{stil,overpad}}).$$

Hierbij zijn $\varphi_{\text{stil,mv}}$, $\varphi_{\text{stil,lv}}$ en $\varphi_{\text{stil,overpad}}$ respectievelijk de fractie incidenten met snelverkeer (gemotoriseerd verkeer), langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden met de oorzaak "kwam niet weg". Volgens de analyse van casuïstiek in paragraaf 4.3 zijn deze fracties respectievelijk 22%, 6% en 17%.

De factor $\frac{t_{r,\text{oud}}}{t_{r,\text{nieuw}}}$ is de verhouding is tussen de beschikbare reactietijden in de oude en de nieuwe situatie. Deze factor is in het algemeen kleiner dan 1, dankzij de extra tijd die in de nieuwe situatie beschikbaar is om te beoordelen of er een noodzaak is om te stoppen voor een stilstaande overweggebruiker. Dit kan een gemotoriseerd voertuig zijn, maar ook een fiets, bromfiets of voetganger op een overweg of een reiziger op een overpad. De factor is gelijk aan de verwachte tijd die in de huidige situatie beschikbaar is voor de bestuurder om te beslissen of geremd moet worden vanwege stilstand van een overweggebruiker op een overweg, gedeeld door de corresponderende verwachte beschikbare tijd in de situatie van 2015. Hierbij wordt een maximale reductiefactor van $\frac{1}{2}$ aangehouden, vanwege het feit dat de mogelijkheden voor een tijdige reactie niet onbeperkt zijn. De toegepaste reductiefactor wordt symbolisch weergegeven als $\frac{t_{r,\text{oud}}}{t_{r,\text{nieuw}}}$. Dit alles is in Bijlage I.2.1 uitgewerkt.

Invloed treinmassa op gevolgen

De massa van de trein kan een rol spelen bij de gevolgen van een aanrijding van een zwaar wegvoertuig door een trein. Als de gewichten van beide voertuigen meer van dezelfde orde zijn, is de verwachting dat de gevolgen voor de inzittenden van de trein groter zullen worden en voor de inzittenden van het wegvoertuig kleiner. De vraag is in hoeverre deze invloed significant is. Dit wordt in Bijlage II uitgewerkt, afhankelijk van het type wegverkeersdeelnemer.

De conclusie in Bijlage II is, dat de invloed van het treingewicht op het risico voor de wegverkeersdeelnemers beperkt is, dus die invloed nemen we niet mee. De invloed van het treingewicht op het risico voor de inzittenden van de trein is wel significant. Uit de berekeningen blijkt, dat de factor voor de inzittenden van de trein in verband met de lagere treinmassa circa 2,5 is. Deze zullen we dus aanhouden voor de risicogroepen "reiziger in trein" en "bestuurder". Bij de bespreking van de invloed van de treinsnelheid op de gevolgen van een aanrijding komt deze factor terug.

Invloed treinsnelheid op gevolgen

In Bijlage I.2.1 wordt afgeleid, dat de snelheid van de trein kwadratisch doorwerkt in de gevolgen. Dit geldt in ieder geval voor alle risicodragers die door een trein aangereden kunnen worden. De factor G_{snelheid} is voor weggebruikers dus als volgt gedefinieerd:

$$G_{\text{snelheid}} = G_{\text{snelheid,wegverkeer}} = \frac{v_{\text{nieuw}}^2}{v_{\text{oud}}^2}.$$

Voor langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden wordt daarbij aangenomen dat de gevolgen niet verder zullen toenemen vanaf een zekere grenswaarde voor de snelheid van de trein. Voor deze grenswaarde wordt 60 km/h aangehouden. Tot aan deze grenswaarde is de toename kwadratisch zoals hierboven beschreven.

Voor personen in de trein is naast het kwadratisch verband tussen treinsnelheid en gevolgen nog een aanvullend effect te zien. Hier zorgt de massa voor een extra factor 2,5 aan toename voor de gevolgen (zie Bijlage II).

$$G_{snelheid} = G_{snelheid,trein} = 2,5 \cdot \frac{v_{nieuw}^2}{v_{oud}^2}.$$

Deze factor 2,5 in verband met de gewijzigde massa is met name van belang in situaties waarbij de slachtoffers vallen bij de aanrijding zelf. Voor gevallen waarin de slachtoffers vallen bij een ontsporing van het voertuig als gevolg van de aanrijding spelen andere factoren een rol. In paragraaf 5.5.6 en 5.5.7 wordt uitgelegd hoe deze twee situaties worden gecombineerd. Omdat het product van factoren met betrekking tot een ontsporing groter is dan het product van factoren met betrekking tot de directe gevolgen van de aanrijding, wordt conservatief voor alle aanrijdingen (i.e. ook de aanrijdingen zonder ontsporing) het product van factoren voor de ontsporing aangehouden. De factor 2,5 in bovenstaande formule wordt dus niet expliciet gebruikt.

De snelheid van de trein speelt in het model een grote rol, enerzijds door het lineaire verband met de kans op een aanrijding en anderzijds door het kwadratische verband met de gevolgen van een aanrijding. Het is dus van belang om de snelheid van de trein goed in te schatten. Hierbij spelen niet alleen de baanvaksnelheden een rol, maar ook de reële aanzetversnellingen en dienstremvertragingen.

5.5.2. Wachttijden bij overwegen

Naarmate langer bij een overweg gewacht moet worden zullen ongeduldige overweggebruikers beginnen met het passeren van gesloten overwegen. De wachttijd waarbij onveilig gedrag ontstaat verschilt per persoon. Gemiddeld zullen voetgangers en fietsers eerder geneigd zijn om de gesloten overwegbomen te passeren dan automobilisten. In [6] wordt aangenomen dat voor langzaam verkeer geldt dat bij wachttijden langer dan 40 seconden na sluiting van de bomen (dus langer dan circa 55 seconden na de passage van de aankondiging door de trein) de eerste mensen het er op zullen wagen. Voor snelverkeer wordt hiervoor 3 minuten aangehouden.

De aanname is, dat maatregelen worden genomen voor de nieuwe situatie om de wachttijden te beperken, zoals een aankondiging die is gebaseerd op het uitgangspunt dat elke reizigerstrein op elke halte halteert, waarbij de snelheid op de kop van de halte in ieder geval niet hoger is dan 50 km/h. In dat geval zal het risico zeker niet toenemen als gevolg van gewijzigde wachttijden. In de huidige situatie is de aankondiging uitgelegd op de baanvakssnelheid van 130 km/h, terwijl het merendeel van de treinen op elke halte halteert. Dit betekent dat de verschillen in

wachttijden juist gunstig kunnen uitpakken voor de toekomstige situatie. We laten dit aspect verder buiten beschouwing, wat een conservatieve aanpak is. Mocht het uitgangspunt van de verbeterde locatie van de aankondiging niet geldig blijken, dan nemen de wachttijden toe tot het kritische punt (met name het kritische punt voor langzaam verkeer). In dat geval moet voor de situatie in 2015 de invloed van de wachttijden alsnog in het model worden verwerkt.

Verder is de aanname, dat in de huidige (en toekomstige) situatie de wachttijden niet zo ver zullen oplopen dat dit het risico voor snelverkeer beïnvloedt. Hierdoor zullen de wachttijden ook niet van invloed zijn op het risico voor personen in de trein.

De wachttijden voor langzaam verkeer (of reizigers op overpaden) in de huidige situatie kunnen wel zo groot worden dat dit de kans op aanrijding van langzaam verkeer door een trein beïnvloedt. Voor het bepalen van de factor voor de toename van de kans op aanrijding kan dan een methode worden toegepast, waarbij bepaald wordt of de wachttijd bij halterende treinen de grens van 55 seconden overschrijdt. In dat geval moet een factor $p_{wachttijd}$ voor de grotere kans op incidenten met langzaam verkeer worden meegenomen. Dit wordt in Bijlage I.2.2 verder uitgewerkt. We nemen in dit rapport aan dat

$$p_{wachttijd} = 1.$$

5.5.3. De intensiteit van het treinverkeer

Van de intensiteit van het treinverkeer wordt aangenomen dat deze slechts invloed heeft op de kans op een botsing. Deze kans wordt beïnvloed volgens:

$$p_{aantal\ treinen} = \frac{treinfrequentie_{nieuw}}{treinfrequentie_{oud}}.$$

Hierbij wordt de invloed verwaarloosd van de treinfrequentie op het nevenspoor, die van belang is in geval van een aanrijding met een wegvoertuig gevolgd door een escalerende ontsporing richting nevenspoor. In Bijlage I.2.3 wordt uitgelegd waarom dit acceptabel is.

5.5.4. Aantal reizigers per trein

Het aantal reizigers per trein is van invloed op het aantal te verwachten slachtoffers bij een ongeval. Deze factor is alleen van belang voor de risicogroep “Passagiers in de trein”. Een mogelijke uitwerking van deze invloed zou een lineair verband zijn. Echter, het aantal dodelijke slachtoffers per jaar in de railvoertuigen zal gering zijn. Verder treden de grootste gevolgen voor de reizigers op aan de voorzijde van het railvoertuig. In werkelijkheid zal het verband tussen aantal inzittenden en aantal dodelijke slachtoffers dus veel minder sterk zijn. Om die reden nemen we vooralsnog aan dat het aantal reizigers per trein niet wijzigt, dus dat bovenstaande factor gelijk is aan 1:

$$G_{aantal\ reizigers} = 1.$$

Opgemerkt moet worden, dat het model de relatieve verandering van het verwachte totale aantal doden onder reizigers berekent. Als het totaal aantal reizigers per jaar toeneemt (door toename van het aantal treinen per jaar en/of toename van het aantal reizigers per trein) zal dit wellicht effect hebben op het totale aantal doden onder reizigers. Het persoonlijk risico voor reizigers verandert hierdoor echter niet.

5.5.5. *De sterkte van het treinmaterieel*

Deze factor verdisconteert het verschil in materieelsterkte tussen de light- en heavy-rail voertuigen. Heavy-railvoertuigen hebben een grotere statische baksterkte. Ook de locatie en grootte van de kreukelzone is hierbij van invloed.

In geval van een aanrijding met een wegvoertuig lopen de inzittenden van een railvoertuig op twee manieren risico. Enerzijds kunnen er slachtoffers vallen door de krachten en vervormingen die het directe gevolg zijn van de aanrijding. Daarnaast kan de aanrijding een ontsporing tot gevolg hebben, waarbij ook slachtoffers kunnen vallen.

In de risicoanalyse voor overwegen van RandstadRail wordt aangenomen dat bij een ontsporing de lichtere constructie van het light-railmaterieel in vergelijking met heavy-railmaterieel leidt tot twee keer zo grote gevolgen in termen van overlijden van inzittenden van het railvoertuig (zie [4]). Deze factor zullen we ook hier toepassen voor het scenario "ontsporing na aanrijding". Verder nemen we aan dat voor de directe gevolgen van een aanrijding de factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte van dezelfde orde is als de bijbehorende materieelsterkte-factor in geval van een ontsporing, dus deze factor is voor de directe gevolgen ook gelijk aan 2. In de volgende paragrafen en in Bijlage I zal worden uitgelegd hoe de verschillende factoren voor de gevolgen voor inzittenden van het railvoertuig worden gecombineerd.

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte dus:

$$G_{materieelsterkte} = 2.$$

Voor de overige risicodragers nemen we conservatief aan dat de materieelsterkte geen invloed heeft op het risico.

5.5.6. *Ontsporing na aanrijding wegverkeer*

Zoals in paragraaf 5.1 is aangegeven, valt in het model de gehele ontsporing binnen de gevolgen van een aanrijding. De grens tussen kansen en gevolgen van een aanrijding ligt immers bij de aanrijding zelf. De kans op ontsporing na een aanrijding wordt berekend op de wijze die ook in de analyse voor RandstadRail gehanteerd is (zie [4]). Dit leidt tot een factor voor de gevolgen van een aanrijding in geval van een ontsporing. In [4] wordt aangenomen dat deze factor gelijk is aan 4. Deze factor heeft betrekking op de risicogroepen "passagiers in de trein" en "bestuurders". Zie voor een nadere uitwerking Bijlage I.

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde kans op ontsporing dus:

$$G_{ontsporing} = 4.$$

Deze factor wordt in het model gecombineerd met andere factoren voor de invloed van andere aspecten op het risico voor inzittenden van de trein, aangezien slechts een deel van het risico voor inzittenden van de trein wordt veroorzaakt door ontsporingen na een aanrijding (zie paragraaf 5.5.7).

5.5.7. Escalatie van ontsporing

De kans op escalatie van een ontsporing wordt berekend op de wijze die ook in de analyse voor Randstadrail gehanteerd is (zie [4]). Dit levert voor de kans op escalatie zelf geen extra risicofactor op. De gevolgen voor de inzittenden na escalatie kunnen voor light-rail wel ernstiger zijn (zie paragraaf 5.5.5).

Echter, een geëscaleerde ontsporing levert maar een deel van het totale risico voor de inzittenden van het railvoertuig, aangezien ook direct bij de aanrijding slachtoffers kunnen vallen. De factoren voor de gevolgen voor de inzittenden vanwege de aanrijding zelf en de gevolgen vanwege de eventuele ontsporing moeten dus worden gecombineerd tot een overkoepelende factor voor de verandering van de gevolgen. Hierbij wordt meegenomen dat een geëscaleerde ontsporing maar in een zeer beperkt deel van de aanrijdingen het gevolg zal zijn.

Dit leidt ertoe dat uiteindelijk voor de inzittenden van het railvoertuig een factor 5 wordt aangehouden voor de combinatie van materieelaspecten. Deze factor is in feite een gewogen gemiddelde van de factor 4 voor de grotere kans op ontsporing (zie paragraaf 5.5.6) en de factor 2,5 vanwege het massaverschil (zie paragraaf 5.5.1), gecombineerd met de factor 2 voor de grotere gevolgen na een geëscaleerde ontsporing (zie paragraaf 5.5.5). Bij de weging is gebruik gemaakt van de kans op een geëscaleerde ontsporing, zoals weergegeven in Figuur 1. De bijdrage van het scenario "geëscaleerde ontsporing" aan de relatieve verandering van het risico voor inzittenden van het railvoertuig blijkt niet significant te zijn. Zie voor een nadere uitleg ook Bijlage I.2.7.

5.5.8. De intensiteit van het wegverkeer

De kans op een aanrijding wordt beïnvloed door de intensiteit van het wegverkeer volgens een lineair verband. In dit geval wordt echter gebruik gemaakt van een effectieve verkeersfrequentie (zie [4] en [5]):

$$p_{\text{intensiteit wegverkeer}} = \frac{\text{effectieve verkeersfrequentie}_{\text{nieuw}}}{\text{effectieve verkeersfrequentie}_{\text{oud}}}$$

Voor langzaam verkeer is de effectieve verkeersfrequentie gelijk aan de werkelijke frequentie. Voor snelverkeer is het verband tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie weergegeven in Figuur 3 in Bijlage I.

5.5.9. Layout van de overweg en complexiteit van de situatie

De complexiteit van een overweg heeft betrekking op zaken als het aantal rijbanen per richting > 1, de aanwezigheid van een bocht in de weg, de aanwezigheid van een helling in de weg en andere relevante aspecten. In Bijlage I.2.9 staat beschreven hoe één en ander kan worden bepaald. Vooralsnog houden we voor elke overweg dezelfde factor (i.e. een factor 1) aan voor de relatieve complexiteit van de situatie:

$$p_{\text{complexiteit}} = 1.$$

Met name voor de overweg Slachthuisweg is de complexiteit van de overweg een belangrijke invloedsfactor. Bij deze overweg zorgt de combinatie van een lastige verkeerssituatie met bochten aan beide zijden en een relatief grote bijdrage van (zwaar en lang) vrachtverkeer voor extra risico. Een mogelijke toekomstige uitbreiding van het model zou zijn om voor deze overweg een complexiteitsfactor groter dan 1 aan te nemen. Deze factor geldt dan voor de huidige en de toekomstige situatie. De factor is dan alleen van invloed op de weging van de risico's van de verschillende overwegen onderling.

5.5.10. De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen

Bij de overpaden van de Hoekse Lijn zullen de overpadbomen worden voorzien van valhekken, die bij het sluiten van de bomen de doorgang onder de bomen afsluiten. De kans op een aanrijding wordt beïnvloed door de aanwezigheid van deze valhekken, volgens de volgende formule:

$$p_{\text{hekken}} = (\varphi_{\text{onder,overpad}} \cdot \gamma_{\text{hek,onder,overpad}}) + (1 - \varphi_{\text{onder,overpad}}).$$

Hierbij is $\varphi_{\text{onder,overpad}}$ de fractie incidenten op overpaden met oorzaak "onder bomen door". We houden hiervoor de waarde aan die is berekend op basis van de casuïstiek (zie Tabel 5):

$$\varphi_{\text{onder,overpad}} = 0,56.$$

Verder is $\gamma_{\text{hek,onder,overpad}}$ de reductiefactor als gevolg van toepassing van valhekken met betrekking tot de kans op een incident op een overpad met als oorzaak "onder bomen door". Hiervoor nemen we aan:

$$\gamma_{\text{hek,onder,overpad}} = 0,2.$$

Bovenstaande formules zijn alleen van toepassing op reizigers op overpaden.

5.5.11. Het weghalen en toevoegen van overwegen

Het totale risicomodel houdt rekening met het toevoegen en verwijderen van overwegen. Voorwaarde is wel dat de nieuwe overwegen voldoende overeenkomen met de overwegen die reeds aanwezig zijn op de Hoekse Lijn. Eventuele verschillen kunnen dan relatief beschreven worden met de onderdeelfactoren.

5.6 Samenvatting van modellering van invloeden

Bovengenoemde invloeden zijn in Tabel 6 samengevat.

Invloed op frequentie van aanrijdingen						
	Risicogroep					
Aspect	reizigers op overpaden	langzaam verkeer	snelverkeer	reizigers in trein	bestuurders	symbool
snelheid	lineair	lineair	lineair	lineair	lineair	$p_{snelheid}$
remvertraging	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	p_{rem}
treinmassa	-	-	-	-	-	-
wachttijd	factor 1	factor 1	-	-	-	$p_{wachttijd}$
treinfrequentie	lineair	lineair	lineair	lineair	lineair	$p_{aantal\ treinen}$
aantal reizigers per trein	-	-	-	-	-	-
materieelsterkte	-	-	-	-	-	-
kans op ontsporing	-	-	-	-	-	-
kans op escalatie ontsporing	-	-	-	-	-	-
verkeersintensiteit (uitgesplitst, incl. aantal reizigers op overpaden)	lineair m.b.t. frequentie reizigers op overpaden	lineair m.b.t. frequentie langzaam verkeer	lineair m.b.t. effectieve verkeersintensiteit snelverkeer	lineair m.b.t. effectieve verkeersintensiteit snelverkeer	lineair m.b.t. effectieve verkeersintensiteit snelverkeer	$p_{intensiteit\ wegverkeer}$
layout en complexiteit	factor 1	factor 1	factor 1	factor 1	factor 1	$p_{complexiteit}$
valhekken onder overpadbomen	$\varphi_{onder} \cdot \gamma_{hek} + 1 - \varphi_{onder}$	-	-	-	-	p_{hekken}
toevoegen / weghalen overwegen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	-
Invloed op gevolgen van aanrijdingen (aantal slachtoffers per aanrijding)						
	Risicogroep					
Aspect	reizigers op overpaden	langzaam verkeer	snelverkeer	reizigers in trein	bestuurders	symbool
snelheid	$\frac{v_{nieuw}^2}{v_{oud}^2}$	$\frac{v_{nieuw}^2}{v_{oud}^2}$	$\frac{v_{nieuw}^2}{v_{oud}^2}$	$2,5 \cdot \frac{v_{nieuw}^2}{v_{oud}^2}$	$2,5 \cdot \frac{v_{nieuw}^2}{v_{oud}^2}$	$G_{snelheid}$ (N.B.: factor 2,5 gecombineerd met factor 4 vanwege ontsporingkans, zie paragraaf 5.5.7)
remvertraging	-	-	-	-	-	-
treinmassa	-	-	-	-	-	-
wachttijd	-	-	-	-	-	-

treinfrequentie	-	-	-	-	-	-
aantal reizigers per trein	-	-	-	factor 1	-	$G_{aantal\ reizigers}$
materieelsterkte	-	-	-	factor 2	factor 2	$G_{materieelsterkte}$
kans op ontsporing	-	-	-	factor 4	factor 4	$G_{ontsporing}$ (N.B.: bijdrage factor 4 valt weg in combinatie met factor 2,5 vanwege treinmassa, zie paragraaf 5.5.7)
kans op escalatie ontsporing	-	-	-	-	-	-
verkeersintensiteit	-	-	-	-	-	-
layout en complexiteit	-	-	-	-	-	-
valhekken onder overpadbomen	-	-	-	-	-	-
toevoegen / weghalen overwegen	-	-	-	-	-	-

Tabel 6 Samenvatting modellering invloeden parameters op risico voor verschillende risicogroepen

Per risicogroep kan berekend worden welk risico in 2015 verwacht mag worden. De relatieve toename van het risico kan bepaald worden met behulp van de vergelijking (Bijlage I.I):

$$\Delta R = \frac{f(O_{ref}, OT_1) + \dots + f(O_{ref}, OT_{21})}{f(O_{ref}, O_1) + f(O_{ref}, O_2) + f(O_{ref}, O_3) + \dots + f(O_{ref}, O_{17})}$$

Per risicogroep worden de factoren (f) als volgt bepaald.

Voor reizigers op overpaden is overweg O_4 als referentie-overweg gebruikt.

$$f(O_4, O_n) = p_{rem}(O_4, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_4, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_4, O_n) \cdot p_{wachttijd}(O_4, O_n) \cdot p_{hekken}(O_4, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_4, O_n) \cdot p_{intensiteit\ wegverkeer}(O_4, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_4, O_n)$$

Voor langzaam verkeer is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt.

$$f(O_2, O_n) = p_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_2, O_n) \cdot p_{wachttijd}(O_2, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{intensiteit\ wegverkeer}(O_2, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_2, O_n)$$

Voor snelverkeer is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt.

$f(O_2, O_n) = p_{\text{prem}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{snelheid}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{aantal treinen}}(O_2, O_n) \cdot G_{\text{snelheid}}(O_2, O_n) \\ \cdot p_{\text{intensiteit wegverkeer}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{complexiteit}}(O_2, O_n)$
Voor reizigers in de trein is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt. $f(O_2, O_n) = p_{\text{prem}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{snelheid}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{aantal treinen}}(O_2, O_n) \cdot G_{\text{aantal reizigers}}(O_2, O_n) \\ \cdot G_{\text{snelheid}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{intensiteit wegverkeer}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{complexiteit}}(O_2, O_n) \\ \cdot G_{\text{materieelsterkte}}(O_2, O_n) \cdot G_{\text{ontsporing}}(O_2, O_n)$
Voor bestuurders is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt. $f(O_2, O_n) = p_{\text{prem}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{snelheid}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{aantal treinen}}(O_2, O_n) \cdot G_{\text{snelheid}}(O_2, O_n) \\ \cdot p_{\text{intensiteit wegverkeer}}(O_2, O_n) \cdot p_{\text{complexiteit}}(O_2, O_n) \cdot G_{\text{materieelsterkte}}(O_2, O_n) \\ \cdot G_{\text{ontsporing}}(O_2, O_n)$

Tabel 7 Definitie van referentie-overweg per risicogroep en samenstelling van totale risicofactor per risicogroep

Er geldt dat per risicogroep equivalente vergelijkingen voor $f(O_{\text{ref}}, OT_n)$ worden gebruikt.

Niet alle overwegen zijn relevant voor alle risicogroepen. Zo zal een overpad of een fietspad geen serieus risico vormen voor treinpassagiers. Uit Tabel 8 kan worden afgelezen welke overwegen en overpaden voor elke risicogroep zijn meegerekend.

		<u>reizigers op overpaden</u>	<u>langzaam verkeer</u>	<u>snel- verkeer</u>	<u>reizigers in trein</u>	<u>bestuur- ders</u>
O_1	Boslaan, Vlaardingen		X			
O_2	Oosthavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
O_3	Westhavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
O_4	halte Vlaardingen-Centrum	X				
O_5	Wagnerstraat, Vlaardingen		X	X	X	X
O_6	Marathonweg, Vlaardingen		X	X	X	X
O_7	halte Vlaardingen-West	X	X ⁶			
O_8	recreatiepad, Maassluis		X			
O_9	Julianalaan, Maassluis		X	X	X	X
O_{10}	halte Maassluis	X				
O_{11}	Deltaweg, Maassluis		X	X	X	X
O_{12}	Maasweg, Maassluis		X	X	X	X
O_{13}	halte Maassluis-West	X	X			
O_{14}	Schenkeldijk, Hoek van Holland		X	X	X	X
O_{15}	Slachthuisweg, H. van Holland		X	X	X	X
O_{16}	halte Hoek van Holland-Haven	X	X ⁶			

⁶ In het model worden deze bijdragen niet meegenomen, omdat over de frequenties van langzaam verkeer op deze locaties geen exacte gegevens bekend zijn en de frequenties laag zijn.

O ₁₇	Stationsweg, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT ₁	Boslaan, Vlaardingen		X			
OT ₂	Oosthavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
OT ₃	Westhavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
OT ₄	halte Vlaardingen-Centrum	X				
OT ₅	Wagnerstraat, Vlaardingen		X	X	X	X
OT ₆	Marathonweg, Vlaardingen					
OT ₇	halte Vlaardingen-West	X	X ⁶			
OT ₈	recreatiepad, Maassluis		X			
OT ₉	Julianalaan, Maassluis		X	X	X	X
OT ₁₀	halte Maassluis	X				
OT ₁₁	Deltaweg, Maassluis		X	X	X	X
OT ₁₂	Maasweg, Maassluis		X	X	X	X
OT ₁₃	halte Maassluis-West	X	X			
OT ₁₄	Schenkeldijk, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT ₁₅	Slachthuisweg, H van Holland		X	X	X	X
OT ₁₆	halte Hoek van Holland-Haven	X	X ⁶			
OT ₁₇	Stationsweg, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT ₁₈	Halte Steendijkpolder, Maassluis	X				X
OT ₁₉	Strandweg, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT ₂₀	Paviljoensweg, Hoek v. Holland		X	X	X	X
OT ₂₁	Strandboulevard, Hoek v. Holland		X	X	X	X

Tabel 8 Type en relevante risicodragers per overweg

De verschillende typen overwegen en overpaden zijn in bovenstaande tabel als volgt met kleuren weergegeven:

Fietspad
Overpad (in sommige gevallen ook gebruikt door langzaam verkeer)
Overweg
Vervalt

6 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het risicomodel weergegeven. We zullen de relatieve verandering van het risico per risicogroep weergeven, met daarbij een overzicht van de bijdragen van de verschillende overwegen en overpaden en uitleg over de belangrijkste invloeden die de relatieve verandering van het risico veroorzaken.

Het risico is voor alle beschouwde risicogroepen primair gedefinieerd als het verwachte aantal doden in de risicogroep per jaar. Voor inzittenden van de railvoertuigen (reizigers en bestuurders) wordt daarnaast ook de verandering van het persoonlijk risico bepaald (zie paragraaf 5.2). Voor reizigers is het persoonlijk risico gedefinieerd als de overlijdenskans per reizigerskilometer. Voor bestuurders is het persoonlijk risico gedefinieerd als de overlijdenskans per persoon per jaar. Door de toename van de vervoersomvang (dus zowel het aantal reizigerskilometers als het aantal FTE bestuurders) zal de relatieve verandering van het persoonlijk risico voor deze risicogroepen kleiner zijn dan de relatieve verandering van het verwachte aantal dodelijke slachtoffers per jaar in deze risicogroepen.

We zullen bovendien zowel de relatieve risico's inclusief wijziging van de wegverkeersfrequenties als de relatieve risico's zonder gewijzigde wegverkeersfrequenties (zonder autonome invloeden) berekenen. Dit wordt beschreven in de volgende paragrafen.

6.1 Risicoverandering inclusief autonome effecten

6.1.1. Totaalresultaten

De totaalresultaten van relatieve risicoverandering per risicogroep (inclusief autonome effecten) zijn in Tabel 9 weergegeven:

Risicogroep	Totaal risico 2015, relatief t.o.v. 2008	Persoonlijk risico 2015, relatief t.o.v. 2008
Reizigers op overpaden	1,5	-
Langzaam verkeer op overwegen	2,9	-
Snelverkeer op overwegen	1,3	-
Reizigers in trein / light-rail	6,4	3,6
Bestuurders	6,4	4,3

Tabel 9 Totaalresultaten van relatieve risico's per risicogroep in 2015 ten opzichte van 2008

In Bijlage V worden de modelresultaten per risicogroep en per overweg of overpad in detail weergegeven.

In de volgende paragrafen worden de resultaten per risicogroep verder besproken.

6.1.2. *Reizigers op overpaden*

In Tabel 9 is te zien dat het risico voor reizigers op overpaden iets toeneemt. De grootste bijdrage aan het risico wordt zowel in 2008 als in 2015 geleverd door het overpad Vlaardingen-Centrum, met name vanwege het grote aantal reizigers dat van het overpad gebruik maakt. De grootste bijdrage aan de stijging komt echter van de halte Vlaardingen-West en de nieuwe halte Maassluis Steendijkpolder. De toename in Vlaardingen-West wordt met name veroorzaakt door de toename van het aantal reizigers op het overpad en de toename van de treinfrequentie.

6.1.3. *Langzaam verkeer op overwegen*

In Tabel 9 is te zien dat het risico voor langzaam verkeer op overwegen ongeveer drie maal zo groot wordt. De grootste bijdrage aan het risico wordt in 2008 geleverd door de Burg. De Jonghkade / Deltaweg in Maassluis, met name door de grote hoeveelheid langzaam verkeer die van de overweg gebruik maakt en de relatief hoge treinsnelheid op die locatie. In 2015 is naast de Burg. De Jonghkade / Deltaweg ook de Maasweg in Maassluis dominant, ook vanwege de grote hoeveelheden langzaam verkeer. Ook het overpad Maassluis-West levert een significante bijdrage aan het risico in 2015, maar deze is wel kleiner dan de bijdrage van de bovengenoemde overwegen. De stijging van het risico komt bijna geheel voor rekening van de genoemde overwegen en het overpad Maassluis-West, met name van de overweg Maasweg.

6.1.4. *Snelverkeer op overwegen*

In Tabel 9 is te zien dat het risico voor snelverkeer op overwegen iets toeneemt. De grootste bijdrage aan het risico wordt in 2008 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan en de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland, met name vanwege de relatief hoge snelheid en de korte tijd die beschikbaar is voor het waarnemen van stilstaande voertuigen op de overweg. In 2015 komen de grootste bijdragen van de Oosthavenkade in Vlaardingen en de Maasweg in Maassluis. De nieuwe overwegen hebben slechts een beperkte invloed op het totale risico. Voor sommige overwegen daalt het risico. De grootste winst wordt daarbij behaald door de betere remkarakteristieken van het materieel en de bijbehorende verbeterde mogelijkheden voor het railvoertuig om tijdig te stoppen voor stilstaande voertuigen. Ook het verdwijnen van de overweg Marathonweg heeft een significante invloed op het risico.

6.1.5. *Reizigers in trein / light-railvoertuig*

In Tabel 9 is te zien dat het totale risico voor reizigers in het railvoertuig behoorlijk toeneemt, i.e. met meer dan een factor 6. Ook hier wordt de grootste bijdrage aan het risico in 2008 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan en de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland, ook weer vanwege de relatief hoge snelheid en de korte tijd die beschikbaar is voor het waarnemen van stilstaande voertuigen op de overweg. In 2015 komen de grootste bijdragen van de Oosthavenkade, de Westhavenkade en de Wagnerstraat in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan, de Burg. De Jonghkade / Deltaweg en de Maasweg in Maassluis en de nieuwe overweg Strandboulevard in Hoek van Holland. Voor elke overweg neemt daarbij het risico toe. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn de kleinere botssterkte en de grotere kans op ontsporing van het light-railvoertuig en de relatief hoge snelheden rond de overwegen, die bereikt worden

dankzij goede aanzet- en remkarakteristieken. De grotere kans op een tijdige remming (vanwege diezelfde verbeterde remkarakteristieken en bijbehorende toename van de beoordelingstijd van de situatie) kan dit onvoldoende compenseren.

In Tabel 9 is ook te zien dat het persoonlijk risico voor reizigers in het railvoertuig met een factor 3,5 toeneemt. Volgens verwachting is de toename van het persoonlijk risico kleiner dan de toename van het totale risico voor alle reizigers samen.

Overigens moet bij deze relatieve stijging worden aangetekend, dat het risico voor reizigers bij een aanrijding slechts een klein deel vormt van het totale reizigersrisico. Het risico voor reizigers wordt gedomineerd door incidenten bij in- en uitstappen en botsingen met andere railvoertuigen. De absolute stijging van het risico voor inzittenden van het railvoertuig zal dus veel minder groot zijn dan de relatieve stijging van dit risico suggereert.

6.1.6. *Bestuurders*

In Tabel 9 is te zien dat ook het totale risico voor bestuurders behoorlijk toeneemt, i.e. met meer dan een factor 6. Hierbij spelen dezelfde modelaspecten een rol als bij het risico voor reizigers in het railvoertuig. Ook hier wordt de grootste bijdrage aan het risico in 2008 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan en de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland. In 2015 komen ook hier de grootste bijdragen van de Oosthavenkade, de Westhavenkade en de Wagnerstraat in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan, de Burg. De Jonghkade / Deltaweg en de Maasweg in Maassluis en de nieuwe overweg Strandboulevard in Hoek van Holland. Voor elke overweg neemt daarbij het risico toe. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn weer de kleinere botssterkte en de grotere kans op ontsporing van het light-railvoertuig en de relatief hoge snelheden rond de overwegen. De grotere kans op een tijdige remming kan dit ook hier onvoldoende compenseren.

In Tabel 9 is ook te zien dat het persoonlijk risico voor bestuurders met ruim een factor 4 toeneemt. Ook voor bestuurders is de toename van het persoonlijk risico kleiner dan de toename van het totale risico voor alle bestuurders samen.

Ook hier moet bij deze relatieve stijging worden aangetekend dat het risico voor bestuurders bij een aanrijding slechts een klein deel vormt van het totale bestuurdersrisico. Het risico voor bestuurders wordt gedomineerd door botsingen met andere railvoertuigen. De absolute stijging van het risico voor bestuurders van het railvoertuig zal dus minder groot zijn dan de relatieve stijging van dit risico suggereert.

De gedetailleerde resultaten per risicogroep en per overweg of overpad worden in Bijlage V gegeven.

6.2 Risicoverandering zonder autonome effecten

In deze paragraaf worden opnieuw de resultaten van het risicomodel weergegeven, echter nu zonder de invloed van de verandering van wegverkeersintensiteit mee te

nemen. De verandering van aantallen reizigers op overpaden nemen we wel mee in deze analyse, aangezien dit een aspect is dat wel samenhangt met de ontwikkeling van de Hoekse Lijn. Verder hebben we vanwege het ontbreken van gegevens over de fictieve huidige verkeersintensiteit op de toekomstige overwegen ten westen van de halte Hoek van Holland Strand I aangenomen, dat de fictieve huidige verkeersintensiteiten op die overwegen gelijk zijn aan de prognoses voor 2015. Verder hebben we ook hier gebruikt, dat de overweg Marathonweg zal verdwijnen, dus de wegverkeersintensiteit voor deze overweg is ook in 2015 gelijk aan 0.

Risicogroep	Totaal risico 2015, relatief t.o.v. 2008	Persoonlijk risico 2015, relatief t.o.v. 2008
Reizigers op overpaden	1,5	-
Langzaam verkeer op overwegen	1,7	-
Snelverkeer op overwegen	1,4	-
Reizigers in trein / light-rail	7,1	4,0
Bestuurders	7,1	4,8

Tabel 10 Totaalresultaten van relatieve risico's per risicogroep in 2015 ten opzichte van 2008, zonder autonome verkeersontwikkelingen

Tabel 10 laat zien dat ook zonder de autonome ontwikkelingen de risico's voor reizigers op overpaden en snelverkeer op overwegen licht toenemen, de risico's voor langzaam verkeer op overwegen wat meer toenemen en de risico's voor personen in het railvoertuig relatief gezien aanzienlijk toenemen.

De verschillen met de resultaten inclusief autonome effecten zijn relatief klein, met uitzondering van het risico voor langzaam verkeer op overwegen. Voor langzaam verkeer is er (ten opzichte van de resultaten inclusief autonome ontwikkelingen) een duidelijke daling van de relatieve toename van het risico. De invloed van de wegverkeersintensiteit op het risico is voor deze risicogroep het duidelijkst. Te zien is dat zonder de autonome ontwikkelingen de risico's voor langzaam verkeer op de meeste overwegen licht toenemen en dat de Burg. De Jonghkade / Deltaweg verreweg de grootste bijdragen levert. De stijging van het totale risico wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door deze overweg en door de nieuwe overweg Strandweg in Hoek van Holland. Hierbij moet worden aangetekend, dat de aanname dat de (onbekende) huidige verkeersintensiteit op de Strandweg gelijk is aan die in 2015, mogelijk erg conservatief is.

De relatieve risico's voor snelverkeer op overwegen en voor personen in het railvoertuig zijn wat groter. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de modellering van de effectieve verkeersfrequentie (zie paragraaf 5.5.8 en Figuur 3 in Bijlage I), waarbij een stijging van de intensiteit van snelverkeer niet per definitie leidt tot een stijging van het risico. Ook speelt mee dat de daling van de intensiteit van snelverkeer op de Prinses Julianalaan in Maassluis nu niet is meegenomen. De invloeden van de modelaspecten zijn verder vergelijkbaar met de invloeden zoals die zijn beschreven in paragraaf 6.1.

6.3 Invloed tunnel Marathonweg op overwegrisico

In de analyse is het uitgangspunt aangehouden dat de overweg Marathonweg in Vlaardingen wordt vervangen door een onderdoorgang. Omdat het ten tijde van het uitvoeren van deze analyse nog niet geheel zeker was dat dit daadwerkelijk zou gebeuren, is als alternatief ook de situatie beschouwd waarbij de overweg Marathonweg wel gehandhaafd blijft. Daarbij worden ook voor die overweg de verkeersgegevens voor 2015 uit Bijlage VI aangehouden.

De totaalresultaten van relatieve risicoverandering per risicogroep inclusief autonome ontwikkelingen zijn in Tabel 11 weergegeven:

Risicogroep	Totaal risico 2015, relatief t.o.v. 2008	Persoonlijk risico 2015, relatief t.o.v. 2008
Reizigers op overpaden	1,5	-
Langzaam verkeer op overwegen	3,1	-
Snelverkeer op overwegen	1,3	-
Reizigers in trein / light-rail	6,7	3,8
Bestuurders	6,7	4,5

Tabel 11 Totaalresultaten van relatieve risico's per risicogroep in 2015 ten opzichte van 2008, in geval overweg Marathonweg gehandhaafd blijft, inclusief autonome ontwikkelingen

In de resultaten is te zien, dat het handhaven van de overweg Marathonweg zorgt voor een lichte stijging van de risico's voor langzaam verkeer op overwegen en inzittenden van het railvoertuig. De bijdrage van de overweg Marathonweg in 2015 blijkt voor alle risicodragers niet dominant: er zijn voor elke risicodrager meerdere andere overwegen die een grotere bijdrage aan het risico leveren. Dit zijn uiteraard dezelfde overwegen die ook in paragraaf 6.1 zijn genoemd.

Vervolgens beschouwen we de situatie inclusief de overweg Marathonweg, maar zonder autonome ontwikkelingen, analoog aan paragraaf 6.2. De bijbehorende totaalresultaten van relatieve risicoverandering per risicogroep zijn in Tabel 12 weergegeven:

Risicogroep	Totaal risico 2015, relatief t.o.v. 2008	Persoonlijk risico 2015, relatief t.o.v. 2008
Reizigers op overpaden	1,5	-
Langzaam verkeer op overwegen	1,8	-
Snelverkeer op overwegen	1,5	-
Reizigers in trein / light-rail	7,4	4,2
Bestuurders	7,4	5,0

Tabel 12 Totaalresultaten van relatieve risico's per risicogroep in 2015 ten opzichte van 2008, in geval overweg Marathonweg gehandhaafd blijft, zonder autonome ontwikkelingen

Aan de resultaten is te zien, dat de autonome ontwikkelingen met name invloed hebben op het risico voor langzaam verkeer op overwegen. Zonder de invloed van de stijging van de intensiteit van langzaam verkeer is de stijging van het totale risico voor langzaam verkeer beduidend lager. Verder is te zien dat de risico's voor snelverkeer en voor inzittenden van het railvoertuig zonder autonome ontwikkelingen groter zijn. Dit wordt mede veroorzaakt door de modellering van de effectieve verkeersfrequentie, waarbij een stijging van de intensiteit van snelverkeer niet per definitie leidt tot een stijging van het risico. Verder is ook hier te zien dat het handhaven van de overweg Marathonweg weliswaar leidt tot een lichte stijging van de risico's, maar dat de overweg Marathonweg zelf daaraan niet de grootste bijdrage levert.

7 Conclusies

De conclusies van de analyse van het risico op overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn zijn de volgende:

1. Het risico voor reizigers op overpaden (in termen van totale aantallen dodelijke slachtoffers per jaar) is in 2015 iets hoger dan in 2008. Het overpad Vlaardingen-Centrum levert in de huidige en toekomstige situatie de grootste bijdrage aan het risico.
2. Het risico voor langzaam verkeer op overwegen is in 2015 bijna drie keer zo hoog als in 2008. Met name de bijdragen van de Burg. De Jonghkade / Deltaweg en de Maasweg in Maassluis zijn hierbij dominant.
3. Het risico voor snelverkeer op overwegen zal ten opzichte van de huidige situatie iets toenemen.
4. Het totale risico voor inzittenden van het railvoertuig (i.e. reizigers en rijdend personeel) zal aanzienlijk toenemen, naar schatting met een factor 6. Het persoonlijk risico voor deze risicodragers (i.e. voor reizigers de overlijdenskans per reizigerskilometer en voor bestuurders de overlijdenskans per persoon per jaar) neemt minder sterk toe, namelijk met een factor 3 à 4.

Daarbij moet worden aangetekend, dat het risico voor inzittenden van het railvoertuig bij een aanrijding slechts een klein deel vormt van het totale risico voor inzittenden. De totale absolute stijging van het risico voor inzittenden zal dus veel minder groot zijn dan de relatieve stijging suggereert.

5. De belangrijkste factoren die het risico verhogen zijn:
 - de toename van de treinfrequentie;
 - de vaak hogere treinsnelheden op overwegen, vanwege de goede aanzet- en remkarakteristieken;
 - de toename van het aantal reizigers op overpaden;
 - de lagere botssterkte van het materieel en de grotere kans op ontsporing na een aanrijding, voor inzittenden van het light-railvoertuig.
6. Verlaging van het risico wordt met name veroorzaakt door:
 - betere remkarakteristieken van het light-railvoertuig, waardoor er meer tijd beschikbaar is voor beoordeling van situaties met een stilstaand voertuig op een overweg;
 - het vervallen van de overweg Marathonweg.

De invloed hiervan is het duidelijkst te zien in het risico voor snelverkeer op overwegen.

Daarnaast beperkt het toepassen van valhekken onder overpadbomen de toename van het risico voor reizigers op overpaden.

7. De relatieve veranderingen van de risico's voor de verschillende risicogroepen zijn zonder autonome ontwikkelingen niet substantieel anders dan de risicoveranderingen inclusief autonome ontwikkelingen. De ontwikkelingen in de wegverkeersomvang hebben dus slechts een beperkt effect op de risico's. De grootste invloed van de autonome ontwikkelingen is zichtbaar in het risico voor langzaam verkeer, dat zonder autonome ontwikkelingen een duidelijk lichtere stijging vertoont.

8. Het handhaven van de overweg Marathonweg levert een lichte stijging op van het risico. De bijdrage van de overweg Marathonweg is echter niet dominant in het totale risico. Dit geldt ook voor de situatie waarbij de autonome ontwikkelingen buiten beschouwing worden gelaten.

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Rotterdam, dS+V
R. de Zutter

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Rail
RAMS & Risicobeheer

Kamer SBT 5.21
Postbus 2855
3500GW Utrecht

Telefoon +31302655179

Telefax +31302653499

Auteur Joost Vermeulen, Marcel Grob, Wim Kruidhof
Adviseurs

Projectnummer IN150331/200

Bijlage I Uitwerking risicomodel

I.1. Het bepalen van de risicotoename

De factor voor de totale risicotoename van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie wordt bepaald via de vergelijking.

$$\Delta R = \frac{\text{ToekomstigRisiko}}{\text{HuidigRisiko}}$$

Er zijn op de Hoekse Lijn 17 overwegen en overpaden (zie Bijlage III). Het betreft overwegen van het type AHOB en AOB.

In dit model wordt verondersteld dat:

- Alle overwegen op de Hoekse lijn zijn hetzelfde op slechts enkele aspecten na.
- Alle overwegen op de Hoekse lijn in de toekomst zijn gelijk aan die van nu op enkele aspecten na.
- Het risicoverschil tussen twee overwegen kan worden uitgedrukt met de ratio van hun risico's.

De aspecten die het verschil tussen de overwegen en dus het verschil in risico bepalen worden gereduceerd tot een factor $f(O_{ref}, O_n)$. $f(O_{ref}, O_n)$ is de ratio tussen de risico's die bestaan op de twee overwegen O_{ref} en O_n .

$f(O_{ref}, O_n) = \frac{R_n}{R_{ref}}$	$f(O_{ref}, O_n)$ = Risicoratio van overwegen O_n en O_{ref} . R_{ref} = Basisrisico dat bestaat op de referentieoverweg (onbekend). R_n = Risiko dat bestaat op overweg O_n (onbekend).
---	--

Er wordt gebruik gemaakt van een referentierisico R_{ref} dat bestaat op overweg O_{ref} . Voor het risico op een willekeurige andere overweg O_n geldt dan $R_n = R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_n)$. Als overweg O_1 als referentie wordt genomen, geldt voor alle overwegen in de huidige situatie dus:

Overweg	$O_1 = O_{ref}$	O_2	O_3	...	...	O_{18}
R_n	$R_1 = R_{ref}$	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_2)$	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_3)$	...	...	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_{17})$

Het totale risico in de huidige situatie kan nu bepaald worden via:

$$HuidigRisiko = \sum_{n=1}^{17} R_n = R_{ref} (1 + f(O_{ref}, O_2) + f(O_{ref}, O_3) + \dots + \dots + f(O_{ref}, O_{17}))$$

Hierbij is als voorbeeld gekozen om O_1 als referentie te nemen. Dan volgt:

$$f(O_{ref}, O_1) = \frac{R_1}{R_{ref}} = 1.$$

In de toekomst zal één overweg verdwijnen en zullen drie nieuwe overwegen en een overpad toegevoegd worden. Als OT_n een nieuwe overweg is of een toekomstige versie van een bestaande overweg, dan geldt voor het risico in de toekomst:

Overweg Toekomst	OT_1	...	OT_{17}	OT_{18}	...	OT_{21}
RT_n	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, OT_1)$	...	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, OT_{17})$	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, OT_{18})$	...	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, OT_{21})$

Hierbij wordt voor de overweg die wordt verwijderd de risicofactor gelijkgesteld aan nul, onder meer doordat de toekomstige verkeersfrequentie gelijk is aan nul.

Het totale risico in de toekomstsituatie kan nu bepaald worden via:

$$Toekomstig_Risiko = \sum_{n=1}^{21} RT_n = R_{ref} (f(O_{ref}, OT_1) + \dots + f(O_{ref}, OT_{17}) + f(O_{ref}, OT_{18}) + \dots + f(O_{ref}, OT_{21}))$$

Voor het bepalen van ΔR wordt het toekomstig risico gedeeld door het huidig risico:

$$\Delta R = \frac{R_{ref} (f(O_{ref}, OT_1) + \dots + f(O_{ref}, OT_{21}))}{R_{ref} (1 + f(O_{ref}, O_2) + f(O_{ref}, O_3) + \dots + f(O_{ref}, O_{17}))}$$

vereenvoudiging levert:

$$\Delta R = \frac{f(O_{ref}, OT_1) + \dots + f(O_{ref}, OT_{21})}{1 + f(O_{ref}, O_2) + f(O_{ref}, O_3) + \dots + f(O_{ref}, O_{17})}$$

Duidelijk wordt dat de totale risicotoename ΔR kan worden bepaald door uitsluitend te kijken naar de factoren $f(O_{ref}, O_n)$ en $f(O_{ref}, OT_n)$.

Omdat zowel R_{ref} als R_n en RT_n onbekend zijn, kan $f(O_{ref}, O_n)$ niet direct gevonden worden. Wel is het mogelijk om de aspecten te identificeren die bepalend zijn voor het risicoverschil bij overwegen. Deze aspecten kunnen dan gebruikt worden om een vergelijking voor $f(O_{ref}, O_n)$ op te stellen. Dit wordt beschreven in de volgende paragrafen.

1.2. Het bepalen van factoren die het verschil uitmaken

Verondersteld wordt dat de factoren $f(O_{ref}, O_n)$ respectievelijk $f(O_{ref}, OT_n)$ bepaald worden door een aantal onderdeelfactoren die bepaald worden aan de hand van verschillen tussen de overwegen nu en in de toekomst. Hierbij moet gedacht worden aan verschil in remvertraging van de trein, gewijzigde verkeersfrequentie, gewijzigde treinfrequentie enz.

De situatie op de overwegen zal op de volgende wijze wijzigen:

Aspect	Huidige situatie	Toekomstige situatie
Rijdend materieel	Zwaar materieel: 150 ton	Licht materieel: +/- 65 ton
Noodremvertraging	+/- 1 m/s^2	+/- 3.2 m/s^2
Baanvaksnelheid	130 km/h (zie [7])	100 km/h
Beveiliging overpaden	AOB's ⁷ zonder valhekken	AOB's met valhekken (zie [23])
Treinfrequentie	max. 168 treinen per etmaal	max. 264 treinen per etmaal
Verkeersfrequentie	Afhankelijk van overweg	Afhankelijk van overweg, algemeen: toename
Aantal overwegen	17 overwegen	20 overwegen (1 weg, 4 erbij)

Dertien verschillende onderdeelfactoren die bepalend zijn voor het risicoverschil zijn geïdentificeerd. Dit is in paragraaf 5.3 uitgebreider beschreven.

De factoren zijn:

- Snelheid van de trein;
- Remvertraging;
- Massa van de trein;
- Wachttijden bij de overweg;
- Treinfrequentie;
- Het aantal reizigers per trein;
- De sterkte van het treinmaterieel;
- Kans op ontsporing;
- Kans op escalatie van ontsporing;
- Verkeersfrequentie (inclusief aantallen reizigers op overpaden);
- Layout en complexiteit van de situatie bij de overweg;
- Aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen;
- Toevoegen of weghalen van overwegen en overpaden.

Voor vijf verschillende risicogroepen moet de risicotoename ΔR bepaald worden. Deze groepen zijn:

- Reizigers op overpaden;
- Langzaam verkeer (voetgangers, fietsers);
- Snelverkeer (auto's, vrachtauto's, motoren);

⁷ Met uitzondering van het overpad bij de halte Hoek van Holland Haven, dat beveiligd is met een AKI.

- Passagiers in de trein;
- Bestuurder.

N.B.: De aanname is, dat conducteurs en ander rijdend personeel dat zich niet in de cabine bevindt een gelijke verandering van het risico ondervinden als reizigers in de trein. Om die reden worden deze risicodragers niet apart beschouwd.

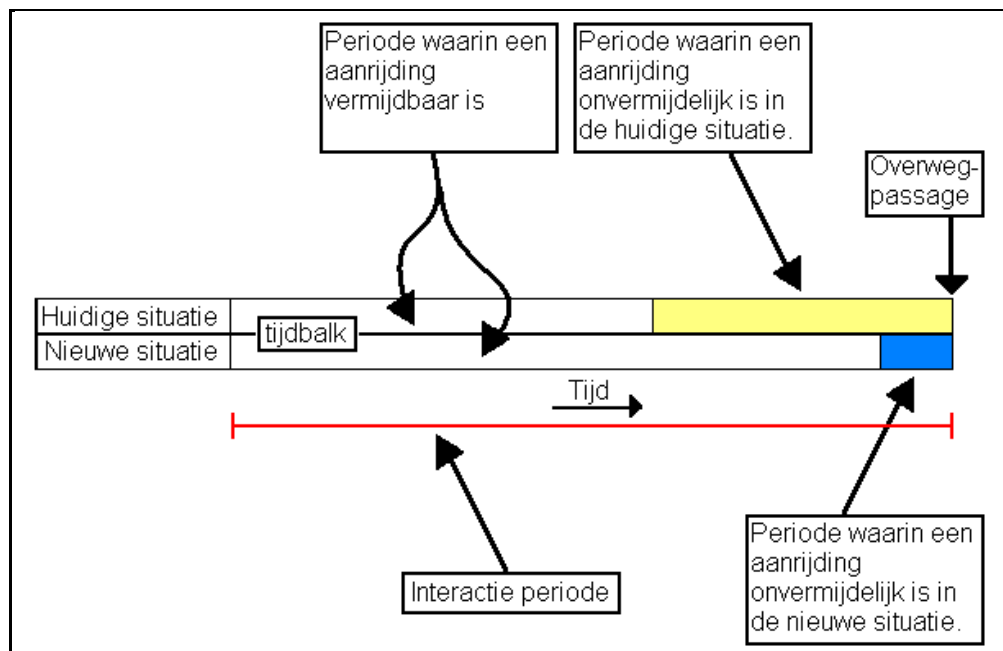
Per onderdeelfactor zal nu bepaald worden wat de gevolgen zijn voor het risico bij de verschillende groepen.

I.2.1. Snelheid, remvertraging en massa van de trein

Deze drie items zijn verbonden via de wetten van de klassieke mechanica en worden om die reden samen genomen.

Invloed remvertraging op frequentie van aanrijdingen

Bij het bepalen van de invloed van de remvertraging op de botskans van een trein met wegverkeer, wordt ervan uitgegaan dat de remvertraging (a) bepalend is voor de tijdperiode waarin een botsing onvermijdelijk is. Deze periode is de tijd die een trein nodig heeft om met vertraging a vanaf beginsnelheid $v(0)$ eindsnelheid $v(t)$ te bereiken. In de analyse wordt aangenomen dat de botskans recht evenredig is met de tijdperiode waarin een botsing kan ontstaan ten opzichte van de interactieperiode. Hierbij begint de periode dat een aanrijding onvermijdelijk is op het moment dat de kop van de trein zich op noodremwegafstand bevindt en eindigt op het moment dat de kop van de trein de overweg bereikt. Een en ander is schematisch in Figuur 2 weergegeven. Er is in de illustratie van Figuur 2 uitgegaan van een ongewijzigde treinfrequentie. Bij een gewijzigde treinfrequentie zal de ratio tussen de oude en de nieuwe frequentie gebruikt worden om het relatieve risico te corrigeren (zie paragraaf I.2.3).



Figuur 2: Deze afbeelding laat zien hoe de periode waarin een aanrijding onvermijdelijk is lineair verband houdt met de tijdsperiode waarin een botsing kan ontstaan ten opzichte van de interactieperiode.

Er geldt:

$v(t) = v(0) + a \cdot t$	Verg. (1)	$v(t) = \text{Eindsnelheid}$ $v(0) = \text{Beginsnelheid}$ $a = \text{Versnelling}$ $t = \text{Tijd}$
---------------------------	-----------	--

Uit de bovenstaande vergelijking blijkt dat de tijdsperiode waarin een botsing onvermijdelijk is, recht evenredig is met de beginsnelheid en omgekeerd evenredig met de versnelling. Voor de factor voor de invloed van de treinsnelheid op de kans op een aanrijding nemen we dus aan:

$$p_{\text{snelheid}} = \frac{v_{\text{nieuw}}}{v_{\text{oud}}}.$$

In het geval dat vanaf baanvak-snelheid ($v(0)$) afgeremd wordt naar stilstand $v(t) = 0$ geldt:

$$t = -\frac{v(0)}{a}$$

Bij gelijke baanvak-snelheid (deze wordt apart verrekend, zoals boven is aangegeven) zijn de ratio's van de tijden, die in de oude en de nieuwe situatie nodig zijn om tot stilstand te komen, een maat voor de gewijzigde kans op een aanrijding:

$$f = \frac{t_{\text{nieuw}}}{t_{\text{oud}}} = \frac{-\frac{v(0)}{a_{\text{nieuw}}}}{-\frac{v(0)}{a_{\text{oud}}}} \Rightarrow f = \frac{a_{\text{oud}}}{a_{\text{nieuw}}}$$

Een alternatieve aanpak zou zijn om uit te gaan van de ratio's tussen de benodigde afstanden in plaats van benodigde tijden. Nadere bestudering van de bewegingsvergelijking leert dat deze ratio's hetzelfde zijn.

Invloed reactietijd bestuurder op frequentie van aanrijdingen

In bovenstaande formules is uitgegaan van de vereenvoudigde situatie, waarin een overweggebruiker op een willekeurig moment op de baan komt en daar blijft staan, waarbij de bestuurder op het moment dat de overweggebruiker het spoor betreedt direct een remming inzet. Hierbij wordt dus geen rekening gehouden met situaties waarbij een voertuig (ruim voordat een trein in de buurt van een overweg komt) met bijvoorbeeld pech op een overweg tot stilstand is gekomen, maar de remweg van de

trein te lang is om dit tijdig te zien. Bij aanrijdingen die hebben plaatsgevonden in de afgelopen 10 jaar op de Hoekse Lijn betrof het veelal situaties waarbij een wegvoertuig met pech tot stilstand was gekomen, of moeite had om de overweg te verlaten vanwege een moeilijke verkeerssituatie rondom de overweg. Uit de analyse van landelijke casuïstiek is verder gebleken, dat ook voor langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden de oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg" een significante bijdrage aan het risico geeft (zie paragraaf 4.3).

Met het sneller remmend materieel zal bij een snelheid van 100 km/h een afstand van circa 140 meter voldoende zijn. In de huidige situatie is bij 130 km/h circa 590 meter nodig. Op de Hoekse Lijn zitten weinig scherpe bochten, dus kan er ver gekeken worden. Er is in theorie dus circa 450 meter extra om een stilstaand object te herkennen en te beoordelen of stoppen noodzakelijk is. Bij een remweg van circa 140 m zal het in veel gevallen mogelijk zijn om tijdig stil te staan. Bij een remweg van 590 m zullen de benodigde zichtlengte, de mogelijkheid om op afstand een gevaarlijke situatie in te schatten en de alertheid van de bestuurder in veel gevallen factoren zijn die de kans op een aanrijding vergroten.

Deze verbetering wordt meegerekend door de tijd die beschikbaar is vanaf het aankondigingspunt in 2008 te vergelijken met de situatie in 2015. Daarbij nemen we aan dat de beoordeling van de situatie door de bestuurder zal starten als het railvoertuig zich op een afstand van 400 m tot de overweg bevindt. Deze afstand is gelijk aan de grootste zichtbaarheidsafstand uit AV133.1 [21], waarbij een seinbeeld correct waarneembaar moet zijn. Enerzijds is met name een wegvoertuig groter dan een sein, anderzijds is het seinbeeld door de verlichting eenvoudiger te interpreteren dan de manoeuvres van een voertuig, zeker in de avond en nacht. Bovendien is beoordeling van grote afstand onmogelijk als het spoor zich in een boog bevindt. De inschatting is dat op grotere afstanden dan 400 m het correct interpreteren van de stilstand van een voertuig zeer moeilijk zal zijn. Verder is in het model de verlaging van het risico kleiner als deze startafstand groter wordt gekozen, zoals uit onderstaande beschrijving van de modellering duidelijk zal worden. De keuze van een startafstand van 400 m is dus conservatief.

Bij de bepaling van de tijd die beschikbaar is gaan we niet uit van de baanvaksnelheid ter plaatse, maar van de snelheid zoals die ter plaatse gereden zal worden, gegeven halteringen en aanzet- en remkarakteristieken (zie paragraaf 5.4). Hierdoor zal in de meeste gevallen de werkelijke snelheid van het railvoertuig op het moment van reactie op een stilstaand voertuig op een overweg beduidend lager zijn dan de baanvaksnelheid van 130 km/h respectievelijk 100 km/h. De benodigde remweg is daardoor ook aanzienlijk korter.

Bij een huidige beginsnelheid van bijvoorbeeld 100 km/h heeft de trein in 2008 ca. 335 m nodig om tot stilstand te komen. De beschikbare afstand om in te schatten dat er iets mis is wordt dan gelijk aan $400 \text{ m} - 335 \text{ m} = 65 \text{ m}$. De beschikbare tijd is dus de periode waarin 65 m wordt afgelegd. Dat is bij 100 km/h 2,4 s. In de situatie van 2015 heeft het lightrail-voertuig bij een beginsnelheid van 100 km/h slechts 150 m nodig om tot stilstand te komen. Er is in dat geval een periode waarin 250 m kan

worden afgelegd over om te beoordelen of er iets op de overweg aan de hand is. In dit geval heeft de bestuurder dus 8,8 s tijd voor de beoordeling. In de huidige situatie is het 2,4 s. De risicoreductiefactor wordt symbolisch weergegeven als $\frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}$. Deze

risicoreductiefactor is in dit voorbeeld gelijk aan $\frac{2,4}{8,8}$. Hierbij wordt een

grenswaarde voor de reductiefactor van $\frac{1}{2}$ aangehouden, vanwege het feit dat de mogelijkheden voor een tijdige reactie niet onbeperkt zijn. Deze begrenzing van de reductiefactor tot $\frac{1}{2}$ wordt onder andere toegepast als de beschikbare reactietijd in de huidige situatie heel klein is of zelfs negatief (i.e. als de noodremweg ongeveer gelijk is aan of groter is dan de maximale zichtafstand van 400 m). De begrenzing van de reductiefactor wordt bewerkstelligd door de reactietijd voor de huidige situatie zodanig aan te passen zodat deze de helft is van de berekende reactietijd voor de nieuwe situatie. Voor overwegen die niet meer bestaan in de nieuwe situatie (i.e. de Marathonweg in Vlaardingen) wordt voor de huidige reactietijd het gemiddelde genomen van de reactietijden van vergelijkbare overwegen.

De beschreven risicoreductiefactor wordt niet toegepast op het totale risico. De betere mogelijkheden om tijdig een situatie te beoordelen en een noodremming in te zetten hebben immers alleen effect op het deel van de aanrijdingen dat veroorzaakt wordt door overweggebruikers die niet tijdig de overweg weten te verlaten. We introduceren daarom variabelen $\varphi_{stil,mv}$, $\varphi_{stil,lv}$ en $\varphi_{stil,overpad}$, respectievelijk voor de fractie incidenten met snelverkeer (gemotoriseerd verkeer) op overwegen met oorzaak "kwam niet weg", de fractie incidenten met langzaam verkeer op overwegen met oorzaak "kwam niet weg" en de fractie incidenten op overpaden met oorzaak "kwam niet weg". Volgens de analyse van casuïstiek in paragraaf 4.3 zijn deze fracties respectievelijk 22%, 6% en 17%.

De remvertraging heeft alleen invloed op die fractie incidenten. De factor voor de invloed van de remvertraging op de kans op een aanrijding wordt dan voor snelverkeer en inzittenden van het railvoertuig als volgt:

$$p_{rem} = p_{rem,snelverkeer} = \left(\varphi_{stil,mv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} \right) + (1 - \varphi_{stil,mv}). \quad \text{Verg. (2)}$$

Op dezelfde manier geldt voor langzaam verkeer op overwegen:

$$p_{rem} = p_{rem,langzaam\ verkeer} = \left(\varphi_{stil,lv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} \right) + (1 - \varphi_{stil,lv})$$

Voor reizigers op overpaden geldt:

$$p_{rem} = p_{rem,overpaden} = \left(\varphi_{stil,overpad} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} \cdot \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}} \right) + (1 - \varphi_{stil,overpad}).$$

Voor elke overweg hebben deze formules een andere waarde, vanwege de verschillen in snelheden ter plaatse, waardoor de beschikbare reactietijden variëren en ook de noodremvertragingen kunnen verschillen. Dat laatste is het gevolg van het feit dat de noodremvertraging afhankelijk is van de momentane snelheid. In plaats van het complexe verband tussen snelheid en remvertraging wordt, gegeven de beginsnelheid, een constante effectieve noodremvertraging berekend. Deze effectieve noodremvertraging is zodanig dat de noodremweg bij deze constante vertraging overeenkomt met de noodremweg bij de snelheidsafhankelijke noodremvertraging (zie paragraaf 5.4).

De periode waarin een bestuurder/machinist de mogelijkheid heeft om te beoordelen dat er iets op de overweg staat speelt zich in de toekomstige situatie af op een kleinere afstand vanaf de overweg. Hierdoor zal de huidige situatie in werkelijkheid nog wat slechter scoren dan in bovenstaande formules is gemodelleerd. De aanname dat verg. (2) een juiste weergave is van de gewijzigde kans op een aanrijding is dus conservatief te noemen.

De belangrijkste aannamen voor p_{rem} zijn:

- De ratio van de tijden, die in de oude en de nieuwe situatie nodig zijn om tot stilstand te komen, houdt lineair verband met de kans op een aanrijding voor situaties waarbij een willekeurig moment een object op het spoor terecht komt en daar blijft staan.
- De ratio van tijden beschikbaar in de huidige en toekomstige situatie om te beoordelen of er iets op de baan staat levert een lineaire wijziging van de kans op een aanrijding vanwege een stilstaande overweggebruiker. De overweggebruiker kan een gemotoriseerd voertuig zijn, maar ook langzaam verkeer of een voetganger op een overweg of overpad. Dit lineaire verband is conservatief, want het moment waarop beoordeeld moet worden of een object op de baan staat speelt zich af op een punt dicht bij de overweg.
- Het waarnemen van een stilstaand voertuig op een overweg en het correct concluderen dat dit voertuig stilstaat is mogelijk vanaf een afstand van ten hoogste 400 m.

Invloed remvertraging op gevolgen van aanrijdingen

Vergelijking (2) zegt uitsluitend iets over de kans dat een botsing optreedt. Voor de gevolgen van een aanrijding kan gekeken worden naar de totale energie-overdracht die bij een botsing plaatsvindt. In het geval van wegverkeer, zowel langzaam als snel, wordt geredeneerd dat de aangereden partij via een inelastische botsing naar de snelheid van de trein wordt gebracht. Deze aanname kan worden gedaan, omdat in de meeste gevallen de massa van de trein de massa van het wegverkeer ruim overstijgt en het dus niet uitmaakt voor het wegverkeer wat de massa van de trein is. Een analyse hierover is te vinden in Bijlage II. In werkelijkheid zal een deel van de kinetische energie worden omgezet in vervorming van de beide objecten, maar in feite is de aanname in het model dat dit geen invloed heeft op de verhouding tussen de gevolgen in de nieuwe situatie en de gevolgen in de oude situatie.

De energie die nodig is om het aan te rijden voorwerp te versnellen hangt af van de massa van dat voorwerp ($m_{\text{wegverkeer}}$) en de snelheid $v(t)$ van de trein bij het passeren van de overweg.

De energie (en dus de ernst van de gevolgen) wordt berekend via:

$E(t) = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{wegverkeer}} \cdot v(t)^2 \quad \text{Verg. (3)}$ m.b.v. verg. (1) komen we dan op: $E(t) = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{wegverkeer}} \cdot (v(0) + a \cdot t)^2$	$E = \text{Energieoverdracht}$ $v(t) = \text{Eindsnelheid}$ $m_{\text{wegverkeer}} = \text{Massa wegverkeer}$ $t = \text{Tijd}$
---	---

Voor de gevolgen van een aanrijding kan gekeken worden naar één periode uit Figuur 2. De hoeveelheid energie die wordt overgedragen op het moment van een aanrijding hangt kwadratisch af van de snelheid van de trein op dat moment. Deze snelheid neemt af tijdens de remming. De over te dragen energie wordt dus steeds kleiner naarmate de remming langer duurt.

Als t_{stop} de tijd is die de trein nodig heeft om te stoppen, dan zijn per interactieperiode de gevolgen van een botsing gemiddeld:

$$E_{\text{gemiddeld}} = \frac{\int_0^{t_{\text{stop}}} \frac{1}{2} \cdot m_{\text{wegverkeer}} \cdot (v(0) + a \cdot t)^2 \cdot \partial t}{t_{\text{stop}}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_{\text{wegverkeer}}}{t_{\text{stop}}} \cdot \int_0^{t_{\text{stop}}} v(0)^2 + 2 \cdot v(0) \cdot a \cdot t + a^2 \cdot t^2 \cdot \partial t$$

$$E_{\text{gemiddeld}} = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{wegverkeer}} \cdot \frac{v(0)^2 \cdot t + v(0) \cdot a \cdot t^2 + \frac{1}{3} \cdot a^2 \cdot t^3 \Big|_0^{t_{\text{stop}}}}{t_{\text{stop}}}$$

$$E_{\text{gemiddeld}} = m_{\text{wegverkeer}} \cdot \frac{3 \cdot v(0)^2 + 3 \cdot v(0) \cdot a \cdot t_{\text{stop}} + a^2 \cdot t_{\text{stop}}^2}{6}$$

Hierbij wordt aangenomen, dat het moment van botsing uniform verdeeld is over de periode $[0, t_{\text{stop}}]$.

Uit verg. (1) volgt dat de eindsnelheid ($v(t_{\text{stop}}) = 0 \text{ m/s}$) bereikt wordt na:

$$0 = v(0) + a \cdot t_{\text{stop}} \rightarrow t_{\text{stop}} = \frac{-v(0)}{a}$$

$$E_{\text{gemiddeld}} = m_{\text{wegverkeer}} \frac{v(0)^2}{6} \quad \text{verg. (4)}$$

Alleen de massa van het wegverkeer en de beginsnelheid van de trein spelen een rol voor de gevolgen van een aanrijding. De conclusie is, dat de remvertraging niet van invloed is op de gemiddelde overgedragen energie gegeven een aanrijding. Uiteraard is de remvertraging wel van invloed op de kans op een aanrijding. Die invloed is eerder in deze paragraaf al beschreven.

Invloed snelheid treinverkeer

Wanneer verondersteld wordt dat de massa van het wegverkeer in de toekomst niet wijzigt, kan bij het vergelijken van de twee verschillende situaties de massa $m_{\text{wegverkeer}}$ buiten beschouwing worden gelaten. Te zien is dat alleen een wijziging in de baanvakssnelheid nog een rol speelt. Er geldt voor de toenamefactor voor de gevolgen:

$$G_{\text{snelheid, wegverkeer}} = \frac{E_{\text{nieuw}}}{E_{\text{oud}}} = \frac{m_{\text{wegverkeer}} \cdot \frac{v(0)_{\text{nieuw}}^2}{6}}{m_{\text{wegverkeer}} \cdot \frac{v(0)_{\text{oud}}^2}{6}} = \frac{v(0)_{\text{nieuw}}^2}{v(0)_{\text{oud}}^2},$$

ofwel in verkorte notatie

$$G_{\text{snelheid, wegverkeer}} = \frac{v_{\text{nieuw}}^2}{v_{\text{oud}}^2}. \quad \text{verg. (5)}$$

Voor langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden wordt daarbij aangenomen dat de gevolgen niet verder zullen toenemen vanaf een zekere grenswaarde voor de snelheid van de trein. Immers, bij hogere treinsnelheden zal de kans op overlijden van de aangereden persoon naderen tot 1. De gevolgen zullen dus kwadratisch toenemen met de treinsnelheid, tot aan de gekozen grenswaarde. Voor deze grenswaarde wordt 60 km/h aangehouden.

De belangrijkste aannamen voor $G_{\text{snelheid, wegverkeer}}$ zijn:

- De ernst van de gevolgen bij een aanrijding met wegverkeer is voor dat wegverkeer lineair afhankelijk van de energie die nodig is om het wegverkeervoertuig te versnellen naar de snelheid van de trein.
- Het verschil tussen de massa van de trein en het wegvoertuig is zo groot dat het voor een wegvoertuig niet uitmaakt of een aanrijding plaatsvindt met een light- of een heavy-railvoertuig (zie Bijlage II voor een nadere onderbouwing).

Invloed massa trein en wegvoertuig op gevolgen van aanrijdingen

Verg. (4) en (5) gelden in principe ook voor de inzittenden van de trein. De trein verliest namelijk de energie die nodig is om het voertuig te versnellen. Echter, voor reizigers en personeel in de trein is de massa van de trein wel van belang. Bij een lichte trein heeft een botsing een grotere vertraging tot gevolg die wel merkbaar is voor de inzittenden van de trein. Het scheelt voor de passagiers ongeveer een factor

2,5 als ze in een lichte trein zitten (65000 kg) ten opzichte van een situatie met een zware trein (150.000 kg). Een analyse hierover is te vinden in Bijlage II.

Hier geldt voor de gevolgen:

$$G_{\text{snelheid,trein}} = 2,5 \cdot \frac{v_{\text{nieuw}}^2}{v_{\text{oud}}^2}. \quad \text{verg. (6)}$$

De belangrijkste aannamen voor $G_{\text{snelheid,trein}}$ zijn:

- De ernst van de gevolgen bij een aanrijding met wegverkeer is voor de trein lineair afhankelijk van de energie die nodig is om het wegverkeervoertuig te versnellen naar de snelheid van de trein.
- Het verschil in massa tussen light- en heavy-rail is zo groot dat een lightrail voertuig een vertraging zal ondervinden die 2,5 keer zo groot is in vergelijking met een heavyrail voertuig bij een aanrijding (zie Bijlage II).

Deze factor 2,5 in verband met de gewijzigde massa is met name van belang in situaties waarbij de slachtoffers vallen bij de aanrijding zelf. Voor gevallen waarin de slachtoffers vallen bij een ontsporing van het voertuig als gevolg van de aanrijding spelen andere factoren een rol. In paragraaf I.2.6 en I.2.7 wordt uitgelegd hoe deze twee situaties worden gecombineerd.

I.2.2 Wachttijden bij overwegen

Naarmate langer bij een overweg gewacht moet worden zullen ongeduldige overweggebruikers beginnen met het passeren van gesloten overwegen. De wachttijd waarbij onveilig gedrag ontstaat verschilt per persoon. Gemiddeld zullen voetgangers en fietsers eerder geneigd zijn om de gesloten overwegbomen te passeren dan automobilisten. In [6] wordt aangenomen dat voor langzaam verkeer geldt dat bij wachttijden langer dan 40 seconden na sluiting van de bomen (dus langer dan circa 55 seconden na de passage van de aankondiging door de trein) de eerste mensen het er op zullen wagen. Voor snelverkeer wordt hiervoor 3 minuten aangehouden.

De aanname is, dat maatregelen worden genomen voor de nieuwe situatie om de wachttijden te beperken, zoals een aankondiging die is gebaseerd op het uitgangspunt dat elke reizigerstrein op elke halte halteert, waarbij de snelheid op de kop van de halte in ieder geval niet hoger is dan 50 km/h.

Verder is de aanname, dat in de toekomstige situatie de wachttijden niet zo ver zullen oplopen dat dit het risico voor snelverkeer beïnvloedt. Hierdoor zullen de wachttijden niet van invloed zijn op het risico voor personen in de trein.

De wachttijden voor langzaam verkeer (of reizigers op overpaden) in de huidige situatie kunnen wel zo groot worden dat dit de kans op aanrijding van langzaam verkeer door een trein beïnvloedt. Voor het bepalen van de factor $p_{\text{wachttijd}}$ voor de toename van de kans op aanrijding kan dan de volgende methode worden toegepast:

- voor overwegen vlak voor een halte: bepaal de remweg vanaf baanvak-snelheid tot stilstand;

- bepaal de afstand van de overweg tot de halte;
- als de remweg groter is dan de afstand van overweg tot halte: bepaal de tijd die nodig is vanaf passage van de aankondiging tot passage van de overweg door de kop van de halterende trein; de aanname hierbij is dat de aankondigingen zijn uitgelegd op een aankondigingstijd van 23 seconden gegeven de baanvaksnelheid;
- als de totale tijd voor de halterende trein kleiner is dan de grens van 55 seconden, dan nemen we conservatief aan dat in de oude situatie geen verhoogd risico optreedt vanwege lange wachttijden;
- als de totale tijd de grens van 55 seconden wel overschrijdt, dan moet een extra factor voor de kans op een incident met langzaam verkeer worden meegenomen; deze factor hangt af van de totale tijd in vergelijking met de nominale 23 seconden en de grens van 55 seconden; deze factor moet dan nader worden bepaald;
- de afstand tot de halte is afhankelijk van de rijrichting, dus van het spoor; de factor geldt in de praktijk dus slechts voor de helft van de treinen; voor de treinen in de andere richting wordt de extra wachttijd onder andere bepaald door de aanzetversnelling en de inrichting van de overwegbeveiliging (stop-door-schakeling, sluiten overweg na aanvraag bestuurder, etc.); we laten deze aspecten buiten beschouwing en nemen eenvoudigweg aan dat hiervoor dan dezelfde factor geldt als voor remmende treinen uit de andere richting.

De aanname hierbij is, dat alleen de wachttijd tot de passage van de neus van de trein van belang is, aangezien het grootste risico van incidenten bij langere wachttijden optreedt als de trein de overweg nog niet heeft bereikt. De treinlengte speelt dus geen rol in de berekening. In de praktijk is er wel een invloed van de treinlengte in het geval van passage van een tweede trein op het nevenspoor, vlak na de eerste trein. Die invloed laten we buiten beschouwing.

Als we uitgaan van de pessimistische situatie dat een trein moet stoppen op een fictieve halte die op de overweg ligt, dan geeft dat met een dienstremming vanaf 125 km/h een remweg tot aan de overweg van circa 1000 m. De bijbehorende remtijd is circa 58 seconden. De aankondiging ligt op circa 800 m van de overweg. Berekend kan worden, dat het vanaf de aankondiging dan minder dan 52 seconden duurt totdat de kop van de trein bij de overweg is.

In de praktijk blijken de sluitingstijden in de huidige situatie echter veel ongunstiger te zijn (zie [22]). Dit wordt veroorzaakt doordat alle treinen ingelegd worden als doorgaande treinen. Dit fenomeen speelt met name bij overwegen vlak na haltes. De bediening van de infrastructuur door ProRail Verkeersleiding maakt het voor de meeste haltes mogelijk om per trein aan te geven of de trein stopt op de halte voor de overweg of niet (het zogenaamde stop-door-criterium). Als voor het stop-criterium wordt gekozen, wordt de overweg na de halte pas enige tijd na het passeren van de aankondiging geactiveerd. In deze tijdvertraging is de extra tijd meegenomen vanwege het remmen en halteren. Het sein na de halte blijft rood tonen totdat de overweg is gesloten. In de praktijk wordt dus geen rekening gehouden met het feit dat alle reizigerstreinen stoppen op alle haltes.

We nemen het effect van deze langere sluitingstijden op het overwegrisico niet mee in de analyse. Het is overigens een conservatieve aanname om die invloed voor de huidige situatie niet mee te nemen. Voor de toekomstige situatie zullen de wachttijden een nog kleinere rol spelen, mede door toepassing van een aankondiging van de overwegen die is gebaseerd op het uitgangspunt dat elke reizigerstrein op elke halte halteert. Om deze redenen kunnen we aannemen dat

$$p_{wachttijd} = 1.$$

1.2.3. Intensiteit treinverkeer

Van de intensiteit van het treinverkeer wordt aangenomen dat deze een lineaire invloed heeft op de kans op een botsing. Deze kans wordt beïnvloed volgens:

$$p_{aantal\ treinen} = \frac{treinfrequentie_{nieuw}}{treinfrequentie_{oud}}.$$

Voor overpaden kan deze intensiteit lager zijn als het overpad slechts één spoor kruist. De treinfrequentie wordt dan gehalveerd.

In het model wordt de invloed verwaarloosd van de treinfrequentie op het nevenspoor. Deze treinfrequentie is van belang in geval van een aanrijding op een overweg, gevolgd door een escalerende ontsporing richting nevenspoor. Bij een aanrijding op een overweg is de kans op een dergelijk scenario echter niet heel groot. Er moet daarbij aan verschillende voorwaarden worden voldaan (zie ook paragraaf 3.2.5):

- het moet gaan om een aanrijding met gemotoriseerd verkeer; op basis van de casuïstiek in Tabel 3 houden we hiervoor een voorwaardelijke kans aan van $49 / 168 = 0,29$;
- de aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer moet leiden tot ontsporing van het railvoertuig; hiervoor houden we een kans aan van 0,023 (zie Bijlage IV);
- de ontsporing moet escaleren; hiervoor houden we een kans aan van 0,12 (zie Bijlage IV);
- het ontspoorde railvoertuig moet richting nevenspoor uitwijken; we nemen aan dat de kans hierop gelijk is aan 0,5;
- het railvoertuig op het nevenspoor moet zo dichtbij zijn dat een botsing niet meer met een noodremming kan worden voorkomen; met name deze laatste voorwaarde wordt beïnvloed door de treinfrequentie op het nevenspoor; door de veel betere remeigenschappen van de metrovoertuigen zal de kans op een botsing worden beperkt; de kans hierop is naar verwachting aanzienlijk kleiner dan 1.

De kans dat aan deze reeks voorwaarden wordt voldaan is relatief klein: op basis van bovenstaande schattingen is de kans kleiner dan 0,04%. De casuïstiek laat ook zien dat de kans op een aanrijding, gevolgd door een ontsporing met vervolgens botsing

met een neventrein zeer klein is (zie paragraaf 4.3). Om die reden laten we de invloed van de treinfrequentie op het nevenspoor buiten beschouwing.

1.2.4. Het aantal reizigers per trein

Het aantal reizigers per trein is van invloed op het aantal te verwachten slachtoffers bij een ongeval. Deze factor is alleen van belang voor de risicogroep “reizigers in de trein”. Een mogelijke uitwerking is een lineair verband tussen het aantal reizigers per trein en het aantal te verwachten doden en gewonden. Deze benadering is erg conservatief. Immers, het aantal dodelijke slachtoffers per jaar in de railvoertuigen zal gering zijn. Verder treden de grootste gevolgen voor de reizigers op aan de voorzijde van het railvoertuig. In werkelijkheid zal het verband tussen aantal inzittenden en aantal dodelijke slachtoffers dus veel minder sterk zijn. Om die reden nemen we vooralsnog aan dat het aantal reizigers per trein niet wijzigt, dus dat bovenstaande factor gelijk is aan 1:

$$G_{\text{aantal reizigers}} = 1.$$

1.2.5. De sterkte van het treinmaterieel

Deze factor verdisconteert het verschil in materieelsterkte tussen de light- en heavy-rail voertuigen. De verwachting is dat heavy-railvoertuigen een grotere statische baksterkte hebben. Ook de locatie en grootte van de kreukelzone is hierbij van invloed. Op dit moment is hierover beperkt informatie beschikbaar.

Het is lastig om in te schatten op welke manier dit aspect het risico voor personen in het voertuig beïnvloedt. Immers, personen in het voertuig lopen enerzijds risico doordat ze zich in het deel van het voertuig bevinden dat vervormt bij de aanrijding of de ontsporing die daar het gevolg van kan zijn, maar anderzijds door de grote versnellingen die uitgeoefend worden bij de aanrijding van een object op de overweg. Welke factor hierbij doorslaggevend is, is niet eenvoudig in te schatten.

Voor personen en voertuigen op de overweg is aangenomen dat deze factor geen rol speelt. Verondersteld wordt dat de effecten van de materieleigenschappen zodanig zijn dat de situatie voor overweggebruikers gunstiger wordt. De aanname dat de sterkte van het treinmaterieel geen invloed heeft op het effect van een aanrijding op overweggebruikers is dan conservatief.

In geval van een aanrijding met een wegvoertuig lopen de inzittenden van een railvoertuig op twee manieren risico. Enerzijds kunnen er slachtoffers vallen door de krachten en vervormingen die het directe gevolg zijn van de aanrijding. Daarnaast kan de aanrijding een ontsporing tot gevolg hebben, waarbij ook slachtoffers kunnen vallen.

In de risicoanalyse voor overwegen van RandstadRail (zie [4]) is specifiek voor de gevolgen van een aanrijding op een overweg gevolgd door ontsporing van het railvoertuig een inschatting gemaakt van de invloed van het materieeltype op de gevolgen voor de inzittenden (zie ook paragraaf I.2.6 en I.2.7). Daarbij wordt aangenomen dat de gevolgen van een geëscaleerde ontsporing bij light-

railvoertuigen twee keer zo zwaar zijn als bij heavy-rail, vanwege de gewijzigde voertuigconstructie. Deze factor 2 zullen we ook in deze analyse aanhouden voor de inzittenden, zowel voor de directe gevolgen van een aanrijding als voor de gevolgen van een ontsporing na een aanrijding.

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte dus:

$$G_{materieelsterkte} = 2.$$

Voor de overige risicodragers nemen we conservatief aan dat de materieelsterkte geen invloed heeft op het risico.

1.2.6. Kans op ontsporing na aanrijding wegverkeer

Zoals in paragraaf 5.1 is aangegeven, valt in het model de gehele ontsporing binnen de gevolgen van een aanrijding. De grens tussen kansen en gevolgen van een aanrijding ligt immers bij de aanrijding zelf.

In de risicoanalyse overwogen voor RandstadRail [4] wordt een inschatting gemaakt van de kans dat een railvoertuig ontspoord, gegeven een aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer op een overweg (zie Bijlage IV). Voor heavy-rail is de geschatte kans op ontsporing gelijk aan 0,023. De totale kans op ontsporing is nog kleiner, vanwege het aandeel van gemotoriseerd verkeer in de aanrijdingen op overwegen (zie paragraaf 3.2.5). De verwachting is dat de kans op ontsporing voor metrovoertuigen groter is dan voor heavy-railvoertuigen, vanwege de kleinere massa van metrovoertuigen. Voor de relatieve verandering van de kans op ontsporing moet een factor $f_{ontsporing}$ worden meegenomen. In [4] wordt aangenomen dat deze factor gelijk is aan 4. Deze factor heeft betrekking op de risicogroepen "passagiers in de trein" en "bestuurders".

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde kans op ontsporing dus:

$$G_{ontsporing} = 4.$$

Deze factor heeft expliciet betrekking op het deel van de aanrijdingen dat leidt tot een ontsporing. In paragraaf 1.2.7 wordt beschreven hoe de overall factor voor de invloed van de grotere kans op ontsporing wordt afgeleid.

1.2.7. Kans op escalatie van de ontsporing

In de risicoanalyse overwogen voor RandstadRail [4] wordt ook een inschatting gemaakt van de kans dat een ontsporing van een railvoertuig escaleert. De geschatte kans op escalatie gegeven een ontsporing is 0,12 (zie Bijlage IV). De aanname is, dat een ontsporing alleen gevolgen heeft in termen van doden als de ontsporing escaleert. Voor de gevolgen van een geëscaleerde ontsporing van een light-railvoertuig in vergelijking met de gevolgen voor een heavy-railvoertuig wordt een factor 2 aangehouden, die te maken heeft met de gewijzigde materieelconstructie

(zie ook paragraaf I.2.5). Deze factor zullen we in deze paragraaf niet apart meenemen, aangezien die al wordt toegepast bij de parameter "materieelsterkte".

Het scenario "slachtoffers vallen bij geëscaleerde ontsporing na aanrijding" levert voor de personen in het railvoertuig een risicofactor 4 op vanwege de grotere kans op ontsporing voor light-rail, plus een factor 2 vanwege de gewijzigde materieelsterkte (zie paragraaf I.2.5). Het andere scenario waarbij slachtoffers zouden kunnen vallen is het scenario "slachtoffers vallen direct bij aanrijding", waarbij de trein niet ontspoord, maar waarbij de versnellingen zo groot zijn dat door de botsing slachtoffers vallen in het railvoertuig. Dit scenario levert voor de personen in het railvoertuig een factor 2,5 op vanwege de gewijzigde verhoudingen van massa van railvoertuig en massa van wegvoertuig (zie paragraaf I.2.1), plus een factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte. Als we aannemen dat deze laatste factor van dezelfde orde is als de bijbehorende materieelsterkte-factor in geval van een ontsporing, dan is de totale factor ($4 * 2 = 8$) in het scenario "slachtoffers vallen bij geëscaleerde ontsporing na aanrijding" groter dan de factor in het scenario "slachtoffers vallen direct bij aanrijding" (grootte-orde $2,5 * 2 = 5$).

De vraag is, welk van beide scenario's dominant is voor het totale risico voor de reizigers in de trein en de bestuurder als gevolg van aanrijdingen op overwegen. In Figuur 1 (zie paragraaf 3.2.5) is aangegeven dat de totale geschatte kans is op een geëscaleerde ontsporing na een aanrijding zeer klein is, namelijk circa $0,0067 * 0,12 = 0,00081$. Weliswaar zijn de gemiddelde gevolgen van een geëscaleerde ontsporing groter dan de directe gevolgen van een aanrijding. Er mag echter worden aangenomen dat de bijdrage van het scenario "geëscaleerde ontsporing" aan de relatieve verandering van het risico voor inzittenden van het railvoertuig niet significant is.

Uiteindelijk wordt voor de inzittenden van het railvoertuig een factor 5 aangehouden voor de combinatie van materieelaspecten. Deze factor is in feite een gewogen gemiddelde van de factor 4 voor de grotere kans op ontsporing en de factor 2,5 vanwege het massaverschil, gecombineerd met de factor 2 voor de grotere gevolgen na een geëscaleerde ontsporing. Bij de weging is gebruik gemaakt van de kans 0,00081 op een geëscaleerde ontsporing. Dit betekent dat de factor 4 voor de grotere kans op een ontsporing wegvalt tegen de factor 2,5 voor de gewijzigde massa van het railvoertuig.

I.2.8 De intensiteit van het wegverkeer

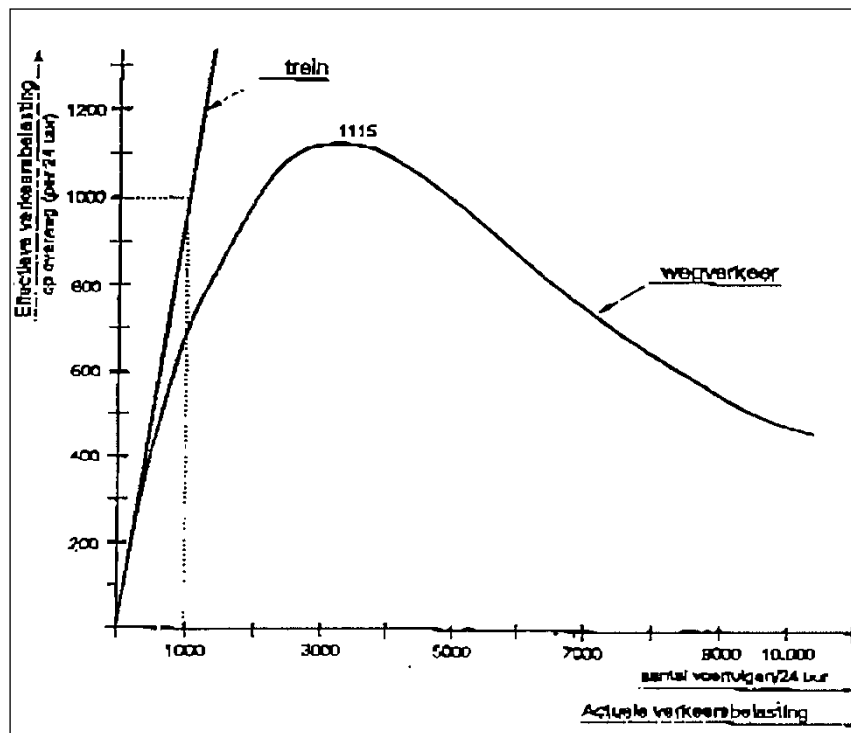
Voor de intensiteit van het wegverkeer geldt hetzelfde als voor het treinverkeer. In dit geval wordt echter gebruik gemaakt van een effectieve verkeersfrequentie.

$$p_{\text{intensiteit wegverkeer}} = \frac{\text{effectieve verkeersfrequentie}_{\text{nieuw}}}{\text{effectieve verkeersfrequentie}_{\text{oud}}}$$

Voor langzaam verkeer is de effectieve verkeersfrequentie gelijk aan de werkelijke frequentie. Voor snelverkeer is het verband tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie weergegeven in Figuur 3 (zie ook [4] en [5]).

Het verband tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie is uit onderzoek gebleken. Voor waarden tot 300 à 400 voertuigen per etmaal is de effectieve frequentie gelijk aan de actuele. Voor hogere waarden tot ca. 3000 per etmaal neemt de effectieve frequentie toe met de actuele maar minder dan recht evenredig. Boven de 3000 per etmaal neemt de effectieve frequentie zelfs af. Dit betekent dat de overweg veiliger wordt als er méér wegverkeer overheen gaat. Dit lijkt in tegenspraak met de intuïtie. De verklaring is dat de snelheid van het wegverkeer afneemt als de frequentie toeneemt. Een lagere snelheid zorgt voor een lager risico (zie ook de modellering in [5]).

Voor reizigers op overpaden is de frequentie van reizigers die het overpad benutten van belang. Hierbij speelt een rol dat in sommige gevallen slechts een deel (bijvoorbeeld de helft) van de in- en uitstappende reizigers het overpad zal gebruiken. Dit is al in de verkeersgegevens verwerkt (zie [13]).



Figuur 3: Relatie tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie

1.2.9 layout van de overweg en complexiteit van de situatie

De complexiteit van een **overweg** is van een groot aantal factoren afhankelijk. Hierbij moet gedacht worden aan de volgende zaken:

- Het aantal rijbanen per richting > 1;
- De aanwezigheid van een bocht in de weg die het zicht op de overweg beperkt;
- De aanwezigheid van een helling in de weg;

- Meer dan 2 wegen aan een kant van de overweg binnen een afstand van 25m van de overweg;
- De aanwezigheid van parallelwegen langs het spoor;
- De aanwezigheid van een VRI (VerkeersRegel Installatie), al dan niet gekoppeld aan de overwegsinalering;
- De aard van het verkeer (bijvoorbeeld een groot aandeel van vrachtverkeer dat mogelijk meer problemen heeft met krappe bochten);
- De aanwezigheid van een complexe verkeerssituatie direct na de overweg, die ervoor kan zorgen dat het voertuig de sporen niet geheel vrijmaakt (bijvoorbeeld bij de overweg Slachthuisweg).

De complexiteit van een **overpad** heeft betrekking op:

- De markering van de overgang en de looproutes (hekwerken kunnen hier ook een rol in spelen)
- Objecten (b.v. gebouwtjes, borden, struiken) die de zichtbaarheid van de overgang belemmeren
- Breedte van de overgang in verhouding tot het aantal reizigers
- Helling naar overgang
- Helling op de overgang (verkant spoor)
- Kruisende bewegingen vlakbij het overpad van reizigersstromen gaande naar / komende van verschillende treinen

De complexiteit van de overgangen heeft uitsluitend betrekking op de risicogroep **voetgangers**.

Het is lastig om de verschillende factoren die de complexiteit beïnvloeden onderling te wegen. Vooralsnog houden we voor elke overweg dezelfde factor (i.e. een factor 1) aan voor de relatieve complexiteit van de situatie:

$$p_{complexiteit} = 1.$$

Een mogelijke uitbreiding van het model is, dat experts gevraagd zal worden om een score voor de complexiteit toe te kennen aan elke overweg. De aanname zal zijn dat deze scores lineair verband houden met de kans op een aanrijding.

$$p_{complexiteit} = \frac{\sum \text{score van overwegen}_{nieuw}}{\sum \text{score van overwegen}_{oud}}$$

Om iets te kunnen zeggen over overwegen die nog geplaatst gaan worden, worden de complexiteitsfactoren vergeleken met de referentie-overweg.

Met name voor de overweg Slachthuisweg is de complexiteit van de overweg een belangrijke invloedsfactor. Bij deze overweg zorgt de combinatie van een lastige verkeerssituatie met bochten aan beide zijden en een relatief grote bijdrage van (zwaar en lang) vrachtverkeer voor extra risico. Dit blijkt ook uit de recente ongevalscausistiek. Een mogelijke toekomstige uitbreiding van het model zou zijn om voor deze overweg een complexiteitsfactor groter dan 1 aan te nemen. Deze

factor geldt dan voor de huidige en de toekomstige situatie. De factor is dan alleen van invloed op de weging van de risico's van de verschillende overwegen onderling.

1.2.10. De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen

Bij de overpaden van de Hoekse Lijn zullen de overpadbomen worden voorzien van valhekken (zie [23]), die bij het sluiten van de bomen de doorgang onder de bomen afsluiten. Deze valhekken zorgen voor een flinke reductie van het aantal incidenten met reizigers op overpaden waarbij de reiziger onder de overpadboom door gaat.

Voor de beschrijving van deze invloed introduceren we een variabele $\varphi_{onder,overpad}$ voor de fractie incidenten op overpaden met oorzaak "onder bomen door". Op basis van de analyse van de casuïstiek in paragraaf 4.3 nemen we aan:

$$\varphi_{onder,overpad} = 0,56.$$

Ook introduceren we een variabele $\gamma_{hek,onder,overpad}$ voor de reductiefactor als gevolg van toepassing van valhekken met betrekking tot de kans op een incident op een overpad met als oorzaak "onder bomen door". De valhekken zullen de incidenten niet met 100% kans voorkomen (over de bomen klimmen is immers nog steeds mogelijk), maar er zal wel een drastische reductie optreden van de kans op een dergelijk incident. We nemen daarom aan dat de kans op een dergelijk incident met minimaal 80% afneemt, dus

$$\gamma_{hek,onder,overpad} = 0,2.$$

De factor voor de invloed van de valhekken op de kans op een aanrijding wordt dan als volgt:

$$p_{hekken} = (\varphi_{onder,overpad} \cdot \gamma_{hek,onder,overpad}) + (1 - \varphi_{onder,overpad}).$$

Deze formule is alleen van toepassing op reizigers op overpaden. Sommige overpaden worden in de praktijk ook door langzaam verkeer gebruikt. Het effect op deze risicogroep verwaarlozen we, mede omdat uit de casuïstiek blijkt dat het aandeel van deze incidenten voor langzaam verkeer op overwegen beperkt is (zie paragraaf 4.3).

1.2.11. Het weghalen en toevoegen van overwegen

Het totale risicomodel houdt rekening met het toevoegen en verwijderen van overwegen. Voorwaarde is wel dat de nieuwe overwegen voldoende overeenkomen met de overwegen die reeds aanwezig zijn op de Hoekse Lijn. Eventuele verschillen kunnen dan relatief beschreven worden met de onderdeelfactoren.

Bijlage II Uitwerking invloed massa bij aanrijdingen

Bij botsingen is de massa of massaverhouding van de betrokken voertuigen van belang voor de gevolgen van de botsing.

Deze analyse probeert antwoord te geven op de vraag of een botsing van een conventionele trein met een wegvoertuig andere gevolgen heeft voor de betrokken partijen als een botsing van een wegvoertuig met een light-railvoertuig. De betrokken partijen zijn in dit geval de inzittenden van de trein, i.e. treinpersoneel en passagiers en eventuele overweggebruikers (i.e. langzaam en snel verkeer).

Het model is bedoeld om een inschatting te maken van de verschillen tussen de beide situaties en is een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid. Het resultaat is relatief en geeft inzicht in hoe gevolgen van de twee type botsingen zich tot elkaar verhouden. Het is niet bedoeld om absolute gevolgen van aanrijdingen te bestuderen.

In het model wordt aangenomen dat een trein met massa m_{trein} die voortbeweegt met snelheid v_1 een hoeveelheid kinetische energie heeft van

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{trein}} \cdot v_1^2$$

Na de botsing zullen de trein en het wegvoertuig met massa $m_{\text{wegvoertuig}}$ gezamenlijk verder gaan met een nieuwe snelheid v_2 . Deze nieuwe configuratie heeft een energie:

$$E_2 = \frac{1}{2} \cdot (m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot v_2^2$$

Bij een botsing zal normaal gesproken een gedeelte van de kinetische energie van de trein worden gebruikt voor vervorming en opwarming. Dit is lastig in kaart te brengen, omdat zaken als materiaal en constructie van de betrokken voertuigen een rol spelen. In de werkelijkheid zijn deze zaken samen met de versnelling/vertraging een maat voor de gevolgen van een botsing. De vervorming en opwarming zullen gedeeltelijk buiten beschouwing worden gelaten. Wel zal rekening worden gehouden met een kreukelzone omdat het niet mogelijk is om een stilstaand voertuig instantaan van 0 km/h naar v_2 te brengen. Deze kreukelzone kost in dit model echter geen energie. Er kan gesteld worden dat in dit model de energie die normaal gesproken wordt gebruikt voor indeuken en opwarmen nu gaat zitten in de versnelling. Eventuele versnellingen die uit dit model worden afgeleid zullen dus anders zijn dan die in de werkelijkheid verwacht mogen worden. Er is indeuk/opwarmenergie geruild voor acceleratie/vertragingenergie.

Er wordt aangenomen dat de kinetische energie voor en na de botsing hetzelfde zijn:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m_{\text{trein}} \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot (m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot v_2^2$$

Nu kan v_2 bepaald worden:

$$v_2 = \frac{\sqrt{(m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot m_{\text{trein}} \cdot v_1}}{m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}}$$

Er wordt een zekere lengte van de kreukelzone verondersteld (X). Deze kreukelzone is nodig om de trein van v_1 naar v_2 te brengen en het wegvoertuig van 0 naar v_2 .

$$X = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (v_2 - v_1) \cdot t = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{(m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot m_{\text{trein}} \cdot v_1}}{m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}} - v_1 \right) \cdot t$$

Hieruit volgt dat geldt voor:

$$t = \frac{2 \cdot X \cdot (m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}})}{v_1 \cdot (m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}} + \sqrt{(m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot m_{\text{trein}}})}$$

Eerst wordt gekeken naar de gevolgen voor een wegvoertuig met variërende onbekende massa. De tijd t die nodig is om het voertuig van 0 naar v_2 te brengen kan berekend worden voor situaties waar gebotst wordt met een heavyrail trein en een lightrail trein. Als deze tijd bekend is kan de versnelling en dus de gevolgen die het voertuig ondergaat berekend worden.

En geldt voor de versnelling:

$$a_{\text{wegvoertuig}} = \frac{v_2 - 0}{t} = \frac{\frac{\sqrt{(m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot m_{\text{trein}} \cdot v_1}}{m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}} - 0}{t}$$

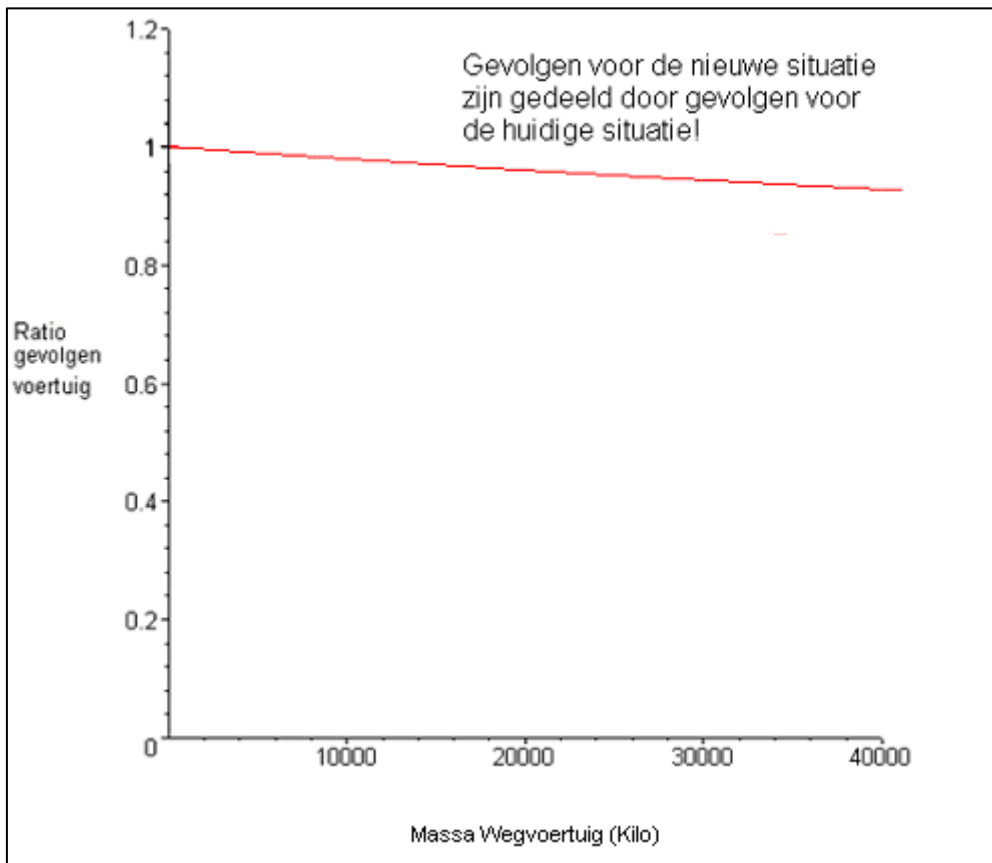
Deze versnellingen is een maat voor de gevolgen van een aanrijding en deze kan berekend worden voor situaties met treinen van bijvoorbeeld 150000 kilo en 65000 kilo.

Door de versnellingen op elkaar te delen kunnen de twee situaties met elkaar vergeleken worden.

$$\text{Ratio Gevolgen} = \frac{a_{\text{wegvoertuig}}(m_{\text{trein}} = 150000)}{a_{\text{wegvoertuig}}(m_{\text{trein}} = 65000)}.$$

Dit levert een formule voor de “gevolgen ratio” op waarin alleen de massa van het wegvoertuig nog voorkomt. De kreukelzone X en de beginsnelheid v_1 zijn verdwenen. Er worden dus situaties vergeleken bij gelijke beginsnelheid van de trein en er wordt vanuit gegaan dat de totale kreukelzone (trein+voertuig) niet wijzigt.

Dit is in een grafiek gezet.



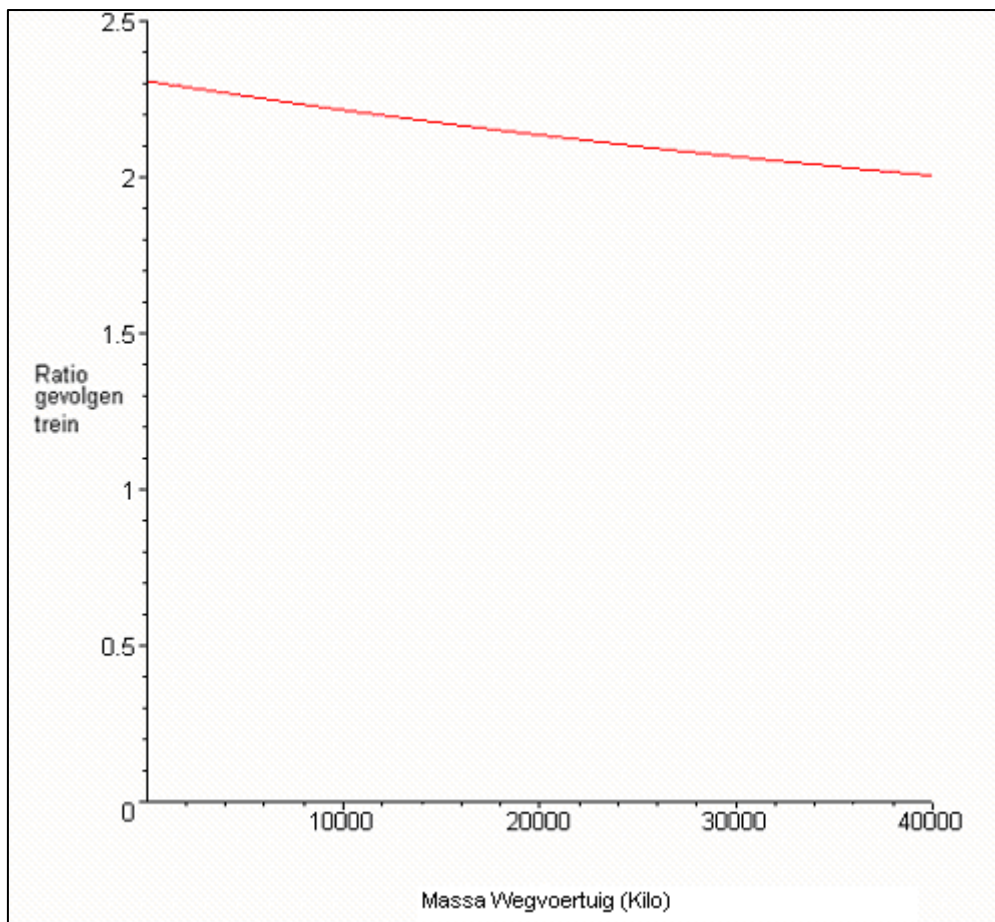
De grafiek laat zien dat het dus niet uitmaakt of wegverkeer op een overweg door een zware of een lichte trein wordt aangereden. Er is alleen een lichte verbetering van ongeveer 10% te zien voor hele zware voertuigen die geraakt worden zodanig dat de trein het volle gewicht treft.

De gevolgen voor de inzittenden van de trein zijn ook vergeleken. Zij ondergaan een andere versnelling, namelijk van v_1 naar v_2 .

Er geldt dan:

$$a_{\text{trein}} = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{\frac{\sqrt{(m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}) \cdot m_{\text{trein}} \cdot v_1}}{m_{\text{trein}} + m_{\text{wegvoertuig}}} - v_1}{t}$$

Op analoge wijze aan de eerder getoonde analyse kan nu ook een “gevolgen-ratio”-grafiek verkregen worden voor de inzittenden van de trein.



Hieraan is duidelijk te zien dat de gevolgen voor de mensen in de trein, afhankelijk van het aan te rijden voertuig tussen de 2 en 2,5 keer zo groot zijn.

Bijlage III Overzicht overwegen en overpaden

Deze bijlage bevat een overzicht van de huidige en toekomstige overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn. Deze lijst is gebaseerd op het overzicht in [8].

Bij deze lijst is ervan uitgegaan dat de verkeersintensiteit op de overweg Nieuw Oranjekanaal (een dienstweg voor de Maeslantkering, ongeveer ter hoogte van km 19) verwaarloosbaar is, zowel in de huidige als de toekomstige situatie. Deze overweg wordt in de analyse dus niet beschouwd. Verder is het uitgangspunt dat de geplande halte Oranjbuitenpolder niet gerealiseerd zal worden.

symbolen	km	locatie	status	beveiliging	opmerkingen
O ₁ , OT ₁	4.5	Boslaan, Vlaardingen	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	
O ₂ , OT ₂	5.3	Oosthavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	
O ₃ , OT ₃	5.4	Westhavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	
O ₄ , OT ₄	5.5	Halte Vlaardingen-Centrum	reizigers-overpad	AOB	
O ₅ , OT ₅	6.0	Wagnerstraat / Van Beethovensingel, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	
O ₆	7.0	Marathonweg, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	vervalt
O ₇ , OT ₇	7.6	Halte Vlaardingen-West	openbare overweg, enkel voetpad ⁸	AOB	
O ₈ , OT ₈	10.1	recreatiepad, Maassluis	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	
O ₉ , OT ₉	11.7	Prinses Julianalaan / Vlaardingse Dijk, Maassluis	openbare overweg	AHOB	
O ₁₀ , OT ₁₀	12.1	Halte Maassluis	reizigers-overpad	AOB	
O ₁₁ , OT ₁₁	12.4	Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	
O ₁₂ , OT ₁₂	12.6	Maasweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	
O ₁₃ , OT ₁₃	13.7	Halte Maassluis-West	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	
O ₁₄ , OT ₁₄	15.6	Schenkeldijk, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	
O ₁₅ , OT ₁₅	21.3	Slachthuisweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	
O ₁₆ , OT ₁₆	23.1	Halte Hoek van Holland-Haven	openbare overweg, langzaam verkeer	AKI	
O ₁₇ , OT ₁₇	23.2	Stationsweg,	openbare overweg	AHOB	

⁸ Dit voetpad wordt ook door ander langzaam verkeer gebruikt.

		Hoek van Holland			
OT ₁₈	14.9	Halte Steendijkpolder, Maassluis	reizigers-overpad	AOB	nieuw
OT ₁₉	24.0	Strandweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	nieuw
OT ₂₀	24.3	Paviljoensweg, Hoek van Holland	niet openbare overweg	AHOB	nieuw
OT ₂₁	24.4	Strandboulevard, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	nieuw

Bijlage IV Informatie uit rapport overwegen RandstadRail

In de modellering wordt op enkele punten gebruik gemaakt van modelaspecten die zijn ontleend aan het model voor het overwegrisico voor RandstadRail (zie [4]). In deze bijlage worden de belangrijkste gegevens uit [4] geciteerd, waar nodig enigszins bewerkt. Het doel van deze bijlage is om het rapport beter op zichzelf leesbaar te maken.

[begin citaat [4], paragraaf 5.2.2]

Een incident heeft een bepaalde kans op ontsporing. We nemen aan dat incidenten met de volgende weggebruikers geen ontsporing tot gevolg hebben:

- voetganger;
- fietser;
- dier;
- bromfiets;
- motor;
- scooter.

De kans op ontsporing bij een incident met de overige weggebruikers kan als volgt afgeschat worden:

- Uit [19] volgt dat er in de periode 1981 tot 1995 in totaal 33 ontsporingen met heavy rail na incidenten op overwegen zijn geweest. Dit zijn er gemiddeld 2,2 per jaar.
- Uit de ProRail database is de volgende selectie gemaakt:
 - periode: 1991 tot en met 2000;
 - aard onregelmatigheid: botsing met trein (alle categorieën);
 - exclusief de hierboven genoemde weggebruikers;
 - exclusief zelfdodingen.Uit deze selectie volgen 948 incidenten, dit zijn gemiddeld 95 incidenten per jaar.
- Hieruit kan geschat worden dat de kans op een ontsporing na een incident met gemotoriseerd wegverkeer voor heavy rail 0,023 is.

Voor RR-rail wordt deze kans 4 keer zo hoog ingeschat (zie [19], figuur 1). Een ontsporing heeft vervolgens een voorwaardelijke kans op escalatie. Bij een geëscaleerde ontsporing is er vervolgens een kans dat een reiziger overlijdt. De uiteindelijke mortaliteit berekenen we door de onderstaande factoren met elkaar te vermenigvuldigen.

Tabel 12 Parameters voor het berekenen van de mortaliteit voor reizigers

Parameter	Waarde	Bron
P(ontsporing incident) voor heavy Rail	0,023	incidentgegevens ProRail, [19]
Omrekenfactor heavy rail -> RR-rail	4	[19]
P(escalatie ontsporing)	0,12	[19]
P(overlijden geëscaleerde ontsporing) voor heavy rail	0,004	[19]
Correctiefactor light rail voor overlijdenskans	2 ^{*)}	[20]

*) De factor 2 drukt uit dat de overlijdenskans gegeven een geëscaleerde ontsporing in een light-rail-voertuig tweemaal zo groot is als in een trein.

[einde citaat [4], paragraaf 5.2.2]

Bijlage V Modelresultaten per risicogroep

Deze bijlage bevat per risicogroep de resultaten van het risicomodel per overweg en overpad, zowel voor de huidige als voor de toekomstige situatie. Hierbij zijn de autonome ontwikkelingen in het wegverkeer meegenomen. Verder is het uitgangspunt gehanteerd dat de overweg Marathonweg in Vlaardingen wordt opgeheven. De resultaten geven de risico's weer voor alle personen in de betreffende risicogroep samen.

In de tabellen is steeds de referentie-overweg (of het referentie-overpad) voor die risicogroep door middel van een dikke rand van de kolom weergegeven.

Reizigers op overpaden

2008

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland						TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21		
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1						
zichttijd	5,3	8,2	12,3	18,5	4,5	4,4	14,9	4,5	4,5	22,6	7,8	4,4	21,0	4,4	4,5	22,6	16,9						
baanvaksnelheid	24,4	22,0	19,1	15,6	25,3	32,0	17,5	34,7	25,1	13,9	22,3	27,2	14,5	34,7	33,3	13,9	16,4						
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50						
wegfrequentie	0	0	0	4697	0	0	1215	0	0	2968	0	0	1086	0	0	932	0						
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000						
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
valhekken				1			1			1			1			1							
kans	0	0	0	1	0	0	0,50	0	0	0,45	0	0	0,35	0	0	0,11	0						
gevolgen	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,78	1,1	1,1	0,86	1,1	1,1	0,78	1,1						
Risico 2008 (Rn)	0	0	0	1	0	0	0,56	0	0	0,35	0	0	0,30	0	0	0,08	0					2,3	

2015

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14.9, halte Steendijkpolder, Maassluis	km 24.0, Strandweg	km 24.3, Paviloensweg	km 24.4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
zichttijd	8,9	10,6	14,4	21,1	8,9	8,9	16,9	8,9	8,9	26,1	10,2	8,9	24,4	8,9	8,9	26,1	19,2	23,6	20,1	8,9	8,8	
baanvaksnelheid	27,7	25,5	21,4	16,4	27,7	27,6	19,3	27,7	27,7	13,9	26,0	27,7	14,6	27,7	27,7	13,9	17,6	15,0	17,0	27,7	27,8	
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
treinfrequentie	264	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	102	102	
wegfrequentie	0	0	0	6599	0	0	2016	0	0	3858	0	0	1442	0	0	1331	0	1842	0	0	0	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
valhekken				0,56			0,56			0,56			0,56			0,56		0,56				
kans	0	0	0	1,2	0	0	0,87	0	0	0,45	0	0	0,36	0	0	0,16	0	0,47	0	0	0	
gevolgen	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,79	1,1	1,1	0,87	1,1	1,1	0,79	1,1	0,92	1,1	1,1	1,1	
Risico 2015 (RTn)	0	0	0	1,3	0	0	0,99	0	0	0,36	0	0	0,31	0	0	0,12	0	0,43	0	0	0	3,5

Langzaam verkeer op overwegen

2008

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat / Van Beethovensingel, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland						TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21		
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1						
zichttijd	5,3	8,2	12,3	18,5	4,5	4,4	14,9	4,5	4,5	22,6	7,8	4,4	21,0	4,4	4,5	22,6	16,9						
baanvaksnelheid	24,4	22,0	19,1	15,6	25,3	32,0	17,5	34,7	25,1	13,9	22,3	27,2	14,5	34,7	33,3	13,9	16,4						
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50						
wegfrequentie	50	100	300	0	100	200	0	72	550	0	1210	275	50	80	0	0	400						
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000						
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
kans	0,57	1	2,6	0	0,99	2,5	0	0,98	5,4	0	10,1	2,9	0,26	0,66	0	0	0,90						
gevolgen	1	1	1	0,88	1	1	1	1	1	0,69	1	1	0,76	1	1	0,69	0,97						
Risico 2008 (Rn)	0,57	1	2,6	0	0,99	2,5	0	0,98	5,4	0	10,1	2,9	0,20	0,66	0	0	0,88					28,9	

2015

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14.9, halte Steendijkpolder, Maassluis	km 24.0, Strandweg	km 24.3, Paviljoensweg	km 24.4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	
zichttijd	8,9	10,6	14,4	21,1	8,9	8,9	16,9	8,9	8,9	26,1	10,2	8,9	24,4	8,9	8,9	26,1	19,2	23,6	20,1	8,9	8,8	
baanvaksnelheid	27,7	25,5	21,4	16,4	27,7	27,6	19,3	27,7	27,7	13,9	26,0	27,7	14,6	27,7	27,7	13,9	17,6	15,0	17,0	27,7	27,8	
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
treinfrequentie	264	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	102	102	
wegfrequentie	57	113	340	0	113	0	0	88	550	0	1320	1430	2090	100	0	0	600	0	1200	10	100	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
kans	1,1	2,1	5,2	0	2,3	0	0	1,4	8,5	0	19,1	22,2	16,8	0,77	0	0	2,9	0	5,6	0,08	0,8	
gevolgen	1,0	1,0	1,0	0,97	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,69	1,0	1,0	0,77	1,0	1,0	0,69	1,0	0,81	1,0	1,0	1,0	
Risico 2015 (RTn)	1,1	2,1	5,2	0	2,3	0	0	1,4	8,5	0	19,1	22,2	12,9	0,77	0	0	2,9	0	5,6	0,08	0,8	85

Snelverkeer op overwegen

2008

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	5,3	8,2	12,3	18,5	4,5	4,4	14,9	4,5	4,5	22,6	7,8	4,4	21,0	4,4	4,5	22,6	16,9					
baanvaksnelheid	24,4	22,0	19,1	15,6	25,3	32,0	17,5	34,7	25,1	13,9	22,3	27,2	14,5	34,7	33,3	13,9	16,4					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	1050	1110	0	575	550	0	0	1110	0	1115	1115	0	20	700	—	750					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	0	1	0,85	0	0,62	0,75	0	0	1,2	0	0,90	1,3	0	0,02	0,60	0	0,15					
gevolgen	1,2	1	0,75	0,50	1,3	2,1	0,63	2,5	1,3	0,40	1,0	1,5	0,43	2,5	2,3	0,40	0,56					
Risico 2008 (Rn)	0	1	0,64	0	0,81	1,6	0	0	1,5	0	0,92	2,0	0	0,04	1,4	0	0,08					9,9

2015

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14.9, halte Steendijkpolder, Maassluis	km 24.0, Strandweg	km 24.3, Paviljoensweg	km 24.4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	
zichttijd	8,9	10,6	14,4	21,1	8,9	8,9	16,9	8,9	8,9	26,1	10,2	8,9	24,4	8,9	8,9	26,1	19,2	23,6	20,1	8,9	8,8	
baanvaksnelheid	27,7	25,5	21,4	16,4	27,7	27,6	19,3	27,7	27,7	13,9	26,0	27,7	14,6	27,7	27,7	13,9	17,6	15,0	17,0	27,7	27,8	
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
treinfrequentie	264	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	102	102	
wegfrequentie	0	1050	1005	0	600	0	0	0	600	0	950	1115	0	22	800	0	900	0	1005	10	1115	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
kans	0	1,6	1,3	0	1,0	0	0	0	0,79	0	1,2	1,5	0	0,01	0,53	0	0,36	0	0,38	0,01	0,74	
gevolgen	1,6	1,3	0,95	0,56	1,6	1,6	0,77	1,6	1,6	0,40	1,4	1,6	0,44	1,6	1,6	0,40	0,64	0,47	0,60	1,6	1,6	
Risico 2015 (RTn)	0	2,2	1,2	0	1,6	0	0	0	1,3	0	1,6	2,3	0	0,02	0,84	0	0,23	0	0,23	0,01	1,18	12,7

Reizigers in trein / light-railvoertuig

2008

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghskade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	5,3	8,2	12,3	18,5	4,5	4,4	14,9	4,5	4,5	22,6	7,8	4,4	21,0	4,4	4,5	22,6	16,9					
baanvaksnelheid	24,4	22,0	19,1	15,6	25,3	32,0	17,5	34,7	25,1	13,9	22,3	27,2	14,5	34,7	33,3	13,9	16,4					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	1050	1110	0	575	550	0	0	1110	0	1115	1115	0	20	700	–	750					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	0	1	0,85	0	0,62	0,75	0	0	1,2	0	0,90	1,3	0	0,02	0,60	0	0,15					
gevolgen	1,2	1	0,75	0,50	1,3	2,1	0,63	2,5	1,3	0,40	1,0	1,5	0,43	2,5	2,3	0,40	0,56					
Risico 2008 (Rn)	0	1	0,64	0	0,81	1,6	0	0	1,5	0	0,92	2,0	0	0,04	1,4	0	0,08					9,9

2015

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianaal, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jongh, kade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14.9, halte Steendijkpolder, Maassluis	km 24.0, Strandweg	km 24.3, Paviljoensweg	km 24.4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	
zichttijd	8,9	10,6	14,4	21,1	8,9	8,9	16,9	8,9	8,9	26,1	10,2	8,9	24,4	8,9	8,9	26,1	19,2	23,6	20,1	8,9	8,8	
baanvaksnelheid	27,7	25,5	21,4	16,4	27,7	27,6	19,3	27,7	27,7	13,9	26,0	27,7	14,6	27,7	27,7	13,9	17,6	15,0	17,0	27,7	27,8	
treinmassa	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
treinfrequentie	264	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	102	102	
wegfrequentie	0	1050	1005	0	600	0	0	0	600	0	950	1115	0	22	800	0	900	0	1005	10	1115	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
kans	0	1,6	1,3	0	1,0	0	0	0	0,79	0	1,2	1,5	0	0,01	0,53	0	0,36	0	0,38	0,01	0,74	
gevolgen	7,9	6,7	4,7	2,8	7,9	7,9	3,8	7,9	7,9	2,0	7,0	7,9	2,2	7,9	7,9	2,0	3,2	2,3	3,0	7,9	8,0	
Risico 2015 (RTn)	0	10,9	6,1	0	8,1	0	0	0	6,3	0	8,1	11,7	0	0,12	4,2	0	1,1	0	1,1	0,05	5,9	63,8

Bestuurders

2008

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, halte Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.6, halte Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	5,3	8,2	12,3	18,5	4,5	4,4	14,9	4,5	4,5	22,6	7,8	4,4	21,0	4,4	4,5	22,6	16,9					
baanvaksnelheid	24,4	22,0	19,1	15,6	25,3	32,0	17,5	34,7	25,1	13,9	22,3	27,2	14,5	34,7	33,3	13,9	16,4					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	1050	1110	0	575	550	0	0	1110	0	1115	1115	0	20	700	—	750					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	0	1	0,85	0	0,62	0,75	0	0	1,2	0	0,90	1,3	0	0,02	0,60	0	0,15					
gevolgen	1	1	0,75	0,50	1,3	2,1	0,63	2,5	1,3	0,40	1,0	1,5	0,43	2,5	2,3	0,40	0,56					
Risico 2008 (Rn)	0	1	0,64	0	0,81	1,6	0	0	1,5	0	0,92	2,0	0	0,04	1,4	0	0,08					9,9

2015

Overweg	km 4.5, Boslaan, Viaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Viaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Viaardingen	km 5.5, halte Viaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Viaardingen	km 7.0, Marathonweg, Viaardingen	km 7.6, halte Viaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianaan, Maassluis	km 12.1, halte Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, halte Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, halte Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14.9, halte Steendijkpolder, Maassluis	km 24.0, Strandweg	km 24.3, Paviljoensweg	km 24.4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	
zichttijd	8,9	10,6	14,4	21,1	8,9	8,9	16,9	8,9	8,9	26,1	10,2	8,9	24,4	8,9	8,9	26,1	19,2	23,6	20,1	8,9	8,8	
baanvaksnelheid	27,7	25,5	21,4	16,4	27,7	27,6	19,3	27,7	27,7	13,9	26,0	27,7	14,6	27,7	27,7	13,9	17,6	15,0	17,0	27,7	27,8	
treinmassa	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
treinfrequentie	264	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	102	102	
wegfrequentie	0	1050	1005	0	600	0	0	0	600	0	950	1115	0	22	800	0	900	0	1005	10	1115	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingkans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
kans	0	1,6	1,3	0	1,0	0	0	0	0,79	0	1,2	1,5	0	0,01	0,53	0	0,36	0	0,38	0,01	0,74	
gevolgen	7,9	6,7	4,7	2,8	7,9	7,9	3,8	7,9	7,9	2,0	7,0	7,9	2,2	7,9	7,9	2,0	3,2	2,3	3,0	7,9	8,0	
Risico 2015 (RTn)	0	10,9	6,1	0	8,1	0	0	0	6,3	0	8,1	11,7	0	0,12	4,2	0	1,1	0	1,1	0,05	5,9	63,8

Bijlage VI Gebruikte verkeersgegevens Hoekse Lijn

In deze bijlage worden de verkeersgegevens weergegeven die in de analyse zijn gebruikt. De gegevens zijn rechtstreeks overgenomen uit [13].

Overwegen en overpaden Hoekse Lijn

24 maart 2009

km	Locatie	Status	Beveiliging	Aantal treinen per etmaal		Huidige verkeersintensiteit (gem. per etmaal)			Verkeersintensiteit 2015 (gem. per etmaal)		
				huidig	2015	mv	lv	reizigers	mv	lv	reizigers
4.5	Boslaan, Vlaardingen	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	160	264	--	50	--	--	57	--
5.3	Oosthavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	160	264	4798	100	--	4792	113	--
5.4	Westhavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	160	264	3971	300	--	4228	340	--
5.5	Halte Vlaardingen-Centrum	reizigers-overpad	AOB	80	132	--	--	4697	--	--	6599
6.0	Wagenstraat / Van Beethovensingel, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	132	264	9105	100	--	6740	113	--
7.0	Marathonweg, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	132	264	8524	200	--	23030	500	--
7.6	Halte Vlaardingen-West	openbare overweg, enkel voetpad	AOB	132	264	--	--	1215	--	--	2016
10.1	Recreatiepad, Maassluis	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	132	204	--	72	--	--	88	--
11.7	Prinses Julianalaan / Vlaardingse Dijk, Maassluis	openbare overweg	AHOB	132	204	3952	550	--	6455	550	--
12.1	Halte Maassluis	reizigers-overpad	AOB	66	102	--	--	2968	--	--	3858
12.4	Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	132	204	3078	1210	--	2340	1320	--
12.6	Maasweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	132	204	2920	275	--	3553	1430	--
13.7	Halte Maassluis-West	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	132	204	--	50	1086	--	2090	1442
14.9	Halte Steendijkpolder, Maassluis	reizigers-overpad?	n.t.b.	////	204	////	////	////	--	--	1842
15.6	Schenkeldijk, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	80	102	20	80	--	22	100	--

19.1	Halte Oranjevliet, Hoek van Holland	reizigers-overpad?	n.t.b.		102				--	--	??
21.3	Slachthuisweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	80	102	1000	--	--	1300	--	--
23.1	Halte Hoek van Holland-Haven	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	50	102	--	??	932	--	??	1331
23.2	Stationsweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	50	102	1170	400	--	1820	600	--
24.0	Strandweg	openbare overweg	AHOB		102				2100	1200	--
24.3	Paviljoensweg	niet openbare overweg	n.t.b.		102				10	10	--
24.4	Strandboulevard	openbare overweg	AHOB		102				3590	100	--

Voor de overpaden (m.u.v. Vlaardingen-Centrum en Maassluis) is aangenomen dat de helft van alle in- en uitstappers van het overpad gebruik maakt.

Aantal reizigers nu is gebaseerd op BGC-getallen 2004 verhoogd met 10%

Aantal reizigers in 2015 is RET-jaartotaal IN+UIT / 365

Onderstreepte getallen: gegevens afkomstig uit RVMK (12-uurs periode vermenigvuldigd met 1,3 voor mv resp. 1,1 voor lv).

Fietsintensiteiten overgangen Maassluis zijn ontleend aan GC studie Nieuwbouwlocatie Het Balkon Second opinion ontsluiting via Maasweg d.d.10 december 2004. Onderzoekjaar is 2010. Waardes voor nu en 2015 zijn op basis van een groeipercentage van 1,8%.

Cijfers LV gecorrigeerd n.a.v. mail Bakkenes 13-10-2008.

Fietsintensiteiten overgangen Vlaardingen zijn ruwe schattingen. Waardes voor 2015 zijn op basis van een groeipercentage van 1,8%.

De intensiteiten van het recreatieoverpad Maassluis (Aalkeetpolder) zijn gebaseerd op de RVM 1998.

Vestiging Den Haag
Casuariestraat 9a
2511 VB Den Haag
T (070) 305 30 53

www.goudappel.nl
goudappel@goudappel.nl

adviseurs
mobiliteit
Goudappel
Coffeng