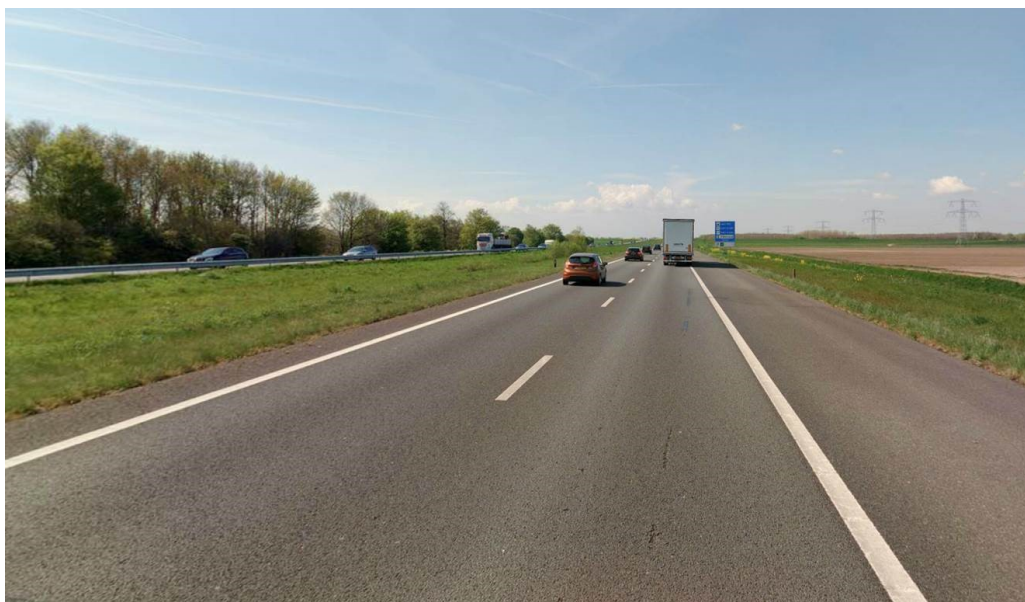




RWS INFORMATIE



Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen

Veilige Inrichting van Bermen

Datum	15 december 2021
Status	Definitief
Type standaard	Functioneel kader

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Informatie	Team Bermbeveiliging
E-mail	bermbeveiliging@rws.nl
Uitgevoerd door	Team Bermbeveiliging
Datum	15 december 2021
Status	Definitief
Versienummer	11

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding herziening Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB	5
1.2	Toepassingsgebied Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB	6
1.3	Bewustwording en expliciete risico-onderbouwing	6
1.4	Leeswijzer en stroomschema	7
2	Veilige bermen	9
2.1	Algemeen	9
2.1.1	Ongevallen en risico's	9
2.1.2	Functie van de berm	10
2.1.3	Bermtypes	10
2.2	Gevarenzones	10
2.3	Veiligheidszones	12
2.3.1	Obstakelvrije zone	13
2.3.1.1	Obstakelvrije zone bij risico's inzittenden	13
2.3.1.2	Maatvoering obstakelvrije zone	17
2.3.1.3	Obstakelvrije zone bij risico's derden	21
2.3.1.4	Obstakelvrije zone bij tussenbermen	22
2.3.2	Versoberde veiligheidszones	24
2.3.2.1	Bergingszone	24
2.3.2.2	Vluchtruimte	25
2.3.2.3	Objectafstand	25
2.4	Eisen aan opbouw en geometrie van bermen	26
2.4.1	Aansluiting van berm op verharding	27
2.4.2	Draagkracht en wrijving van de berm	28
2.4.3	Taluds	29
2.4.4	Verticaal profiel van vrije ruimte	32
3	Compenserende maatregelen	33
3.1	Functionele eisen afschermingsvoorzieningen	33
3.2	Aspecteisen (non-functionele eisen)	34
3.2.1	Geleideconstructies	34
3.2.1.1	Keringsniveau H4b	36
3.2.1.2	Trechterstappen toepassen KEVAM	37
3.2.1.3	Voorwerpen aan geleideconstructie	38
3.2.1.4	Leuningen	38
3.2.2	Obstakelbeveiligers	39
3.2.3	Botsveilige objecten	41
3.3	Toepassing van afschermingsvoorzieningen	42
3.3.1	Algemeen	43
3.3.2	Plaatsing van afschermingsvoorzieningen	45
3.3.3	Motorrijders veilige geleiderail (MVG)	52
3.4	Discontinuïteiten in voertuigkeringen	53
3.4.1	Begin- en eindpunt	53
3.4.2	Knik bij verandering dwarsprofiel	59
3.4.3	Onderbrekingen en doorsteken	60
3.4.3.1	Overstapconstructies	61
3.4.4	Overgangen	62

Bijlage 1: Literatuur	66
Bijlage 2: Begrippen	67
Bijlage 3: De draagkracht van de berm	71
Bijlage 4: EN 12767 Norm voor de veiligheid van constructies voor weguitrusting	73
Bijlage 5: EN 1317-2 Norm voor botsproeven van geleiderails	76
Bijlage 6: EN 1317-3 Norm voor botsproeven van obstakelbeveiligers	78
Bijlage 7: prEN 1317-7 Norm voor botsproeven van terminals	80
Bijlage 8: Overwegingen bij de keuze van een afschermingsvoorziening	84

1 Inleiding

Het aandeel geregistreerde ernstige enkelvoudige ongevallen (ongevallen met een dodelijke afloop) op Rijkswegen is aanzienlijk (38% over de periode 2015-2019). Absoluut gezien betreft het gemiddeld 26 dodelijke ongevallen per jaar. Elke aanrijding van een vast voorwerp, van welke aard dan ook, wordt gezien als een enkelvoudig ongeval. De enkelvoudige ongevallen komen verspreid over het netwerk voor, met vaak (kleine) concentraties van ongevallen in relatief krappe horizontale bogen. Hierbij is de kans op dodelijke afloop of ernstig letsel bij aanrijding van een star obstakel gemiddeld tweemaal zo groot als bij een aanrijding van een voertuigkering. Naast enkelvoudige (berm)ongevallen onderscheiden we meervoudige bermongevallen. Dit zijn ongevallen waarbij ook derden zijn betrokken.

Een proactieve aanpak van deze verkeersonveiligheid heeft sterk de voorkeur boven een reactieve aanpak. Dit betekent dat enkelvoudige ongevallen in eerste instantie bij de bron worden bestreden, waarbij de maatregelen ter bestrijding van enkelvoudige ongevallen zoveel mogelijk gericht zijn op de achterliggende oorzaken van de ongevallen. Daarbij zijn naar prioriteit de volgende ontwerpbeginselen te onderscheiden:

- 1 het voorkomen dat bestuurders ongewild of onbewust uit de eigen rijstrook en vervolgens van de weg raken;
- 2 het creëren van veilige vergevingsgezinde bermen en weg-omgevingen waardoor de bestuurder de kans krijgt om zijn fout te herstellen dan wel buiten de verkeersstromen veilig kan stoppen;
- 3 het afschermen van gevarenczones die bij het aan- of inrijden een grotere letselkans voor derden of de inzittenden opleveren dan bij het aanrijden van een afschermingsvoorziening.

Voor punt 1 is een veilig wegontwerp van belang; hiervoor wordt verwezen naar de Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen (ROA). Voorliggende herziene Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen Veilige inrichting van bermen (ROA VIB) gaat hoofdzakelijk in op punten 2 en 3.

1.1 Aanleiding herziening Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB

Na de vaststelling en het gebruik van de ROA Veilige inrichting van bermen versie 10 uit 2017 zijn er diverse ontwikkelingen geweest op het vakgebied. Deze ontwikkelingen zijn aanleiding geweest voor de herziening van deze richtlijn. De voornaamste ontwikkeling is de uitgave van het Compendium beginpunten geleiderailconstructies. Dit compendium is uitgegeven in 2019 en volledig doorgevoerd in deze richtlijn. Hiermee is dit compendium na vaststelling van de ROA VIB versie 11 komen te vervallen.

Voornaamste wijzigingen

Door de NEN is de NPR 5191 uitgegeven. Voor de plaatsing van de geleiderail in het dwarsprofiel die door Rijkswaterstaat zijn beoordeeld als gelijksoortig aan de NPR 5191 systemen is de c-maat opnieuw expliciet beschreven. De c-maat betreft de afstand tussen de achterzijde van de geleiderail en de voorzijde van het obstakel. Overige voornaamste wijzigingen zijn:

- de omgang met de obstakelvrije zone is verduidelijkt bij aansluitingen, in tussenbermen en in taluds.
- de afweging tussen het prestatieniveau H2 en H4b in standaardsituaties is beschreven, alsmede een verwijzing wanneer de afweging middels het afwegingsmodel KEVAM dient te worden uitgevoerd. Hierbij is ook de afscherming van het emplacement van een verzorgingsplaats geduid.
- de aansluiting van de randconstructie van het asfalt op de berm is afgestemd op de Eisen Bovenbouw en Eisen Berm.

Ten slotte zijn verwijzingen naar overige richtlijnen en normen gecontroleerd en geactualiseerd.

1.2 Toepassingsgebied Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB

Deze richtlijn is uitsluitend van toepassing op de veilige inrichting van bermen van nationale stroomwegen (autosnelwegen) en vervangt de richtlijn 'Veilige inrichting van bermen' (CROW publicatie 705, mei 1999). Conform de Uitvoeringsvoorschriften Besluit Administratieve Bepalingen inzake Wegverkeer (BABW) mag aan een weg de status van nationale stroomweg worden gegeven wanneer:

- de lengte van het als nationale stroomweg aangeduide weggedeelte minimaal 2,5 km bedraagt;
- de weg gelegen is buiten de bebouwde kom en de doorgaande rijbaan is aangewezen als voorrangsweg;
- de weg ongelijkvloerse kruisingen, gescheiden rijbanen en vloeiend verlopende toe- en afritten heeft.

Deze ROA VIB maakt deel uit van de ROA en is van toepassing:

- bij de aanleg van nieuwe en reconstructie van bestaande nationale stroomwegen¹;
- voor hoofd-, parallel- en rangeerbanen en verbindingswegen in knooppunten en aansluitingen van nationale stroomwegen;
- voor permanente situaties;
- bij vervanging van bestaande afschermingsvoorzieningen in het kader van beheer en onderhoud, met dien verstande dat reparaties naar aanleiding van aanrijdingen hier buiten vallen;
- voor tijdelijke situaties voor zover de vigerende richtlijnen aangaande maatregelen ten tijde van wegwerkzaamheden op rijkswegen en aanverwante CROW-richtlijnen daarin niet voorziet.

Deze richtlijn omvat de invulling van de overgebleven maatvoering in het dwarsprofiel, welke is ontstaan aan de hand van de keuzes die zijn gemaakt in het dwarsprofiel op basis van de ROA. De richtlijn kent om deze reden vooral functionele eisen voor vergevingsgezinde bermen. De richtlijn is van toepassing gedurende het volledige ontwerpproces van nationale stroomwegen: verkenning, planuitwerking en realisatie.

Voor veilige inrichting van bermen langs autosnelwegen met een spitsstrook wordt verwezen naar de richtlijn 'Ontwerp en Inrichting Spitsstroken' (Rijkswaterstaat, oktober 2019).

Voor wegen die deel uitmaken van het E-wegennet is de European Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR, 1975) van toepassing. Wanneer het ontwerp en de inrichting van bermen in overeenstemming is met deze ROA VIB, wordt aan de AGR voldaan.

1.3 Bewustwording en expliciete risico-onderbouwing

Een belangrijk aspect van verkeersveilig ontwerp is bewustwording / bewustzijn van de context van een ontwerp. Omdat elke situatie uniek is, is het niet mogelijk om voor elke denkbare situatie een richtwaarde op te nemen in deze richtlijn.

Een veilig ontwerp kan alleen verkregen worden op het moment dat de ontwerper zich bewust is van deze unieke kenmerken en omstandigheden van zijn ontwerp / project, en deze op verantwoorde wijze betreft in zijn ontwerp.

¹ Voor regionale stroomwegen wordt verwezen naar het 'Handboek Veilige inrichting van bermen, Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom'

In deze richtlijn zijn op enkele plekken grijze kaders met aanvullende toelichting of (achtergrond)informatie opgenomen. Deze grijze kaders hebben geen status als richtwaarde, maar hebben tot doel de ontwerper enkele denkrichtingen aan te reiken om de bewustwording van de bredere context te bevorderen.

De stap die volgt op bewustwording/ bewustzijn, is het expliciet rapporteren over de (veiligheids)risico's en de afwegingen en keuzes waartoe dat heeft geleid. In een markt waarin marktpartijen steeds vaker een leidende rol krijgen en opdrachtgevers vaker toetsen op proces, is een projectspecifieke expliciete risico-onderbouwing inclusief beoordeling van mogelijke risicoconsequenties onontbeerlijk om goede besluitvorming mogelijk te maken.

1.4 Leeswijzer en stroomschema

Zoals in het voorgaande beschreven, gaat de proactieve aanpak voor veilige inrichting van bermen uit van de volgende hiërarchie in werkwijze:

1. het creëren van veilige vergevingsgezinde bermen en wegomgevingen waardoor de bestuurder de kans krijgt om zijn fout te herstellen dan wel buiten de verkeersstromen veilig kan stoppen;
2. het afschermen van wegsituaties die bij het aan- of inrijden een grotere letselkans voor derden of de inzittenden opleveren dan bij het aanrijden van een afschermingsvoorziening.

Dit betekent dat eerst wordt ingezet op veilige bermen, en pas in tweede instantie op het (veilig) toepassen van compenserende maatregelen in de vorm van afschermingsvoorzieningen. In onderstaand schema is deze gedachtegang weergegeven.

De opbouw van deze richtlijn is gebaseerd op deze hiërarchie:

- hoofdstuk 2 gaat in op hoe bermen veilig vormgegeven kunnen worden;
- hoofdstuk 3 gaat in op (eisen aan) afschermingsvoorzieningen.

In de bijlagen van deze richtlijn is het volgende opgenomen (voor zover hieronder naar richtlijnen wordt verwezen, zijn alleen de voor deze richtlijn relevante gedeelten als bijlage opgenomen):

- bijlage 1: overzicht van relevante literatuur;
- bijlage 2: overzicht van de begrippen met omschrijvingen;
- bijlage 3: draagkracht van de berm;
- bijlage 4: NEN-EN 12767, passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting, eisen en beproevingsmethoden (augustus 2019);
- bijlage 5: NEN-EN 1317-2, afschermende constructies voor wegen – deel 2: prestatieklassen, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding (juli 2010);
- bijlage 6: NEN-EN 1317-3, afschermende constructies voor wegen – deel 3: prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers (juli 2010);
- bijlage 7: prEN 1317-7: prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor uiteinde van vangrails (2012);
- bijlage 8: Overwegingen bij de keuze van een afschermingsvoorziening;

Afschermingsvoorziening vereist?

Kunnen door een uit de koers geraakt voertuig verhoogde '**risico's voor derden**' optreden door onvoldoende objectafstand?

Ontwerpsnelheid (km/h)	Obstakelvrije zone middenberm (m)	Obstakelvrije zone buitenberm (m)
120	25	20
90	20	20
70	n.v.t.	12
50	n.v.t.	9

↓ Ja

Toepassen afschermingsvoorziening**Uitzondering:**

Tussenberm: in principe GEEN afschermingsvoorziening, mogelijk WEL noodzakelijk bij toepassing voorziening tegen niet-legitiem doorkruisen
 Buitenberm: bij belangrijke publieke functies afmeting geldt obstakelvrije zone conform 'risico's voor inzittenden'. Mogelijk toepassen hoger keringsniveau.

Nee

Kunnen door een uit de koers geraakt voertuig verhoogde '**risico's voor inzittenden**' optreden door onvoldoende obstakelafstand ten opzichte van:

- niet-botsveilige voorwerpen
- taluds
- watergangen

Ontwerpsnelheid (km/h)	Obstakelvrije zone (m)
120	13
90	10
70	6
50	4,5

↓ Ja

Verantwoordelijkheid ontwerper:

1. Zijn andere maatregelen behalve afschermingsvoorzieningen mogelijk en kosteneffectief? Denk hierbij aan:
 - verwijderen of verplaatsen obstakels
 - obstakel vervangen door botsveilig object
 - taluds veilig maken
 - watergangen verleggen buiten obstakelvrije zone
2. Het toepassen van een afschermingsvoorziening dient met een **risico-onderbouwing** (letselkans) afgewogen te worden tegen het niet afschermen van een obstakel. In horizontale bogen dient het toegenomen risico voor motorrijders bij toepassing van geleiderails te zijn meegenomen in deze afweging.

Nee

Verantwoordelijkheid ontwerper:

In principe GEEN afschermingsvoorziening.

Voor mogelijke gevaren (net) buiten de obstakelvrije zone dient met een **risico-onderbouwing** afgewogen te worden of alsnog toepassen van een afschermingsvoorziening nodig is.

2 Veilige bermen

2.1 Algemeen

Ondanks preventieve maatregelen komt het voor dat voertuigen, om welke reden dan ook, uit koers raken en in de berm terecht komen. In die situaties is het van belang de berm zodanig veilig in te richten dat de kans op (ernstig) letsel minimaal is: de vergevingsgezinde berm.

De berm is het gedeelte van de weg tussen verharde rijbanen of tussen een buitenste verharde rijbaan en de naastgelegen weggrens. Veilige bermen zijn een belangrijk ontwerpelement dat een standaard onderdeel is van het dwarsprofiel. Een veilige berm is een obstakelvrije draagkrachtige berm, die met een klein hoogteverschil aansluit op de verharding.

2.1.1 *Ongevallen en risico's*

Wanneer een voertuig uit koers raakt, in de berm terecht komt en zonder letsel aan inzittenden of derden, en zonder schade aan het eigen voertuig, andere voertuigen of vaste voorwerpen op de rijbaan kan terugkeren, is er geen sprake van een ongeval maar van een (berm)incident. Er is pas sprake van een (berm)ongeval wanneer het voertuig bijvoorbeeld ergens tegenaan rijdt, over de kop gaat of in een sloot terecht komt. Bij veel bermongevallen is slechts één rijdend voertuig betrokken, de zogenaamde enkelvoudige ongevallen. Deze enkelvoudige ongevallen zijn te onderscheiden in:

- vastvoorwerp-ongevallen: ongevallen waarbij het voertuig in aanraking komt met een vast voorwerp (elk voorwerp dat op de grond is geplaatst of in de grond is bevestigd, zoals afschermingsvoorzieningen, verkeersborden, wegwijzers, (licht)masten, bomen of overig wegmeubilair);
- eenzijdige ongevallen: ongevallen waarbij geen botsing met een andere weggebruiker of met een vast voorwerp plaatsvindt, bijvoorbeeld voertuigen die in de sloot terecht komen of het talud afrollen. Ongevallen waarbij het voertuig bijvoorbeeld over de kop slaat maar wel op de rijbaan blijft, worden eveneens tot de eenzijdige ongevallen gerekend.

Een voertuig dat uit koers raakt, levert twee verschillende vormen van risico's op:

- risico's voor derden: de risico's die optreden voor de overige weggebruikers, personen of voorzieningen op de naastliggende hoofdrijbaan, op onderliggende wegen, spoorbaan of waterweg of in de directe omgeving van de weg waar grote milieuproblemen kunnen ontstaan of waar verstoringen van maatschappelijk belangrijke verbindingen of inrichtingen kunnen optreden. Onderscheid kan worden gemaakt tussen:
 - primaire risico's voor derden: het voertuig dat uit de koers is geraakt, komt direct in botsing met een medeweggebruiker;
 - secundaire risico's voor derden: het voertuig dat uit de koers is geraakt, botst bijvoorbeeld tegen een lichtmast. De lichtmast breekt af en komt op een naastliggende rijbaan terecht waardoor een tweede ongeval ontstaat;
- risico's voor inzittenden: de persoonlijke risico's voor inzittenden van dit voertuig wanneer dit voertuig ergens tegen aan botst, in een watergang terecht komt of over de kop slaat.

Aan risico's voor derden moet in beginsel een (veel) zwaarder gewicht worden toegekend dan aan de risico's voor inzittenden.

2.1.2 Functie van de berm

De berm dient voor het veilig opvangen van voertuigen die ook van de weg zijn geraakt:

- om te redresseren of te stoppen en uit te stappen zonder daarbij op naastgelegen rijbanen te komen;
- om het voertuig dat wegens storing of om andere redenen (tijdelijk) niet meer aan het verkeer kan deelnemen, buiten de eigen en overige verkeersstromen te plaatsen en eventueel te bergen.

Daarnaast moet het voertuig de berm weer veilig kunnen verlaten en veilig kunnen terugkeren naar de rijbaan zonder daarbij andere weggebruikers in gevaar te brengen. De berm dient daartoe een vlakke, draagkrachtige en obstakelvrije zone te zijn met een bepaalde breedte, die afhankelijk is van het type rijbaan of de ontwerpsnelheid.

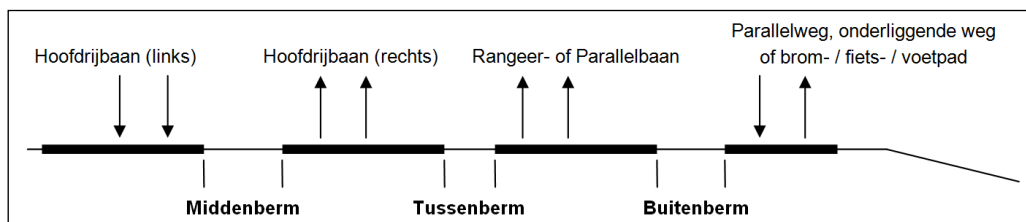
2.1.3 Bermtypes

De nationale stroomweg of autosnelweg kent 3 bermtypen (figuur 2-1):

- middenberm: gedeelte van de weg tussen twee hoofdbanen met tegengestelde rijrichtingen;
- tussenberm: gedeelte van de weg tussen een hoofdrijbaan en een parallel- of rangeerbaan met gelijke rijrichtingen;
- buitenberm: gedeelte van de weg naast de buitenste hoofd-, rangeer- of parallelrijbaan.

De ruimte tussen een hoofd-, parallel- of rangeerbaan én een parallelle weg of pad van lagere orde wordt in deze richtlijn niet als tussenberm aangemerkt maar als buitenberm, omdat deze richtlijn redeneert vanuit de autosnelweg.

De berm wordt gemeten vanaf de buitenzijde van de verharding.



Figuur 2-1 – Overzicht van bermtypen

2.2 Gevarenzones

Een gevarenezone omvat de constructie van het bermoppervlak (draagkracht, wrijvingscoëfficiënt), botsonveilige voorwerpen in de berm, en het geometrische ontwerp van hoogteverschillen in de berm, die bij berijden onaanvaardbare risico's voor de inzittenden opleveren. Daarbij kan worden gedacht aan:

- hoogteverschillen tussen het verhardings- en bermoppervlak;
- te geringe draagkracht en wrijving van het bermoppervlak;
- hoogteverschillen ten gevolge van ophogingen en ingravingen;
- obstakels, sloten, beken en overige watergangen.

Bij een watergang bestaat het persoonlijk risico uit verdrinkingsgevaar en grote voertuigvertragingen. Een brede watergang / waterweg met een waterdiepte van circa 1,00 m of meer moet, onafhankelijk van de geometrie, altijd als een gevarezone worden aangemerkt in verband met verdrinkingsgevaar.

Voor watergangen parallel aan de rijbaan met een waterdiepte < 1,00 m is de geometrie bepalend voor de optredende voertuigvertragingen. Diepte, breedte en taludhellingen zijn daarbij doorslaggevend. Zolang niet aan de voorwaarden van neergaande en opgaande taluds wordt voldaan, moet de watergang als een gevarezone worden aangemerkt. In de praktijk betekent dit dat bijna alle sloten en beken binnen de obstakelvrije zone een gevarezone vormen. Open watergangen die loodrecht op de rijbaan staan en binnen de obstakelvrije zone liggen, leveren altijd grote voertuigvertragingen op en zijn dus een gevarezone.

(On)veilige voorwerpen

In het vervolg van dit document worden twee al dan niet botsveilige voorwerpen onderscheiden.:

- vast voorwerp, op te delen in;
 - object;
 - obstakel.

Een vast voorwerp is elk voorwerp dat in de grond is bevestigd, zoals wegwijzers, lichtmasten, portalen, afschermingsvoorzieningen, bomen en dergelijke. De kans op (ernstig) letsel aan de inzittenden bij aanrijding is vooral afhankelijk van:

- de botssnelheid;
- de mate waarin het vaste voorwerp voertuigvertragingen veroorzaakt.

Een obstakel betreft een vast voorwerp dat bij aanrijding aanzienlijke voertuigvertragingen oplevert, grote schade aan het voertuig veroorzaakt en een aanzienlijke kans op (dodelijk) letsel aan de inzittenden veroorzaakt.

Een vast voorwerp is een obstakel als:

- er geen praktijkproeven conform NEN-EN 12767 op hebben plaatsgevonden en ook niet aangetoond kan worden dat ze vallen binnen de deemed to comply criteria of andere geclassificeerde families;
- door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 12767 is aangetoond dat niet wordt voldaan aan de criteria in één van de onderscheiden veiligheidsniveaus voor inzittenden in die norm;
- door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 12767 voor bepaalde producten is aangetoond dat niet wordt voldaan aan de specifiek vereiste classificatie;
- het voorwerp 'groeit' en in volwassen toestand niet meer voldoet aan de deemed to comply criteria volgens de NEN-EN 12767 (annex K).

Een object is een vast voorwerp dat bij aanrijding slechts beperkte voertuigvertragingen oplevert, geen grote schade aan het voertuig veroorzaakt en een kleine kans op (dodelijk) letsel aan inzittenden oplevert (zie ook § 3.2.3).

Een vast voorwerp is een object indien:

- door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 12767 is aangetoond dat wordt voldaan aan de criteria in één van de onderscheiden veiligheidsniveaus voor inzittenden in die norm;
- aantoonbaar/aannemelijk kan worden gemaakt dat het vaste voorwerp voldoet aan de deemed to comply criteria volgens de NEN-EN 12767 (annex K) of ondergeschikt is aan een ander getest item met een klasse.

Indien een vast voorwerp door middel van één van bovenstaande criteria volgens de NEN-EN 12767 voldoet, dan dient hiervan de testrapportage beschikbaar te worden gesteld aan de opdrachtgever.

Een vast voorwerp dat voldoet aan de criteria van een 'object' wordt in de praktijk vaak benoemd als een 'botsveilig object'. Hierbij moet worden benadrukt dat een object dan wel zodanig is geplaatst, dat wordt voldaan aan de testcondities. Zo kan een botsveilige lichtmast voor een geleiderail toch botsonveilig zijn, wanneer de testcondities uitgaan van een vrij veld (zie ook § 3.2.3).

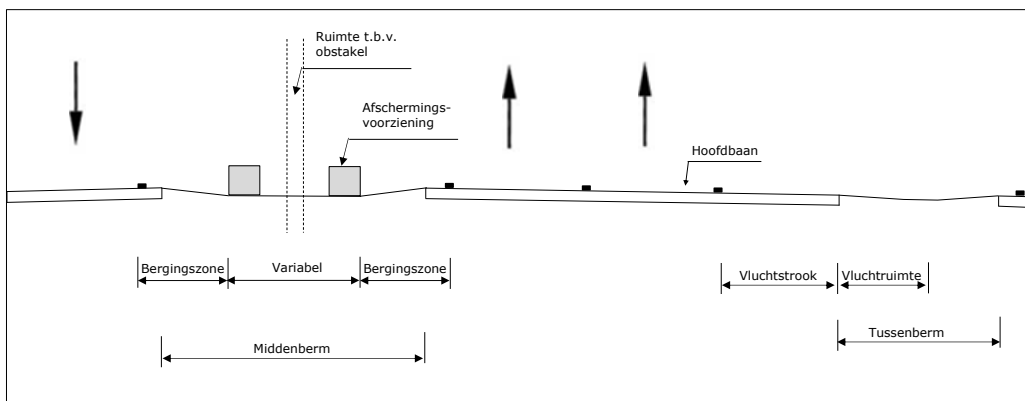
2.3 Veiligheidszones

Ten behoeve van de verkeersveiligheid dient de kans dat een voertuig in aanraking komt met een gevarenszone geminimaliseerd te worden. Daarom worden veilige bermen gerealiseerd, die zijn opgebouwd uit diverse veiligheidszones. Een veiligheidszone is een gebied langs een rijbaan waarin geen of uitsluitend botsveilige objecten en verkeersveilige geometrische ontwerpelementen van de berm voorkomen en dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen en voertuigen van hulp- en onderhoudsdiensten.

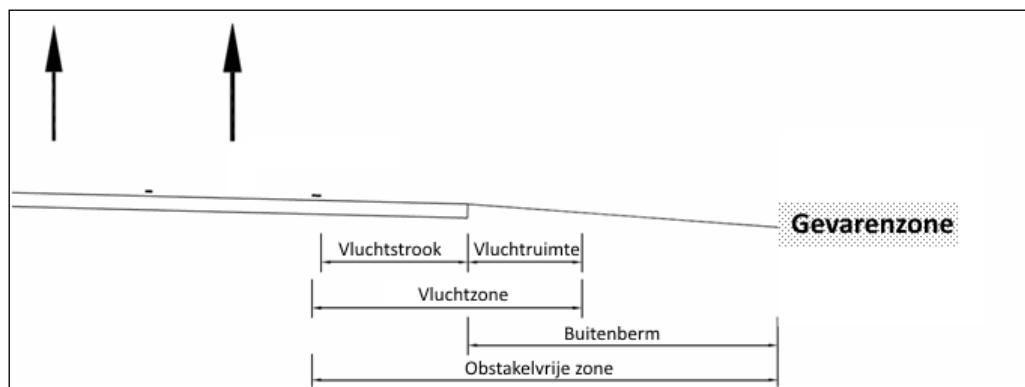
De volgende veiligheidszones worden onderscheiden (zie ook figuren 2-2a tot 2-2c):

- obstakelvrije zone;
- bergingszone;
- vluchtstrook (geen onderdeel van de berm);
- vluchtruimte (wel onderdeel van de berm);
- vluchtzone.

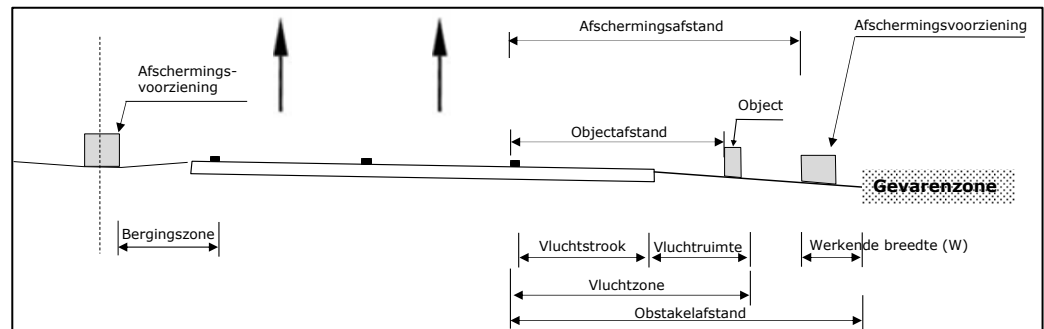
In het wegontwerp wordt gestreefd naar obstakelvrije zones. Alleen indien dit om zwaarwegende redenen niet mogelijk is, worden in elk geval versoberde veiligheidszones in combinatie met afschermingsvoorzieningen toegepast. In het navolgende van deze paragraaf is dit nader toegelicht.



Figuur 2-2a – Overzicht van bermen met standaard veiligheidszones (midden- en tussenberm)



Figuur 2-2b – Overzicht van bermen met standaard veiligheidszones (zijberm)



Figuur 2-2c – Overzicht van objecten, obstakels, gevarenzones en afstanden

Een botsveilig object kan zich vóór een afschermingsvoorziening bevinden, mits deze bij aanrijding geen secundaire risico's met zich meebrengt.

2.3.1 Obstakelvrije zone

De obstakelvrije zone (OZ) is de ruimte links of rechts van een rijbaan waarbinnen geen obstakels of gevarenzones voorkomen die bij aan- of inrijden risico's voor de inzittenden van het voertuig opleveren. De obstakelvrije zone dient om de risico's voor inzittenden van het voertuig dat uit de koers is geraakt, te beperken dan wel te voorkomen. De obstakelafstand is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel of gevarenzone.

De mate waarin een uit de koers geraakt voertuig de berm indringt, is vooral afhankelijk van:

- de hoek waaronder de rijbaan wordt verlaten;
- de snelheid van het voertuig;
- het ontwerp en de conditie van de berm.

2.3.1.1 Obstakelvrije zone bij risico's inzittenden

De obstakelvrije zone is zo breed dat een uit de koers geraakt voertuig op een vlakke, draagkrachtige berm (helling/afschot 1:6 of flauwer) binnen die zone blijft door te redresseren of te stoppen.

Voor hoofdbanen van een autosnelweg geldt altijd minimaal een obstakelvrije zone van 13 meter. Voor niet-hoofdbanen wordt de obstakelvrije zone bepaald op basis van de ontwerpsnelheid conform tabel 2-1.

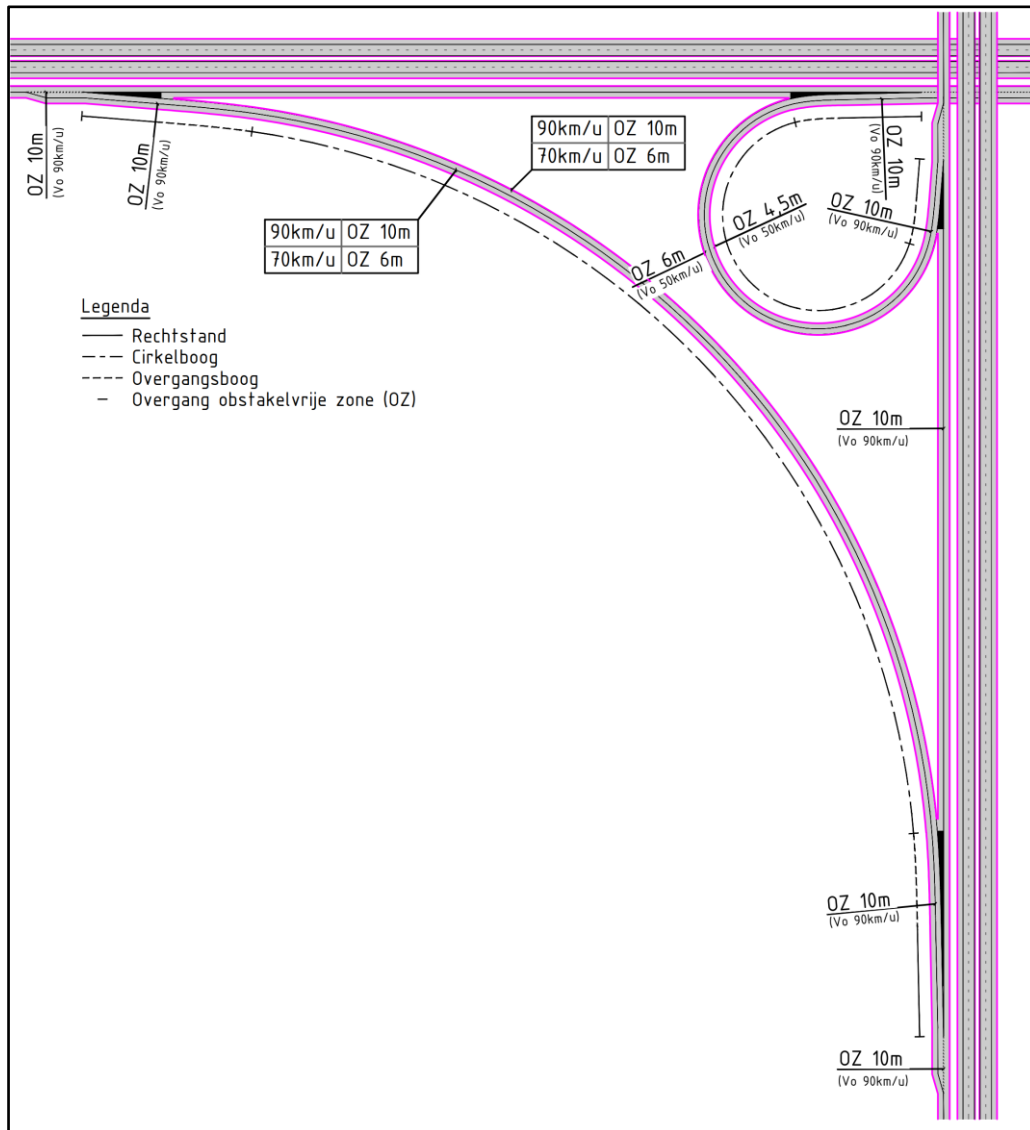
Type rijbaan		Breedte t.b.v. risico's inzittenden
Hoofdbaan	Minimale maat	13,0 m
Niet hoofdbaan op basis van ontwerpsnelheid*	120 km/u	13,0 m
	90 km/u	10,0 m
	70 km/u	6,0 m**
	50 km/u	4,5 m**

Tabel 2-1 - Minimum afmetingen obstakelvrije zone bij risico's inzittenden

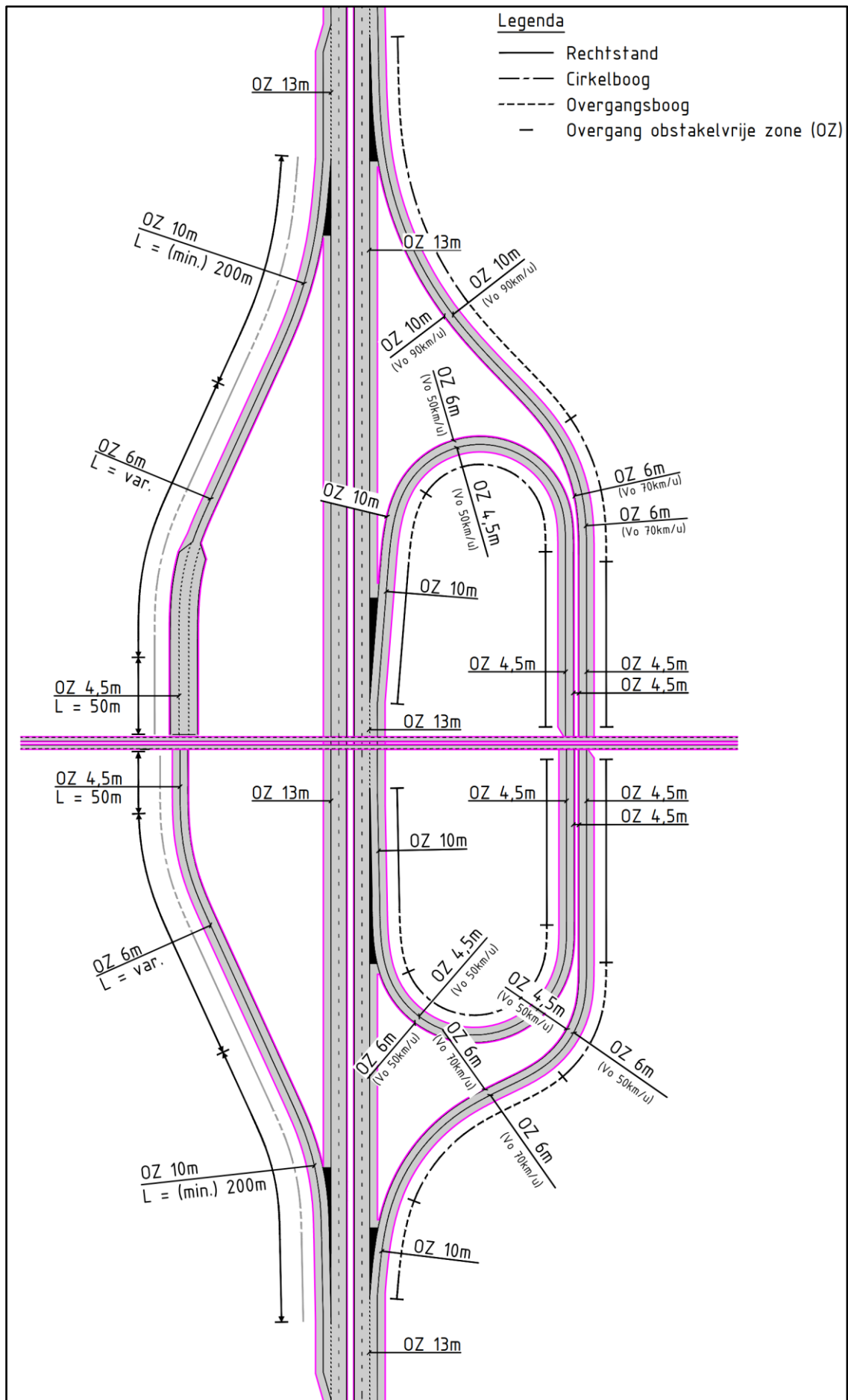
*) Voor verbindingswegen, aansluitingen en krappe bogen is de principe-maatvoering van obstakelvrije zones geduid in figuur 2-3a en 2-3b.

**) deze maat valt binnen de minimale maat voor vluchtruimte en moet in ogenschouw worden genomen bij het eventueel plaatsen van obstakels hierachter.

De benodigde breedte van de obstakelvrije zone is gebaseerd op onderzoekresultaten, waaruit blijkt dat bij een maximumsnelheid van 90 à 100 km/u globaal 80 à 90 procent van de uit de koers geraakte voertuigen niet verder dan 10 meter de berm indringt. Bij een vertaling naar een hogere of lagere ontwerpsnelheid tot 80 km/u is per snelheidsvermeerdering of -vermindering van 10 km/u de laterale afstand globaal 1,50 meter groter respectievelijk kleiner. Concreet betekent dit dat bij een ontwerpsnelheid van 120 km/u de grootste veiligheidswinst te behalen is met een breedte van 13 m of meer.



Figuur 2-3a – Overgangen in obstakelvrije zones – knooppunt



Figuur 2-3b – Overgangen in obstakelvrije zones – aansluiting

In de figuren 2-3a & 2-3b (niet-hoofdbanen) zijn de volgende principes gehanteerd voor de bepaling van de minimaal benodigde breedte van de obstakelvrije zone:

- Bij verbindingswegen in knooppunten en bij aansluitingen vindt de overgang van obstakelvrije zone plaats bij de spitse punt van het puntstuk (afhankelijk van de ontwerpsnelheid).
- Bogen met een ontwerpsnelheid van 50 km/u hebben een obstakelvrije zone van 6 meter in de buitenberm. Dit geldt zowel voor (indirecte) verbindingswegen in knooppunten als bij aansluitingen.
- De afbouw van de ontwerpsnelheid van een S-vormige afrit vindt plaats volgens de stappentheorie conform ROA. De obstakelvrije zone wordt hierbij afgebouwd in de overgangsbogen van de opeenvolgende bogen. Vanuit het ontwerpelement voorafgaand aan de S-boog wordt de afbouw in obstakelvrije ruimte gepositioneerd ter hoogte van (het einde van) de overgangsboog stroomopwaarts van de eerste boog. In de eerste cirkelboog geldt de obstakelvrije zone behorend bij de ontwerpsnelheid van die boog. De tegengestelde overgangsboog tussen beide bogen levert vervolgens de ruimte voor het afbouwen van de obstakelvrije zone tussen de eerste en tweede cirkelboog. In de tweede boog geldt wederom de obstakelvrije zone passend bij de ontwerpsnelheid van die boog, waarbij specifiek aandacht voor de breedte van de obstakelvrije zone in buitenbermen bij bogen met 50 km/u. Vervolgens kan in de overgangsboog na de tweede boog de obstakelvrije ruimte worden teruggebracht naar 4,5 meter ter plaatse van de rechtstand nabij het onderliggend wegnnet (OWN).*
- Bij haarlemmermeer aansluitingen is de overgang van obstakelvrije zone niet op basis van de ontwerpsnelheid af te bouwen vanwege de gestrektheid van de afrit. Hiervoor geldt een specifieke maatvoering waarbij de 1^e afbouw van de obstakelvrije zone voorbij het puntstuk (van 10 naar 6m) is gebaseerd op basis van de benodigde deceleratielengte en bedraagt minimaal 200m. De 2^e afbouw van de obstakelvrije zone (van 6 naar 4,5m) is bepaald t.o.v. de aansluiting op het OWN en ligt hier 50m vanaf. In het geval van een enkele rijstrook op de afrit wordt deze 50m aangehouden vanaf het begin van de aansluitboog met het OWN. In geval van een geregelde kruising geldt de stopstreep als punt waarvandaan de 50m wordt aangehouden.*
- Indien er in een gestrekte afrit een 1^e boog met een beperkte hoekverdraaiing wordt toegepast is deze maatgevend voor de overgang van de obstakelvrije zone van 10 naar 6 meter indien deze verder stroomafwaarts van de afrit is gelegen dan de minimale maatvoering van 200m. Dit geldt ook als de afrit over een langere lengte eerst parallel loopt aan de hoofdrijbaan.*

*bij de opbouw van de obstakelvrije zone in niet-hoofdbanen gelden deze principes omgekeerd (zie ook figuren 2-3a en 2-3b).

Specifiek voor gestrekte (haarlemmermeer) afritten is het van belang dat de obstakelvrije zones getrapt worden afgebouwd om hiermee het beeld van deceleratie tot aan het kruispunt te versterken. Uit onderzoek is gebleken dat de snelheid op deze afritten geleidelijk afneemt vanaf de uitvoegstrook en het puntstuk tot aan de laatste 100m voor de kruising waarbinnen vervolgens de snelheid sterk afneemt tot aan stilstand. Vanwege het risico op hogere snelheden in de verkeersluwe uren is daarom ook ter plaatse van opstelvakken een obstakelvrije zone benodigd en wordt hierbij de gehele afrit beschouwd gelijk aan een afrit zonder opstelvakken (inclusief categorieovergang). Bij het toepassen van een niet standaard vormgeving van aansluitingen is afstemming met de opdrachtgever vereist aangaande de positionering van de overgangen van de obstakelvrije zones.

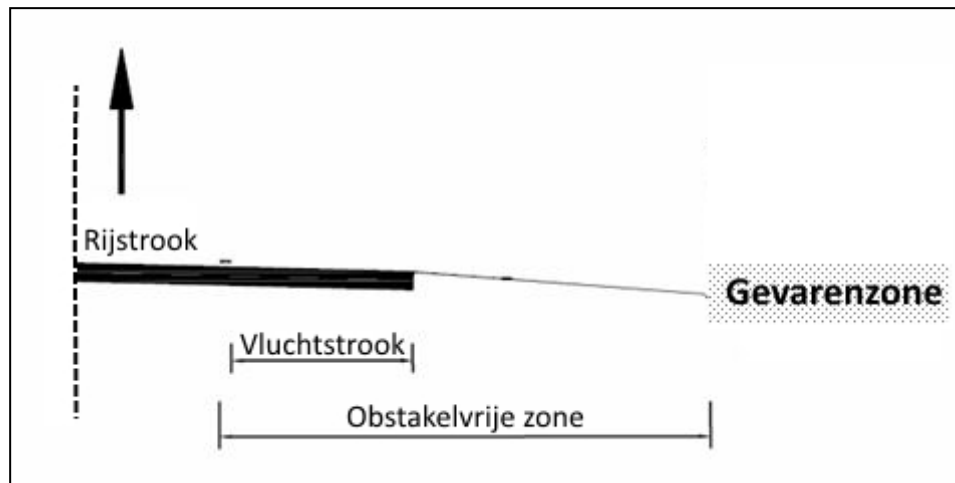
2.3.1.2 Maatvoering obstakelvrije zone

De obstakelvrije zone wordt gemeten uit de binnenkant van:

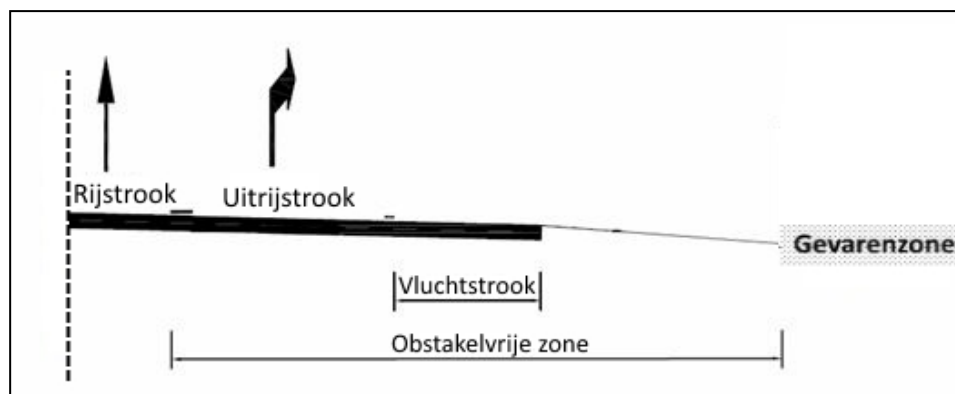
- de kantstreep in het standaard dwarsprofiel (figuur 2-4a);
- de kantstreep ter hoogte van splitsingen en samenvoegingen (figuur 2-4a);
- de kantstreep bij een eenstrooks weefvak indien de lengte groter is dan 500 m (figuur 2-4a);
- de kantstreep bij een meerstrooks weefvak (figuur 2-4a);
- de blokmarkering bij een eenstrooks invoegstrook en bij een eenstrooks uitrijstrook en bij een eenstrooks weefvak indien de lengte van het weefvak kleiner is dan 500 m (figuur 2-4b);
- de deelstreep bij een tweestrooks invoeging of bij een tweestrooks uitvoeging, waaronder tapers (figuur 2-4c).
- de buitenste deelstreep en/of blokmarkering (aan beide zijden) bij een opstelvak van een afrit (figuur 2-4d).

Wanneer de obstakelafstand gelijk is aan de obstakelvrije zone in een vlakke, horizontale berm is er in beginsel sprake van een vergevingsgezinde berm. Toepassing van een dergelijke obstakelvrije zone heeft uit het oogpunt van verkeersveiligheid veruit de voorkeur boven het afschermen van obstakels of gevarenczones. Een afschermingsvoorziening geeft immers bij een aanrijding ook een zeker risico op letsel.

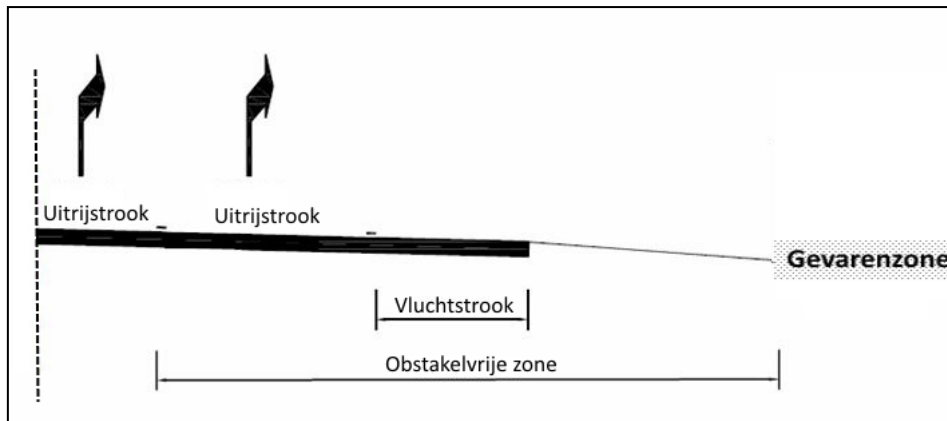
In § 2.4 staat nader toegelicht welke eisen aan de opbouw en geometrie van obstakelvrije zones wordt gesteld. Hier staat ook beschreven hoe wordt omgegaan met taluds en insteken van waterwegen wordt omgegaan.



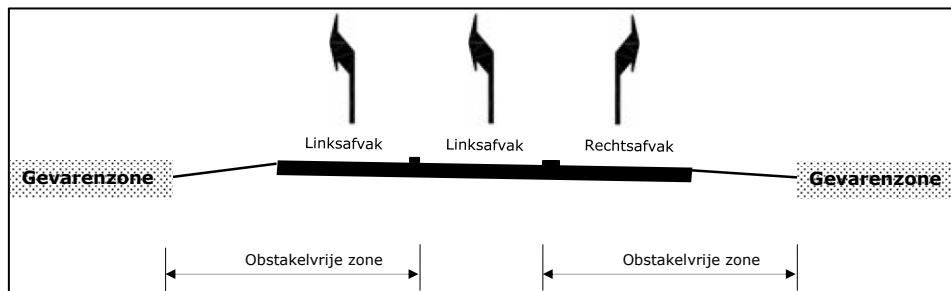
Figuur 2-4a – Meetpunten van de obstakelvrije zone



Figuur 2-4b – Meetpunten van de obstakelvrije zone



Figuur 2-4c – Meetpunten van de obstakelvrije zone

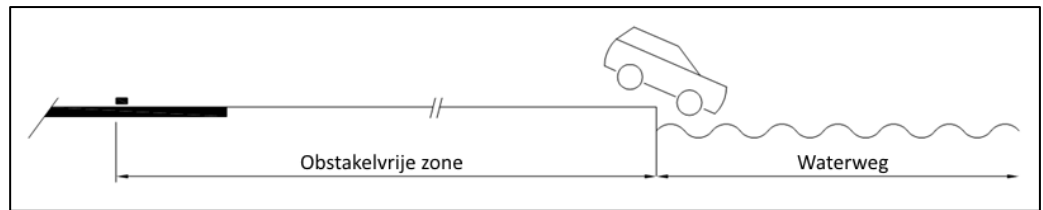


Figuur 2-4d – Meetpunten van de obstakelvrije zone

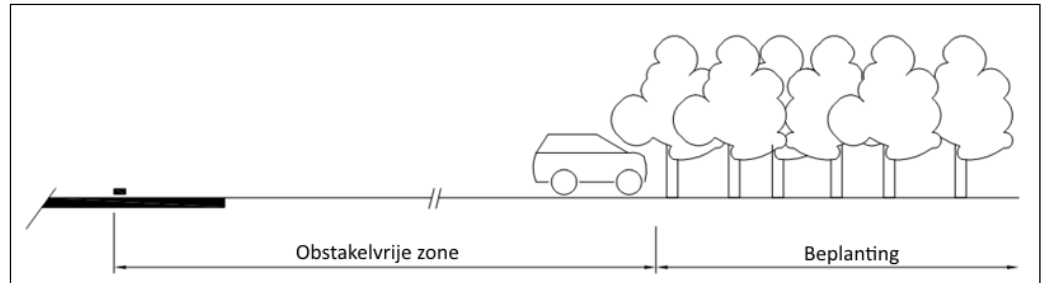
De voornoemde maatvoering van de obstakelafstand moet altijd in samenhang met de aard van het obstakel en/of de wegomstandigheden worden beschouwd. Een belangrijk aspect hierbij is de verantwoordelijkheid van de ontwerper. De ontwerper moet zich altijd bewust zijn van mogelijke gevaren die zich aansluitend op de obstakelvrije zone bevinden. In het navolgende staan ter illustratie enkele voorbeelden van deze verantwoordelijkheid.

Het is niet mogelijk alle combinaties van omstandigheden te beschrijven. Aan de hand van onderstaande voorbeelden, zonder volledig te kunnen zijn, zijn mogelijke situaties verduidelijkt:

- een diep kanaal op een obstakelafstand van 13 m vanaf de hoofdrijbaan dient te worden afgeschermd, terwijl voor een bomenrij op dezelfde afstand een afscherming niet nodig is;
- een solitair obstakel op een afstand van 11 m in een horizontale binnenboog hoeft niet te worden afgeschermd terwijl dit obstakel in de buitenboog wel moet worden afgeschermd;
- ter plaatse van krappe horizontale bogen (boogstraal van 300m of minder) moet in samenhang met de ontwerpsnelheid eerder tot afscherming van obstakels en gevarenszones worden overgegaan dan in rechtstanden. Daarnaast moet in dergelijke situaties de afmeting van de obstakelvrije zone in buitenbogen kritisch worden beschouwd, zie ter illustratie hiervan afbeelding 2-3a en 2-3b.
- een middenberm tussen twee verbindingswegen van een halfklaverblad-aansluiting hoeft in de rechtstand nabij de aansluiting op het onderliggend wegennet in de regel niet als gevarenszone te worden opgevat, vanwege de lage snelheid. In de middenberm tussen de rechtstand is het daarmee toegestaan om de obstakelvrije zone links van de afrit te laten overlappen met de obstakelvrije zone links van de toerit, zie ter illustratie hiervan afbeelding 2-3b.



Figuur 2-5a Obstakelvrije zone met aansluitende waterweg



Figuur 2-5b Obstakelvrije zone met aansluitende beplanting

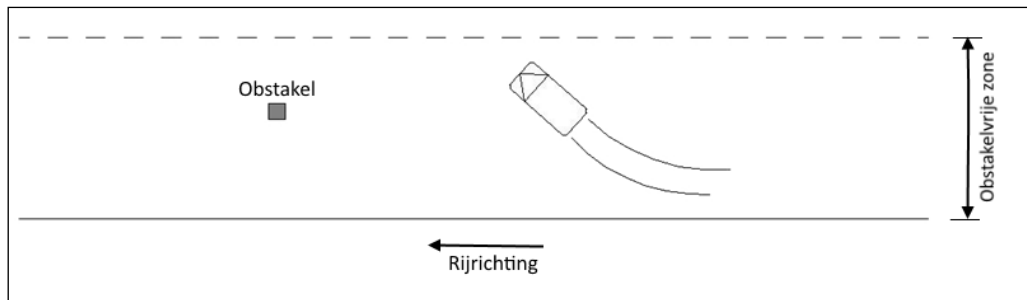
Figuur 2-5a - De waterweg is dieper dan 1 meter en valt net buiten de vereiste obstakelvrije zone. Een voertuig nadert het einde van de obstakelvrije zone met een snelheid van 5 km/u.

Ondanks het kunnen voldoen aan de gewenste obstakelvrije zone blijft de gevarenszone (waterweg) aanwezig. De inzittenden van het voertuig kunnen verdrinken (risico voor inzittende). In deze situatie wordt van de ontwerper gevraagd dergelijke gevaren in te schatten en alsnog te kiezen voor een afschermingsvoorziening. Bij het plaatsen van een afschermingsvoorziening in een dergelijke situatie moet de constructie zo dicht mogelijk bij de waterweg worden geplaatst. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met het onderhoud van de waterweg en de benodigde uitbuigingsruimte van de afschermingsvoorziening: de werkende breedte mag niet overlappen met de gevarenszone.

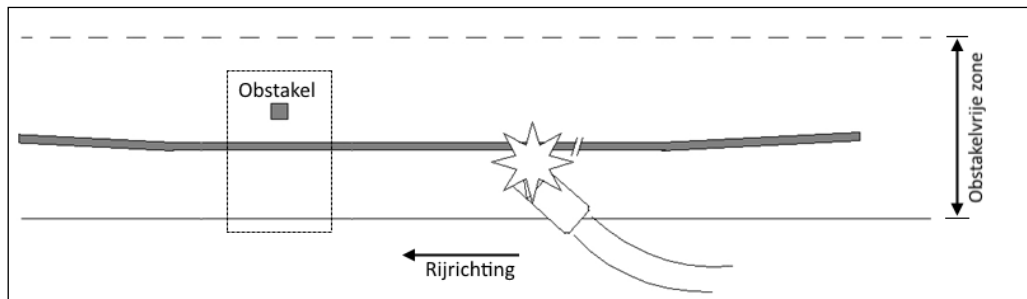
Figuur 2-5b - Dezelfde situatie, echter de waterweg is vervangen door bijvoorbeeld beplantingen, bosrand, betonnen muur etc. In deze situatie zullen de inzittenden na het 'verlaten' van de obstakelvrije zone tegen het obstakel rijden mogelijk zonder ernstige letselkansen. De ontwerper kan in dergelijke gevallen een afschermingsvoorziening achterwege laten conform de richtlijn.

Anderzijds kan een wegontwerper in het kader van de verkeersveiligheid tot op zekere hoogte de voorkeur geven aan het niet afschermen van een obstakel in de obstakelvrije zone, omdat de kans op letsel bij het aanrijden van de afschermingsvoorziening een grotere letselkans oplevert dan het inrijden van het obstakel (figuur 2-6a/b). Uiteraard is deze vrijstelling alleen toepasbaar bij incidentele obstakels die aan de buitenrand van de obstakelvrije zone staan.

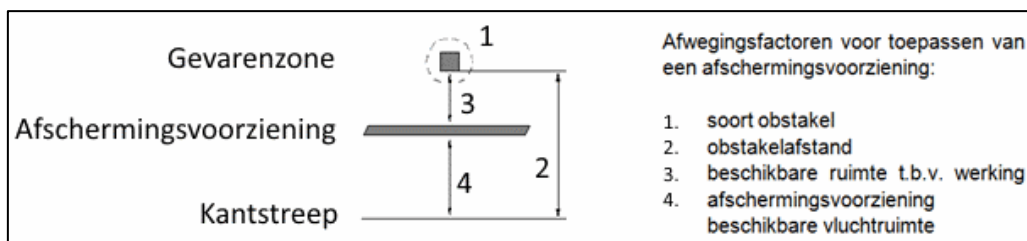
In de gevallen waarbij afwijking van de richtlijn voor een ontwerper in het licht van de verkeersveiligheid gerechtvaardigd lijkt, moet dit ontwerp inclusief onderbouwing / risicoafweging altijd vóór uitvoering aan de opdrachtgever ter acceptatie worden overlegd.



Figuur 2-6a Obstakelvrije zone met obstakel zonder afschermingsvoorziening



Figuur 2-6b Obstakelvrije zone met obstakel met afschermingsvoorziening



Figuur 2-6c Afwegingsfactoren voor de ontwerper

Eén obstakel in de obstakelvrije zone vormt direct een risico. Afhankelijk van de wegkenmerken ter plaatse (verkeersintensiteit, snelheid, alignement, etc.) kan de ontwerper besluiten om het obstakel niet af te schermen.

Door het niet toepassen van een afschermingsvoorziening heeft de weggebruiker nog mogelijkheden om correcties uit te voeren (figuur 2-6a).

Door toepassing van een afschermingsvoorziening is de kans op letsel (aanrijding van afschermingsvoorziening) groter dan wanneer deze achterwege wordt gelaten (aanrijding obstakel) (figuur 2-6b).

Bij het toepassen van een afschermingsvoorziening moet de wegontwerper altijd rekening houden met factoren die bepalend zijn voor de uiteindelijke keuze voor het toepassen van een afschermingsvoorziening. In figuur 2-6c zijn de meest voorkomende factoren benoemd.

Voor het verkrijgen van een obstakelvrije zone in bestaande situaties zijn, in volgorde van afnemende prioriteit, de volgende maatregelen mogelijk:

- de obstakelafstand te vergroten conform de obstakelvrije zone door het verplaatsen of verwijderen van de obstakels of gevarenczones;
- de obstakels of gevarenczones binnen de obstakelvrije zone te vervangen of aan te passen met botsveilige objecten (bijvoorbeeld een niet-botsveilige lichtmast vervangen door een botsveilige lichtmast);
- het toepassen van vergevingsgezinde ontwerpelementen (bijvoorbeeld een steil talud vervangen door een flauwer talud).

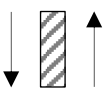
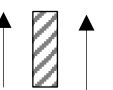
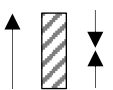
2.3.1.3 Obstakelvrije zone bij risico's derden

Aan het voorkomen van risico's voor derden moet een hogere prioriteit worden toegekend dan aan risico's voor inzittenden. Risico's voor derden treden op bij tegengesteld verkeer, verkeerstromen waarvan de massa's en/of snelheden sterk verschillen en bij belangrijke publieke functies nabij de weg.

In dergelijke situaties worden, aanvullend op bovenstaande eisen aan obstakelvrije zones bij risico's voor inzittenden, strengere eisen gesteld aan de inrichting van de berm. Voor de obstakelvrije zone geeft dit conform tabel 2-3 afwijkende maten bij (tabel 2-2 / figuur 2-7a/b):

- middenbermen: twee gelijkwaardige rijbanen (beiden stroomweg) op gelijke hoogte met tegengesteld verkeer; de obstakelvrije zone (middenrijbaanafstand) wordt gemeten vanuit de binnenkant van de kantstrepen van de aanliggende rijstroken;
- buitenbermen, wanneer er sprake is van twee ongelijkwaardige rijbanen (autosnelweg en onderliggende weg) op gelijke hoogte met verkeer dat sterk verschilt in massa en/of snelheid (kwetsbare verkeersdeelnemers); de obstakelvrije zone gemeten vanuit de binnenkant van de kantstreep van de aanliggende rijstrook, of als de kantstreep ontbreekt de rand van de verharding (buitenbermafstand).

In buitenbermen waar sprake is van belangrijke publieke functies nabij de weg, worden de maten conform tabel 2-1 toegepast. In het kader van de bewustwording kan echter eerder worden overwogen om een afschermingsvoorziening toe te passen (of als er al een afschermingsvoorziening nodig is, een hoger keringsniveau).

Breedte van de verkeersvrije zone (gemeten tussen de binnenkanten van de kantstrepen van beide rijbanen).	Het toepassen van een afschermingsvoorziening in de verkeersvrije zone (tussenberm) van een hoofdbaan van een autosnelweg met een...		
	rijbaan van een autosnelweg (bijv. rangeerbaan)		Parallelweg of pad van lagere orde
	middenberm	tussenberm	buitenberm
			
> 25 m	nee	nee	nee
13 – 25 m	ja	nee	ja *)
< 13 m	ja	nee	ja

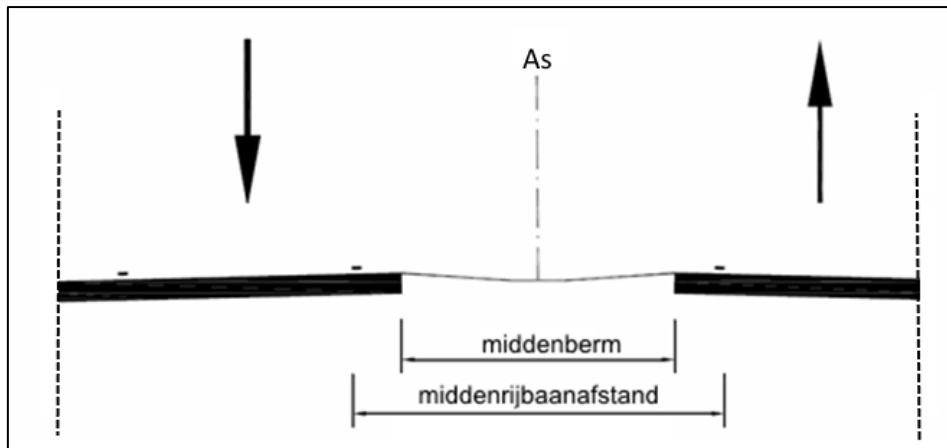
Tabel 2-2 – Afweegtabel risico's derden

*) De afschermingsvoorziening kan achterwege blijven indien de intensiteit van de parallelweg, (brom)fietspad of voetpad gering is.

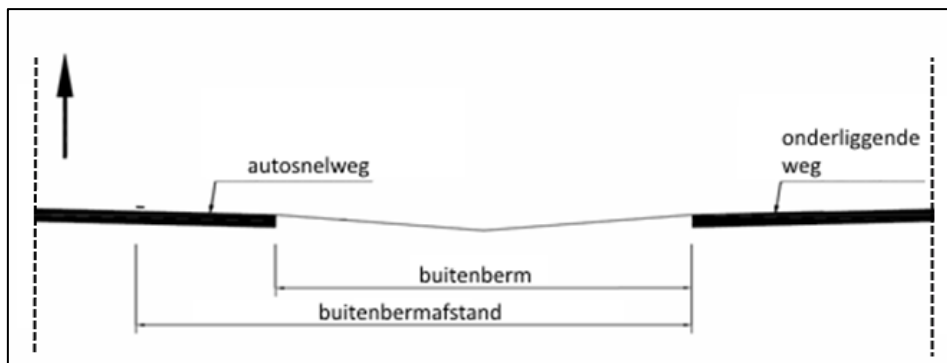
Type rijbaan		Obstakelvrije zone middenberm (m)	Obstakelvrije zone buitenberm (m)*
Hoofdbaan	Minimale maat	25	20
Niet hoofdbaan op basis van ontwerpsnelheid	120 km/u	25	20
	90 km/u	20	20
	70 km/u	n.v.t.	12
	50 km/u	n.v.t.	9

Tabel 2-3 - Minimum afmetingen obstakelvrije zone bij risico's derden

* Toe te passen in buitenbermen bij parallelvoorzieningen met een belangrijke verkeersfunctie.



Figuur 2-7a - Obstakelvrije zone in middenberm van stroomweg



Figuur 2-7b - Obstakelvrije zone in buitenberm tussen stroomweg en onderliggende weg

Vanwege het ruimtebeslag is het vaak niet mogelijk om ten behoeve van beperking van risico's voor derden de middenberm obstakelvrij in te richten. Om die reden mag in het standaard profiel worden uitgegaan van een doorgaande afschermingsvoorziening met aan weerszijden hiervan een bergingszone (zie § 2.3.2.1 'Bergingszone'). De middenberm inclusief bergingszone moet dusdanig ruim gedimensioneerd worden, dat een flexibele constructie overal (dus ook bij obstakels) mogelijk is (figuur 2-2a).

Ook voor buitenbermen met een parallelle weg of pad is de standaardbreedte van de obstakelvrije zone niet altijd te realiseren. Daarnaast moet vaak om civieltechnische redenen in de buitenberm een sloot worden aangelegd. Wanneer deze fysieke scheiding buiten de obstakelvrije zone van de stroomweg kan worden gerealiseerd, is een afschermingsvoorziening vanwege risico's voor derden niet meer nodig.

Bij het ontwerp van een verzorgingsplaats dient het emplacement van het brandstofverkooppunt, shop en aanvullende voorzieningen geïdentificeerd te worden als risico derden conform tabel 2-3. Binnen het emplacement wordt geparkeerd en uitgestapt door inzittenden waardoor de ernst van een aanrijding door een voertuig vanaf de hoofdrijbaan groot zal zijn. Een emplacement van een brandstofverkooppunt dient te worden afgeschermd van een hoofdrijbaan indien deze binnen de 20 meter is gesitueerd.

2.3.1.4 Obstakelvrije zone bij tussenbermen

Een tussenberm is gesitueerd tussen twee rijbanen of wegen met dezelfde rijrichting. Een tussenberm kenmerkt zich door de volgende drie functies:

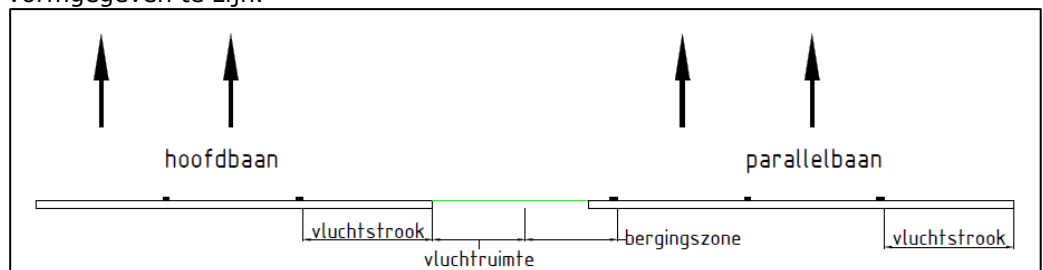
- scheiden van rijbanen;
- onderhoudsruimte;
- ruimte bieden aan objecten.

Tussenbermen kennen, net als buitenbermen en middenbermen risico's voor derden en dienen in beginsel obstakelvrij te worden ingericht.

Daar waar een tussenberm niet obstakelvrij ingericht kan worden, of de inrichting van de tussenberm dusdanig is dat deze met weinig hinder doorkruist kan worden, dient bekeken te worden of er bij realisatie of in toekomstige situaties regelmatig niet-legitieme doorkruisingen zullen plaatsvinden. Het risico op niet-legitiem doorkruisen ontstaat als in de reguliere verkeerssituatie:

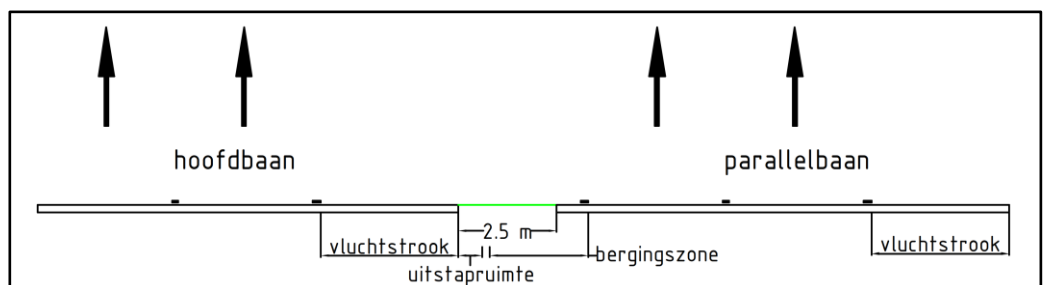
- Er frequent sprake is van ongelijke verkeersdrukte op de twee rijbanen waardoor reistijd winst is te behalen met het niet-legitiem doorkruisen van de berm;
- De kans op fout rijden aanwezig is door de (complexe) netwerkstructuur (en fout rijden samengaat met lange omrijtijden).

Als er geen risico is op structureel niet-legitiem doorkruisen en de tussenberm zonder obstakels is ingericht, is het risico voor derden beperkt en is er geen obstakelvrije zone benodigd. Om ruimte te bieden aan gestrande voertuigen en hiermee zowel de verkeersveiligheid als de verkeersafwikkeling niet nadelig te beïnvloeden, dient de uitvoering inclusief vluchtruimte en bergingszone vormgegeven te zijn.



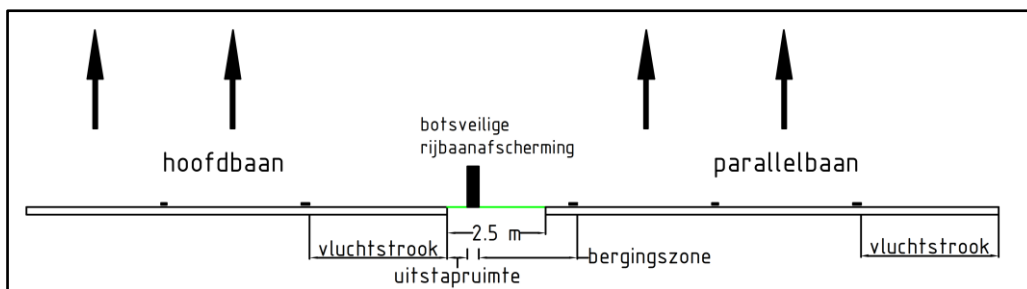
Figuur 2-8 - Inrichting obstakelvrije tussenberm volgens principes van middenberm en zijberm

Daar waar inpassing van de bergingszone en vluchtruimte niet mogelijk is, kan (onderbouwd) afgeweken worden van de ontwerpenderdelen. Een tussenberm dient onverhard uitgevoerd te worden en bestaat bij rechte wegvakken uit een continue breedte. Dit zorgt voor een rustiger wegbeeld en een betere geleidende werking. De tussenberm heeft een breedte van minimaal 2,50m (behoudens nabij het splitsen en samenvoegen van beide rijbanen). Deze breedte is benodigd voor een grotere kans op herstel/behoud van de voertuigcontrole. Op deze wijze wordt voldaan aan de vluchtruimte en zorgt het in het wegbeeld voor een herkenbare tussenberm. Dit geeft weggebruikers op de hoofdbaan (linker baan) tevens de ruimte die ze nodig hebben om uit te stappen bij pech.



Figuur 2-9 - Inrichting obstakelvrije tussenberm met minimale maatvoering

Wanneer echter het risico aanwezig is dat weggebruikers de tussenberm niet-legitiem doorkruisen om van rijbaan te wisselen, dient een voorziening getroffen te worden die dit onmogelijk maakt. Deze voorziening dient botsveilig te worden uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 3.2.3. Ook kan hiervoor een grondwal worden toegepast zoals beschreven in paragraaf 2.4.3.

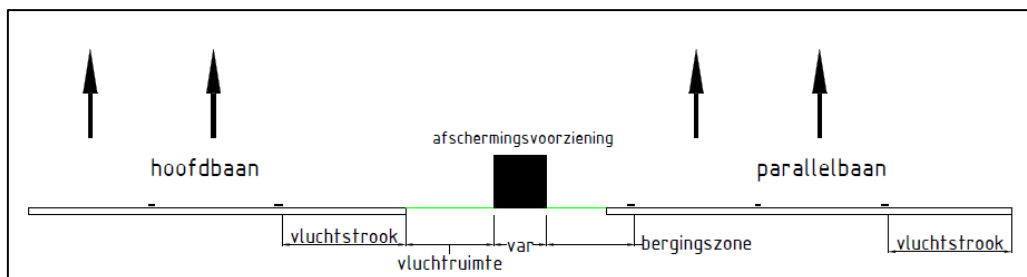


Figuur 2-10 - Inrichting tussenberm inclusief voorziening tegen niet-legitiem doorkruisen

Als een dergelijke voorziening de introductie van een (af te schermen) gevarenszone betekent, wordt vanaf dat moment de tussenberm wederom ingericht volgens het volgende principe (zie figuur 2-11):

1. een buitenberm voor de (binnenste) hoofdbaan, en
2. een middenberm voor de (buitenste) parallelbaan.

Er gelden bij niet-obstakelvrije tussenbermen daarom dezelfde randvoorwaarden voor de bergingszone, vluchtzone en uitbuigingsruimte als bij de midden- of buitenberm, zie § 2.3.2.



Figuur 2-11 - Inrichting niet-obstakelvrije tussenberm volgens principes van middenberm en zijberm

2.3.2 Versoernde veiligheidszones

In situaties waar obstakelvrije zones niet toepasbaar zijn, kan (onderbouwd) worden afgeweken door toepassing van 'versoernde veiligheidszones' in combinatie met afscherminingsvoorzieningen.

Ten aanzien van versoernde veiligheidszones geldt dat (onvermijdbare) obstakels in de midden- en tussenberm en objecten die qua 'gedrag' bij aanrijdingen risico's opleveren voor derden vanaf beide rijbanen moeten worden afgeschermd. Hierbij moet ook worden gedacht aan de plaats van neerkomen van het object, eventueel loskomende onderdelen en de risico's van het vallend object voor de inzittenden van de auto.

2.3.2.1 Bergingszone

De bergingszone is het deel van de rijbaan (redresseerstrook en kantstreep) en wegberm naast de linker rijstrook. De bergingszone is bestemd voor (tegen de afscherminingsvoorziening) gestrande voertuigen. Hierdoor hebben gestrande voertuigen een minder negatieve invloed op de verkeersafwikkeling en de capaciteit.

De bergingszone is een standaard onderdeel van het dwarsprofiel op autosnelwegen. Dit geldt ook op en onder kunstwerken. De benodigde breedte bedraagt 2,50 m (afgerond). Deze breedte is als volgt opgebouwd:

- kantstreep van 0,20 m;
- ontwerpvoertuigbreedte van 1,77 m;
- uitstapbreedte van 0,50 m.

In de bergingszone mogen geen obstakels voorkomen. Wel mogen incidentele botsveilige objecten worden geplaatst, waarbij rekening dient te worden gehouden met het verticale profiel van vrije ruimte indien deze objecten vervolgens boven de bergingszone of rijbaan uitkomen.

Het plaatsen van botsveilige objecten binnen de bergingszone maakt het mogelijk een beginnende of eindigende geleideconstructie onder een horizontale hoek (1:20) weg te laten lopen, hetgeen gewenst is vanuit verkeersveiligheid. De weglappende geleideconstructie kan dan een lijn van botsveilige lichtmasten kruisen, zonder dat er een knik in deze lijn hoeft aangebracht te worden.

Gezien de functie van de bergingszone worden aan de inrichting van deze zone bijzondere eisen gesteld ten aanzien van draagkracht, stroefheid en hoogteverschil.

Een vrachtwagenchauffeur zal zijn (beladen) vrachtauto niet in een berm parkeren. De draagkracht van de bermen laat dat in de regel niet toe. Daarom is de bergingszone op de dimensies van een personenauto afgestemd.

2.3.2.2 Vluchtruimte

De vluchtruimte is de onverharde ruimte naast de vluchtstrook en direct grenzend aan de rechterzijde van de verharding. De vluchtruimte is een standaardonderdeel van het totale dwarsprofiel. De vluchtruimte is bestemd voor gestrande voertuigen om de vluchtstrook vrij te kunnen houden, waardoor de kans op ongelukken op de vluchtstrook kleiner wordt. In combinatie met de vluchtstrook en de kantstreep vormt deze ruimte de vluchtzone.

De vluchtruimte is gedimensioneerd op de afmetingen van een personenauto. Een chauffeur van een vrachtauto zal niet of nauwelijks gebruik maken van een onverharde berm in verband met de (onbekende) draagkracht van de berm. De benodigde breedte bedraagt 2,50 m (afgerond). Deze breedte is als volgt opgebouwd:

- ontwerpvoertuigbreedte van 1,77 m;
- uitstapbreedte van 0,50 m;
- restbreedte van 0,20 m (zodat vluchtruimte en bergingszone even breed zijn).
- In het geval van een eventueel aanwezige goot maakt deze onderdeel uit van de vluchtruimte en geldt rand vluchtstrook als aanvang van de vluchtruimte.

In de vluchtruimte mogen geen obstakels voorkomen. Wel mogen incidentele (solitaire) botsveilige objecten worden geplaatst, waarbij rekening dient te worden gehouden met het verticale profiel van vrije ruimte indien deze objecten vervolgens boven de vluchtruimte of rijbaan uitkomen.

2.3.2.3 Objectafstand

Wanneer om zwaarwegende redenen de bergingszone lokaal niet inpasbaar is, wordt de objectafstand als ondergrens gehanteerd.

De objectafstand is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en het botsveilige object (doorgaans de afschermingsvoorziening).

De objectafstand is afhankelijk van het type rijbaan of de ontwerpsnelheid in onderstaande tabel weergegeven. De objectafstand wordt gemeten vanuit de binnenkant van de kantstreep van de naastliggende rijstrook.

Type rijbaan		Objectafstand (m)
Hoofdbaan	Minimale maat	1,50
Niet hoofdbaan op basis van ontwerpssnelheid	120 km/u	1,50
	90 km/u	1,00
	70 km/u	1,00
	50 km/u	0,50

Tabel 2-4 - Objectafstand

Bij het hanteren van de objectafstand als maat tussen binnenzijde kantstreep en afschermingsvoorziening gaat aandacht uit naar de obstakelvrees. Obstakelvrees is van invloed op de positie van de bestuurder in het dwarsprofiel, en daardoor op de verkeersveiligheid en de capaciteit van de weg.

Op of onder kunstwerken is het uit kostenoverwegingen en/of om redenen van ruimtebeslag mogelijk om bij een ontwerpssnelheid van 120 km/u de objectafstand te beperken tot 1,00 m. De objectafstand mag alleen in uitzonderingsgevallen over een lengte van maximaal 50 m worden gereduceerd tot 1,00 m. Hiervoor is een weloverwogen beslissing noodzakelijk waarin alle belangen integraal worden afgewogen. Deze afweging dient te worden verantwoord in de ontwerpnota. Een van de aspecten is de breedte van de naastgelegen rijstrook; in bestaande situaties kan deze afwijken van de standaardmaat van 3,50 m. Een stapeling van minima is sterk ongewenst. Voor (objectafstanden in) tunnels wordt verwezen naar de Landelijke Tunnelstandaard.

Bepaalde vaste voorwerpen kunnen vanwege hun functie niet ver van de hoofdrijbaan worden geplaatst. Hierbij valt te denken aan wegmeubilair dat dient ter regeling, waarschuwing en informatie voor de weggebruiker zoals verkeersborden, reflectorpalen, wegwijzers en lichtmasten. Wanneer deze vaste voorwerpen te dicht op de rijbaan worden geplaatst, zijn ze van invloed op de positie van de bestuurder in het dwarsprofiel (obstakelvrees), de verkeersveiligheid en de capaciteit van de weg. Bomen, kolommen, ondersteuning van portalen, nabije afschermingsvoorzieningen en kunstwerken veroorzaken vanwege de omvang en de starheid in sterkere mate obstakelvrees. De afstand die bestuurders aanhouden (veiligheidsmarge) in verband met object- en obstakelvrees is vooral afhankelijk van de ontwerpssnelheid van de weg.

2.4 Eisen aan opbouw en geometrie van bermen

Om gevarenczones te voorkomen, moet de opbouw / constructie en het geometrisch ontwerp van wegbermen aan bepaalde eisen voldoen, opdat het rendement van de obstakelvrije zone, bergingszone en vluchtruimte voldoende is. Bestuurders die een (nood)stop moeten maken of die om welke reden dan ook van de weg raken, moeten hun voertuig veilig in de berm tot stilstand kunnen brengen en/of moeten veilig naar de rijbaan kunnen terugkeren.

De veiligheidseisen ten aanzien van de inrichting van de berm zijn (zie ook de betreffende eisen aan de berm in "Eisen Berm"):

- toepassing van standaard veiligheidszones conform § 2.3 (dus inclusief bergingszone en vluchtruimte met standaardbreedte 2,50 m);
- het bermoppervlak moet op de juiste hoogte aansluiten op het verhardingsoppervlak;
- de (natte) berm moet vooral in de bergingszone en vluchtruimte maar ook in de obstakelvrije zone voldoende draagkracht hebben;
- het bermoppervlak moet ook onder vochtige omstandigheden voldoende wrijving tussen band en bermoppervlak bieden;
- de helling (afschot) is standaard 1:20 en niet steiler dan 1:6;
- het beheer en onderhoud van verharding en berm moet veilig kunnen blijven plaatsvinden;

- het uiterlijk of het aanzien van de berm moet 'groen' zijn om te voorkomen dat het als extra verhardingsbreedte zou kunnen worden gezien.
- De berm dient vrij te zijn van bodemvreemde elementen, zoals grind, puin en bouwafval.

Uiteraard betreft het realiseren van een berm een integrale opgave. Daarom kunnen naast de verkeerskundige eisen bijvoorbeeld ook wegbouwkundige, milieukundige (lucht/geluid), waterhuishoudkundige, landschappelijke en ecologische functies eisen stellen aan de opbouw en geometrie van de berm. Deze functies kunnen in strijd zijn met de verkeerskundige functies, hetgeen een transparante en integrale afweging(srapportage) noodzakelijk maakt.

2.4.1 *Aansluiting van berm op verharding*

Het hoogteverschil tussen het oppervlak van de verharding en de berm bedraagt maximaal 40 mm (dicht asfalt) tot 50 mm per open asfaltaag. Bij een hoogteverschil groter dan 50 mm dient de overgang onder een helling van 1:3 of flauwer te worden afgeschuind. Ook gootconstructies of kantopsluitingen ten behoeve van de afwatering dienen aan deze eisen te voldoen. In de nabijheid van afschermingsvoorzieningen geldt bovendien de aanvullende eis dat het functioneren van de afschermingsvoorziening niet negatief beïnvloed mag worden door hoogteverschil of helling (aansluitend op full-scale tests).

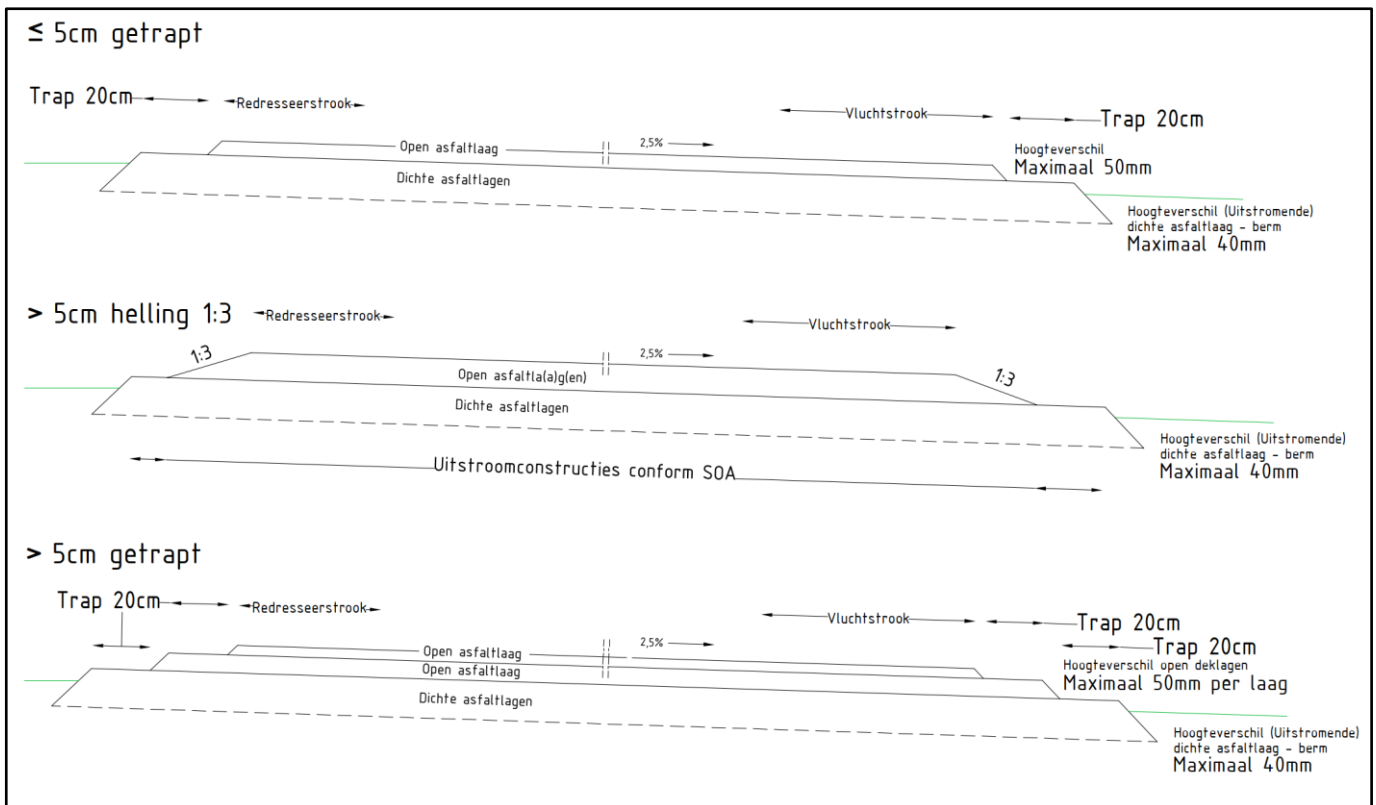
Een deklaag van ZOAB moet aan de zijkant kunnen uitwateren, hetgeen een hoogteverschil vereist dat gelijk is aan de laagdikte van de ZOAB-laag. Bij hoogteverschillen groter dan 50mm kan het hoogteverschil getrapt (per laag) worden overwonnen.

Hiermee zijn de volgende principes van toepassing bij aansluiting van de berm op de verharding, zie ook figuur 2-12:

- Het toegestane maximale hoogteverschil tussen open asfaltlagen aan de rand van de berm is 50mm.
- Overgang van een dichte asfaltaag naar de berm betreft maximaal 40mm.
- Bij een groter hoogteverschil door de dikte van de open deklaag, zoals bij tweelaags ZOAB, dient dit hoogteverschil volledig onder een helling van 1:3 of flauwer te worden afgeschuind. Indien er getrapt wordt afgebouwd, bedraagt het maximale hoogteverschil per trap 50mm.

Bij een getrapte afbouw gelden verder de volgende aandachtspunten:

- Een trap heeft een minimale breedte van 20cm, zodat een band er (vrijwel) volledig op draagt alvorens de volgende trap te berijden. Met dit principe wordt een fictieve helling benaderd.
- De getrapte afbouw geldt voor beide zijden van de rijbaan om het hoogteverschil veilig te overbruggen.
- Indien de laatste trap voor overgang van de berm op de afwaterende asfaltaag wordt gesitueerd valt dit samen met de uitstroomconstructie conform Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen (SOA). De breedte van de trap voor een veilige overgang naar de berm is hierbij maatgevend indien ook hier een hoogteverschil aanwezig is.
- Een randconstructie maakt geen onderdeel uit van de vluchtstrook of de redresseerstrook. Dit geldt ook voor het toepassen van een 'Veilige ZOAB randconstructie' zoals beschreven in de SOA
- Bij toepassing van een goot aansluitend aan een getrapte afbouw van een tweelaags ZOAB zoals opgenomen in de SOA dient de ontwerper aandacht te besteden aan de positie van een eventueel noodzakelijk afschermingsvoorziening wanneer deze niet buiten de vluchtruimte kan worden geplaatst.



Figuur 2-12 – Veilig ontwerp hoogteverschil bij open deklagen

De berm moet op nagenoeg gelijke hoogte aansluiten op de afwaterende verhardingslaag, (betreft de bovenzijde van de hoogstgelegen dichte laag van de asfaltconstructie), zodat geen onverwachte krachten op de wielen van het voertuig kunnen aangrijpen bij de pogingen om het voertuig te redresseren. Bij een groot (abrupt) hoogteverschil blijft het voorwiel als het ware achter de opstaande rand 'haken' en schiet door overstuur dan plotseling de verharding op (ook wel aangeduid met wegkantongevallen). Voor motorrijders is het extra van belang dat de berm op de juiste hoogte aansluit.

Aan de andere kant moet er voldoende hoogteverschil zijn tussen de berm en de verharding om te voorkomen dat vuil en zand zich op de rijbaan ophopen en er grasingroei optreedt. In situaties zonder ZOAB wordt het oppervlak van de berm daarom bij aanleg circa 20 mm lager aangelegd dan de verharding. Vuil en zand op de verharding worden dan door passerende voertuigen naar de berm geblazen. De berm komt hierdoor na verloop van tijd ten opzichte van de verharding hoger te liggen, waardoor de waterafvoer niet meer mogelijk is en er waterplassen ontstaan. De berm zal in de regel na enkele jaren (afhankelijk van de lokale omstandigheden) moeten worden verlaagd, wederom met een hoogteverschil van circa 20 mm onder het oppervlak van de verharding.

Bij ZOAB geldt bovendien dat de verharding moet kunnen uitwateren naar de berm. Hiervoor mag de berm niet hoger liggen dan de bovenkant van de hoogstgelegen dichte verhardingslaag.

2.4.2 Draagkracht en wrijving van de berm

De draagkracht van bermen staat in directe relatie tot verkeersveiligheid en rationeel wegbeheer. De draagkracht is bepalend voor het wegzakken in of de insporing van de berm en daarmee voor de veiligheid van de inzittenden van het voertuig. Daarnaast mag het noodzakelijke onderhoud aan de rijbaan en de berm met de gebruikelijke machines geen problemen opleveren. Bij het ontwerpproces, bij reconstructies en bij beheer en onderhoud van de autosnelwegen moet met de

draagkracht van de berm dan ook terdege rekening worden gehouden. Voor uitgebreide informatie over dit onderwerp wordt verwezen naar bijlage 3.

De draagkracht van de berm is afhankelijk van een aantal parameters zoals grondsoort, verdichting, opbouw van het bodemprofiel, waterhuishouding en vegetatie. Daarom is in de "Eisen Berm" een toplaag geëist welke in staat is om aan de diverse bovengenoemde eisen te voldoen. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid zijn de minimum eisen:

1. in de bergingszone en de vluchtruimte dient de insporing van een personenauto (massa 1.500 kg) op een waterverzadigde berm niet meer dan 20 mm te bedragen;
2. buiten de vluchtruimte (maar binnen de obstakelvrije zone) dient de insporing van een personenauto (massa 1.500 kg) op een waterverzadigde berm niet meer dan 40 mm te bedragen;
3. er dient geen blijvende zichtbare insporing over de gehele breedte van de berm op te treden; bij hinderlijke insporing moeten maatregelen worden genomen.

In de berm kunnen alleen rem- en/of stuurmanoeuvres worden uitgevoerd op een draagkrachtige berm waar de autobanden voldoende wrijving ondervinden. Maatregelen ter verhoging van de draagkracht en wrijving zijn het meest effectief direct aansluitend op de rijbaan. De effectiviteit van gestabiliseerde bermen is het hoogst tot een breedte van circa 3,00 m buiten de kant verharding. Bermen met een open verharding zijn op hun beurt effectiever dan gestabiliseerde bermen.

2.4.3

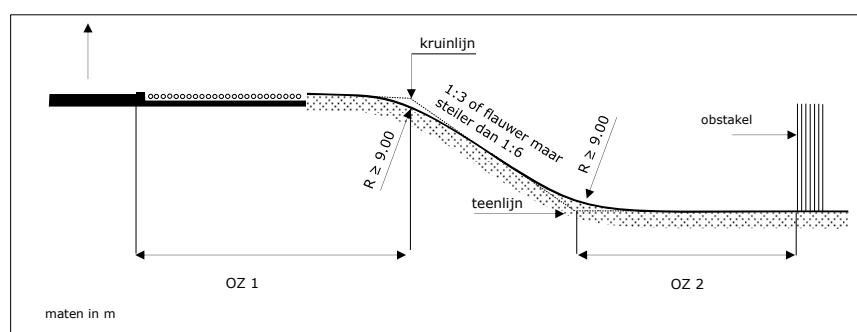
Taluds

De helling van bermen (afschot) binnen de bergingszone of obstakelvrije zone bedraagt standaard 1:20. De maximale helling van een vlakke, horizontale berm binnen de obstakelvrije zone bedraagt 1:6. Hoogteverschillen die niet met deze helling kunnen worden overwonnen, dienen middels een talud te worden vormgegeven. Deze vlakheidseisen gelden voor:

- de gehele obstakelvrije zone;
- in situaties met een afschermingsvoorziening over de afschermingsafstand en de werkende breedte van de toe te passen afschermingsvoorziening.

Neergaand talud

Bij neergaande taluds is de kans op ongevallen groter dan bij horizontale bermen. De kans op ongevallen met een ernstige afloop is kleiner naarmate de taludhelling flauwer is dan 1:3. Een neergaand talud met een helling steiler dan 1:3 is altijd een gevarenzone, terwijl een helling van 1:6 of flauwer geen gevarenzone is. In het tussenliggende gebied (1:3 of flauwer maar steiler dan 1:6) is de som van de breedte van de bovenberm en de onderberm afhankelijk van de taludhelling. Het neergaande talud behoort bij de obstakelvrije zone, maar wordt niet meegerekend bij de berekening van de benodigde breedte van de obstakelvrije zone. Indien de volgende totale breedten (exclusief de taludbreedte, som van OZ 1 en OZ 2) niet kunnen worden gerealiseerd, dient de situatie in beginsel als een gevarenzone te worden aangemerkt.



Figuur 2-13 - Eisen neergaand talud binnen de obstakelvrije zone

Type rijbaan/ Ontwerpsnelheid	Taludhelling		
	1:5	1:4	1:3
Hoofdbaan	15 m	18 m	20 m
$V_0 = 120$ km/u	15 m	18 m	20 m
$V_0 = 90$ km/u	12 m	14 m	16 m
$V_0 = 70$ km/u	7 m	8 m	9 m
$V_0 = 50$ km/u	5 m	6 m	7 m

Tabel 2-5 – Obstakelvrije zone o.b.v. risico inzittenden bij neergaand talud

De breedte van de bovenberm dient vlak te worden uitgevoerd met een helling van 1:20. De bovenberm bedraagt conform de vluchtruimte minimaal 2,50 m, gemeten tot aan de snijlijn van bovenberm en talud. De bovenberm wordt in figuur 2-13 geduid met OZ 1, de onderberm met OZ 2. De straal van boven- en onderafronding is minimaal 9 meter.

Mocht er buiten de obstakelvrije zones uit tabel 2-5 nog een hoogteverschil resteren dan kan dit hoogteverschil niet direct met een steil talud en/of verticale wand worden overwonnen. De ontwerper moet zich in deze situaties bewust zijn van mogelijke gevaren die zich aansluitend aan de obstakelvrije zone bevinden.

Bij het ontwerp van neergaande taluds is het van belang dat de personenauto contact houdt met de ondergrond. Zonder afronding gaat de kruin als "springschans" werken. Taluds met een helling 1:6 of steiler dienen te allen tijde te zijn voorzien van afrondingen.

De plaats waar de personenauto na het passeren van de kruinlijn terechtkomt, is maatgevend voor de te doorstane vertragingen voor de inzittenden. Een landing op de taludhelling levert minder vertragingen op dan een landing op de onderberm. Een talud met een klein hoogteverschil is daardoor ongunstiger dan een groot hoogteverschil.

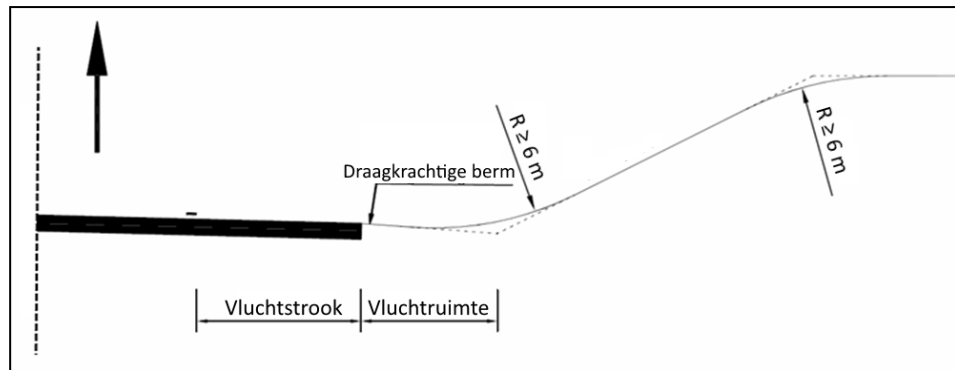
Het botsveilige, geometrische ontwerp van het neergaande talud zoals weergegeven in figuur 2-13 is uitsluitend gebaseerd op het gedrag van personenauto's. Vrachtauto's en bussen zullen op deze helling omslaan. Hierbij moet worden opgemerkt dat het aandeel vrachtauto's en bussen bij enkelvoudige ongevallen beperkt is (ca. 11 %). Bij wegen met een hoger percentage zwaar verkeer (> 15%) wordt een talud van 1:3 in de obstakelvrije zone afgeraden.

Naarmate de helling van het talud steiler is, neemt de kans op een ongeval voor alle voertuigtypen toe (de zogenaamde "turn over" of "roll over" ongevallen). Dit is vooral het geval als de bestuurder rem- en/of stuurmanoeuvres uitvoert.

Opgaand talud

De te stellen eisen aan botsveilige, opgaande taluds binnen de obstakelvrije zone zijn (figuur 2-14):

- helling 1:2 of flauwer;
- straal van onder- en bovenafronding minimaal $R = 6$ m.



Figuur 2-14 - Eisen opgaand talud binnen de obstakelvrije zone

Een opgaand talud dat aan de eisen voldoet zoals in figuur 2-14 is weergegeven, kan in de obstakelvrije zone worden opgenomen. Ook hier geldt dat een dergelijk opgaand talud alleen botsveilig is voor personenauto's.

Een opgaand talud is met het oog op de verkeersveiligheid gunstiger dan een neergaand talud. Het effect van opgaande taluds is vergelijkbaar met de positieve verkanting in een horizontale boog: het helpt bestuurders om de juiste koers te houden.

Effect opgaand talud op obstakelvrije zone

Waar de obstakelvrije zone bij neergaande taluds dient te worden verbreed, kan deze bij opgaande taluds worden gereduceerd. Hierbij dienen de eisen vanuit andere veiligheidszones (vluchtruimte, bergingszone) te worden gerespecteerd. De reductie kan worden toegepast bij hoofdbanen en niet-hoofdbanen met een ontwerpsnelheid van 90 km/u en 120 km/u. Bij lagere ontwerpsnelheden is er geen reductie van de obstakelvrije zone mogelijk, gezien de minimaal benodigde (vlakke) veiligheidszones. Zie hiervoor tabel 2-6.

Type rijbaan/ Ontwerpsnelheid	Reductie obstakelvrije zone per m hoogteverschil	Minimale breedte obstakelvrije zone
Hoofdbaan	1,5 m	10,0 m
$V_0 = 120$ km/u	1,5 m	10,0 m
$V_0 = 90$ km/u	1,5 m	8,5 m

Tabel 2-6 - Obstakelvrije zone o.b.v. risico inzittenden bij opgaand talud

Grondwallen en sloten

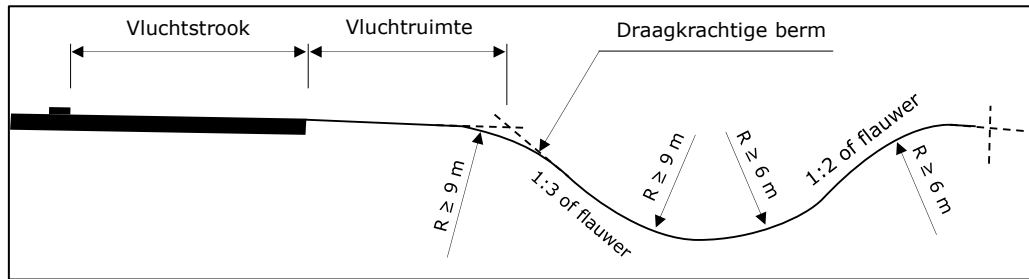
Een grondwal in tussenbermen kan een alternatief zijn voor een (afschermings-) voorziening, echter enkel ter voorkoming van illegale doorsteken. Een dergelijke grondwal is geen afschermingsvoorziening conform de NEN-EN 1317. Een grondwal heeft daarnaast als voordeel dat het een visueel geleidende werking heeft, hetgeen wenselijk kan zijn ter ondersteuning van bijvoorbeeld (onverwachte / krappe) horizontale bogen.

De geometrie van een grondwal binnen de obstakelvrije zone dient overeen te komen met opgaande taluds. Hierbij zijn twee opmerkingen op zijn plaats:

- de grondwal is geen botsveilige voorziening voor vrachtauto's, bussen en motorfietsen. In situaties met een hoog percentage vrachtverkeer (> 15%) wordt een grondwal afgeraden;
- een grondwal tussen 2 rijbanen dient aan beide zijden een talud van 1:3 of flauwer te hebben om als botsveilig object te functioneren.

Ook sloten en greppels die de meeste tijd droog staan (totaal minimaal 50 weken) en aan de voornoemde eisen aan taluds voldoen (figuur 2-15), mogen deel uitmaken van de obstakelvrije zone. Anders vormgegeven sloten en greppels

moeten worden afgeschermd of buiten de obstakelvrije zone worden gerealiseerd, ook als er geen sprake van verdrinkingsgevaar is.



Figuur 2-15 - Eisen aan een greppel binnen de obstakelvrije zone

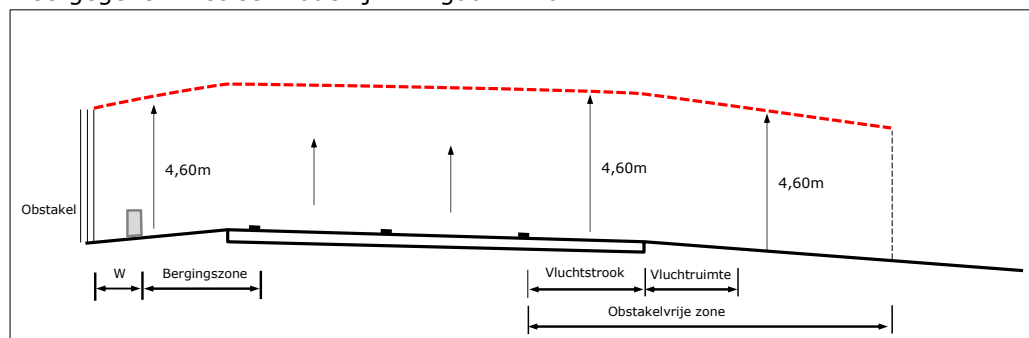
In verband met de drooglegging van het weglichaam zijn veelal aan weerszijden van de weg greppels noodzakelijk. Deze greppels worden meestal onder een helling van 1:1,5 gegraven. Dergelijke greppels moeten als botsonveilig worden aangemerkt en leveren na bomen het hoogste aandeel ernstige ongevallen op.

Het in figuur 2-15 weergegeven profiel is alleen botsveilig indien de greppel over een belangrijk deel van het jaar nagenoeg droog staat (totaal minimaal 50 weken), en de waterdiepte nooit meer bedraagt dan 1,0 m in verband met verdrinkingsgevaar (zie § 2.2 'gevaarzone'). Ook als een vergevingsgezinde watergang maar incidenteel water voert, moet worden bedacht dat dit de draagkracht van de berm in de obstakelvrije zone ernstig negatief kan beïnvloeden. De frequentie waarmee een greppel water voert en verschillende omgevingsfactoren zoals grondsoort bepalen of een greppel binnen de obstakelvrije zone kan worden geaccepteerd. Als dergelijke factoren ertoe leiden dat de greppel regelmatig een verhoogd risico meebrengt voor de veiligheid van de weggebruiker, moet er voor worden gekozen de greppel af te schermen of buiten de obstakelvrije zone te plaatsen.

2.4.4 Verticaal profiel van vrije ruimte

Het verticale profiel van vrije ruimte geldt voor dat gedeelte van de verharding waarover gereden kan worden, inclusief de stroken met de functies vluchten en redresseren, alsmede de obstakelvrije zone en de uitbuigingsruimte van een eventueel aanwezige bermbeveiligingsconstructie. Dit is vooral van belang onder kunstwerken en in tunnels.

Het verticale profiel van vrije ruimte bedraagt 4,60 m. Het profiel van vrije ruimte is weergegeven met een rode lijn in figuur 2-16.



Figuur 2-16 – Profiel van vrije ruimte boven en naast de rijbaan

3 Compenserende maatregelen

Toepassing van een obstakelvrije zone heeft uit het oogpunt van verkeersveiligheid veruit de voorkeur boven het afschermen van obstakels of gevarenczones. Het toepassen van een afschermingsvoorziening voor het beperken van 'risico's voor derden' of 'risico's voor inzittenden' moet als een compenserende maatregel worden gezien. Een afschermingsvoorziening geeft immers bij een aanrijding ook een zeker risico op letsel.

In de gevallen dat een obstakelvrije zone niet realiseerbaar is, dient het ontwerp in heroverweging te worden genomen, waarbij eventueel compenserende maatregelen kunnen worden doorgevoerd (zo ver mogelijk bij de rijbaan vandaan). Deze afweging dient te worden aangegeven in de ontwerpopgave of te worden verantwoord in de ontwerpnota. Het afschermen van obstakels en gevarenczones is alleen zinvol als de risico's bij het aanrijden van het obstakel of de gevarenczone groter zijn dan de risico's van het botsen tegen een afschermingsvoorziening. Hierbij moet tevens rekening worden gehouden met het feit dat door de werkende breedte de voorziening dichter op de rijbaan staat dan het obstakel.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende compenserende maatregelen:

- geleideconstructies: (motorveilige) geleiderailconstructies, geleidebarriers of voertuigkerende leuningen);
- obstakelbeveiligers.

Dit hoofdstuk gaat allereerst in op de functionele eisen en aspecten van geleideconstructies en obstakelbeveiligers. Daarna volgt een toelichting hoe afschermingsvoorzieningen en discontinuïteiten in afschermingsvoorzieningen op veilige wijze kunnen worden toegepast. De eisen en richtwaarden in dit hoofdstuk zijn zowel van toepassing voor nieuwbouwsituaties, als voor situaties met vervanging/ reconstructie.

3.1 Functionele eisen afschermingsvoorzieningen

Conform NEN-EN 1317 worden aan afschermingsvoorzieningen twee primaire eisen (hoofdeisen) gesteld:

- de voorziening moet het (ontwerp)voertuig kunnen keren. Het botsende voertuig mag niet kantelen, door de constructie breken, er overheen rijden dan wel onder de constructie doorschieten. Tevens moet de voorziening het botsende voertuig zodanig geleiden dat het niet onder een grote hoek in de eigen of tegemoetkomende verkeersstroom wordt teruggekaatst;
- de voorziening moet zodanig zijn ontworpen dat een aanrijding ervan geen (ernstig) letsel aan de inzittenden van het (ontwerp)voertuig oplevert (voertuigvertragingen reduceren). Van de constructie mogen geen onderdelen losschieten die een gevaar voor derden of inzittenden opleveren.

Naast de primaire eisen zijn er enkele aanvullende eisen te benoemen:

- de omvang van de schade aan de voorziening en aan het botsende voertuig dient zo gering mogelijk te zijn, waarbij de voorziening snel en eenvoudig moet kunnen worden gerepareerd;
- de voorziening moet na een aanrijding zijn kerende functie zoveel mogelijk behouden;
- scherpe eventueel uitstekende onderdelen dienen te worden vermeden;
- de milieubelasting (materiaal, conservering, hergebruik) dient zo gering mogelijk te zijn;

- uit het oogpunt van landschap of esthetica kan het gewenst zijn de voorziening zo goed mogelijk in de omgeving in te passen, de visuele barrière te beperken en versnippering van faunagebieden te voorkomen.

Een afschermingsvoorziening is een zichtbelemmerend object. In relatie met andere ontwerpelementen moet voorkomen worden dat er een tekort aan zichtlengte ontstaat. Het voorzien in voldoende zichtlengte is in beginsel echter geen eis aan (alleen) de afschermingsvoorziening, maar aan een wegontwerp als geheel.

3.2 Aspecteisen (non-functionele eisen)

Op de markt in binnen- en buitenland worden tal van afschermingsvoorzieningen aangeboden, die conform NEN-EN 1317 full scale zijn getest in een bepaalde klasse. Deze afschermingsvoorzieningen verschillen sterk qua materiaal, constructie, afmetingen, prestaties en levensduur. Bij de keuze van een afschermingsvoorziening voor een ontwerp is het van belang dat de ontwerper (opdrachtnemer) te allen tijde rekening houdt met alle resultaten van de uitgevoerde full-scale tests volgens NEN-EN 1317.

In Nederland zijn ook voorzieningen toegepast (als gevolg van projectspecifieke omstandigheden) die niet zijn gecertificeerd, maar die op basis van ervaringen/berekening naar volle tevredenheid functioneren. Om het arsenaal van afschermingsvoorzieningen op het gebied van beheer en onderhoud beheersbaar te houden, mogen alleen voorzieningen worden toegepast die door Rijkswaterstaat zijn geaccepteerd. Eventuele aanvullende eisen of randvoorwaarden ten opzichte van de Europese richtlijnen kunnen zijn opgenomen bij dit acceptatieproces.

Om het arsenaal van afschermingsvoorzieningen op het gebied van beheer en onderhoud beheersbaar te houden, mogen alleen voorzieningen worden toegepast die door Rijkswaterstaat zijn geaccepteerd. Dit zijn voorzieningen die zijn gebaseerd op de Nederlandse geleiderail, zoals beschreven in de NPR 5191. De Nederlandse geleiderail kenmerkt zich door een 80cm brede ligger op 75cm hoogte, bestaande uit afstandhouders en twee dubbelgolvende planken. De ligger wordt op hoogte gehouden door ronde stijlen op 1,33 of 4,00 meter hart op hart afstand.

Geleiderailsystemen die conform deze NPR 5191 zijn, worden van oudsher geplaatst op basis van de c-maat zoals opgenomen in voorgaande versies van deze richtlijn. Dit is ongewijzigd gebleven in deze richtlijn. Voor geleiderailsystemen waarbij de gelijksoortigheid aan de NPR is aangetoond, gelden de plaatsingsvoorwaarden van de c-maat. Deze systemen zijn opgenomen op de quick reference card - geaccepteerde geleiderails.

Geleiderailconstructies die slechts beperkt afwijken van de NPR 5191 zijn ook geaccepteerd door Rijkswaterstaat. Deze constructies worden als gelijkwaardig geclassificeerd op de quick reference card - geaccepteerde geleiderails. Gelijkwaardige systemen dienen te worden geplaatst op basis van de werkende breedte.

Zowel de c-maat als de werkende breedte is geduid in figuur 3-4. In overige figuren is uitsluitend de werkende breedte (W) opgenomen. De c-maat is de maat tussen de achterzijde van de geleiderail en de voorzijde van het obstakel. De werkende breedte is de maat tussen de voorzijde van de geleiderail en de voorzijde van het obstakel.

3.2.1 Geleideconstructies

Een geleideconstructie is een constructie voor fysieke geleiding van motorvoertuigen die uit de koers zijn geraakt, ter afscherming van een gevarenzone en ter beperking

van de letselkans van de inzittenden van betrokken voertuig(en) en derden. Onderscheid wordt gemaakt tussen geleiderailconstructies, geleidebarriers en leuning(en). Er zijn diverse constructies op de markt, die uiteenlopend presteren. Voor een indeling naar prestatieklassen wordt onderscheid gemaakt naar de volgende variabelen:

- keringsniveau, kerend vermogen of absorptie;
- werkende breedte (W);
- ASI-waarde.

Afschermingsconstructies met voorgespannen stalen kabels (cable barriers) zijn op wegen in beheer en onderhoud van Rijkswaterstaat niet toegestaan.

De hoogte van de ASI-waarde (schokindex) geeft indirect de kans op letsel aan de inzittenden van een voertuig weer. Hoe lager deze waarde, hoe kleiner de kans op letselongevallen. Bij de keuze van een afschermingsvoorziening is het uitgangspunt een ASI-waarde in de klasse A.

Bij toepassing van geleideconstructies is het uitgangspunt om ongeacht het keringsniveau altijd de werkende breedte (behorende bij de test van het zwaarste voertuig) in combinatie met de laagst mogelijke ASI-waarde, conform de NEN-EN 1317-2 testen, aan te houden.

Testrapporten bevatten normatieve criteria die rechtstreeks volgen uit de full-scale testen en informatieve criteria. De informatieve criteria betreffen geen bepalende maar min of meer subjectieve criteria, die van belang kunnen zijn voor de wegbeheerder en/of de wegontwerper. Voor de ontwerper is het van belang om te weten dat:

- bij het plaatsen van de geleideconstructie de constructieopbouw en de omstandigheden waaronder de geleideconstructie is getest (samenstelling ondergrond, wel/geen verankering en dergelijke) moeten worden nageleefd dan wel hiermee vergelijkbaar moet zijn. De vergelijkbaarheid dient door de opdrachtnemer aangetoond te worden.
- Het wordt geaccepteerd dat de geleiderail in de fundering wordt geplaatst indien het niet mogelijk is deze verder weg te plaatsen. Plaatsing in de verhardingsconstructie is altijd maatwerk en verlangt afstemming, dit is niet zonder meer toegestaan.

De ontwerper dient rekening te houden met de condities waarmee een geleideconstructie is getest. De hoogte van een geleideconstructie ten opzichte van het maaiveld/verharding is één van deze condities. In de praktijk kunnen afwijkende omstandigheden (verkanting van de weg, bermafwerking, taluds en dergelijke) voorkomen, waardoor de hoogte van een geleideconstructie ten opzichte van het maaiveld/verharding niet overeenkomt met de oorspronkelijke testcondities. De ontwerper dient zich ervan bewust te zijn, dat door het afwijken van de testcondities de functionaliteit van een geleideconstructie in het geding kan komen.

Een voorbeeld is de constructiehoogte van een geleideconstructie na overlaging. Wanneer de voorzijde van de constructie meer dan 1,0 m uit de verharding staat, kan doorgaans worden volstaan met het aanvullen van de berm om de functionaliteit te behouden. Bij kleinere afstanden moet de constructie op hoogte worden gesteld.

De motorrijders veilige geleiderail dient te zijn getest en te voldoen aan de eisen zoals gesteld in de CEN/TS 17342. De motorrijders veilige geleiderail dient in ieder geval te worden voorzien van een bijbehorend begin- en eindpunt. Zie verder § 3.3.3.

De voertuigkering in de aardebaan dient afhankelijk van de wegcategorie en de wegsituatie qua kerend vermogen minimaal te voldoen aan de volgende prestatieklassen conform de definities uit de NEN-EN 1317-2.

Wegcategorie	V _{max} (km/u)	Risico's derden	Risico's inzittenden
NSW	100-130	H2	H2
RSW	100	H2	H1
GOW	80	N1	N1
ETW	60	T1	T1

Tabel 3-1 - Toepassing van keringsniveau geleideconstructie naar snelheidsniveau

Van de toe te passen geleideconstructies moet door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 1317-2 worden aangetoond dat aan de voorgeschreven eisen met betrekking tot het keringsniveau wordt voldaan. Standaard geldt dat op autosnelwegen een voertuigkering met een prestatieklasse H2 dient te worden toegepast.

3.2.1.1 Keringsniveau H4b

Op plaatsen waar de gevolgschade van een ongeval met een doorgebroken zwaar voertuig onacceptabel hoog is, dient de voertuigkering qua kerend vermogen te voldoen aan de prestatieklasse H4b conform de definities uit de NEN-EN 1317-2. Een H4b-kering heeft een hoger kerend vermogen dan een 'standaard' H2-kering. Hierdoor is een H4b-kering in staat om zwaardere voertuigen te keren. Tegenover de voordelen van een zwaardere kering staan echter ook nadelen: de H4b-kering is stijver, wat (gemiddeld genomen) leidt tot een ernstiger afloop van aanrijdingen met personenauto's. Ook zijn H4b-keringen duurder dan H2-keringen.

Afhankelijk van projectspecifieke en locatiespecifieke kenmerken dient een H2- of een H4b-kering te worden toegepast. De opdrachtnemer toont aan de hand van een analyse aan welke locaties dienen te worden voorzien van een voertuigkering met prestatieklasse H4b. Vanwege het aantal en de complexiteit van de (samenhangende) factoren, is het niet altijd eenvoudig om deze keuze te bepalen. Daarom is een Kerend Vermogen Afwegingsmodel² (KEVAM) ontwikkeld waarmee het projectteam locatiespecifiek de voorkeur in prestatieklasse kan bepalen. KEVAM berekent aan de hand van de projectspecifieke en locatiespecifieke kenmerken vanuit de discipline wegontwerp/verkeersveiligheid per locatie de kans voor het doorsnijden van de voertuigkering en de impact die daaraan is gekoppeld. De kansen en risico's worden omgerekend naar een netto contante waarde die locatiespecifiek de keuze bepaalt voor een prestatieklasse H2 versus H4b.

Onderstaande locaties komen in aanmerking om te onderzoeken of een H4b-kering toegepast dient te worden:

- Op kunstwerken met een onderliggende kruisende spoorlijn
- Op kunstwerken met een onderliggende kruisende vaarweg met vaarklasse I (CEMT) of hoger
- Op kunstwerken met een onderliggende kruisende rijksweg (knooppunt)
- Op kunstwerken met een onderliggende kruisende leidingstraat
- Op bruggen met kwetsbare ophangconstructies, waaronder tuikabels
- Parallele spoorlijn of leidingstraat
- Gebouwen, woonboten, verzorgingsplaatsen, brandstofverkooppunten, evenemententerreinen, terreinen met chemische installaties
- Steunpunten van kunstwerken die niet aanrijdbestendig zijn
- Relatief smalle middenbermen op wegen met een percentage vrachtverkeer van 20% of meer

Voor MIRT-projecten geldt dat de analyse onderdeel uitmaakt van de ontwerpnotitie behorend bij het Integraal Inpassend Ontwerp (IIO) in de ontwikkelingsfase (planuitwerking conform MIRT) conform het kader Wegontwerpproces. De keuze van H4b dient contractueel te worden vastgelegd voor de realisatiefase, zodat vanaf de start van het opstellen van een wegontwerp (Voorontwerp) dit als uitgangspunt is meegenomen.

² Het afweegmodel KEVAM is opvraagbaar via het e-mailadres in het colofon.

3.2.1.2 Trechterstappen toepassen KEVAM

KEVAM is een redelijk complex model en kent relatief veel parameters die dienen te worden ingevuld. Om te voorkomen dat veel locaties worden doorgerekend met KEVAM en projecten daar veel tijd insteken, zijn op basis van een validatie van het afweegmodel zelf en de ervaringen/uitkomsten van ca. 45 doorgerekende cases situaties bepaald waar standaard de voertuigkering over een prestatieklasse H4b dient te beschikken. In deze situaties (trechterstap 1) hoeft geen doorrekening te worden gemaakt met KEVAM om dit te bevestigen.

In trechterstap 2 zijn situaties opgenomen waar KEVAM op basis van de ingevulde parameterwaarden standaard de uitkomst geeft dat een voertuigkering met prestatieklasse H2 dient te worden toegepast. Ook in deze situaties (trechterstap 2) hoeft geen doorrekening te worden gemaakt met KEVAM om dit te bevestigen.

Ten slotte geeft trechterstap 3 de restcategorie van situaties die dienen te worden doorgerekend met KEVAM.

Stap 1: Standaard situaties H4b

- Op een kunstwerk aan de buitenbermzijde bij een aandeel vrachtverkeer van meer dan 35%.
- Op een kunstwerk aan de buitenbermzijde bij een aandeel vrachtverkeer van meer dan 20% gecombineerd met een intensiteit van de kruisende weg van meer dan 25.000 motorvoertuigen per etmaal.
- Op een tuibrug met tuikabels aan de middenbermzijde.
- Op een kunstwerk aan de buitenbermzijde over een spoorlijn met vier of meer treinen per uur.

Stap 2: Standaard situaties H2

- Op locaties met een aandeel vrachtverkeer van minder dan 10%.
- Op locaties met een intensiteit van minder dan 15.000 motorvoertuigen per etmaal.

Stap 3: Situaties door te rekenen met KEVAM

Situaties waarvan men verwacht dat de gevolgschade van een ongeval met een doorgebroken zwaar voertuig onacceptabel hoog is en die niet voldoen aan de kenmerken uit stap 1 en 2 dienen te worden doorgerekend met KEVAM. Op basis van de onderlinge samenhang van de verschillende kenmerken zal KEVAM dan bepalen welke prestatieklasse de voorkeur heeft in de betreffende situatie. In deze gevallen zijn de locatie specifieke kenmerken bepalend.

Plaatsingsvoorschrift H4b

Indien een H4b-kering wordt toegepast, dient de te plaatsen lengte minimaal 100 meter te zijn, overeenkomstig met de gemiddeld genomen geteste lengte van H4b-keringen. De voertuigkering met prestatieklasse H4b schermt het obstakel of de gevarenszone af over de gehele lengte van het betreffende obstakel of gevarenszone. Stroomopwaarts van het af te schermen obstakel of gevarenszone wordt standaard 66 meter H4b geplaatst, parallel gepositioneerd aan de rijbaan. Stroomafwaarts wordt standaard 33 meter geplaatst.

Deze maatvoeringen komen voort uit de vereisten van de geconditioneerde botsproef conform NEN-EN 1317-2. De testlengte van de voertuigkering bedraagt gemiddeld 100 meter en kan worden opgedeeld in drie gelijke delen van 33 meter. De voertuigkering wordt aangereiden in het middelste deel (het tweede $\frac{1}{3}$ deel). De eindverankering in het eerste en laatste deel mag niet bijdragen aan het slagen van de botsproef door alle vrijkomende krachten op te vangen. De voertuigkering dient de impact van de aanrijding zelfstandig te kunnen opvangen. Om te borgen dat de H4b-kering ter plaatse van het af te schermen obstakel of gevarenszone zelfstandig de impact van de aanrijding opvangt, dient standaard 66 meter (twee keer een $\frac{1}{3}$ deel van de gemiddelde testlengte van 100 meter) stroomopwaarts te worden geplaatst.

Een H4b-kering start standaard vanuit een H2-kering met een minimale lengte van 12 meter exclusief de tussenliggende overgangsconstructie tussen de H2- en H4b-kering, voor onder andere het overbruggen van de hoogte van beide voertuigkeringen.

In de overgangsconstructie van H2 naar H4b dient geen zakvorming te ontstaan bij aanrijden. In geval van zakvorming wordt namelijk de kans op letsel van inzittenden vergroot als gevolg van een abrupte sterke voertuigvertraging en is als gevolg van het vroegtijdig terugsturen van het betreffende voertuig in de verkeerstroom ook sprake van een hogere kans op een secundair ongeval.

3.2.1.3 Voorwerpen aan geleideconstructie

Voorwerpen die aan, op of in geleideconstructies worden gemonteerd zoals leuningen, antiverblindingschermen, geluidsschermen (op barrier), verkeersborden, reflectoren, overstapconstructies en dergelijke behoren niet tot de functionele vereisten van de geleideconstructie. De aan de geleideconstructie aangebrachte voorwerpen, die niet tot de functionele constructie behoren, mogen de primaire functie niet nadelig beïnvloeden. Bovendien mogen dergelijke voorwerpen tijdens en na de aanrijding geen risico's voor derden of inzittenden opleveren. Bij toepassing ervan moet men altijd vóór uitvoering aan de opdrachtgever schriftelijk een goed onderbouwde kwalitatieve beredenering ondersteund met constructieberekeningen ter goedkeuring overleggen.

Wanneer extra risico's niet kunnen worden uitgesloten, is een praktijkproef van het gehele systeem conform NEN-EN 1317 noodzakelijk. Bij geringe wijzigingen kan worden volstaan met een uitspraak van een daartoe bevoegde instantie.

Extra voorzieningen die bijdragen aan de werking van de totale constructie, moeten als één systeem conform NEN-EN 1317 worden getest.

3.2.1.4 Leuningen

Op randen van kunstwerken kunnen leuningen als onderdeel van de geleideconstructie worden toegepast, veelal op geringe afstand achter deze constructie. Leuningen kunnen in beginsel ook als zelfstandige geleideconstructie worden ingezet. Ook in die gevallen is de norm NEN-EN 1317-2 van toepassing. Wanneer de leuning uitsluitend een kerende functie heeft voor voetgangers en fietsers is enkel het Bouwbesluit van toepassing. In de geest van het bouwbesluit dienen aan deze leuningen de volgende eisen te worden gesteld:

- de leuning is noodzakelijk indien de breedte van de berm tussen de geleiderail en de parallelvoorziening minder dan 2,00 m bedraagt;
- de hoogte bedraagt, gemeten vanaf de vloer, ten minste 1,00 m;
- als de vloer hoger dan 13,00 m is gelegen boven een aangrenzende vloer of boven een aansluitend terrein of water, wordt de hoogte van de leuning vergroot tot ten minste 1,20 m;
- in de leuning bevinden zich beneden 0,70 m boven de vloer geen openingen breder dan 0,10 m;
- in de leuning bevinden zich tussen 0,20 en 0,70 m boven de vloer geen opstapmogelijkheden;
- een eventuele kier tussen leuning en constructie is horizontaal gemeten niet breder dan 0,05 m.
- Per 1 juli 2021 is een nieuwe eis in werking getreden voor de hoogte van leuningen op fietsbruggen. Deze eis houdt in dat bij nieuwe bouwwerken waar fietsers overheen gaan, zoals bruggen of viaducten, de leuning ten minste 1,30 m moet zijn. Hierdoor worden fietsers beter beschermd. Deze eis geldt ook voor bestaande bouwwerken op het moment dat de leuning wordt verbouwd.

3.2.2 Obstakelbeveiligers

De obstakelbeveiligers is geschikt voor de afscherming van een solitair obstakel (risico's voor inzittenden) met beperkte afmetingen zoals masten en kolommen, in situaties:

- waar er geen risico's voor derden op een naast- of onderliggende rijbaan aanwezig zijn;
- waar er geen sprake is van korte opeenvolging van obstakels waarbij het uit de koers geraakte voertuig achterlangs de obstakelbeveiligers kan rijden en een tweede obstakel of gevarensone kan bereiken (zie ook § 3.4.3 'Onderbrekingen en doorsteken').

In dergelijke situaties kan een obstakelbeveiligers in plaats van een geleideconstructie worden toegepast, met name bij een korte afstand tussen rijbaan en afschermingsvoorziening met relatief hoge kans op frontale aanrijdingen. Voor de afweging tussen beide typen afschermingsvoorzieningen wordt verwezen naar bijlage 8, waar ter informatie een globale schets van enkele afwegingsaspecten is gegeven, met als doel de ontwerper bewust te maken van overwegingen die mogelijk een rol spelen.

De aan obstakelbeveiligers te stellen eisen zijn opgenomen in NEN-EN 1317-3. In samenhang met de ontwerpsnelheid en/of de maximumsnelheid mogen uitsluitend 'redirective' obstakelbeveiligers worden toegepast (tabel 3-2). De obstakelbeveiligers moet niet alleen de krachten die vrijkomen bij frontale botsingen kunnen opvangen, maar ook voertuigen weer veilig in de juiste richting geleiden bij een aanrijding in de flank.

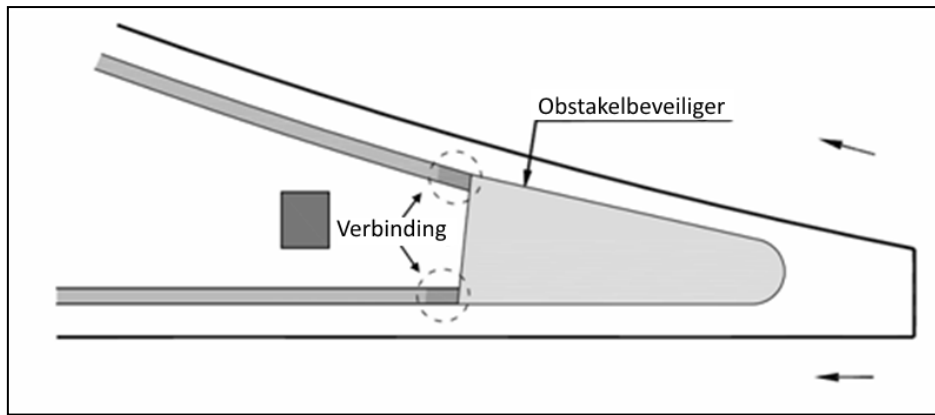
Snelheid V_0 (km/u)	50(R)	80(R)	100(R)	110(R)
≤ 50	X			
70		X		
90			X	
120				X

Tabel 3-2 - Toepassing van keringsniveau obstakelbeveiligers naar snelheidsniveau

Voor de afscherming van een solitair obstakel in de buitenberm wordt de obstakelbeveiligers aan de verkeerszijde parallel aan de rijbaan geplaatst. Eventuele eisen ten aanzien van verplaatsingen moeten op basis van de lokale omstandigheden worden bepaald. De obstakelbeveiligers dient niet over de kantstreep van de naastliggende rijstroken uit te buigen. Voor informatie over de zijdelingse verplaatsing wordt verwezen naar de desbetreffende testrapporten.

Belangrijk is dat de obstakelbeveiligers en de aansluitende geleideconstructie op een zodanige manier met elkaar zijn verbonden, dat de functionele eigenschappen van beide afschermingsvoorzieningen elkaar niet negatief beïnvloeden. Onder die voorwaarde kan de obstakelbeveiligers als verankering van het beginpunt van een geleideconstructie dienen. In dat geval moet de verbinding tussen beide voorzieningen de trekkrachten kunnen opnemen (figuur 3-1).

Bij afscherming van een obstakel door een obstakelbeveiligers dient de aansluitende geleideconstructie minimaal 8 meter na het obstakel door te lopen per zijde waar een rijbaan gesitueerd is.

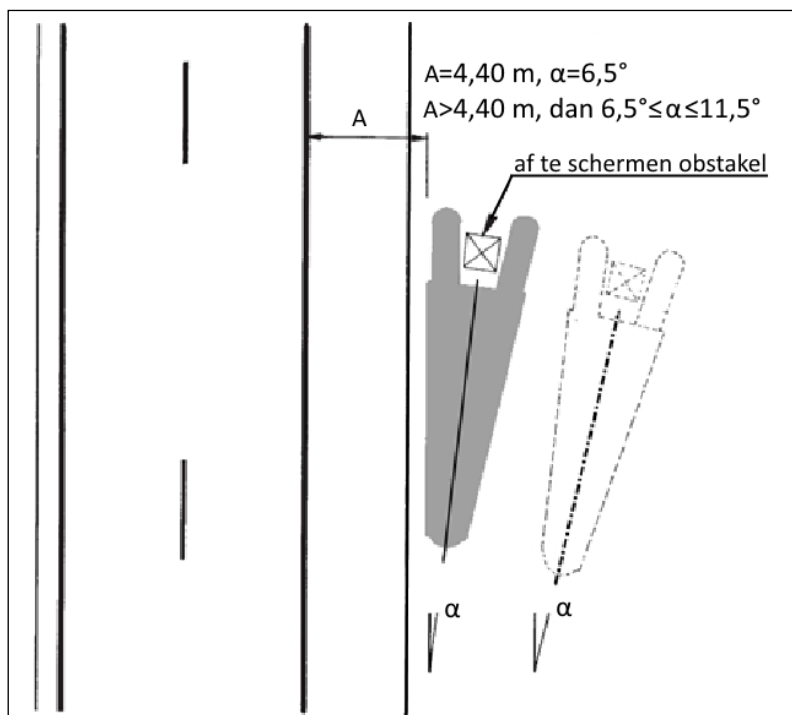


Figuur 3-1 - Principe van een obstakelbeveiliger achter het puntstuk

Bij de plaatsbepaling van de obstakelbeveiliger in het dwarsprofiel van een wegvak zijn de volgende punten van belang (figuur 3-2):

- overeenkomstig de plaatsingscriteria voor afschermingsvoorzieningen dienen de vluchtruimte en objectafstand te worden gerespecteerd (§ 2.3);
- de flank dient evenwijdig aan de hoofdrijbaan te worden geplaatst, tenzij de obstakelbeveiliger meer dan 4,40 m uit de kantstreep staat;
- in tussenbermen wordt de obstakelbeveiliger centrisc geplaatst, tenzij de intensiteit op de hoofdrijbaan aanmerkelijk hoger is dan die op de uitvoeging, rangeer- of parallelrijbaan.

Net als voor geleideconstructies geldt dat de ontwerper bij toepassing van obstakelbeveiligers rekening dient te houden met de condities waarmee deze is getest. De hoogte van een obstakelbeveiligers ten opzichte van het maaiveld of verharding is één van deze condities, als ook de verbinding tussen obstakelbeveiliger en geleideconstructie. In de praktijk kunnen afwijkende omstandigheden (verkanting van de weg, bermafwerking en dergelijke) voorkomen, waardoor de hoogte van een obstakelbeveiliger ten opzichte van het maaiveld of verharding niet overeenkomt met de oorspronkelijke testcondities. De ontwerper dient zich ervan bewust te zijn, dat door het afwijken van de testcondities de functionaliteit van een obstakelbeveiliger in het geding kan komen.



Figuur 3-2 – Plaatsingscriteria obstakelbeveiliger in de zijberm

Op de voorzijde ('neus') van een obstakelbeveiliger bij splitsingspunten en uitvoegingen, stroomopwaarts van het UIT-bord of chevronbord, wordt een markeringsschild met groen-witte chevronmarkering toegepast. Indien de obstakelbeveiliger na het UIT-bord of chevronbord staat, wordt geen markeringsschild toegepast.

Bij tijdelijke situaties wordt rood-witte markering toegepast. Indien het reguliere verkeer langs één zijde van de obstakelbeveiliger rijdt, dient dit rood-witte geleidebakenmarkering te zijn waarbij de strepen schuin aflopend in de richting van het langsrijdende verkeer wijzen.

3.2.3 Botsveilige objecten

Botsveilige objecten zijn objecten die een geringer risico opleveren dan de verschillende bermbeveiligingsvoorzieningen. Vaste voorwerpen die zijn onderworpen aan praktijkproeven conform NEN-EN 12767 en voldoen aan de criteria in één van de veiligheidsniveaus voor inzittenden van deze norm zijn botsveilig. Een dergelijk vast voorwerp kan worden geclassificeerd als (botsveilig) object.

Hieronder worden de eisen voor zowel de lichtmasten als de constructies voor wegmeubilair aangegeven.

- lichtmasten en éénpotige ondersteuning binnen de obstakelvrije zone dienen minimaal te voldoen aan het veiligheidsniveau 100-NE-C. In situaties waarin een risico bestaat op een secundair ongeval na aanrijding van een botsveilige lichtmast, moet de lichtmast voldoen aan de klasse 100-HE-C;
- botsveilige lichtmasten en éénpotige ondersteuning met een maximum bordbreedte van 1,0m dienen buiten de bergingszone of vluchtruimte te worden geplaatst. Wanneer deze ruimte niet beschikbaar is dan geldt dat deze op minimaal 1,50 m naast de redresseerstrook of vluchstrook worden geplaatst;
- voor meerpotige constructies geldt dat ze moeten voldoen aan één van de klassen 100-NE-B, 100-LE-B, 100-HE-B, 100-NE-C, 100-LE-C, 100-HE-C; in deze volgorde van prioriteit wanneer er geen kans op secundair ongeval bestaat,
- voor meerpotige constructies geldt dat ze moeten voldoen aan één van de klassen 100-HE-B, 100-HE-C, 100-LE-B, 100-LE-C, 100-NE-B, 100-NE-C; in deze volgorde van prioriteit wanneer er wel kans op secundair ongeval bestaat,
- Eenpotige ondersteuning met een bordbreedte groter dan 1,0m en meerpotige constructies dienen over hun volledige breedte buiten de vluchtruimte te worden geplaatst. Indien deze ruimte niet beschikbaar of inpasbaar is, mogen deze constructies op minimaal 1,50 m (volledig) naast de redresseerstrook of vluchstrook worden geplaatst.
- Voor hoge constructies geldt dat rekening dient te worden gehouden met het verticale profiel van vrije ruimte in het geval deze gedeeltelijk boven de vluchtruimte of rijbaan komen.

De classificaties voor de veiligheidsklasse inzittenden zijn in de EN 12767: 2019 geduid met codering A, B, C, D en E. Vergelijkbare classificaties gebaseerd op de EN 12767:2007 zijn 1, 2 en 3; deze worden ook geaccepteerd omdat de achterliggende ASI en THIV waarden ongewijzigd zijn.

Het aantal geregistreerde ongevallen met (onafgeschermd) lichtmasten op autosnelwegen is aanzienlijk (gemiddeld 470 per jaar in de periode 2000 – 2004). Uit de analyses blijkt verder dat bij de aan vaste voorwerpen (inclusief lichtmasten) te stellen eisen, rekening dient te worden gehouden met het feit dat een aanzienlijk deel van de voertuigen het voorwerp zijwaarts en niet frontaal aanrijdt. Vanwege de hogere kwetsbaarheid van inzittenden bij een zijwaartse aanrijding, is in bovenstaande eisen klasse C (100-NE-C) voorgeschreven.

Het standaard veiligheidsniveau 100-NE-C is gebaseerd op hoofd-, rangeer- of parallelbanen (zie ook bijlage 4). Bij (verbinding)wegen waar de ontwerpsnelheid en de gereden snelheid lager zijn, is het toegestaan om de veiligheidsniveaus aan te passen aan de gekozen ontwerpsnelheid of de gereden snelheid (tabel 3-3). Bijvoorbeeld indien de snelheid 70 km/u bedraagt, kunnen 70-NE-C-masten worden toegepast.

Een secundair ongeval kan ontstaan doordat de botsveilige mast of éénpotige ondersteuning zich als een projectiel gedraagt.

Het is van belang dat de classificaties voor objecten richtingsongevoelig zijn, in het bijzonder waar breek- of afschuifconstructies (veelal NE-C) worden toegepast. De aanrijdhoeken in de praktijk kunnen immers afwijken van de aangenomen testhoek (bijvoorbeeld langs gebogen rijbanen).

Ontwerpsnelheid V_0 (km/u)	Veiligheidsniveaus
≤ 50	50
70	70
90	100
120	100

Tabel 3-3 - Standaard veiligheidsniveaus voor inzittenden per ontwerpsnelheid (V_0)

De botsveilige objecten dienen in de praktijk te worden geplaatst in een ondergrond die qua samenstelling en verdichtingsgraad overeenkomt met de testopstelling (of hieraan minimaal gelijkwaardig is). De opdrachtnemer moet aantonen dat de ondergrond binnen de scope van het project overeenkomt met de testcondities.

Wegmeubilair zoals portalen, lichtmasten, bewegwijzering en verkeersborden dienen in beginsel achter geleideconstructies te worden geplaatst. Indien naar het oordeel van de ontwerper het meubilair hierdoor te ver van de rijbaan komt te staan, kunnen botsveilige objecten vóór de geleideconstructie worden geplaatst, mits het botsveilig functioneren van het object en/of de afschermingsvoorziening hierdoor niet negatief worden beïnvloed. Het is niet toegestaan een bestaande geleideconstructie dichter naar de rijbaan te verplaatsen of de werkende breedte van de geleideconstructie aan te passen ten behoeve van het plaatsen van niet-botsveilig wegmeubilair. In die gevallen waarbij het naar de stand van de techniek niet mogelijk is de berm op deze manier in te richten, moet de opdrachtnemer het ontwerp inclusief onderbouwing / risicoafweging altijd vóór uitvoering aan de opdrachtgever ter acceptatie overleggen.

3.3 Toepassing van afschermingsvoorzieningen

Bij overweging om een afschermingsvoorziening toe te passen, dient eerst te worden onderzocht of toepassing voorkomen kan worden, bijvoorbeeld door:

- het verwijderen van obstakels of deze buiten de obstakelvrije zone te plaatsen;
- het constructief aanpassen van het obstakel op een zodanige wijze dat wordt voldaan aan één van de veiligheidsniveaus voor inzittenden conform NEN-EN 12767;

- het herprofilen van de berm opdat deze conform de eisen in hoofdstuk 2 geen gevarezone meer vormt;
- de sloten te herprofilen of te vervangen door bijvoorbeeld drainagesystemen.

Indien dit niet mogelijk is, is het van belang om de afschermingsvoorziening op veilige wijze toe te passen. Deze paragraaf gaat daar nader op in. De paragraaf is zowel van toepassing voor nieuwbouwsituaties, als voor situaties met vervanging / reconstructie.

Afschermingsvoorzieningen worden niet geplaatst uitsluitend voor visuele geleiding van het verkeer. Afschermingsvoorzieningen dragen immers in beperkte mate bij tot de visuele geleiding van het verkeer op rechte en gebogen wegvakken met ruime horizontale boogstralen. Daarnaast kan bij plaatsing van afschermingsvoorzieningen in gebogen wegvakken en nabij invoegingen zichtbelemmering optreden.

3.3.1 *Algemeen*

Een belangrijk aspect bij toepassing van afschermingsvoorzieningen is de afschermingsafstand. Dit is de horizontale, kortste afstand gemeten uit de binnenkant van de kantstreep en de voorzijde van de afschermingsvoorziening. In alle gevallen dient onafhankelijk van het bermtypen gestreefd te worden naar een zo groot mogelijke afschermingsafstand, om de kans op aanrijding van de afschermingsvoorziening en daarmee het risico voor inzittenden te verkleinen. Hierdoor komt de afschermingsafstand in principe overeen met de obstakelafstand minus de werkende breedte van de afschermingsvoorziening.

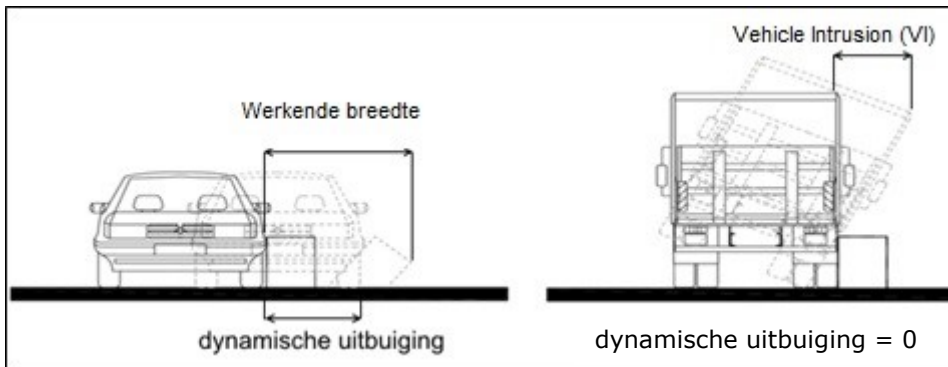
De werkende breedte van een afschermingsvoorziening betreft de zone die de voorziening nodig heeft om te functioneren tijdens een aanrijding. De maat van de werkende breedte is gebaseerd op de testcondities. De testcondities betreffen de botsproeven die horen bij het vereiste prestatieniveau. De werkende breedte wordt geduid als de horizontale afstand vanaf de voorzijde van de afschermingsvoorziening tot aan de maximale dynamische uitbuiging tijdens de botsproef.

Bij plaatsing van een afschermingsvoorziening in het dwarsprofiel dient de werkende breedte vrij te zijn van obstakels of andere elementen die de werking negatief kunnen beïnvloeden. De breedte van de zone die vrij moet zijn wordt geduid door de genormaliseerde werkende breedte. De hoogte van de zone die vrij moet zijn betreft 4,60 meter.

In een tunnel of verdiepte ligging kan de beschikbare ruimte beperkt zijn zodat een halve barriër tegen de wand wordt gerealiseerd als afschermingsvoorziening. Indien een halve barriër gerealiseerd wordt, geldt dat boven de barriër geen obstakels aanwezig mogen zijn die bij aanrijding zorgen voor een ernstige vertraging. De wand boven de barriër dient vlak en glad te zijn afgewerkt.

Aan de andere zijde van de afschermingsvoorziening ('achterkant') wordt bij aanwezigheid van risico's voor derden ook een afstand aangehouden. De grootte van deze afstand is afhankelijk van de ernst van de gevarezone.

De benodigde breedte in het dwarsprofiel voor het plaatsen (nieuwbouw en vervanging / reconstructie) van een afschermingsvoorziening bestaat uit de breedte van de constructie in het dwarsprofiel en de dynamische uitbuiging van die constructie ten gevolge van de aanrijding in een bepaald keringsniveau conform NEN-EN 1317-2 (figuur 3-3). De uitbuigingsruimte voor constructies wordt bepaald door de zwaarste test van het betreffende keringsniveau. Bij de plaatsing moet voorkomen worden dat bij aanrijding van de afschermingsvoorziening verkeer op de naastliggende rijbaan wordt gehinderd door een kleinere afschermingsafstand.



Figuur 3-3 - Dynamische uitbuiging en werkende breedte (W)

Wanneer voorwerpen in de afschermingsvoorziening worden geïntegreerd, dient de wegontwerper rekening te houden met de voertuigindringing als onderdeel van de werkende breedte.

De werkende breedte betreft de breedte van de afschermingsvoorziening plus de dynamische uitbuigingsruimte gebaseerd op de botsproef met het zwaarste voertuig. De voertuigindringing betreft de dynamische maat dat het zwaarste voertuig maximaal over de afschermingsvoorziening heen helt tijdens de botsproef met het zwaarste voertuig. Zoals in figuur 3-3 weergegeven kan de voertuigindringing groter zijn dan de werkende breedte wanneer de afschermingsvoorziening gefixeerd is, en daarmee de dynamische uitbuiging nul.

De maat van voertuigindringing is uitsluitend van belang bij continue voorwerpen die geïntegreerd zijn in de afschermingsvoorziening én een gevaar vormen bij een aanrijding waarbij het voertuig over de afschermingsvoorziening heen helt. Dit is het geval bij geluidsschermen en andere objecten waarbij de schermelementen geen verkeersgeleidende werking hebben. Bij overige situaties hoeft geen rekening te worden gehouden met de maat van de voertuigindringing.

Als voorbeeld een geluidsscherm geïntegreerd in een barriër: door een tegen de barriër kantelende vrachtauto kan het geluidsscherm beschadigen. Wanneer de schermelementen geen verkeersgeleidende werking hebben, rijdt de vrachtauto zich stuk op de kolommen van het scherm. In dit geval stelt de wens tot integratie dus eisen aan het ontwerp van het geluidsscherm, om te voorkomen dat het een (verkeersonveilig) obstakel wordt.

Indien een afschermingsvoorziening op een kunstwerk wordt geplaatst, dient in samenhang met de vereiste prestatieklasse het kunstwerk de (aanrijd)krachten op deze voorziening volgens artikel 4.7.3.2(2) van NEN-EN 1991-2 (Eurocode verkeersbelastingen op bruggen) te kunnen opnemen. Het bezwijkpunt van de voorziening dient daarbij buiten het kunstwerk te liggen, zodat de kans op schade aan het kunstwerk klein is. Tevens dient de werkende breedte binnen de draagconstructie van het kunstwerk te liggen. Hierbij dient te worden uitgegaan van een ruimte van minimaal 0,50 m achter de afschermingsvoorziening voor gebruik als inspectie pad.

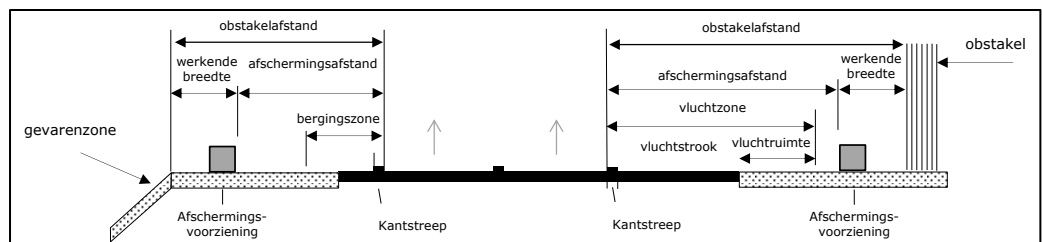
3.3.2 Plaatsing van afschermingsvoorzieningen

Prioriteitsgewijze benadering

In nieuwbouwsituaties en grootschalige reconstructies geldt dat voldaan moet worden aan de standaard afmetingen conform hoofdstuk 2 en de ROA, zowel op aardebanen als op kunstwerken. Wanneer hier niet aan voldaan kan worden (reconstructie bestaande situaties), is een prioriteitsgewijze benadering van toepassing. Bij elke afwijking van de standaard is het steeds van belang een goede onderbouwing / risicoafweging ter goedkeuring aan de opdrachtgever te overleggen.

Altijd dient gestreefd te worden naar een zo groot mogelijke afschermingsafstand. Wanneer in het ongewenste geval de afschermingsafstand kleiner wordt dan de breedte van de bergingszone of de vluchtzone, dan dient de ontwerper een afschermingsvoorziening met een kleinere werkende breedte toe te passen om zo de afschermingsafstand zo groot mogelijk te houden. Voorkomen moet worden dat de werkende breedte van de afschermingsvoorziening groter is dan de som van de constructiebreedte en beschikbare uitbuigingsruimte. Deze benadering staat in het onderstaande nader gespecificeerd per berm.

In figuur 3-4 is de afbeelding weergegeven waarin alle zones zijn opgenomen die van belang zijn bij de prioriteitsgewijze plaatsing van afschermingsvoorzieningen.



Figuur 3-4 - Principe van plaatsing van afschermingsvoorzieningen

Plaatsing afschermingsvoorziening in midden- en tussenberm (links)

Voor midden- en tussenbermen geldt de onderstaande prioriteitsgewijze benadering.

1. De afschermingsafstand dient zo groot mogelijk te zijn met toepassing van een zo flexibel mogelijke constructie ($ASI \leq 0,8$).
2. Indien met toepassing van een flexibele constructie de bergingszone niet volledig behouden blijft, dan dient de constructie te worden verstijfd om de breedte van de bergingszone te respecteren. De ASI waarde dient in deze stap te worden geminimaliseerd met een maximale waarde van 1,4.
3. Indien met een verstijfde constructie de bergingszone niet inpasbaar is, dan moet gestreefd worden naar een flexibele constructie en dient de objectafstand te worden gerespecteerd. De breedte van de objectafstand is afhankelijk van het type rijbaan of de ontwerpsnelheid, opgenomen in tabel 2-4. De afschermingsvoorziening dient niet in de ruimte tussen de objectafstand en de bergingszone te worden geplaatst om schijnveiligheid die de aanwezigheid van een bergingszone suggereert te voorkomen.
4. Indien de minimale breedte van de objectafstand niet inpasbaar is met een flexibele constructie, dan dient de constructie te worden verstijfd om de breedte van de objectafstand te respecteren. De ASI waarde dient in deze stap te worden geminimaliseerd met een maximale waarde van 1,4. Indien de objectafstand niet gerealiseerd kan worden, is aanpassing van het (integrale) wegontwerp noodzakelijk.

Plaatsing afschermingsvoorziening in zij- en tussenberm (rechts)

Voor zijbermen geldt de onderstaande prioriteitsgewijze benadering.

1. De afschermingsafstand dient zo groot mogelijk te zijn met toepassing van een zo flexibel mogelijke constructie ($ASI \leq 0,8$).
2. Indien met toepassing van een flexibele constructie de vluchtzone niet volledig behouden blijft, dan dient de constructie te worden verstijfd om de breedte van de vluchtzone te respecteren*. De ASI waarde dient in deze stap te worden geminimaliseerd met een maximale waarde van 1,4.
3. Indien met een verstijfde constructie de vluchtzone niet inpasbaar is, dan moet gestreefd worden naar een flexibele constructie en dient minimaal de uitstapruimte te worden gerespecteerd. De uitstapruimte heeft een breedte van 0,50m naast de vluchtstrook.**
4. Indien de minimale breedte van de uitstapruimte niet inpasbaar is met een flexibele constructie, dan dient de constructie te worden verstijfd om de breedte van de uitstapruimte te respecteren. De ASI waarde dient in deze stap te worden geminimaliseerd met een maximale waarde van 1,4. Indien de uitstapruimte niet gerealiseerd kan worden, is aanpassing van het (integrale) wegontwerp noodzakelijk.

* Op kunstwerken is het toegestaan de vluchtruimte achterwege te laten vanwege ruimtelijke inpassing en kosten. Op kunstwerken is daarmee als veiligheidszones standaard een bergingszone, vluchtstrook en uitstapruimte onderdeel van het dwarsprofiel.

** Voor bestaande situaties zonder vluchtstrook geldt de objectafstand als minimale afschermingsafstand. Waarbij geldt dat de afschermingsvoorziening niet in de ruimte tussen de objectafstand en de minimum vluchtstrookbreedte conform ROA mag worden geplaatst om schijnveiligheid die de aanwezigheid van een vluchtstrook suggereert te voorkomen.

Plaatsingscriteria

De uitbuigingsruimte van de constructie wordt bepaald door de c-maat zoals opgenomen in tabel 3-4 indien de constructie voldoet aan de eisen zoals gesteld in de NPR 5191. Door Rijkswaterstaat geaccepteerde geleiderailconstructies zijn opgenomen op de quick reference card (QRC) – geaccepteerde geleiderailconstructies³.

Constructietype NPR 5191	Stijfheidsklasse	c-maat [meter]
FL 2M 400-80	Flexibel	1,50
VLP 2Z 133-80	Middelstijf	1,00
VLP 1Z 133-60	Middelstijf	1,00
VLP 2Z C 133-80	Stijf	0,50
VLP 1Z C 133-60	Stijf	0,50

Tabel 3-4 Stijfheidsklassen en C-maten per NPR constructietype

De plaatsing van de geleiderail wordt gebaseerd op de werkende breedte indien deze niet voldoet aan de eisen van de NPR 5191. Dit geldt ook voor barriers. De werkende breedte van de constructie wordt bepaald door de uitbuigingsruimte tijdens de botsproef conform de zwaarste test.

Plaatsing bij kans op tweezijdige aanrijding in tussen- en/of middenberm

Hierbij gaat aandacht uit naar afschermingsvoorzieningen die van 2 zijden aangereden kunnen worden; ook na aanrijding dient de situatie verkeersveilig te zijn. Bij het toepassen van een enkele afschermingsvoorziening in de middenberm is het daarom van belang aan beide zijden minimaal in een bergingszone te voorzien. Indien door toepassen van de prioriteitsgewijze benadering de situatie ontstaat dat de afschermingsvoorziening geplaatst is op de minimale objectafstand, zal de werkende breedte overlappen met de minimale objectafstand (van de andere rijbaan).

³ De QRC is opvraagbaar via het e-mailadres in het colofon.

Voorkomen dient te worden dat de afschermingsvoorziening op de rijstrook van de naastgelegen rijbaan terecht komt waardoor de werkende breedte van de afschermingsvoorziening dan ook niet groter dient te zijn dan de geldende objectafstand van de andere rijbaan.

Overlap van werkende breedte met minimale objectafstand dient in beginsel voorkomen te worden. Indien dit bij uitzondering niet mogelijk blijkt, dient alsnog in eerste instantie te worden gekozen voor een zo flexibel mogelijke voertuigkering. De voordelen van het toepassen van een flexibele geleiderailconstructie (t.a.v. letselkans & ernst) welke bij aanrijding kortstondig in de objectafstand van de naastgelegen rijbaan terechtkomt, zijn groter dan de nadelen van een permanente stijvere afschermingsvoorziening. Bij een eventuele aanrijding dient de flexibele afschermingsvoorziening spoedig te worden hersteld en kunnen compenserende maatregelen worden getroffen vanwege een tijdelijk, en van beperkte lengte, verminderde objectafstand van de naastgelegen rijbaan. De ontwerper dient er zich van bewust te zijn dat een projectspecifieke situatie (bijvoorbeeld groot aandeel zwaar verkeer) tot een andere afweging kan leiden en deze uitzonderingssituatie dan ook te bespreken met opdrachtgever.

Plaatsing bij hoogteverschil in middenberm

Een hoogteverschil met een helling tussen de verhardingen steiler dan 1:6 wordt gezien als een obstakel. Het hoogteverschil wordt dan aan de boven- en onderzijde afgeschermd. De uitbuigingsruimte wordt hierbij gemaximaliseerd middels toepassing van een zo steil mogelijke taludhelling tussen de geleideconstructies. Indien er geen ruimte is voor een geleiderailconstructie, kan een centrisch geplaatste barriër worden toegepast die het hoogteverschil opvangt.

Bij een helling van 1:6 of flauwer is er geen sprake van een obstakel. Bij een bermbreedte groter dan 6,0 m wordt de geleideconstructie op 2,50 m uit de kantstreep van de hooggelegen rijbaan geplaatst.

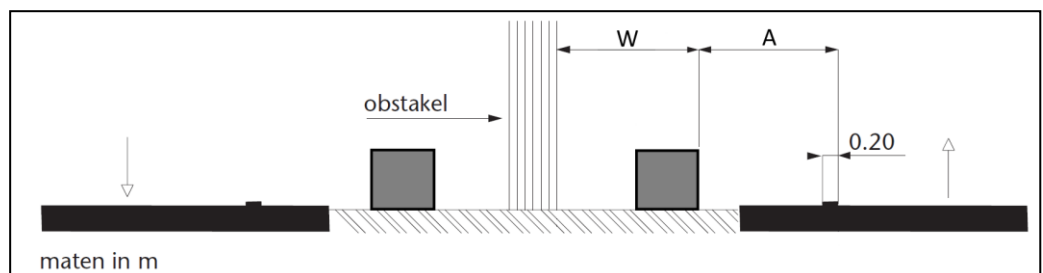
Plaatsing bij risico op zichtbelemmering

Tevens gaat aandacht uit naar afschermingsvoorzieningen in gebogen wegvakken en nabij invoegingen. Toepassing van afschermingsvoorzieningen mag niet leiden tot zichtbelemmering. Afhankelijk van de situatie kan het hierdoor noodzakelijk zijn de plaatsing van afschermingsvoorzieningen in het dwarsprofiel aan te passen.

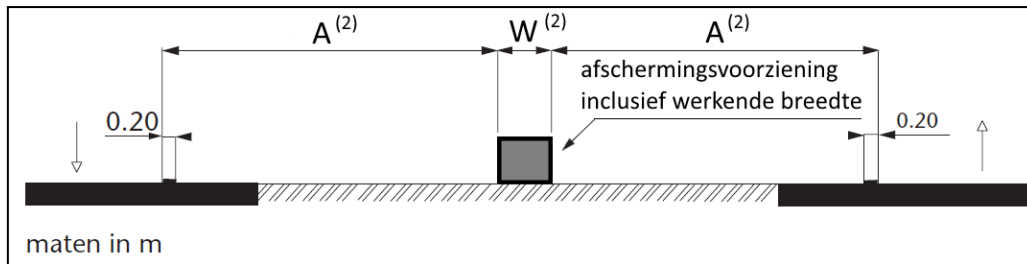
In de onderstaande figuren worden praktijksituaties weergegeven. In de figuren zijn de volgende afkortingen gebruikt:

- A = afschermingsafstand
- V = vluchtstrook
- W = werkende breedte

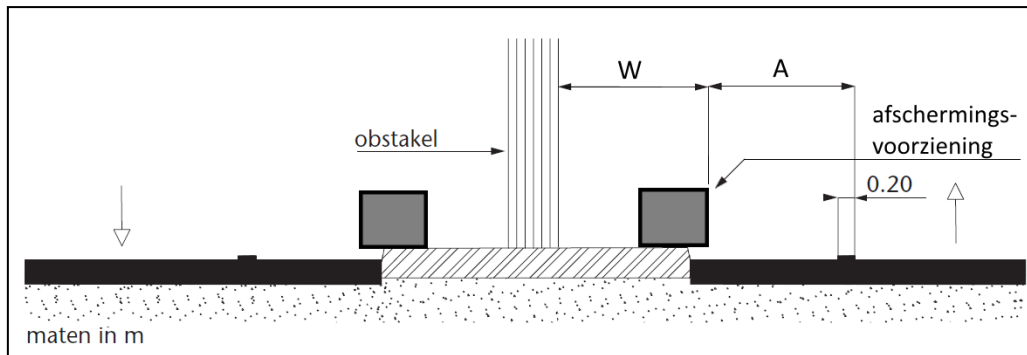
Zie de figuren 3-5a tot en met 3-5d voor de plaatsing van de afschermingsvoorzieningen in de middenberm in relatie tot obstakels, in aardenbaan of op kunstwerken.



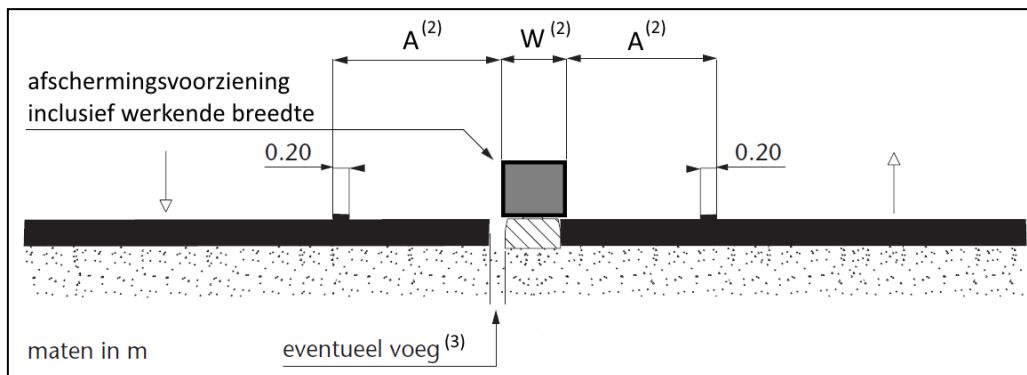
Figuur 3-5a - Middenberm in aardenbaan met obstakels tussen hoofddrijbanen



Figuur 3-5b - Middenberm in aardebaan zonder obstakels



Figuur 3-5c - Middenberm op kunstwerk met obstakels

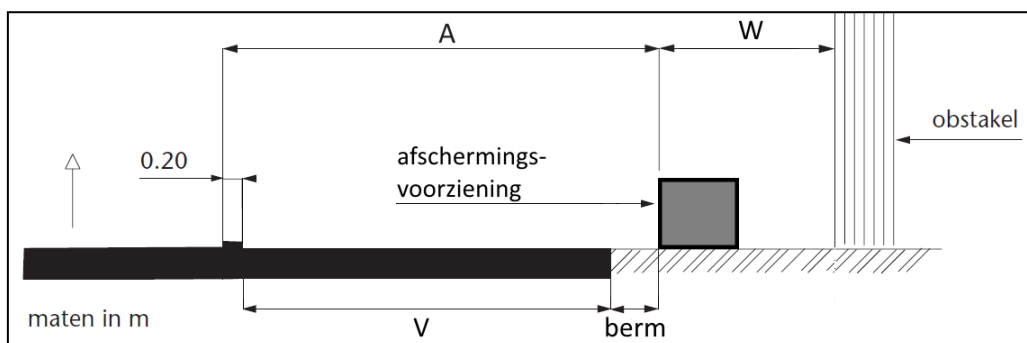


Figuur 3-5d - Middenberm tussen hoofdrijbanen op kunstwerk zonder obstakels

2) Zie hiervoor de plaatsingsvoorschriften beschreven onder 'Plaatsing bij kans op tweezijdige aanrijding in tussen- en/of middenberm' in deze paragraaf.

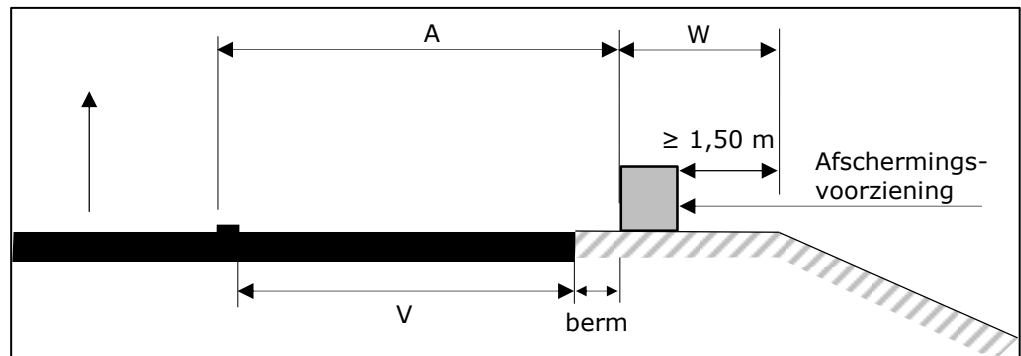
3) De opening tussen kunstwerken mag maximaal 0,05 m bedragen. Bij een grotere ruimte tussen de kunstwerken is een afdichting nodig.

Zie de figuren 3-6a tot en met 3-6g voor de plaatsing van de afschermingsvoorziening in buitenbermen of tussenbermen in relatie tot obstakels, kunstwerken of taluds.

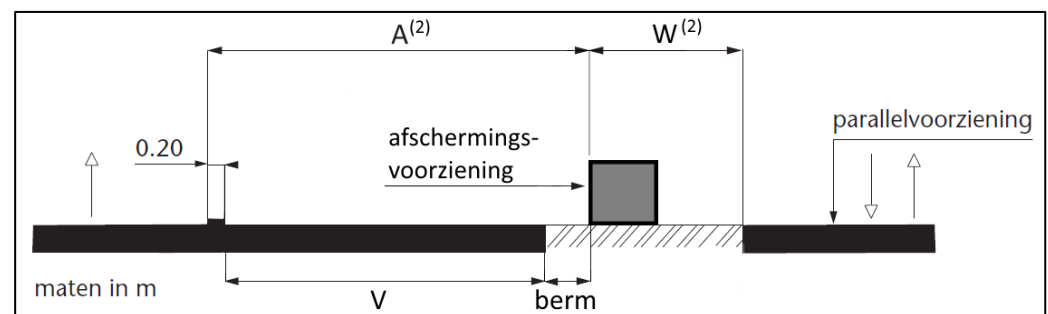


Figuur 3-6a - Buitenberm in aardebaan met obstakels

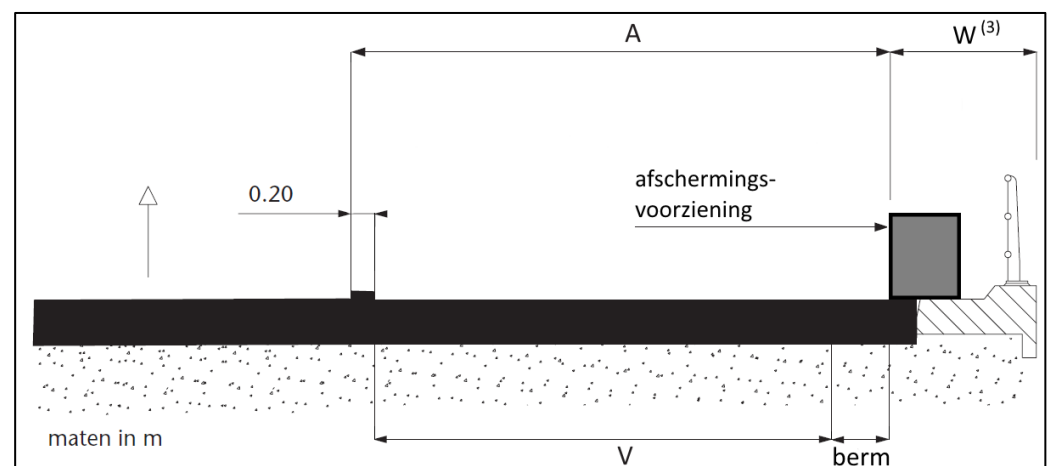
Indien er zich achter de geleiderail een neergaand of opgaand talud bevindt, dient er een vlakke, horizontale berm te worden gerealiseerd over de werkende breedte zoals weergegeven in figuur 3-6b. Hierbij geldt tevens dat er bij een neergaand talud een vlakke, horizontale berm van minimaal 1,50 meter vanaf de achterzijde van de voertuigkering dient te worden gerealiseerd.



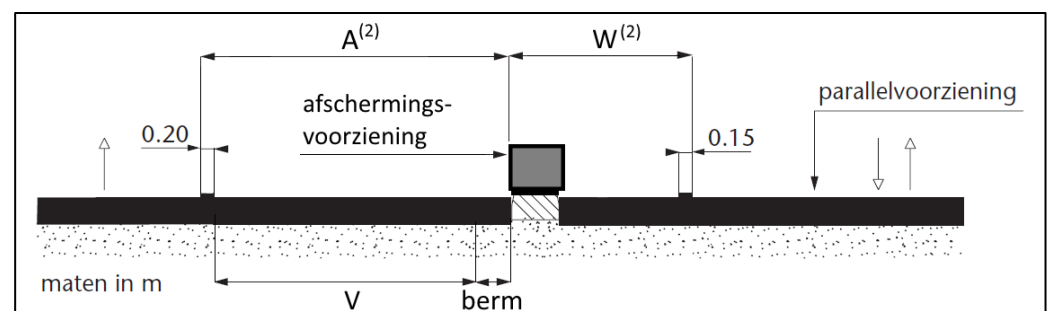
Figuur 3-6b - Buitenberm in aardebaan met aflopend talud



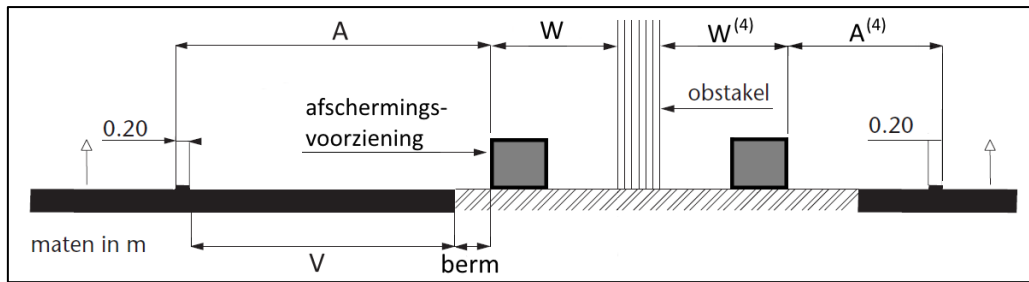
Figuur 3-6c - Buitenberm in aardebaan zonder obstakels met parallelvoorziening



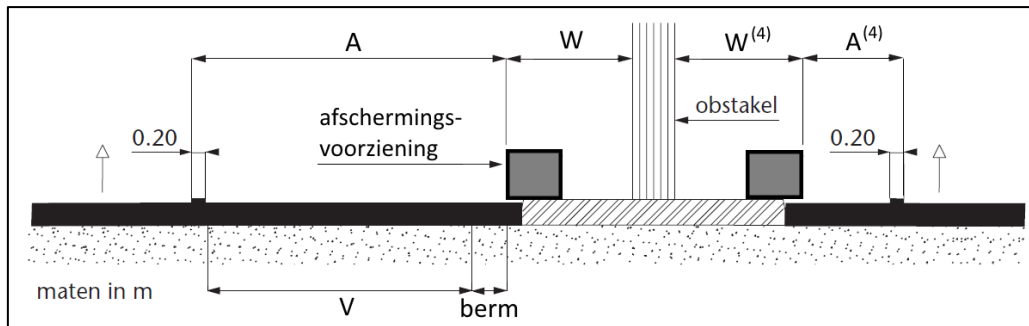
Figuur 3-6d - Buitenberm op kunstwerk met/zonder obstakel



Figuur 3-6e - Buitenberm op kunstwerk zonder obstakels met parallelvoorziening



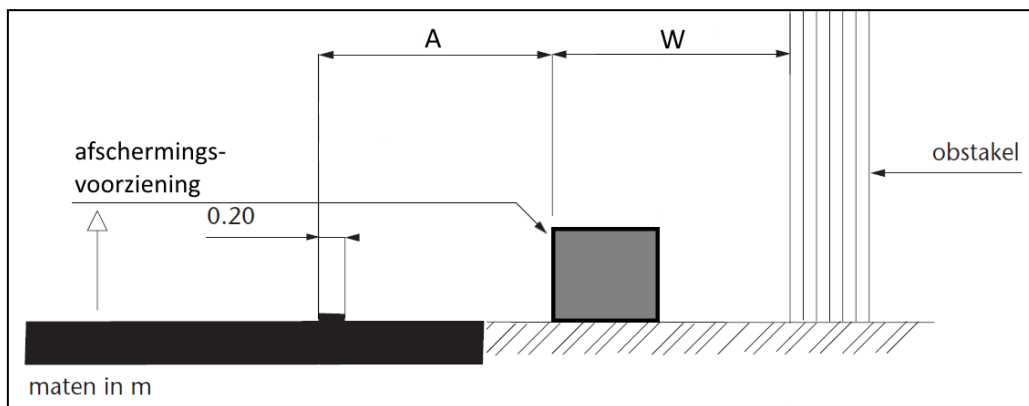
Figuur 3-6f - Tussenberm in aardebaan met obstakels



Figuur 3-6g - Tussenberm op kunstwerk met obstakels

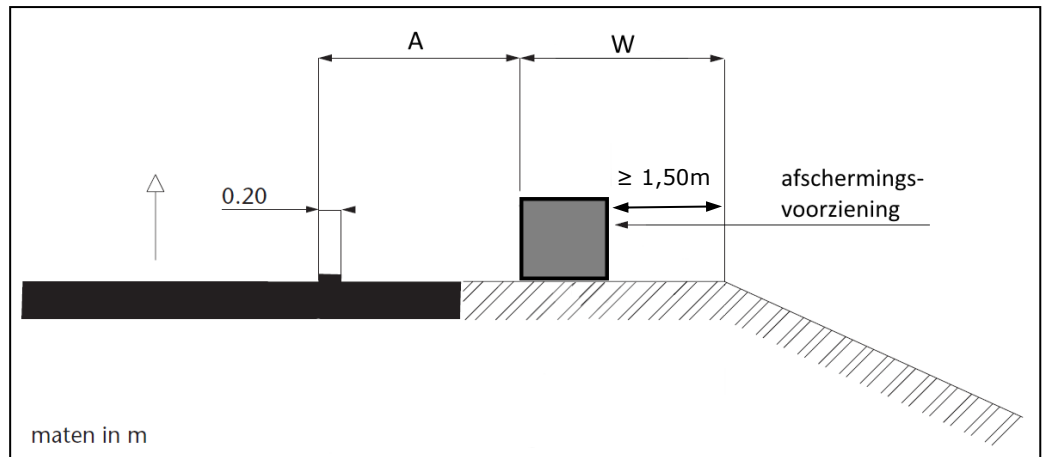
- 2) Zie hiervoor de plaatsingsvoorschriften beschreven onder 'Plaatsing bij kans op tweezijdige aanrijding in tussen- en/of middenberm' in deze paragraaf.
- 3) Indien de leuning achter de geleideconstructie geen kerende functie heeft als onderdeel van de totale afschermingsvoorziening, dient de werkende breedte van de geleideconstructie voor de leuning te eindigen.
- 4) Voor de tussenbermen geldt dat de linker berm van de rechtse rijbaan wordt ingericht als een middenberm.

Zie de figuren 3-7a tot en met 3-7g voor de plaatsing van de afschermingsvoorzieningen in buitenbermen of tussenbermen in relatie tot obstakels, kunstwerken of taluds in situaties zonder een vluchtstrook. Deze figuren zonder vluchtstrook zijn ongewenst en alleen van toepassing voor bestaande situaties.

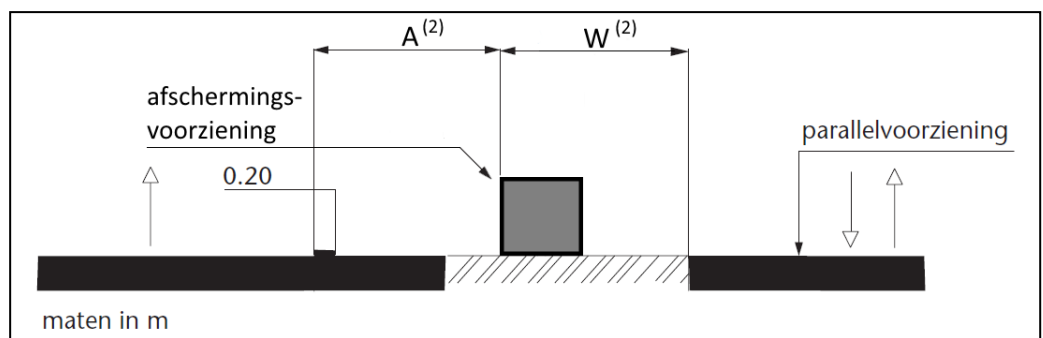


Figuur 3-7a - Buitenberm in aardebaan met obstakels

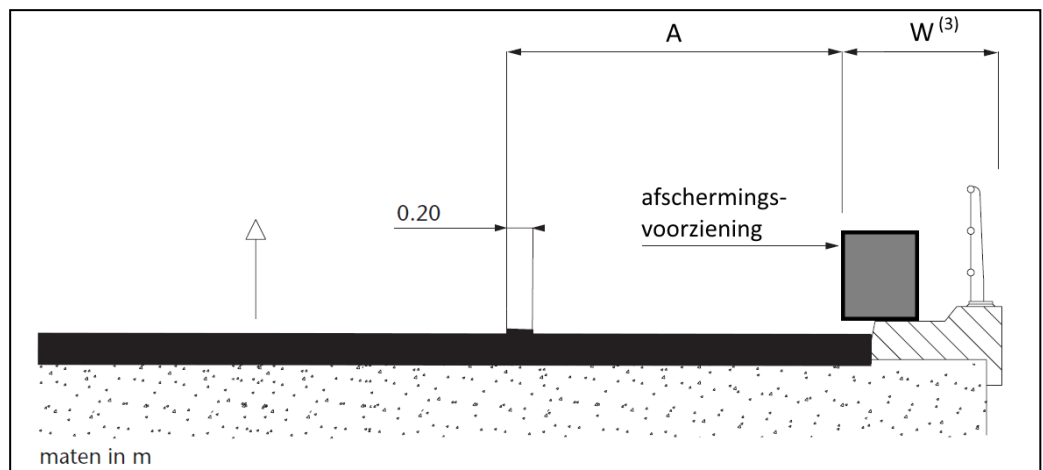
Indien er zich achter de geleiderail een neergaand of opgaand talud bevindt, dient er een vlakke, horizontale berm te worden gerealiseerd over de werkende breedte zoals weergegeven in figuur 3-7b. Hierbij geldt tevens dat er bij een neergaand talud een vlakke, horizontale berm van minimaal 1,50 meter vanaf de achterzijde van de voertuigkering dient te worden gerealiseerd.



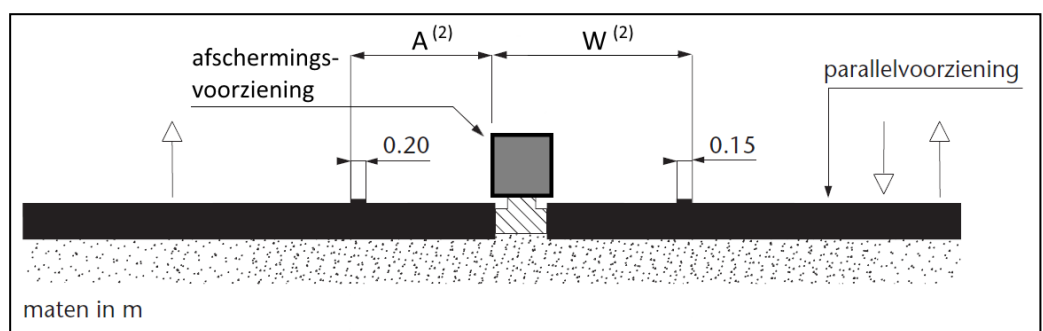
Figuur 3-7b - Buitenberm in aardebaan met aflopend talud



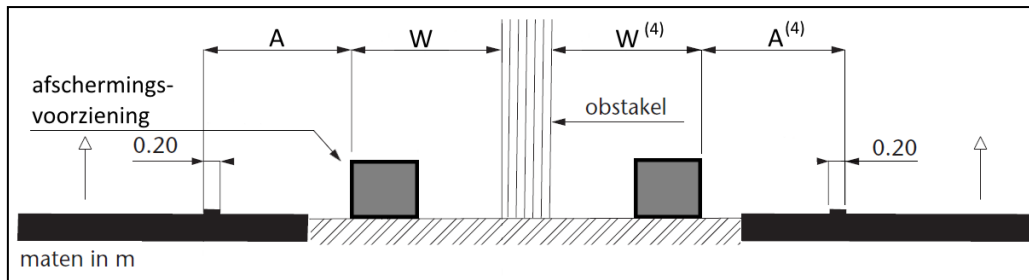
Figuur 3-7c - Buitenberm in aardebaan zonder obstakels met parallelvoorziening



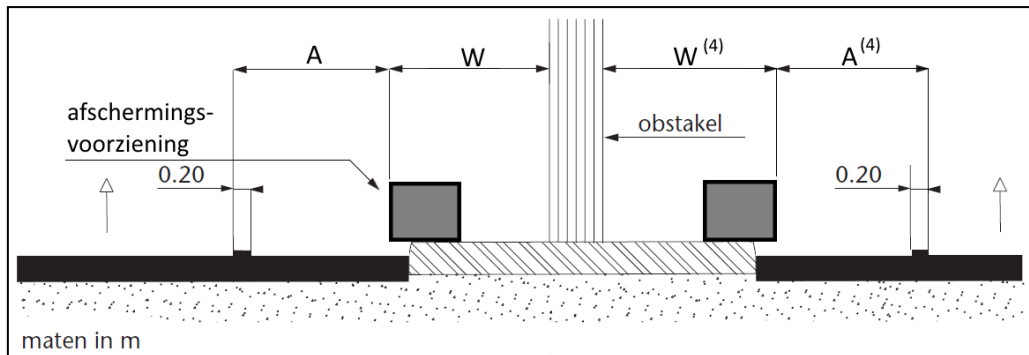
Figuur 3-7d - Buitenberm op kunstwerk met/zonder obstakels



Figuur 3-7e - Buitenberm op kunstwerk zonder obstakels met parallelvoorziening



Figuur 3-7f - Tussenberm in aardebaan met obstakels



Figuur 3-7g - Tussenberm op kunstwerk met obstakels

2) Zie hiervoor de plaatsingsvoorschriften beschreven onder 'Plaatsing bij kans op tweezijdige aanrijding in tussen- en/of middenberm' in deze paragraaf.

3) Indien de leuning achter de geleideconstructie geen kerende functie heeft als onderdeel van de totale afschermingsvoorziening, dient de werkende breedte van de geleideconstructie voor de leuning te eindigen.

4) Voor de tussenbermen geldt dat de linker berm van de rechtse rijbaan wordt ingericht als een middenberm.

3.3.3 Motorrijders veilige geleiderail (MVG)

Bovenop voornoemde eisen aan afschermingsvoorzieningen, kan het in horizontale bogen noodzakelijk zijn om aanvullende voorzieningen toe te passen voor de veiligheid van motorrijders. De motorrijders veilige geleiderail moet worden toegepast als het stroomschema in de Eisen Voertuigkering daartoe aanleiding geeft. De prestatieklasse van de motorrijders veilige geleiderail is C70 met letselklasse I conform de CEN/TS 17342. Hierbij is paragraaf 8.4 niet van toepassing.

Bij het stroomschema motorrijders veilige geleiderailconstructies kan het volgende worden opgemerkt:

- de verkanting (dwarshelling van een rijbaan) moet zijn aangebracht zoals in de ROA staat aangegeven. Indien de verkanting anders of in tegenverkanting (de verkanting is naar de buitenzijde van de horizontale boog gericht) is aangebracht, is er sprake van een incorrecte verkanting;
- het stroomschema is van toepassing op zowel hoofdrijbanen als parallel-/rangeerbanen en verbindingswegen/ aansluitingen;
- om te bepalen of er sprake is van zichtproblemen is de ROA maatgevend. Indien het ontwerp niet voldoet aan de voorgeschreven zichtlengten moet het ontwerp worden aangepast;
- er is voldoende mogelijkheid tot uitwijken indien de verharding naast de buitenste rijstrook minimaal 1,70 meter doorloopt tussen de binnenkant van de kantstreep en de geleiderail;
- er is sprake van een onregelmatig verloop van de weg indien het alignment niet voldoet aan het gestelde in de ROA.

- er is sprake van misleiding indien het wegbeeld iets anders suggereert dan het werkelijke verloop van die weg (zie ook ROA):
 - *onderschatting van de horizontale boog*. Als de horizontale boog samenvalt met een topboog schat de bestuurder deze boog krapper in dan hij in werkelijkheid is;
 - *overschatting van de horizontale boog*. Als de horizontale boog samenvalt met een voetboog schat de bestuurder deze boog ruimer in dan hij in werkelijkheid is;
 - *parallax* (verticale) elementen langs de rijbaan, zoals lichtmasten en bomen, die een ander verloop volgen dan de bestuurder logischerwijs mag verwachten;
 - verwarring over de richtingsverandering;
 - een te krappe of te ruime overgangsboog, welke niet conform ROA is, leidend tot het onvoldoende kunnen waarnemen van de boog.

3.4 Discontinuiteiten in voertuigkeringen

Discontinuiteiten in voertuigkeringen zijn overgangen in de voertuigkering. Vanuit verkeersveiligheid is het vereist dat overgangen in de eigenschappen van voertuigkeringen geleidelijk plaatsvinden. De afloop van een botsing van een voertuig ter hoogte van de overgangen wordt hiermee in gunstige zin beïnvloed.

In geleideconstructies kunnen de volgende discontinuiteiten voorkomen:

- begin- en eindpunten van geleideconstructies;
- knik bij verandering dwarsprofiel;
- onderbreking of doorsteken: plaatselijke onderbreking van een geleideconstructie;
- overgang: *overgang in of tussen geleideconstructies met verschillende eigenschappen of fabricaat*;
 - splitsing: *overgang in lengterichting van één geleideconstructie naar twee geleideconstructies*;
 - schuifverbinding of dilatatie: *constructie in een doorgaande geleideconstructie voor het opvangen van krimp, kruip en uitzetting ten gevolge verschillen in temperatuur*;
 - stijfheidsovergang: *punt waar twee geleideconstructies uit dezelfde familie met verschillende werkende breedtes op elkaar worden aangesloten*.

Uit het oogpunt van een goede ruimtelijke vormgeving van de weg dient een geleideconstructie een zo vloeiend mogelijk verloop te krijgen. Vermeden moet worden dat minder fraaie punten in de ruimtelijke vormgeving door de geleideconstructie worden geaccentueerd, bijvoorbeeld door het samenvallen met een discontinuïteit in de geleideconstructie.

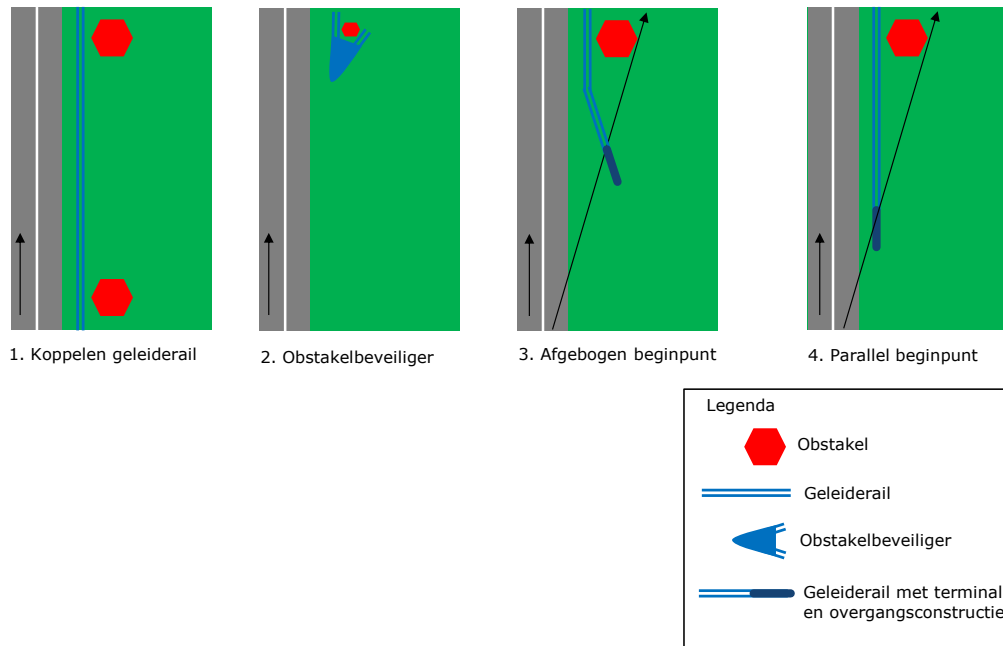
Het aanbrengen van een splitsing in een geleiderailconstructie ter beveiliging van bijvoorbeeld een obstakel in een middenberm kan in een naar links gebogen wegvak een minder vloeiend verloop van de geleiderail opleveren. Om dit te vermijden, kan onder een flauwere helling dan 1:20 naar de rijbaan worden toegebogen, waarbij de splitsing dan over meer planklengtes wordt uitgevoerd.

3.4.1 Begin- en eindpunt

Begin- en eindpunten (beëindigingen) vormen de overgangen van het begin en het einde van de normale constructie van geleideconstructies.

Het beginpunt is met het oog op de afloop van aanrijdingen het meest kritische deel van een geleideconstructie. Om die reden dient het aantal beginpunten te worden beperkt.

Bij de vormgeving van beginpunten wordt de volgende prioriteitsvolgorde gehanteerd (figuur 3-8). Hierbij dient de ontwerper eerst af te wegen of de bovenste vormgeving mogelijk is. Pas als dit niet mogelijk is, dan kan de ontwerper de volgende onderliggende vormgeving toepassen.



Figuur 3-8 – Prioriteitsgewijze benadering afscherming obstakel of gevarenzone

Koppelen aan bestaande geleiderailconstructie (stap 1)

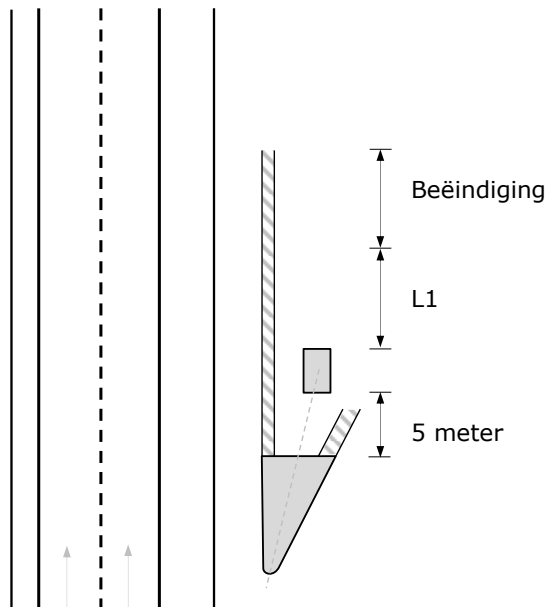
Indien bij afscherming van het obstakel of de gevarenzone de geleideconstructie gekoppeld kan worden aan de constructie stroomopwaarts, dan heeft dit de hoogste prioriteit. Door de geleideconstructie te koppelen aan de bestaande constructie wordt voorkomen dat een nieuw beginpunt wordt gerealiseerd. De afstand tussen twee opeenvolgende obstakels of gevarenzones waarbij geleideconstructies gekoppeld dienen te worden, is opgenomen in § 3.4.3. Indien de afstand kort genoeg is, wordt een nieuw beginpunt voorkomen.

Toepassing obstakelbeveiliger (stap 2)

Als de geleiderailconstructie niet conform stap 1 gekoppeld hoeft te worden aan een constructie stroomopwaarts dan dient eerst verkend te worden of een obstakelbeveiliger kan worden toegepast. De toepassing van een obstakelbeveiliger heeft de voorkeur boven het plaatsen van een streng geleiderail voor het obstakel. De kans op een aanrijding met een obstakelbeveiliger ten opzichte van een streng geleiderail is (ten gevolge van het verschil in wegvaklengte met toepassing voertuigkering) namelijk kleiner.

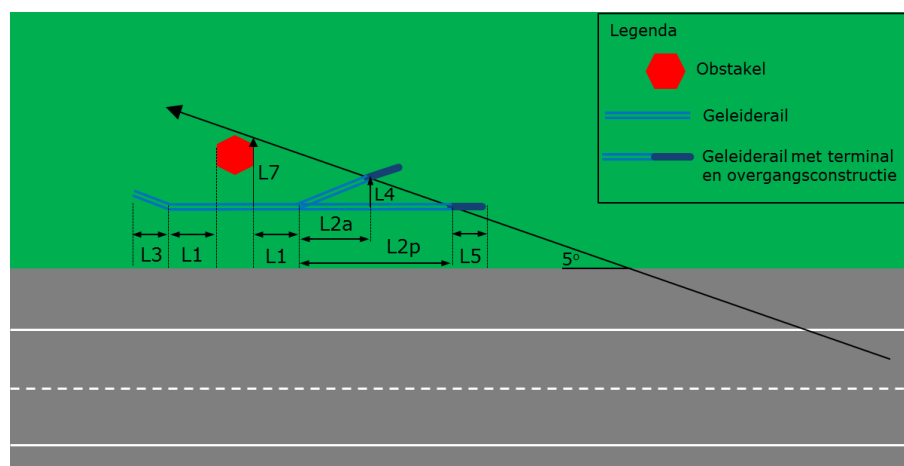
Een obstakelbeveiliger kan worden toegepast indien het obstakel een beperkte afmeting of lengte heeft. Een obstakelbeveiliger wordt vaak toegepast bij bijvoorbeeld een portaalpoot of cameramast. Hierbij dient de vormgeving van de obstakelbeveiliger afgestemd te worden op de afmeting van het obstakel. Hierbij dient het obstakel te worden afgeschermd conform figuur 3-9. Daarbij dient niet uitsluitend de afmeting ter hoogte van de afschermingsvoorziening beschouwd te worden, maar ook tot een hoogte van 4,60 meter boven het maaiveld. Het af te schermen obstakel mag zich immers niet bevinden binnen het verticaal profiel van vrije ruimte. Bij afscherming van een obstakel zoals een portaalpoot, door een obstakelbeveiliger dient de aansluitende eerste 8 meter geleiderailconstructie een stijlfstand van 1,33 meter te hebben. De afstand tussen de obstakelbeveiliger en de portaalpoot is minimaal 5 meter. Bij toepassing van een obstakelbeveiliger dient

de geleideconstructie minimaal 8 meter conform L1, na het obstakel door te lopen aan de rijbaanzijdes. Na toepassing van de verplichte lengte L1 kan de beëindiging toegepast worden, conform onderstaande figuur.



Figuur 3-9: doortrekken geleiderail na obstakelbeveiliging

Stap 3. Als een obstakel niet afgeschermd kan worden met een obstakelbeveiliging dan dient een geleideconstructie te worden toegepast. Het beginpunt van de geleideconstructie wordt zodanig gesitueerd dat voertuigen die van de weg af raken het obstakel niet raken. Hiervoor wordt een vaste hoek aangehouden van vijf graden. Zie de zwarte lijn in figuur 3-10. Wanneer voldoende ruimte stroomopwaarts in het dwarsprofiel beschikbaar is, dan dient de geleideconstructie afgebogen te worden vormgegeven. Op basis van onderstaande formules dient de wegontwerper te bepalen wat de benodigde lengte van de afschermingsvoorziening moet zijn stroomopwaarts van het obstakel. Hierbij heeft een opstelling met afbuiging na 8 meter (L1) de voorkeur. Indien een opstelling met afbuiging niet mogelijk is, dan kan een parallelle opstelling gerealiseerd worden. De ontwerper dient te streven naar een oplossing met een minimale constructielengte, deze afgebogen vormgeving heeft hierdoor de voorkeur. Het beginpunt van de geleideconstructie wordt vormgegeven met een terminal, ongeacht of deze binnen of buiten de obstakelvrije zone is gesitueerd.



Figuur 3-10 Afscherming obstakel met geleideconstructie parallel en afgebogen

De wegonwerper dient aan de hand van formules te bepalen wat de benodigde lengte is van de afschermingsvoorziening stroomopwaarts van het obstakel. Hierbij wordt uitgegaan van de minimale benodigde constructielengte voor afscherming van het obstakel. Dit wordt ook wel de 'length of need' genoemd. In figuur 3-10 is weergegeven dat de afschermingsvoorziening afgebogen of parallel kan worden ontworpen.

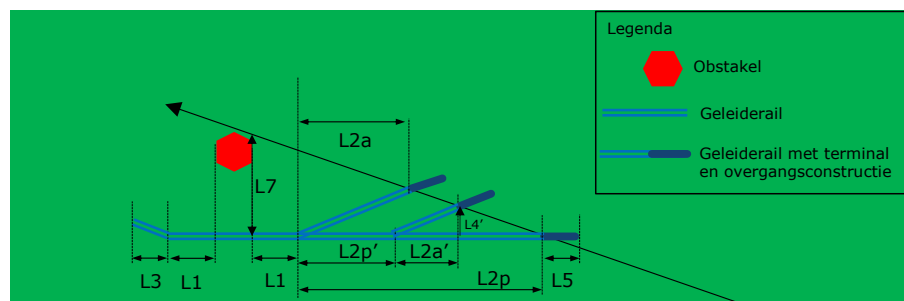
De lengte van de afgebogen constructie is weergegeven met L2a, de lengte van de parallelle constructie is weergegeven met L2p. De lengte van de terminal en de overgangsconstructie wordt niet meegerekend bij berekening van de length of need.

- de geleideconstructie dient minimaal 8 m voor en na (L1) het obstakel of de gevarezone parallel aan de rijbaan te worden aangebracht, in dezelfde vereiste constructie als ter hoogte van het obstakel of de gevarezone;
- de afgebogen geleideconstructie wordt onder een hoek van 1:20 (3°) afgebogen;
- De lengte van de benodigde afschermingsvoorziening wordt berekend aan de hand van de hoek waarmee het verkeer het obstakel niet mag raken, (of niet in de gevare zone mag komen) deze hoek bedraagt 5°.
- wanneer de kans aanwezig is dat een voertuig na achterlangs rijden van de terminal, het obstakel alsnog kan raken dan wordt de geleideconstructie met 50 meter verlengd. Dit is het geval bij een opgaand talud en wanneer weggebruikers het obstakel kunnen raken onder een kleinere hoek dan 5 graden. Dit laatste kan voorkomen bij toeritten.
- het beginpunt van de geleiderailconstructie is een terminal die voldoet aan de prestatieklasse conform de prEN 1317-7 op basis van de ontwerpsnelheid:
 - $V_0 = 50 \text{ km/u}$: T50
 - $V_0 = 70 \text{ km/u}$: T80
 - $V_0 = 90 \text{ km/u}$: T100
 - $V_0 = 120 \text{ km/u}$: T110
 met ASI waarde A of B.
- Voor de verbinding tussen de terminal en de geleideconstructie gelden de volgende eisen:
 - de ontstane trekkrachten in de geleideconstructie kunnen volledig worden verwerkt;
 - de aansluitende geleideconstructie is op een zodanige manier verbonden dat de functionele eigenschappen van beide afschermingsvoorzieningen elkaar niet negatief beïnvloeden. Tussen de terminal (inclusief de overgangsconstructie) en de geleiderailconstructie dient geen zakvorming te ontstaan bij aanrijden;
 - de overgangsconstructie is onderdeel van de terminal (L5) en mag daarom niet worden meegerekend in de benodigde lengte (L2a of L2p).
- Het beginpunt van geleiderailconstructies die aanvangt met een verankering ondergronds onder een verticale helling van 1:25 wordt niet meer toegepast.
- het beginpunt van een barrier dient altijd te worden ingeleid door een geleiderail (al dan niet doorlopend stroomopwaarts of met terminal als beginpunt) of obstakelbeveiliger;
- terminals die geplaatst worden in zijbermen mogen geclassificeerd zijn als 'single sided'. Terminals die geplaatst worden in tussenbermen dienen geclassificeerd te zijn als 'double sided'.
- Het eindpunt mag onder een verticale helling van 1:25 worden aangebracht conform de NPR5191.
- het eindpunt van een geleiderailconstructie mag ook op de standaard constructiehoogte worden gehouden, waarbij de constructie over dezelfde lengte doorloopt als het geval zou zijn bij beëindiging onder een verticale helling van 1:25 (L3). Hierbij dient de functionaliteit van de geleideconstructie binnen L3 geborgd te zijn (middels verankering);

- een geleidebarrier mag direct met een afschuining worden beëindigd;
- het hoogteverschil tussen de geleideconstructie en het maaiveld is conform de testcondities;
- het eindpunt (L3) van de geleideconstructie dient horizontaal onder een hoek van 1:20 (3°) te worden afgebogen. Met uitzondering van beëindigingen bij doorsteken;
- het eindpunt (L3) van een geleiderailconstructie mag worden vormgegeven door middel van een terminal inclusief overgangsconstructie. In dit geval hoeft de terminal niet te worden afgebogen onder een hoek van 1:20.

Aangezien de wegontwerper dient te streven naar het minimaliseren van de lengte van de afschermingsvoorziening, dient de afgebogen constructie eerst te worden beschouwd (L2a). Wanneer plaatsing van de afgebogen constructie niet past in het beschikbare dwarsprofiel, kan een constructie beschouwd worden die slechts gedeeltelijk wordt afgebogen (L2a'). Wanneer een afgebogen constructie in zijn geheel niet mogelijk is, dan wordt een parallelle constructie ontworpen (L2p).

De formules opgenomen in deze paragraaf zijn ook opgenomen in een spreadsheet *Beginpunten geleiderailconstructies - berekening constructielengte.xls*. Met behulp van deze spreadsheet in Excel kan de ontwerper de bovengenoemde stappen doorlopen en de benodigde constructielengte bepalen. Deze Excelsheet is opvraagbaar bij het team bermbeveiliging via het e-mailadres in de colofon.



Figuur 3-11 Afscherming obstakel met gedeeltelijk afgebogen geleideconstructie

- De lengte van het gedeelte van de afschermingsvoorziening dat afgebogen wordt vormgegeven, wordt L2a genoemd. Hierbij staat de a voor afgebogen.
- De lengte van het gedeelte van de afschermingsvoorziening dat parallel wordt vormgegeven, wordt L2p genoemd. Hierbij staat p voor parallel.
- Bij een gedeeltelijk afgebogen constructie zijn L2a' en L2p' met een apostrof benoemd.

Stap 3.1

De benodigde lengte bij een afgebogen afschermingsvoorziening (L2a) wordt als volgt berekend:

$$L2a = \frac{\frac{\tan 5^\circ}{\tan 3^\circ}}{1 + \frac{\tan 5^\circ}{\tan 3^\circ}} \times L2p \quad \text{ofwel} \quad L2a = 0,625 \times ((11,43 \times L7) - L1))$$

L7 is de afstand tussen de voorzijde van de afschermingsvoorziening en de achterzijde van het obstakel of de gevarenszone. Bij grote gevarenszones, zoals een kruisende weg of vaarweg geldt voor L7 een maximale waarde van de breedte van de obstakelvrije zone minus de afschermingsafstand (A).

Met de volgende formule kan vervolgens bepaald worden hoe ver de afschermingsvoorziening daarbij wordt afgebogen ten opzichte van het parallelle gedeelte van de afschermingsvoorziening. De maat L4 is weergegeven in figuur 3-10. Hierbij is L5 de lengte van de terminal inclusief de benodigde overgangsconstructie.

$$L4 = \tan 3^\circ \times (L2a + L5) \text{ of } L4 = 0,052 \times (L2a + L5)$$

Zodra de waarde voor L4 berekend is, kan vervolgens bepaald worden of deze breedte ook daadwerkelijk in de berm beschikbaar is.

Stap 3.2

Is dit niet het geval dan kan overwogen worden om de afschermingsvoorziening deels parallel en deels afgebogen te realiseren. De eenvoudigste wijze om te bepalen over welke lengte de afschermingsvoorziening, inclusief de terminal en overgangsconstructie, kan worden afgebogen, is door de beschikbare breedte in de berm (L4') als uitgangspunt te nemen. In deze beschikbare breedte dient rekening worden gehouden met de benodigde breedte van de terminal en overgangsconstructie.

$$L2a' = \frac{L4'}{\tan 3^\circ} \text{ of } L2a' = 19,08 \times L4'$$

Indien de hiermee berekende lengte korter is dan de eerder berekende minimale lengte L2a, betekent dit dat een grotere lengte aan parallelle afschermingsvoorziening nodig is. De volgende formule kan gebruikt worden om de resterende parallelle lengte (L2p') te bepalen (naast de minimale lengte L1):

$$L2p' = L2p - \frac{1}{0,625} \times L2a$$

Stap 3.3

Indien de constructie niet afgebogen kan worden door beperking van de beschikbare ruimte in het dwarsprofiel, dan kan de constructie parallel worden ontworpen.

Berekening van de lengte van de parallelle afschermingsvoorziening (L2p):

$$L2p = \frac{L7}{\tan 5^\circ} - L1 \text{ of } L2p = (11,43 \times L7) - 8$$

Wanneer uit de berekening blijkt dat men een geleideconstructie toe kan passen, dient er nog een controle stap uitgevoerd te worden. In deze controle stap gaat de ontwerper in **stap 1** na of de berekende lengte niet alsnog voldoet aan de voorwaarde om de geleideconstructie te koppelen aan de bestaande geleiderailconstructie.

Plaatsingsvoorwaarden

Bij toepassing van een terminal dient de ontwerper de ruimte die de terminal nodig heeft om te kunnen functioneren te respecteren. Dit houdt in dat de terminal geplaatst dient te worden op een vlakke ondergrond. Een vlakke ondergrond houdt voor een opgaand en neergaand talud maximaal 1:6 in.

De fabrikant dient voorafgaande aan plaatsing van de terminal met overgangsconstructie het ontwerp ter acceptatie te hebben aangeboden aan Rijkswaterstaat. Verdere eisen hieraan zijn opgenomen in bijlage 7.

Bij obstakelbeveiligers worden uitsluitend groen-witte neusschilden toegepast indien deze aan twee zijden langs te rijden zijn en gepositioneerd zijn nabij de rijbaansplitsing en voor het UIT-bord of chevronbord. Bij terminals wordt in principe geen markeringsschild gebruikt tenzij ze geplaatst worden op locaties die voldoen zoals gesteld in § 3.2.2.

Afweging locatie beginpunt geleideconstructie

Voor de exacte locatie van het beginpunt geeft de bovenstaande paragraaf de rekenregels weer voor het realiseren van een veilig ontwerp. Het ontwerp van het beginpunt dient echter integraal afgewogen te worden waarbij ook rekening dient te worden gehouden met de consequenties voor het beheer en onderhoud en in samenhang daarmee de optredende hinder voor het verkeer.

In bijlage 6 zijn de eisen opgenomen ten aanzien van de botsproeven voor obstakelbeveiligers (ofwel crash cushions) en in bijlage 7 voor terminals. Deze eisen zijn overgenomen uit de Europese normen die hiervoor zijn opgesteld. Voor obstakelbeveiligers geldt de NEN-EN 1317 deel 3. Voor terminals geldt de prEN 1317 deel 7.

Sommige prestaties van terminals zijn vergelijkbaar aan die van obstakelbeveiligers. Enkele testen die zijn opgenomen in de NEN-EN 1317 voor terminals zijn dezelfde als die voor obstakelbeveiligers. Echter, niet alle testen en beoordelingen zijn gelijk aan elkaar. De voornaamste verschillen tussen terminals en obstakelbeveiligers zijn:

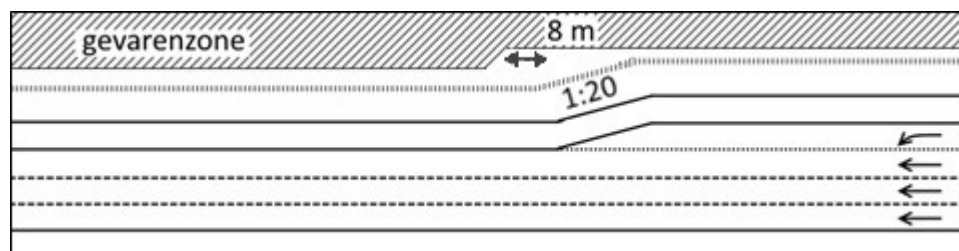
- Een terminal is ontworpen om te dienen als beginpunt of als eindpunt van een geleideconstructie;
- In het algemeen dient de terminal ervoor om voldoende krachten op te nemen van de geleideconstructie zodat de geleideconstructie kerend vermogen heeft;
- Een obstakelbeveiliging is niet gekoppeld aan af te schermen obstakel;
- Een obstakelbeveiliging heeft een energie absorberend vermogen, een terminal kan dat hebben. Maar een terminal kan ook niet energie absorberend zijn.

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat terminals op beide aspecten energie absorptie en aanrijdrichtingen aan dezelfde kwaliteitseisen kunnen voldoen als de obstakelbeveiliging. Bij toepassing dient de ontwerper hiermee rekening te houden.

3.4.2 Knik bij verandering dwarsprofiel

Bij een wijziging in het dwarsprofiel door bijvoorbeeld een afnemend aantal rijstroken, kan een verspringing in de lijn van de geleideconstructie gewenst zijn. Het is van belang dat deze verspringing op een veilige manier wordt gerealiseerd. De belangrijkste aspecten hierin zijn overeenkomstig begin- en eindpunten:

- geleidelijk verloop onder horizontale hoek van 1:20 (3°), zodat de inrijdhoek niet te groot wordt en de stijfheid rond de knikpunten voldoende is;
- het verlopende gedeelte heeft voldoende afstand tot de gevarenzone, standaard 8 m.



Figuur 3-12 - Vormgeving knik in geleideconstructie

In een situatie met een verlopende verticale wand met (geïntegreerde) barriër bepaalt de eis aan de hoek van de geleideconstructie (1:20) eveneens de hoek van de verlopende wand.

3.4.3 Onderbrekingen en doorsteken

Tussen opeenvolgende obstakels of gevarenczones in de midden-, tussen- of buitenberm waar over een bepaalde lengte geen obstakel of gevarenczone binnen de obstakelvrije zone aanwezig is, wordt de geleideconstructie afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de obstakels en afhankelijk van de afschermingsafstand (A) al dan niet doorgezet. Zie figuur 3-14. Dit heeft als doel te voorkomen dat het uit de koers geraakte voertuig achterlangs de obstakelbeveiliging kan rijden en een tweede obstakel of gevarenczone kan bereiken.

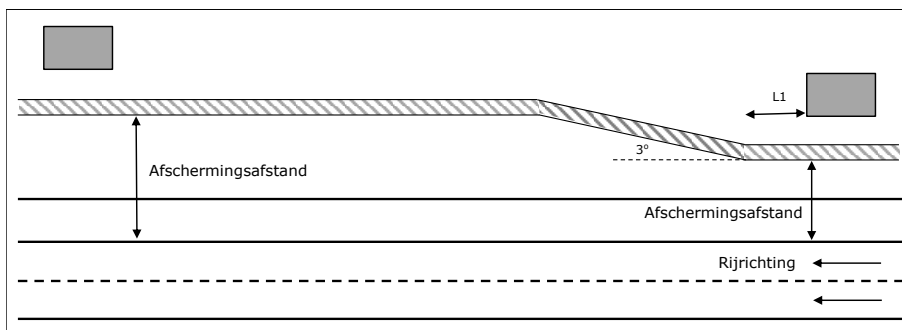
In midden- en tussenbermen worden twee doorgaande, parallelle geleideconstructies geplaatst, indien:

- $A = 1,50 \text{ m}$ en $L \leq 100 \text{ m}$;
- $A > 1,50 \text{ m}$ is en $L \leq 300 \text{ m}$.

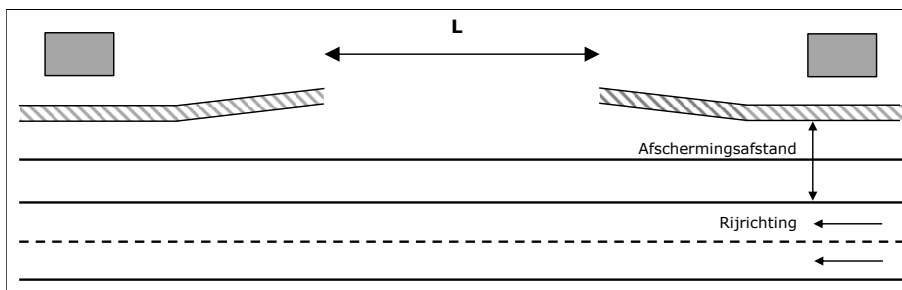
In buitenbermen wordt de geleideconstructie tussen opeenvolgende obstakels of gevarenczones doorgezet, indien:

- zonder vluchtstrook⁴: $A < 2,50 \text{ m}$ en $L < 300 \text{ m}$;
- met vluchtstrook: $A \leq 6,00 \text{ m}$ en $L < 200 \text{ m}$;
- met vluchtstrook: $A > 6,00 \text{ m}$ en $L < 100 \text{ m}$.

Indien de geleiderailconstructie tussen opeenvolgende obstakels wordt doorgezet, dient tussen de obstakels de grootste afschermingsafstand te worden gehanteerd van de twee afschermingsafstanden ter plaatse van de obstakels. Dit is weergegeven in figuur 3-13.



Figuur 3-13 - Opeenvolgende obstakels en gevarenczones in buitenberm met doorgetrokken geleiderail



Figuur 3-14 - Opeenvolgende obstakels en gevarenczones in buitenberm met onderbroken geleiderail

Als de geleideconstructie deel uitmaakt van een tunnelwand of een geluidwerende constructie, mogen de daarin voorkomende vluchtdeuren geen discontinuïteit vormen. De deuren moeten dezelfde profilering hebben als de geleideconstructie en daarnaast voldoende stabiel zijn. Daarnaast worden voegen en spleten en met een breedte van 0,05 m gekwalificeerd als een onderbreking.

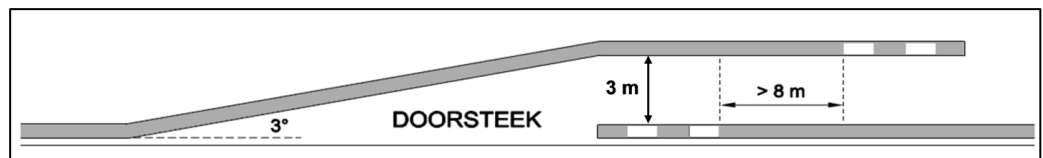
⁴ Situatie zonder vluchtstrook is ongewenst en alleen van toepassing voor bestaande situaties.

Op beweegbare bruggen moeten in doorgaande geleideconstructies speciale voorzieningen worden aangebracht. Deze koppelingen mogen in gesloten toestand geen discontinuïteit vormen. Koppelingen moeten dezelfde trekkrachten conform het keringsniveau van de aansluitende afschermingsvoorziening kunnen opvangen. De geleideconstructies overlappen elkaar bij voorkeur; een kier van maximaal 0,05 m is acceptabel.

Soms zijn onderbrekingen nodig als doorsteek voor beheer en onderhoud. De meest eenvoudige doorsteek in een doorgaande geleideconstructie ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden (maaïen) is de onderbreking door middel van een overlap (figuur 3-15). De doorsteek moet bij aankomst over de snelweg achteruitrijdend worden doorreden. Dit vereist de nodige instructies aan de gebruikers. Dit betekent ook dat deze oplossing plaatselijk een bredere berm vraagt.

De te stellen eisen aan een onderbreking ten behoeve van beheer en onderhoud zijn:

- de begin- en eindpunten dienen te voldoen aan de gestelde eisen in het begin van deze paragraaf; de beginconstructie hoeft geen terminal te zijn;
- de geleideconstructies overlappen elkaar op constructiehoogte over een lengte van minimaal 8 m;
- de overgang ten behoeve van de overlap dient onder een horizontale hoek van 1:20 (3°) plaats te vinden;
- de minimale doorrijdbreedte bedraagt 3,00 m.



Figuur 3-15 - Onderbreking ten behoeve van beheer en onderhoud

In middenbermen is een dergelijke onderbreking doorgaans niet veilig inpasbaar. In dat geval kan gekozen worden voor het toepassen van een calamiteitendoorsteek (CaDo), zie Handboek calamiteit- en verkeersdoorsteken.

3.4.3.1 Overstapconstructies

Het toepassen van overstapconstructies dient, net als het toevoegen van accessoires aan de geleideconstructies, zoveel mogelijk voorkomen te worden. De overstapconstructies waren bedoeld ter verbetering van de bereikbaarheid van praatpalen (geel) en zijn bedoeld als voorziening voor de bereikbaarheid van vluchtwegen (groen). Overige overstapconstructies, voor bijvoorbeeld DVM-doeleinden zijn ongekleurd (verzinkt).

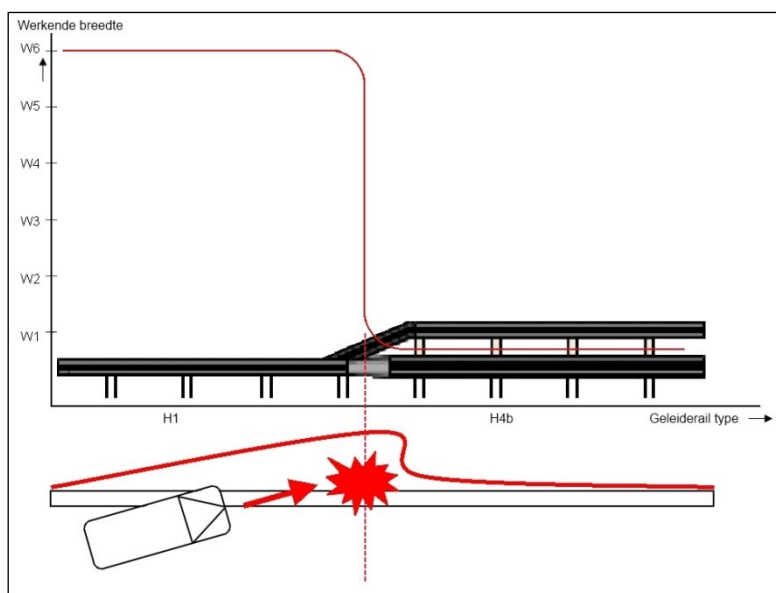
Vanuit de veilige berminrichting en ook werk in uitvoering geniet de doorsteek conform figuur 3-15 voor onderhoudspersoneel de voorkeur. Echter indien de voertuigkering 100 meter voor of voorbij het DVM systeem de mogelijkheid biedt achter deze constructie te komen moet van deze mogelijkheid gebruik worden gemaakt.

Overstapconstructies dienen aanrijvriendelijk te zijn vormgegeven conform Handboek Bermbeveiligingsvoorzieningen (CROW 706). In figuren 6.4 t/m 6.7 worden overstapconstructies op geleiderails van 800 mm en 600 mm weergegeven. In § 14.2 en figuur 14.2 wordt een voorbeeld van de overstapconstructie in een barriër weergegeven.

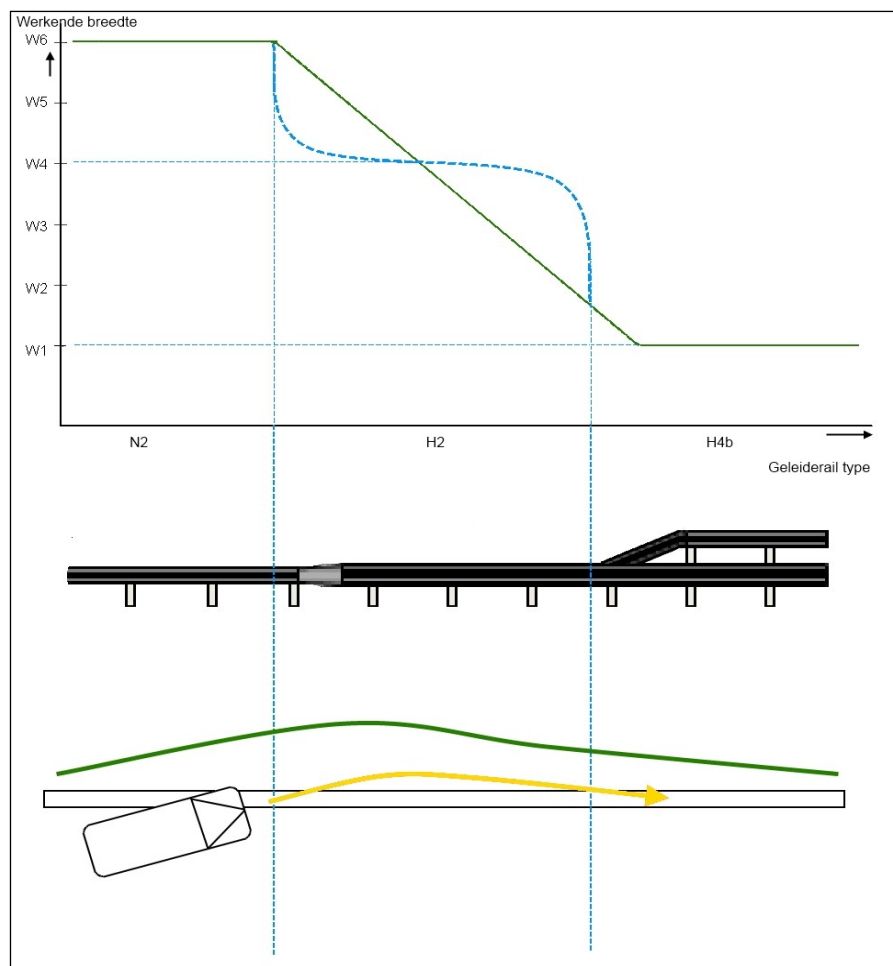
3.4.4 Overgangen

Bij een overgang tussen twee typen afschermingsvoorzieningen dient een abrupte overgang te worden voorkomen. Een abrupte overgang leidt bij aanrijding immers tot een abrupte sprong in de mate van uitbuiging. Deze schokgolf kan ernstige gevolgen hebben voor inzittenden van een voertuig (risico voor inzittenden) en voor medeweggebruikers (risico voor derden), zie figuur 3-16. Hiervan is vooral sprake bij overgangen van flexibele (grote uitbuigingsruimte) naar starre constructies (kleine/geen uitbuigingsruimte).

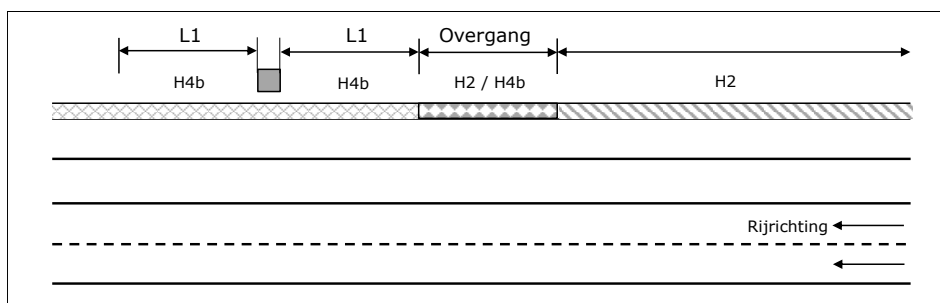
Overgangen dienen daarom geleidelijk te verlopen tussen opeenvolgende afschermingsvoorzieningen die qua prestatieklasse, werking of constructie van elkaar verschillen. Door toepassing van een geleidelijke overgang tussen opeenvolgende geleideconstructies wordt het schokgolfeffect sterk verminderd. De ontstane geleidelijke uitbuigingscurve zorgt voor een beter verloop van het botsend voertuig met een afschermingsvoorziening (figuur 3-17).



Figuur 3-16 - Abrupte overgang tussen opeenvolgende geleideconstructies



Figuur 3-17 - Geleidelijke overgang tussen opeenvolgende geleideconstructies (blauw = toe te passen type geleideconstructie; groen = resulterende werkende breedte)



Figuur 3-18: voorbeeld positionering overgang H2/H4b

Voor overgangsconstructies worden eisen gesteld in de Eisen Voertuigkering. Voor stijfheidsovergangen binnen hetzelfde keringsniveau wordt verwezen naar de NPR 5191. Onderstaande tekst geeft hier extra duiding bij.

Tussen twee op elkaar aangesloten typen voertuigkeringen dient geen zakvorming te ontstaan bij aanrijden, waarbij de overgang van de aansluitende typen voertuigkeringen dient te voldoen aan:

- Het kerend vermogen van de overgang dient niet lager te zijn dan het laagste kerend vermogen van de aansluitende voertuigkering en niet hoger dan het hoogst kerend vermogen van de aansluitende voertuigkering;
- De werkende breedte van de overgang dient niet breder te zijn dan de grootste werkende breedte van beide voertuigkeringen;
- toepassing van keringsniveaus van de overgangsconstructie in samenhang met de te koppelen afschermingsvoorzieningen, conform tabel 3-5;

- bij verschillende constructiebreedtes dient de overgang onder maximaal een horizontale hoek van 1:20 (3°) plaats te vinden. De overgang in liggerbreedte dient aan de niet-verkeerszijde plaats te vinden. De overgangsconstructie aan de verkeerszijde wordt parallel aan de rijbaan geplaatst;
- In § 3.4.1 is opgenomen dat de geleideconstructie minimaal een lengte L1 voor en na het obstakel of de gevarenszone parallel aan de rijbaan te worden aangebracht, in dezelfde vereiste constructie als ter hoogte van het obstakel of de gevarenszone. De overgangsconstructie mag niet meegerekend worden bij deze lengte L1. Zie figuur 3-18.
- de lengte van een overgangsconstructie tussen het prestatieniveau H2 en H4b dient door de fabrikant te worden aangetoond.

Van \ Naar	N2	H1	H2	H4a/H4b
N2	N2	N2	H1	H2
H1	N2	H1	H1	H2
H2	H1	H1	H2	H2
H4a/H4b	H2	H2	H2	H4a/H4b

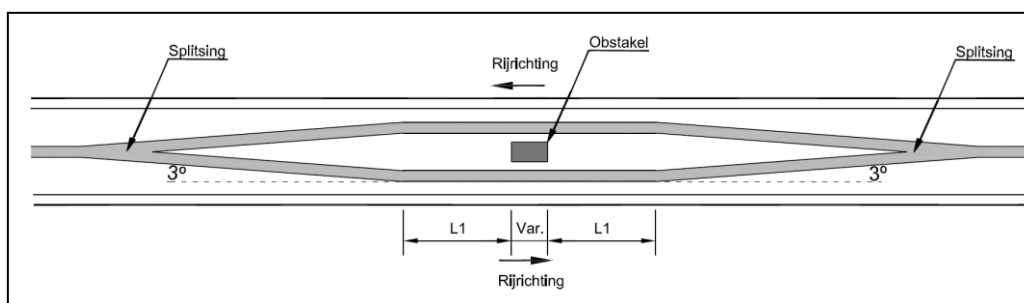
(bron: RPS 2009)

Tabel 3-5 - Keringsniveaus van overgangen

Om verkeersveilige overgangen te kunnen realiseren, gaat de voorkeur uit naar modulaire systemen waarbij de verschillende typen geleideconstructies uit dezelfde onderdelen zijn samengesteld. Niet alle geleideconstructies zijn echter leverbaar als 'familie', waardoor het risico ontstaat dat dergelijke constructies niet goed en veilig aan elkaar en/of aan andere constructies verbonden kunnen worden. Afgeraden wordt om dergelijke constructies toe te passen, zowel gezien vanuit verkeersveiligheid als vanuit beheer.

In midden- en tussenbermen met niet-continu aanwezige obstakels kan in beginsel worden volstaan met één geleideconstructie op de wegvakken zonder obstakels, terwijl ter hoogte van het obstakel (bijvoorbeeld portalen of lichtmasten) een geleideconstructie aan weerszijden noodzakelijk is (figuur 3-19). Aanvullende eisen zijn:

- de overgang naar twee geleideconstructies dient onder een horizontale hoek van 1:20 (3°) plaats te vinden;
- de geleideconstructie dient minimaal 8 m vóór en na het obstakel of de gevarenszone parallel (L1) te worden aangebracht in dezelfde constructie als ter hoogte van het obstakel respectievelijk de gevarenszone.



Figuur 3-19 - Splitsing in geleideconstructie in middenberm met niet-continu aanwezige obstakels

Een geleiderailconstructie dient verplaatsingen en vervormingen als gevolg van temperatuurschommelingen te kunnen opvangen. Voor het opvangen van uitzettingen of verkortingen van brugdekken en geleiderailconstructies ten gevolge van temperatuurwisselingen en eventueel krimp en kruip, zijn de volgende situaties van belang:

- de overgang aardebaan – landhoofd;
- de overgang landhoofd – kunstwerk;

- de dilatatievoegen in een kunstwerk;
- nabij splitsingen;
- geleiderailconstructies van 300 m lengte of meer.

Wanneer er voorzieningen worden toegepast om de hierbij vrijkomende krachten op te vangen, dient aangetoond te worden dat de geleiderailconstructie ondanks deze voorziening blijft functioneren conform de eisen.

Een schuifvoorziening heeft een negatieve uitwerking op het functioneren van de geleiderailconstructie, vanwege de grotere uitbuiging door de schuiflengte waardoor de voorziening kan bezwijken bij inrijden. Dit is in strijd met de eis dat de geleiderail onder alle (meteorologische) omstandigheden moet kunnen functioneren. Om deze reden is toepassing van een schuifvoorziening in doorgaande constructies onwenselijk en dient naar betere oplossingen te worden gezocht. Dit geldt mogelijk ook voor stalen geleiderailconstructies met een lengte van 300 m of meer om "spatten" bij een oplopende temperatuur te voorkomen.

De benodigde schuiflengte is afhankelijk van de afschermingsvoorziening, optredende zettingen, krimp en kruip en de temperatuur bij de montage. Voor schuifverbindingen in geleiderailconstructies wordt verwezen naar de NPR 5191.

Voor alle overige geleideconstructies (niet conform NPR 5191) is een gegarandeerd functionaliteitsbehoud onder alle (meteorologische) omstandigheden vereist. De opdrachtnemer dient vóór uitvoering aan de opdrachtgever aan te tonen dat het functionaliteitsbehoud onder alle (meteorologische) omstandigheden is gewaarborgd.

Bijlage 1: Literatuur

1. Veilige inrichting van bermen. Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen. CROW, mei 1999.
2. Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen (ROA). Rijkswaterstaat, januari 2019.
3. Richtlijn botsveilige lichtmasten. Toepassing van botsveilige lichtmasten langs rijkswegen in permanente en tijdelijke situaties, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, november 2007.
4. NEN-EN 12767, 2019 Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting - Eisen, classificatie en beproevingsmethoden.
5. NEN-EN 1317-1, 2010, Afscherpende constructies voor wegen - Deel 1: Terminologie en algemene criteria voor beproevingsmethoden. Nederlands Normalisatie-instituut, Engels, juli 2010.
6. NEN-EN 1317-2, 2010, Afscherpende constructies voor wegen - Deel 2: Prestatieklassen, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding. Nederlands Normalisatie-instituut, Engels, juli 2010.
7. NEN-EN 1317-3, 2010, Afscherpende constructies voor wegen - Deel 3: Prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers. Nederlands Normalisatie-instituut, Engels, juli 2010.
8. prEN 1317-7, 2012 Ontw. Afscherpende constructies voor wegen - Deel 7: Prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor uiteinden van vangrails, juli 2012.
9. NEN-EN 5190, 1995 Geleiderail – Bouwstofeisen, december 1995.
10. NEN-EN 5191, 1995 Geleiderail – Plaatsingsregels, december 1995
11. Richtlinien für passiven Schutz an Strassen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement. Ausgabe 2009.
12. Milne. D. Designing safer roadsides. A Handbook for Highway Engineers. The Passive Revolution and Traffic Engineering & Control, 2008.
13. NCHRP report 500, guidance for implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan:
 - Volume 3: A guide for addressing collisions with trees in hazardous locations.
 - Volume 6: A guide for addressing run-off-road collisions.
 - Volume 7: A guide for reducing collisions on horizontal curves.
 - Volume 8: A guide for reducing collisions involving utility poles.
14. Designing and keeping roadsides safe, Roadside Infrastructure for Safer European Roads (RISER), december 2005.
15. Bürke H. Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Verkehrstechnik. Heft V90, september 2001.
16. Specificaties Ontwerp Asphaltverhardingen, Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud, februari 2021.

Bijlage 2: Begrippen

Afschermingsafstand	De horizontale, kortste afstand tussen de rijbaan en de voorzijde van een afschermingsvoorziening, gemeten vanaf binnenzijde kantstreep.
Afschermings-voorziening	Geleideconstructie (geleiderail, geleidebarrier, leuning) of obstakelbeveiliger of terminals die tot doel heeft obstakels of gevarenczones af te schermen voor uit de koers geraakte voertuigen.
ASI-Waarde	Acceleration severity index: een grootheid waarmee de kans op letsel aan inzittenden van voertuigen wordt uitgedrukt.
Bergingszone	De bergingszone is het deel van de rijbaan (redresseerstrook en kantstreep) en wegberm naast de linker rijstrook dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen.
Berm	De berm is het gedeelte van de weg tussen verharde rijbanen of tussen een buitenste verharde rijbaan en de naastgelegen weggrens (platform).
Buitenberm	Wegberm tussen de grens van het platform en de buitengrens van de verharde zijstrook of van de rijbaan, als er geen verharde zijstrook is.
Draagkrachtige berm	Buitenberm met voldoende draagkracht voor een zware personenauto met een maximale insporing van 20 tot 40 mm (zie bijlage 3).
Eenzijdig ongeval	Ongevallen waarbij geen botsing met een andere weggebruiker of met een vast voorwerp plaatsvindt.
Enkelvoudig ongeval	Ongeval met een vast voorwerp of een eenzijdig ongeval.
Geleidebarrier	Constructie ter afscherming van een gevarenczone of ter beperking van de risico's daarin, bestaande uit een geleidingswand van beton, staal of kunststof met een speciale profilering van het aanrijdingvlak.
Geleideconstructie	Geleiderail, geleidebarrier of voertuigkerende leuning ter afscherming van obstakels en gevarenczones. Constructie bedoeld voor fysieke geleiding van voertuigen die uit de koers zijn geraakt.
Geleiderailconstructie	Stalen, lintvormige geleideconstructie samengesteld uit planken, afstandshouders, diagonalen en palen of stijlen.
Gevarenczone	Een gevarenczone omvat de constructie van het bermoppervlak (draagkracht, wrijvingscoëfficiënt) en het geometrische ontwerp van hoogteverschillen in de berm, die bij berijden onaanvaardbare risico's voor de inzittenden kunnen opleveren.

Hoofddrijbaan	Een rijbaan voor doorgaand snelverkeer. Een hoofddrijbaan zorgt voor continuïteit van de belangrijkste, meestal rechtdoor gaande verkeersstromen.
Keringsniveau	Het kerend vermogen van een afschermingsvoorziening bij aanrijding door bepaalde ontwerpvoertuigen onder bepaalde omstandigheden conform NEN-EN 1317.
Middenberm	Berm tussen twee hoofdbanen met tegengestelde rijrichtingen.
Object	Vast voorwerp dat bij aanrijding door een voertuig conform NEN-EN 12767 geen ernstige schade aan het voertuig en/of letsel aan inzittenden veroorzaakt.
Objectafstand	De <i>objectafstand</i> is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep, deelstreep of blokmarkering en het object.
Obstakel	Vast voorwerp dat bij aanrijding conform NEN-EN 12767 grote voertuigvertragingen veroorzaakt en daarmee (dodelijk) letsel aan de inzittenden en/of ernstige schade aan het voertuig kan veroorzaken.
Obstakelbeveiliger	Constructie ter afscherming van een obstakel, die botsingsenergie kan absorberen en bij aanrijding voertuigen met zo weinig mogelijk schade van richting doet veranderen of tot stilstand brengt.
Obstakelafstand	De <i>obstakelafstand</i> is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep, deelstreep of blokmarkering en het obstakel.
Obstakelvrije zone	Gebied buiten de kantstreep, blokmarkering of verharding waarin geen obstakels mogen voorkomen (gebied zonder gevarezone).
Open verharding	Een wegdek die uit losse elementen zoals klinkers of tegels opgebouwd wordt. In tegenstelling tot een gesloten verharding heeft een open verharding voegen en is in meer of mindere mate water- en lucht doorlatend.
Overgangen	Begin- en eindpunten van geleideconstructies, belangrijke wijzigingen in de eigenschappen of in plaats in het dwarsprofiel van de afschermingsvoorziening.
Parallelrijbaan	Een rangeerbaan die zich uitstrekt over twee of meer knooppunten en/of aansluitingen.

Rangeerbaan	Een rijbaan ter plaatse van een knooppunt of aansluiting, evenwijdig lopend aan een hoofdrijbaan en beginnend en eindigend op die hoofdrijbaan en waarop invoeg-, uitrij- en weefbewegingen kunnen plaatsvinden. Een rangeerbaan beperkt zich tot één knooppunt of aansluiting.
Redresseerstrook	Een verharde strook van beperkte breedte, gelegen naast de buitenste rijstrook en bedoeld om weggebruikers gelegenheid te geven hun koers te corrigeren.
Rijbaan	Aaneengesloten verhard deel van de totale weg dat bestemd is voor rijdend verkeer en dat begrensd wordt door twee opeenvolgende begrenzingen in de vorm van kantstreep, overgang verharding of overgang verhard/onverhard.
Terminal	Aanpassing van de beginconstructie en/of eindconstructie van een geleiderailconstructie om gevaren voor personenvoertuigen te verkleinen in vergelijking met onaangepaste begin- en eindconstructies.
Tussenberm	Wegberm tussen twee rijbanen van de autosnelweg met gelijkgericht verkeer.
Vast voorwerp	Elk object dat in de grond is bevestigd zoals wegwijzers, (licht)masten en bomen.
Veiligheidszone	Het gebied langs een rijbaan waarin geen of uitsluitend botsveilige objecten en verkeersveilige geometrische ontwerpelementen van de berm voorkomen en dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen en voertuigen van hulp- en onderhoudsdiensten.
Verbindingsweg	Een rijbaan, niet zijnde een hoofdrijbaan, rangeerbaan of parallelrijbaan, die in een kruispunt of bij niet-samenkomende wegen de verbinding vormt tussen twee rijbanen. Ook toeritten, afritten en lussen zijn verbindingswegen.
Verkeersafstand	De kortste afstand tussen binnenkant kantstreep en een naastliggende rijbaan van het onderliggende wegennet of fiets/bromfietspad; bij afwezigheid van een kantstreep de afstand tussen de kant van de verharding en de naastliggende rijbaan.

Vluchtruimte	Ruimte naast de vluchtstrook en direct grenzend aan de verharding, bestemd voor gestrande voertuigen, om de vluchtstrook zo veel mogelijk te kunnen vrijhouden. Bij ontbreken van een vluchtstrook wordt de vluchtruimte gemeten vanuit binnenkant kantstreep, waardoor deze gelijk is aan de vluchtzone.
Vluchtzone	Gebied naast de rijbaan bestaande uit kantstreep, vluchtstrook en vluchtruimte.
Werkende breedte	De breedte van de afschermingsvoorziening vermeerderd met de dynamische uitbuigingsruimte bij een bepaald prestatieniveau.

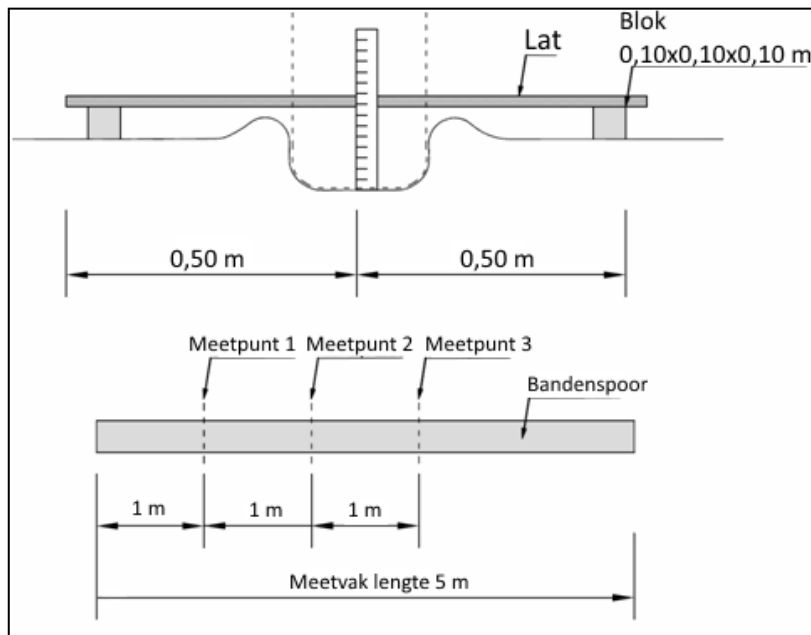
Bijlage 3: De draagkracht van de berm

In de berm kunnen alleen rem- en/of stuurmanoeuvres worden uitgevoerd indien het een draagkrachtige berm betreft waarin de autobanden voldoende wrijving ondervinden. Vooral in bestaande situaties zonder vluchtstrook is de draagkracht en de wrijving van belang, omdat de kans dat een voertuig in de berm terecht komt groter is.

De draagkracht van de berm is afhankelijk van een aantal parameters, zoals grondsoort, verdichting, opbouw van het bodemprofiel, waterhuishouding en vegetatie. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid zijn de minimum functionele eisen:

- in de bergingszone en de vluchtruimte dient de insporing van een middelzware personenauto op een waterverzadigde berm niet meer dan 20 mm bedragen;
- buiten de vluchtruimte bedraagt voor het resterende deel van de obstakelvrije zone de insporing van een middelzware personenauto op een waterverzadigde berm maximaal 40 mm;
- er dient geen blijvende zichtbare insporing over de gehele breedte van de berm op te treden; bij hinderlijke insporing moeten maatregelen worden genomen.

De insporing dient met een personenauto te worden bepaald (massa 1.500 kg, bandenspanning 2,0 bar, bandbreedte maximaal 0,22 m, wieldiameter maximaal 0,80 m) op de waterverzadigde berm. Van een waterverzadigde berm is sprake als in de afgelopen 24 uren ten minste 5 mm regen is gevallen. De auto rijdt stapvoets over de waterverzadigde berm. De insporing bedraagt het gemeten verschil in hoogte tussen het hart van de bandafdruk en het gemiddelde van het onverstoorde maaiveld aan beide zijden, gemeten op een afstand van 0,50 m uit het hart van de bandafdruk. Eén meting bestaat uit een strook van 5 m, waarvan de gemeten hoogteverschillen op 1, 2 en 3 m uit het begin van het meettraject worden gemiddeld. Per 250 m berm dient één meting te worden verricht.



Figuur B1-1 – Meting van insporing

Maatregelen ter verhoging van de draagkracht en wrijving zijn het meest effectief direct aansluitend op de rijbaan. De effectiviteit van gestabiliseerde bermen is het hoogst tot een breedte van circa 3,00 m buiten de kant verharding. Bermen met een open verharding zijn op hun beurt effectiever dan gestabiliseerde bermen. Daarnaast is een goede waterdoorlatendheid van de toplaag (0,20 m) alsmede die van de dieper gelegen lagen van belang om de afvoer van het oppervlaktewater te waarborgen. Bij onvoldoende doorlatendheid is een drainage noodzakelijk.

In het kader van beheer en onderhoud van wegen stelt de RAW-Standaard-2015 als eis, dat de wrijvingscoëfficiënt van de natte verharding ten minste 0,38 moet bedragen. Ook de wrijvingscoëfficiënt van het oppervlak binnen de bergingszone en vluchtruimte is van belang. Dit geldt vooral voor situaties waar de vluchtstrook (plaatselijk) ontbreekt (of waar de vluchtstrook gedurende een belangrijk deel van de dag als spitsstrook in gebruik is). De wrijvingscoëfficiënt mag hier onder natte omstandigheden weliswaar lager zijn dan die van de verharding, maar zou beter moeten zijn dan de wrijvingscoëfficiënt van een droge, vlakke en draagkrachtige zandbodem met een arme grasmat. Idealiter zou een semi-verharding, waarmee een hogere wrijvingscoëfficiënt wordt verkregen, moeten worden toegepast.

Bijlage 4: EN 12767 Norm voor de veiligheid van constructies voor weguitrusting

Bron: NEN-EN 12767: 2019 Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting - Eisen, classificatie en beproevingsmethoden.

Eisen per veiligheidsniveaus van constructies voor weguitrusting (NEN-EN 12767)

Energie-absorptie-niveau	Veiligheids-niveaus inzittenden	Snelheden			
		Verplichte snelheid 35 km/u		Snelheid 50, 70 of 100 km/u	
		Maximum waarden		Maximum waarden	
		ASI	THIV (km/u)	ASI	THIV (km/u)
HE / LE / NE	E	1,0	27	1,4	44
HE / LE / NE	D	1,0	27	1,2	33
HE / LE / NE	C	1,0	27	1,0	27
HE / LE / NE	B	0,6	27	0,6	11
NE	A	Geen test benodigd	Geen test benodigd	Geen metingen van ASI en THIV waarden	

Klassen van energie absorptie (NEN-EN 12767)

Botssnelheid (km/u)	50	70	100
	Uittredesnelheid (km/u)		
HE	0	$0 \leq V \leq 5$	$0 \leq V \leq 50$
LE	$0 \leq V \leq 5$	$5 \leq V \leq 30$	$50 \leq V \leq 70$
NE	$5 \leq V \leq 50$	$30 \leq V \leq 70$	$70 \leq V \leq 100$

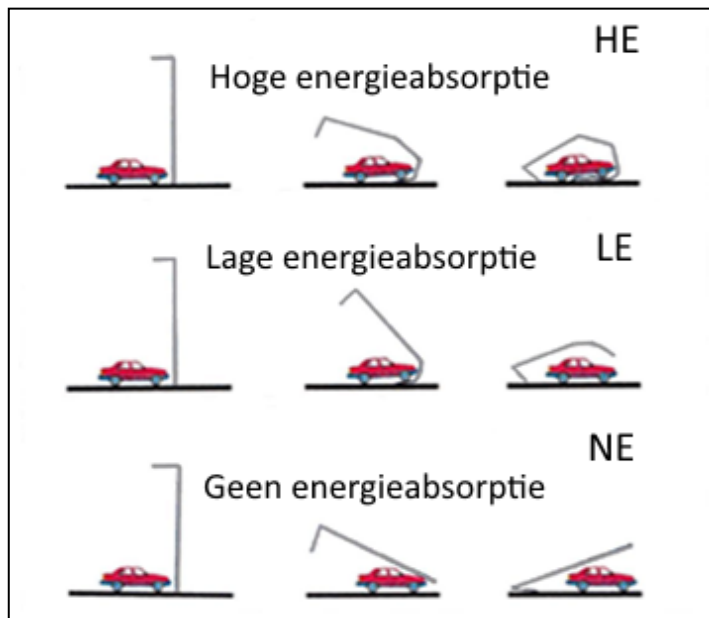
HE = high energy absorption; **LE** = low energy absorption; **NE** = no energy absorption.

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie). Een hogere ASI-waarde staat voor grotere voertuigvertragingen.

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de snelheid (km/u) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

Bij de testen worden de vertraging van het voertuig en de voertuigsnelheid na de botsing (uittredesnelheid) gemeten. De energieabsorptie is gerelateerd aan de uittredesnelheid en kent drie gradaties, namelijk:

- hoge energieabsorptie (high energy absorption, HE) dat wil zeggen een lage uittredesnelheid van het voertuig;
- lage energieabsorptie (low energy absorption, LE) dat wil zeggen een tamelijk hoge uittredesnelheid;
- geen energieabsorptie (no energy absorption, NE) dat wil zeggen een hoge uittredesnelheid.



Samen met de energieabsorptie en de ASI- en THIV-waarden kan van het geteste vaste voorwerp het veiligheidsniveau voor inzittenden worden bepaald. De resultaten van de testen worden vastgelegd in een rapport, een fotoreportage en een high speed film, waarmee vervolgens via een Notified Body de classificatie op het CE certificaat kan worden opgenomen.

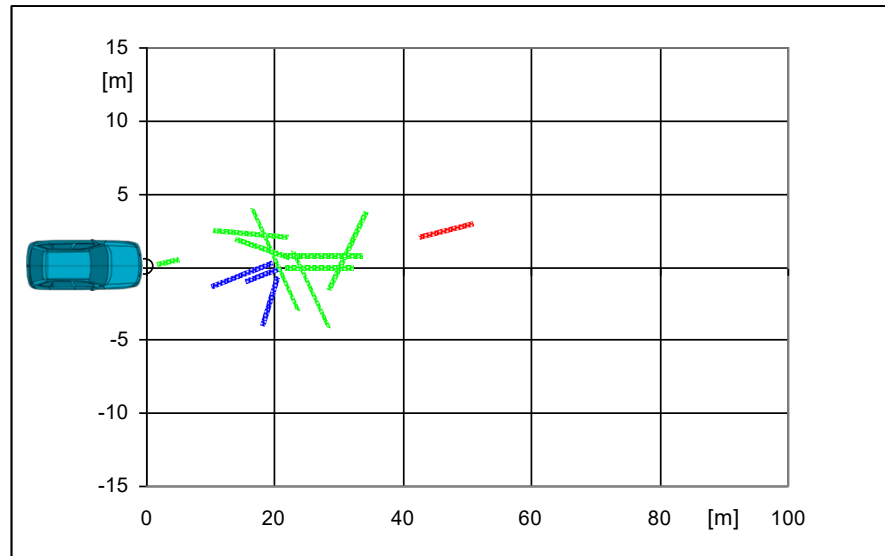
Het veiligheidsniveau voor inzittenden geeft eigenlijk het gedrag van het vast voorwerp aan tijdens en na de aanrijding door een personenauto (normatieve criteria). Deze classificatie kan worden betrokken in de beoordeling of het voorwerp in een specifieke situatie gevaar kan opleveren voor de veiligheid van weggebruikers.

Daarnaast zijn er nog informatieve criteria (geen bepalende maar min of meer subjectieve criteria), die van belang zijn voor onder meer de wegbeheerder en/of de wegontwerper. Informatieve criteria omvatten het gedrag van het vaste voorwerp tijdens en na de aanrijding, de plaats van neerkomen van het voorwerp, eventueel loskomende onderdelen, de plaats waar het voertuig tot stilstand komt en de overlevingsruimte voor de inzittenden van het voertuig vanwege een eventuele dakindrukking veroorzaakt door het voorwerp dat op de auto valt.

Vaste voorwerpen met een HE-classificatie veroorzaken een sterke vertraging van het aanrijdende voertuig. Daarom zal het voorwerp na het omver rijden in de regel nabij de oorspronkelijke positie terechtkomen. Echter, het voorwerp kan ook worden meegenomen door het voertuig, bijvoorbeeld als deze uit de grond wordt getrokken en zich om het voertuig 'krult'. In deze gevallen wordt het voertuig doorgaans sterk afgeremd door de verhoogde wrijving tussen wegdek en het voorwerp onder het voertuig.

Objecten met een NE-classificatie kunnen ook nabij de originele positie neervallen indien zij afschuiven of afbreken. Ook kunnen onderdelen van het object los komen, zodat beide een 'eigen leven' gaan leiden. Er moet

niet alleen rekening worden gehouden met vallende objecten en doorrijdende voertuigen na de botsing. Ook onderdelen van de objecten die als gevolg van de botsing los komen, kunnen letsel veroorzaken zowel aan inzittenden van de auto als aan andere weggebruikers.



Locaties van NE-masten na botstesten (botssnelheid 100 km/u)

■ Stalen masten ■ aluminium masten ■ composiet mast

Bijlage 5: EN 1317-2 Norm voor botsproeven van geleiderails

Bron: NEN-EN 1317-2, 2010, afschermende constructies voor wegen - deel 2: Keringsniveau, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding. Nederlands normalisatie instituut, Engels, juli 2010

Botsproefcondities geleideconstructies

Testcode voertuig	Indicatief voertuigtype	Botssnelheid (km/u)	Inrijdhoek (°)	Massa voertuig (kg)
TB11	personenauto	100	20	900
TB21	personenauto	80	8	1.300
TB22	personenauto	80	15	1.300
TB31	personenauto	80	20	1.500
TB32	personenauto	110	20	1.500
TB41	vrachtauto	70	8	10.000
TB42	vrachtauto	70	15	10.000
TB51	autobus	70	20	13.000
TB61	vrachtauto	80	20	16.000
TB71	vrachtauto	65	20	30.000
TB81	gelede vrachtauto	65	20	38.000

Keringsniveau geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Omschrijving	Klasse	Testcode voertuigtype
Tijdelijk kerend vermogen	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 en TB21
Normaal kerend vermogen	N1	TB31
	N2	TB32 en TB11
Hoog kerend vermogen	H1	TB42 en TB11
	L1	TB42 en TB32 en TB11
	H2	TB51 en TB11
	L2	TB51 en TB32 en TB11
	H3	TB61 en TB11
	L3	TB61 en TB32 en TB11
Zeer hoog kerend vermogen	H4a	TB71 en TB11
	L4a	TB71 en TB32 en TB11
	H4b	TB81 en TB11
	L4b	TB81 en TB32 en TB11

Criteria per veiligheidsklasse van geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Veiligheidsklasse	Criteria		
A	ASI ≤ 1,0	en	THIV ≤ 33 km/u
B	1,0 < ASI ≤ 1,4		
C	1,4 < ASI ≤ 1,9		

Werkende breedte per klasse van geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Klasse	Werkende breedte (m)	Klasse	Werkende breedte (m)
W1	$W_n \leq 0,60$	W5	$W_n \leq 1,70$
W2	$W_n \leq 0,80$	W6	$W_n \leq 2,10$
W3	$W_n \leq 1,00$	W7	$W_n \leq 2,50$
W4	$W_n \leq 1,30$	W8	$W_n \leq 3,50$

Voertuigindringing per klasse van geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Klasse	Werkende breedte (m)	Klasse	Werkende breedte (m)
VI1	$VIn \leq 0,6 \text{ m}$	VI5	$VIn \leq 1,7 \text{ m}$
VI2	$VIn \leq 0,8 \text{ m}$	VI6	$VIn \leq 2,1 \text{ m}$
VI3	$VIn \leq 1,0 \text{ m}$	VI7	$VIn \leq 2,5 \text{ m}$
VI4	$VIn \leq 1,3 \text{ m}$	VI8	$VIn \leq 3,5 \text{ m}$
		VI9	$VIn > 3,5 \text{ m}$

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie). Een hogere ASI-waarde staat voor grotere voertuigvertragingen.

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de snelheid (km/u) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

De werkende breedte (W) van een constructie bestaat uit de breedte van die constructie gemeten in het dwarsprofiel en de statische uitbuigingsruimte in een bepaalde prestatieklasse.

Bijlage 6: EN 1317-3 Norm voor botsproeven van obstakelbeveiligers

Bron: NEN-EN 1317-3; afscherpende constructies voor wegen - deel 3: prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers (juli 2010).

Botsproefcondities obstakelbeveiligers (NEN-EN 1317-3)

Testcode	Aangrijpingspunt	Massa voertuig (kg)	Snelheid (km/u)
TC 1.1.50	frontaal, centrisch	900	50
TC 1.1.80		900	80
TC 1.1.100		900	100
TC 1.2.80		1.300	80
TC 1.2.100			100
TC 1.3.110		1.500	110
TC 2.1.80	frontaal, ¼ voertuig excentrisch	900	80
TC 2.1.100			100
TC 3.2.80	frontaal, centrisch, 15°	1.300	80
TC 3.2.100		1.300	100
TC 3.3.110		1.500	110
TC 4.2.50	flank, 15°	1.300	50
TC 4.2.80		1.300	80
TC 4.2.100		1.300	100
TC 4.3.110		1.500	110
TC 5.2.80	flank, 165°	1.300	80
TC 5.2.100		1.300	100
TC 5.3.110		1.500	110

Prestatieklassen van redigerende obstakelbeveiligers (NEN-EN 1317-3)

Prestatie-klasse	Testcode					
50	TC 1.1.50	--	--	--	TC 4.2.50	--
80/1	--	TC 1.2.80	TC 2.1.80	--	TC 4.2.80	--
80	TC 1.1.80	TC 1.2.80	TC 2.1.80	TC 3.2.80	TC 4.2.80	TC 5.2.80
100	TC 1.1.100	TC 1.2.100	TC 2.1.100	TC 3.2.100	TC 4.2.100	TC 5.2.100
110	TC 1.1.100	TC 1.2.110	TC 2.1.100	TC 3.2.110	TC 4.2.110	TC 5.2.110

Veiligheidsklassen van 'redirective' obstakelbeveiligers (NEN-EN 1317-3)

Veiligheidsklasse	Criteria	
A	ASI ≤ 1,0	THIV < 44 km/u (tests 1, 2 en 3) THIV < 33 km/u (tests 4 en 5)
B	ASI ≤ 1,4	THIV < 44 km/u (tests 1, 2 en 3) THIV < 33 km/u (tests 4 en 5)

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie). Een hogere ASI-waarde staat voor grotere voertuigvertragingen.

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de hoogste snelheid (km/u) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

Grenswaarden voor de statische verschuiving van de obstakelbeveiliger (NEN-EN 1317-3)

Klasse	Verschuiving	
	Da, zijde hoofdrijbaan (m)	Dd (zijde afsplitsende baan) (m)
D1	0,5	0,5
D2	1,0	1,0
D3	2,0	2,0
D4	3,0	3,0
D5	0,5	≥ 0,5 (test 3)
D6	1,0	≥ 1,0 (test 3)
D7	2,0	≥ 2,0 (test 3)
D8	3,0	≥ 3,0 (test 3)

Bijlage 7: prEN 1317-7 Norm voor botsproeven van terminals

Bron: prEN 1317-7: 2012 Ontw. en Afscherpende constructies voor wegen
- deel 7: prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en
beproevingsmethoden voor uiteinde van vangrails.

De fabrikant dient voorafgaande aan plaatsing van de terminal met overgangsconstructie het ontwerp ter acceptatie te hebben aangeboden aan Rijkswaterstaat.

Hiervoor dienen de volgende documenten te worden aangeleverd:

- Testrapportages en bots video's behorende bij het prestatieniveau
- Test rapport van de trekproef H2 krachten 250 kN met maximale verplaatsing van 10cm. De verplaatsing wordt gemeten op de locatie waar de kracht wordt aangebracht, dit is de achterzijde van de overgangsconstructie.
- Aan de lengte van de overgangsconstructie worden geen eisen gesteld.
- Testrapportage van de test die dient te zijn uitgevoerd in de ondergrond waarvan de samenstelling aantoonbaar valt in de categorie 'soft' van de tabel 25 van de prEN1317-5
- Plaatsingstekening gehele constructie conform eisen RWS
 - Terminal + overgangsconstructie
 - Duidelijk aangegeven op tekening waar de H2 trekkrachten worden gemeten en opgenomen door de totale constructie (terminal + overgang)
 - Uitleg werkwijze gehele constructie over verwerken H2 trekkrachten
- Handleiding plaatsingsinstructie terminal
- Toelichting fabrikant, dat nieuw ontworpen overgangsconstructie recht doet aan uitvoering originele crashtesten met N2 geleiderail, wat betekent dat de overgangsconstructie voldoet aan de eisen zoals gesteld in de Eisen Voertuigkering.

Testrapportages worden opgesteld door een onafhankelijk certificerende instelling.

Tabel B7-1 Botsproefcondities begin- en eindconstructies

Prestatie- klasse	Botscondities				
	Aangrijpingspunt	Richtin g	Massa (kg)	Snelheid (km/u)	Testcode
T50	frontaal; ¼ voertuig excentrisch	2	900	50	TT 2.1.50
T80/1	frontaal; ¼ voertuig excentrisch	2	900	80	TT 2.1.80
	Flank; 15°; 2/3 L	4	1.300	80	TT 4.2.80
	Flank; 165°; ½ L	5	900	80	TT 5.1.80
	Flank; 165° op kritisch impact punt	6	1.300	80	TT 6.2.80
T80	Frontaal, 0°	1	1.300	80	TT 1.2.80
	Frontaal, 0°; ¼ voertuig excentrisch	2	900	80	TT 2.1.80
	Frontaal, 15°	3	1.300	80	TT 3.2.80
	Flank; 15°; 2/3 L	4	1.300	80	TT 4.2.80
	Flank; 165°; ½ L	5	900	80	TT 5.1.80
	Flank; 165° op kritisch impact punt	6	1.300	80	TT 6.2.80
T100	Frontaal, centrisc	1	1.300	100	TT 1.2.100
	frontaal; ¼ voertuig excentrisch	2	900	100	TT 2.1.100
	Frontaal, 15°	3	1.300	100	TT 3.2.100
	Flank; 15°; 2/3 L	4	1.300	100	TT 4.2.100
	Flank; 165°; ½ L	5	900	100	TT 5.1.100
	Flank; 165° op kritisch impact punt	6	1.300	100	TT 6.2.100
T110	Frontaal, centrisc	1	1.500	110	TT 1.3.110
	frontaal; ¼ voertuig excentrisch	2	900	100	TT 2.1.100
	Frontaal, 15°	3	1.500	110	TT 3.3.110
	Flank; 15°; 2/3 L	4	1.500	110	TT 4.3.110
	Flank; 165°; ½ L	5	900	100	TT 5.1.100
	Flank; 165° op kritisch impact punt	6	1.500	110	TT 6.3.110

Tabel B7-2

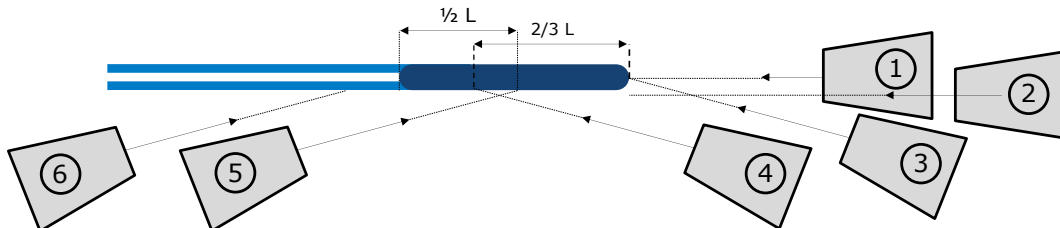
Klasse	Richting	Testcode					
T50	BDT		TT2.1.50				
	UDTA		TT2.1.50				
	UDTD		TT2.1.50				
T80/1	BDT		TT2.1.80		TT4.2.80	TT5.1.80	TT6.2.80
	UDTA		TT2.1.80		TT4.2.80		
	UDTD					TT5.1.80	TT6.2.80
T80	BDT	TT1.2.80	TT2.1.80	TT3.2.80	TT4.2.80	TT5.1.80	TT6.2.80
	UDTA	TT1.2.80	TT2.1.80	TT3.2.80	TT4.2.80		
	UDTD					TT5.1.80	TT6.2.80
T100	BDT	TT1.2.100	TT2.1.100	TT3.2.100	TT4.2.100	TT5.1.100	TT6.2.100
	UDTA	TT1.2.100	TT2.1.100	TT3.2.100	TT4.2.100		
	UDTD					TT5.1.100	TT6.2.100
T110	BDT	TT1.3.110	TT2.1.100	TT3.3.110	TT4.3.110	TT5.1.100	TT6.3.110
	UDTA	TT1.3.110	TT2.1.100	TT3.3.110	TT4.3.110		
	UDTD					TT5.1.100	TT6.3.110

Richtingsklasse:

BDT: bi-directional terminal; terminal designed and tested to perform in two directions

UDTA: uni-directional terminal – approach: terminal designed and tested to perform at the approach end of a barrier only

UDTD: uni-directional terminal – departure: terminal designed and tested to perform at the departure end of a barrier only



Richting van botsproeven.

Exit Box dimensions Za en Zd

Classes of Z	Approach side Za [m]	Departure side Zd [m]
Z1	4,0	4,0
Z2	6,0	6,0
Z3	4,0	no limit
Z4	6,0	no limit

Veiligheidsklassen van begin- en eindconstructies verplaatsing

Veiligheidsklasse	Criteria	
A	ASI $\leq 1,0$	THIV < 44 km/u (tests 1, 2 en 3) THIV < 33 km/u (tests 4,5 en 6)
B	ASI $\leq 1,4$	THIV < 44 km/u (tests 1, 2 en 3) THIV < 33 km/u (tests 4, 5 en 6)

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie).

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de hoogste snelheid (km/u) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

De botsproeven die uitgevoerd dienen te worden per klasse terminal staan in tabel B7-2. Deze klassen zijn in oplopend kerende capaciteit.

Klasse T80/1 kan alleen gebruikt worden voor niet-energie absorberende terminals. Klasse T80/1 biedt een lager veiligheidsklasse dan T80. Klasse T80 heeft tevens T80/1.

Na een succesvol uitgevoerde test met richting 6, mag een terminal ook geplaatst worden met stijvere geleideconstructies. Met meer flexibelere geleideconstructies dienen extra testen te worden uitgevoerd.

Een terminal die succesvol de testen heeft ondergaan voor een specifieke klasse, heeft tevens ook de niveau van lagere kassen.

Naast dat een terminal geclassificeerd moet worden op basis van de klasse in kerend vermogen, dient de terminal ook geclassificeerd te worden in de richtingsklasse.

Bijlage 8: Overwegingen bij de keuze van een afschermingsvoorziening

In sommige situaties kan ter afscherming van obstakels en gevarenczones zowel een voertuigkering als een obstakelbeveiliger worden toegepast. Bij keuze voor een voertuigkering kan vervolgens onderscheid gemaakt worden tussen (onder andere) een geleiderailconstructie en een geleidebarrier.

Vanuit verkeersveiligheid gezien wordt de keuze tussen deze constructies in de eerste plaats bepaald door het vereiste keringsniveau en de vereiste ASI-waarde. De testrapporten op basis van NEN-EN 1317 bevatten naast deze kerncijfers waardevolle informatie over het gedrag van de voertuigkering, het voertuig en de algemene werking.

Veelal dienen echter meerdere aspecten betrokken te worden in de (integrale) keuze voor een bepaalde constructie. Deze bijlage geeft ter informatie een globale schets van enkele aspecten, met als doel de ontwerper bewust te maken van aspecten die mogelijk een rol spelen. De bijlage is nadrukkelijk geen uitputtende beschrijving van aspecten die een rol (kunnen) spelen.

Keuze tussen geleideconstructie en obstakelbeveiliger

Voor de afscherming van solitaire obstakels van geringe afmetingen zoals portalen en masten, moet een keuze worden gemaakt tussen het toepassen van een geleideconstructie of een obstakelbeveiliger. Er moet echter altijd voor een geleideconstructie worden gekozen indien:

- naast het risico voor inzittenden er tevens sprake is van risico's voor derden op een naast- of onderliggende rijbaan;
- er sprake is van korte opeenvolging van obstakels waarbij het uit de koers geraakte voertuig achterlangs de obstakelbeveiliger kan rijden en een tweede obstakel of gevarenczone kan bereiken, zoals beschreven in § 3.4.3 'Opeenvolging van obstakels of gevarenczones'.

De keuze kan van wegvak tot wegvak verschillen en is afhankelijk van de volgende overwegingen:

- de effecten op de verkeersveiligheid;
- de effecten / consequenties voor het milieu;
- de consequenties voor het beheer en onderhoud en in samenhang daarmee de optredende hinder voor het verkeer;
- de maatschappelijke kosten.

Verkeersveiligheid

Bij toepassing van een geleiderailconstructie moet deze inclusief het begin- en eindpunt over een lengte van ten minste 100 m worden aangebracht (zie § 3.4 'discontinuïteiten'). De lengte van een obstakelbeveiliger bedraagt circa 8 m. Op een wegvak met dezelfde wegkenmerken, verkeerskenmerken en afschermingsafstand is de aanrijdkans van de

geleiderailconstructie dus circa 10x hoger dan van de obstakelbeveiliger. In situaties waarin de afschermingsafstand kleiner is dan de afmetingen van de bergingszone of de vluchtruimte, is deze veiligheidszone bij een geleideconstructie over een veel grotere lengte niet aanwezig dan bij eenzelfde situatie met een obstakelbeveiliger.

De standaard tweezijdig uitgebouwde geleiderailconstructie (NEN 5191) heeft een kerend vermogen conform keringsniveau H2. Het is twijfelachtig of een obstakelbeveiliger bij een aanrijding in de flank hetzelfde kerend vermogen heeft.

Een (verankerd) beginpunt van een geleiderailconstructie levert een groter risico op dan een obstakelbeveiliger. Dit geldt zeker wanneer het beginpunt niet kan worden uitgebogen en (te) dicht op de rijbaan ligt. Het voertuig wordt door het beginpunt gelanceerd en de afloop hiervan is onzeker met een grote kans op ernstig letsel. Bij een frontale botsing met een obstakelbeveiliger is de kans op ernstig letsel aan inzittenden van de personenauto kleiner dan bij een aanrijding met een beginpunt van een geleiderailconstructie.

De zijflanken van een obstakelbeveiliger zijn daarentegen in de regel minder flexibel en daarmee onveiliger dan een tweezijdig uitgebouwde, eventueel verstijfde geleiderailconstructie. De kans op letsel (hogere ASI-waarde) neemt toe naarmate de afschermingsvoorziening stijf tot star is. Dit betekent dat de keuze tussen een geleiderailconstructie en een obstakelbeveiliger bij het beginpunt van een afschermingsvoorziening in het licht van de afstand tot de rijbaan gezien moet worden: bij een korte afstand is de kans op een frontale aanrijding groter en verdient een obstakelbeveiliger de voorkeur; bij een grotere afstand is de kans op een flankaanrijding groter.

Milieubelasting

Zowel de geleiderailconstructie als de obstakelbeveiliger is in de regel in staal uitgevoerd. Wat betreft het milieu zijn er weinig verschillen. In beide gevallen is er een milieubelasting door het uitlogen van het zink. Het hergebruik van onderdelen na schaderijdingen of op het eind van de levensduur van de zinklaag is goed mogelijk.

Aanleg, beheer en onderhoud

Het aanbrengen van een obstakelbeveiliger (inclusief verankering) gaat veel sneller dan het aanbrengen van circa 100 m geleiderailconstructie inclusief de verankering van een beginpunt. Bij schade aan de obstakelbeveiliger wordt deze in de regel geheel vervangen en vindt de reparatie en/of het hergebruik van onderdelen bij de leverancier plaats.

Door de beperkte afmetingen van de obstakelbeveiliger levert deze voorziening minder belemmering op bij het onderhoud van de berm dan een geleiderailconstructie over grotere lengte. De berm is daardoor beter toegankelijk voor onderhoudsvoertuigen.

Keuze tussen stalen geleiderailconstructie en betonnen geleidebarrier

De keuze van de geleideconstructie kan van wegvak tot wegvak verschillen en is afhankelijk van de volgende overwegingen:

- de effecten op de verkeersveiligheid;
- de effecten/consequenties voor het milieu;
- de consequenties voor het beheer en onderhoud en in samenhang daarmee de optredende hinder voor het verkeer;
- de maatschappelijke kosten.

Per categorie zijn meerdere subaspecten te onderscheiden (zie onderstaande tabel). De weging van deze aspecten dienen per weg- en verkeerssituatie plaats te vinden, waarbij navolgende toelichting een handvat kan bieden. Daarbij is ervan uitgegaan dat:

- de aanrijdkans van de geleiderailconstructie en de geleidebarrier bij dezelfde verkeerskenmerken, wegkenmerken en afschermingsafstand gelijk zijn;
- er een stalen tweezijdig uitgebouwde geleiderailconstructie conform NPR 5191 of een doorgaande prefab betonnen geleidebarrier worden toegepast.

Categorie	Aspect
Verkeersveiligheid	Kerend vermogen Secundaire ongevallen (terugkaatsing) Secundaire ongevallen (kerend vermogen) Botsingen met hoge snelheid Letselrisico Aantal rijstroken Intensiteit en samenstelling verkeer Beleving weggebruiker Breedte middenberm
Milieu	Geluid Fauna Landschap Duurzaamheid
Aanleg, beheer en onderhoud	Aanleg Reparaties Begroeiingen / zwerfvuil
Maatschappelijke kosten	Aanleg, beheer, onderhoud en ongevallen

Indeling van aspecten naar categorie

Verkeersveiligheid

In het algemeen geldt hoe flexibeler de afschermingsvoorziening is (vloeiende uitbuiging ten gevolge van de botsing), hoe kleiner de kans op letsel aan inzittenden is. Uit praktijkproeven conform NEN-EN 1317 blijkt dat geleidebarriers in de regel een hogere ASI-waarde hebben dan geleiderailconstructies. Een flexibele stalen geleiderailconstructie conform

NPR 5191 met een lage ASI-waarde heeft om reden van verkeersveiligheid de voorkeur boven een geleidebarrier met veelal een hogere ASI-waarde. De geleidebarrier komt daarom alleen in aanmerking als er weinig ruimte is of bij bepaalde plaatselijke omstandigheden.

Een geleiderailconstructie geeft een redelijk voorspelbaar verloop van aanrijdingen over een groot gebied van inrijdcondities. Bij lichte aanrijdingen is de kans op een letselongeval bij een geleiderailconstructie ongeveer even groot als bij een geleidebarrier. Geleidebarriers functioneren bij minder zware inrijdcondities (snelheden tot 100 km/u en inrijdhoeken van 10 tot 15 graden) even goed als (stijve) geleiderailconstructies. Vooral boven 100 km/u en/of bij inrijdhoeken groter dan 20° heeft een geleidebarrier in de regel een groter letselrisico dan geleiderailconstructies. Met name op autosnelwegen met 2x3 of meer rijstroken is de kans op grote inrijdhoeken groot.

Voor motorrijders is de letselkans bij een botsing met de geleiderail groter dan bij de geleidebarrier. Bij veel ongevallen met motorfietsen slipt de bestuurder onderuit en glijdt dan onder de ligger tegen de palen of stijlen van de geleiderailconstructie. De letselkans van de geleiderailconstructie voor motorfietsen is hierdoor hoger dan van de gesloten geleidebarrier. Het verschil in letselkans wordt opgeheven als de geleiderailconstructie wordt voorzien van een extra plank onder de ligger (de motorrijders veilige geleiderail).

Het kerend vermogen van (vooral de starre) geleidebarrier is in de regel iets hoger dan het vermogen van een tweezijdig uitgebouwde geleiderailconstructie. Het risico dat zware voertuigen door de geleiderailconstructie heen breken en dan bijvoorbeeld op een rijbaan met tegengesteld verkeer terecht komen is groot.

De werkende breedte (constructiebreedte inclusief de statische uitbuiging ten gevolge van de aanrijding) is van de geleidebarrier veel kleiner dan van een (verstijfde) geleiderailconstructie. In situaties met zeer weinig ruimte komt de geleidebarrier vooral tot zijn recht.

Doordat een geleiderail gemakkelijker uitbuigt dan een geleidebarrier, is de kans op terugkaatsing in de eigen verkeersstroom bij de geleiderail kleiner. Bij een geleidebarrier wordt een belangrijk deel van de kinetische energie omgezet in rotatie-energie, dat het voertuig zelf moet opnemen. Doordat de geleiderail (ofwel ingesnoerd of op oppervlakte geplaatst) te allen tijde een starre kering betreft heeft de geleidebarrier het nadeel dat zware voertuigen met een hoog zwaartepunt over de geleidebarrier heen kunnen kantelen, met name bij een barrierhoogte van 0,90 m of minder. De kans op secundaire ongevallen is daarom bij de geleidebarrier groter dan bij een geleiderailconstructie. Ook kan door kantelen of overhellen een aanrijding met een obstakel of object achter de barrier plaatsvinden.

In het algemeen kan worden gesteld dat bij een toenemende etmaalintensiteit ook de kans op (enkelvoudige) ongevallen toeneemt. Daar het kerend vermogen in samenhang met de werkende breedte van de

geleidebarrier in het algemeen gunstiger is dan van de geleiderailconstructie, komt de geleidebarrier in situaties met hoge verkeersintensiteiten en/of relatief veel vrachtverkeer waar een doorschrijding van de constructie ernstige gevolgen heeft, eerder in aanmerking.

Er zijn geen verschillen in obstakelvrees bekend tussen een geleiderailconstructie en een geleidebarrier die op de standaard objectafstand van 1,50 m bij een ontwerpsnelheid van 120 km/u vanuit de binnenkant van de kantstreep zijn geplaatst. De geleidebarrier heeft weliswaar meer massa, maar is aan de bovenzijde smaller en daardoor niet meer bedreigend dan de geleiderail.

Raakvlakken ten aanzien van verkeersveiligheid van de geleidebarrier zijn het faciliteren van vluchtroutes (hoe komen mensen aan de andere kant van de barrier?) en afwatering (water moet kunnen wegstromen en geen plassen op de rijbaan opleveren).

Milieu

In tegenstelling tot een geleiderailconstructie is de geleidebarrier een gesloten wand waarvan de werking gelijk is aan een (niet-absorberend) geluidscherm. De geleidebarrier in de middenberm levert een extra reflectie van geluid, en heeft daardoor mogelijk een hogere geluidbelasting voor de omgeving. Het plaatsen van geleidebarriers kan daardoor een reconstructie in de zin van de Wet Geluidhinder zijn wat mogelijk tot gevolg heeft dat er een akoestisch onderzoek te worden uitgevoerd.

Een (gesloten) geleidebarrier in de middenberm levert in beginsel meer faunaslachtoffers op dan een (open) geleiderailconstructie. Bij een geleiderailconstructie kan de middenberm ook als vluchtplaats dienen. Bij een geleidebarrier dient de omgeving dan ook volledig ontsnippert te worden; naast rasters ook faunapassages onder de weg door. Bij een geleiderailconstructie is een volledige ontsnippering in sterkere mate afhankelijk van de omgeving.

Wanneer de (gesloten) geleidebarrier in de buitenberm wordt geplaatst, fungeert deze tevens als wildraster voor kleine dieren. Een geleiderailconstructie in de buitenberm levert geen hindernis voor kleine dieren op.

De landschappelijke inpassing en/of de ruimtelijke kwaliteit van bermen is een integraal onderdeel van het ontwerpproces. Hierbij bepaalt het wegmeubilair in steeds sterkere mate het wegbeeld en de ruimtelijke kwaliteit van de autosnelweg. In een stedelijke omgeving past een dergelijke inrichting beter dan in een landelijke, natuurlijke omgeving. In een natuurlijke omgeving vormt een geleidebarrier een sterkere visuele barrière dan een geleiderailconstructie voor zowel de weggebruiker als voor de omgeving.

De duurzaamheid van bouwmaterialen dient conform de methodiek LCA (Life Cycle Analysis) en/of LCC (Life Cycle Cost) te worden uitgevoerd om

een duidelijk beeld over voor- en nadelen te verkrijgen. Wat betreft het hergebruik van materialen zijn er grote verschillen tussen de geleideconstructies. Binnen de levensduur van de materialen kunnen stalen constructies en betonnen prefab geleidebarriers voor 60 tot 90% worden hergebruikt. Hergebruik van ter plaatse gestorte betonnen barriers (slipform barrier) is alleen mogelijk in de vorm van betonpuingranulaat.

Stalen geleiderailconstructies hebben een veel kortere levensduur dan een betonnen geleidebarrier. Uit onderzoek blijkt dat een betonnen barrier ten minste 2x zo lang mee gaat als een stalen constructie. De stalen geleiderailconstructie wordt voorzien van een zinklaag ter voorkoming van roestvorming. Door regenval slinkt de zinklaag met circa 1,5 mg/m² (1,5 µm) per jaar. Deze uitloging van de zinklaag leidt tot milieubelasting en daarnaast uiteindelijk tot roest op de constructie.

Aanleg, beheer en onderhoud

In een bestaande situatie zijn de voorbereidende werkzaamheden bij realisatie van een geleiderailconstructie in de regel geringer dan voor een geleidebarrier. Bij toepassing van een geleidebarrier in een aardebaan is een draagkrachtige fundatie noodzakelijk (detailinformatie hierover is op te vragen bij de betreffende leverancier). De aanlegssnelheid van de slipform geleidebarrier is het hoogst, maar hier moet rekening worden gehouden met een verhardingstijd van het beton. Uit het oogpunt van voorbereidende werkzaamheden en aanlegssnelheid is het plaatsen van stalen geleiderailconstructies licht in het voordeel.

De betonnen geleidebarrier is veel minder schadegevoelig dan de stalen geleiderailconstructie. Reparaties vinden (bij voorkeur) plaats tijdens werkbare uren (WBU). Alleen schades aan de constructie die direct de verkeersveiligheid beïnvloeden (noodreparaties) zoals doorschrijding van de middenberm, moeten direct worden gerepareerd (reparatie buiten de WBU is in die gevallen wel toegestaan).

Indien het afhandelen van een schade consequenties heeft voor de doorstroming (werkruimte door het afzetten van een rijstrook), dan is de duur van de reparatie ook van belang. Geleiderailconstructies zijn afhankelijk van de lengte van de schade tamelijk snel te repareren. Geleidebarriers van geprefabriceerde elementen kunnen ook snel worden vervangen. In het werk gestorte barriers vergen meer reparatietijd.

Geleiderailconstructies moeten na verloop van tijd en afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond vaak zowel verticaal als horizontaal opnieuw (uit)gericht worden. Daar de (prefab) betonnen geleidebarrier op een fundatie staat is de kans op verzakkingen veel kleiner.

Bij toepassing van een geleiderailconstructie in de middenberm bestaat de ondergrond veelal uit een humusarme bodem waar grassen en planten groeien. De middenberm moet in de regel dan ook 2x per jaar worden gemaaid. Hiervoor moeten dan de nodige verkeersmaatregelen worden getroffen met eventuele consequenties voor de doorstroming. Bij

toepassing van een geleidebarrier wordt de middenberm veelal van een eenvoudige, gesloten draagkrachtige verharding voorzien, waardoor begroeiing niet of nauwelijks plaatsvindt.

De geleidebarrier is een gesloten constructie, waardoor zich tegen de geleidebarrier vuil kan ophopen. Bij een geleiderailconstructie kan het vuil onder de constructie doorwaaien. Het zwerfvuil moet bij de geleiderail handmatig worden verwijderd (langdurige afzettingen, tegen hoge kosten), terwijl bij een geleidebarrier dit geheel machinaal kan worden uitgevoerd (kortdurende afzettingen, tegen geringere kosten). Ook eventuele begroeiingen worden weggeveegd.

In perioden van hevige sneeuwval heeft de geleiderailconstructie als voordeel dat sneeuw er deels ondergeschoven kan worden. Bij barriers is de sneeuwberging complexer. Indien er in het dwarsprofiel weinig ruimte is, leidt dit tot verminderde beschikbaarheid van de snelweg.

ROA Veilige Inrichting van Bermen

Nummer:	38
Versienummer standaard:	1.3
Versienummer document:	11
Status:	In beheer
Type:	Kader
Inhoudelijk beheerder:	Maaikel Koenis
Verantwoordelijke afdeling:	Afd. Wegen en Geotechniek
Netwerken:	Hoofdwegennet
Rollen:	Technisch Manager
Fase:	Planuitwerking, Realisatie
Proceseigenaar:	Proceseigenaar Aanleg en Onderhoud
Link om te reageren:	Link