

Veilige bermen langs autosnelwegen: obstakelvrije zone, geleiderails of beide?

R-2017-16



Veilige bermen langs autosnelwegen: obstakelvrije zone, geleiderails of beide?

Rijkswaterstaat heeft een uitvoeringsplan opgesteld om het aantal verkeersdoden op rijkswegen te verminderen. Een speerpunt daarbij is het verbeteren van de veiligheid van de bermen langs autosnelwegen. Er zijn twee basisopties om een berm veilig in te richten. De eerste optie is inrichting met een voldoende ruime obstakelvrije zone. De tweede optie is het afschermen van obstakels met behulp van een afschermingsconstructie.

Rijkswaterstaat heeft aan SWOV gevraagd om te onderzoeken welke inrichtingsvariant veiliger is. Sluit de voorkeur voor een obstakelvrije berm, zoals die nu in de richtlijn staat beschreven, nog steeds aan bij de kennis van nu?

Uit dit onderzoek blijkt dat zowel een goed uitgevoerde obstakelvrije zone als een flexibele afschermingsconstructie de kans op ernstige ongevallen aanmerkelijk vermindert. Beide inrichtingsvarianten vormen daarom een adequate manier om een berm vergevingsgezind in te richten. Beide varianten blijken evenwel ook de kans op een ernstig ongeval niet

uit te kunnen sluiten. De vraag of een van beide varianten veiliger is kan op basis van dit onderzoek niet worden beantwoord. Ook ontbreekt evidentie voor een voorkeur voor de obstakelvrije zone. Het advies is daarom om de voorkeur voor de obstakelvrije berm te heroverwegen en om bij het saneren van onveilige bermen maatwerk toe te passen.

Met de combinatie van deze maatregelen, een ruime obstakelvrije zone plús de toepassing van een flexibele afschermingsconstructie aan het einde van de obstakelvrije zone, kan de veiligheid van de berm naar verwachting verder worden geoptimaliseerd.

Aanvullende maatregelen – die geen deel uitmaakten van dit onderzoek – kunnen eveneens een bijdrage leveren aan een optimaal vergevingsgezind berm. Daarbij valt te denken aan rumble strips langs de buitenkant van de kantstroep of op enige afstand daarvan. Hoe kosteneffectief combinaties van maatregelen kunnen zijn, zal uit nader onderzoek moeten blijken.



1. Inleiding

Rijkswaterstaat heeft een uitvoeringsplan opgesteld om het aantal dodelijke verkeersslachtoffers op rijkswegen te verminderen. Een aanzienlijk deel van deze verkeersdoden valt bij enkelvoudige of eenzijdige ongevallen (zoals een auto die van de weg raakt en tegen een boom aan rijdt of over de kop slaat). Dit is ook gebleken uit recent SWOV onderzoek naar doden op rijkswegen.¹ De ernst en de afloop van dit soort ongevallen worden mede bepaald door de wijze waarop de berm langs de weg is ingericht. Daarom wil Rijkswaterstaat in kaart brengen hoe onveilige bermen 'vergevingsgezind' kunnen worden gemaakt.

De ROA-VIB (*Richtlijnen voor het Ontwerp van Autosnelwegen – Veilige inrichting van bermen*)² beschrijft twee basisopties om een berm veilig in te richten. De eerste is de inrichting van een voldoende ruime obstakelvrije zone, de tweede optie is het plaatsen van geleiderails langs de weg.

In de huidige richtlijn gaat de voorkeur uit naar een obstakelvrije zone. Het plaatsen van geleiderails is pas de tweede keuze. De dienst Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) van Rijkswaterstaat heeft SWOV gevraagd om te onderzoeken welke inrichtingsvariant veiliger is, of deze voorkeur nog steeds aansluit bij de kennis van nu, en om een advies uit te brengen over de mogelijkheden om onveilige bermen vergevingsgezind te maken. Dat advies is de kern van dit rapport.

De uitkomsten zijn gebaseerd op literatuuronderzoek uit binnen- en buitenland. In dit rapport bespreken we de belangrijkste resultaten daarvan. Een uitgebreidere verantwoording is te vinden in het achtergrondrapport van dit onderzoek.³

Leeswijzer

In *Hoofdstuk 2* vergelijken we de obstakelvrije zone en geleiderails aan de hand van het literatuuronderzoek van SWOV.³ *Hoofdstuk 3* betreft het feitelijke advies aan WVL. Daarbij geven we ook een inschatting van de kosten van maatregelen om onveilige bermen vergevingsgezind te maken.



¹ Stipdonk, H.L., et al. (2016). *De stijging in het aantal verkeersdoden op rijkswegen in 2015*. R-2016-9. SWOV, Den Haag.

² Rijkswaterstaat (2017). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen: Veilige inrichting van bermen. ROA-VIB*. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

³ Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

2. Analyse

In de ROA-VIB⁴ staat dat een vergevingsgezinde berm moet zijn voorzien van een obstakelvrije zone. Deze moet ervoor zorgen dat bestuurders die van de weg raken voldoende ruimte hebben om te corrigeren en nergens tegenaan botsen.

De ROA-VIB stelt ook dat een obstakelvrije zone voor de verkeersveiligheid veruit de voorkeur heeft boven het plaatsen van geleiderails langs de weg. Deze moeten bijvoorbeeld voorkomen dat voertuigen die van de weg raken kantelen of de middenberm doorkruisen. Rijkswaterstaat heeft aan SWOV gevraagd te onderzoeken of de voorkeur voor een obstakelvrije zone nog altijd terecht is, of dat de geleiderail een beter alternatief vormt.

In dit hoofdstuk vergelijken we beide varianten aan de hand van onderzoek uit binnen- en buitenland.



Obstakelvrije zone

In de ROA-VIB wordt de obstakelvrije zone als volgt gedefinieerd:

”Het gebied langs het deel van de verkeersbaan waarin geen obstakels mogen voorkomen”, met als doel “om risico’s voor inzittenden bij aanrijding van obstakels (en als gevolg daarvan grote voertuigvertragingen) te beperken (persoonlijk risico) en anderzijds om risico’s voor tegengestelde en/of onderliggende verkeersstromen te beperken (risico voor derden)”.⁵

De onderbouwing hiervoor is te terug vinden in de oude ROA,⁶ die de obstakelvrije zone definieert als “de afstand, waarbinnen vrijwel alle voertuigen blijven die onder deze omstandigheden van de weg raken”.

De voorkeur voor een obstakelvrije zone is voor een belangrijk deel gebaseerd op ouder onderzoek uit de Verenigde Staten van Hutchinson & Kennedy.⁷ Uit dat onderzoek is afgeleid dat 80% à 90% van de uit koers geraakte voertuigen die de berm doorschrijden, niet verder komen dan 10 m bij een snelheid van ongeveer 100 km/uur. Onder de aanname dat daarmee ook 80% à 90% van de bermongevallen wordt voorkomen, zijn deze bevindingen in de huidige ROA-VIB vertaald naar een obstakelvrije zone van 10 m voor 100/km-wegen en 13 m voor 120km/uur-wegen.

De resultaten van Hutchinson & Kennedy⁷ zijn gebaseerd op veldmetingen van laterale verplaatsingen bij bermdoorschrijdingen in de middenberm op twee 2x2-stroomwegen. Beide middenbermen waren V-vormig. Deze bermdoorschrijdingen betroffen zowel bermongevallen als incidenten waarbij geen ongeval had plaatsgevonden.

⁴ Rijkswaterstaat (2017). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen: Veilige inrichting van bermen. ROA-VIB*. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

⁵ Rijkswaterstaat (2015). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014*. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

⁶ Rijkswaterstaat (1989). *Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen ROA. Hoofdstuk VI: Veilige inrichting van bermen*. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde DVK, Den Haag.

⁷ Hutchinson, J.W. & Kennedy, T.W. (1966). *Medians of divided highways-frequency and nature of vehicle encroachment*. In: University of Illinois Bulletin, vol. 63, nr. 123.

Het bovengenoemd onderzoek wordt in grote lijnen bevestigd door een vergelijkbare veldstudie uit 1980.⁸ Ook analyses met crash-prediction-modellen laten overeenkomstige resultaten zien.^{9,10} Deze studies schatten veelal een risicofactor voor de aanwezigheid van obstakels in de berm afhankelijk van de obstakelafstand. Daarbij wordt tevens gecorrigeerd voor onder meer verkeersintensiteit en andere wegkenmerken. Deze onderzoeken wijzen erop dat de obstakelvrije zone een positief effect heeft op het voorkomen van ernstige ongevallen.

Twee andere studies laten zien dat het effect van de obstakelvrije zone mogelijk wel wordt overschat.^{10,11} Daarin zijn analyses uitgevoerd waarin het aantal ongevallen per afstandsklasse van de obstakelvrije zone, is afgezet tegen het aantal kilometers wegvak per klasse obstakelvrije zone. Beide analyses laten zien dat het aandeel bermongevallen van een obstakelafstandsklasse X sterk samenhangt met het aandeel wegvaklengte van die obstakelafstandsklasse X. Voor een verruiming van de obstakelafstand van 0-2 m tot meer dan 7 m schatten zij, zonder te corrigeren voor de hoeveelheid verkeer, een effect op bermongevallen van respectievelijk 20% en 40%. Gecorrigeerd voor de hoeveelheid verkeer schatten zij met behulp van een crash-prediction-model een effect van respectievelijk 33% en 50%. Daarnaast vinden Jurewicz & Pyta¹⁰ dat het aandeel over-de-kop-ongevallen stijgt bij een toename van de obstakelvrije zone.

Dieptestudies van Doecke & Woolley en Kelkka¹² laten zien dat de laterale verplaatsing bij bermongevallen voor een belangrijk deel wordt bepaald door de botsing met een obstakel. In de studie van Kelkka had de helft van de bermdoorschrijdingen waarbij geen obstakel werd geraakt, een laterale verplaatsing van meer dan 10 m. In de studie van Doecke & Woolley was dit 83%.

Simulaties van Doecke & Woolley¹² tonen een verschil in de laterale verplaatsing van auto's waarbij de controle over de auto juist wel of juist niet is verloren bij het verlaten van de rijbaan. Daarbij is aangenomen dat de bestuurder de controle over de auto bij het verlaten van de rijbaan behoudt als het voertuig niet in de slip is geraakt. De uitkomsten laten zien dat in alle gevallen waarbij de controle over het voertuig is verloren, de auto verder komt dan de obstakelvrije zone van 10 tot 13 m wanneer er geen obstakel wordt geraakt. In situaties waarin

de auto de rijbaan verlaat zonder te slippen, is in alle gevallen de laterale verplaatsing minder dan 13 m en de inrijhoek beperkt. De gesimuleerde aanvangssnelheden lagen daarbij tussen de 90 km/uur en 110 km/uur. Latere simulaties tonen een vergelijkbaar resultaat.¹³ Ook hieruit volgt dat voertuigen verder komen dan de obstakelvrije zone van 9 m wanneer deze onderweg geen obstakel tegenkomen en het voertuig in de slip is geraakt.

Bij een onderzoek naar boomongevallen¹⁴ is gevonden dat bij hogere verkeersintensiteiten het aandeel boomongevallen afneemt naarmate de bomen zich verder van de kantverharding bevinden. Er kon echter geen relatie worden vastgesteld tussen de ernst van de boomongevallen (de ratio van het aantal ernstige boomongevallen en het aantal boomongevallen met uitsluitend materiële schade) en de afstand van diezelfde bomen tot de wegverharding.¹⁵ Vergelijkbare bevindingen volgen uit onderzoek van Hengeveld & Nägele.¹⁶ Daarin kon geen statistisch significant verschil worden vastgesteld tussen de letselernst van bermongevallen (dodelijk of ziekenhuisgewond) en de afstand tot obstakels (minder dan 3,3 m, 3,3 tot 6 m, 7 m of meer).

⁸ Cooper, P. (1980). *Analysis of roadside encroachments – single-vehicle run-off-road accident data analysis for five provinces*. B.C. Research, Vancouver, Canada, zoals beschreven in Mak, K.K. & Sicking, D.L. (2003). *Roadside Safety Analysis Program (RSAP): engineer's manual*. NCHRP Report 492. TRB, Washington D.C., en Mak, K.K., et al. (2010). *Identification of vehicular impact conditions associated with serious run-off-road crashes*. NCHRP Report 665. TRB, Washington, D.C.

⁹ Miaou, S.-P. (1997). *Estimating vehicle roadside encroachment frequencies by using accident prediction models*. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1599, nr. 1, p. 64-71.

¹⁰ Jurewicz, C. & Pyta, V. (2010). *Effect of clear zone widths on run-off-road crash outcomes*. In: Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, 31 August – 3 September 2010, Canberra.

¹¹ Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

¹² Doecke, S.D. & Woolley, J.E. (2011). *Further investigation into the effective use of clear zones and barriers in a safe system's context on rural roads*. In: Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, 6 – 9 September 2011. Perth.

Kelkka, M. (2009). *Safety of roadside area: analysis of full-scale crash tests and simulations*. Finnra reports 10/2009. Finnish Road Administration, Helsinki.

¹³ Jamieson, N.J., et al. (2013). *Use of roadside barriers versus clear zones*. NZ Transport Agency Research Report 517. Wellington.

¹⁴ Schoon, C.C. & Bos, J.M.J. (1983). *Boomongevallen*. R-83-23. SWOV, Leidschendam.

¹⁵ De lage registratiegraad van ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS) kan de analyse verstoren en ertoe hebben bijgedragen dat geen verband is gevonden.

¹⁶ Hengeveld, J. & Nägele, R. (2013). *Kwantificering letselrisico door berminrichting*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

Hengeveld, J. & Nägele, R. (2014). *De risico's van bermongevallen in samenhang met de berminrichting*. Rijkswaterstaat, WVL, Delft.

Een recente studie van SWOV naar verkeersdoden op rijkswegen in 2015,¹⁷ laat zien dat 45% van de 31 dodelijke bermongevallen uit 2015 het gevolg was van een obstakel op meer dan 10 m. Drie daarvan waren het gevolg van een watergang op meer dan 13 m. Een andere 39% van de dodelijke bermongevallen was het gevolg van een aanrijding met een obstakel binnen 10 m. In drie gevallen was de oorzaak een verkeerd geplaatste afscherming, waardoor het motorvoertuig over de geleiderail schoot en daarachter toch met het obstakel in botsing kwam. In de resterende drie gevallen was een aanrijding met een geleiderail de oorzaak van het dodelijke enkelvoudig ongeval. In alle drie de gevallen betrof dit de geleiderail in de middenberm. Of dit een flexibele of starre geleiderail betrof, is niet bekend.

Conclusies met betrekking tot de obstakelvrije zone

- De obstakelvrije zone heeft een duidelijk positief effect op de kans op een ernstig ongeval, als maatregel tegen obstakelgevallen in de gevarezone.
- Een belangrijk deel van de populatie van bermdoorschrijdingen heeft duidelijk baat bij de obstakelvrije zone. Voertuigen die de berm doorschrijden onder een beperkte inrijhoek en zonder te slippen, hebben een goede kans om tijdig te corrigeren en de auto veilig tot stilstand of weer terug richting de rijbaan te brengen.
- Hoewel de obstakelvrije zone de kans op een bermongeval vermindert, wijzen verschillende analyses erop dat dit effect wordt overschat. Een ander belangrijk deel van de bermongevallen vindt namelijk plaats op de rand of voorbij de obstakelvrije zone.
- De afstand van het obstakel tot aan de weg heeft waarschijnlijk slechts beperkt invloed op de afloop van een obstakelgeval. Er werd geen significant verband gevonden tussen de obstakelafstand en de letselernst gegeven een obstakelgeval.

Hiermee is de obstakelvrije zone niet een volledige oplossing, maar blijft het wel een belangrijke maatregel om het aantal ernstige bermongevallen te beperken.

Geleiderails

Een alternatief voor de obstakelvrije zone is de geleiderail. De geleiderail dient om voertuigen op te vangen die van de weg zijn geraakt en deze te beschermen tegen obstakels verderop in de berm. De geleiderail is ook bedoeld om personen te beschermen die zich achter de geleiderail bevinden. Geleiderails vormen echter ook een object in de berm waardoor bij aanrijding ook (dodelijk) letsel kan ontstaan. De studie naar effecten van geleiderails op enkelvoudige en meervoudige ongevallen leverde uiteenlopende bevindingen op.

Bij een dieptestudie naar enkelvoudige ongevallen¹⁸ op wegvakken met een bovengemiddeld aantal enkelvoudige ongevallen, is gebleken dat de volgende van de richtlijn afwijkende berminrichtingen bijdragen aan de ernst van de ongevallen:

- het ontbreken van obstakelvrije zones;
- niet-afgeschermdde gevarezones bestaande uit vooral bomen;
- sloten en taluds;
- te dicht op de rijbaan geplaatste geleiderails.

In 3 van de 50 onderzochte ongevallen met een geleiderail (6%) kaatste het voertuig terug op de rijbaan na een aanrijding met een geleiderail, wat in tweede instantie leidde tot een meervoudig ongeval. In 6 andere gevallen van terugkaatsing schoot men door naar de andere kant van de weg zonder dat dit in een meervoudig ongeval resulteerde.¹⁸

In een kwalitatief onderzoek naar 41 enkelvoudige dodelijke ongevallen¹⁹ blijken 40 van deze ongevallen te eindigen met een botsing tegen een object of obstakel dat bijdroeg aan de dodelijke afloop. Dat betrof 13 keer een aanrijding met een afschermingsconstructie en 11 keer een aanrijding met een obstakel op meer dan 10 m.

In een onderzoek naar de effecten van ongevallen met geleiderails vond Golbach²⁰ dat het aantal aanrijdingen tegen een geleiderail per voertuigkilometer daalt naarmate de afstand van de geleiderail tot de kantstreep groter is

¹⁷ Stipdonk, H.L., et al. (2016). *De stijging in het aantal verkeersdoden op rijkswegen in 2015*. R-2016-9. SWOV, Den Haag.

¹⁸ Overkamp, D., et al. (2008). *Enkelvoudige ongevallen: Onderzoek naar oorzaken als gevolg van afwijkingen van richtlijnen en de organisatorische achtergronden van afwijkingen*. Rijkswaterstaat, DVS, Rotterdam.

¹⁹ Kroeze, P.A. & Ligtermoet, D. (2011). *Dodelijke ongevallen op rijkswegen in 2009*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

²⁰ Golbach, G.A.M. (1997). *Methodiek risicobepaling bermen*. In opdracht van Rijkswaterstaat, AVV, Rotterdam.

In onderzoeken naar enkelvoudige ongevallen met dodelijke of ernstige afloop op rijkswegen,²¹ kwamen de volgende resultaten naar voren:

1. De ongevallen waarbij er een fysiek obstakel is geraakt of waarbij het voertuig in de greppel of sloot is beland, hebben een ernstiger afloop dan aanrijdingen tegen een geleideconstructie²² of tegen een overig object.
2. De kans op een dodelijke afloop blijkt ongeveer 50% hoger bij aanrijding met een obstakel dan bij aanrijding met een geleiderailconstructie.
3. De kans op een dodelijke afloop bij een aanrijding met een geleiderail in de buitenberm op minder dan 3,3 m, is ongeveer 2 keer zo groot als bij een aanrijding met geleiderails op meer dan 3,3 m.
4. Er blijkt geen significant verschil in letselernst tussen de verschillende afstandsklassen van obstakels.
5. De ongevallen met een dodelijke afloop blijken bij gemiddeld lagere verkeersintensiteit plaats te vinden dan die met een andere ernstige afloop.
6. De aanwezigheid van solitaire objecten – zowel objecten die botsveilig zouden moeten zijn als niet-botsveilige objecten – verhoogt de kans op ernstige enkelvoudige ongevallen. Deze kans is statistisch significant groter dan bij geleiderails aan de rechterkant van de weg, en wel (op basis van odds ratio's) een factor 4,7 voor botsveilige objecten tot 8,1 voor niet-botsveilige obstakels.
7. Er lijkt geen sterke relatie te zijn tussen de afstand tot het object in de rechterberm en de kans op een ernstig enkelvoudig ongeval.
8. Er is geen statistisch significant verschil gevonden tussen kans op ernstige enkelvoudige ongevallen in bermen met een afschermingsconstructie en bermen met een obstakelvrije zone van meer dan 10 meter.

Rijkswaterstaat²³ heeft een analyse uitgevoerd op een door Arcadis opgebouwde onderzoeksdatabase van autosnelwegen met een totale weglengte van 1.800 km (exclusief aansluitingen). Daarbij is gevonden dat er statistisch significant meer meervoudige ongevallen plaatsvinden op wegen met een geleiderail in de buitenberm dan op wegen

zonder geleiderail in de buitenberm.²⁴ Dit geldt voor het totaal aantal geregistreerde meervoudige ongevallen, inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS). Voor ernstige meervoudige ongevallen werd dit verband niet gevonden. Ernstige enkelvoudige ongevallen vonden minder plaats op wegvakken met een geleiderail in de buitenberm dan op wegvakken zonder geleiderails in de buitenberm. De onderzoekers²³ verwachten dat het hoger aantal meervoudige ongevallen op wegen met geleiderails in de buitenberm, kan worden beperkt door afschermingsconstructies niet direct naast de verharding te plaatsen.



²¹ Hengeveld, J. & Nägele, R. (2013). *Kwantificering letselrisico door berm-inrichting*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

Hengeveld, J. & Nägele, R. (2014). *De risico's van bermongevallen in samenhang met de berm-inrichting*. Rijkswaterstaat, WV, Delft.

²² In de studie is geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen geleide- en afschermingsconstructie.

²³ Schepers, P. & Koppen, J. (2013). *Berminrichting en enkelvoudige ongevallen op rijkswegen; onderzoeksoverzicht*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

²⁴ De auteurs hebben aangegeven dat voor de analyse crash-prediction-modellen zijn ontwikkeld. De resultaten zijn dus gecorrigeerd voor de intensiteit.

In een meta-analyse van 32 studies naar onder andere de effecten van de geleiderail op het aantal ongevallen en op de ernst van de ongevallen,²⁵ is gevonden dat geleiderails zowel leiden tot een reductie in het aantal ongevallen als tot een reductie in de ernst van de ongevallen. De effecten op het aantal ongevallen waren echter minder vaak onderzocht dan die op de ernst van de ongevallen. Meer specifiek is de conclusie dat de geleiderail resulteert in een reductie van ongeveer 45% van het aantal dodelijke ongevallen en in een reductie van ongeveer 50% van het aantal ongevallen met gewonden.

In twee onderzoeken²⁶ zijn de verschillen bestudeerd tussen de kans op (ernstig) letsel bij aanrijdingen met betonnen barriers, geleiderails en 'cable barriers' (een afscheidingsconstructie met ijzeren kabels die in Nederland niet wordt gebruikt). Deze onderzoeken zijn uitgevoerd voor autowegen met meerstrooks- en gescheiden rijbanen. Beide onderzoeken tonen aan dat de kans op letsel het grootst is bij een aanrijding met een betonnen barrier, dat een geleiderail beduidend veiliger is dan een betonnen barrier en dat een cable barrier weer beduidend veiliger is dan een geleiderail. In het onderzoek van Zou et al.²⁶ wordt tevens geconcludeerd dat het risico op letsel bij een ongeval met een geleiderail 65% lager is dan bij een ongeval met een obstakel. Ook vonden zij dat cable barriers op grotere afstand (13 m) vergelijkbaar presteren als cable barriers dichterbij (op 5 m) langs de kantstreep.

In een memo van Schepers²⁷ over de rol van geleiderails bij het ontstaan van meervoudige ongevallen is gekeken naar een steekproef van 313 in BRON/Cognos in 2009 geregistreerde flankongevallen op autosnelwegen. Bij 53 van deze flankongevallen bleek wegmeubilair betrokken te zijn geweest. Bij 46 van deze ongevallen was de registratieset beschikbaar waarmee beoordeeld kon worden hoe wegmeubilair precies in het ongeval betrokken was. Slechts bij 2 van deze 313 flankongevallen is geconstateerd dat het ongeval mede was veroorzaakt door geleiderails rechts van de weg. Aangezien het aandeel flankongevallen ongeveer een derde is van het totaal aantal meervoudige ongevallen op autosnelwegen, concludeert Schepers dat ongeveer 2% (2/313 van 33%) van alle meervoudige ongevallen mede is veroorzaakt door geleiderails rechts van de weg.

Conclusies met betrekking tot de geleiderail

- De kans op een dodelijke of ernstige afloop door aanrijding met een geleiderail is beduidend lager dan de kans op een dodelijke of ernstige afloop als gevolg van een aanrijding met een obstakel.
- De kans op een dodelijke afloop of letsel is bij een aanrijding met een geleiderail lager voor flexibele geleideconstructies dan voor starre geleideconstructies.
- Ook bij aanrijdingen met geleiderails – al dan niet flexibel – blijft de kans op een ernstige of fatale afloop aanwezig.
- Uit de analyse van ongevallen blijkt dat de kans op een dodelijk ongeval met een geleiderail kleiner is wanneer de geleiderail verder van de kantstreep staat.
- Het aantal aanrijdingen per voertuigkilometer met een geleiderail is lager naarmate de geleiderail verder van de weg staat.
- Het totaal aantal meervoudige ongevallen op wegen met een geleiderail in de buitenberm, is hoger dan op wegen zonder geleiderails in de buitenberm. Een dergelijk verband werd echter niet gevonden voor ernstige meervoudige ongevallen.
- Slechts een klein deel (paar procent) van de aanrijdingen met een geleiderail op wegvakken met een bovengemiddeld aantal enkelvoudige ongevallen leidde tot een meervoudig ongeval.
- Slechts een zeer klein deel (minder dan een procent) van de geregistreerde (meervoudige) flankongevallen in 2009 bleek het gevolg van een aanrijding met een geleiderail.

²⁵ Elvik, R. (1995). *The safety value of guardrails and crash cushions: A meta-analysis of evidence from evaluation studies*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 27, nr. 4, p. 523-549. Een update beschreven in het *Handbook of Road Safety Measures* geeft een vergelijkbaar resultaat: Elvik et al. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures, 2nd edition*. Emerald Publishing, Bingley.

²⁶ Zou, Y., et al. (2014). *Effectiveness of cable barriers, guardrails, and concrete barrier walls in reducing the risk of injury*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 72, p. 55-65.

Hu, W. & Donnell, E.T. (2010). *Median barrier crash severity: Some new insights*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 42, nr. 6, p. 1697-1704

²⁷ Schepers, P. (2015). *Memo over de rol van geleiderails bij het ontstaan van meervoudige ongevallen*. Rijkswaterstaat, WVL, Delft. [Interne notitie].

Conclusies

Zowel de obstakelvrije zone als geleiderails hebben, wanneer deze goed zijn uitgevoerd, een positief effect op het voorkomen van ernstige bermongevallen. Voor beide varianten geldt echter dat (dodelijke) ongevallen niet kunnen worden uitgesloten. In de literatuur is geen duidelijke evidentie gevonden dat een van beide vormen beter zou presteren dan de ander. Wel lijkt de verwachting dat wel 90% van de ongevallen door de obstakelvrije zone zou worden voorkomen een overschatting te zijn. Uit de analyse kwam duidelijk naar voren dat een flexibele afscherming beduidend veiliger is dan een starre afschermingsconstructie. Een starre afschermingsconstructie kan daarom niet worden gezien als een vergevingsgezinde oplossing. Een obstakelvrije zone of een flexibele afschermingsconstructie zijn beide wel een goede maatregel om een onveilige berm vergevingsgezind te maken.

Van een vergevingsgezinde berm, ingericht met een obstakelvrije zone of flexibele geleiderail, staat vast dat het risico op een dodelijke of ernstig ongevallen niet volledig

is uit te sluiten. Wel is dit risico beduidend lager dan in het geval van een onveilige berm. En hoewel de aanwezigheid van een geleiderail in de buitenberm wordt geassocieerd met een hoger aantal meervoudige ongevallen, lijkt het effect op ernstige meervoudige ongevallen als gevolg van terugkaatsing van een geleiderail in de buitenberm, beperkt.

Op basis van deze conclusies ziet SWOV daarom onvoldoende grond om een voorkeur uit te spreken voor een van beide inrichtingsvarianten van een vergevingsgezinde berm.

Een uitgebreidere verantwoording van de in dit hoofdstuk beschreven analyse is te vinden in het achtergrondrapport van dit onderzoek.²⁸



3. Advies

Dit onderzoek bevestigt dat een obstakelvrije berm en flexibele afschermingsconstructies beide belangrijke componenten zijn voor een vergevingsgezinde inrichting van de berm. Op basis van de geanalyseerde literatuur is echter geen antwoord gevonden op de vraag wat veiliger is: een obstakelvrije berminrichting of een berminrichting met afschermingsconstructies. De reden hiervoor is dat een goede vergelijking van de obstakelvrije zone en het gebruik van afschermingsconstructies in de literatuur ontbreekt. Wel heeft het onderzoek naar voren gebracht dat beide oplossingen het risico op een ernstig ongeval niet helemaal kunnen wegnemen.

Op basis van de analyse in dit onderzoek²⁹ is er geen evidentie om de eenzijdige voorkeur voor een obstakelvrije berminrichting aan te houden. Het advies is daarom deze te heroverwegen en maatwerk toe te passen bij een systematische aanpak van onveilige bermen langs autosnelwegen. Een vergevingsgezinde berm kan daarbij generaliseerd worden met zowel een obstakelvrije zone als een flexibele afschermingsconstructie (vaak geleiderail).

Een programma om onveilige bermen vergevingsgezin te maken, is een van de speerpunten bij het terugdringen van het aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen.³⁰ Als het binnen zo'n programma gaat om de keuze voor een obstakelvrije zone of een flexibele geleiderail, adviseert SWOV om de nadruk te leggen op de haalbaarheid en kosteneffectiviteit van maatregelen die op korte termijn mogelijk zijn. De haalbaarheid van deze inrichtingsvarianten is afhankelijk van de situatie.

In een scenario met obstakels in de berm en met (landbouw)grond zonder obstakels buiten de voorgeschreven obstakelvrije zone, heeft een obstakelvrije zone de voorkeur.

Wanneer zich continue obstakels in de berm bevinden die niet zijn te verleggen (kanaal) of die zich tot ver buiten de voorgeschreven obstakelvrije zone uitstrekken (bos), is een flexibele afschermingsconstructie met vluchtzone een logische keuze. Sanering van obstakels in de vluchtzone is dan nog wel nodig.

Wanneer de obstakelvrije zone solitaire obstakels of kleine groepjes obstakels bevat en zich op de rand van de obstakelvrije zone continue obstakels bevinden, gaat de voorkeur uit naar het saneren van de obstakels binnen de obstakelvrije zone en het plaatsen van een flexibele afschermingsconstructie aan de rand van de obstakelvrije

zone. Deze combinatie van maatregelen levert naar verwachting een optimale veiligheid van de berm op.

Bij dit advies is uitgegaan van flexibele afschermingsconstructies. Starre betonnen barriers en starre geleiderails hebben een minder gunstig effect op de afloop van een aanrijding met de afschermingsconstructie en worden niet gezien als vergevingsgezin. Bij het toepassen van een afschermingsconstructie moet daarom rekening worden gehouden met de werkingsruimte van een flexibele afschermingsconstructie. Daar moet voldoende ruimte voor aanwezig zijn of gecreëerd worden; iets wat ook moet worden meegenomen bij de keuze tussen een obstakelvrije zone en een afschermingsconstructie.

Daarnaast gaat het advies uit van een gegarandeerde vluchtzone van ten minste vluchstrook + vluchtruimte (3,7 m + 2,5 m = 6,2 m, zoals beschreven in de nieuwe ROA-VIB.³¹ Tevens geldt voldoende draagkracht als basis-eis voor een veilige, vergevingsgezinde berminrichting. Een voldoende draagkrachtige berm biedt immers de benodigde weerstand om te kunnen remmen en de koers te kunnen wijzigen zonder dat de wielen in de berm wegzakken, waardoor het voertuig over de kop kan slaan.

Ten slotte bepleit dit advies een norm voor de obstakelvrije zone van wegen met een limiet van 130 km/uur. In de huidige richtlijnen^{30,32} ontbreekt hiervoor een specifieke norm. Voor het behoud van het veiligheidsniveau is het belangrijk dat de obstakelvrije zone langs wegen met een limiet van 130 km/uur breder is dan de norm die daarvoor geldt bij een limiet van 120 km/uur. We stellen hier een pragmatische benadering voor waarbij de obstakelvrije ruimte wordt verruimd met stappen van 1,5 m bij elke 10 km/uur verhoging van de limiet. Deze zelfde benadering is eerder gehanteerd bij de richtlijn voor de obstakelvrije zone van wegen met een limiet van 120 km/uur ten opzichte van die van 100 km/uur.³³ Deze benadering resulteert in een obstakelvrije ruimte van 14,5 m voor 130km/uur-wegen.

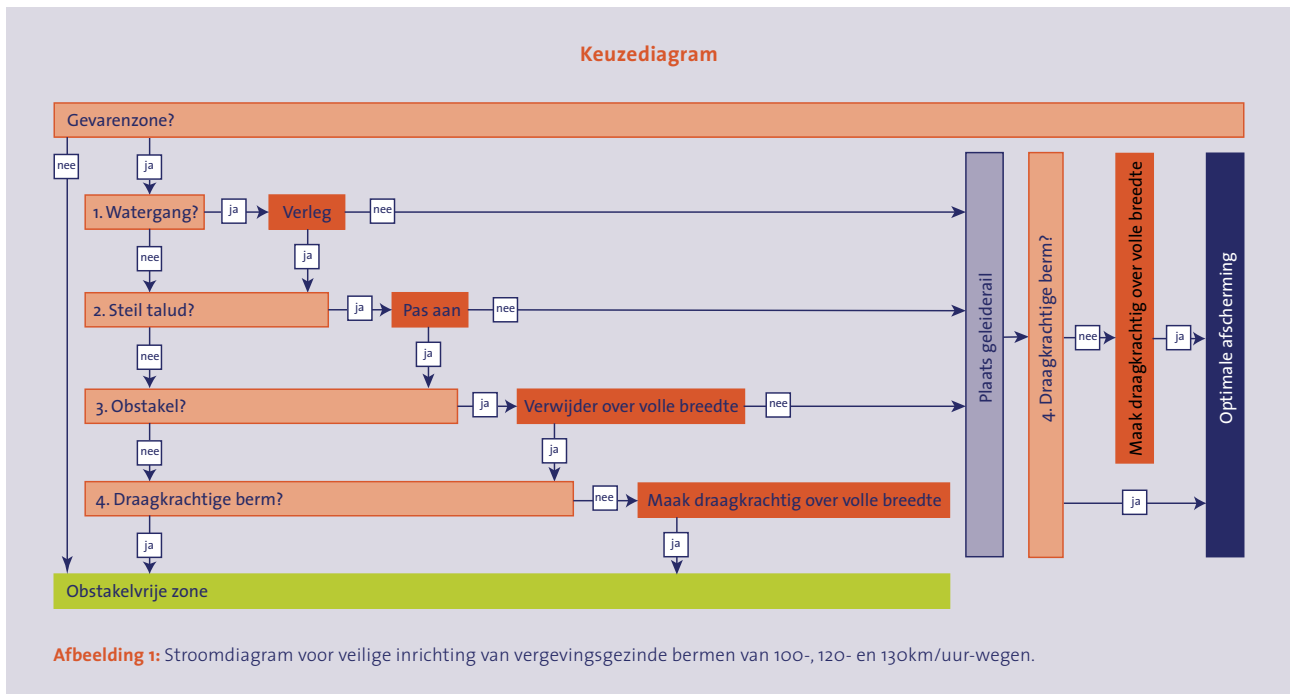
²⁹ Zie voor de uitgebreide analyse ook het achterliggende onderzoeksrapport: Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

³⁰ Stipdonk, H.L., et al. (2016). *De stijging in het aantal verkeersdoden op rijkswegen in 2015*. R-2016-9. SWOV, Den Haag.

³¹ Rijkswaterstaat (2017). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen: Veilige inrichting van bermen*. ROA-VIB. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

³² Rijkswaterstaat (2015). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014*. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

³³ Rijkswaterstaat (2007). *NOA Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen*. Rijkswaterstaat, AVV, Rotterdam. Zie voor een nadere toelichting de bijlage van het achtergrondrapport Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.



Keuzediagram

Om de vraag te beantwoorden in welke situaties het gebruik van een geleiderail dan wel een obstakelvrije zone wordt aanbevolen, maken we gebruik van het stroomdiagram voor de inrichting van vergevingsgezinde bermen in *Afbeelding 1*.

De oranje stappen van het stroomdiagram betreffen inventarisaties van gevare zones. De rode stappen betreffen de maatregelen om de geïdentificeerde gevare zones aan te pakken. Haalbaarheid en kosteneffectiviteit zijn in belangrijke mate bepalend voor de te kiezen maatregelen en het doorlopen van het keuzediagram.

Als eerste stap in het stroomdiagram moet worden bepaald of er een gevarezone aanwezig is. Er is sprake van een gevarezone als zich binnen 10 m (op een 100km/uur-weg), 13 m (op een 120km/uur-weg) of 14,5 m op een 130km/uur-weg van de kantmarkering een van de vol-

gende zaken bevindt: 1) een watergang, zoals een sloot of kanaal met verdrinkingsgevaar, 2) een steil talud of 3) een niet-botsveilig obstakel³⁴. Ook een berm waarvan de ondergrond niet draagkrachtig is (4) vormt een gevarezone.

Als er sprake is van een watergang, dan moet deze indien mogelijk verlegd worden naar respectievelijk 10, 13 of 14,5 meter van de wegverharding. Een steil talud moet zodanig worden afgevlakt dat de obstakelvrije berm 10, 13 of 14,5 meter breed wordt. Eventuele obstakels moeten tot een afstand van respectievelijk 10, 13 of 14,5 meter van de kantverharding worden verwijderd. Is dit alles niet mogelijk of wordt ervoor gekozen dit niet te doen, dan moet er een geleiderail vóór de gevarezone worden geplaatst. In alle gevallen moet de ondergrond over de volle breedte van de berm draagkrachtig zijn of worden gemaakt. Dit geldt voor de obstakelvrije zone en ook als er een geleiderail wordt geplaatst.

³⁴ Volgens de nieuwe ROA-VIB moet wegmeubilair voldoen aan NEN_EN 12767:2013 om als botsveilig te worden aangemerkt.

Kosteninschatting

Op dit moment is ongeveer 45% van de snelwegen voorzien van een geleiderail. Van de wegen zonder geleiderail voldoet ongeveer 70% niet aan de richtlijnen voor een obstakelvrije inrichting. SWOV heeft een schatting gemaakt van de kosten van maatregelen om deze bermen veiliger in te richten.³⁵

Het verbeteren van de draagkracht van de onverharde berm en het plaatsen van een flexibele geleiderail langs bermen met een obstakelvrije zone van kleiner dan 10 meter, kost circa € 0,7 miljard. De obstakelvrije afstand van al deze bermen vergroten tot 13 meter in combinatie met het beteren van de draagkracht, kost circa € 1,0 miljard. Het verbeteren van de draagkracht bij bermen die nu al een obstakelvrije zone hebben van meer dan 10 meter kost circa € 0,3 miljard. Het plaatsen van flexibele afschermingsconstructies op een afstand van meer dan 10 meter langs deze bermen, zou nog eens € 0,2 miljard kosten.



Optimaal veilig: een obstakelvrije zone met geleiderail

Een vergevingsgezinde berm is naar verwachting nog veiliger te maken door aan de rand van een (volgens de richtlijn vormgegeven) obstakelvrije zone een geleiderail te plaatsen. Deze kan voorkomen dat voertuigen bijvoorbeeld alsnog tegen bomen botsen of in een kanaal terechtkomen. Over zowel de effectiviteit als de kosten van dit alternatief, is onvoldoende bekend voor een sluitend advies. Wel is een richting voor een advies aan te duiden.

Door de afscherming verder weg te plaatsen, ontstaat er meer correctieruimte voor voertuigen die de berm in schieten. Naarmate de afscherming verder van de weg staat neemt de kans op een aanrijding met de geleiderail dus af. Tegelijkertijd neemt daardoor de kans op een over-de-kop-ongeval juist toe. Dit kan echter worden voorkomen door de draagkracht van de berm te verbeteren. Voor voertuigen die zo ver doorschieten dat ze toch tegen de geleiderail aan rijden, wordt de 'impacthoek' naar verwachting wel groter en daarmee ongunstiger, wat de kans op letsel mogelijk vergroot. Dat zou er dan weer voor spreken om de geleiderail juist dichterbij de plaatsen. Een Nederlandse ongevallenstudie³⁶ toont echter dat de kans op een dodelijke afloop van een botsing met een geleiderail kleiner is wanneer de geleiderail op grotere afstand van de kantstreep staat. Een Amerikaanse studie³⁷ vond daarnaast slechts een beperkt verschil in risico op letsel bij aanrijding van een afschermingsconstructie dichtbij (5 m) of ver van de rijstrook (13 m).

Naast een effect op ongevallen heeft de plaatsing van een geleiderail ook effect op de doorstroming van het verkeer. Naarmate een geleiderail verder van de weg wordt geplaatst, neemt de kans af dat een voertuig terugkaatst de weg op of dicht langs de weg tot stilstand komt. De ruimte voor hulpdiensten naast de weg neemt juist toe, waarmee ook de verstoring op het overige verkeer afneemt.

³⁵ Dit zijn de geschatte kosten berekend op basis van een investeringshorizon van 100 jaar. Daarbij is geen rekening gehouden met directe en indirecte kosten van schades aan de geleiders omdat deze grotendeels niet voor rekening van Rijkswaterstaat komen. Zie ook Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

³⁶ Hengeveld, J. & Nägele, R. (2013). *Kwantificering letselrisico door berm-inrichting*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

³⁷ Zou et al., (2014). *Effectiveness of cable barriers, guardrails, and concrete barrier walls in reducing the risk of injury*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 72, p. 55-65.

Deze resultaten pleiten voor een advies in de richting van een combinatie van een volledige obstakelvrije zone en een flexibele afschermingsconstructies. Hiermee zouden immers de voordelen van beide maatregelen kunnen worden gecombineerd.

Afschermingsconstructies worden doorgaans echter niet getest op de effectiviteit bij plaatsing op grotere afstanden. Ook is het aantal ongevallenstudies waarbij de plaatsingsafstand tot de weg als variabele is meegenomen beperkt. Omdat de combinatie van deze maatregelen leidt tot hogere kosten, is het belangrijk te weten wat de effectiviteit is van de afschermingsconstructie op deze afstanden. Daarom wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar de effectiviteit van afschermingsconstructies op grotere laterale plaatsingsafstanden.

Aanvullende maatregelen die geen deel uitmaakten van dit onderzoek kunnen eveneens een bijdrage leveren aan het optimaliseren van de vergevingsgezinde berm. Daarbij valt te denken aan rumble strips – langs de buitenkant van de kantstreep of op enige afstand daarvan – die weggebruikers waarschuwen wanneer ze uit koers zijn geraakt. Deze maatregel wordt op dit moment nader onderzocht.

Voor de combinaties van maatregelen – obstakelvrije zone, flexibele afschermingsconstructie, aanvullende maatregelen – wordt nader onderzoek aanbevolen. Naast de effectiviteit van afschermingsconstructies op grotere plaatsingsafstand, moet onderzoek de voor- en nadelen, de optimale plaatsingsafstand en ook de kosten ervan duidelijk in kaart brengen.




4. Meer informatie

Achterliggend onderzoeksrapport

Petegem, J.W.H. van, Louwerse, W.J.R. & Commandeur, J.J.F. (2017)

Berminrichting langs autosnelwegen; Literatuurstudie en advies voor vergevingsgezinde bermen. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.



SWOV-publicaties
zijn te downloaden via
[swov.nl/publicaties](https://www.swov.nl/publicaties)



Colofon

Auteurs



ir. Jan Hendrik van Petegem



ir. Robert Louwerse



prof. dr. Jacques Commandeur

Fotografen

Paul Voorham, Voorburg
Peter de Graaff, Katwijk
Robert Louwerse, SWOV

De foto's in dit rapport zijn bedoeld als illustratie.
Afgebeelde personen hebben geen directe relatie
met beschreven situaties.

© 2017

**SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk
Onderzoek Verkeersveiligheid**

Postbus 93113, 2509 AC Den Haag
Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag

T +31 70 3173 333

E info@swov.nl

I www.swov.nl

E @swov_nl / @swov

in linkedin.com/company/swov

Dit onderzoek is gefinancierd door Rijkswaterstaat,
dienst Water, Verkeer en Leefomgeving.

De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is toegestaan met bronvermelding.

Ongevallen **voorkomen**

Letsel **beperken**

Levens **redden**