

## AFSCHERMINGSVOORZIENINGEN VOOR NIET-AUTOSNELWEGEN

Een overzicht van de functionele eisen, een inventarisatie van bestaande afschermingsvoorzieningen en een toetsing aan de functionele eisen, een overzicht van constructieve aspecten en een beschrijving van een verkennend onderzoek naar een te ontwikkelen nieuw type afschermingsvoorziening.

Consult ten behoeve van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat

R-85-22

Ing. C.C. Schoon

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## SAMENVATTING

Op de niet-autosnelwegen vindt ruim 90% van de enkelvoudige wegbermgevallen met dodelijke afloop plaats. De toepassing van geleiderailconstructies op deze typen wegen stuit op diverse bezwaren. Als voornaamste kunnen worden genoemd: het terugkaatsingsgevaar met kans op frontale botsingen, vanwege de hoogte ontstaan (uit)zichtproblemen, veelal het ontbreken van plaatsingsruimte.

Het voorliggende consult gaat nader in op de volgende vier door de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat gestelde vragen:

1. Het opstellen van functionele eisen waaraan afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen moeten voldoen.
2. Het inventariseren van bestaande afschermingsvoorzieningen en deze te toetsen aan de functionele eisen.
3. Het aangeven van constructieve wijzigingen aan de bestaande voorzieningen als deze niet aan de functionele eisen voldoen.
4. Het aangeven van de mogelijkheden of er een nieuwe voorziening ontwikkeld kan worden die aan de functionele eisen voldoet als bestaande voorzieningen niet zijn aan te passen.

Met betrekking tot de functionele eisen is een keuze gemaakt de afschermingsvoorzieningen af te stemmen op personenauto's op de wegtypen autoweg en weg met een gesloten verklaring, en op bogen met een minimum boogstraal van 100 m.

De belangrijkste functionele eisen te stellen aan afschermingsvoorzieningen zijn: de hoogte dient gering te zijn, voorkomen moet worden dat het voertuig in de gevarenzone belandt of wordt teruggekaatst, de aanrijding met de afschermingsvoorziening mag geen ernstig letsel opleveren, overige verkeersdeelnemers mogen door de geplaatste afschermingsvoorziening geen extra risico oplopen.

De inventarisatie van bestaande afschermingsvoorzieningen is beperkt tot de lage typen (beton)banden met een hoogte tot ca. 35 cm. Bij de toetsing van deze zogenaamde geleidebanden aan de functionele eisen is gebleken dat geen van de geleidebanden hieraan voldoet. Alleen een in Oostenrijk ontwikkelde geleideband voldoet aan de eis met betrekking tot het voorko-

men dat het voertuig in de gevarenzone belandt. Bestaande geleidebanden zijn niet aan alle gestelde functionele eisen aan te passen.

Verkennend (experimenteel) onderzoek is uitgevoerd ten einde te kunnen aangeven of het mogelijk is met een lage afschermingsvoorziening het voertuig te geleiden en bij de constructie te houden. Uit proefnemingen die onder lichte aanrijdingscondities zijn verricht, is gebleken dat een nieuw ontwikkelde afschermingsvoorziening hiertoe in staat is. Aangezien de constructie flexibel is uitgevoerd, geeft een aanrijding minder hoge voertuigvertragingen dan bij betonnen banden. Nader onderzoek is noodzakelijk om te kunnen aangeven of de constructie ook onder zwaardere aanrijdingscondities goed functioneert en of deze in staat is het voertuig over een relatief korte afstand tot stilstand te brengen.

# INHOUD

## Voorwoord

## Inleiding

1. Vraagstelling en probleemanalyse
2. Uitwerking probleemstelling
  - 2.1. Bepaling wegcategorieën
  - 2.2. Bepaling grootte van de boogstraal
  - 2.3. Bepaling voertuigcategorie
  - 2.4. Bepaling inrijcondities
  - 2.5. Bepaling indicatoren
3. Bepaling functionele eisen
  - 3.1. Pre-crash voorwaarden
  - 3.2. Crash voorwaarden
  - 3.3. Post-crash voorwaarden
  - 3.4. Voorwaarden wegbeheer
  - 3.5. Samenvatting functionele eisen
4. Inventarisatie van bestaande afschermingsvoorzieningen
  - 4.1. Inleiding
  - 4.2. Beschrijving van de verschillende typen geleidebanden
  - 4.3. Full-scale proeven met de geleidebanden
  - 4.4. Interpretatie geleidingsfactor  $k$  en reactiekrachthoogte
5. Toetsing bestaande afschermingsvoorzieningen aan de functionele eisen
  - 5.1. Pre-crash voorwaarden
  - 5.2. Crash voorwaarden
  - 5.3. Voorwaarden wegbeheer
6. Overzicht constructieve aspecten
7. Mogelijke constructieve wijzigingen aan bestaande afschermingsvoorzieningen

8. Beschrijving verkennend onderzoek naar een te ontwikkelen nieuw type afschermingsvoorziening

8.1. Inleiding

8.2. Doel onderzoek

8.3. Uitvoering

8.4. Resultaten

8.5. Conclusie

9. Conclusie

Literatuur

Afbeeldingen 1 t/m 6

Tabellen 1 t/m 4

## VOORWOORD

Het toepassen op niet-autosnelwegen van voor autosnelwegen ontwikkelde geleiderailconstructies stuit op diverse bezwaren. Een daarvan is het terugkaatsingsgevaar, met de kans op frontale botsingen. In het eerder uitgebrachte SWOV-consult "Aanrijdingen met in stijfheid verschillende typen geleiderailconstructies" (Schoon, 1985) is beschreven wat de gevolgen kunnen zijn van aanrijdingen met dergelijke constructies.

In het voorliggende consult zullen specifieke afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen worden besproken. Hierbij komen de volgende onderwerpen aan de orde: de functionele eisen te stellen aan deze typen afschermingsvoorzieningen, inventarisatie van bestaande voorzieningen, toetsing van deze voorzieningen aan de functionele eisen en een beschrijving van een verkennend onderzoek naar een te ontwikkelen nieuw type afschermingsvoorziening.

In dit consult worden geen uitspraken gedaan over de wenselijkheid van het toepassen van afschermingsvoorzieningen op de niet-autosnelwegen. Bij het opstellen van de functionele eisen is wel van te voren reeds vastgesteld voor welke categorieën enkelbaanswegen en voor welke boogstraalgrootte deze afschermingsvoorzieningen zouden moeten dienen. Deze opstelling is gebaseerd op door de RONA uitgebrachte richtlijnen en overige beschikbare kennis.

Bij de bespreking van de bestaande afschermingsvoorzieningen, waarbij gebruik is gemaakt van literatuurgegevens, is de keuze beperkt tot de lage typen, die in principe niet hoger zijn dan ca. 35 cm. De meeste zijn van beton. Voor de hoge betonnen afschermingsvoorzieningen (ca. 80 cm) wordt verwezen naar het reeds uitgebrachte SWOV-consult "Aanrijdingen met betonnen geleideconstructies" (Schoon e.a., 1985).

Het verkennend onderzoek naar een nieuw type afschermingsvoorziening, waarover in dit consult wordt gerapporteerd, is verricht in het kader van het SWOV-onderzoek "Wegberminrichting".

Dit consult is samengesteld door ing. C.C. Schoon (afdeling Crash en Post-crash onderzoek).

Prof. ir. E. Asmussen, directeur

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## INLEIDING

Ruim 90% van de enkelvoudige wegbermongevallen met dodelijke afloop vindt plaats op de niet-autosnelwegen. Een van de maatregelen om bermen te beveiligen is het toepassen van afschermingsvoorzieningen. De in Nederland meest toegepaste afschermingsvoorziening is de geleiderailconstructie, die in principe is ontwikkeld voor de autosnelwegen. Toepassing hiervan op de niet-autosnelwegen brengt de nodige bezwaren met zich mee. Genoemd kunnen worden:

- bij terugkaatsing ontstaat gevaar voor het tegemoetkomende verkeer (kans op frontale botsingen);
- door de hoogte van de geleiderailconstructie (ca. 0,75 m) ontstaan zichtlengteproblemen in bochten en bij kruisingen en aansluitingen;
- geleiderailconstructies dienen met hellende begin- en eindpunten in de grond te worden verankerd; bij de aanwezigheid van kruisingen en aansluitingen ontstaan hierdoor discontinuïteiten;
- geleiderailconstructies vergen vrij veel ruimte, zowel er achter vanwege de noodzakelijke uitbuigingsruimte, als er voor vanwege onder meer het voorkomen van visuele versmalling van de rijbaan;
- geleiderailconstructies kunnen een enkelbaansweg het karakter geven van een dubbelbaansweg, bijvoorbeeld als deze in een tussenberm zijn geplaatst.

Deze bezwaren beperken de toepassing van geleiderailconstructies op niet-autosnelwegen en geven aanleiding na te gaan in hoeverre specifieke afschermingsvoorzieningen voor deze typen wegen een alternatief bieden.



## 1. VRAAGSTELLING EN PROBLEEMANALYSE

De vraagstelling heeft als uitgangspunt de wijze van beveiligen van bermen van niet-autosnelwegen door middel van afschermingsvoorzieningen. Het gaat niet in op de vragen of en wanneer er afgeschermd dient te worden.

De vraagstelling valt in vier delen uiteen.

1. Het opstellen van functionele eisen waaraan afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen moeten voldoen.
2. Het inventariseren van bestaande afschermingsvoorzieningen en deze toetsen aan de functionele eisen.
3. Het aangeven van constructieve wijzigingen aan de bestaande voorzieningen indien ze niet aan de functionele eisen voldoen.
4. Het aangeven van de mogelijkheden of er een nieuwe voorziening ontwikkeld kan worden die aan de functionele eisen voldoet als de bestaande voorzieningen niet zijn aan te passen.

De constructieve aspecten van de diverse afschermingsvoorzieningen die aan de vraagstelling ontleend kunnen worden, geven weinig aanleiding voor een nadere probleemanalyse. Wel dienen de volgende drie aspecten die voor het opstellen van de functionele eisen van belang zijn, nader belicht te worden.

Het eerste aspect betreft het vaststellen van de categorieën enkelbaanswegen die voor een afschermingsvoorziening in aanmerking komen. Deze categorieën bepalen namelijk de ontwerpshnelheden die weer van belang zijn voor het vaststellen van de inrijcondities. De inrijcondities bepalen uiteindelijk de constructieve eisen die aan een afschermingsvoorziening gesteld moeten worden. Met betrekking tot de categorieën enkelbaanswegen zal een keuze worden gemaakt die is gebaseerd op RONA-richtlijnen.

Het tweede aspect betreft de toepassing van de afschermingsvoorziening in bogen. Gezien de frequentie van obstakelgevallen in bogen, lijkt de toepassing van een afschermingsvoorziening in bogen voor de hand te liggen. De functionele eisen van afschermingsvoorzieningen dienen mede hierop gebaseerd te worden. Er zal een keuze moeten worden gemaakt op welke grootte van de boogstraal de afschermingsvoorziening afgestemd dient te worden. De keuze zal in de eerste plaats gebaseerd zijn op de frequentie

van voorkomen van bogen van die categorieën wegen die in principe voor plaatsing van een afschermingsvoorziening in aanmerking komen, en in de tweede plaats op de frequentie van ongevallen met vaste voorwerpen. Het derde aspect betreft de categorieën voertuigen waarvoor een afschermingsvoorziening effectief dient te functioneren. In het ideale geval dienen afschermingsvoorzieningen afgestemd te worden op aanrijdingen met alle categorieën voertuigen: vrachtauto's, bussen, bestel-, personenauto's en tweewielers. Aangezien deze categorieën qua structuur, dimensie en massa grote onderlinge verschillen te zien geven, stelt dit aan dergelijke voorzieningen hoge constructieve eisen die niet eenvoudig te realiseren zijn.

Teneinde tot een verantwoorde keuze te komen is als uitgangspunt gekozen dat de afschermingsvoorziening afgestemd moet worden op dat voertuigtype dat er het meest mee in aanraking zal komen. Aangezien deze gegevens voor enkelbaanswegen ontbreken, zullen ter vervanging cijfers van ongevallen met vaste voorwerpen op enkelbaanswegen worden gehanteerd. Ongeacht de keuze die op grond hiervan kan worden gemaakt, dient in het algemeen gesteld te worden dat een afschermingsvoorziening voor andere categorieën weggebruikers geen extra gevaar mag opleveren.

In het volgende hoofdstuk zullen de bovengenoemde aspecten nader worden uitgewerkt.

## 2. UITWERKING PROBLEEMSTELLING

### 2.1. Bepaling wegcategorieën

Het is wenselijk eisen voor afschermingsvoorzieningen op te stellen die zijn afgestemd op de ontwerpnormen voor de niet-autosnelwegen. Het ligt voor de hand daarbij te veronderstellen dat wegbeheerders niet direct tot plaatsing van afschermingsvoorzieningen zullen overgaan op wegen met een geringe verkeersfunctie, de wegcategorieën VII en VIII volgens de RONA-richtlijnen.

Er is dan ook besloten de functionele eisen voor de hier te bespreken afschermingsvoorzieningen af te stemmen op de wegcategorieën III t/m VI, de wegtypen autowegen en wegen met een gesloten verklaring voor langzaam verkeer. De ontwerpnelheden van deze wegtypen bedragen 100, 80 en 60 km/u. Hoewel naar het zich laat aanzien wegcategorie VI slechts in incidentele gevallen voor afschermingsvoorzieningen in aanmerking zal komen, is uit overwegingen van consistentie deze categorie ook in de keuze betrokken. Daarnaast dient in aanmerking genomen te worden dat ontwerp-richtlijnen niet geheel met de praktijksituatie overeen behoeven te komen.

Voor het opstellen van de functionele eisen te stellen aan afschermingsvoorzieningen zullen daar waar mogelijk praktijkcijfers van de hier genoemde typen wegen worden gehanteerd.

### 2.2. Bepaling grootte van de boogstraal

Aangezien in bogen relatief veel vast-voorwerpgevallen plaatsvinden, dient bij het opstellen van de functionele eisen voor afschermingsvoorzieningen rekening te worden gehouden met plaatsing in bogen. Daarbij is vooral van belang dat een minimum grootte van de boogstraal wordt vastgesteld omdat, als gevolg van de toename van de inrijhoek en het kantelmoment van het voertuig, het functioneren van een afschermingsvoorziening in een boog kritischer is naarmate de boogstraal kleiner is. Uitgangspunt is dat als een afschermingsvoorziening voldoet in een boog met een krappe boogstraal, dit ook het geval zal zijn bij grotere boogstralen.

In het kader van het relatie-onderzoek "De verkeersveiligheid in de provincie Noord-Brabant" is de grootte van de boogstralen van de wegen buiten de bebouwde kom in deze provincie geïnventariseerd. In een aanvullend onderzoek is een relatie gelegd tussen de wegbermkenmerken en de vast-voorwerpongevallen (Schoon, 1984). Dit onderzoek bevat gegevens aangaande de relatie tussen de grootte van de boogstraal en de vast-voorwerpongevallen (met dodelijke afloop en letsel).

Voor de wegcategorieën die in de vorige paragraaf zijn voorgesteld (de autowegen en wegen met een gesloten verklaring) is de frequentieverdeling van de boogstraalgrootte in Tabel 1 aangegeven. Hierbij zijn de volgende boogstraalklassen gehanteerd: 1 - 100 m, 101 - 250 m, 251 - 500 m, 501 - 750 m en >750 m.

Uit deze tabel blijkt dat de boogstraalklasse tot 100 m weinig voorkomt (< 8%). De boogstraalklasse 100 - 250 m is met ca. 15% ruimer vertegenwoordigd. Het meest frequent komen de boogstraalklassen 251 - 500 m en 501 - 750 m voor, met resp. 21 en 27% en 44 en 28%. Op grond van deze frequentieverdeling zou beslist kunnen worden een minimum boogstraal te kiezen binnen de klasse 251 - 500 m. Van belang is evenwel de frequentie van voorkomen van de vast-voorwerpongevallen, gerelateerd aan dezelfde boogstraalklassen, er bij te betrekken.

De betreffende gegevens zijn vermeld in Tabel 2. Aangezien de lengte aan bogen bij autowegen gering is, bevat het bestand ook weinig vast-voorwerpongevallen, een te gering aantal om een verdeling naar boogstraalklasse mogelijk te maken. In Tabel 2 zijn dan ook alleen de wegen met een gesloten verklaring opgenomen. De tabel bevat de volgende gegevens: de lengte aan gebogen wegvakken, het aantal vast-voorwerpongevallen over een periode van vijf jaar en het aantal vast-voorwerpongevallen per kilometer booglengte. Uit de tabel blijkt dat in bogen met de geringste boogstraal (tot 100 m) de kleinste aantallen ongevallen per kilometer booglengte voorkomen. De klassen 101 - 250 m en 251 - 500 m geven de meeste ongevallen. Bij boogstralen groter dan 500 m is het aantal ongevallen per kilometer booglengte weer geringer. Uit deze cijfers blijkt dat ook de boogstraalklasse 101 - 250 m voor het vaststellen van de minimum ontwerp-boogstraal van belang is. Hierbij wordt gekozen voor de kleinste boogstraal van deze klasse: dus voor een ontwerpboogstraal van 100 m.

### 2.3. Bepaling voertuigcategorie

Voor het bepalen van de voertuigcategorie(ën) waarop de afschermingsvoorziening voor niet-autosnelwegen afgestemd dient te worden, zullen eveneens gegevens omtrent vast-voorwerpongevallen worden gehanteerd. Aangezien de wegcategorieën autoweg en weg met een gesloten verklaring niet op de CBS-statistiek-ongevalsformulieren voorkomen, zullen weer gegevens van het relatie-onderzoek "Noord-Brabant" worden gebruikt.

Verder zijn nu ook gegevens gehanteerd uit het aanvullende onderzoek betreffende de relatie tussen wegbermkenmerken en vast-voorwerpongevallen (ongevallen met dodelijke afloop en letsel over een periode van vijf jaar). Voor de genoemde twee wegcategorieën is een verdeling van de vast-voorwerpongevallen naar type vervoermiddel gemaakt (zie Tabel 3). De vervoermiddelen zijn verdeeld naar: personenauto, vrachtauto + bus, bestelauto en motor + scooter. Aangezien er mogelijk met betrekking tot de betrokkenheid van het type vervoermiddel verschil is tussen rechte en gebogen wegvakken, is dit onderscheid eveneens gemaakt.

Uit Tabel 3 blijkt dat bij wegen met een gesloten verklaring ten aanzien van de betrokkenheid van de diverse vervoermiddelen bij de vast-voorwerpongevallen weinig verschil is tussen de gebogen en rechte wegvakken. De verschillen zijn voor de autoweg groter vanwege het geringe aantal ongevallen op de gebogen wegvakken. Aangezien verder het verschil tussen beide typen wegen niet groot is, is op grond van de cijfers betreffende de verdeling naar voertuigsoort besloten de functionele eisen voor een afschermingsvoorziening primair te baseren op de personenauto. De consequenties hiervan voor de overige categorieën vervoermiddelen komen bij de bepaling van de functionele eisen te stellen aan afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen aan de orde (par. 3.2).

### 2.4. Bepaling inrijcondities

Het al-dan-niet goed functioneren van een afschermingsvoorziening is erg afhankelijk van de inrijnsnelheid en inriehoek (de inrijcondities). Deze zijn weer afhankelijk van de wegcategorie.

Op basis van het gestelde in de vorige paragraaf is gekozen voor toepassing van de afschermingsvoorzieningen op wegen met ontwerpsnelheden van 60, 80 en 100 km/u. Voor het opstellen van de functionele eisen zal in

eerste instantie worden uitgegaan van de hoogste ontwerpsnelheid (100 km/u).

Ontwerpsnelheden zijn bij het ontwerpen van wegen gebaseerd op de 85-percentielwaarde van de gereden snelheden. In de praktijk blijkt dit redelijk met elkaar overeen te stemmen. De ontwerpsnelheid zal dan ook als indicator worden gehanteerd voor de waarde van ca. 85% van de gereden snelheden. De relatie met de inrijsnelheid in de berm in een ongevalsituatie is voor enkelbaanswegen niet bekend. De bepaling hiervan kan worden gebaseerd op hetgeen bij het RIMOB-onderzoek is vastgesteld (Schoon, 1982).

Bij dit onderzoek is namelijk als maximale inrijsnelheid 100 km/u vastgesteld: dit is ca. 20% beneden de ontwerpsnelheid van autosnelwegen. Als voor de enkelbaanswegen voor dezelfde verhouding tussen de ontwerp- en inrijsnelheid wordt gekozen, kan ten behoeve van het opstellen van de functionele eisen op pragmatische wijze de maximale inrijsnelheid op 80 km/u worden gesteld.

In het reeds aangehaalde RIMOB-rapport is voor de autosnelwegen de relatie aangegeven tussen de inrijsnelheid en inrijhoek. In dit rapport is op basis van buitenlands ongevalsonderzoek aangegeven dat bij een inrijsnelheid van 80 km/u de inrijhoek in ca. 85% van de gevallen niet boven de  $15^{\circ}$  zal uitkomen. Gelet op het gestelde in het consult "Aanrijdingen met verschillende typen geleiderailconstructies" (Schoon, 1985) lijkt deze hoek aan de kleine kant. In dit rapport is namelijk aangegeven dat de beproevingscondities van geleiderailconstructies waarschijnlijk nogal afwijken van de ongevalssituaties. Om wat meer aan de veilige kant te zitten, is het dan ook wenselijk de inrijhoek met  $5^{\circ}$  te vergroten, zeker voor enkelbaanswegen indien lage afschermingsvoorzieningen - zoals uit het verdere verloop van het consult zal blijken - de voorkeur zullen verdienen. Dit betekent dat bij een inrijsnelheid van 80 km/u de inrijhoek op  $20^{\circ}$  kan worden gesteld.

Bij lagere inrijsnelheden ligt volgens de genoemde relatie tussen de inrijsnelheid en inrijhoek de inrijhoek statistisch gezien hoger. Volgens de 85-percentielwaarde bedraagt deze (voor autosnelwegen) bij 60 km/u  $25^{\circ}$ . Ook hier lijkt een verhoging tot  $30^{\circ}$  niet onrealistisch. Bij een inrijsnelheid van 70 km/u kan een tussenliggende waarde van de inrijhoek van  $25^{\circ}$  gekozen worden.

De inrijcondities zien er dan als volgt uit:

- inrijsnelheid 80 km/u, inrijhoek  $20^{\circ}$
- inrijsnelheid 70 km/u, inrijhoek  $25^{\circ}$
- inrijsnelheid 60 km/u, inrijhoek  $30^{\circ}$

Deze condities gelden voor rechte wegen. Voor bogen dienen ze te worden afgestemd op de grootte van de boogstraal. Voor de gekozen boogstraal van 100 m bedraagt de inrijhoek ca.  $10 - 15^{\circ}$ , bij rechtuit rijden op een rijbaan met een breedte van 7 m, afhankelijk van de voertuigpositie op de rijbaan. Wordt de bocht nog gedeeltelijk ingestuurd, verkleint de inrijhoek.

N.B. De keuze van de inrijsnelheid van 60 km/u is niet gebaseerd op de ontwerpsnelheid van wegcategorie VI, maar op het gegeven dat een dergelijke snelheid op alle wegcategorieën bij een botsing kan voorkomen.

## 2.5. Bepaling indicatoren

In de vraagstelling is tevens de inventarisatie van bestaande afschermingsvoorzieningen aan de orde gesteld en verder het toetsen van deze voorzieningen aan de functionele eisen. Bestaande voorzieningen hebben als oogmerk het geleiden van van de rijbaan afgeraakte voertuigen. In hoeverre ze hieraan onder de hierboven vastgestelde inrijcondities voldoen, zal getoetst dienen te worden. De mogelijkheid en wijze van toetsen is afhankelijk van gegevens van beschreven proefnemingen. In het onderhavige geval betreft dit voornamelijk de mate van geleiden en de ernst van de aanrijding. Teneinde de geïnventariseerde afschermingsvoorzieningen met een zelfde maatstaf onderling te kunnen vergelijken, is een indicator nodig.

Deze indicator is te vinden in de literatuur (Dunlap, 1973).

Proefondervindelijk is namelijk vastgesteld dat er een relatie is tussen de inrijcondities (inrijsnelheid en inrijhoek) en de mate van geleiding, waaraan tevens de voertuigshade gekoppeld kan worden. De relatie wordt uitgedrukt in de zogenaamde geleidingsfactor "k". Deze heeft een waarde die overeenkomt met de waarde van de snelheidscomponent van de inrijsnelheid die loodrecht op de afschermingsvoorziening staat. De vergelijking is:  $k = v \sin \alpha$ ; hierin is v de inrijsnelheid en  $\alpha$  de inrijhoek.

Ter illustratie is in Afbeelding 1 de bepaling van de geleidingsfactor  $k$  aangegeven. Met symbolen is duidelijk gemaakt of het voertuig tijdens de proefnemingen al-dan-niet werd geleid. Tussen beide symbolen kon een curve worden getrokken die, naar bleek, redelijk overeenkomt met de  $v \sin \alpha$ -curve. Komen bepaalde combinaties van inrijnsnelheid en inrijhoek boven de curve uit, dan vindt in het algemeen geen voertuiggeleiding plaats; bij waarden onder de curve is er wel sprake van geleiding. De waarde van de  $v \sin \alpha$  wordt de geleidingsfactor ( $k$ ) genoemd.

Elk laag type afschermingsvoorziening heeft zodoende zijn eigen  $k$ -waarde die door middel van full-scale proeven kan worden vastgesteld. Een hoge  $k$ -waarde duidt erop dat de constructie onder zwaardere botscondities geleidt. Bij een lage  $k$ -waarde zal het voertuig al onder lichte botscondities op of over de constructie klimmen.

De  $k$ -waarde van de afgebeelde "Trief-band" bijvoorbeeld is laag, namelijk 3,1 mph (5 km/u). Dit houdt in dat bij een snelheid van 50 km/u al geen geleiding meer plaats vindt bij inrijhoeken groter dan ca.  $6^\circ$ .

Indien ten behoeve van de toetsing de geleidingsfactor  $k$  voor de vastgestelde inrijcondities wordt gehanteerd, kunnen ter oriëntering de volgende richtwaarden worden gegeven:

snelheid 80 km/u en inrijhoek  $20^\circ$ :  $k$ -waarde 27 km/u

snelheid 70 km/u en inrijhoek  $25^\circ$ :  $k$ -waarde 30 km/u

snelheid 60 km/u en inrijhoek  $30^\circ$ :  $k$ -waarde 30 km/u

Dit houdt in dat als eis wordt gesteld dat onder de aangegeven inrijcondities geleiding van het voertuig dient plaats te vinden, de geleidingsfactor  $k$  van een lage afschermingsvoorziening tenminste ca. 30 km/u moet zijn.



### 3. BEPALING FUNCTIONELE EISEN

De functionele eisen die aan afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen gesteld dienen te worden, zijn te verdelen in pre-crash, crash en post-crash voorwaarden en voorwaarden vanuit het wegbeheer.

#### 3.1. Pre-crash voorwaarden

Wat de invloed is van in de wegberm aangebrachte verkeersvoorzieningen op het rijgedrag van de bestuurder, is veelal nog onbekend. Diverse algemene voorwaarden zijn echter wel te geven, ook al zijn ze nog niet met een studie onderbouwd. Daarnaast zijn enkele voorwaarden te ontleenen aan de voorlopige richtlijnen van de RONA aangaande dwarsprofielen voor niet-autosnelwegen (RONA, 1984).

##### Visuele geleiding

Een in de wegberm aangebrachte afschermingsvoorziening mag in de eerste plaats aan de aanwezige visuele geleiding van de weg geen afbreuk doen. Vanwege het continue verloop van de afschermingsvoorziening kan, indien aan bepaalde voorwaarden van zichtbaarheid wordt voldaan, de visuele geleiding juist bevorderd worden. In het bestek van dit consult zal hierop niet verder worden ingegaan.

##### Hoogte van de afschermingsvoorziening

Een afschermingsvoorziening voor niet-autosnelwegen dient bij voorkeur zo laag mogelijk te zijn als constructief verantwoord is. Een hoge afschermingsvoorziening (bijvoorbeeld de geleiderailconstructie met een hoogte van ca. 75 cm) kan namelijk de volgende problemen geven:

- beperking van het uitzicht op kruisingen en aansluitingen;
- beperking van de zichtlengte op gebogen wegvakken;
- visuele versmalling van de rijbaan (treedt voornamelijk op bij discontinuïteiten).

Verder is een lage afschermingsvoorziening, geplaatst langs wegen met een landschappelijk karakter, minder storend dan een hoge.

Als functionele eis voor een afschermingsvoorziening voor niet-autosnelwegen dient dan ook gesteld te worden dat de hoogte ervan beduidend geringer dient te zijn dan die van een geleiderailconstructie.

### Breedte van de afschermingsvoorziening

Onder de benodigde breedte wordt niet alleen de breedte van de constructie zelf verstaan, maar ook de ruimte die deze nodig heeft om goed te functioneren.

Een geringe breedte is in de eerste plaats noodzakelijk vanwege de veelal smalle bermen van niet-autosnelwegen. In de tweede plaats vanwege de vereiste minimum afstand tussen rijbaan en in de berm geplaatste voorzieningen. Dergelijke minimum afstanden worden in de genoemde RONA-richtlijnen aangegeven op grond van capaciteits- en verkeersveiligheidsoverwegingen en ten behoeve van het creëren van een bergingszone voor gestrande voertuigen.

Als functionele eis voor een afschermingsvoorziening voor niet-autosnelwegen kan worden gesteld dat de benodigde breedte zo gering mogelijk dient te zijn. Bij voorkeur smaller dan de benodigde breedte van een stijve geleiderailconstructie die ca. 1 m bedraagt.

### Vormgeving

De vormgeving van de voor de autosnelweg ontwikkelde geleiderailconstructie is erg karakteristiek. Het is niet denkbeeldig dat de weggebruiker een geleiderailconstructie associeert met een autosnelweg. Toepassing van dit type constructie op enkelbaanswegen kan dus misleidend zijn en bijvoorbeeld leiden tot inhaalongevallen.

Als functionele eis kan dan ook worden gesteld dat de vormgeving van een afschermingsvoorziening dient af te wijken van die van een geleiderailconstructie. Een geringe hoogte is al gunstig voor een afwijkende vormgeving. Afwezigheid van palen is ook karakteristiek. Ook kan toepassing van een afwijkende kleur worden overwogen.

### 3.2. Crash-voorwaarden

Bij voorkeur dient te worden voorkomen dat van de rijbaan afgeraakte voertuigen met objecten en dus ook met afschermingsvoorzieningen in aanraking komen. Dit houdt in dat de afschermingsvoorziening zo ver mogelijk van de rijbaan geplaatst dient te worden. Om bij het ontbreken van de benodigde ruimte toch een zo groot mogelijke obstakelvrije zone te kunnen creëren, kan ook op crash-gronden als functionele eis worden gesteld dat de breedte van de afschermingsvoorziening zo gering mogelijk

dient te zijn. Deze eis sluit verder aan bij die gesteld op grond van de pre-crash voorwaarden.

Verder kan in het algemeen worden gesteld dat een afschermingsvoorziening geen gevaar mag opleveren voor de inzittenden van voertuigen waarop de constructie dient te zijn afgestemd. Volgens par. 2.3 betreft dit de inzittenden van personenauto's. Verder mag de afschermingsvoorziening geen gevaar voor andere weggebruikers opleveren.

### 3.2.1. Aanrijdingen met de afschermingsvoorziening door personenauto's

Ten behoeve van van de rijbaan geraakte personenauto's die met de afschermingsvoorziening in aanraking komen, dienen de volgende functionele eisen aan de afschermingsvoorziening gesteld te worden:

- voorkomen moet worden dat een personenauto in de afgeschermd zone belandt;
- de inzittenden mogen geen ernstig letsel oplopen.

Beide eisen zijn gekoppeld aan de inrijcondities die zijn geformuleerd in par. 2.4.

Gezien de plaatsing langs enkelbaanswegen dient de afschermingsvoorziening verder aan de volgende specifieke functionele eisen te voldoen:

- de afschermingsvoorziening moet voor aan de linkerkant dan wel voor aan de rechterkant van de rijbaan afgeraakte personenauto's goed functioneren;
- zowel langs de rechte weg als in bogen met een relatief kleine boogstraal moet de afschermingsvoorziening goed functioneren;
- begin- en eindpunten (onvermijdelijk bij kruisingen en aansluitingen) mogen geen gevaar opleveren.

Aangezien de afschermingsvoorziening laag dient te zijn en wellicht een minder open structuur heeft dan een geleiderailconstructie, dient vervuiling (bijvoorbeeld opeenhoping van zand) voorkomen te worden, of in ieder geval mag de goede werking hierdoor niet belemmerd worden.

### 3.2.2. Aanrijdingen met de afschermingsvoorziening door overige categorieën vervoermiddelen

In de eerste plaats dient de afschermingsvoorziening afgestemd te zijn op aanrijdingen met personenauto's. Voor de andere categorieën voertuigen is van belang dat het gevaar van een aanrijding met de afschermingsvoorziening niet groter mag zijn dan wanneer geen afschermingsvoorziening zou zijn geplaatst. Voor deze categorieën voertuigen zal in dit verband een aantal crash-aspecten nader worden belicht.

#### Tweewielers

Hoewel analyses van enkelvoudige wegbermgevallen waarbij tweewielers betrokken zijn ontbreken, bestaat algemeen de indruk dat in de meeste gevallen berijders van tweewielers op de rijbaan met hun vervoermiddel onderuit gaan en vervolgens van de rijbaan glijden of rollen. Indien naast de rijbaan een afschermingsvoorziening met een continu verloop is geplaatst, is een botsing hiermee veelal gunstiger dan tegen solitair geplaatste obstakels. De afschermingsvoorziening dient echter ook in hoogte gezien, gesloten te zijn. Bij een lage afschermingsvoorziening wordt aan deze voorwaarde voldaan.

#### Bestelauto's

Bestelauto's onderscheiden zich van personenauto's onder meer door een wat grotere massa (gemiddeld ca. 1500 kg) en een hogere zwaartepuntsligging. Twee kenmerken die hogere eisen stellen aan een afschermingsvoorziening. Bij zware inrijcondities zal een op personenauto's afgestemde afschermingsvoorziening dan ook niet voldoen voor bestelauto's. Zijn de inrijcondities minder zwaar, dan mag een gunstiger verloop van het ongeval worden verwacht.

#### Vrachtauto's + bussen

Door hun grote massa, hoge zwaartepuntsligging en grote wieldiameter zullen vrachtauto's en bussen een relatief lage afschermingsvoorziening gemakkelijk kunnen overschrijden. Alleen bij kleine inrijhoeken is nog geleiding mogelijk. In het algemeen is te verwachten dat voor van de rijbaan afgeraakte vrachtauto's en bussen het verloop van het ongeval bij aanwezigheid van een lage afschermingsvoorziening niet ongunstiger zal zijn dan bij afwezigheid ervan.

### 3.2.3. Secundaire aanrijdingen

Secundair gevaar ten gevolge van een aanrijding van een personenauto met een afschermingsvoorziening moet voorkomen worden. Hiervan kan in tweeërlei opzicht voor andere weggebruikers sprake zijn: een aanrijding met de betrokken personenauto en het gevaar dat een aangereden afschermingsvoorziening kan opleveren.

#### Aanrijding met de betrokken personenauto

Vermeden moet worden dat een personenauto na een aanrijding met de afschermingsvoorziening wordt teruggekaatst. Op enkelbaanswegen kan terugkaatsing onder meer leiden tot frontale botsingen met zeer ernstige afloop.

Als functionele eis dient dan ook te worden gesteld dat de afschermingsvoorziening bij een aanrijding zodanig moet functioneren dat de botsende personenauto bij de constructie blijft. Tevens mag het voertuig niet op de hoofdrijbaan of parallelweg tot stilstand komen.

N.B. Naast het vermijden van secundaire aanrijdingen wordt met deze eis tevens bereikt dat de betrokken personenauto geen secundaire botsing krijgt met obstakels e.d. (bijvoorbeeld als de auto de rijbaan overschiet en in de andere berm terecht komt).

#### Gevaar van een aangereden afschermingsvoorziening

De afschermingsvoorziening moet zodanig functioneren dat na een aanrijding de afschermingsvoorziening (of delen ervan) geen gevaar voor andere weggebruikers op de hoofdrijbaan of parallelweg oplevert (opleveren). Dit houdt in dat de afschermingsvoorziening slechts over een zo gering mogelijke breedte mag uitwijken en dat ten gevolge van een aanrijding geen delen van de afschermingsvoorziening weggeslingerd mogen worden.

### 3.3. Post-crash voorwaarden

De afschermingsvoorziening moet zodanig ver van de rijbaan opgesteld kunnen worden dat er bergingszone overblijft. De functionele eis die hier kan worden gesteld sluit aan bij die gesteld op grond van de pre-crash voorwaarden, namelijk een zo gering mogelijke benodigde breedte van de afschermingsvoorziening.

### 3.4. Voorwaarden wegbeheer

Voorwaarden die onder meer vanwege kosten voor aanschaf en onderhoud van belang zijn voor de wegbeheerder zijn:

- lage aanschaf- en plaatsingskosten;
- lage reparatiekosten (bij voorkeur bij lichte en middelzware aanrijdingen geen reparatiekosten);
- geen onderhoud;
- lange levensduur;
- bestand tegen vandalisme;
- bermonderhoud moet kunnen plaatsvinden;
- waterafvoer van de rijbaan mag niet belemmerd worden.

N.B. In samenhang met het goed functioneren van de afschermingsvoorziening zal ook de berm aan bepaalde eisen moeten voldoen.

### 3.5. Samenvatting functionele eisen

#### Wegtype, boogstralen en voertuigtype

De afschermingsvoorziening voor niet-autosnelwegen dient afgestemd te zijn op:

- de wegtypen autoweg en weg met een gesloten verklaring (voorstel);
- een minimum boogstraal van 100 m;
- de personenauto.

#### Pre-crash voorwaarden

De afschermingsvoorziening dient aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- geen afbreuk doen aan de visuele geleiding; zo mogelijk deze bevorderen;
- een zo gering mogelijke hoogte (beduidend lager dan bijvoorbeeld geleiderailconstructies);
- breedte niet meer dan ca. 1 m (bij voorkeur smaller);
- vormgeving afwijkend van die van de geleiderailconstructie.

#### Crash voorwaarden

De afschermingsvoorziening dient met betrekking tot aanrijdingen met personenauto's aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- voorkomen dat een personenauto in de gevarenzone belandt;

- voorkomen dat de personenauto wordt teruggekaatst; dit houdt in dat de personenauto na een aanrijding bij de constructie dient te blijven;
- de inzittenden mogen geen ernstig letsel oplopen;
- goed functioneren voor aan de linker- dan wel aan de rechterkant van de rijbaan afgeraakte personenauto's;
- geen gevaar bij begin- en eindpunten;
- goed functioneren in bogen met een minimum straal van 100 m ;
- de goede werking mag niet belemmerd worden door vervuiling.

Bovenstaande voorwaarden dienen voor rechte wegen te gelden onder de volgende inrijcondities van personenauto's (inrijnsnelheid en inrijhoek): 80 km/u en 20°, 70 km/u en 25° en 60 km/u en 30°. Voor bogen dienen de inrijcondities aan de grootte van de boogstraal gekoppeld te worden.

De afschermingsvoorziening dient met betrekking tot overige categorieën vervoermiddelen aan de volgende voorwaarde te voldoen:

- het gevaar van een aanrijding met de afschermingsvoorziening voor van de rijbaan afgeraakte overige categorieën vervoermiddelen mag niet groter zijn dan wanneer er geen afschermingsvoorziening is geplaatst.

De afschermingsvoorziening dient met betrekking tot secundaire aanrijdingen met overige weggebruikers aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- de botsende personenauto dient bij de afschermingsvoorziening te blijven;
- de betrokken personenauto mag niet op de rijbaan of de parallelweg tot stilstand komen;
- na een aanrijding mag de afschermingsvoorziening (of delen ervan) geen gevaar voor overige weggebruikers opleveren.

#### Voorwaarden wegbeheer

De afschermingsvoorziening dient aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- lage aanschaf- en plaatsingskosten;
- lage reparatiekosten (bij voorkeur bij lichte en middelzware aanrijdingen geen reparatiekosten);
- geen onderhoud;
- lange levensduur;
- bestand tegen vandalisme;
- bermonderhoud moet kunnen plaatsvinden;
- waterafvoer van de rijbaan mag niet belemmerd worden.

#### 4. INVENTARISATIE VAN BESTAANDE AFSCHERMINGSVOORZIENINGEN

##### 4.1. Inleiding

Wat de vormgeving betreft is een van de belangrijkste functionele eisen dat de hoogte van de afschermingsvoorziening voor niet-autosnelwegen be-  
duidend geringer dient te zijn dan die van een geleiderailconstructie.  
Dit houdt in dat van de te inventariseren continu verlopende afscher-  
mingsvoorzieningen de stalen geleiderailconstructies (hoogte ca. 75 cm)  
en de betonnen geleideconstructietypen zoals General Motors en New Jersey  
(hoogte ca. 80 cm) niet in aanmerking komen. Over blijven in hoofdzaak  
(betonnen) voorzieningen met een maximale hoogte van ca. 35 cm, met uit-  
zondering van één constructie die een hoogte heeft van ca. 55 cm.

De betreffende voorzieningen, die alle geheel van beton zijn vervaardigd,  
zijn te splitsen in twee groepen. De eerste groep is in principe bedoeld  
voor de (visuele) begrenzing van de rijbaan. Deze voorzieningen zijn in  
het algemeen dan ook niet hoger dan ca. 15 cm. Voertuigen kunnen hier  
meestal gemakkelijk overheen rijden.

De tweede groep is bedoeld voor de fysieke geleiding van van de rijbaan  
afgeraakte personenauto's. Het is dan ook ca. 10 tot 15 cm hoger dan die  
van het eerste type.

Bij de inventarisatie zal alleen de groep hogere typen (betonnen) banden,  
die verder met geleidebanden zullen worden aangeduid, betrokken worden.

##### 4.2. Beschrijving van de verschillende typen geleidebanden

De verschillende typen geleidebanden zijn in hoofdzaak in de jaren vijf-  
tig en zestig ontwikkeld en beproefd. De Amerikaanse staat California is  
hierin het meest actief geweest. De hier ontworpen eerste serie 9"-gelei-  
debanden met een hoogte van 23 cm zijn als volgt te onderscheiden (voor  
de profiel-vorm zie Afbeelding 2):

- rechte of schuin verlopende voorzijde (vijf profielen);
- ondersneden voorzijde (vier profielen);
- ondersneden voorzijde voorzien van een metalen strip (één profiel).

De metalen strip wordt aangebracht met het oogmerk de wrijving tussen  
voertuigband en geleideband te reduceren. Verder zijn er ook nog 12"-  
geleidebanden (hoogte 30 cm) beproefd.



Aangezien de ondersneden typen (al dan niet voorzien van een metalen strip) relatief gezien de beste proefresultaten te zien gaven, is op basis hiervan in California een tweede serie van in totaal vier geleidebanden ontworpen (zie Afbeelding 3). Om de invloed van de hoogte van de geleidebanden op de mate van geleiding te kunnen vaststellen, zijn vulplaten toegepast. De hoogte kan zodoende gevarieerd worden van 9" tot 12" (23 tot 30 cm). Twee typen zijn van beton met een ondersneden voorzijde, en twee van staal (een buis- en een U-balkprofiel).

In de staat California, in Canada en de Bondsrepubliek Duitsland is de betonnen geleideband met ondersneden profiel nog verder ontwikkeld. Dit heeft geresulteerd in drie varianten met een hoogte van ca. 10" (ca. 26 cm) (zie Afbeelding 4). De Duitse geleideband "Elsholz" is het meest bekend.

Geleidebanden met afwijkend profiel zijn ontwikkeld in België en Denemarken (zie Afbeelding 5). De Belgische geleideband is bekend onder de naam Trief-band. De hoogte bedraagt ca. 27 cm; de onderkant loopt schuin op en de bovenkant is enigszins ondersneden. De in Denemarken ontwikkelde D.A.V.-band wijkt sterk af vanwege de aanwezigheid van palen waarmee de geleideband op hoogte wordt gehouden. Met een hoogte van 56 cm is deze geleideband beduidend hoger dan de andere geleidebanden. De geleideband heeft een naar achteren lopend gebogen profiel. De onderkant van de geleideband (hoogte boven wegdek ca. 25 cm) steekt aan de rijbaanzijde ca. 6 cm buiten de palen uit.

Van recente datum is een in Oostenrijk ontwikkelde geleideband "Safeguard" (zie Afbeelding 6). De standaard Safeguard heeft een symmetrische vorm die toepassing in een midden- of tussenberm mogelijk maakt. Vanaf de basis gezien ziet het profiel er als volgt uit: een laag opstaande rand, een naar achteren verlopend gebogen middenstuk en aan de bovenzijde een uitstekende rand. Deze rand is voorzien van een metalen strip ter reducering van de wrijving. De hoogte van de geleideband bedraagt 33 cm. Er zijn twee varianten ontworpen. De ene heeft een asymmetrische vorm voor toepassing in zijbermen en de andere is de standaard uitvoering met een opzetstuk om (volgens de fabrikant) bij het kantelen van het voertuig bij hoge snelheden en grote inrijhoeken te voorkomen alsmede het overschrijden van de geleideband door zwaardere vrachtauto's.

In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de hierboven beschreven geleidebanden. Naast diverse meer algemene gegevens is in de één na laatste kolom de gemiddelde reactiekrachthoogte van de geleideband opgenomen. Hieronder wordt verstaan de gemiddelde hoogte waarop bij een aanrijding de door de geleideband uitgeoefende reactiekrachten op het voertuig werken. Aangezien deze hoogte niet in de literatuur wordt gegeven, is deze geschat. De reactiekrachthoogte is meer bepalend voor de mate van geleiden dan de constructiehoogte. In par. 4.4 zal hierop nader worden ingegaan.

In de laatste kolom wordt de mate van geleiden van de diverse geleidebanden aangegeven. Deze is gebaseerd op uitgevoerde full-scale proeven.

#### 4.3. Full-scale proeven met de geleidebanden

Met de in de vorige paragraaf beschreven geleidebanden zijn in de meeste gevallen full-scale proeven uitgevoerd. Van de proefresultaten is veelal niet meer bekend dan de mate van geleiden (uitgedrukt in geleiden, opklimmen, roll-over e.d.) en de voertuigschade (uitgedrukt in geen, middelmatige en ernstige schade).

Teneinde een indruk te krijgen van het verschil in het geleiden tussen de geïnventariseerde geleidebanden, is als indicator hiervoor de in par. 2.5 besproken geleidingsfactor  $k$  genomen. In de gevallen dat in de literatuur een  $k$ -waarde ( $= v \sin \alpha$ ) was opgegeven, is deze waarde overgenomen. Dit is slechts het geval bij de Trief-band en de Elsholz-band. Van de andere geleidebanden zijn geen waarden van de geleidingsfactoren bekend aangezien ze enkele jaren voor de Trief- en Elsholz-band zijn beproefd.

Ten behoeve van dit consult zijn voor de andere geleidebanden de  $k$ -waarden als volgt bepaald. Als een  $k$ -waarde kon worden vastgesteld op de manier beschreven in par. 2.5, is dit uitgevoerd. Was dit niet mogelijk, dan is per geleideband bij diverse inrijhoeken de  $k$ -waarde bepaald of geschat en vervolgens gemiddeld. Als bij een full-scale proef sprake was van ernstige voertuigschade, dan werd dit bij het vaststellen van de  $k$ -waarde beschouwd als het niet goed geleiden door de geleideband.

Deze pragmatische handelwijze is overigens uitsluitend gevolgd teneinde een maatstaf te verkrijgen voor het onderling vergelijken van de geïnventariseerde geleidebanden. Ter oriëntering zijn de  $k$ -waarden in Tabel 4 vermeld.

#### 4.4. Interpretatie geleidingsfactor k en reactiekrachthoogte

Bij het relateren van de waarden van de geleidingsfactoren k aan de hoogten van de reactiekrachten van de geleideband, kan het volgende worden aangegeven.

Bij een reactiekrachthoogte tot ca. 20 cm komt de geleidingsfactor k in het algemeen niet uit boven de 8 km/u. Er zijn drie uitzonderingen. De eerste betreft curb IX (zie Afbeelding 2) met een reactiekrachthoogte van ca. 28 cm waarbij de k-factor toch slechts 8 km/u bedraagt. Dit is te verklaren door het geringe geleidingsoppervlak van dit type geleideband, waardoor de autoband plaatselijk te veel vervormd, hetgeen het klimmen bevordert. Beide andere uitzonderingen zijn juist tegenovergesteld. Hier bedraagt de reactiekrachthoogte van beide geleidebanden ( C 9" en D 9", zie Afbeelding 3) slechts ca. 17 cm, maar de k-factor ligt ruim boven de 8 km/u. De goede geleidende werking kan worden toegeschreven aan de toepassing van een metalen geleidingsoppervlak in plaats van beton; hierdoor wordt de wrijving tussen voertuigband en geleideband verlaagd. Geleideband C 9" bestaat uit een buis-profiel (k-factor van 11 km/u) en geleideband D 9" uit een staand U-profiel (k-factor van 15 km/u). Het betere resultaat van de laatst genoemde band ten opzichte van C 9" kan ook nu waarschijnlijk weer in verband worden gebracht met het grotere geleidingsoppervlak van D 9".

De 12"-geleidebanden A t/m D (zie Afbeelding 3) met een reactiekrachthoogte van ca. 21-24 cm hebben een k-factor van 15-20 km/u. Geleideband B van beton (ondersneden met metalen profiel) heeft hiervan de hoogste waarde.

Van de 10"-geleidebanden (zie Afbeelding 4) is alleen een k-waarde van de Elsholz-band bekend; deze bedraagt 15 km/u. Van de twee andere geleidebanden zijn geen waarden te bepalen, aangezien er geen of te weinig full-scale proeven mee zijn uitgevoerd. De reactiekrachthoogte van de Elsholz-band bedraagt ca. 21 cm. Wat dit betreft onderscheid dit type geleideband zich niet van de 12"-geleidebanden A t/m D.

Van de geleidebanden met afwijkend profiel (zie Afbeelding 5) bedraagt de k-waarde van de Trief-band slechts 5 km/u, ondanks de totale hoogte van dit type geleideband van ca. 31 cm. De verklaring hiervoor is dat de Trief-band vanaf de basis gezien een oplopend profiel heeft. Het voertuigwiel klimt eerst over een bepaalde hoogte alvorens het geleid wordt.

De reactiekrachthoogte is dan ook afhankelijk van de hoogte die het wiel tegen de constructie opklimt. Ruw geschat kan de reactiekrachthoogte op ca. 15 cm worden gesteld. Op grond van deze geringe hoogte onderscheidt de Trief-band zich wat de geleidingseigenschappen betreft niet veel van de besproken 9"-geleidebanden. Vanwege de schuin oplopende voet van deze geleideband ondervindt het botsende voertuig een gunstige rotatie om zijn langsas die roll-over neigingen van het voertuig reduceert.

De tweede geleideband met een afwijkend profiel is de D.A.V.-band. Deze band heeft een bijzonder hoge k-waarde (25 km/u) vanwege de hoge ligging van de reactiekrachthoogte, nl. ca. 35 cm, hetgeen het gevolg is van het feit dat de geleideband op palen is geplaatst. De totale hoogte van dit type geleideband (56 cm) is dan ook tweemaal zo veel als van de andere typen geleidebanden.

Het meest recent ontwikkelde type geleideband is de "Safeguard". De totale hoogte van deze geleideband bedraagt 33 cm. De reactiekrachthoogte bedraagt 30 cm. Dit is vergeleken met de totale bandhoogte een bijzonder hoge waarde. Bij kleine inrijhoeken zal deze waarde geringer zijn vanwege de schuin oplopende voorzijde waardoor de voertuigwielen aan de aanrijdingszijde over een bepaalde hoogte omhoogkomen. De fabrikant heeft met de Safeguard-geleideband vele proeven met grote snelheid (tot 100 km/u) en grote inrijhoeken (tot  $30^{\circ}$ ) uitgevoerd. In nagenoeg alle gevallen was sprake van geleiding, waarbij het voertuig niet op of over de constructie is geklommen. Hieruit is te berekenen dat de k-waarde van dit type geleideband tenminste 34 km/u bedraagt. Dit is een zeer gunstige waarde die onder meer te verklaren is door de grote waarde van de reactiekrachthoogte, het aangebrachte metalen profiel ter reducering van de wrijving en het oplopende profiel. Bij de proeven is in de meeste gevallen geconstateerd dat de voorwielophanging was beschadigd. Dit is op zich niet verwonderlijk daar de reactiekrachten van de geleideband hierop direct aangrijpen.

## 5. TOETSING BESTAANDE AFSCHERMINGSVOORZIENINGEN AAN DE FUNCTIONELE EISEN

Door hun vorm hebben de geïnventariseerde geleidebanden een dermate grote overeenkomst, dat ze niet elk afzonderlijk aan de functionele eisen getoetst behoeven te worden, maar als groep kunnen worden behandeld. Er is één uitzondering, de D.A.V.-band. Deze op palen geplaatste geleideband met een hoogte van 56 cm voldoet, in tegenstelling tot de andere geleidebanden, niet aan de functionele eisen met betrekking tot de hoogte. De aanwezigheid van palen kan verder voor berijders van tweewielers gevaar opleveren. Bij onderstaande toetsing zal dit type geleideband verder niet meer aan de orde komen.

### 5.1. Pre-crash voorwaarden

De gestelde pre-crash voorwaarden zijn: een afschermingsvoorziening moet laag zijn, niet breder zijn dan ca. 1 m (bij voorkeur smaller), zij mag geen afbreuk doen aan de visuele geleiding en een afwijkende vormgeving hebben vergeleken met de geleiderail.

Gesteld kan worden dat alle typen geleidebanden aan deze voorwaarden voldoen.

### 5.2. Crash voorwaarden

#### Aanrijdingen door personenauto's

● Voorwaarde: "Voorkomen dat een personenauto in de gevarenzone belandt". Deze voorwaarde houdt onder meer in dat de auto niet op de constructie mag klimmen, maar bij voorkeur geleid moet worden. Hiertoe zijn alle geïnventariseerde geleidebanden ontworpen. In het voorgaande is aangegeven dat de geleidingsfactor  $k$  hiervoor als criterium kan worden gehanteerd. Bij de vastgestelde inrijcondities dient deze ca. 30 km/u te bedragen. Uit de gegevens van de geïnventariseerde geleidebanden (Tabel 4) kan worden opgemaakt dat, hoewel er grote verschillen tussen de  $k$ -waarden van de diverse typen geleidebanden zijn, alleen de Safeguard aan het criterium van ca. 30 km/u voldoet. De hoogste waarde van de andere typen geleidebanden bedraagt 20 km/u.

Uit gegevens van proeven met de Safeguard kan worden opgemaakt dat wat de geleidingseigenschappen betreft, een hoogte voor een afschermingsvoorziening tussen de 30 en 40 cm toereikend is.

● Voorwaarde: "Voorkomen dat de personenauto wordt teruggekaatst".  
De terugkaatsing van het voertuig wordt ingeleid door het dynamisch krachtenspel tussen voertuig en constructie. Hoewel geen onderzoekresultaten bekend zijn, mag worden aangenomen dat de ene constructie een geringere terugkaatsing zal geven dan de andere. Echter als een bestuurder ook bij een constructie met een geringe terugkaatsing niet goed reageert - bijvoorbeeld door overcorrectie - ontstaan grote uitrijhoeken die de kans op frontale aanrijdingen vergroot. Als voorwaarde dient dan ook gesteld te worden dat de afschermingsvoorziening de bewegingsvrijheid van het voertuig in dwarsrichting zodanig beperkt, dat ook bij slecht corrigerend gedrag van de bestuurder het voertuig bij de constructie blijft.

Geen van de geleidebanden voldoet aan deze voorwaarde.

● Voorwaarde: "Inzittenden mogen geen ernstig letsel oplopen".  
Van de uitgevoerde full-scale proeven zijn geen gegevens bekend waaruit de mate van letsel is op te maken.

● Voorwaarde: "Goed functioneren voor aan de linker- dan wel aan de rechterkant van de rijbaan afgeraakte personenauto's".  
Alle geleidebanden zijn zodanig ontworpen dat ze van beide kanten kunnen worden aangereden.

● Voorwaarde: "Geen gevaar bij begin- en eindpunten".  
Als de geleidebanden aan de begin- en eindpunten bijvoorbeeld worden afgeschuind, kunnen ze aan deze voorwaarde voldoen.

● Voorwaarde: "Goed functioneren in bogen met een minimum straal 100 m".  
In bogen kan sprake zijn van grotere inrijhoeken dan bij rechte wegen. Als genoemde voorwaarde beperkt blijft tot de geleidingseigenschappen, kan worden gesteld dat, mogelijk met uitzondering van de Safeguard, geen van de geleidebanden aan deze voorwaarde voldoet. Voor de Safeguard is een voorbehoud gemaakt, aangezien hiermee geen proeven in bogen zijn uitgevoerd.

● Voorwaarde: "De goede werking mag niet worden belemmerd door vervuiling".

Gezien de gesloten structuur van alle typen geleidebanden kan bijvoorbeeld zand zich ervoor ophopen. Dit vergroot de kans dat de voertuigen op of over de constructie klimmen.

#### Aanrijdingen door overige categorieën vervoermiddelen

● Voorwaarde: "Het gevaar van een aanrijding met een afschermingsvoorziening voor van de rijbaan afgeraakte overige categorieën vervoermiddelen mag niet groter zijn dan wanneer geen afschermingsvoorziening is geplaatst".

De inschatting is dat alle geleidebanden aan deze voorwaarde voldoen.

#### Secundaire aanrijdingen

● Voorwaarde: "Na een aanrijding mag de afschermingsvoorziening of delen ervan geen gevaar voor overige weggebruikers opleveren".

Volgens de beschikbare kennis lijken alle geleidebanden aan deze voorwaarde te voldoen.

#### 5.3. Voorwaarden wegbeheer

● Voorwaarde: "Lage aanschaf- en plaatsingskosten, lage reparatiekosten, geen onderhoud, lange levensduur, bestand tegen vandalisme".

Gezien de constructieve eenvoud van de geleidebanden lijken alle aan deze voorwaarden aangaande kosten en onderhoud te voldoen.

● Voorwaarde: "Bermonderhoud moet kunnen plaatsvinden".

Deze voorwaarde lijkt geen problemen op te leveren.

● Voorwaarde: "Waterafvoer van de rijbaan mag niet belemmerd worden".

Gezien de gesloten structuur van de geleidebanden kan deze voorwaarde problemen geven. Door middel van eenvoudige aanpassingen lijkt dit evenwel te kunnen worden opgelost.

Resumerend kan worden gesteld: Van alle typen geleidebanden voldoet alleen de Safeguard aan de belangrijke primaire eis dat vermeden moet worden dat personenauto's in de af te schermen gevarenzone belandt. Aan de andere belangrijke primaire eis dat de personenauto bij de constructie dient te blijven, voldoet geen van de typen geleidebanden.

## 6. OVERZICHT CONSTRUCTIEVE ASPECTEN

Het aangeven van constructieve wijzigingen aan de bestaande afschermingsvoorzieningen, indien deze niet aan de functionele eisen zouden voldoen - de derde vraag - kan het beste aan de hand van een aantal constructieve aspecten worden uitgevoerd. Ze zullen worden ontleend aan de functionele eisen en de interpretatie van de testresultaten van de bestaande voorzieningen.

De meest kenmerkende functionele eisen te stellen aan een afschermingsvoorziening zijn:

- een geringe hoogte;
- voorkomen dat een personenauto in de gevarenzone belandt; deze eis kan worden omgezet in: het goed geleiden van de personenauto; een constructiehoogte van 40 cm lijkt toereikend te zijn;
- het bij de constructie blijven van de personenauto;
- het voorkomen van ernstig letsel voor de inzittenden van personenauto's.

De combinatie van de eerste twee functionele eisen is kritisch bij zware inrijcondities: de kans bestaat dat de auto over de constructie heenrijdt of dat de auto een roll-over ondergaat.

Bij de interpretatie van de full-scale proeven reeds aangegeven dat om het overrijden van de constructie te voorkomen de reactiekrachthoogte van een constructie een belangrijke rol speelt. Hieraan kan dan ook worden ontleend:

- Constructief aspect: "De reactiekrachthoogte van de afschermingsvoorziening dient binnen de totale hoogte van de constructie zo hoog mogelijk te liggen".

Uit de inventarisatie van de geleidebanden is bij enkele banden gebleken dat ondanks een relatief hoge ligging van de reactiekrachthoogte de personenauto toch op de constructie krom. Vastgesteld is dat het geleidingsoppervlak te klein was. Anderzijds mag het geleidingsoppervlak niet te groot zijn, omdat hiermee de reactiekrachthoogte naar beneden wordt gebracht. Voor het vaststellen van de grootte van het geleidingsoppervlak



is (experimenteel) onderzoek nodig, waarbij het Safeguard-profiel goede aanknopingspunten biedt. Constructief gezien kan ook slechts het volgende in algemene termen worden aangegeven.

- Constructief aspect: "Het geleidingsoppervlak dient qua grootte zo optimaal mogelijk gekozen te worden".

Uit de full-scale proeven is eveneens gebleken dat een betere geleiding wordt verkregen bij een gladder oppervlak van de geleideband (bijvoorbeeld metaal in plaats van beton).

- Constructief aspect: "Het geleidingsoppervlak dient een zo laag mogelijke wrijvingscoëfficiënt te hebben".

Bij lage afschermingsvoorzieningen kunnen roll-over ongevallen ontstaan omdat het zwaartepunt van het voertuig hoger ligt dan de reactiekrachthoogte van de afschermingsvoorziening. Een methode om de rollende voertuigbeweging in de richting van de constructie te reduceren, is in aanvang (dus voordat geleiding plaats vindt) het voertuig een rollende beweging te laten maken in tegengestelde richting van de constructie. Dit is met betrekking tot de geïnventariseerde geleidebanden min of meer toegepast bij de Trief-band en Safeguard; beide constructies hebben vanaf de voet gezien een gedeeltelijk oplopend profiel.

- Constructief aspect: "De afschermingsvoorziening dient vanaf de voet gezien in aanvang een oplopend profiel te hebben".

De derde belangrijke functionele eis - het bij de constructie blijven van het voertuig - is van belang om secundaire aanrijdingen te voorkomen. Aangezien ten aanzien van de tweede eis is gekozen voor geleiding van het voertuig, dient de derde eis hiermee gecombineerd te worden. Constructief gezien is dit niet eenvoudig te realiseren. Concrete goed functionerende oplossingen zijn niet direct voorhanden. Door middel van (experimenteel) onderzoek dient dit nader onderzocht te worden.

- Constructief aspect: "De afschermingsvoorziening moet zodanig functioneren dat wordt bewerkstelligd dat een personenauto die door de afschermingsvoorziening wordt geleid, bij de constructie blijft".

De vierde kenmerkende eis - het voorkomen van ernstig letsel voor de inzittenden - heeft onder meer te maken met de grootte van de optredende

voertuigvertragingen. Bij aanrijdingen met geleiderailconstructies worden deze gereduceerd door uitbuiging van de constructie en vervorming van carrosseriedelen.

Bij lage afschermingsvoorzieningen grijpen bij een aanrijding de krachten aan op laag gelegen harde constructiedelen (wielophanging). In hoeverre dit voor de inzittenden onacceptabele voertuigvertragingen geeft, is zonder nader onderzoek (bijvoorbeeld met behulp van mathematische simulaties) niet aan te geven. De full-scale proeven met de geïnventariseerde geleidebanden geven hieromtrent ook geen informatie.

Mocht uit nader onderzoek blijken dat de afschermingsvoorzieningen de grootte van de optredende voertuigvertragingen dienen te reduceren, is het volgende aspect van belang.

- Constructief aspect: "De afschermingsvoorziening dient van een flexibele of deformeerbare inrichting te zijn voorzien ten einde de grootte van de optredende voertuigvertragingen te reduceren (indien de noodzaak hiervan door nader onderzoek is aangetoond)".

## 7. MOGELIJKE CONSTRUCTIEVE WIJZIGINGEN AAN BESTAANDE AFSCHERMINGSVOOR- ZIENINGEN

De in het vorige hoofdstuk geformuleerde constructieve aspecten met betrekking tot afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen kunnen als volgt worden samengevat:

- een zo hoog mogelijke ligging van de reactiekrachthoogte binnen de totale hoogte van ca. 40 cm;
- een geleidingsoppervlak met een zo optimaal mogelijke grootte;
- een geleidingsoppervlak met een zo laag mogelijke wrijvingscoëfficiënt;
- een voet met een oplopend profiel;
- zodanig functioneren dat het voertuig bij de constructie blijft;
- uitgerust met een flexibele inrichting om de grootte van de optredende voertuigvertragingen te reduceren (indien de noodzaak hiervan is aangetoond).

Op grond van de eerste vier punten voldoet de Safeguard-geleideband, en zijn een of meerdere bestaande geleidebanden waarschijnlijk wel aan te passen. Het op actieve wijze voorkomen van terugkaatsing vergt de toepassing van een mechanisme dat ook bij onjuist corrigeren van de bestuurder goed functioneert. Met de bestaande geleidebanden is dit niet te realiseren.

Als uit nader onderzoek mocht blijken dat een flexibele inrichting noodzakelijk is, is dit met de geleidebanden van beton eveneens niet te realiseren. Geleidebanden van metaal zijn in meer of mindere mate deformeerbaar te maken.

Resumerend: Als een afschermingsvoorziening moet voldoen aan alle gestelde functionele eisen dan kan mede aan de hand van de geformuleerde constructieve aspecten worden geconcludeerd dat dit met de bestaande voorzieningen niet te realiseren is.

## 8. BESCHRIJVING VERKENNEND ONDERZOEK NAAR EEN TE ONTWIKKELEN NIEUW TYPE AFSCHERMINGSVOORZIENING

### 8.1. Inleiding

De vierde vraag betreft het verzoek aan te geven wat de mogelijkheden zijn een nieuwe afschermingsvoorziening te ontwikkelen die aan de functionele eisen voldoet. Ten aanzien van een nieuw ontwerp kan het volgende worden opgemerkt.

In het vorige hoofdstuk is aangegeven dat de eerste vier constructieve aspecten, die te maken hebben met de geleiding van het voertuig, waarschijnlijk niet moeilijk te realiseren zijn. Met betrekking tot het vijfde aspect (het zodanig functioneren dat het voertuig bij de constructie blijft) is in Hoofdstuk 6 opgemerkt dat constructieve oplossingen niet direct voorhanden zijn en dat experimenteel onderzoek noodzakelijk is. Het aspect betreffende een flexibele inrichting lijkt met een nieuwe voorziening wel op te lossen te zijn. Gedacht kan worden het profiel, dat voor de geleiding van het voertuig zorgt, bij een aanrijding naar achteren te laten uitbuigen. De mate van uitbuiging kan tevens met het nader te verrichten onderzoek worden vastgesteld.

Om te kunnen aangeven of het aspect betreffende het bij constructie blijven van het voertuig te realiseren is, is (experimenteel) onderzoek noodzakelijk. Hiertoe is een verkennend onderzoek uitgevoerd.

### 8.2. Doel onderzoek

Het doel van het verkennend onderzoek was na te gaan of het constructief gezien mogelijk is een personenauto die door een lage constructie wordt geleid, tevens

- bij de constructie te houden;
- af te remmen tot stilstand;
- het vertragingsniveau van het voertuig te reduceren.

Hiertoe zijn een aantal constructies ontworpen die vervolgens zijn beproefd. De diverse varianten zijn opgebouwd uit een inlooprail en een geleiderail. Het principe berust op de volgende werkingswijze. Het voorwiel (en eventueel ook het achterwiel) aan de aanrijdingszijde passeert de eerste rail (de inlooprail) en wordt vervolgens geleid door de tweede

rail. Door klemming van het wiel(en) dient het voertuig tot stilstand te worden gebracht. Hiertoe is het noodzakelijk dat de achterrail deformeerbaar is.

Diverse proeven zijn uitgevoerd om vast te stellen bij welke hoogte en stijfheid van de rails en bij welke onderlinge afstand een goede geleiding en afremming plaats vindt.

### 8.3. Uitvoering

De diverse ontwikkelde varianten zijn steeds aan een kleine serie van twee, drie à vier proeven onderworpen. Geconstateerde fouten leidden tot een nieuwe variant die vervolgens weer werd beproefd. In totaal zijn 6 varianten ontwikkeld en 20 proeven uitgevoerd.

De volgende proefvoertuigen zijn gebruikt: Opel Kadett, Austin Allegro en Fiat 131, met de volgende massa's (leeg): resp. 835, 800 en 1000 kg.

De proeven zijn bemand (met bestuurder) uitgevoerd. De inrijcondities waren niet zwaar: de inrijnsnelheid varieerde van 15 tot 50 km/u en de inrijhoek van  $10^{\circ}$  tot  $30^{\circ}$ .

De hoogte van de beproefde varianten bedroeg 30 à 40 cm. De constructies waren opgebouwd uit segmenten met een lengte van 1 m. Het aantal segmenten varieerde bij de proeven van 5 tot 9.

De proeven zijn in de periode van september 1983 tot en met juli 1984 uitgevoerd door Technisch Bureau "Van Schie" te Strijen.

De aanrijdingen zijn met een 16 mm camera op film vastgelegd.

### 8.4. Resultaten

Het algemene concept van de constructies was zodanig dat de achterrail zowel voor de geleiding van het voertuig diende zorg te dragen als, in combinatie met de eerste rail, voor klemming van de voertuigband(en) aan de aanrijdingszijde. Bij de eerste variant was de achterrail te stijf, waardoor het voertuig, mede ten gevolge van de hoogte van de inlooprail (voorste rail), over de achterrail reed. Bij een volgende variant bleek de achterrail te slap te zijn, waardoor deze te veel vervormde. De laatste genoemde variant is vervolgens door middel van detailverbetering gewijzigd en weer beproefd.

Aangezien niet een duidelijk zichtbaar betere werking werd verkregen, is

een principieel anders functionerende variant ontworpen. Op basis van een aantal deelbeproevingen zijn daarbij nog diverse constructieve aanpassingen gemaakt. Dit resulteerde in een variant (concept-A) die het voertuig goed geleide en bij de constructie hield. Gezien de korte lengte van de constructie (9 m) kon niet worden beoordeeld of het voertuig tot volledig stilstand zou zijn gebracht. Wel kon aan de hand van sporen worden vastgesteld dat van afremming sprake was.

#### 8.5. Conclusie

De ontwikkeling en beproeving van diverse varianten heeft geleid tot een constructie (concept-A) dat onder lichte aanrijdingscondities een in principe goede werking vertoonde, namelijk dat het voertuig goed geleide en bij de constructie hield.

Nader onderzoek is noodzakelijk om vast te stellen of de constructie of varianten hierop ook onder zwaardere aanrijdingscondities (de in dit consult aangegeven inrijcondities) goed functioneert, of het vertragingsniveau hierbij acceptabel is en of het voertuig tijdens het geleiden binnen een relatief korte afstand volledig tot stilstand wordt gebracht.

## 9. CONCLUSIE

Vanwege diverse bezwaren is de toepassing van geleiderailconstructies op niet-autosnelwegen minder geschikt. Functionele eisen die zijn opgesteld voor specifieke afschermingsvoorzieningen voor deze typen wegen geven dit aan. In het consult is een keuze gemaakt de afschermingsvoorzieningen af te stemmen op de wegtypen: autoweg en weg met een gesloten verklaring en op bogen met een minimum boogstraal van 100 m. Op basis van ongevalcijfers is vastgesteld dat de afschermingsvoorzieningen op personenauto's afgestemd dienen te worden. Door het plaatsen van een afschermingsvoorziening mogen van de rijbaan afgeraakte overige categorieën weggebruikers geen extra risico lopen.

Functionele eisen zijn opgesteld waaraan afschermingsvoorzieningen voor niet-autosnelwegen moeten voldoen. De meest kenmerkende zijn: geringe hoogte; voorkomen dat een personenauto in de gevarezone belandt; bij een aanrijding dient de personenauto bij de constructie te blijven vanwege het gevaar van secundaire ongevallen; het voorkomen van ernstig letsel.

Bestaande afschermingsvoorzieningen (de zogenaamde geleidebanden) voldoen aan de functionele eis met betrekking tot de hoogte. Van de geïnventariseerde typen geleidebanden voldoet alleen de Oostenrijkse Safeguard geleideband aan de eis dat voorkomen moet worden dat een personenauto in de gevarezone belandt; andere typen zijn wellicht aan te passen. Geen van de geleidebanden functioneert zodanig dat na de aanrijding de bewegingsvrijheid van het voertuig in dwarsrichting wordt beperkt; aanpassingsmogelijkheden lijken niet voorhanden te zijn. Het is nog de vraag of bij een aanrijding met een bestaande geleideband van beton de voertuigvertragingen op een voor de inzittenden acceptabel niveau liggen vanwege het ontbreken van flexibiliteit. Aanpassingen in deze zin lijken niet mogelijk.

Verkennd (experimenteel) onderzoek is uitgevoerd om te kunnen aangeven of het in principe mogelijk is bij een aanrijding met een lage afschermingsvoorziening een geringe voertuigvertraging te realiseren en het voertuig bij de constructie te houden. Dit heeft geresulteerd in een nieuw type afschermingsvoorziening dat onder lichte beproevingscondities

in staat is het voertuig goed te geleiden en bij de constructie te houden. Aangezien de langsgeleider van de constructie flexibel is uitgevoerd, geeft een aanrijding minder hoge vertragingniveau's dan bij de betonnen geleidebanden. Nader onderzoek is noodzakelijk om na te gaan of de nieuwe constructie ook goed functioneert bij zware beproevingscondities en of de constructie in staat is het voertuig binnen een relatief korte afstand tot stilstand te brengen.



## LITERATUUR

### In het consult aangegeven literatuurverwijzingen

Dunlap, D.F. (1973). Barrier-curb redirection effectiveness. In: Highway Research Record Number 460, 1973.

RONA (1984). Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen (voorlopig). Hoofdstuk II, Dwarsprofielen. Commissie RONA, Werkgroep Dwarsprofielen, november 1984 (Niet gepubliceerd).

Schoon, C.C. (1982). RIMOB - Obstakelbeveiliger met rimpelbuizen; Een overzicht van de functionele eisen te stellen aan obstakelbeveiligers en een beschrijving van de ontwikkeling en beproeving van een obstakelbeveiliger met rimpelbuizen. R-82-38. SWOV, Leidschendam, 1982.

Schoon, C.C. (1984). Nadere interpretatie van gegevens van wegbermkenmerken van het onderzoek Noord-Brabant. SWOV, Leidschendam, 1984 (Niet gepubliceerd).

Schoon, C.C. (1985). Aanrijdingen met in stijfheid verschillende typen geleiderailconstructies; Een beschrijving van de ernst en mate van terugkaatsing van aanrijdingen tegen geleiderailconstructies. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schoon, C.C.; Pol, ing. W.H.M. van de & Jordaan, D.J.R. (1985). Aanrijdingen met de betonnen geleideconstructietypen General Motors en New Jersey; Een beschrijving van verschillen en de gevolgen bij aanrijdingen en de mogelijkheden ter verbetering. SWOV, Leidschendam, 1985.

Ten behoeve van de literatuurstudie geraadpleegde literatuur

Dunlap, D.F.; Grote, Ph.; Fram, D.M. & Mashinter, W. (1972). Investigation of the dynamic impact characteristics of roadside structures. Final Report Report P.B. 230.468. University of Michigan, Highway Safety Research Institute, 1972.

Dunlap, D.F. (1972). Redirective effectiveness of barrier curbs. Hit Lab reports, Volume 3, Number 2. University of Michigan, Highway Safety Research Institute, 1972.

Dunlap, D.F. (1973). Barrier-curb redirection effectiveness. In: Highway Research Record Number 460, 1973.

Dunlap, D.F. (1973). Curb-guardrail vaulting evaluation. In: Highway Research Record Number 460, 1973.

Elsholz, J. (1968). Versuche über die Ablenkwirkung von Bordschwellen. Strasse und Autobahn 19 (1968) 4 (April).

Jehu, V.J. (1964). Safety fences and kerbs. Traffic Engineering and Control 5 (1964) 9 (January).

Jehu, V.J. (1967). The D.A.V. and blocked-out beam crash barriers. RRL Report LR 104. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, 1967.

Lidström, M. & Turbell, Th. (1978). Vågräcken; Litteraturstudie rörande betongräcken och praktiska prov med betongracket Tric-Bloc. VTI-Rapport nr. 158. Statens Väg och Trafikinstitut, Linköping, 1978.

Proenz, P. Untersuchung der Umlenkwirkung einer neuartigen Verkehrsleit-einrichtung aus beton (Safeguard Profil) durch Anpralltests. Safeguard Gesellschaft, Neustadt.

## AFBEELDINGEN 1 T/M 6

Afbeelding 1. Bepaling van de geleidingsfactor  $k (=v \sin\alpha)$  op basis van uitgevoerde full-scale proeven met de Trief-band.

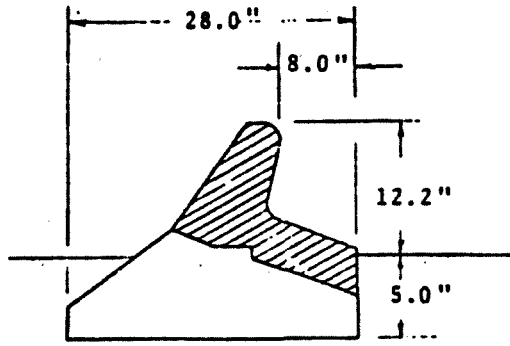
Afbeelding 2. Overzicht van de in de staat California ontworpen en in 1953 beproefde 9"-geleidebanden (+ twee 12"-geleidebanden).

Afbeelding 3. Overzicht van de in de staat California ontworpen en in 1955 beproefde geleidebanden. Met vulplaten werd een hoogte van 9" tot 12" bewerkstelligd.

Afbeelding 4. Overzicht van een aantal 10"-geleidebanden uit de staat California, Canada en de Bondsrepubliek Duitsland.

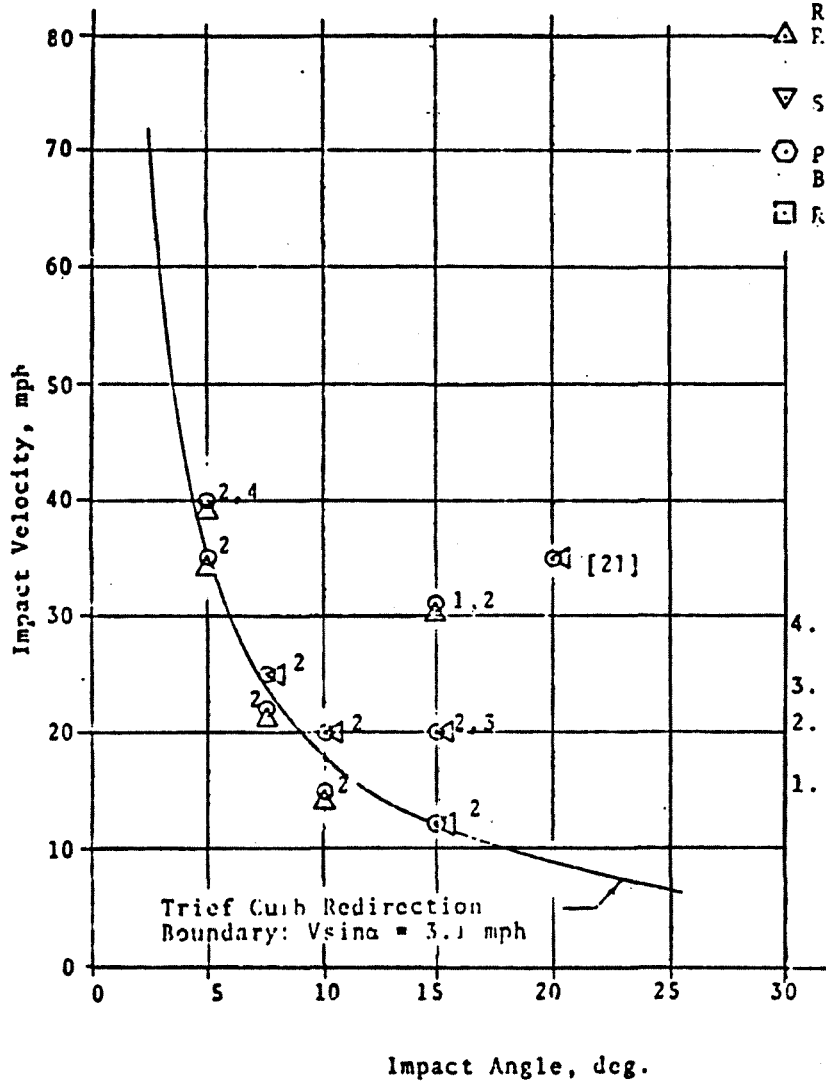
Afbeelding 5. Twee geleidebanden met afwijkend profiel ontwikkeld in België (Trief-band) en Denemarken (D.A.V.-band).

Afbeelding 6. De meest recent in Oostenrijk ontwikkelde geleideband Safeguard (met twee varianten).



Belgian Trief Curb [16]

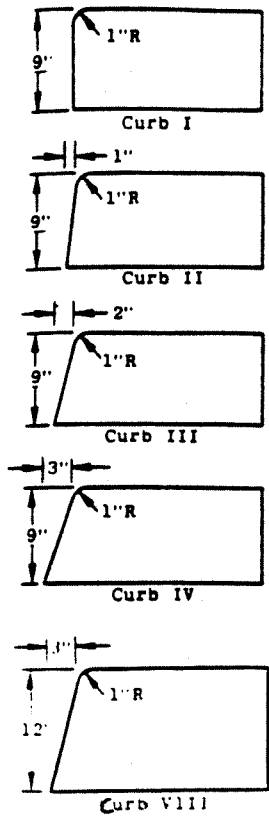
- Slight, or No Damage
- Moderate Damage
- ⊙ Severe Damage
- Total Loss
- ▷ Mount, Front Only
- ◁ Mount, Front & Rear
- △ Redirection
- ▽ Steering Damage
- ⊙ Penetration, Break Through
- ⊠ Roll-Over



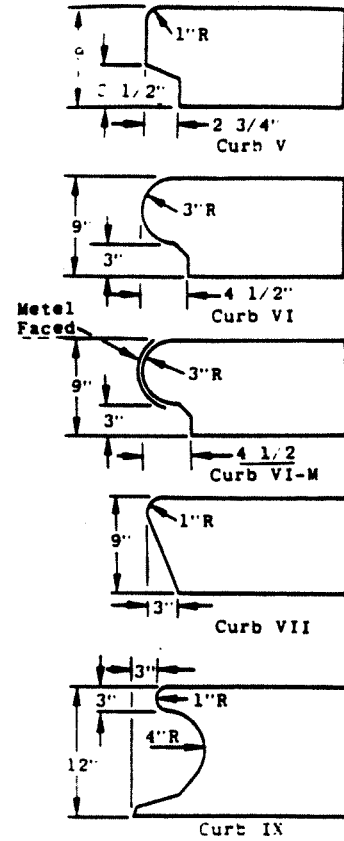
- 4. Some body Scraping
- 3. Wet limit
- 2. Standard Vanguard Vehicle
- 1. Deliberate driver input just prior to impact.

Afbeelding 1. Bepaling van de geleidingsfactor  $k (=v \sin \alpha)$  op basis van uitgevoerde full-scale proeven met de Trief-band.

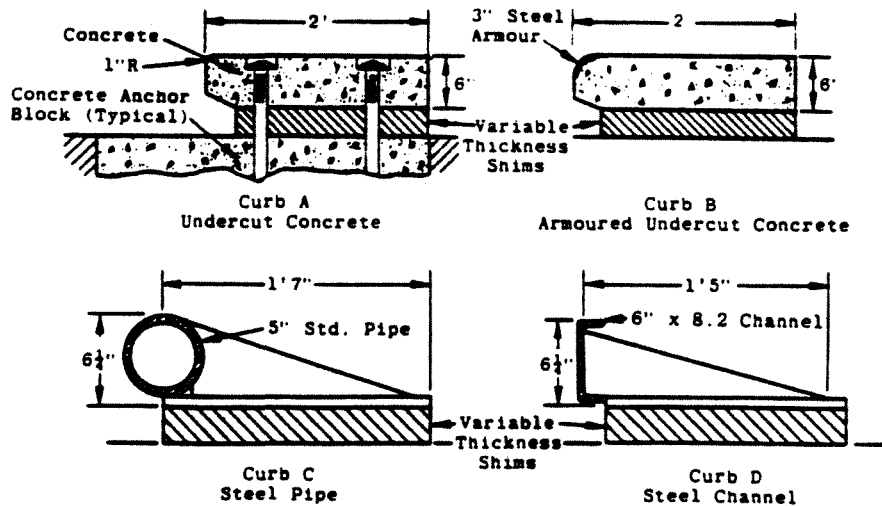
Rechte voorzijde



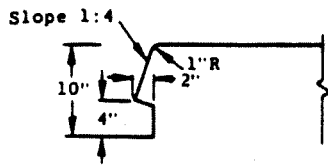
Ondersneden voorzijde



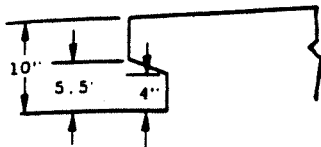
Afbeelding 2. Overzicht van de in de staat California ontworpen en in 1953 beproefde 9"-geleidebanden (+ twee 12"-geleidebanden).



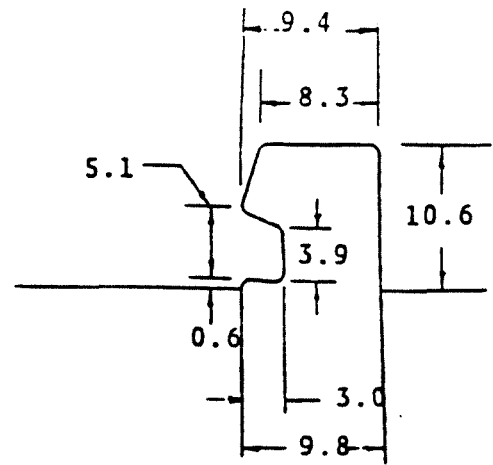
Afbeelding 3. Overzicht van de in de staat California ontworpen en in 1955 beproefde geleidebanden. Met vulplaten werd een hoogte van 9" tot 12" bewerkstelligd.



A. California

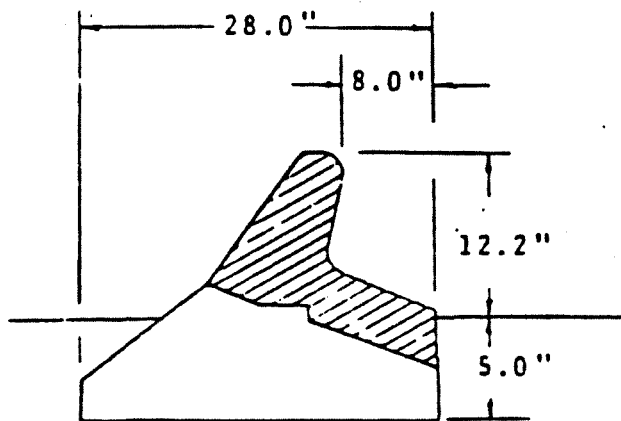


B. Canada

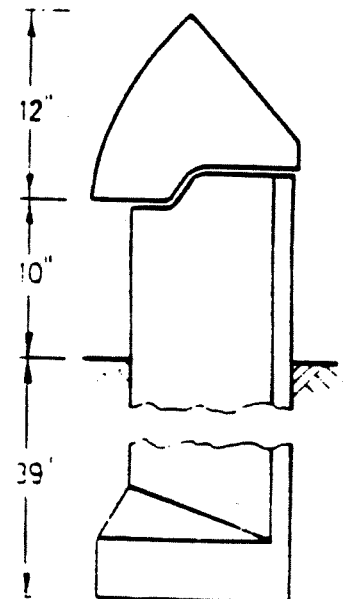


C. West-Duitsland

Afbeelding 4. Overzicht van een aantal 10"-geleidebanden uit de staat California, Canada en de Bondsrepubliek Duitsland.

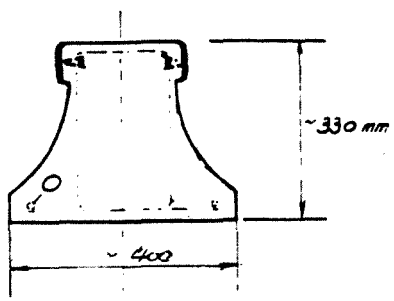


A. Trief-band

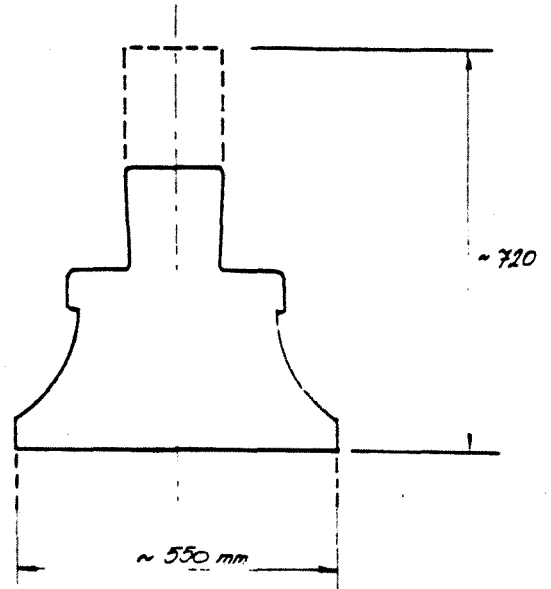


B. D.A.V.-band

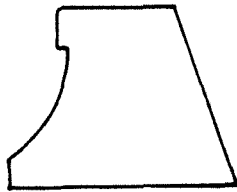
Afbeelding 5. Twee geleidebanden met afwijkend profiel ontwikkeld in België (Trief-band) en Denemarken (D.A.V.-band).



A. Standaard-profiel  
(twee-zijdig)



C. Profiel voor wegen met  
grote voertuigsnelheden



B. Profiel voor  
zijbermen

Afbeelding 6. De meest recent in Oostenrijk ontwikkelde geleideband  
Safeguard (met twee varianten).

TABELLEN 1 T/M 4

Tabel 1. Lengte aan gebogen wegvakken verdeeld naar boogstraalklasse voor de wegtypen autoweg en weg met een gesloten verklaring (Bron: Relatieonderzoek "Noord-Brabant").

Tabel 2. Wegvaklengte van bogen, aantal vast-voorwerpongevallen en aantal vast-voorwerpongevallen per kilometer wegvaklengte verdeeld naar boogstraalklasse (Bron: Relatieonderzoek "Noord-Brabant"; ongevallen met dodelijke afloop en letsel over de periode 1971 t/m 1975).

Tabel 3. De betrokkenheid van het type vervoermiddel bij vast-onderwerpongevallen verdeeld naar wegtype (autoweg en weg met een gesloten verklaring) en gebogen en rechte wegvakken (Bron: Relatieonderzoek "Noord-Brabant"; ongevallen met dodelijke afloop en letsel over de periode 1971 t/m 1975).

Tabel 4. Gegevens over de geïnventariseerde geleidebanden.



| BOOGSTRAAL  | AUTOWEG     |            | WEG MET EEN GESLOTEN VERKLARING |            |
|-------------|-------------|------------|---------------------------------|------------|
|             | Lengte (km) | Percentage | Lengte (km)                     | Percentage |
| 1 - 100 m   | 0,2         | 8,0        | 1,8                             | 4,3        |
| 101 - 250 m | 0,4         | 16,0       | 5,4                             | 13,0       |
| 251 - 500 m | 1,1         | 44,0       | 11,2                            | 27,0       |
| 501 - 750 m | 0,7         | 28,0       | 8,9                             | 21,4       |
| > 750 m     | 0,1         | 4,0        | 14,2                            | 34,2       |
| TOTAAL      | 2,5         | 100        | 41,5                            | 100        |

Tabel 1. Lengte aan gebogen wegvakken verdeeld naar boogstraalklasse voor de wegtypen autoweg en weg met een gesloten verklaring (Bron: Relatieonderzoek "Noord-Brabant").

| BOOGSTRAAL  | WEG MET EEN GESLOTEN VERKLARING |  |   |
|-------------|---------------------------------|--|---|
|             | Wegvak-<br>lengte<br><br>(km)   | Aantal vast-<br>voorwerp<br>ongevallen<br><br>(5 jaar) | Aantal vast-<br>voorwerp<br>ongevallen per km<br><br>(5 jaar) |
| 1 - 100 m   | 1,8                             | 2  | 1,1   |
| 101 - 250 m | 5,4                             | 15   | 2,8   |
| 251 - 500 m | 11,2                            | 29   | 2,6   |
| 501 - 750 m | 8,9                             | 11   | 1,1   |
| ➤ 750 m     | 14,2                            | 24   | 1,7   |
| TOTAAL      | 41,5                            | 81   | 1,9   |

Tabel 2. Wegvaklengte van bogen, aantal vast-voorwerpongevallen en aantal vast-voorwerpongevallen per kilometer wegvaklengte verdeeld naar boogstraalklasse (Bron: Relatieonderzoek "Noord-Brabant"; ongevallen met dodelijke afloop en letsel over de periode 1971 t/m 1975).

| TYPE VERVOER-<br>MIDDEL | AANTAL VAST-VOORWERPONGEVALLEN |                 |        |                                    |                 |        |        |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------|--------|------------------------------------|-----------------|--------|--------|
|                         | AUTOWEG                        |                 |        | WEG MET EEN GESLOTEN<br>VERKLARING |                 |        | TOTAAL |
|                         | Gebogen<br>wegvak              | Recht<br>wegvak | Totaal | Gebogen<br>wegvak                  | Recht<br>wegvak | Totaal |        |
| Personenauto            |                                |                 |        |                                    |                 |        |        |
| abs.                    | 2                              | 17              | 19     | 58                                 | 167             | 225    | 244    |
| %                       | 66,6                           | 94,4            | 90,5   | 93,6                               | 94,9            | 94,6   | 94,2   |
| Vrachtauto/bus          |                                |                 |        |                                    |                 |        |        |
| abs.                    | -                              | -               | -      | 1                                  | 6               | 7      | 7      |
| %                       |                                |                 |        | 1,6                                | 3,4             | 2,9    | 2,7    |
| Bestelauto              |                                |                 |        |                                    |                 |        |        |
| abs.                    | -                              | -               | -      | -                                  | -               | -      | -      |
| %                       |                                |                 |        |                                    |                 |        |        |
| Motor/scooter           |                                |                 |        |                                    |                 |        |        |
| abs.                    | 1                              | 1               | 2      | 3                                  | 3               | 6      | 8      |
| %                       | 33,3                           | 5,6             | 9,5    | 4,8                                | 1,7             | 2,5    | 3,1    |
| TOTAAL                  |                                |                 |        |                                    |                 |        |        |
| abs.                    | 3                              | 18              | 21     | 62                                 | 176             | 238    | 259    |
| %                       | 100                            | 100             | 100    | 100                                | 100             | 100    | 100    |

Tabel 3. De betrokkenheid van het type vervoermiddel bij vast-onderwerp-ongevallen verdeeld naar wegtype (autoweg en weg met een gesloten verklaring) en gebogen en rechte wegvakken (Bron: Relatieonderzoek "Noord-Brabant"; ongevallen met dodelijke afloop en letsel over de periode 1971 t/m 1975).

| Land (staat) van<br>herkomst;<br>type geleide-<br>band | Profiel van de<br>voorzijde | Materiaal    | Zie Afbeelding/<br>nummer | Totale<br>hoogte<br>(cm) | Geschatte<br>gemiddelde<br>reactie-<br>krachthoogte<br>(cm) | Geschatte waarde<br>van de geleidings-<br>factor k<br>(km/u) |
|--|-----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---|--|
| <b>9"-geleidebanden (+ twee 12"-geleidebanden)</b>     |                             |              |                           |                          |   |  |
| <b>California;</b>                                     |                             |              |                           |                          |   |  |
| curb I   | recht                       | beton        | 2/ I                      | 23                       | 12  | 7  |
| curb II  | helling 1:9                 | beton        | 2/ II                     | 23                       | 12  | 7  |
| curb III   | helling 2:9                 | beton        | 2/ III                    | 23                       | 12  | 7  |
| curb IV  | helling 3:9                 | beton        | 2/ IV                     | 23                       | 12  | 5  |
| curb VIII(12")   | helling 3:12                | beton        | 2/ VIII                   | 30,5                     | 16  | 7  |
| curb V   | recht-ondersneden           | beton        | 2/ V                      | 23                       | 16  | 8  |
| curb VI  | rond-ondersneden            | beton        | 2/ VI                     | 23                       | 16  | 5  |
| curb VI-M  | als VI                      | beton/metaal | 2/ VI-M                   | 23                       | 16  | 7  |
| curb VII   | neg.helling 3:9             | beton        | 2/ VII                    | 23                       | 19  | 4  |
| curb IX(12")   | ondersneden                 | beton        | 2/ IX                     | 30,5                     | 28  | 8  |
| <b>9"- en 12"-geleidebanden</b>                        |                             |              |                           |                          |   |  |
| <b>California;</b>                                     |                             |              |                           |                          |   |  |
| curb A 9"  | ondersneden                 | beton        | 3/ A                      | 23                       | 17  | < 6  |
| curb A 12"   | ondersneden                 | beton        | 3/ A                      | 30,5                     | 24  | 15 1)  |
| curb B 9"  | ondersneden                 | beton/metaal | 3/ B                      | 23                       | 15  | < 8  |
| curb B 12"   | ondersneden                 | beton/metaal | 3/ B                      | 30,5                     | 23  | 20 1)  |
| curb C 9"  | buis-profiel                | metaal       | 3/ C                      | 23                       | 17  | 11   |
| curb C 12"   | buis-profiel                | metaal       | 3/ C                      | 30,5                     | 24  | 14 1)  |
| curb D 9"  | staand U-profiel            | metaal       | 3/ D                      | 23                       | 17  | 15   |
| curb D 12"   | staand U-profiel            | metaal       | 3/ D                      | 30,5                     | 24  | < 18   |

Tabel 4. Gegevens over de geïnventariseerde geleidebanden<sup>(1)</sup>

| Land (staat) van herkomst; type geleideband | Profiel van de voorzijde          | Materiaal | Zie Afbeelding/ nummer | Totale hoogte (cm) | Geschatte gemiddelde reactiekrachthoogte (cm) | Geschatte waarde van de geleidingsfactor k (km/u) |
|---|-----------------------------------|-----------|------------------------|--------------------|---|---|
| <u>10"-geleidebanden</u>                    |                                   |           |                        |                    |   |   |
| California; 10"                             | ondersneden<br>bovenhelling 1:4   | beton     | 4/ A                   | 25,5               | 17  | - 2)  |
| Canada ; 10"                                | recht-ondersneden                 | beton     | 4/ B                   | 25,5               | 20  | - 3)  |
| W.Duitsland; Elsholz                        | ondersneden<br>bovenhelling 1:4,5 | beton     | 4/ C                   | 27                 | 21  | 15 5)   |
| <u>Geleidebanden met afwijkend profiel</u>  |                                   |           |                        |                    |   |   |
| België; Trief-band                          | oplopend, hellend                 | beton     | 5/ A                   | 31                 | 15 4)   | 5 5)  |
| Denemarken; D.A.V.                          | gebogen profiel<br>op palen       | beton     | 5/ B                   | 56                 | 35  | 25  |
| <u>Recent ontwikkelde geleideband</u>       |                                   |           |                        |                    |   |   |
| Oostenrijk; Safeguard                       | Sym.profiel laag                  | beton     | 6/ A                   | 33                 | 30  | 34 6)   |
|   | eenz.profiel laag                 | beton     | 6/ B                   | 33                 | 30  | 34 6)   |
|   | Sym.profiel hoog                  | beton     | 6/ C                   | 72                 | 30  | 34 6)   |

Noten:

- 1) Vanwege te weinig testresultaten combinatie van gegevens van de 11" - 12"- geleideband
- 2) Geen proefgegevens beschikbaar
- 3) Slechts gegevens van één proef beschikbaar
- 4) Moeilijk te schatten vanwege het klimeffect van het voorwiel aan de aanrijdingszijde
- 5) Waarde niet berekend cq. geschat maar overgenomen uit de literatuur
- 6) Volgens de resultaten van de door de fabrikant uitgevoerde proeven bedraagt de k-waarde tenminste 34 km/u

Tabel 4. (2)