

# FYSIEKE RIJRICHTINGSCEIDING OP 1X2 REGIONALE STROOM- EN GEBIEDSONTSLUITINGSWEGEN

Rijkswaterstaat GPO

12 JUNI 2020



# INHOUDSOPGAVE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INLEIDING</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1      | Aanleiding   | 5         |
|          | Doelstelling   | 5         |
|          | Te beschouwen varianten  | 5         |
| 1.2      | Leeswijzer   | 6         |
| 1.2.1    | Stap 1: Vooronderzoek  | 6         |
| 1.2.2    | Stap 2: Uitgangspunten criteria en inrichtingsvarianten                | 6         |
| 1.2.3    | Stap 3: Analyse werking inrichtingsvarianten                           | 6         |
| 1.2.4    | Stap 4: Interviews met betrokkenen                                     | 6         |
| 1.2.5    | Stap 5: Beoordelen inrichtingsvarianten                                | 7         |
| 1.2.6    | Stap 6: Kostenraming   | 7         |
| 1.2.7    | Stap 7: Conclusies   | 7         |
| <b>2</b> | <b>VOORONDERZOEK</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1      | Oorzaken van frontale ongevallen op N-wegen                            | 8         |
| 2.2      | Gebruik van geleiderailconstructies op N-wegen; inzicht in de effecten | 9         |
| 2.3      | Ongevalsanalyse frontale ongevallen op rijks-N-wegen                   | 10        |
| 2.3.1    | Algemene kenmerken frontale ongevallen                                 | 10        |
| 2.3.2    | Wegprofiel bij frontale ongevallen op rijks-N-wegen                    | 12        |
| 2.4      | Conclusies vooronderzoek   | 13        |
| <b>3</b> | <b>OPSTELLEN CRITERIA EN VASTSTELLEN VARIANTEN</b>                     | <b>14</b> |
| 3.1      | De varianten   | 14        |
| 3.2      | De beoordelingscriteria  | 15        |
| <b>4</b> | <b>ANALYSE WERKING GELEIDECONSTRUCTIES</b>                             | <b>16</b> |
| 4.1      | Objectafstand en werkende breedte geleideconstructies                  | 16        |
| 4.2      | Interviews met wegbeheerders   | 17        |
| <b>5</b> | <b>BEOORDELING INRICHTINGSVARIANTEN</b>                                | <b>19</b> |
| 5.1      | Reguliere situatie zonder geleideconstructie                           | 19        |
| 5.2      | Geleiderailconstructie met wegverbreding                               | 21        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.3      | Cable barrier                                     | 23        |
| 5.4      | Box-beam en W-beam                                | 25        |
| 5.5      | Betonnen barrier                                  | 27        |
| 5.6      | Kostenraming                                      | 29        |
| 5.7      | Overzicht   | 30        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSIES</b>                                 | <b>31</b> |
| <b>7</b> | <b>REFERENTIES</b>                                | <b>32</b> |
|          | Uitgangspunten werkzaamheden en opbouw weglichaam | 37        |
|          | Ramingsuitgangspunten                             | 37        |
|          | Engineeringskosten                                | 38        |
|          | Overige Bijkomende kosten                         | 38        |
|          | <b>COLOFON</b>                                    | <b>42</b> |

# 1 INLEIDING

## 1.1 Aanleiding

In het onderzoek 'Dodelijke verkeersongevallen op rijkswegen 2017' van de SWOV (Davidse, 2019) worden aanbevelingen gedaan om verder onderzoek te doen naar de toepassing van geleideconstructies om de veiligheid op bestaande smalle enkelbaans rijks-N-wegen verder te verhogen. De aanbevolen alternatieven zijn het creëren van een fysieke rijrichtingscheiding door middel van een cable barrier, box-beam geleiderail of W-beam geleiderail. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat Rijkswaterstaat heeft opdracht gegeven nader onderzoek te doen naar de toepassing van dergelijke geleideconstructies op bestaande rijks-N-wegen met beperkte verhardingsbreedte ter verbetering van de verkeersveiligheid.

Als er ruimte is het wegprofiel te verbreden, verdient een inrichting met een middenberm voorzien van een geleideconstructie de voorkeur. Dit onderzoek is door Arcadis uitgevoerd, waarbij is gekeken naar verschillende criteria, zoals de (verminderde) ongevalskans, het risico voor weggebruikers en mogelijke neveneffecten ten aanzien van onderhoud en incidentmanagement.

Uitgangspunt is de ombouw van een regionale stroomweg of gebiedsontsluitingsweg met een 1x2-strooks wegingdeling naar een 2x1-strooks wegingdeling met behoud van de huidige verhardingsbreedte en met gebruik van een fysieke rijrichtingscheiding.

### Doelstelling

Het onderzoek maakt inzichtelijk of *het toepassen van geleideconstructies de veiligheid op regionale stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen in beheer van het Rijk kan vergroten en wat de consequenties zijn ten aanzien van o.a. incident management, beheer en onderhoud en maakbaarheid om tot een gedegen afweging te kunnen komen.*

Dit onderzoek is er daarom op gericht een integraal beeld te krijgen van de voor- en nadelen van geleideconstructies op de rijks-N-wegen. Hiervoor is een afwegmatrix opgesteld waarin de verschillende inrichtingsvarianten worden beschouwd aan de hand van vooraf opgestelde criteria.

### Te beschouwen varianten

De onderstaande varianten zijn door de opdrachtgever aangedragen en beschouwd in dit onderzoek. De cable barrier, box-beam en W-beam zijn aanbevolen alternatieven uit het SWOV onderzoek. De opdrachtgever heeft hier tevens de betonnen barrier aan toegevoegd omdat deze al veelvuldig in Nederland wordt toegepast. Er zijn andere vormen van geleideconstructies mogelijk, maar middels de aangedragen varianten kan het principe van het toepassen van geleideconstructies in de middenberm op rijks-N-wegen voldoende worden geduid. De verschillende typen geleideconstructies (realisatie binnen het bestaande wegprofiel) zijn afgezet tegen de reguliere situatie zonder fysieke rijrichtingscheiding en de inrichtingsvorm met geleiderail en reconstructie van het dwarsprofiel. Dit laatste is de ideale situatie die momenteel volgens de richtlijnen nagestreefd moet worden bij het toepassen van een geleideconstructie. De prestatie van deze inrichtingsvorm op de diverse criteria is daarom ook het gewenste prestatieniveau.

- Reguliere situatie zonder geleiderail.
- Fysieke rijrichtingscheiding door middel van een reguliere geleiderail met reconstructie van het wegprofiel conform richtlijnen.
- Fysieke rijrichtingscheiding door middel van een cable barrier.
- Fysieke rijrichtingscheiding door middel van een box-beam geleiderail.
- Fysieke rijrichtingscheiding door middel van een W-beam geleiderail.
- Fysieke rijrichtingscheiding door middel van een betonnen barrier.

## 1.2 Leeswijzer



### 1.2.1 Step 1: Vooronderzoek

Om te beantwoorden wat het effect is van de verschillende inrichtingsvarianten op de verkeersveiligheid en het ongevalsrisico voor inzittenden en derden, is in stap 1 gekeken naar in de huidige oorzaken van de frontale botsingen. Het vooronderzoek bestond uit 3 delen:

- *Werkessie met de SWOV*  
In een korte bespreking met de SWOV is nagegaan of ze meer achtergrondinformatie hebben op basis van hun studies en of zij nog meer studies kennen naar oorzaken van frontale ongevallen op vergelijkbare wegen.
- *Bureaustudie*  
Middels een korte bureaustudie naar 5 referentiestudies is onderzocht naar wat de praktijkervaring is met geleiderailconstructies op vergelijkbare wegen, zoals de Zweedse studies naar het effect van cable barriers op de verkeersveiligheid van 2x1-strooks wegen.
- *Ongevalsanalyse*  
Met een ongevalsanalyse is onderzocht naar de relatie tussen frontale ongevallen en de weginrichting (dwarsprofielen en rijrichtingscheiding) op 1x2-strooks 80 en 100km/u wegen in beheer bij het Rijk. Hiervoor zijn ongevallen uit BRON<sup>1</sup> aan dwarsprofielgegevens uit de VIND<sup>2</sup>-database gekoppeld. Dit geeft inzicht in de beschikbare ruimte voor toepassing van een afschermingsvoorziening en of het wegprofiel mogelijk ook een rol heeft gespeeld bij de frontale ongevallen.

### 1.2.2 Step 2: Uitgangspunten criteria en inrichtingsvarianten

Op basis van de resultaten uit het vooronderzoek en in samenspraak met de opdrachtgever zijn in stap 2 de criteria (en hoe zwaar deze wegen) en varianten definitief vastgesteld. In hoofdstuk 3 wordt een omschrijving gegeven van alle criteria en varianten. Tevens zijn hier de dwarsprofielen terug te vinden die als uitgangspunt dienen voor de verder analyses.

### 1.2.3 Step 3: Analyse werking inrichtingsvarianten

In deze stap zijn objectafstand, werkende breedte en het kerend vermogen van de geleiderailvarianten beschouwd en afgezet tegen de referentiedwarsprofielen vastgesteld in stap 2. Op basis hiervan is bepaald of de varianten binnen bestaande dwarsprofielen te realiseren zijn conform de richtlijnen. Tevens geeft dit inzicht in de mogelijke restrisico's ten aanzien van risico derden of secundair risico (risico op een vervolgongeval) bij toepassing van de verschillende inrichtingsvarianten. Hiermee kunnen de effecten op de verkeersveiligheid beter ingeschat worden.

### 1.2.4 Step 4: Interviews met betrokkenen

Ter voorbereiding op het beoordelen van de inrichtingsvarianten is in stap 4 gekeken naar de huidige praktijkervaring met 2x1 regionale stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen. Hierbij was de vraag hoe deze wegen nu functioneren ten aanzien van de opgestelde criteria. Wat zijn bijvoorbeeld de effecten van een fysieke rijrichtingscheiding op incident management en beheer en onderhoud? Hiervoor zijn vier interviews afgenomen met in totaal acht districtsmedewerkers.

<sup>1</sup> Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland (BRON)

<sup>2</sup> VerkeersveiligheidsINDicator (VIND)

### **1.2.5      Stap 5: Beoordelen inrichtingsvarianten**

Alle varianten zijn in een expertsessie beschouwd aan de hand van de vastgestelde criteria uit stap 3. Hierbij waren experts van Arcadis en Rijkswaterstaat aanwezig die ervaring hebben op gebied van verkeersveiligheid en geleideconstructies. Op basis van de inzichten uit de eerdere stappen en hun expertise zijn zij tot een gezamenlijk oordeel gekomen naar de toepasbaarheid van de verschillende varianten. Dit heeft geresulteerd in een afweegmatrix die inzicht geeft in de voor- en nadelen van de verschillende varianten.

### **1.2.6      Stap 6: Kostenraming**

Voor een totaalbeeld ten aanzien van de verschillende inrichtingsvarianten is in stap 6 gekeken naar de realisatiekosten en kosten voor vervanging na een aanrijding. Hiervoor is per variant een globale kostenraming opgesteld.

### **1.2.7      Stap 7: Conclusies**

Op basis van de bevindingen in de eerdere stappen zijn in deze laatste stap de conclusies getrokken ten aanzien van de onderzochte inrichtingsvarianten. Hiermee wordt een antwoord gegeven op de hoofdvraag van dit onderzoek naar de toepasbaarheid van geleideconstructies en de veiligheid op regionale stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen op rijks-N-wegen.

## 2 VOORONDERZOEK

Om te beantwoorden wat het effect is van verschillende typen fysieke rijrichtingscheidingen op de verkeersveiligheid en het ongevalsrisico voor inzittenden en derden op rijks-N-wegen, is meer inzicht nodig in de huidige oorzaken en achtergronden van de frontale ongevallen. Hoe ontstaan deze frontale ongevallen nu exact? Is er voornamelijk sprake van foutief inhalen, verlies van voertuigcontrole of speelt afleiding een belangrijke rol? Bovendien is de rol van het dwarsprofiel van deze wegen mogelijk van belang; is de weg überhaupt breed genoeg? In dit hoofdstuk beantwoorden we deze vragen als resultaten van ons vooronderzoek. Hiertoe is het SWOV-onderzoek *'Dodelijke ongevallen op rijkswegen 2017'* (Davidse, 2019) het uitgangspunt. Ter verdieping is er een aanvullend gesprek gevoerd met een van de auteurs. Daarnaast is een viertal relevante buitenlandse studies bestudeerd die het effect van geleideconstructies op vergelijkbare wegen hebben onderzocht.

### 2.1 Oorzaken van frontale ongevallen op N-wegen

Het SWOV-onderzoek (Davidse, 2019) gaat in op over dodelijke ongevallen op rijkswegen in 2017. In dat jaar vonden acht frontale ongevallen plaats, waarvan vijf frontale ongevallen op enkelbaans-N-wegen (1x2-strooks wegen). Naast deze vijf ongevallen vonden in 2017 twee frontale ongevallen plaats met een spookrijder en eenmaal een frontale aanrijding van een fietser met een bromfietser op een tweekerichtingenfietspad.

Op de rijks-N-wegen waar de vijf frontale ongevallen plaatsvonden, waren de rijrichtingen uitsluitend gescheiden door een (dubbele) asmarkering. Twee ongevallen hadden plaats op een gebiedsontsluitingsweg met een snelheidslimiet van 80km/u en drie ongevallen op een regionale stroomweg met een snelheidslimiet van 100km/u. Bij al deze vijf ongevallen kwam een automobilist in botsing met een tegenligger welke in drie van de vijf gevallen een zwaar voertuig (vrachtauto of bus) betrof en tweemaal een personenauto. Als gevolg van deze vijf ongevallen kwamen zes inzittenden om het leven en raakten vier inzittenden (ernstig) gewond. Analyses van ongevallen op rijkswegen in 2015 en 2016 geven eenzelfde beeld als in 2017. In het betreffende onderzoeksrapport spreekt de SWOV over 'onbekende redenen' waardoor een automobilist op de andere weghelft terecht kwam en daar frontaal in botsing kwam met de tegenligger. Om meer inzicht te krijgen in de toedracht van deze frontale ongevallen en het terecht komen op de andere rijbaan is hierover nader gesproken met de SWOV.

Een van de redenen waarom de toedracht van het op de andere weghelft terecht komen vaak onbekend blijft, is omdat de betrokkenen het vanwege de dodelijke afloop niet kunnen navertellen. De politie heeft na ieder ongeval onderzoek verricht naar het ontstaan hiervan, maar vanwege de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) mag deze informatie niet openbaar gedeeld worden. Zonder nader in te gaan op individuele ongevallen is er in het aanvullend gesprek met SWOV wel gesproken over mogelijke oorzaken van deze frontale ongevallen. Ook uit dit gesprek kwam naar voren dat voertuigen bij deze ongevallen meestal op onverklaarbare wijze op de verkeerde rijstrook terecht komen, maar de mogelijkheid dat onoplettendheid door afleiding en/of vermoeidheid hierbij een rol gespeeld heeft, niet uit te sluiten is. Ook is bewust risicogedrag zoals te hard rijden of rijden onder invloed mogelijk oorzakelijk. Daarnaast is benadrukt dat het dwarsprofiel van de betreffende rijkswegen waarop de frontale ongevallen plaatsvonden vrijwel nooit voldeed aan de vigerende richtlijnen van het CROW, maar in veel gevallen te smal was.

Een te smal dwarsprofiel van deze wegen hangt samen met een (te) kleine obstakelvrije afstand waardoor de vergevingsgezindheid minimaal is: een minieme fout in de rijtaak als gevolg van onoplettendheid (bijvoorbeeld door afleiding of vermoeidheid) of bewust risicogedrag (rijden onder invloed, te hard rijden) kan ertoe leiden dat het voertuig, al dan niet via de buitenberm, op de andere weghelft terecht komt met een frontaal ongeval tot gevolg.



## 2.2 Gebruik van geleiderailconstructies op N-wegen; inzicht in de effecten

In een aantal andere landen wordt op soortgelijke wegen als de rijkswegen die leidend zijn in dit onderzoek, gebruik gemaakt van geleideconstructies. Onder meer in Zweden, Australië, Noorwegen, Ierland en Finland is een aantal 2x1-wegen uitgerust met een fysieke rijrichtingscheiding waarvan effecten op verkeersveiligheid onderzocht zijn. De cable barrier is het type rijrichtingscheiding dat op deze wegen is toegepast. Er zijn geen buitenlandse studies gevonden waarin ervaringen met andersoortige geleideconstructies op 2x1-wegen, bijvoorbeeld geleiderails of barriers, zijn behandeld.

In de jaren '90 kwamen in Zweden op het destijds 3500 kilometer lange enkelbaans wegennetwerk, bestaande uit 13m brede 1x2-wegen, jaarlijks 25% van alle Zweedse verkeersdoden om het leven (N=100). Ongeveer 70% van de dodelijke slachtoffers op deze rijkswegen was een gevolg van een frontale aanrijding (Bergh, 2005). Als reactie hierop is de Swedish Road Authority (SRA) in 1998 gestart met de herinrichting van deze 1x2-strooks wegen naar zogenoemde '*collision-free roads*': een 2+1-strooks wegtype met de cable barrier als fysieke rijrichtingscheiding met een centrale inhaalstrook die om de 1,25 kilometer van richting verandert. In een evaluatiestudie uit 2009 naar de effecten van deze wegen op verkeersveiligheid (Carlsson, 2009) blijkt een afname van het aantal dodelijk ongevallen (in vergelijking tot de oude type 1x2-strooks wegen) met maar liefst 76%. Ook het risico op (dodelijk) letsel voor motorrijders is afgenomen met 40-50% op deze wegen (Carlsson, 2009), (Forsman, 2014). Het vermoeden dat de cable barrier het risico op ernstig (dodelijk) letsel voor motorrijders vergroot vanwege de gespannen staalkabels die bij een ongeval met een motorrijder letsel zou kunnen toebrengen waarbij ledematen verloren zouden gaan wordt in deze studies dus weerlegd.

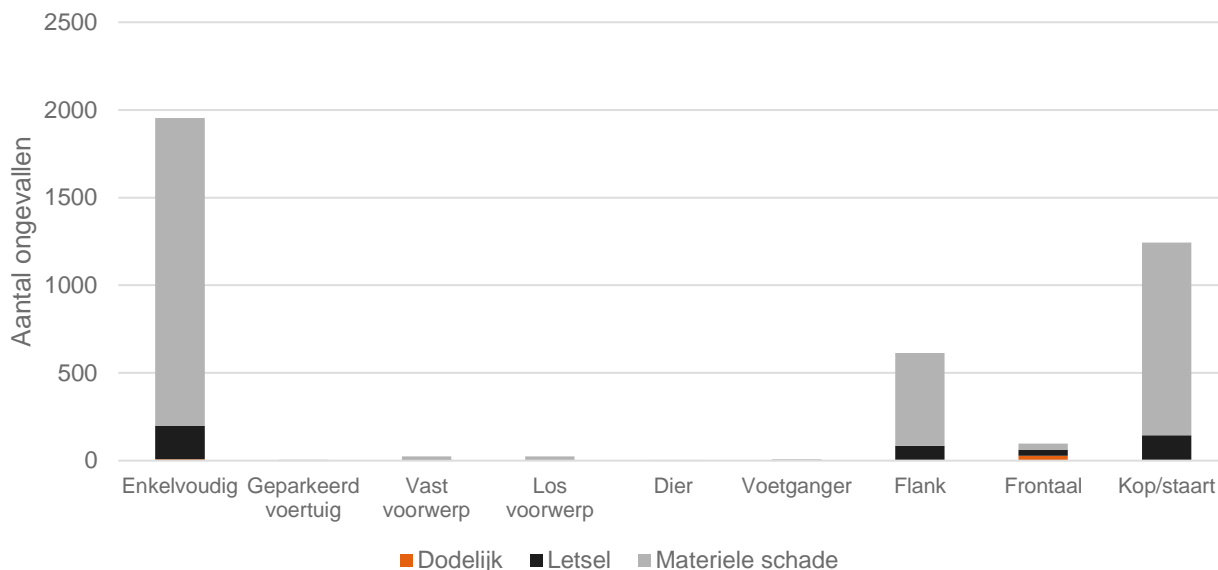
Vanaf 2009 zijn ook 1x2-strooks wegen met een smaller dwarsprofiel van ongeveer 9m op dezelfde wijze heringericht naar een 2+1-type weg met wederom de cable barrier als fysieke rijrichtingscheiding en een snelheidslimiet van 100km/u. In een studie naar de verkeersveiligheidseffecten van deze inrichting zijn ook positieve resultaten aangetoond (Vadeby, 2014). Het totale aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden op deze wegen daalde eveneens, met 50%. Bovendien verwijst de laatstgenoemde studie naar de effecten van dezelfde 2+1-inrichting mét cable barrier in andere landen: ook in Noorwegen, Ierland en Finland worden positieve verkeersveiligheidseffecten gevonden met reductiecijfers voor doden en gewonden van 50 tot 60%.

In Australië zijn de mogelijkheden voor fysieke rijrichtingscheiding verkend door Best Practices te onderzoeken. Larsson, Candappa & Corben (2006) benadrukken in hun studie het succes van de Zweedse aanpak met de '*collision-free roads*', oftewel de 2+1 inrichting met de cable barrier als fysieke rijrichtingscheiding. Een mogelijk probleem met hulpdiensten die als gevolg van een fysieke rijrichtingscheiding geen *u-turn* meer kunnen maken wordt bovendien opgelost met openingen in de cable barrier om de 3-5 kilometer. Deze zogenoemde *access points* zijn openingen in de cable barrier waardoor hulpdiensten toch kunnen keren naar de andere rijrichting indien nodig. Ten slotte stipt dezelfde studie aan dat de onderhoudskosten van de cable barrier relatief laag zijn en reparaties snel uitgevoerd kunnen worden.

## 2.3 Ongevalsanalyse frontale ongevallen op rijks-N-wegen

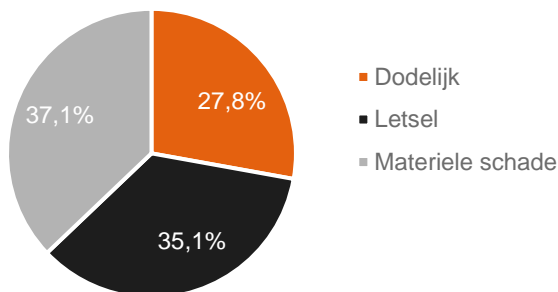
### 2.3.1 Algemene kenmerken frontale ongevallen

De ongevalsanalyse is gebaseerd op de VIND waarin ongevalsdata uit BRON (van 2014 t/m 2018) gecombineerd is met wegkenmerken. In totaal zijn er in deze periode 8238 ongevallen geregistreerd op rijks-N-wegen. In totaal waren er 45 ongevallen met een dodelijke afloop (0,5%). Bij 640 ongevallen was er letsel (7,8%). In de overige 7553 ongevallen was er enkel sprake van materiele schade (91,7%). Bij ongeveer de helft van de ongevallen (4264) is geen aard ongeval aangegeven, waardoor deze niet meegenomen kunnen worden in de analyse naar de oorzaak van frontale ongevallen. Onderstaande grafiek toont de aantallen per aard ongeval voor de resterende 3974 ongevallen.



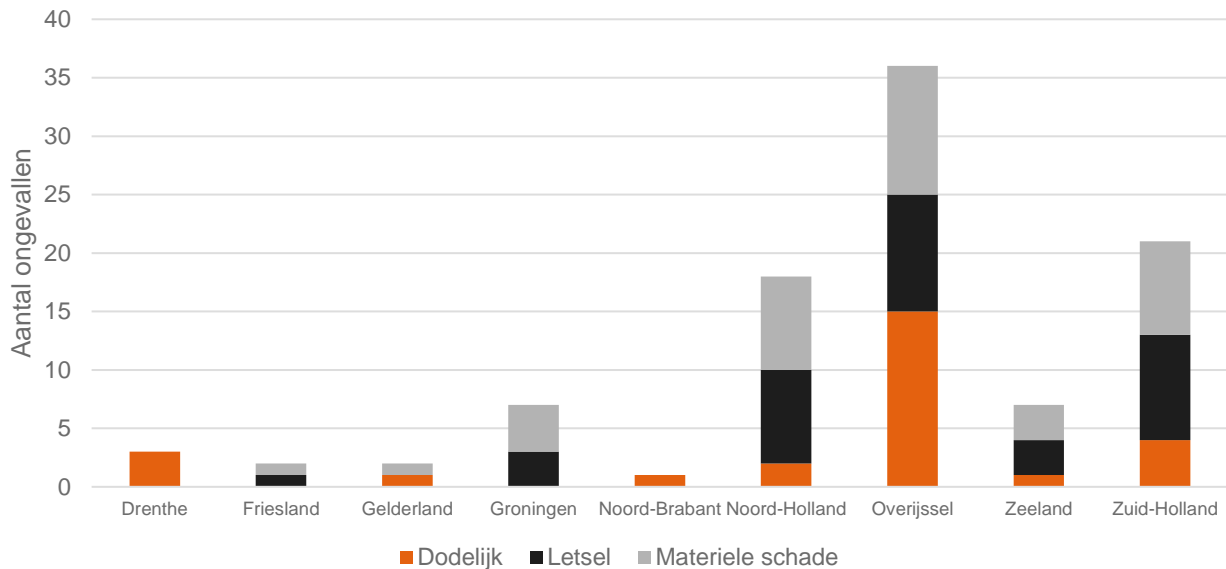
Figuur 1 Aantal ongevallen naar aard op rijks-N-wegen

Van de ongevallen waarvan de aard bekend is, was circa 1 op de 40 ongevallen frontaal (97). Deze zijn verder geanalyseerd. Opvallend is dat juist bij de frontale ongevallen het aandeel dodelijke slachtoffers naar verhouding hoog is, namelijk 27,8%. Ook het aandeel ongevallen met letsel ligt naar verhouding hoog met 35,1%. Het aantal frontale ongevallen met materiele schade is met 37,1% relatief laag.



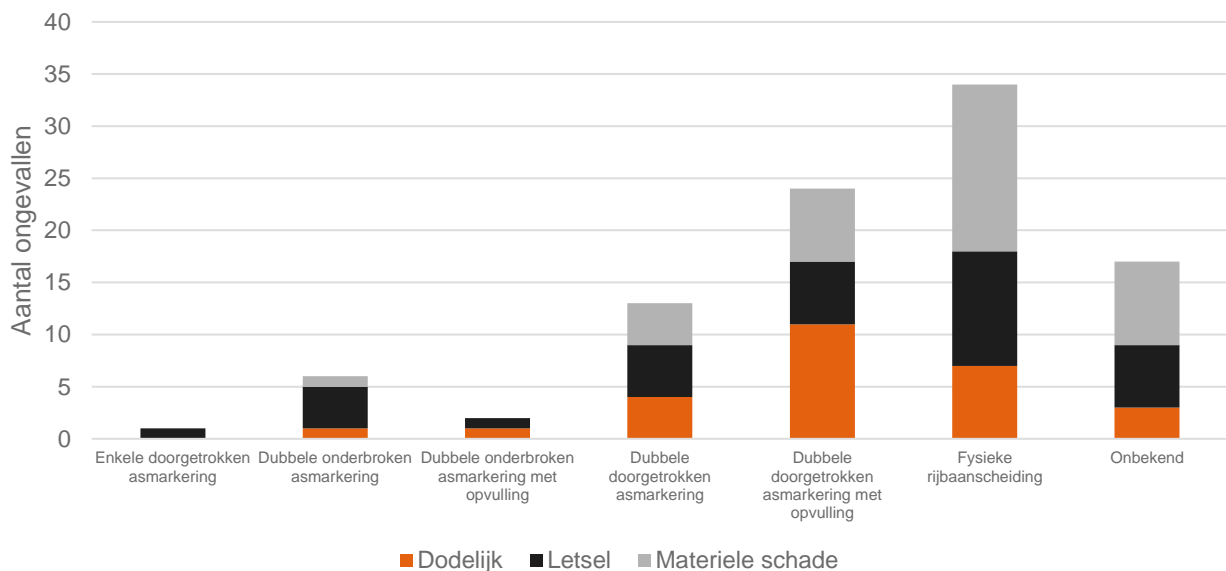
Figuur 2 Ongevalsernst voor frontale ongevallen op rijks-N-wegen

Veel van deze ongevallen vonden plaats in de provincie Overijssel, en ook in de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland waren veel frontale ongevallen, zie onderstaande grafiek. Daarbij moet opgemerkt worden dat in deze provincies een relatief groot deel van de enkelbaans rijks-N-wegen ligt.



Figuur 3 Frontale ongevallen op rijks-N-wegen per provincie

De meeste frontale ongevallen vonden plaats op autowegen (61%) of wegen gesloten voor langzaam verkeer (30%). Het overige deel vond plaats op wegen gesloten voor (brom)fietzers of weg voor alle verkeer. En de snelheidslimiet was voornamelijk 80km/u (37%) of 100km/u (46%), overige snelheidslimieten lagen tussen de 50-70km/u. In de onderstaande grafiek zijn de ongevallen uitgesplitst naar type rijrichtingscheiding.



Figuur 4 aantal frontale ongevallen op rijks-N-wegen naar type wegmarkering

Het is opvallend dat er ook bij wegen met een fysieke rijbaanscheiding veel ongevallen frontale gebeuren. De kans op een frontaal ongeval bij een fysieke rijbaanscheiding zou juist heel klein moeten zijn omdat je niet op de andere weghelft terecht kan komen. Uit een steekproef blijkt dat ongeveer bij de helft van deze locaties alleen sprake is van een gras middenberm, dus zonder een geleideconstructie (zie bijlage A met screenshots uit StreetSmart). Daarnaast betreft het ook wegen met geleiderails of betonnen barri er.

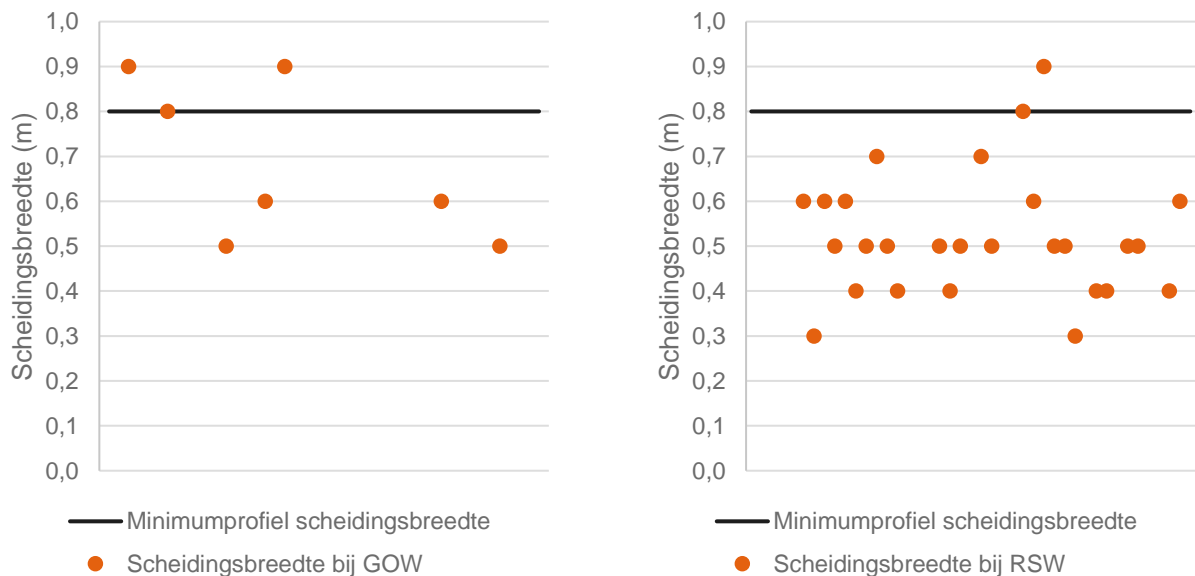
In deze gevallen lijkt het onwaarschijnlijk dat op deze locatie een frontaal ongeval tussen voertuigen uit tegengestelde richting kon ontstaan. Mogelijk ging het om spookrijden of een enkelvoudig ongeval waarbij het voertuig is gespind en daarna frontaal is aangereden door een achterligger. Ook is uit ongevalanalyses binnen andere projecten bekend dat flank- en schampongevallen waarbij de voertuigen elkaar met de neus geraakt hebben, soms als frontale ongevallen worden geregistreerd. Het blijft echter onduidelijk wat de ongevalsoorzaak van deze frontale botsingen precies is. Daarnaast richt dit onderzoek zich op het ombouwen van een bestaande 1x2-strooks GOW of RSW. Deze wegen met fysieke rijbaanscheiding hebben een afwijkend profiel en zijn daarom niet meegenomen in de verdere analyse naar de relatie tussen frontale ongevallen en wegprofiel in paragraaf 2.4.2.

Figuur 4 laat tevens zien dat het aantal ongevallen op wegen met dubbele doorgetrokken asmarkering (met en zonder opvulling) hoog is ten opzichte van wegen met dubbele onderbroken asmarkering (37 versus 13 ongevallen). In principe is bij de doorgetrokken asmarkering geen sprake van een ongeval waarbij een voertuig werd ingehaald, omdat dit verboden is. Dit wijst er mogelijk op dat er in absolute zin veelal sprake was van verlies van voertuigcontrole in plaats van risicovolle inhaalmanoeuvres. Weglengte is echter onbekend waardoor niet vastgesteld kan worden welk wegtype een hoger ongevalsrisico voor frontale ongevallen kent.

### 2.3.2 Wegprofiel bij frontale ongevallen op rijks-N-wegen

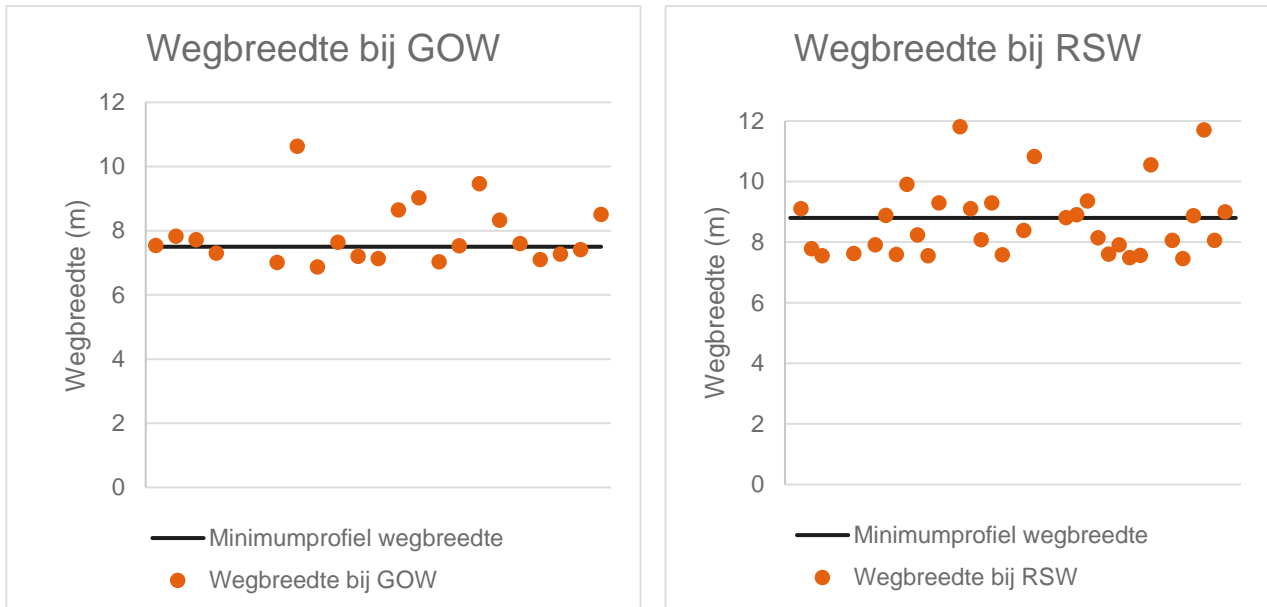
Om meer inzicht te krijgen in de wegkenmerken waarbij frontale ongevallen gebeuren, zijn de wegbreedtes van de wegen waarop de frontale ongevallen plaatsvonden, afgezet tegen of vergeleken met de minimale dimensionering van het dwarsprofiel voor een GOW en RSW (zie Bijlage B.1). Dit is gebaseerd op het Handboek Wegontwerp van het CROW.

Qua breedtes van de redresseerstroken en rijstroken blijken alle wegen waarop frontale ongevallen zijn gebeurd te voldoen aan de minimum maatvoering (zie Bijlage B.2). Echter qua rijrichtingscheidingsbreedte zien we dat de meeste wegen niet voldoen aan de richtlijn (zie Figuur 5). Gemiddeld genomen ligt de rijrichtingscheidingsbreedte voor 1x2-strooks rijks-N-wegen met frontale ongevallen op 0,5m, dus 0,3m onder het minimum.



Figuur 5 Puntenwolk met rijrichtingscheidingsbreedte van wegen met frontale ongevallen naar wegtype

Wat betreft de totale wegbreedte van rijks-N-wegen op de locaties waar de frontale ongevallen zich hebben voorgedaan, is te zien dat deze rond het minimum ligt. In sommige gevallen is er nog wel ruimte in het totale wegprofiel (andere onderdelen van het dwarsprofiel zijn wel breder dan het minimum), maar op veel locaties voldoet de totale wegbreedte niet aan de richtlijn. Dit betekent dat er vaak geen ruimte is om de rijrichtingscheidingsbreedte te vergroten ten behoeve van de plaatsing van een geleideconstructie.



Figuur 6 Puntenwolk met wegbreedte van wegen met frontale ongevallen naar wegtype

## 2.4 Conclusies vooronderzoek

Uit het vooronderzoek zijn de onderstaande conclusies getrokken:

- De verschillende resultaten uit het vooronderzoek wijzen erop dat verlies van voertuigcontrole (door vermoeidheid, afleiding, onoplettendheid of rijden onder invloed) een belangrijke factor is bij de oorzaak van frontale ongevallen op rijks-N-wegen, in combinatie met een te smalle (en dus weinig vergevingsgezinde) rijrichtingscheiding. Daarmee neemt een geleideconstructie de oorzaak van frontale ongevallen niet weg, maar wordt de impact van het ongeval wel verminderd.
- De gemiddelde rijrichtingscheidingsbreedte op rijks-N-wegen met frontale ongevallen is met 0,5m minder dan minimaal vereist vanuit de richtlijnen (0,8m).
- De wegbreedtes zitten rond het minimum en veelal ook eronder, waardoor er weinig tot geen ruimte in het wegprofiel is om deze anders in te delen ten behoeve van een bredere rijrichtingscheiding.

### 3 OPSTELLEN CRITERIA EN VASTSTELLEN VARIANTEN

Dit hoofdstuk gaat in op de definities van de criteria en varianten die in het verdere onderzoek meegenomen zijn. Deze zijn in afstemming met de opdrachtgever tot stand gekomen en vastgesteld, gericht op het creëren van een integraal beeld van alle voor- en nadelen van verschillende soorten geleideconstructies op 1x2-strooks rijks-N-wegen.

#### 3.1 De varianten

Voor dit onderzoek is gekeken of het toepassen van geleideconstructies de veiligheid op regionale stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen in beheer bij het Rijk kan vergroten en wat de consequenties zijn ten aanzien van onder andere incidentmanagement, beheer en onderhoud en maakbaarheid om tot een gedegen afweging te kunnen komen. Uitgangspunt is de ombouw van een regionale stroomweg of gebiedsontsluitingsweg met een 1x2-strooks wegindeling naar een 2x1-strooks wegindeling met behoud van de huidige verhardingsbreedte en met gebruik van een fysieke rijrichtingscheiding. De aangedragen varianten (cable barrier, box-beam, W-beam en betonnen barrier) zijn uitgezet tegen de huidige situatie (geen geleideconstructie) en de ideale situatie (een reconstructie van het wegprofiel met geleiderail volgens de richtlijnen). Daarnaast bleek uit het vooronderzoek dat naar verwachting voornamelijk verlies van voertuigcontrole, in combinatie met een smal, niet vergevingsgezinde dwarsprofiel, de oorzaak is van frontale ongevallen op rijks-N-wegen. Om deze reden zijn kleinschalige maatregelen als een slecht overrijdbare middenberm of bermpaaltjes niet als variant opgenomen. Deze botsveilige maatregelen hebben bij verlies van voertuigcontrole weinig effect door het gebrek aan kerend vermogen. De onderstaande inrichtingsvarianten zijn in dit onderzoek nader beschouwd:

- Reguliëre situatie zonder geleideconstructie



- Fysieke scheiding door middel van een geleiderail met wegverbreding, conform het Handboek Wegontwerp



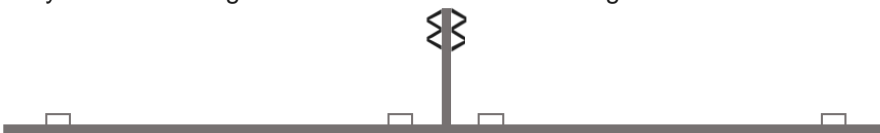
- Fysieke scheiding door middel van een cable barrier



- Fysieke scheiding door middel van een box-beam geleiderail



- Fysieke scheiding door middel van een W-beam geleiderail



- Fysieke scheiding door middel van een betonnen barrier



## 3.2 De beoordelingscriteria

Om tot een integraal beeld te komen van de voor- en nadelen van de verschillende inrichtingsvarianten met geleideconstructie zijn diverse criteria gedefinieerd met betrekking tot bijvoorbeeld verkeersveiligheid, onderhoud en incidentmanagement. Kosten zijn niet meegenomen als criterium bij de afweging van de varianten om zodoende tot een puur inhoudelijke afweging te komen. Het is echter wel wenselijk om de kosten te duiden om de beslissers binnen de overheid te helpen in hun afweging. Daarom is in paragraaf 5.6 wel een globale kostenraming per inrichtingsvariant opgesteld, maar maakt deze geen onderdeel uit van de afwegmatrix. In samenspraak met de opdrachtgever zijn de onderstaande criteria meegenomen in deze studie, waarbij de meest zwaarwegende criteria bovenaan staan:

| Criteria   | Toelichting   |
|--|---|
| <b>(Vermindering) ongevalskans bij foutief inhalen of verlies van voertuigcontrole</b> | De mate waarin de ongevalskans voor de verschillende varianten wordt verbeterd (of verslechterd). In de beoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen de ongevalskans op frontale ongevallen en op overige ongevallen. Waar een geleideconstructie mogelijk frontale ongevallen voorkomt, neemt de kans op een enkelvoudig ongeval met de geleideconstructie zelf toe. |
| <b>Risico inzittenden auto</b>   | De mate waarin de inrichtingsvariant leidt tot een verbetering van het risico op letsel voor inzittenden van een auto. Dit is een afweging tussen de mogelijke gevolgen bij een frontaal ongeval en de botsimpact bij aanrijding van de geleideconstructie.   |
| <b>Risico motorrijder</b>  | De mate waarin de inrichtingsvariant leidt tot een verbetering van het risico op letsel voor motorrijders. Dit is een afweging tussen de mogelijke gevolgen bij een frontaal ongeval en de botsimpact bij aanrijding van de geleideconstructie.   |
| <b>Risico derden</b>   | De mate waarin de inrichtingsvariant het risico voor weggebruikers op de tegengestelde rijstrook mitigeert.   |
| <b>Secundair risico</b>  | De mate waarin de geleideconstructie een secundair risico oplevert indien een voertuig eerst in de berm terecht komt en, door bijvoorbeeld oversturen, vervolgens alsnog tegen de geleideconstructie aankomt.   |
| <b>Incident management</b>   | De mate waarin een incident gemakkelijk afgehandeld kan worden. Hierbij wordt gekeken naar de aanrijdroute van hulpverleners, het kunnen weg leiden van wachtend verkeer en de noodzakelijke verkeersmaatregel voor afhandeling van een incident en reparatie van de middenbermbeveiliging.   |
| <b>Beheer en onderhoud</b>   | De mate waarin beheer en onderhoud gemakkelijk afgehandeld kan worden. Hierbij wordt gekeken naar de uitvoerbaarheid van reguliere onderhoudswerkzaamheden (benodigde wegafzettingen) en het vervangen of herstellen van de constructie na een aanrijding.  |
| <b>Inpasbaarheid</b>   | De mate waarin de inrichtingsvariant voldoet aan de richtlijnen en daarmee inpasbaar is binnen het gegeven dwarsprofiel. Hierbij wordt gekeken naar objectafstand en werkende breedte van de geleideconstructie.  |

## 4 ANALYSE WERKING GELEIDECONSTRUCTIES

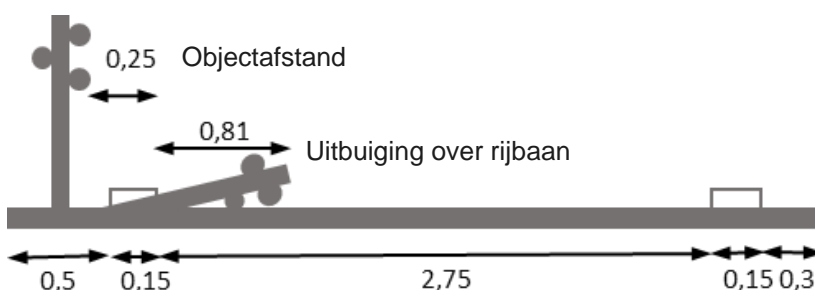
Dit hoofdstuk gaat in op de werking van de verschillende typen geleideconstructies. Paragraaf 4.1 beschrijft de analyse van de objectafstand en werkende breedte en paragraaf 4.2 de praktijkervaring van wegbeheerders.

### 4.1 Objectafstand en werkende breedte geleideconstructies

Om te bepalen in hoeverre de werking van de inrichtingsvarianten volgens de richtlijnen in te passen is, en dus niet te dicht op de rijstrook staat en niet bij impact uitbuigt over de tegengestelde rijstrook, is gekeken naar de objectafstand en werkende breedte. De objectafstand is de afstand tussen het object en de binnenkant van de asmarkering en dient minimaal 0,6m te zijn voor zowel GOW als RSW. De werkende breedte is het totaal van de constructiebreedte van de geleideconstructie en de dynamische uitbuiging in geval van een aanrijding. De omvang van de dynamische uitbuiging wordt bepaald aan de hand van botsproeven conform de Europese norm NEN-EN 1317-2. Volgens de richtlijnen van het CROW mag de werkende breedte van een geleideconstructie niet overlappen met de tegengestelde rijstrook. De werkende breedte is in deze analyse daarom vergeleken met de beschikbare afstand tussen de geleideconstructie en de rijstrook voor het tegengestelde verkeer.

De tabel op de volgende pagina toont de objectafstand en uitbuiging over de tegengestelde rijrichting per inrichtingsvariant (Tabel 1). Er is uitgegaan van een dwarsprofiel met een rijrichtingscheiding van 0,5m, wat de gemiddelde rijrichtingscheidingbreedte is van wegen met frontale ongevallen (zie ongevalsanalyse paragraaf 2.3). De kenmerken van de verschillende type geleideconstructies komen van Saferoad (producent van geleideconstructies) of de SWOV-rapportage naar median barriers. Voor elk type barrier is gezocht naar de meest optimale uitvoeringsvariant. Dat wil zeggen, een smalle constructie met zo min mogelijk uitbuiging om te voorzien in een zo groot mogelijke objectafstand en kleinste uitbuiging over de rijbaan. Per variant zijn de onderstaande criteria in de tabel opgenomen:

- Prestatieklasse: De prestatieklasse geeft het kerend vermogen weer dat een barrier heeft bij een maatgevend voertuig, dit dient minimaal N1 te zijn voor een GOW en H2 voor een RSW.
- Werkende breedte: De werkende breedte van een barrier, zijdelingse uitbuiging bij een aanrijding, wordt bij testen ingedeeld in klasse W1-W8, waarbij W1 overeenkomt met een zeer geringe uitbuiging (<0,6m) en W8 een zeer grote uitbuiging aanduidt (<3,5m).
- ASI-waarde: De ASI-waarde duidt de letselskans op een schaal van A-C waarbij A de minste letselskans oplevert en C de hoogste letselskans.
- Breedte object: de object breedte.
- Objectafstand: afstand tussen het object en de binnenkant van de asmarkering (zie voorbeeld Figuur 7).
- Uitbuiging over rijbaan: in hoeverre de geleideconstructie uitbuigt over de rijbaan in tegengestelde richting, gemeten vanaf de binnenkant van de asmarkering (zie voorbeeld Figuur 7). Bij een positief getal overlapt de werkende breedte van de geleideconstructie met de rijstrook voor het tegengestelde verkeer en bij een negatieve waarde is er geen sprake van overlap.



Figuur 7 Voorbeeld objectafstand en uitbuiging over tegengestelde rijbaan



Tabel 1 objectafstand en werkende breedte voor GOW en RSW per inrichtingsvariant

| Variant          | Prestatie-klasse | Werkende breedte | ASI | Breedte object [m] | GOW                |                             | RSW                |                             |
|------------------|------------------|------------------|-----|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|
|                  |                  |                  |     |                    | Object-afstand [m] | Uitbuiging over rijbaan [m] | Object-afstand [m] | Uitbuiging over rijbaan [m] |
| Cable barrier    | N2/H1            | W4               | A   | 0,18               | 0,31               | 0,81                        | 0,36               | 0,76                        |
| Box-beam         | H1               | W4               | A   | 0,18               | 0,31               | 0,81                        | 0,36               | 0,76                        |
| W-beam           | N2               | W3               | A   | 0,27               | 0,27               | 0,47                        | 0,32               | 0,42                        |
| Betonnen barrier | H2               | W2               | C   | 0,54               | 0,13               | 0,13                        | 0,18               | -0,08                       |

De tabel laat zien dat de cable barrier, box-beam en W-beam niet voldoen aan de benodigde prestatieclassen voor een RSW (H2). Daarentegen is voor een GOW een lagere prestatieklasse (N1) vereist dan de prestatieklasse waar de barriers nu op zijn getest.

De betonnen barrier heeft ASI-waarde C, wat betekent dat de letselkans hier het grootst is ten opzichte van de andere varianten die een ASI-waarde van A hebben en maar een geringe letselkans kennen.

Deze analyse toont dat de objectafstand tussen de 0,13-0,31m ligt en daarmee geen van de voorzieningen voldoet aan de richtlijn van minimaal 0,6m. De betonnen barrier resulteert in de kleinste objectafstand met maar 0,13m tussen binnenkant asmarkering en zijkant barrier. De smalste geleideconstructies zijn de cable barrier en de box-beam, die daardoor beiden een objectafstand van 0,31m hebben.

Daarnaast buigen alle voorzieningen uit over de tegengestelde rijstrook (0,13 tot 0,81 m) en voldoen op dit punt dus ook niet aan de richtlijn. Hier presteert de betonnen barrier het beste, waarbij de barrier gering uitbuigt over de tegengestelde rijrichting bij een GOW (0,13m) of zelfs 0.08m afstand bewaard tot de tegengestelde rijrichting bij een RWS.

In bijlage C zit tevens de analyse voor een dwarsprofiel conform richtlijnen, met 0,80m rijrichtingscheiding tussen de asstrepen. Maar ook dan blijken geen van de voorzieningen te voldoen aan de objectafstand en alleen de betonnen barrier schuift net niet over de tegengestelde rijstrook bij een maatgevende impact.

## 4.2 Interviews met wegbeheerders

Om inzicht te krijgen in de praktijkervaring met geleideconstructies op bestaande N-wegen en hoe dit wordt ervaren door wegbeheerders, zijn 4 interviews afgenomen met in totaal 6 betrokkenen van regionale dienstonderdelen en 2 Rijkswaterstaat medewerkers van de operationele dienst Verkeer- en Watermanagement (VWM). Hieruit kwamen de volgende bevindingen:

### Bevindingen ten aanzien van oorzaak en effecten:

- Oorzaken frontale ongevallen zijn veelal onverklaarbaar, maar lijken wel samen te gaan met een krap dwarsprofiel en met onrustig rijgedrag bij gemengd verkeer. Bij lang achter colonne vrachtwagens rijden krijg je bijvoorbeeld kijkgedrag (voorbereiding op inhaalmanoeuvre), een sterkere vetergang en raakt men afgeleid.
- Daar waar nu een reguliere geleiderailconstructie is toegepast, wordt een sterke afname van frontale (dodelijke) ongevallen waargenomen.

### Bevindingen ten aanzien van criteria:

- De gevolgen voor incident management zijn sterk afhankelijk van het gehele dwarsprofiel, de aanwezigheid van rotondes en gras-betonstroken (halfverharding). Een krap dwarsprofiel met een geleideconstructie laat weinig ruimte voor hulpdiensten om te passeren (bij filevorming) en weinig rotondes zorgen er tevens voor dat hulpdiensten flink moeten omrijden als ze op de tegengestelde rijstrook moeten zijn.
- Ten aanzien van beheer en onderhoud van wegen met geleideconstructie zonder wegverbreding, dient de weg volledig afgesloten te worden en verkeer omgeleid. Bij incidenten, zoals een aanrijding van de geleideconstructie, zorgt dit voor veel verkeershinder gedurende spitsuren.
- Over de inpasbaarheid zijn er zorgen. Bestaande dwarsprofielen zijn te smal voor alle varianten. De krapte kan leiden tot obstakelvrees.
- Tevens geven de wegbeheerders mee dat er rekening gehouden moet worden met fauna-doorgangen in het belang van natuurgebieden.

**Bevindingen ten aanzien van varianten:**

- De cable barrier, box-beam en W-beam zijn in de basis goede oplossingsrichtingen, maar vooral ten aanzien van de cable barrier zijn er twijfels over de veiligheid voor motoren. De box-beam en W-beam zouden uitgevoerd moeten worden met een Motor Protection System.
- De betonnen barrier wordt gezien als een veilige en onderhoudsvriendelijke oplossing (weinig schade bij impact). Het nadeel is wel dat er afvalophoping plaatsvindt, de aanleg intensief is met hoge kosten en dat er geen fauna-doorgangen zijn.
- Ten aanzien van de variant volledig conform richtlijn met reguliere geleiderail en wegverbreding vragen wegbeheerders zich af of het onderscheid tussen GOW (80km/u) en RSW (100km/u) nog herkenbaar is en dit niet zal leiden tot een hogere gemiddelde snelheid, met name op de GOW.

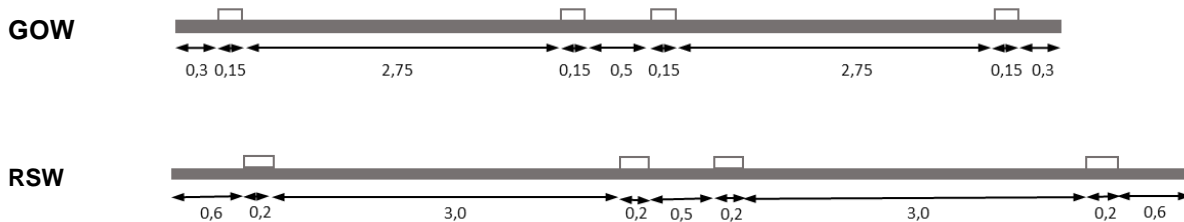
## 5 BEOORDELING INRICHTINGSVARIANTEN

In de volgende paragrafen zijn alle inrichtingsvarianten beoordeeld op basis van de opgestelde criteria in hoofdstuk 3. Hierbij diende de reguliere situatie zonder fysieke rijrichtingscheiding als uitgangspunt. Deze situatie scoort daarom neutraal op elk criterium. Alle andere varianten zijn hier tegen afgezet, waarbij de onderstaande vijfpuntschaal gehanteerd is:

- Heel negatief
- Negatief
- 0 Neutraal
- + Positief
- ++ Heel Positief

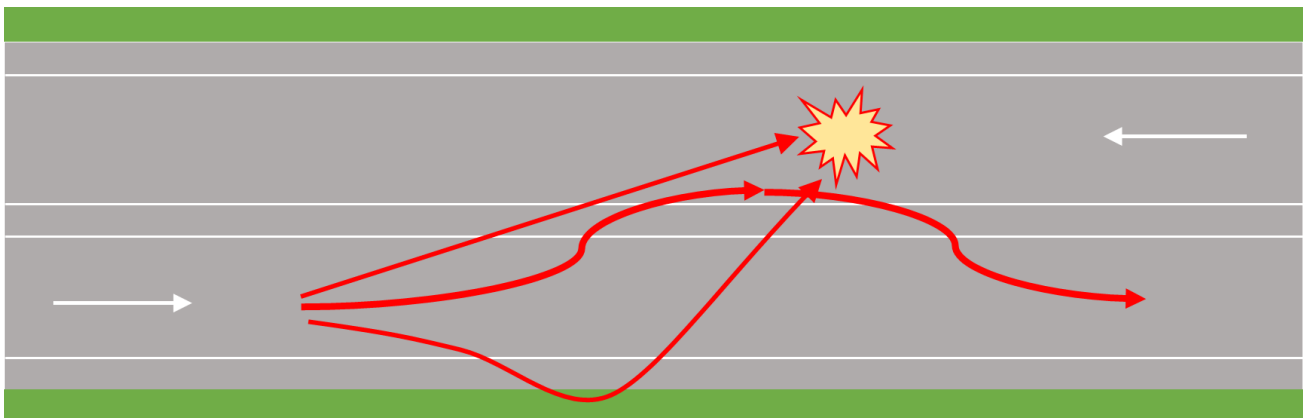
Paragraaf 5.7 toont het overzicht van alle beoordelingen in de vorm van een afweegmatrix. Hier kan gemakkelijk worden afgelezen hoe de inrichtingsvarianten ten opzichte van elkaar en de reguliere situatie scoren. De werking van de box-beam en de W-beam lag dicht bij elkaar, waardoor deze twee inrichtingsvarianten in de volgende paragrafen samen beschouwd zijn.

### 5.1 Reguliere situatie zonder geleideconstructie



In de reguliere situatie is geen fysieke rijrichtingscheiding aanwezig. Uit de ongevalsanalyse is ook gebleken dat gemiddeld de rijrichtingscheiding krappert is dan vereist volgens de richtlijnen op locaties met ongevallen. Aangezien dit juist de locaties zijn waar de behoefte bestaat om de kans op een frontaal ongeval te mitigeren, is een rijrichtingscheiding van 0,5m als uitgangspunt genomen.

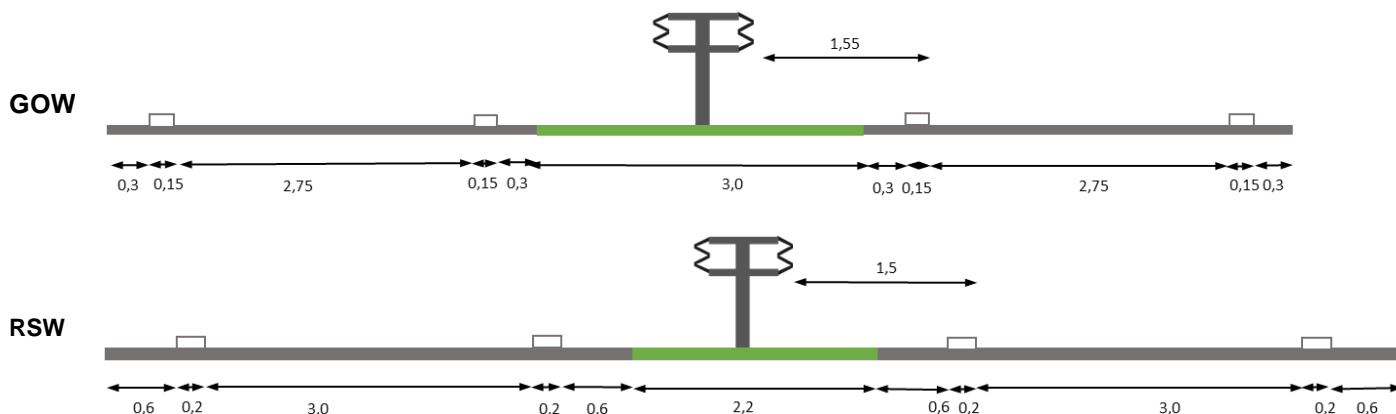
In de onderstaande figuur zijn de mogelijke manoeuvres opgenomen die in deze situatie kunnen voorkomen. Bij verlies van voertuigcontrole is het mogelijk om verkeer op de tegengestelde rijstrook te raken, maar als er geen tegenligger aanwezig is kan een bestuurder ook nog de koers herstellen en weer terugkomen op de eigen rijstrook. Daarnaast is het ook mogelijk dat een bestuurder eerst in de berm belandt en vervolgens (door oversturen) alsnog op de verkeerde weghelft terecht komt. Ook dan kan er sprake zijn van een aanrijding met tegemoetkomend verkeer of herstel van de koers zonder ongeval.



Figuur 8 Manoeuvres in reguliere situatie zonder geleideconstructie

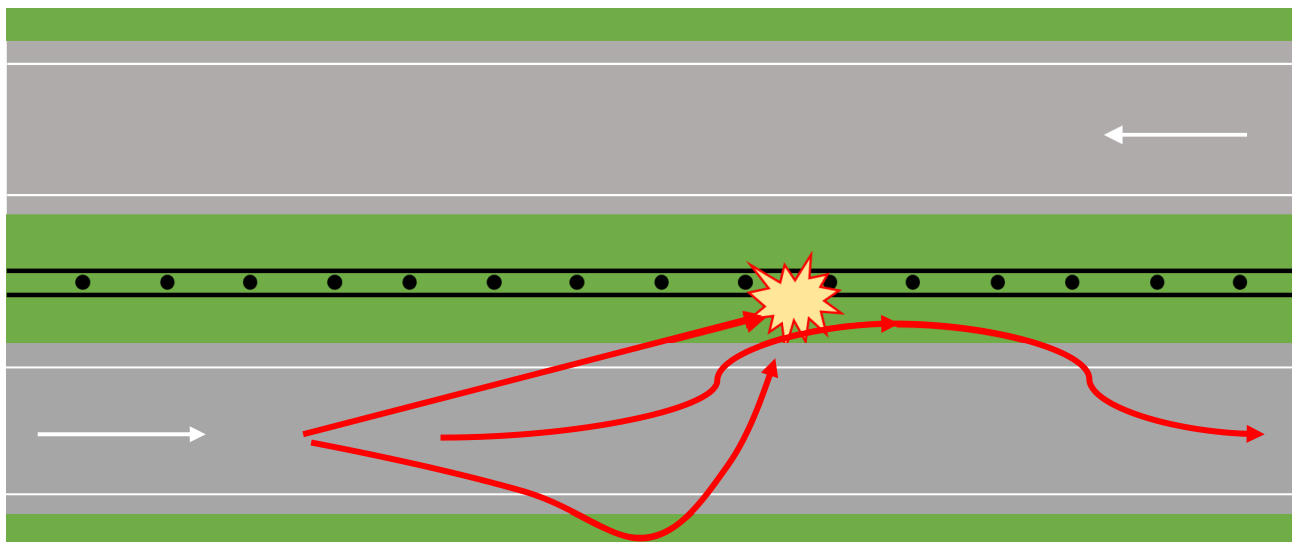
| Aspect                          | Beoordeling | Toelichting  |
|---------------------------------|-------------|--|
| Ongevaskans (frontaal / overig) | 0/0         | In de reguliere situatie zonder geleideconstructie worden frontale ongevallen als gevolg van verlies van voertuigcontrole (door bijvoorbeeld afleiding, vermoeidheid of rijden onder invloed) of risicovol inhaalgedrag niet voorkomen. Wel is het nu zo dat een bestuurder de koers kan herstellen op het moment dat er geen tegenligger aanwezig is.     |
| Risico inzittenden auto         | 0           | Frontale ongevallen kennen een hoog risico voor inzittenden door de hoge snelheden van beide betrokken partijen in tegengestelde rijrichting. Ook de ongevalsanalyse in deze studie liet zien dat het risico op ernstiger letsel hoger is voor frontale ongevallen dan voor ander type ongevallen.   |
| Risico motorrijder              | 0           | De letselernst ligt bij motorrijders door het gebrek aan een beschermende kooiconstructie veel hoger dan voor een automobilist. Dit geldt zeker bij frontale ongevallen, waarbij de impact aanzienlijk hoger is dan bij enkelvoudige ongevallen.   |
| Risico derden                   | 0           | Voor tegenliggers is deze situatie, waarin frontale ongevallen plaats kunnen vinden, risicovol.  |
| Secundair risico                | 0           | Het secundair risico, waarbij een bestuurder eerst in de berm raakt en vervolgens op de verkeerde weghelft terecht komt met een frontaal ongeval tot gevolg, is in deze situatie aanwezig. Daarnaast is het wel zo dat een bestuurder in deze situatie meer ruimte heeft om zich te herstellen indien er toevallig geen tegenligger aanwezig is.           |
| Incident management             | 0           | In de reguliere situatie is het voor hulpdiensten mogelijk om over de middenas te rijden om zo bij een ongeval op de andere weghelft te komen of stilstaand verkeer te passeren bij het naderen van een ongeval. Ook kan ander verkeer makkelijk weggeleid worden over de andere weghelft.   |
| Beheer en onderhoud             | 0           | Bij onderhoud aan een rijstrook kan in deze situatie de rijstrook ter hoogte van de werkzaamheden worden afgesloten, waarna het verkeer middels een verkeerslicht over de tegengestelde weghelft om-en-om kan worden afgewikkeld. Afsluiting van de weg is in veel gevallen niet nodig. Daarnaast zijn er geen voorzieningen die extra onderhoud behoeven. |
| Inpasbaarheid                   | 0           | De reguliere situatie, met in veel gevallen een te krappe rijrichtingsceiding, is niet conform het uitgangspunt van de richtlijnen.  |

## 5.2 Geleiderailconstructie met wegverbreding



De bovenstaande figuur toont het dwarsprofiel en de objectafstand bij de toepassing van een reguliere geleiderail met wegverbreding voor een GOW of RSW N-weg. In deze situatie is de maatvoering conform richtlijnen en is het uitgangspunt een reguliere geleiderail zoals veelvuldig in Nederland toegepast, gebaseerd op NEN5190.

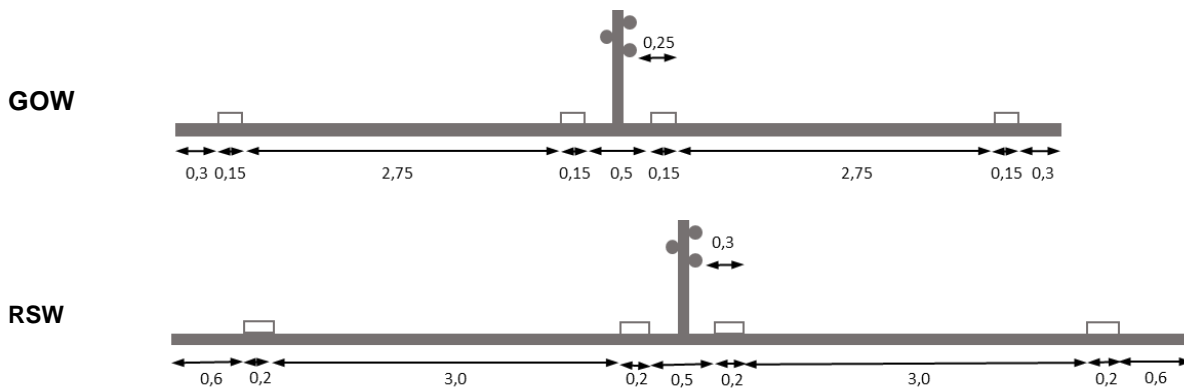
In de onderstaande figuur zijn de manoeuvres die in deze situatie kunnen voorkomen weergegeven. Een bestuurder kan bij verlies van voertuigcontrole direct tegen de geleiderailconstructie aanrijden of hij belandt eerst in de berm en raakt vervolgens (door oversturen) alsnog de geleiderailconstructie. Door de ruime middenberm is deze situatie wel vergevingsgezind en heeft de bestuurder de mogelijkheid zich te herstellen.



Figuur 9 Manoeuvres bij toepassing geleiderailconstructie met wegverbreding

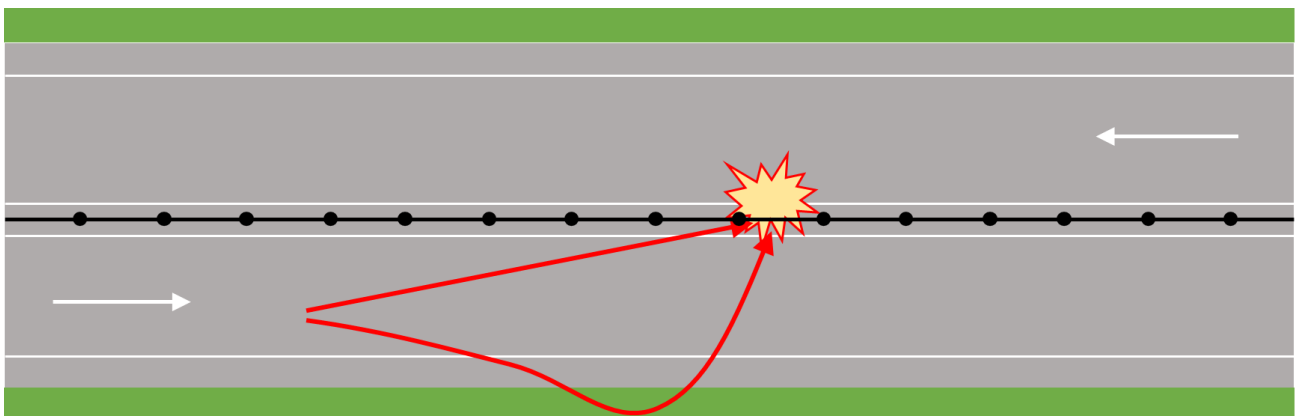
| Aspect                                  | Beoordeling | Toelichting   |
|---|-------------|---|
| <b>Ongevalskans (frontaal / overig)</b> | ++ / +      | Een geleiderailconstructie voorkomt een groot deel van de frontale ongevallen. Alleen bij doorsnijding van de geleiderail door een zwaar voertuig is er nog kans op een frontaal ongeval. De kans op enkelvoudige ongevallen neemt naar verwachting licht af. Het ruime dwarsprofiel nodigt weliswaar uit tot harder rijden, terwijl de rijstrook zelf bij een GOW nog relatief smal is. Maar hier staat tegenover dat door de aanwezigheid van een bredere middenberm en halfverharding in de buitenberm bestuurders meer mogelijkheden hebben om hun koers te herstellen en terug te sturen. Daarnaast is de verwachting dat de kans op bermongevallen en secundaire ongevallen door het ruime wegprofiel iets daalt (bestuurders wijken bijvoorbeeld niet meer uit bij vrachtverkeer in tegengestelde richting). Daarmee is het de ongevalskans voor overige ongevallen positief ingeschat ten opzichte van de reguliere situatie. |
| <b>Risico inzittenden auto</b>          | ++          | Het risico voor inzittende van een auto wordt aanzienlijk verbeterd door de geleiderailconstructie op ruime afstand tot de rijstrook. Frontale ongevallen vinden hierdoor nauwelijks nog plaats en de impact bij enkelvoudige ongevallen is relatief beperkt.   |
| <b>Risico motorrijder</b>               | ++          | Ook voor motorrijders geldt dat het risico aanzienlijk wordt verbeterd door de reguliere geleiderailconstructie op ruime afstand tot de rijstrook. Frontale ongevallen vinden hierdoor nauwelijks nog plaats en de impact bij enkelvoudige ongevallen is relatief beperkt.  |
| <b>Risico derden</b>                    | ++          | De meeste frontale ongevallen worden gemitigeerd waardoor bestuurders op de tegengestelde rijrichting vrijwel niet meer betrokken zullen zijn bij een frontaal ongeval.   |
| <b>Secundair risico</b>                 | ++          | De impact bij een secundair risico is relatief beperkt door de aanwezigheid van de middenberm en reguliere geleiderailconstructie.  |
| <b>Incident management</b>              | -           | Bij toepassing van een geleiderailconstructie is het niet mogelijk om de middenas over te rijden om zo bij een ongeval op de andere weghelft te komen, maar de middenberm biedt voldoende ruimte om stilstaand verkeer te passeren bij het naderen van een ongeval. Ander verkeer kan alleen nog steeds niet weggeleid worden over de andere weghelft.  |
| <b>Beheer en onderhoud</b>              | -           | Bij onderhoud aan een rijstrook kan de rijstrook in tegengestelde richting, door de brede middenberm, wel open blijven voor verkeer, waardoor niet de gehele weg afgesloten hoeft te worden. Bij een aanrijding zal er mogelijk wel wat schade hersteld moeten worden. Bij herstelwerkzaamheden kan dan wel verkeer over één rijstrook blijven rijden.  |
| <b>Inpasbaarheid</b>                    | ++          | Toepassing van een geleiderailconstructie met wegverbreding voldoet geheel aan de richtlijnen. Bij een weg met erfaansluitingen is het alleen niet mogelijk een geleideconstructie toe te passen, om de links afslaande beweging te kunnen blijven faciliteren.   |

### 5.3 Cable barrier



De bovenstaande figuur geeft het dwarsprofiel en objectafstand weer bij de toepassing van een cable barrier op een GOW of RSW N-weg. Uit de analyse in hoofdstuk 4 blijkt dat de werkende breedte van een cable barrier voor 0,76-0,81m overlapt met de tegengestelde rijstrook.

In de onderstaande figuur zijn de manoeuvres die in deze situatie kunnen voorkomen weergegeven. Een bestuurder kan direct tegen de cable barrier aanrijden bij verlies van voertuigcontrole of hij belandt eerst in de berm en raakt vervolgens (door oversturen) alsnog de cable barrier. Vanwege de beperkte objectafstand is er vrijwel geen mogelijkheid om de koers te herstellen zonder de cable barrier te raken.



Figuur 10 Manoeuvres bij toepassing cable barrier

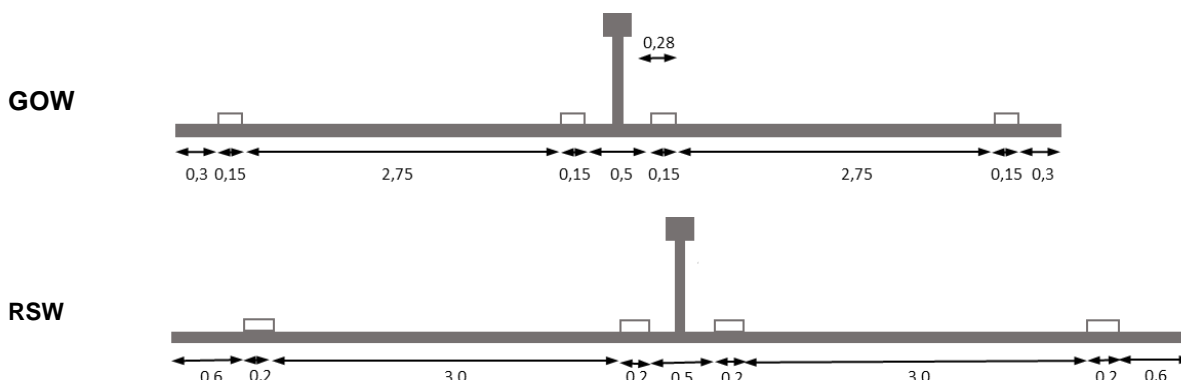
| Aspect                           | Beoordeling | Toelichting   |
|----------------------------------|-------------|---|
| Ongevalskans (frontaal / overig) | + / -       | Een cable barrier voorkomt een groot deel van de frontale ongevallen, maar doordat de cable barrier bij een aanrijding kan uitbuigen tot over de tegengestelde rijstrook en een cable barrier geen zware voertuigen kan keren, blijft er een restrisico bestaan. Tevens wordt de kans op enkelvoudige ongevallen groter. De cable barrier staat te dicht op de rijstrook waardoor er nauwelijks ruimte is om te herstellen bij verlies van voertuigcontrole en de kans groot is dat de cable barrier aangereden wordt. Daarnaast neemt de kans op bermongevallen en secundaire ongevallen ook toe als gevolg van obstakelvrees. |
| Risico inzittenden auto          | +           | Een groot deel van de frontale ongevallen wordt gemitigeerd. Er blijft een restrisico over door de grote werkende breedte, maar de impact is aanzienlijk lager als er alsnog een botsing optreedt met verkeer in tegengestelde richting. De inschatting is dat enkelvoudige ongevallen meer zullen voorkomen, maar dat de impact hiervan lager ligt. Daarmee is het risico voor inzittenden verbeterd ten opzichte van de reguliere situatie.   |

| Aspect                     | Beoordeling | Toelichting   |
|----------------------------|-------------|---|
| <b>Risico motorrijder</b>  | +           | Ook voor motorrijders geldt dat een groot deel van de frontale, en zeer risicovolle, ongevallen wordt gemitigeerd. Er zijn veel zorgen over de gevolgen van een aanrijding met een cable barrier voor motorrijders. De vraag is of de kabels en dunne paaltjes niet te veel snijden en er is geen Motor Protection System mogelijk. De Zweedse studie toonde desondanks aan dat het met de toepassing van cable barriers ook voor motorrijders veiliger is geworden (zie paragraaf 2.2). Voor motorrijders neemt de kans op enkelvoudige ongevallen met de geleideconstructie naar verwachting minder sterk toe dan voor automobilisten, omdat ze meer afstand hebben tot de geleideconstructie en er in beperktere mate sprake is van obstakelvrees. |
| <b>Risico derden</b>       | +           | Een groot deel van de frontale ongevallen wordt gemitigeerd, waardoor tegenliggers ook nauwelijks meer betrokken zullen zijn bij het ongeval. Door de grote werkende breedte blijft er echter wel een restrisico over, maar naar verwachting is de impact een stuk lager.   |
| <b>Secundair risico</b>    | +           | Door obstakelvrees is het mogelijk dat het secundair risico, waarbij een bestuurder eerst in de berm raakt en vervolgens tegen de cable barrier rijdt, meer voorkomt. Maar de impact met de cable barrier zal minder ernstig zijn dan een frontaal ongeval.   |
| <b>Incident management</b> | --          | Het is bij toepassing van een cable barrier niet mogelijk om de middenas over te rijden om zo bij een ongeval op de andere weghelft te komen of stilstaand verkeer te passeren bij het naderen van een ongeval. Ook kan ander verkeer niet meer weggeleid worden over de andere weghelft.   |
| <b>Beheer en onderhoud</b> | --          | Bij onderhoud aan een rijstrook of zijberm is het niet mogelijk gebruik te maken van de rijstrook in tegengestelde richting en moet de gehele weg (beide rijrichtingen) worden afgesloten. Daarnaast zal er bij een aanrijding een stuk van de cable barrier moeten worden vervangen waarbij eveneens een afsluiting van de gehele weg nodig is.  |
| <b>Inpasbaarheid</b>       | -           | Toepassing van de cable barrier leidt niet tot een wegprofiel dat voldoet aan de richtlijn. De resterende objectafstand is te klein en de werkende breedte is te groot. Daarbij voldoet de prestatieklasse niet voor een RSW. Bij een weg met erfaansluitingen is het ook onmogelijk een geleideconstructie toe te passen, om de links afslaande beweging te kunnen faciliteren.  |

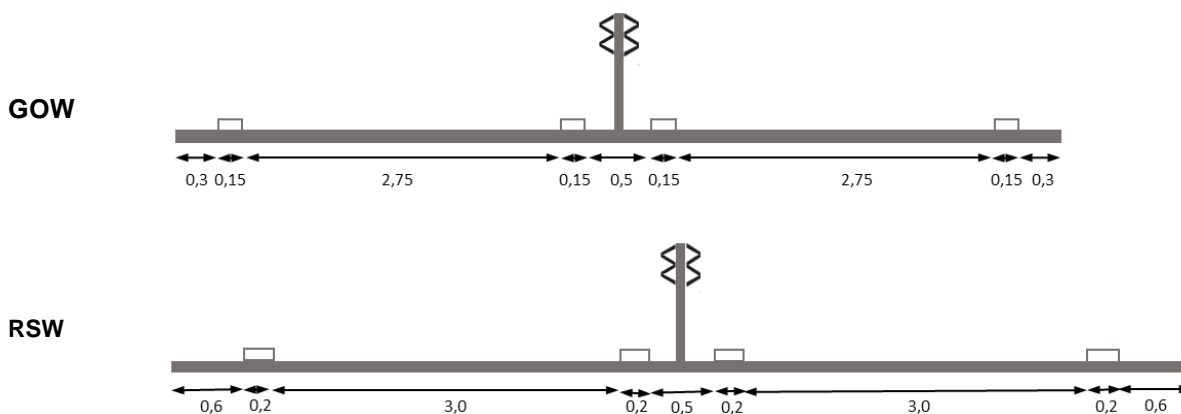


## 5.4 Box-beam en W-beam

### Box-beam

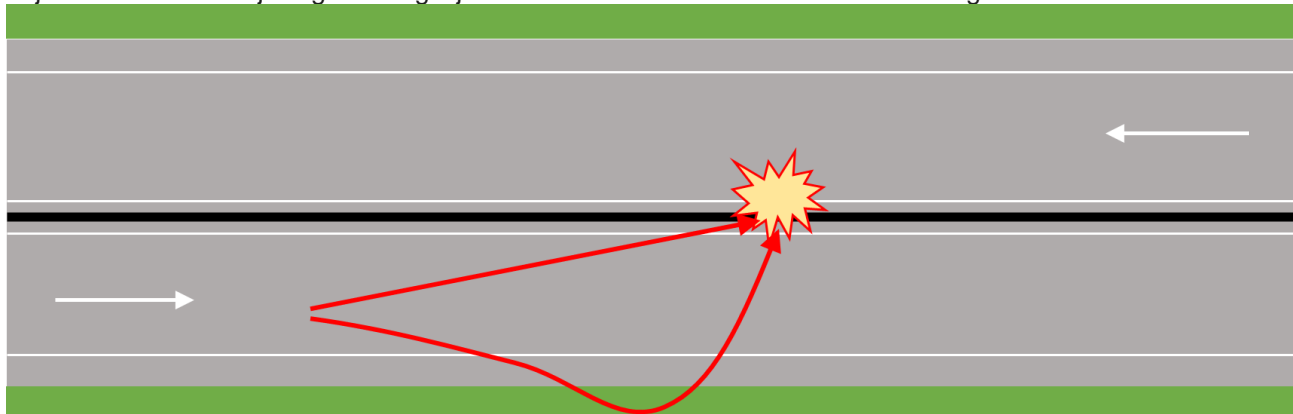


### W-beam



De bovenstaande figuren geven het dwarsprofiel en de objectafstand weer bij de toepassing van een box-beam en W-beam op een GOW of RSW N-weg. Uit de eerdere analyse in hoofdstuk 4 is gebleken dat een box-beam en W-beam respectievelijk voor 0,76-0,81m en 0,42-0,47m overlapt met de tegengestelde rijstrook.

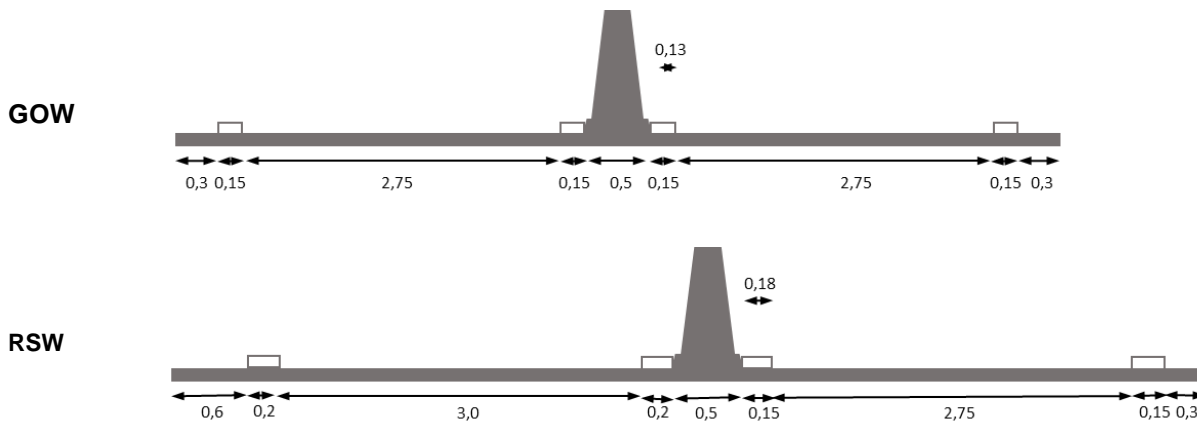
In de onderstaande figuur zijn de manoeuvres die in deze situatie kunnen voorkomen weergegeven. Een bestuurder kan direct tegen de geleideconstructie aanrijden bij verlies van voertuigcontrole of hij belandt eerst in de berm en raakt vervolgens (door oversturen) alsnog de geleideconstructie. Vanwege de beperkte objectafstand is er vrijwel geen mogelijkheid om de koers te herstellen zonder de geleideconstructie te raken.



*Figuur 11 Manoeuvres bij toepassing Box-beam en W-beam*

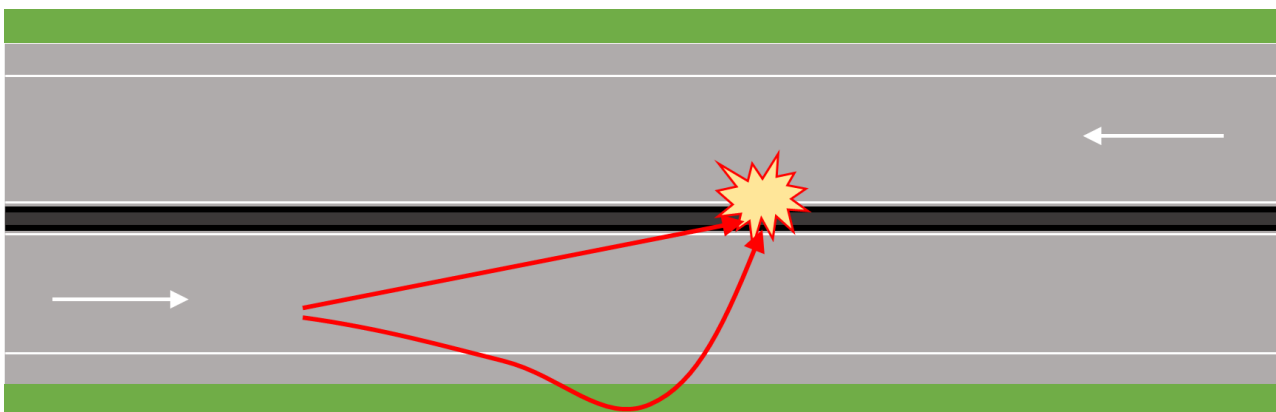
| Aspect                                  | Beoordeling | Toelichting   |
|---|-------------|---|
| <b>Ongevalskans (frontaal / overig)</b> | + / -       | Een box-beam/W-beam voorkomt een deel van de frontale ongevallen, maar door de grote uitbuiging (voor box-beam meer dan de W-beam) over de tegengestelde rijstrook en een box-beam/W-beam geen zware voertuigen kan keren, blijft er een restrisico bestaan. Tevens wordt de kans op enkelvoudige ongevallen groter. De box-beam/W-beam staat te dicht op de rijstrook waardoor er nauwelijks ruimte is om te herstellen bij verlies van voertuigcontrole en de kans groot is dat de box-beam/W-beam aangereden wordt. Daarnaast neemt de kans op bermongevallen en secundaire ongevallen toe als gevolg van obstakelvrees. |
| <b>Risico inzittenden auto</b>          | +           | Een groot deel van de frontale ongevallen wordt gemitigeerd. Er blijft een restrisico over door de grote werkende breedte, maar de impact is aanzienlijk lager als er alsnog een botsing optreedt met verkeer in tegengestelde richting. De inschatting is dat enkelvoudige ongevallen meer zullen voorkomen, maar dat de impact hiervan lager ligt. Daarmee is het risico voor inzittenden verbeterd ten opzichte van de reguliere situatie.   |
| <b>Risico motorrijder</b>               | ++          | Ook voor motorrijders geldt dat een groot deel van de frontale, en zeer risicovolle, ongevallen wordt gemitigeerd. Een box-beam/W-beam kan tevens uitgevoerd worden met een Motor Protection System, waardoor de kans op letsel bij een enkelvoudig ongeval voor een motorrijder kleiner is dan bij een cable barrier. Daarnaast geldt ook hier dat de kans op enkelvoudige ongevallen met de geleideconstructie naar verwachting minder sterk toeneemt, omdat ze meer afstand hebben tot de geleideconstructie en er in beperktere mate sprake is van obstakelvrees.   |
| <b>Risico derden</b>                    | +           | Een groot deel van de frontale ongevallen wordt gemitigeerd, waardoor tegenliggers ook nauwelijks meer betrokken zullen zijn bij het ongeval. Door de grote werkende breedte blijft er echter wel een restrisico over, maar zal naar verwachting de impact een stuk lager zijn.   |
| <b>Secundair risico</b>                 | +           | Door obstakelvrees is het mogelijk dat het secundair risico, waarbij een bestuurder eerst in de berm raakt en vervolgens tegen de box-beam/W-beam rijdt, meer voorkomt. Maar de impact met de box-beam/W-beam zal minder ernstig zijn dan een frontaal ongeval.   |
| <b>Incident management</b>              | --          | Het is bij toepassing van een box-beam/W-beam niet mogelijk om de middenas over te rijden om zo bij een ongeval op de andere weghelft te komen of stilstaand verkeer te passeren bij het naderen van een ongeval. Ook kan ander verkeer niet meer weggeleid worden over de andere weghelft.   |
| <b>Beheer en onderhoud</b>              | --          | Bij onderhoud aan een rijstrook of de zijberm is het niet mogelijk gebruik te maken van de rijstrook in tegengestelde richting en moet de gehele weg (beide rijrichtingen) worden afgesloten. Daarnaast zal er bij een aanrijding een deel van de box-beam/W-beam moeten worden vervangen waarbij eveneens een afsluiting van de gehele weg nodig is.   |
| <b>Inpasbaarheid</b>                    | -           | Toepassing van de box-beam/W-beam leidt niet tot een wegprofiel dat voldoet aan de richtlijn. De objectafstand is te klein en de werkende breedte is te groot. Daarbij voldoet de prestatieklasse niet voor een RSW. Bij een weg met erfaansluitingen is het ook onmogelijk een geleideconstructie toe te passen, om de links afslaande beweging te kunnen faciliteren.   |

## 5.5 Betonnen barrier



De bovenstaande figuur toont het dwarsprofiel en de objectafstand bij de toepassing van een betonnen barrier op een GOW of RSW N-weg. Uit de eerdere analyse bleek dat een betonnen barrier een werkende breedte kent van 0,13m over de tegengestelde rijstrook bij toepassing op een GOW, of net niet over de tegengestelde rijstrook uitbuigt bij toepassing op een RSW.

In de onderstaande figuur zijn de manoeuvres die in deze situatie kunnen voorkomen weergegeven. Een bestuurder kan direct tegen de betonnen barrier aanrijden bij verlies van voertuigcontrole of hij belandt eerst in de berm en raakt vervolgens (door oversturen) alsnog de betonnen barrier.



Figuur 12 Manoeuvres bij toepassing betonnen barrier

| Aspect                            | Beoordeling | Toelichting   |
|-----------------------------------|-------------|---|
| Ongevallskans (frontaal / overig) | ++ / --     | Een betonnen barrier voorkomt vrijwel alle frontale ongevallen waardoor er nauwelijks sprake is van restrisco. Wel wordt de kans op enkelvoudige ongevallen aanzienlijk groter, doordat de betonnen barrier zeer dicht op de rijstrook staat en het aanrijdgevaar groot wordt geacht. Daarnaast neemt de kans op bermongevallen en secundaire ongevallen ook toe als gevolg van obstakelvrees.                    |
| Risico inzittenden auto           | 0           | De toepassing van een betonnen barrier zorgt ervoor dat frontale ongevallen niet meer zullen plaatsvinden. Maar de inschatting is dat er veel meer enkelvoudige ongevallen zullen plaatsvinden. Afhankelijk van de inrijhoek kan de impact met een betonnen barrier nog aanzienlijk zijn. Daarmee verschuift het risico voor inzittenden, maar levert dit niet per se een verbetering op van de huidige situatie. |

| Aspect                     | Beoordeling | Toelichting  |
|----------------------------|-------------|--|
| <b>Risico motorrijder</b>  | +           | Voor motorrijders geldt dat frontale, en zeer risicovolle, ongevallen niet meer plaatsvinden. De impact bij een enkelvoudig ongeval met een zeer starre constructie als een betonnen barrier is voor een motorrijder nog wel groot. Maar ook hier geldt dat de kans op enkelvoudige ongevallen met de betonnen barrier naar verwachting minder sterk toeneemt, omdat ze veel meer afstand hebben tot de geleideconstructie en er geen sprake is van obstakelvrees.   |
| <b>Risico derden</b>       | ++          | vrijwel alle frontale ongevallen worden gemitigeerd waardoor bestuurders op de tegengestelde rijrichting alleen in uitzonderlijke gevallen nog betrokken zullen zijn bij een ongeval.  |
| <b>Secundair risico</b>    | +           | Door obstakelvrees is het mogelijk dat het secundair risico, waarbij een bestuurder eerst in de berm raakt en vervolgens tegen de betonnen barrier rijdt, meer voorkomt. Maar de impact met de betonnen barrier zal minder ernstig zijn dan een frontaal ongeval en door de beperkte werkende breedte is tevens de kans klein dat ook een voertuig op de tegengestelde rijstrook alsnog geraakt wordt. Echter is de impact met een betonnen barrier wel groter dan met een cable barrier, W-beam of box-beam, die meer meegeven. |
| <b>Incident management</b> | --          | Het is bij toepassing van een betonnen barrier niet mogelijk om de middenas over te rijden om zo bij een ongeval op de andere weghelft te komen of stilstaand verkeer te passeren bij het naderen van een ongeval. Ook kan ander verkeer niet meer weggeleid worden over de andere weghelft.   |
| <b>Beheer en onderhoud</b> | --          | Bij onderhoud aan een rijstrook is het niet mogelijk gebruik te maken van de rijstrook in tegengestelde richting en moet de gehele weg (beide rijrichtingen) worden afgesloten. Een betonnen barrier is relatief onderhoudsarm, bij een aanrijding zal er naar verwachting weinig tot geen schade zijn aan de geleideconstructie. Wel kan er afvalophoping plaatsvinden.   |
| <b>Inpasbaarheid</b>       | --          | Toepassing van de betonnen barrier leidt niet tot een wegprofiel dat voldoet aan de richtlijn. De objectafstand is zeer klein. Bij een weg met erfaansluitingen is het ook onmogelijk een geleideconstructie toe te passen, om de links afslaan beweging te kunnen faciliteren.  |

## 5.6 Kostenraming

Voor alle inrichtingsvarianten is een kostenraming opgesteld, waarbij gekeken is naar de investeringskosten voor de plaatsing van de geleideconstructie en de kosten van vervanging bij een incident.

Onderstaand kostenoverzicht geeft de raming van de totale investeringskosten weer per variant, behorende bij de in dit rapport aangegeven scope en uitsluitingen. De bedragen zijn gepresenteerd voor een lengte van 100m. De geschatte aanlegkosten kennen een bandbreedte van circa 20%. Om deze bandbreedte te duiden zijn de minimum, gemiddelde en maximum geraamde bedragen getoond. De reparatiekosten zijn voor het herstellen van 20m wegvak, inclusief verkeersmaatregelen. Hierbij is wel uitgegaan van een spoedreparatie waarbij de gehele weg afgesloten wordt middels schrikhekken. In bijlage D zijn de uitgangspunten en toelichting op de kostenraming terug te vinden.

Tabel 2 Kostenraming

| Maatregel                         | Min          | Gemiddeld    | Max          | Reparatiekosten per incident |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|
| Geleiderail met wegverbreding GOW | € 111.000,-- | € 138.800,-- | € 166.550,-- | € 1.150,--                   |
| Geleiderail met wegverbreding RSW | € 117.050,-- | € 146.300,-- | € 175.600,-- | € 1.150,--                   |
| Cable barrier                     | € 37.750,--  | € 47.200,--  | € 56.600,--  | € 1.000,--                   |
| Box-beam / W-beam                 | € 34.900,--  | € 43.600,--  | € 52.300,--  | € 1.250,--                   |
| Betonnen barrier                  | € 45.750,--  | € 57.200,--  | € 68.600,--  | € 350,--                     |

*Investeringskosten per variant voor 100m, exclusief btw*

*Reparatiekosten per variant voor 20m herstelwerkzaamheden, exclusief btw*

*Bandbreedte: 20%*

Op basis van de kostenraming kan gesteld worden dat de cable barrier, box-beam en W-Beam relatief goedkope systemen zijn. Het aanbrengen in bestaand asfalt en daarbij beperkte mogelijkheden voor verkeersmaatregelen werken echter prijsverhogend. Daarnaast is het toepassen van de juiste verkeersmaatregelen sterk situatieafhankelijk en de vraag is of het ontwerptechnisch past bij de cable barrier, box-beam en W-Beam. Het installeren van de eindverankering voor de cable barrier is op meerdere manieren mogelijk. Naar verwachting zijn niet alle methodes even verkeersveilig. De frequentie van het toepassen van eindverankering is ook erg kostenbepalend voor dit systeem. Nader onderzoek is aan te raden om diverse methodes van eindverankering af te wegen.

Het toepassen van een geleiderail met wegverbreding is een relatief dure variant en pakt mogelijk nog duurder uit op het moment dat hiervoor grond aangekocht dient te worden. Eventueel kan bespaard worden op de uitvoeringskosten als niet het asfaltpakket volledig wordt vervangen, maar de bestaande weg wordt verbreed door toepassing van asfaltwapening. Restlevensduur van de bestaande verharding dient hierbij wel in beschouwing genomen te worden.

## 5.7 Overzicht

De onderstaande figuur geeft een overzicht van de beoordelingen per variant zoals toegelicht in de vorige paragrafen.

|                                    | Huidig profiel | Reguliere geleiderail                | Cable barrier | Box-beam/<br>W-beam | Betonnen barrier |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| Ongevallskans<br>(frontaal/overig) | 0 / 0          | ++ / 0                               | + / -         | + / -               | ++ / --          |
| Risico inzittenden<br>auto         | 0              | ++                                   | +             | +                   | 0                |
| Risico motorrijder                 | 0              | ++                                   | +             | ++                  | +                |
| Risico derden                      | 0              | ++                                   | +             | +                   | ++               |
| Secundair risico                   | 0              | ++                                   | +             | +                   | +                |
| Incident<br>management             | 0              | -                                    | --            | --                  | --               |
| Beheer en<br>onderhoud             | 0              | -                                    | --            | --                  | --               |
| Inpasbaarheid                      | 0              | ++                                   | -             | -                   | --               |
| Investeringskosten                 |                | GOW € 138.800,--<br>RSW € 146.300,-- | € 47.200,--   | € 43.600,--         | € 57.200,--      |

## 6 CONCLUSIES

Op basis van het de verschillende analyses in de voorgaande hoofdstukken zijn de volgende conclusies getrokken:

*Inpassing conform richtlijn met een reguliere geleiderail en wegverbreding presteert het beste.  
Het verdient aanbeveling deze inpassingsvorm na te streven.*

Geen van de andere onderzochte inrichtingsvarianten is conform de richtlijnen te realiseren binnen het bestaande smalle dwarsprofiel. Ook niet als deze volgens de richtlijn zijn aangelegd met een rijrichtingscheiding van 0,8m. Al deze inrichtingsvarianten leiden tot een dwarsprofiel met een objectafstand kleiner dan 0,6m. En bijna alle geleideconstructies kunnen op de tegengestelde rijstrook terecht komen bij een botsing (behalve de betonnen barrier toegepast op een RSW). Tevens voldoen de cable barrier, box-beam en W-beam niet aan de vereiste prestatieklasse op een RSW.

Aanvullende conclusies:

- Bij alle inrichtingsvarianten neemt het aantal frontale ongevallen af ten opzichte van de huidige situatie af. Daarentegen is de verwachting dat het aantal enkelvoudige ongevallen zal toenemen voor alle inrichtingsvarianten, als gevolg van de beperkte objectafstand en obstakelvrees (behalve voor de inrichtingsvariant met reguliere geleiderail en wegverbreding).
- De cable barrier, box-beam, W-beam en betonnen barrier (bij GOW) kennen een restrisico doordat bij impact de geleideconstructie overlapt met de tegengestelde rijstrook, waardoor er alsnog een botsing met verkeer in tegengestelde richting kan ontstaan. Naar verwachting is de impact dan wel een stuk lager dan bij een direct frontaal ongeval.
- De cable barrier, box-beam, W-beam en de variant met wegverbreding zorgen voor een verbetering van het risico voor inzittenden. Alleen voor de betonnen barrier geldt dat deze inrichtingsvariant naar verwachting niet leidt tot een verbetering ten aanzien van het risico inzittenden. De zeer beperkte objectafstand en de starheid van een betonnen barrier leiden namelijk tot een weginrichting die niet vergevingsgezind is met relatief hoog letselrisico.
- Voor motorrijders worden de box-beam of W-beam met Motor Protection System of de variant met wegverbreding het meest veilig geacht. Een cable barrier of betonnen barrier zijn minder veilig, maar uit onderzoek blijkt dat de letselernst wel minder is dan bij frontale ongevallen, waardoor de verwachting is dat ook deze varianten beter uitpakken dan de reguliere situatie zonder geleideconstructie.
- Ten aanzien van incident management zorgen de geleideconstructies in combinatie met een smal dwarsprofiel ervoor dat hulpverleners niet kunnen keren op de weg of stilstaand verkeer kunnen passeren om snel bij een ongeval te komen. De variant met wegverbreding biedt wel de mogelijkheid voor hulpdiensten om stilstaand verkeer te passeren.
- Naast de in dit onderzoek geformuleerde criteria, kwam uit de interviews naar voren dat faunadoorgangen een belangrijk aandachtspunt zijn. De betonnen barrier heeft door zijn aaneengesloten onderzijde geen mogelijkheid om doorgangen te creëren. De cable barrier, box-beam, W-beam en reguliere geleiderail zijn aan de onderzijde open en bieden deze doorsteekmogelijkheid voor fauna wel. Bij toepassing van een Motor Protection System is het dan wel van belang deze niet volledig door te trekken, maar vooral te plaatsen op plekken die het meest risicovol zijn voor motorrijders, zoals in bochten.

## 7 REFERENTIES

- Bergh, T. C. (2005). 2+1 Roads with cable barriers – A Swedish success story. *Compendium of papers 3rd International Symposium on Highway Geometric Design*. Chicago.
- Carlsson, A. (2009). Evaluation of 2+1 roads with cable barrier. Final report. *VTI Rapport 636A*. Linköping: VTI.
- Davidse, R. L. (2019). Dodelijke ongevallen op rijkswegen in 2017. *Dodelijke ongevallen op rijkswegen in 2017. Analyse van ongevals- en letselfactoren en daaruit volgende aanknopingspunten voor maatregelen. R-2019-8*. Den Haag: SWOV Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.
- Forsman, Å. V. (2014). On which part of the road network do the motorcycle accidents occur? *VTI Rapport 817-2014*. Linköping: VTI.
- Vadeby, A. (2014). Traffic safety effects of narrow 2+1 roads with median barrier in Sweden. Linköping: VTI, Swedish National Road and Transport Research Institute.



## BIJLAGE A STREETSMART BEELDEN ONGEVALSLOKATIES MET FYSIEKE RIJRICHTINGSSCHEIDING

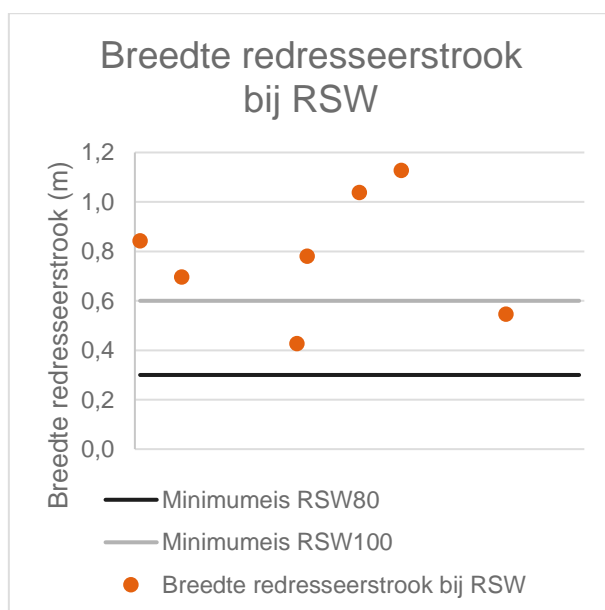
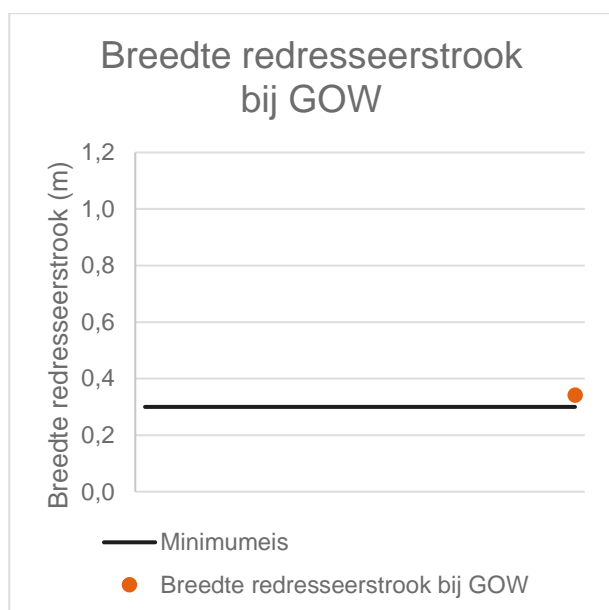


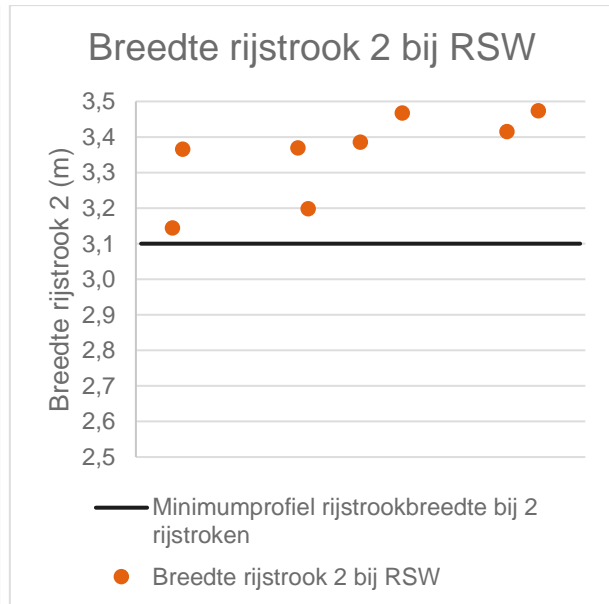
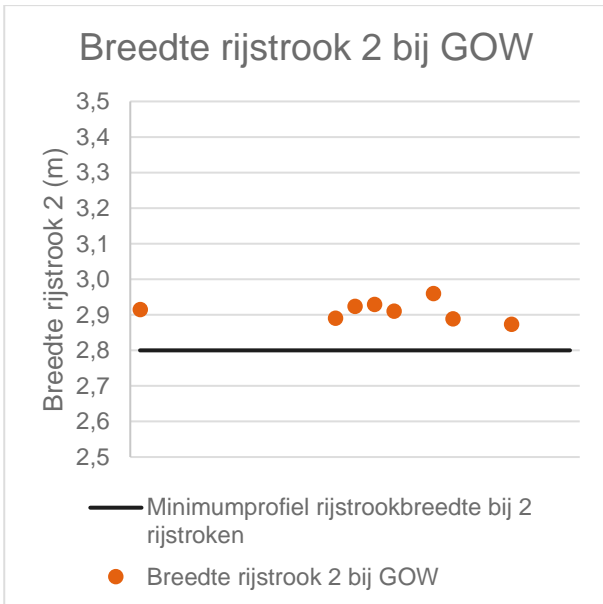
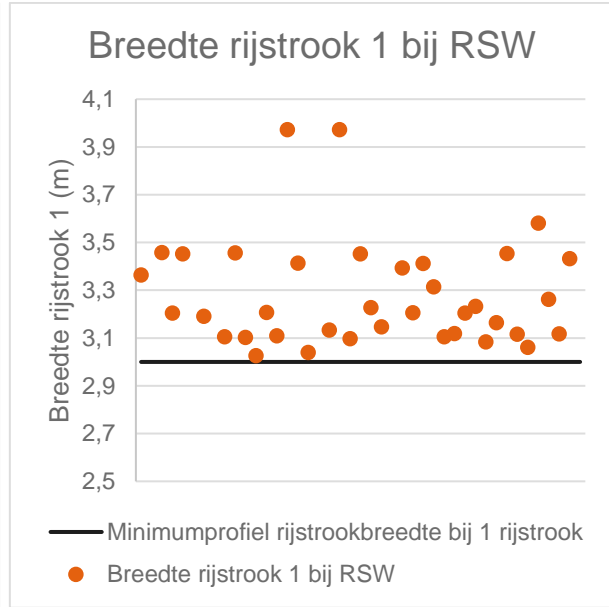
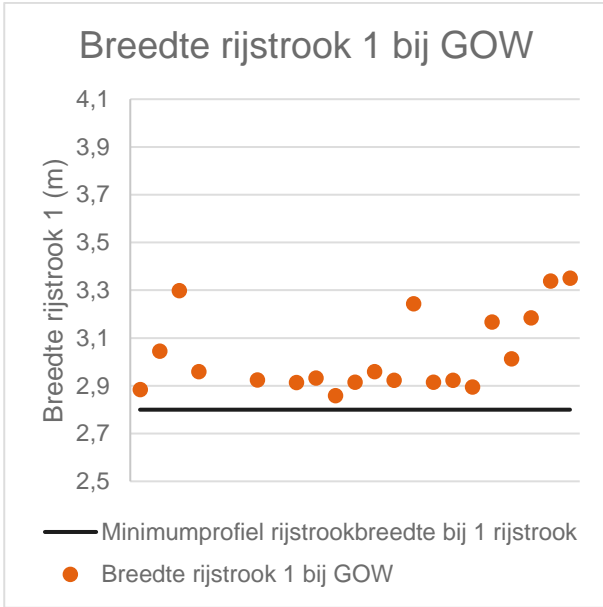
## BIJLAGE B MINIMALE WEGBREEDTES GOW EN RSW

### B.1 Minimale wegbreedtes GOW en RSW

|  | GOW   | RSW      |
|--|-------|----------|
| Redresseerstrook (exclusief kantmarkering)             | 0,3m  | 0,3-0,6m |
| Rijstrookbreedte                                       | 2,75m | 3,0m     |
| Rijstrookbreedte bij twee of meer stroken per richting | 2,75m | 3,1m     |
| Scheidingsbreedte (exclusief asmarkering)              | 0,8m  | 0,8m     |
| Markering (kant- en asstreep)                          | 0,15m | 0,20m    |
| Wegbreedte   | 7,5m  | 8,8m     |

### B.2 Redresseerstrookbreedtes en rijstrookbreedtes van wegen met frontale ongevallen





## BIJLAGE C OBJECTAFSTAND EN WERKENDE BREEDTE GELEIDECONSTRUCTIES

De onderstaande tabel toont de objectafstand en werkende breedte van de onderzochte geleideconstructies uitgaande van een dwarsprofiel met een rijrichtingsceiding van 0,80m tussen de asstrepen.

| Variant          | Kerend vermogen | Werkende breedte | ASI | Breedte object [m] | GOW               |                             | RSW               |                             |
|------------------|-----------------|------------------|-----|--------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
|                  |                 |                  |     |                    | Objectafstand [m] | Uitbuiging over rijbaan [m] | Objectafstand [m] | Uitbuiging over rijbaan [m] |
| Cable barrier    | N2/H1           | W4               | A   | 0,18               | 0,46              | 0,66                        | 0,51              | 0,61                        |
| Box-beam         | H1              | W4               | A   | 0,18               | 0,46              | 0,66                        | 0,51              | 0,61                        |
| W-beam           | N2              | W3               | A   | 0,29               | 0,42              | 0,32                        | 0,47              | 0,27                        |
| Betonnen barrier | H2              | W2               | C   | 0,80               | 0,28              | -0,02                       | 0,33              | -0,07                       |

Deze analyse toont dat de objectafstand tussen de 0,28-0,51m ligt en daarmee geen van de voorzieningen voldoet aan de richtlijn van minimaal 0,6m. De betonnen barrier resulteert in de kleinste objectafstand met maar 0,28m tussen binnenkant asmarkering en zijkant barrier. De smalste geleideconstructies zijn de cable barrier en de box-beam, die daardoor beiden een objectafstand van 0,46m hebben.

Daarnaast buigen de cable barrier, box-beam en W-beam uit over de tegengestelde rijstrook (0,27 tot 0,66m) en voldoen op dit punt dus ook niet aan de richtlijn. Hier presteert de betonnen barrier het beste, waarbij de barrier 0,02-0,07m afstand bewaard tot de tegengestelde rijrichting.

## BIJLAGE D KOSTENRAMING

Deze bijlage maakt inzichtelijk wat de kosten zijn voor het plaatsen van verschillende typen geleideconstructies bij regionale stroomwegen (RSW) en gebiedsontsluitingswegen (GOW). De dwarsprofielen zoals beschreven in hoofdstuk 5 zijn als bron gebruikt voor de ramingen. Naast deze kosten is gekeken naar de operationele kosten voor een periode van 5 jaar. Dit zijn voornamelijk de kosten voor vervanging van een deel van de geleideconstructie, aangezien het onderhoud in de eerste jaren beperkt is. Daarom zijn de reparatiekosten per incident bepaald.

### Uitgangspunten werkzaamheden en opbouw weglichaam

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden ten aanzien van de werkzaamheden en opbouw weglichaam:

- De huidige wegverharding blijft behouden.
- De huidige markering blijft behouden.
- De huidige berminrichting blijft behouden.
- Ten behoeve van het aanbrengen van de palen worden gaten geboord in het asfalt (diepte is 250mm).
- Aardebaan 500mm.
- Fundatie 300mm.
- Onderlagen asfalt 190mm.
- Deklaag 60mm.

### Ramingsuitgangspunten

De projectkosten omvatten de investeringskosten. Daaraan kunnen nog bedragen (namelijk een reservering voor scopewijzigingen en/of een onzekerheidsreserve) worden toegevoegd om het risico te verkleinen dat de projectkosten worden overschreden. De projectkosten plus toegevoegde bedragen vormen het projectbudget. De kostendeskundige raamt de investeringskosten. De financier bepaalt het budget. De kostendeskundige kan de financier daarbij wel adviseren.

### Prijspeil, Valuta, Wet- en regelgeving

- Prijspeil 01 januari 2020.
- Alle bedragen genoemd in dit product zijn in Euro.
- Standlijn wet- en regelgeving 01 januari 2020.

### Uitgangspunten SSK-raming Investering

Bij de raming van kosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Raming is opgesteld conform de SSK 2010 systematiek (CROW publicatie 137);
- Deterministisch bedrijfseconomische uitgangspunten;
- Voor deze haalbaarheidsstudie wordt een bandbreedte van +/- 20% gehanteerd;
- Geen rekening gehouden met mogelijke marktwerking (positief of negatief) tijdens aanbesteding, noch is toegerekend naar een Opdrachtnemer (of aannemer);
- Bouwspecificaties:
  - Werkzaamheden worden gedurende kantoortijden (07:00 tot 17:00 uur) uitgevoerd, met uitzondering van het aanbrengen / verwijderen van verkeersmaatregelen en het plaatsen van de betonnen barrier (avond of weekend beschouwd);
  - Vrijkomende materialen zijn niet verontreinigd;
  - Uitvoering geschiedt in één fase;
  - Uitvoering conform ontwerpuitgangspunten;
  - Ondergrondse infrastructuur is niet nader onderzocht (bv kabels en leidingen, ondergrondse infrastructuur);
  - De post “nader te detailleren” is op basis van vergelijkbare projecten ingeschat;
- De post “objectrisico (bouwkosten / engineeringskosten en overige bijkomende kosten)” is op basis van vergelijkbare projecten ingeschat;
- De post “object overstijgende risico's” is op basis van vergelijkbare projecten ingeschat.

## Uitsluitingen raming Investering

De volgende onderdelen worden niet meegenomen in de raming:

- Alle onderdelen niet genoemd in de raming.
- PFAS en/of andere bodemverontreinigingen.
- Berminrichting (sterk situatie afhankelijk).
- Beplantingen.
- Teerhoudend asfalt.
- Verleggen kabels en leidingen derden.
- Vastgoedkosten.
- Opdrachtgeverskosten.
- Onzekerheidsreserve.
- Reserve extern onvoorzien.
- Exploitatiekosten.

## Risicomanagement

Risico's zijn ingeschat op basis van kostenexpertise van vergelijkbare projecten. Risicosessies hebben niet plaats gevonden en risico's zijn niet gekwalificeerd of gekwantificeerd.

De volgende risicopercentages zijn gehanteerd:

- Niet benoemd objectrisico 10% (bouwkosten, engineeringkosten en overige bijkomende kosten)
- Niet benoemd object overstijgend risico investeringskosten (10%)
- Totale risicoreservering circa 21%

## Bouwkosten

Bouwkosten kunnen verdeeld worden in directe en indirecte kosten. De directe bouwkosten zijn de kosten voor het fysiek bouwen van het ontwerp. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd door of één Opdrachtnemer of in zijn opdracht in onderaanneming. De indirecte kosten worden als percentages opgenomen en zijn een toeslag op de directe kosten. De volgende onderdelen zijn opgenomen bij het nader te detailleren (niet uitputtend):

- Opvragen van KLIC meldingen;
- Aanbrengen belijning;
- Afwerken en inzaaien bermen en taluds;
- Aanpassen van waterhuishouding;
- Leveren en aanbrengen van nieuwe bewegwijzering, bebording en bebakening.

## Vastgoedkosten

Vastgoedkosten zijn niet opgenomen in de raming. Deze zullen wel te verwachten zijn bij het realiseren van het ideale wegprofiel.

## Engineeringkosten

In deze projectfase zijn de kosten voor opdrachtnemer en ingenieursbureau opgenomen met gebruikelijke percentages.

## Overige Bijkomende kosten

De overige bijkomende kosten zijn procentueel opgenomen in deze fase van het project. Het percentage is passend voor de omschreven werkzaamheden en deze fase van het project.

## Reparatiekosten

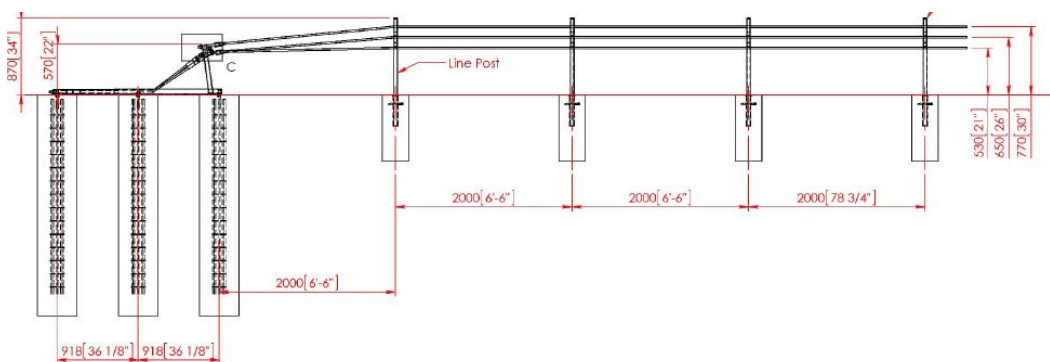
De reparatiekosten zijn gebaseerd op herstellen van 20m geleideconstructie. Hierbij is tevens uitgegaan van een spoedreparatie waarbij de gehele weg kortdurend afgesloten wordt.

## Kostenraming per inrichtingsvariant

### Cable barrier

Voor de cable barrier zijn de volgende specifieke uitgangspunten aangehouden:

- Ontwerp in hoofdlijnen conform onderstaand principe Valmont (leverancier).
- Eindbevestiging / spanpunt 1 per circa 400m aangehouden (dus 25% op 100m).
- Eindsteunpunten worden grondverdringend geboord in eerder geboorde gaten in asfalt Ø 450mm.
- Tussensteunpunten h.o.h. worden geheid / geboord in eerder geboorde gaten in asfalt Ø 300mm.
- Aanbrengen in afsluiting 1 rijbaan.
- Plaatsen tijdelijke barrier ten behoeve van veilig werken (obstakels op wegdek tijdens periode aanbrengen).
- Installatieduur relatief lang in verband met uitharden beton eindverankering voor afspannen.



De bouwkosten (aanbrengen cable barrier, verkeersmaatregelen en indirecte bouwkosten) voor deze methode betreffen circa € 308,- per meter voor de beschreven scope. De kosten gemoeid met de reparatie zijn gemiddeld € 1.000,- per incident (inclusief verkeersmaatregelen). De investeringskosten exclusief btw met bandbreedte van 20% zijn in onderstaande tabel opgenomen.

| Minimale investeringskosten<br>(per 100m) | Gemiddelde investeringskosten<br>(per 100m) | Maximale investeringskosten<br>(per 100m) |
|---|---|---|
| € 37.750,-                                | € 47.200,-                                  | € 56.600,-                                |

### Box-beam / W-beam

De kosten voor het leveren en aanbrengen van de box-beam en W-beam worden nagenoeg gelijk geacht. Alleen de langseleiding wijkt in hoofdlijnen af. Voor deze types geleiderail zijn de volgende specifieke uitgangspunten aangehouden:

- Ontwerp in hoofdlijnen conform reguliere geleiderail.
- Steunpunten h.o.h. 1,33m worden geheid in eerder geboorde gaten in asfalt Ø 150mm.
- Aanbrengen in afsluiting 1 rijbaan.
- Plaatsen tijdelijke barrier ten behoeve van veilig werken (obstakels op wegdek tijdens periode aanbrengen)
- Installatieduur relatief kort

De bouwkosten (aanbrengen box-beam / W-beam, verkeersmaatregelen en indirecte bouwkosten) voor deze methode betreffen circa € 285,- per meter voor de beschreven scope. De kosten gemoeid met de reparatie zijn gemiddeld € 1.250,- per incident (inclusief verkeersmaatregelen). De investeringskosten exclusief btw met bandbreedte van 20% zijn in onderstaande tabel opgenomen.

| Minimale investeringskosten<br>(per 100m) | Gemiddelde investeringskosten<br>(per 100m) | Maximale investeringskosten<br>(per 100m) |
|---|---|---|
| € 34.900,--                               | € 43.600,--                                 | € 52.300,--                               |

## Betonnen barrier

Voor de betonnen barrier zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Uitgegaan van gangbare stepbarrier
- Geen verankering in / aan het wegdek
- Aanbrengen in afsluiting 1 rijbaan
- Werken achter schildjes wordt voldoende geacht
- Installatieduur zeer kort

De bouwkosten (aanbrengen betonnen barrier, verkeersmaatregelen en indirecte bouwkosten) voor deze methode betreffen circa € 374,-- per meter voor de beschreven scope. De kosten gemoeid met het herstellen zijn gemiddeld € 350,-- per incident (inclusief verkeersmaatregelen). De investeringskosten exclusief btw met bandbreedte van 20% zijn in onderstaande tabel opgenomen.

| Minimale investeringskosten<br>(per 100m) | Gemiddelde investeringskosten<br>(per 100m) | Maximale investeringskosten<br>(per 100m) |
|---|---|---|
| € 45.750,--                               | € 57.200,--                                 | € 68.600,--                               |

## Realisatie ideaal wegprofiel

Voor het aanbrengen van het ideaal wegprofiel zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Volledig vervangen van het bestaande asfaltpakket
- Realisatie 1 rijrichting per keer
- Aanbrengen in afsluiting 1 rijbaan
- Plaatsen tijdelijke barrier ten behoeve van veilig werken (obstakels op wegdek tijdens periode aanbrengen)
- Verkeersmaatregelen omzetten na gereedkomen 1<sup>e</sup> rijrichting
- Middenberm inrichten na gereedkomen 2<sup>e</sup> rijrichting
- Installatieduur relatief lang

De bouwkosten (inrichten ideaal wegprofiel, verkeersmaatregelen en indirecte bouwkosten) voor deze methode betreffen circa € 875,-- per meter (GOW) en circa € 922,-- per meter (RSW) voor de beschreven scope. De kosten gemoeid met de reparatie zijn gemiddeld € 1.150,-- per incident. (inclusief verkeersmaatregelen). De investeringskosten exclusief btw met bandbreedte van 20% zijn in onderstaande tabel opgenomen.

|     | Minimale investeringskosten<br>(per 100m) | Gemiddelde investeringskosten<br>(per 100m) | Maximale investeringskosten<br>(per 100m) |
|-----|---|---|---|
| GOW | € 111.000,--                              | € 138.800,--                                | € 166.550,--                              |
| RSW | € 117.050,--                              | € 146.300,--                                | € 175.600,--                              |



## Kostenoverzicht investeringsraming

Onderstaande kostenoverzicht geeft de raming van de totale investeringskosten weer per variant, behorende bij de in dit rapport aangegeven scope en uitsluitingen. De bedragen zijn gepresenteerd voor een lengte van 100m.

| Maatregel          | Min          | Gemiddeld    | Max          |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Cable barrier      | € 37.750,--  | € 47.200,--  | € 56.600,--  |
| Box-beam           | € 34.900,--  | € 43.600,--  | € 52.300,--  |
| W-beam             | € 34.900,--  | € 43.600,--  | € 52.300,--  |
| Betonnen barrier   | € 45.750,--  | € 57.200,--  | € 68.600,--  |
| Ideaal profiel GOW | € 111.000,-- | € 138.800,-- | € 166.550,-- |
| Ideaal profiel RSW | € 117.050,-- | € 146.300,-- | € 175.600,-- |

*Investeringskosten per variant voor 100m, exclusief btw*

## COLOFON

FYSIEKE RIJRICHTINGSCHIEDING OP 1X2 REGIONALE STROOM- EN  
GEBIEDSONTSLUITINGSWEGEN

**KLANT**

Rijkswaterstaat GPO

**PROJECTNUMMER**

D05041.000077

**ONZE REFERENTIE**

D10006897:114

**DATUM**

12 juni 2020

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 220  
3800 AE Amersfoort  
Nederland  
+31 (0)88 4261261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)