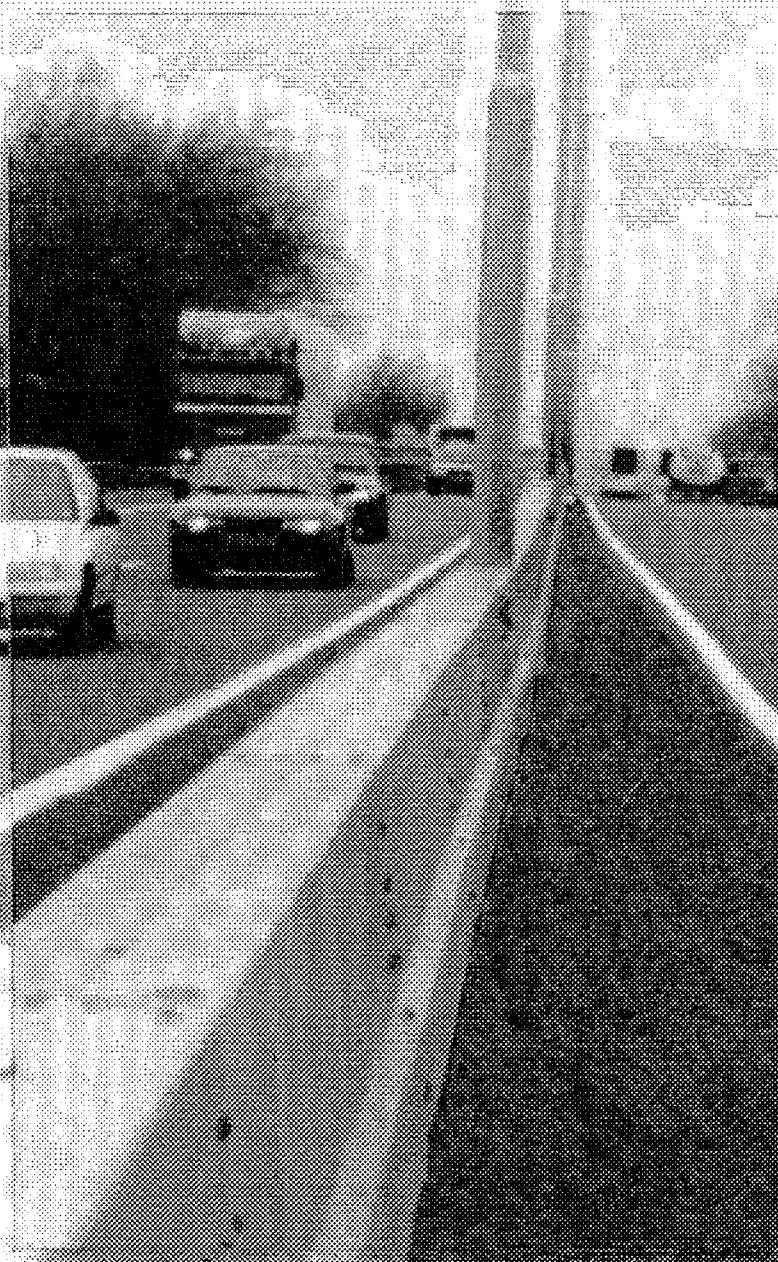


# Stepbarrier, een stap nader!

Geometrisch profiel en constructie



Februari 1995



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Bouwdienst Rijkswaterstaat

# **Stepbarrier, een stap nader!**

Geometrisch profiel en constructie

Februari 1995

---

## **Colofon**

### **Uitgave:**

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Bouwdienst Rijkswaterstaat  
Afdeling Wegontwerp  
Postbus 134, 7300 AC Apeldoorn  
telefoon 055-776277

### **Lay-out:**

Huisstijl van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat voor  
rapporten  
Uitvoering: DHV Milieu en Infrastructuur BV

### **Tekst:**

DHV Milieu en Infrastructuur BV  
Sector Logistiek en Verkeer  
Postbus 1076, 3800 BB Amersfoort  
telefoon 033-682891

---

# Inhoudsopgave

---

---

<b>0 Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2 Varianten</b>	<b>8</b>
<b>3 Algemene eisen</b>	<b>10</b>
<b>4 Geometrisch ontwerp</b>	<b>13</b>
4.1 Beschikbare onderzoeksresultaten	13
4.2 Keuze standaardprofiel	14
<b>5 Ontwerpbelastingen</b>	<b>17</b>
5.1 Algemeen	17
5.2 CEN-richtlijnen	17
5.3 Huidige praktijk	19
5.4 Keuze ontwerpbelasting	20
<b>6 Constructie betonnen Stepbarrier</b>	<b>21</b>
6.1 Starre prefab Stepbarrier	21
6.2 Starre in het werk gestorte Stepbarrier	27
6.3 Starre slipform Stepbarrier	27
6.4 Flexibele prefab Stepbarrier	30
<b>7 Constructie stalen Stepbarrier</b>	<b>34</b>
7.1 Starre stalen Stepbarrier	34
7.2 Flexibele stalen Stepbarrier	36

---

## Bijlagen:

- 1 New-Jersey profiel van een voertuigkering
- 2 Literatuur

## Samenvatting

---

Bij aanrijding van een geleidebarrier is de geometrie van het verticale aanrijdingsvlak in hoge mate bepalend voor het gedrag van het botsende voertuig en daarmee voor de afloop van het ongeval. In het verleden bleek van de destijds beschikbare profielen het New Jersey profiel het meest gunstig. Uit evaluatie-onderzoek is echter gebleken, dat aanrijdingen van de NJ-barrier door kleine voertuigen met hoge snelheden een grote kans op "roll-overs" oplevert (omrollen van het voertuig). In Amerika, Frankrijk en Engeland was dat aanleiding andere profielen te onderzoeken. Op basis van onder andere fullscale botsproeven is geconcludeerd, dat een vlak profiel ("single slope") een mogelijk veiliger alternatief vormt. Uit diverse onderzoeken blijkt, dat een hellingshoek van circa 8° tot 10° voor het aanrijdingsvlak het meest gunstig is. In Nederland neemt de belangstelling voor geleidebarriers toe. Omdat dit een optimalisatie van het profiel en de constructie van de barrier van essentieel belang maakt, is een nieuwe geleidebarrier ontworpen. Conform het huidige beleid dient deze nieuwe barrier in een vervolgproject door middel van botsproeven te worden getest.

De ontworpen geleidebarrier heeft een aanrijdingsvlak met een standaardhelling van 9 gon. De barrier heeft als naam "Stepbarrier". Deze naam dankt de barrier aan een verbreding of stap aan de basis met dezelfde helling als het aanrijdingsvlak boven de stap. De stap heeft als doel voertuigschade bij lichte aanrijdingen te beperken. De afmetingen van de Stepbarrier zijn: hoogte boven het wegdek 900 mm, bovenbreedte 200 mm, basisbreedte 542 mm, staphoogte 250 mm en stapbreedte 50 mm.

Het kerend vermogen van de Stepbarrier is gebaseerd op dat van de huidige geleiderailconstructie. Dit uitgangspunt en de CEN-richtlijnen heeft geresulteerd in een gemiddelde equivalente statische ontwerpbelasting van 135 kN loodrecht op de barrier. De werking van de Stepbarrier mag bij deze belasting niet worden aangetast. De maximale belasting die gedurende een zeer korte tijd optreedt, is waarschijnlijk 2 à 3 zo groot. Bij deze piekbelasting mag de barrier (gedeeltelijk) bezwijken mits het maatgevende voertuig nog op een acceptabele wijze wordt gekeerd.

De Stepbarrier kent verschillende varianten:

- de betonnen, starre uitvoering ter plaatse gestort met een dynamische bekisting (slipform), ter plaatse gestort met een statische bekisting of gebouwd met prefabelementen;
- de betonnen, flexibele uitvoering met prefabelementen;
- de stalen, starre uitvoering;
- de stalen, flexibele uitvoering.

Voor de verschillende varianten van de betonnen Stepbarrier is ingegaan op de verankering, de wapening en de betonsamenstelling. Voor de stalen varianten is ingegaan op de constructie en de verankering.

---

## Summary

---

If a vehicle crashes a safety barrier, the profile or the cross-section outline of the barrier highly determines the behaviour of the vehicle, the damages to the vehicle and the injuries to the vehicle occupants. In the past the New Jersey profile proved to be the best of all available profiles. Evaluation-studies however showed that small vehicles which collide at a high speed with a NJ-barrier are apt to roll-over. This knowledge led in the United States of America, France and the United Kingdom to investigations of alternative profiles. Model simulations and full scale crash tests show that a single slope safety barrier provides a possible, safer solution. Several research projects reveal that a slope-angle between  $8^\circ$  and  $10^\circ$  to the vertical is optimal.

In the Netherlands the highway departments are interested in adapting safety barriers. Therefore it is important to optimize the geometry and the construction of the single slope barrier. A design study is carried out and the results are presented in this report. In conformity with the present Dutch policy the next step in the project will be crash tests to determine the performance of the designed safety barrier.

The safety barrier is called "Stepbarrier". This name refers to the widening or step at the base. The step intends to reduce vehicle damage in case of minor collisions. The slope of the Stepbarrier is 9 gon to the vertical. The standard dimensions are: an initial height above the paved surface 900 mm, width at the top 200 mm, width at the base 542 mm, height of the step 250 mm and width of the step 50 mm.

The level of containment of the Stepbarrier is thought to be similar to the presently applied guardrail constructions. This starting-point and the CEN-guidelines result in an average force of 135 kN perpendicular on the barrier. On the base of this force the stepbarrier has to provide design-vehicle containment without significant deflection or deformation under impact and re-direct errant design-vehicles in a stable manner. The maximum value of the force is probably 2 or 3 times larger during a very short period of time. On the base of this peak-force the Stepbarrier has only to re-direct errant design-vehicles in an acceptable manner.

Different types of the Stepbarrier are designed:

- fixed concrete types: using slip-formed techniques, cast on site within fixed forms and precast;
- flexible concrete type: precast;
- fixed steel type;
- flexible steel type.

Several aspects of the concrete versions are worked out: ground mounding, reinforcement and the concrete for casting. The construction and the ground mounding of the steel versions are also reported.



---

# 1 Inleiding

---

Bij het ontwerp van autosnelwegen gebruikt de ontwerper de Richtlijnen Ontwerp Autosnelwegen (ROA) als toetsingskader. De richtlijnen met betrekking tot de inrichting van bermen zijn opgenomen in hoofdstuk VI "Veilige inrichting van bermen". Hierin is aangegeven dat zogenaamde gevarenzones dienen te worden afgeschermd met een bermbeveiligingsconstructie.

Momenteel zijn voor de afscherming van gevarenzones over grote lengten twee typen bermbeveiligingsconstructies beschikbaar: de geleiderailconstructie en de geleidebarrier. In beginsel gaat de voorkeur uit naar de geleiderailconstructie. De kans op letsel aan de inzittenden en (forse) schade aan het voertuig is bij aanrijding van een geleiderail kleiner dan bij een geleidebarrier. Dit geldt vooral als de (inrij)hoek tussen het botsende voertuig en de constructie groter is dan circa  $10^\circ$  (circa 11 gon).

is dit nog waar?

In het buitenland wordt momenteel de geleidebarrier met name in middenbermen van autosnelwegen op ruimere schaal toegepast dan in Nederland. De ervaringen zijn in een aantal opzichten positief. Hierdoor komt de toepassing van de geleidebarrier ook in Nederland meer in de belangstelling. Recent uitgevoerde studies naar de veiligheid, kosten en beheersaspecten van de geleidebarrier ten opzichte van de geleiderail leren, dat het toepassingsgebied van de geleidebarrier ten opzichte van de huidige ROA enigszins kan worden verruimd [4] [5]. Deze verruiming heeft vooral betrekking op situaties met beperkte ruimte in het dwarsprofiel, hoge verkeersintensiteiten en/of relatief veel vrachtverkeer [17].

De geometrie van het verticale aanrijdingsvlak is in hoge mate bepalend voor het gedrag van een tegen de geleidebarrier botsend voertuig en daarmee voor de afloop van het ongeval. De vigerende richtlijnen geven het zogenaamde New Jersey profiel (NJ) als standaardoplossing (zie bijlage 1). Dit reeds lang geleden in Amerika ontwikkeld profiel bleek van de toen beschikbare profielen het meest gunstig [13]. Inmiddels is met het **NJ-profiel** ruime ervaring opgedaan. Gebleken is dat weliswaar de voertuigschade bij kleine inrijhoeken gering is, maar dat bij een aanrijding van een klein voertuig met hoge snelheid de kans op een "roll-over" (omrollen van het voertuig) relatief groot is. Niet alleen de kans op letsel neemt daarmee sterk toe, maar ook de kans op een meervoudig ongeval. In Amerika, Frankrijk en Engeland is dat aanleiding geweest andere profielen te onderzoeken. Op basis van fullscale botsproeven in deze landen is geconcludeerd, dat een nagenoeg verticaal, vlak profiel (single slope) een mogelijk veiliger alternatief is.

Met name om redenen van beperkte ruimte in het dwarsprofiel en beheer en onderhoud neemt in Nederland de belangstelling voor de geleidebarrier toe. Vanwege deze toenemende belangstelling dient

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



## Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Hoofddirectie van de Rijkswaterstaat

RIJSWATERSTAAT DIRECTIE NOORD-BRABAN						
Reg. kenm.	571					volg nr.
Reg. datum	19 JAN 1996					volg nr.
Class nr.						Bijlage
Object						Dossierkenm.
HID	IVAS	0		Afschrit	AIB	I.k.
CX					AID	+opn
DX					AIE	+nat.
PX					AIW	+oiv
AI					AICE	benr.
IV	0					

Aan  
de Hoofdingenieurs-directeuren  
van de regionale directies en  
de Bouwdienst.

Vlaanderen

Contactpersoon  
ing. S.P. Berrevoet

Datum  
17 januari 1996

Ons kenmerk  
IR 208589

Onderwerp  
Toepassing geleidebarrier met  
STEP-profiel.

Doorkiesnummer  
070 - 3519072

Bijlage(n)  
1 (in 2-voud)

Uw kenmerk

18 JAN. 1996

Geachte heer,

In de vigerende richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen ROA Hoofdstuk VI "Veilige Inrichting van Bermen" wordt door de afscherming van (midden)bermen de mogelijkheid vermeld om daarvoor een betonnen constructie met het profiel "type New Jersey" toe te passen. In de praktijk blijkt dit profiel niet optimaal te zijn. Met name kleinere voertuigen die onder een geringe hoek in botsing komen met die constructie hebben een verhoogde kans om over de kop te slaan.

Op mijn verzoek heeft SWOV het onderzoek "Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering" uitgevoerd. Het betrof een literatuurstudie en een simulatieonderzoek naar de mogelijkheden om het profiel van geleidebarriers (New Jersey profiel) te optimaliseren.

Mede op basis van dat rapport heeft een werkgroep van de Rijkswaterstaat waarin onder meer de Bouwdienst en de Adviesdienst Verkeer en Vervoer waren vertegenwoordigd, de ontwerpeisen vastgesteld van een nieuw type barriër met het z.g. STEP-profiel.

Het specifieke voordeel van het STEP-profiel is dat voertuigen bij zwaardere aanrijdingen goed worden geleid en bij kleine inrijhoeken slechts een geringe kans hebben op schade. In de nota "stepbarrier, een stap nader" wordt ingegaan op de eisen voor de verschillende uitvoeringen (beton en staal) van de stepbarrier. Een exemplaar van deze nota zend ik u hierbij in tweevoud ter kennisneming toe.

Vervolgens is de belangrijkste uitvoeringsvorm van de stepbarrier getest op ware schaal conform de Europese regelgeving (NEN-EN 1317-1 en 1317-2).

Postadres postbus 20906, 2500 EX Den Haag  
Bezoekadres Johan de Wittlaan 3

Telefoon 070-3518080  
Telefax 070-3518335





IR 208589

De uitvoeringsvorm die wellicht over de grootste lengte zal worden toegepast is de betonnen slipformconstructie (gemaakt met glijbekisting). Deze uitvoeringsvorm is om die reden als eerste getest. Daarnaast zijn tests met een prefab betonnen constructie en stalen constructie voorzien.

De resultaten van de tests met de slipform constructie zijn goed te noemen ten opzichte van het voorheen gebruikte profiel (New Jersey profiel). De botsende voertuigen worden goed geleid en de uitrijhoeken zijn beperkt. De vertragingen zijn weliswaar hoog (personenauto), maar voor een botsing met een starre betonnen constructie te verwachten. De belangrijkste verbetering ten opzichte van het oude profiel ligt in het beter geleiden van het voertuig waarbij de kans op over de kop slaan bij een botsing van kleinere voertuigen sterk is afgenomen.

Gelet op het bovenstaande verzoek ik u, vooruitlopend op wijzigingen in de desbetreffende ontwerprichtlijnen, in voorkomende gevallen in plaats van het eerdergenoemde New Jersey profiel voortaan het step-profiel toe te passen.

Hoogachtend,

DE DIRECTEUR-GENERAAL VAN DE RIJKSWATERSTAAT,  
namens deze,  
Hoofd Afdeling Infrastructuur Realisering,

  
drs. A.R. Kop

---

duidelijkheid te worden geschapen over de waarde van het "single slope" profiel door middel van botsproeven. Om deze proeven op ware schaal te kunnen uitvoeren is het noodzakelijk om eerst de geometrie en de constructie van een dergelijke geleidebarrier vast te stellen.

Voorliggende nota omvat een nadere uitwerking van het "single slope" profiel. Tevens zijn voor verschillende varianten de constructieve eisen vastgesteld.

De nota is op verzoek van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van de Rijkswaterstaat door de Bouwdienst Rijkswaterstaat opgesteld. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door een werkgroep met de volgende samenstelling:

- Boer, P.J. de; Bouwdienst Rijkswaterstaat Zoetermeer;
- Bouwman, H.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Zoetermeer;
- Drift, M.J.M. v.d.; Adviesdienst Verkeer en Vervoer;
- Hendriks, R.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Apeldoorn (voorzitter);
- Hoeksma, J.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Utrecht;
- Huisman, Th.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Zoetermeer;
- Konijnenburg, C.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Zoetermeer;
- Overkamp, D.P.; DHV Milieu en Infrastructuur BV (secretaris);
- Pijnenborgh, A.J.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Tilburg;
- Verweij, C.A.; Bouwdienst Rijkswaterstaat Apeldoorn.

---

## 2 Varianten

---

De geleidebarrier die in deze nota aan de orde komt, vindt zijn uitwerking in een aantal verschillende varianten. De varianten verschillen onder andere wat betreft materiaalgebruik, uitvoeringsvorm en verankering. Alvorens verder in te gaan op die varianten volgt hieronder eerst een bespreking van de begrippen "star" en "flexibel" zoals gehanteerd in dit rapport.

### *Starre en flexibele barriers*

Een belangrijk kenmerk van een geleideconstructie is dat deze bij aanrijding een deel van de kinetische energie van het voertuig opneemt. De hoeveelheid energie die wordt opgenomen is afhankelijk van de stijfheid of uitbuiging van de constructie. Op basis van de stijfheid of uitbuiging is een indeling mogelijk van voertuigkeringen naar star/flexibel. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid heeft een flexibele uitvoering in beginsel de voorkeur.

Constructief gezien betekent star, dat de barrier bij een aanrijding niet zijdelings verplaatst. Verkeerskundig gezien kan het begrip "star" ruimer worden geïnterpreteerd. Als de zijdelingse verplaatsing van een barrier ten gevolge van een aanrijding 150 mm of minder is, beschouwt de werkgroep de barrier als star. Dit ruimer begrip van "star" in deze nota is vooral voor de stalen barrier van belang.

### *Betonnen en stalen barriers*

Een barrier kan zowel in beton als staal worden uitgevoerd. Beide materialen hebben een aantal voor- en nadelen, waarop in deze nota niet verder is ingegaan. Zowel de betonnen als de stalen varianten kunnen star dan wel flexibel worden geconstrueerd.

### *Varianten in beton*

In tegenstelling tot de uitvoering in staal zijn er bij de uitvoering in beton verschillende mogelijkheden wat betreft de bouw van de barrier:

- ter plaatse gestort met een dynamische bekisting (slipform);
- ter plaatse gestort met een statische bekisting;
- met prefabelementen.

De betonnen barrier ter plaatse gestort met een dynamische bekisting zal van alle varianten het meest worden toegepast. Deze barrier kent alleen een starre uitvoering evenals de variant ter plaatse gestort met een statische bekisting. Een barrier bestaande uit prefabelementen kan zowel star als flexibel worden uitgevoerd.

### *Uitgewerkte varianten*

Op basis van het voorgaande zijn in voorliggende nota de volgende varianten van de barrier nader uitgewerkt:

- 
- een betonnen, starre uitvoering:
    - \* met prefabelementen (zie paragraaf 6.1);
    - \* ter plaatse gestort met een statische bekisting (zie paragraaf 6.2);
    - \* ter plaatse gestort met een dynamische bekisting (slipform, zie paragraaf 6.3);
  - een betonnen, flexibele uitvoering met prefabelementen (zie paragraaf 6.4);
  - een stalen, starre uitvoering (zie paragraaf 7.1);
  - een stalen, flexibele uitvoering (zie paragraaf 7.2).

### 3 Algemene eisen

---

Een bermbeveiligingsconstructie dient in het algemeen aan de volgende eisen te voldoen.

- 1 De constructie moet voorkomen dat een van de rijbaan geraakt voertuig in een gevarenzone belandt. Het botsende voertuig mag niet door de constructie breken, er over heen rijden of kantelen, dan wel onder de constructie doorschieten.
- 2 De constructie moet zodanig worden uitgevoerd, dat een aanrijding ervan geen (ernstig) letsel aan de inzittenden van het voertuig tot gevolg heeft en schade aan het voertuig en de constructie zo beperkt mogelijk blijft.
- 3 De constructie moet het botsende voertuig zodanig geleiden, dat het niet in de eigen verkeersstroom terugkaatst.
- 4 De constructie moet na een aanrijding zijn functie zoveel mogelijk behouden.

De eisen genoemd onder de punten 2 en 3 hebben betrekking op het verkeersveiligheidsaspect bij aanrijding van de constructie. De voertuigvertragingen tijdens de botsing dienen beperkt te blijven, waarbij vervolgens het voertuig als het ware vastgekleefd aan de constructie zonder roll-over tot stilstand komt. Voor wat betreft de geleidebarrier zijn vooral de geometrische vorm van het aanrijdingsvlak en de mogelijke uitbuiging (flexibiliteit) van de constructie van belang.

De onder de punten 1 en 4 genoemde eisen hebben vooral betrekking op de mechanische sterkte en de stabiliteit van de constructie. Ten gevolge van de bij de botsing optredende krachten van een (maatgevend) voertuig, mag de constructie niet bezwijken en/of niet meer in dwarsrichting verplaatsen dan gezien de situatie is toegestaan.

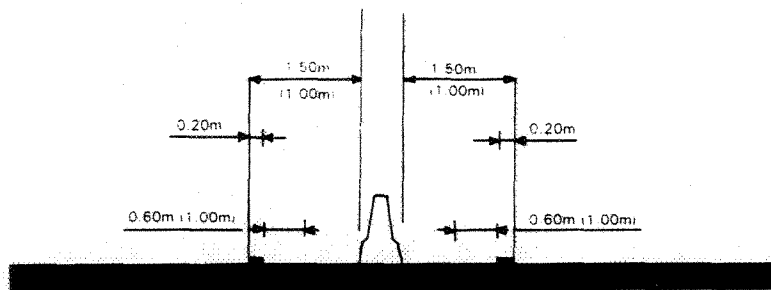
Conform de ROA gaat voor de afscherming van gevarenzones de voorkeur in beginsel uit naar geleiderailconstructies. Deze voorkeur is gebaseerd op het feit, dat de kans op letsel aan de inzittenden en forse schade aan het voertuig bij aanrijding van de geleiderailconstructie kleiner is dan bij een barrier. In situaties met beperkte ruimte in het dwarsprofiel, hoge verkeersintensiteiten en/of relatief veel vrachtverkeer kan de geleidebarrier uit het oogpunt van veiligheid, kosten en beheer een aantrekkelijk alternatief zijn. Er zijn in beginsel tal van wegsituaties denkbaar waar de barrier zou kunnen worden toegepast, maar gezien het voorafgaande moet vooral aan de volgende situaties worden gedacht:

- in tunnels of aquaducten;
- op of onder kunstwerken zoals bruggen en viaducten;
- in geval van krappe dwarsprofielen in midden- en zijbermen van auto(snel)wegen eventueel in combinatie met geluidsschermen.

Vanwege het bijzondere karakter van de twee eerstgenoemde toepassingsgebieden is het nauwelijks mogelijk om hiervoor standaardoplossingen te geven. De aandacht van de werkgroep heeft

zich derhalve toegespitst op smalle middenbermen van auto(snel)-wegen. Uitgaande van ROA-Dwarsprofielen kan de breedte van smalle middenbermen gemeten tussen de kantstrepen variëren van 4,20 m tot 3,00 m; objectafstandsmarge 1,50 m met een minimum van 1,00 m, breedte kantstreep 0,20 m (figuur 1). De breedte van de redresseerstrook bedraagt 0,60 m; bij 2x2-strooks wegen eventueel 1,00 m in verband met het 4-0 systeem bij werk in uitvoering. Smalle middenbermen worden derhalve voor een belangrijk deel van een volledige verharding voorzien. De barrier zal onafhankelijk van de uitvoeringsvorm op een fundering moeten worden geplaatst en voorzover het een starre barrier betreft moeten worden verankerd. Het ligt derhalve voor de hand om de smalle middenberm waarin een barrier wordt toegepast volledig te verharderen.

Figuur 1  
Minimum standaarddwars-  
profiel autosnelwegen



Het ontwerp van de barrier in deze nota is gebaseerd op standaard situaties zoals weergegeven in de ROA. Plaatselijke omstandigheden zullen soms "maatwerk" eisen waarbij het ontwikkelde ontwerp zal moeten worden aangepast. De geometrie van het aanrijdingsvlak van de barrier dient echter onder alle omstandigheden te worden gehandhaafd.

In economische zin en uit het oogpunt van beheer en onderhoud dient de constructie aan verschillende eisen te voldoen [17]. De belangrijkste zijn:

- de benodigde investeringen dienen zo beperkt mogelijk te zijn. Dit geldt zowel bij de fabricage (algemeen gebruikelijke materialen) als bij het aanbrengen van de constructie;
- de constructie moet na een aanrijding snel en eenvoudig kunnen worden hersteld;
- de beheers- en onderhoudskosten dienen beperkt te zijn.

Overige aan de barrier te stellen algemene eisen zijn:

- het ruimtebeslag (basisbreedte) dient zo klein mogelijk te zijn, daar de barrier vooral in situaties met beperkte ruimte in het dwarsprofiel wordt toegepast.
- het oppervlak moet dicht en vlak zijn in verband met de optredende wrijvingen. Hoe kleiner de wrijvingsweerstand tussen voertuig en constructie, hoe kleiner de voertuigvertragingen en hoe kleiner de opklimhoogte van het voertuig [15].



- 
- bij prefab varianten mogen bij voorkeur geen grotere voegen dan 30 mm voorkomen. Grotere voegen kunnen extra voertuigvertragingen opleveren, hetgeen de kans op letsel vergroot.
  - de levensduur van de barrier moet minimaal 20 jaren zijn.
  - de prefab variant moet ook in bogen kunnen worden aangebracht. Dit stelt om redenen van verkeersveiligheid en esthetica beperkingen aan de lengte van een prefabelement (knikken). Ook het transport en het plaatsen van de elementen legt beperkingen aan de lengte op. Anderzijds dient uit oogpunt van kosten de lengte van het prefabelement zo groot mogelijk te zijn.

Uit een verkennend onderzoek blijkt, dat bij een barrier in de middenberm van autosnelwegen de overlevingskans van overstekende dieren iets kleiner is. Afgezien van een afrastering langs de auto(snel)wegen zouden uitsparingen in de barrier in de ecologische trekroutes een verbetering kunnen zijn. De uitsparing mag de afloop van een aanrijding echter niet negatief beïnvloeden.

## 4 Geometrisch ontwerp

---

### 4.1 Beschikbare onderzoeksresultaten

Uit ongevallestudies in de Verenigde Staten blijkt [9] [10] [11], dat kleine voertuigen bij aanrijding van het NJ-barrier relatief vaak tegen de barrier opklimmen en over de kop slaan (roll-overs). Simulatie-onderzoek en botsproeven bevestigen deze bevinding. Naast het NJ-profiel zijn in de Verenigde Staten nog drie andere geometrische vormen van de geleidebarrier onderzocht: een verticale wand, een wand met een hellingshoek van  $8,9^\circ$  en een gemodificeerde NJ-barrier (plaatselijke verbreding aan de bovenzijde). Ook in Engeland [18] en Frankrijk [8] zijn botsproeven op een min of meer verticale wand uitgevoerd. Uit de onderzoeken in het buitenland kunnen in zijn algemeenheid de volgende conclusies worden getrokken:

- een min of meer vlakke verticale wand (single slope) geeft ten opzichte van het NJ-profiel een grote reductie in roll-overs voorzover het lichte personenauto's betreft. Voor zware personenauto's zijn de verschillen kleiner.
- aanrijdingen van een min of meer verticale wand verlopen veel stabielere dan aanrijdingen van een traditioneel gevormde betonnen geleidebarrier, maar de voertuigschade en de voertuigvertragingen zijn groter.
- een hellingshoek van  $8^\circ$  tot  $10^\circ$  (resp. circa 9 en 11 gon) is over het algemeen het meest gunstig ofschoon de verschillen tussen hellingshoeken  $< 10^\circ$  (ca. 11 gon) vrij klein zijn. Uit met name fullscale proeven in Frankrijk blijkt, dat een single slope geleidebarrier met een hellingshoek van  $8^\circ$  gunstiger resultaten oplevert voor wat betreft de vertragingen van het voertuig (letselskans) dan een hellingshoek van  $2^\circ$  [8].

Door de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV is in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer aanvullend (simulatie)onderzoek verricht om de volgende redenen:

- uit de buitenlandse onderzoeken valt niet ondubbelzinnig op te maken welke hellingshoek optimaal is;
- bij lichte aanrijdingen tegen een nagenoeg verticale wand is de kans op voertuigschade groot, omdat de carrosserie de barrier raakt. Nader onderzoek naar de mogelijkheden om met geringe aanpassingen van het profiel de voertuigschade bij lichte aanrijdingen te beperken, was gewenst.

In het onderzoek van de SWOV [16] zijn met drie verschillende voertuigen (TB11, TB32 en TB61, zie tabel 1) vlakke wanden met hellingshoeken van  $2^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $11^\circ$  en  $17^\circ$  beschouwd (resp. circa 2, 7, 12 en 19 gon). Tevens is onderzocht of met een uitbouw aan de basis van de constructie voertuigschade bij lichte aanrijdingen kan worden beperkt (inrijhoek  $< 10^\circ$ ). Door de verbreding of stap treedt bij lichte aanrijdingen alleen wielcontact op. De stap mag echter anderzijds de kans op roll-overs bij zware aanrijdingen niet vergroten. Op basis van verschillende voertuigkenmerken is de

---

hoogte van de uitbouw vastgesteld op 250 mm en zijn breedten van 50 mm en 100 mm gesimuleerd. De verbreding of stap is kenmerkend voor dit type geleidebarrier. De naam "Stepbarrier" is hierop gebaseerd.

De resultaten van het simulatie-onderzoek van de SWOV komen redelijk goed overeen met de onderzoeksresultaten in de Verenigde Staten en Frankrijk:

- de helling van de (step)barrier kan tussen 2° en 11° liggen (resp. circa 2 en 12 gon). Bij grotere hoeken neemt de rolhoek van het voertuig onevenredig toe. Uit het simulatie-onderzoek komt geen optimale hellingshoek naar voren.
- de grootte van de hellingshoek wordt meer bepaald door de kans op schade aan personenauto's dan door het botsgedrag van de voertuigen. De kans dat het voertuig los komt van de grond neemt echter met de grootte van de hellingshoek toe.
- de verschillen in de resultaten tussen het profiel zonder verbreding en het profiel met een verbreding van 50 mm zijn klein. Bij een verbreding van 100 mm zijn de verschillen met name voor de zware personenauto groot.
- een staphoogte van 250 mm is hoog genoeg om lichte en zware personenauto's onder lichte inrijcondities te geleiden, terwijl het voertuig in contact met de constructie blijft (geen uitrijhoek).
- de letselkans is bij aanrijding van de Stepbarrier in beginsel niet groter of kleiner dan bij aanrijding van de NJ-barrier. De kans op "roll-overs" is echter bij de Stepbarrier veel kleiner dan bij het NJ-profiel. In die zin is de kans op letsel bij aanrijding van de Stepbarrier dus kleiner.

De simulatieresultaten lijken voldoende gunstig om de voorgestelde Stepbarrier als potentieel toepasbaar te kwalificeren.

## 4.2 Keuze standaardprofiel

### *Hellingshoek*

Volgens het simulatie-onderzoek van de SWOV kan de hellingshoek tussen 2 en 12 gon worden gekozen. Onderzoeken in het buitenland geven aan dat hellingshoeken tussen 9 tot 11 gon over het algemeen de meest gunstige resultaten opleveren. Uit fullscale proeven in Frankrijk is bovendien gebleken, dat een hellingshoek van 9 gon gunstiger resultaten oplevert dan een hellingshoek van 2 gon. Op basis van deze gegevens kan worden gesteld, dat een hellingshoek van 9 tot 11 gon het meest gunstig is.

Rijbanen van autosnelwegen liggen veelal onder een positieve of negatieve verkanting van 2,5%. Hiermee dient bij de keuze van de hellingshoek rekening te worden gehouden.

De standaard hellingshoek van de Stepbarrier is door de werkgroep op 9 gon gesteld (figuur 2, blad 15). Om redenen van eenvoud en esthetica is de hellingshoek van de stap tevens op 9 gon vastgesteld.

### *Hoogte*

De huidige barriers hebben een standaard hoogte van 0,80 m. In de literatuur wordt vaak aanbevolen de hoogte van de geleide-

barrier te vergroten naar 1,00 m. De hoogte van de Stepbarrier is door de werkgroep op 0,90 m vastgesteld om de volgende redenen:

- de koplampen van tegenliggers zijn door de barrier goed afgeschermd, waardoor discomfort en verblinding nagenoeg niet meer optreedt;
- bestuurders van personenauto's kunnen bij deze hoogte nog (ruim) over de constructie heen kijken (gemiddelde ooghoogte 1,11 m, standaardafwijking 0,051 m). Een mogelijke gevoel van opgeslotenheid zal naar verwachting bij deze hoogte beperkt blijven.
- het kerend vermogen neemt met name voor vrachtauto's met een hoog zwaartepunt iets toe.

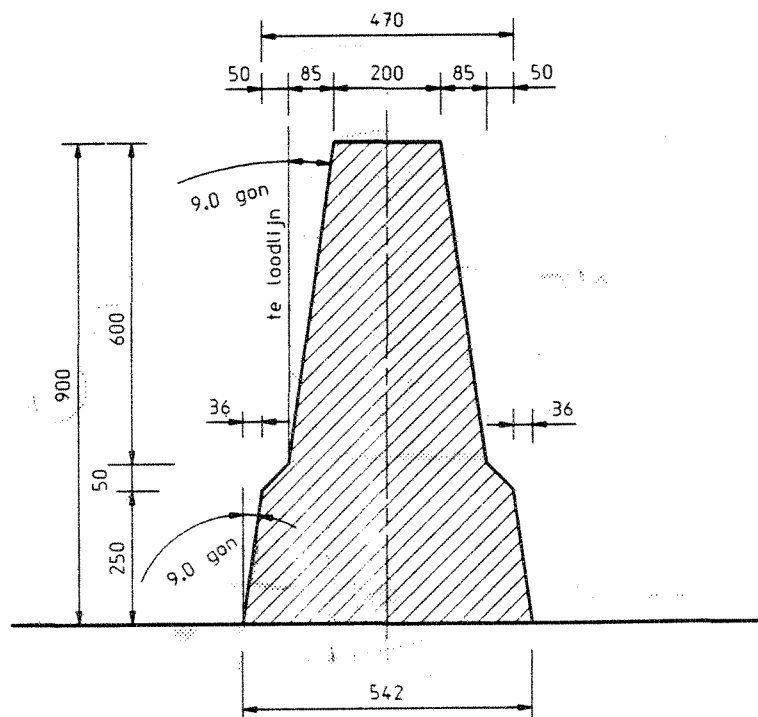
#### **Bovenbreedte**

De standaard bovenbreedte van de betonnen en stalen Stepbarrier is door de werkgroep om drie redenen op 200 mm gesteld:

- het storten van de betonnen barrier is in samenhang met de aanwezige wapening eenvoudiger dan bij een bovenbreedte van bijvoorbeeld 150 mm;
- om bij de gekozen hellingshoek van 9 gon en een stapbreedte van 50 mm vooral voor de stalen uitvoering een voldoende brede basis te krijgen;
- bij een bovenbreedte van 200 mm is het nog redelijk eenvoudig om specifieke voorzieningen zoals bijvoorbeeld een verhoging van de barrier met een zware leuning aan te brengen.

Uit de bovenbreedte van 200 mm, de hellingshoek van 9 gon en de stapbreedte van 50 mm volgt een basisbreedte van 542 mm.

Figuur 2  
Standaardprofiel van de  
Stepbarrier (maten in mm)



---

Indien plaatselijke omstandigheden aanpassingen van het standaardprofiel noodzakelijk maken, zijn daarbij de volgende overwe-  
gingen van belang:

- de geometrie van het aanrijdingsvlak mag niet worden gewijzigd;
- de toepassing van een "half profiel" tegen bijvoorbeeld tunnel-  
wanden is mogelijk;
- het verbreden van het profiel (grotere boven- en basisbreedte)  
levert bij de starre uitvoering qua werking geen enkel probleem  
op. Door het grotere eigen gewicht kan de verbreding wel van  
invloed zijn op de werking van een flexibele uitvoering.
- het versmallen van het profiel (kleinere boven- en basisbreedte)  
is in beginsel wel mogelijk, maar dan zal moeten worden aange-  
toond dat de constructie voldoet aan de ontwerputgangspunten  
(zie hoofdstuk 5).

---

## 5 Ontwerpbelastingen

---

### 5.1 Algemeen

De optredende krachten bij aanrijding van een constructie zijn afhankelijk van:

- de massa van het voertuig;
- de botssnelheid van het voertuig;
- de hoek waaronder het voertuig de barrier raakt (inrijhoek);
- de vervorming van het voertuig;
- de zijdelingse verplaatsing en/of vervorming van de barrier.

Omdat het voertuig de Stepbarrier onder een hoek aanrijdt, ontstaan er zowel krachten evenwijdig aan als loodrecht op de Stepbarrier. De te stellen eisen ten aanzien van stabiliteit, kerend vermogen en mate van deformatie worden geheel bepaald door de botskracht loodrecht op de geleidebarrier. In binnen- en buitenland zijn voor het bepalen van deze botskracht verschillende berekeningsmethoden gevolgd. Uitgaande van een bepaalde voertuig-massa, botssnelheid en inrijhoek verschillen de uitkomsten echter aanzienlijk, omdat bij de berekening diverse aannamen moeten worden gedaan. Deze aannamen hebben vooral betrekking op de mate waarin energie wordt opgenomen door het voertuig (kreukelzone), door vervormingen van de barrier en de zijdelingse verplaatsing van de barrier.

In Nederland is in het verleden voor permanente situaties veelal een ontwerpbelasting van 500 kN en een veiligheidscoëfficiënt van 1,7 gehanteerd. Het in hoofdstuk 3 aangehaalde simulatie-onderzoek van de SWOV komt tot piekwaarden van 787 kN voor de personenauto (TB32, zie tabel 1) en 2.350 kN voor de vrachtauto (TB61). De duur van deze piekkracht is 0,05 sec of minder. In werkelijkheid zijn deze krachten (veel) lager, omdat de onderzochte barrier in het simulatiemodel als oneindig star is gemodelleerd. Afgezien van vervormingsdelen is ook het voertuig als oneindig star in het model opgenomen.

### 5.2 CEN-richtlijnen

Het "European Committee for standardization" (CEN/TC 226, Road Equipment) is momenteel ver gevorderd met het opstellen van algemene voorwaarden voor het uitvoeren van fullscale botsproeven en de beoordeling daarvan [12]. Deze voorwaarden en eisen zijn in de ontwerp NEN-EN 1317-1 en NEN-EN 1317-2 opgenomen.

De CEN [12] hanteert de in tabel 1 weergegeven genormaliseerde voertuigkenmerken en inrijcondities. Het kerend vermogen van een geleideconstructie is ingedeeld in verschillende klassen (zie tabel 2). Elke klasse dient in principe te voldoen aan bepaalde:



- veiligheidseisen, aan te tonen door fullscale proeven met lichte voertuigen;
- eisen ten aanzien van het kerend vermogen, aan te tonen door fullscale proeven met zwaardere voertuigen.

**Tabel 1**  
Genormaliseerde voertuig- en inrijcondities voor het testen van geleideconstructies [12]

voertuig		bots-snelheid (km/h)	inrijhoek (°)	totale massa voertuig (kg)
TB 11	lichte personenauto	100	20	900
TB 21	middelzware personenauto	80	8	1.300
TB 22	middelzware personenauto	80	15	1.300
TB 31	zware personenauto	80	20	1.500
TB 32	zware personenauto	100	20	1.500
TB 41	vrachtauto	70	8	10.000
TB 42	vrachtauto	70	15	10.000
TB 51	autobus	70	20	13.000
TB 61	vrachtauto	80	20	16.000
TB 71	vrachtauto	65	20	30.000
TB 81	gelede vrachtauto	65	20	38.000

**Tabel 2**  
Klasse-indeling van de geleideconstructies naar kerend vermogen [12]

kerend vermogen	klasse-indeling	acceptatietest(s) (zie tabel 1)
laag <sup>1)</sup>	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 + TB21
normaal	N1	TB31
	N2	TB32 + TB11
hoog	H1	TB42 + TB11
	H2	TB51 + TB11
	H3	TB61 + TB11
zeer hoog	H4a	TB71 + TB11
	H4b	TB81 + TB11

<sup>1)</sup> tijdelijke voorzieningen

In het verleden is de huidige geleiderailconstructie in Nederland aan diverse fullscale proeven onderworpen. De proeven zijn uitgevoerd met personenauto's en autobussen. Hoewel de geleiderail (nog) niet getest is conform de klasse H2 van de CEN-richtlijnen (zie tabellen 1 en 2), mag worden verondersteld dat de geleiderailconstructie in deze klasse kan worden ingedeeld. Uit het oogpunt van uniformiteit en continuïteit ten aanzien van het kerend

vermogen is de klasse H2 voor de Stepbarrier als ontwerpuitgangspunt gekozen. Het is immers niet nodig dat de Stepbarrier in een normale situatie een hoger kerend vermogen heeft dan de geleiderailconstructie. Hierbij dient overigens wel rekening te worden gehouden met de mate van uitbuiging bij een aanrijding van beide voorzieningen.

De benodigde sterkte van een geleidebarrier is afhankelijk van:

- het gewenste kerend vermogen;
- de toelaatbare uitbuiging.

Door de CEN is de gemiddelde botskracht afhankelijk van de zijdelingse verplaatsing van de barrier rekenkundig bepaald (zie tabel 3). Deze waarden zijn indicatief. Benadrukt wordt dat de in tabel 3 weergegeven botskrachten **loodrecht** op de constructie **gemiddelden** zijn. De maximale botskracht (piekwaarde), die gedurende een zeer korte tijd optreedt is waarschijnlijk 2 à 3 maal zo groot. Voor de klasse H2 bedraagt de gemiddelde botskracht loodrecht op geleidebarrier circa 135 kN bij een zijdelingse verplaatsing van maximaal 0,10 m.

Tabel 3  
Gemiddelde botsbelasting per klasse  
naar zijdelingse verplaatsing [12]

klasse	kinetische energie (kJ)	zijdelingse verplaatsing (m)					
		≤ 0,10	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
		gemiddelde loodrechte botsbelasting (kN)					
T1	6,2	16,8	9,3	5,8	4,2	3,3	2,7
T2	21,5	36,5	24,2	16,7	12,7	10,3	8,6
T3	36,6	46,7	33,8	24,7	19,4	16,0	13,6
N1	43,3	59,2	42,0	30,3	23,7	19,4	16,5
N2	81,9	112,0	79,4	57,2	44,7	36,7	31,1
H1	126,6	93,6	76,6	61,7	51,6	44,4	38,9
H2	287,5	133,0	116,8	100,4	88,1	78,5	70,8
H3	462,1	266,4	227,1	189,8	163,0	142,9	127,1
H4a	572,0	311,3	267,6	225,4	194,7	171,4	153,1
H4b	724,6	269,1	242,1	213,6	191,1	172,8	157,8

### 5.3 Huidige praktijk

In het buitenland (o.a. België en Frankrijk) wordt de slipform barrier veelvuldig toegepast. Met uitzondering van twee strengen wordt hierin geen wapening aangebracht. In de praktijk blijkt dat het kerend vermogen van deze barrier voldoende is. Dit bleek ook bij een aanrijding van de starre slipform barrier (NJ-profiel) in de middenberm van de A67 door een zware vrachtauto (inrijhoek 50 gon). Hierdoor werd weliswaar een nagenoeg cirkelvormig segment uit de slipform barrier weggeslagen, maar het voertuig brak niet door de constructie heen. Aan de hand van de afmetingen van het weggeslagen deel is met behulp van de vloeilijnentheorie een indicatieve equivalente statische botskracht van bijna 400 kN

---

berekend. Bij deze berekening is aangenomen dat beton een zekere trekkracht kan opnemen. In de praktijk blijkt de slipform barrier op regelmatige afstand door-en-door te scheuren ten gevolge van krimp van de beton. Wanneer met deze scheuren rekening wordt gehouden is de herleide botskracht ter plaatse van deze scheuren lager dan 400 kN.

In tegenstelling tot de slipform barrier werd in Nederland tot nu toe de (starre) betonnen barrier (in situ of prefab) van relatief veel wapening voorzien. Hiervoor zijn een tweetal redenen aan te voeren:

- een relatief hoge ontwerpbelasting (botskracht tot 500 kN).
- de berekeningen zijn gemaakt op basis van de lineaire elasticiteitstheorie. In dergelijke berekeningen neemt beton in het geheel geen trek op.

#### 5.4 Keuze ontwerpbelasting

Op grond van met name de CEN-richtlijnen en het uitgangspunt, dat het kerend vermogen van de Stepbarrier in normale situaties niet hoger hoeft te zijn dan van de geleiderailconstructie, heeft de werkgroep in beginsel gekozen voor de volgende ontwerpbelastingen:

- bij de gemiddelde equivalente statische belasting van 135 kN loodrecht op de barrier mag de werking van de Stepbarrier ten gevolge van aanrijdingen door voertuigen in de klasse H2 niet worden aangetast met dien verstande dat (lichte) schade aan de barrier acceptabel is;
- bij de maximale equivalente statische belasting van 2 à 3 maal het gemiddelde (400 kN) loodrecht op de barrier mag de Stepbarrier gedeeltelijk bezwijken mits de beide voertuigen in de klasse H2 (zie tabel 2) op een acceptabele wijze worden gekeerd.

Deze ontwerpbelastingen van de klasse H2 (zie tabel 3) gelden in beginsel voor alle varianten van de Stepbarrier (zie hoofdstuk 2). Indien door plaatselijke omstandigheden het kerend vermogen van de Stepbarrier hoger moet zijn (klasse H3, H4a of H4b), dienen de in deze nota opgenomen standaardontwerpen te worden aangepast. Voor de ontwerpbelastingen van de deze klassen wordt verwezen naar tabel 3.

Indien de barrier op (de rand van) een bestaand kunstwerk wordt aangebracht, kan de sterkte van het dek van het kunstwerk maatgevend zijn. Om schade aan het kunstwerk te voorkomen dient de verankering van de Stepbarrier zwakker te worden gedimensioneerd dan het brugdek. In die gevallen kan het kerend vermogen van de barrier worden verhoogd door de barrier als een doorgaande stijve ligger te ontwerpen, waarbij rekening kan worden gehouden met een herverdeling van de krachten.

---

## 6 Constructie betonnen Stepbarrier

---

In de volgende paragrafen worden de verschillende varianten van de starre en de flexibele Stepbarrier behandeld. Aspecten die daarbij telkens aan de orde komen zijn:

- verankering;
- wapening en;
- betonsamenstelling.

### 6.1 Starre prefab Stepbarrier

#### *Verankering*

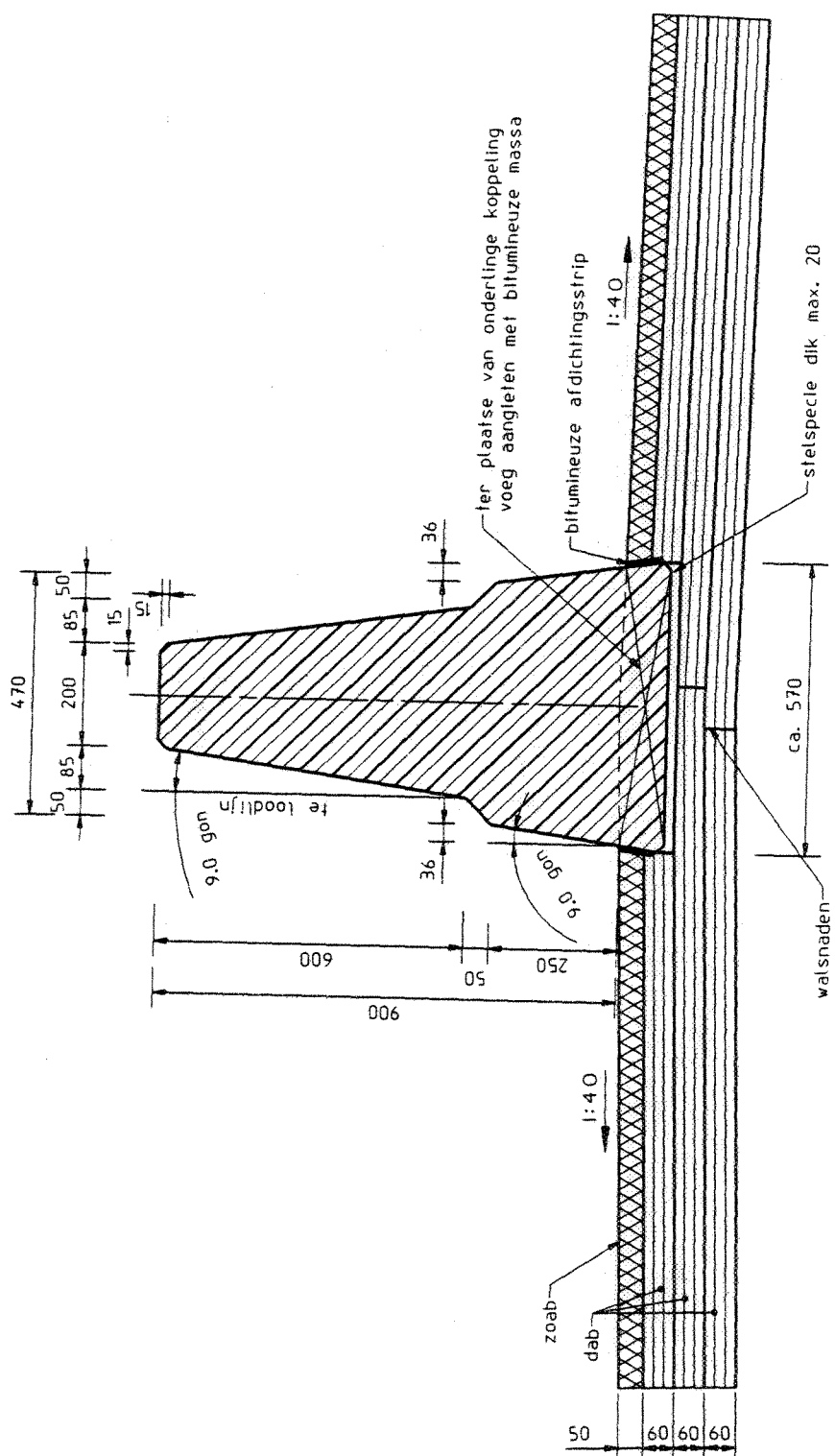
In de figuren 3, 4 en 5 zijn drie oplossingen uitgewerkt:

- figuur 3: de prefab Stepbarrier wordt met behulp van stel-specie op de onderlagen van de asfaltverharding geplaatst en wordt vervolgens opgesloten tussen twee later aan te brengen asfaltlagen.
- figuur 4: in de bestaande asfaltverharding wordt een sleuf met een breedte van circa 650 mm en een diepte van circa 110 mm gefreesd. De prefab Stepbarrier wordt op specie gesteld, terwijl de ruimte aan weerszijden van de barrier wordt opgevuld met gietasfalt.
- figuur 5: de prefab Stepbarrier wordt met behulp van stel-specie op het asfalt geplaatst. In de Stepbarrier zijn aan weerszijden sparingen  $\phi$  35 mm aangebracht. Via deze sparingen worden gaten  $\phi$  25 mm in het asfalt geboord. Vervolgens worden staven  $\phi$  20 mm (FeB 500) ingebracht en aangegoten met een cementgebonden krimparme gietmortel.

Uit indicatieve berekeningen blijkt, dat uitgaande van de in hoofdstuk 5 gegeven maximum ontwerpbelasting van 400 kN de Stepbarrier voldoende verankerd is tegen zijdelingse verplaatsing en kantelen. Bij een (zware) aanrijding van een prefabelement moet zonder meer worden voorkomen dat het aangereden element ten opzichte van het eerstvolgende element zijdelings verplaatst of kantelt. De kopse kant van het eerstvolgende element veroorzaakt dan immers zeer grote voertuigvertragingen hetgeen niet acceptabel is. Om die reden zijn de prefab elementen van een "hol en dol" profiel voorzien (figuur 6). De werkende lengte van een prefabelement is bij voorkeur 6,00 m. In voorkomende gevallen zijn lengten van 8,00 m en 10,00 m ook mogelijk.

De oplossing conform figuur 5 is vrij arbeidsintensief, terwijl vervanging van een of meerdere elementen ook problematisch is. Vandaar dat de oplossingen conform de figuren 3 en 4 de voorkeur verdienen.

**Figuur 3**  
**Starre betonnen prefab Stepbarrier**  
 opgesloten in later aan te brengen  
 asfaltlagen (maten in mm)

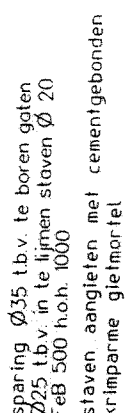


**Stepbarrier, een stap nader!**

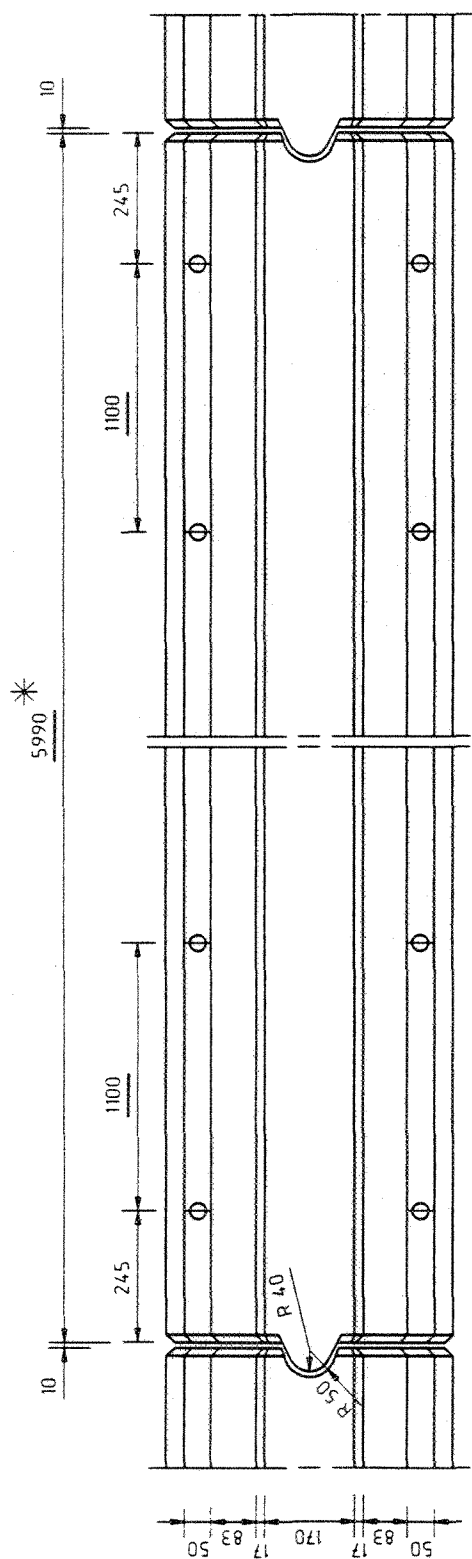




Figure 5



Figuur 6  
"Koppeling" van de starre betonnen  
prefab Stepbarrier (maten in mm)



\* alternatief: 9990  
7990

vellingkanten: 15 x 15 mm

---

In de verschillende ontwerpen is ervan uitgegaan dat de rijbanen afwateren naar de zijbermen. Met name in bogen kan het voorkomen dat de afwatering naar de middenberm plaats vindt. In die gevallen is het veelal noodzakelijk een rioleringsstelsel aan te leggen. In bijzondere situaties zoals de carpoolwisselstrook op de A1 kan de Stepbarrier ten behoeve van de afwatering aan de onderzijde van springen worden voorzien.

#### *Wapening*

De prefab Stepbarrier zal om twee redenen van een wapening moeten worden voorzien:

- een wapening gebaseerd op de ontwerpbelasting van 135 kN;
- een wapening ten behoeve van het transport van de elementen.

Naast de ontwerpbelasting van 135 kN zijn voor de dimensionering van de wapening de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- belastingscoëfficiënt: : 1,0;
- aangrijpingspunt belasting : 600 mm boven maaiveld;
- botsoppervlak (b x h) : 500 x 250 mm;
- betonkwaliteit : B45;
- staalkwaliteit : FeB 500.

Bij de berekening van de wapening is er verder van uitgegaan dat de Stepbarrier star is. Er treedt geen bedoelde zijdelingse verplaatsing of vervorming op. De doorsnede van de Stepbarrier net boven de stap is maatgevend. De benodigde wapening is:

- beugels :  $\phi$  8 - 200 (FeB 500);
- langswapening :  $\phi$  8 - 200 (FeB 500).

Aanbevolen wordt om voor de betondekking minstens 40 mm aan te houden. De hiervoor aangegeven wapening voldoet ook als transportwapening voor prefab elementen met een lengte van maximaal 10,00 m.

#### *Samenstelling betonspecie*

In de praktijk zal de Stepbarrier in verband met de gewenste levensduur voldoende bestand moeten zijn tegen inwerking van vorst en dooizout. Door de Bouwdienst Rijkswaterstaat, afdeling Bouwspuurwerk is hiernaar onderzoek verricht. Op grond van deze onderzoeken worden de volgende aanbevelingen gedaan ten aanzien van de mengsamenstelling voor de prefab Stepbarrier. Een goede en voordelige keuze is:

- cement : 340 tot 350 kg/m<sup>3</sup> normale Portlandcement;
- sterkteklasse beton : B45;
- milieuklasse : 3
- watercementfactor : 0,45
- hulpstoffen : 1,7 kg/m<sup>3</sup> MHK en superplastificeerder.

Een duurdere, maar waarschijnlijk veel duurzamere betonsamenstelling is:

- cement : 340 tot 350 kg/m<sup>3</sup> normale Portlandcement;
- sterkteklasse beton : B45;

- 
- |                     |  |
|---------------------|--|
| - milieuklasse      | : 3  |
| - watercementfactor | : 0,45   |
| - hulpstoffen       | : 1,7 kg/m <sup>3</sup> MHK en superplastificeerder;       |
| - silica-fume       | : 7,5% droge stof (circa 25 kg/m <sup>3</sup> ) in slurry. |

Waarschijnlijk zijn er nog meer mogelijke mengsamenstellingen die voldoende bestand zijn tegen inwerking van vorst en dooizout. Een basis om een bepaalde keuze te rechtvaardigen ontbreekt momenteel nog. Nader onderzoek is dan noodzakelijk.

De duurzaamheid van de gewapende Stepbarrier kan nog verder worden verbeterd door op het oppervlak een waterafstotende coating aan te brengen (hydrofobeerlaag). De noodzaak van deze afwerking wordt uitsluitend en alleen bepaald door de gewenste levensduur.

## 6.2 Starre in het werk gestorte Stepbarrier

De starre in het werk gestorte Stepbarrier (met een statische bekisting) is qua wapening en samenstelling van de betonspecie identiek aan de starre prefab barrier (zie par. 6.1). Wat betreft de verankering kan worden verwezen naar de starre slipform Stepbarrier (zie par. 6.3).

## 6.3 Starre slipform Stepbarrier

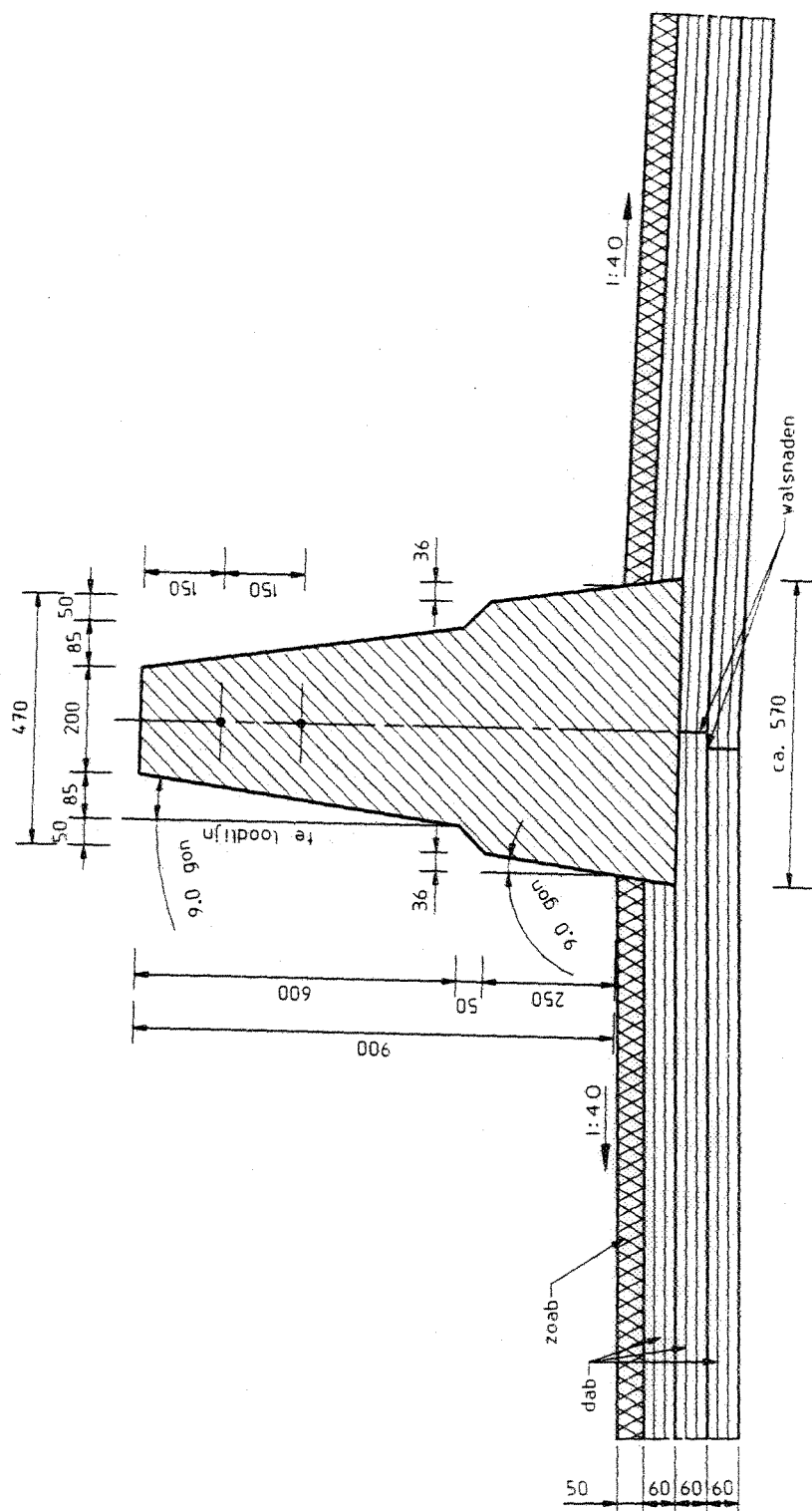
De slipform barrier (met een glijbekisting) is ontwikkeld in het buitenland en wordt daar reeds jarenlang toegepast. In Nederland is onlangs (1992 - 1994) de slipform barrier (NJ-profiel) voor de eerste keer in de middenberm van een autosnelweg (A67) aangebracht. De totale lengte bedraagt ongeveer 22,5 km. Mede op grond van deze eerste ervaringen hecht de werkgroep eraan het volgende kenbaar te maken:

- de betrouwbaarheid van de slipform Stepbarrier in termen van kerend vermogen is rekentechnisch niet aan te tonen;
- in de praktijk blijkt dat de slipform barrier op regelmatige afstand door en door scheurt (krimpscheuren om de 5,00 tot 7,00 m);
- het oppervlak van de slipform barrier is vrij ruw.

### *Verankering*

De slipform Stepbarrier kan op dezelfde wijze in de asfaltverharding worden opgenomen als de prefab Stepbarrier met dien verstande dat de stelspecie overbodig is (zie figuren 7 en 8). In figuur 7 is de slipform Stepbarrier opgesloten door later aan te brengen asfalten. In figuur 8 wordt een sleuf in de bestaande asfaltverharding gefreesd, waarin de slipform Stepbarrier wordt aangebracht. De restruimte wordt wederom opgevuld met gietasfalt. Op de A67 is de slipform barrier ook gefundeerd op asfalten en vervolgens opgesloten in later aangebrachte asfalten. Hier is een extra verankering aangebracht door om de 1,00 m koppelstaven aan te brengen. Deze koppelstaven zijn in geboorde gaten gelijmd.

Figuur 7  
 Starre slipform Stepbarrier  
 opgesloten door later aan te brengen  
 asfaltlagen (maten in mm)



**Stepbarrier, een stap nader!**





### *Wapening*

De wapening van de slipform Stepbarrier bestaat uit twee verzinkte strengen 3 x 4,25 FeP 1860. Deze wapening wordt in het buitenland standaard toegepast en is derhalve niet gebaseerd op de door de werkgroep gehanteerde uitgangspunten en berekeningsmethoden. In dat geval zou de slipform barrier immers van eenzelfde hoeveelheid wapening moeten worden voorzien als de starre prefab Stepbarrier.

De functie van deze wapening is het voorkomen of beperken dat brokstukken beton worden weggeslingerd bij een aanrijding. Ten aanzien van de wapening kan worden opgemerkt dat in Zweden proeven zijn gedaan met een slipform barrier waarin circa 10 strengen van glasvezels zijn aangebracht. Een van de redenen is de corrosie van de stalen strengen.

Gezien de opgedane praktijkervaringen met de slipform barrier in het buitenland heeft de slipform uitvoering van de werkgroep "het voordeel van de twijfel" gekregen. De werkgroep heeft geen gegronde redenen om de gebruikelijke slipform uitvoering af te wijzen dan wel aan te passen.

### *Samenstelling betonspecie*

De betonspecie moet geschikt zijn voor het verwerken met een slipformpaver. De betonspecie moet zo stabiel zijn dat wanneer de beton uit de glijdende bekisting komt, er geen vervorming van de verse betonmassa optreedt. Omdat het verwerkingsgedrag van de betonspecie ook afhankelijk is van het type slipformpaver, is het niet mogelijk algemeen geldende aanbevelingen te doen. Bovendien is in Nederland nog maar zeer beperkt ervaring opgedaan met de slipform uitvoering van een barrier. Nader onderzoek is hier gewenst.

Voor gedetailleerde gegevens betreffende het toegepaste betonmengsel en overige eisen ten aanzien van de slipform barrier op de A67 kan worden verwezen naar bestek LB40-69 (1994).

Vanwege de gewenste stabiliteit van het verse betonmengsel is het gebruik van gebroken materialen noodzakelijk. Het gehalte aan fijnmateriaal  $< 250 \mu\text{m}$  moet voldoende zijn om een dicht oppervlak te verkrijgen. De aanbevolen samenstelling van de betonspecie is:

- |                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| - sterkteklasse beton | : B35;                              |
| - cementsoort         | : Portland, 360 kg/m <sup>3</sup> ; |
| - milieuklasse        | : 3                                 |
| - watercementfactor   | : 0,45                              |
| - hulpstof            | : superplastificeerder.             |

## **6.4 Flexibele prefab Stepbarrier**

In binnen- en buitenland zijn vele verschillende typen min of meer flexibele geleidebarriers ontworpen. De verschillen hebben vooral betrekking op de wijze waarop de prefab elementen zijn gekoppeld en de lengte van de elementen. Hierbij kunnen in beginsel twee benaderingswijzen worden onderkend:

- 
- de koppeling tussen de elementen is een scharnier, waardoor de geleideconstructie als het ware als een "ketting" fungeert;
  - de koppelingen kunnen een (beperkt) buigend moment opnemen, waardoor de barrier als een doorgaande ligger kan worden opgevat.

In beide gevallen staan de elementen los op het wegdek. Bij een botsing zal het voertuig zelf een deel van de kinetische energie opnemen door te vervormen. Een ander deel van de kinetische energie wordt opgenomen door de constructie in de vorm van wrijvingsenergie en buigingsenergie. De energiebalans wijzigt zich gedurende de botsing steeds, hetgeen het berekenen van deze uitvoeringsvorm van de Stepbarrier uiterst gecompliceerd maakt.

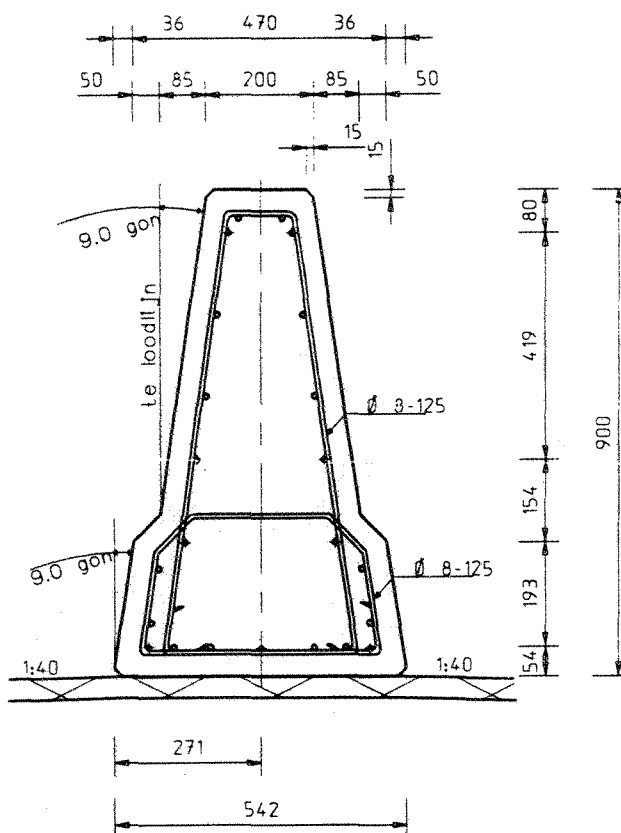
Om praktische redenen is de werkgroep uitgegaan van de reeds bestaande A1-barrier. De koppelingen bestaan uit staalprofielen die een buigend moment kunnen opnemen (zie figuren 9 en 10). Door de werkgroep zijn een aantal controle-berekeningen uitgevoerd, waarbij van het volgende is uitgegaan:

- botsvoertuigen en botscondities conform de klasse H2 (zie tabellen 1 en 2);
- 15% van de kinetische energie wordt opgenomen door de barrier;
- wrijvingscoëfficiënt variërend van 0,1 tot 0,5;
- breukmomenten ter plaatse van de koppeling 194 kNm (Fe 510 B) en 159 kNm (Fe 360 B).

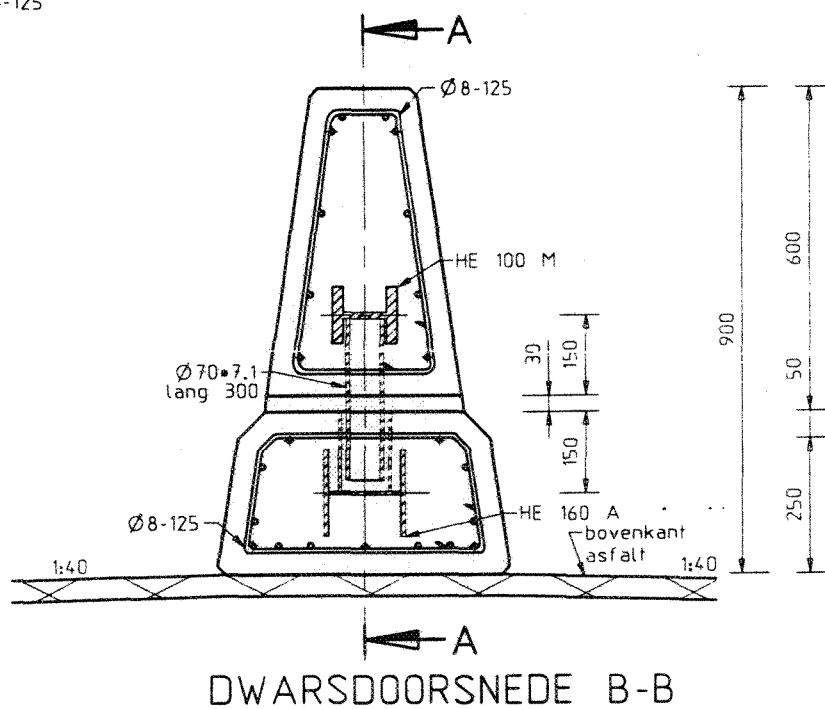
Uit de berekeningen blijkt, dat de flexibele Stepbarrier de personenauto kan keren (test TB 11, zie tabel 1). De zijdelingse verplaatsing bedraagt afhankelijk van de wrijving tussen de 80 mm en 280 mm. Voor de test TB51 (autobus) is de constructie op grond van de berekeningen te zwak, waarbij de koppeling maatgevend is. Uit een statische beproeving van de A1-barrier bleek, dat de constructie stijver is dan uit de berekening naar voren was gekomen. Of de hier gegeven flexibele Stepbarrier in de praktijk zal voldoen, kan alleen met fullscale proeven worden aangetoond.

Figuur 9

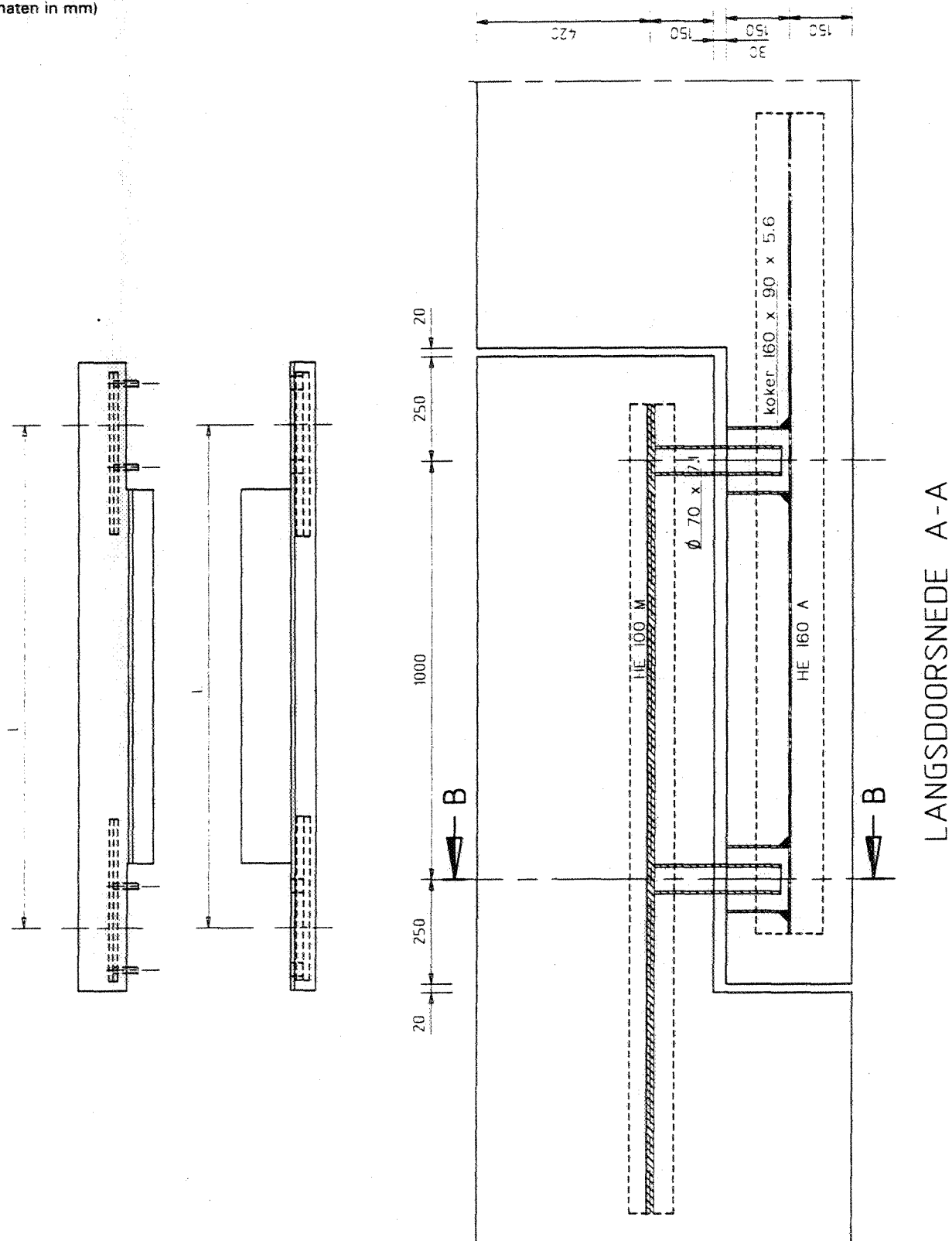
Dwarsdoorsnede van de flexibele,  
betonnen Stepbarrier  
(maten in mm)



dekking 40mm  
wapening 14Ø10 FeB 500  
voorspanstrengen 9Ø9.3 FeP 1860  
beugels Ø8-125



Figuur 10  
Koppeling van de flexibele,  
betonnen Stepbarrier  
(maten in mm)



## 7 Constructie stalen Stepbarrier

---

Het ontwerp van de stalen Stepbarrier is min of meer gebaseerd op de huidige zogenaamde RWS-barrier voor werken in uitvoering [7]. Met deze barrier is inmiddels veel ervaring opgedaan. Het belangrijkste verschil tussen de RWS-barrier en de stalen Stepbarrier is de geometrie van het verticale aanrijdingsvlak.

### 7.1 Starre stalen Stepbarrier

#### *Sterkte en stabiliteit*

Het ontwerp van de stalen Stepbarrier is ook op de in paragraaf 5.4 vermelde uitgangspunten gebaseerd, namelijk:

- bij de gemiddelde equivalente statische belasting van 135 kN loodrecht op de barrier mag de werking van de stalen Stepbarrier ten gevolge van aanrijdingen door voertuigen in de klasse H2 niet worden aangetast met dien verstande dat (lichte) schade aan de barrier acceptabel is;
- bij de maximale equivalente statische belasting van 2 à 3 maal het gemiddelde (400 kN) loodrecht op de barrier mag de stalen Stepbarrier gedeeltelijk bezwijken mits de beide voertuigen in de klasse H2 op een acceptabele wijze worden gekeerd.

Bij de gemiddelde equivalente statische belasting van 135 kN zijn de overige uitgangspunten voor de berekening:

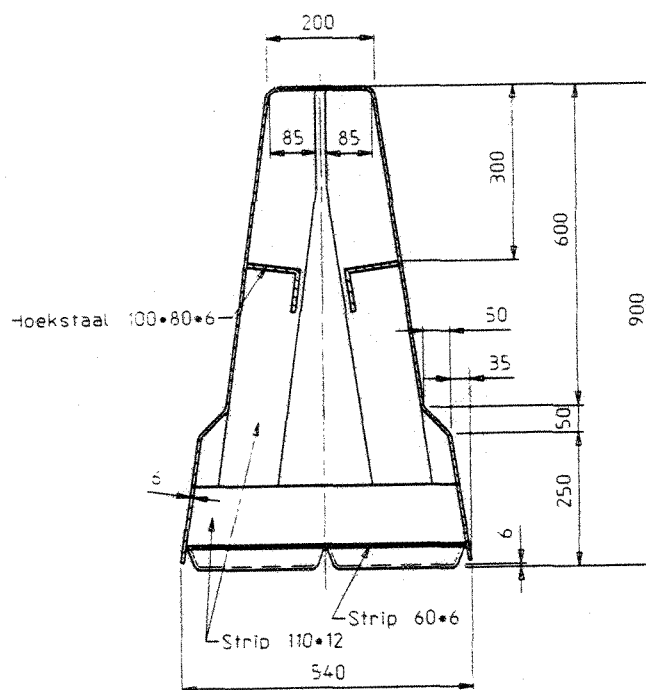
- belastingcoëfficiënt : 1,5;
- $\sigma$  toelaatbaar : 240 N/mm<sup>2</sup>;
- botsoppervlak (b x h) : 1.500 x 600 mm<sup>2</sup>;
- aangrijpingspunt boven wegdek : 600 mm;

De afmetingen van het botsoppervlak is bij de stalen Stepbarrier groter dan bij de betonnen barrier. Bij de stalen uitvoering treden (lichte) vervormingen op, waardoor het botsoppervlak toeneemt. De ontwerpbelasting van 135 kN en een statische, lineair elastische berekening levert de volgende constructie van de starre stalen Stepbarrier op (zie figuur 11):

- twee aan elkaar gelaste in profiel gezette stalen wanden (elementlengte 6.000 mm, plaatdikte 6 mm);
- hoekstaal 100 x 80 x 6 mm in de beplating op 600 mm boven het maaiveld;
- verstijvingsschotten (h.o.h. 1.500 mm), waaraan schotelvormige draagvlakken zijn bevestigd;
- één bevestigingspunt aan de ondergrond per element van 6.000 mm;
- de koppeling van de elementen vindt plaats door middel van koppelplaten en bouten.

Zoals ook in paragraaf 5.4 is vermeld, is de ontwerpbelasting van 135 kN een gemiddelde equivalente statische botskracht. De (piek)belasting die gedurende een zeer korte tijd optreedt is een factor 2 tot 3 hoger.

Doorsnede t.p.v. afsteunstoelen



Technical drawing of a tapered concrete pile. The drawing shows a cross-section of the pile with the following dimensions and labels:

- Top width: 200
- Bottom width: 380
- Overall width at the base: 540
- Height of the main tapered section: 200
- Height of the base section: 20
- Overall height: 900
- Wall thickness (Dikte): 12mm
- Strip dimensions: 50•6 and 110•12
- Internal diameter (Ø): 240

---

Door de gehanteerde belastingscoëfficiënt van 1,5 is de kans kleiner dat de stalen Stepbarrier bij de piekbelasting volkomen zal bezwijken. Hoewel naar verwachting de testvoertuigen in de klasse H2 niet door de constructie heen zullen breken, zal eerst uit fullscale proeven moeten blijken hoe en in hoeverre deze constructie het voertuig bij een aanrijding met deze kortstondige piekbelasting keert. De belastingscoëfficiënt heeft bovendien als voordeel dat de kans, dat de stalen Stepbarrier onder invloed van de piekbelasting zal bezwijken, kleiner is.

#### *Verankering*

Bij een verankering aan het wegdek om de 6,00 m (één bevestigingspunt per element) zal de stalen Stepbarrier bij een aanrijding tussen de beide verankeringspunten globaal 10 mm verplaatsen. De stalen Stepbarrier kan dan derhalve als "star" worden aangemerkt (zie hoofdstuk 2).

Indien een (zware) aanrijding ter hoogte van een verankeringspunt plaats vindt, zal de verankering bezwijken. De resterende hoeveelheid botskracht (energie) wordt dan door de naastliggende verankeringen opgenomen. Omdat het gedrag onder deze omstandigheden niet past binnen het kader van een statische berekening is de omvang van de zijdelingse verplaatsing niet bekend. Wel kan worden berekend dat de verplaatsing van de Stepbarrier bij verankeringen om de 12,00 m ongeveer 80 tot 100 mm zal bedragen bij een equivalente statische belasting van 135 kN. Op grond van bovenstaande berekeningsresultaten beveelt de werkgroep aan de stalen Stepbarrier om de 6,00 m te verankeren.

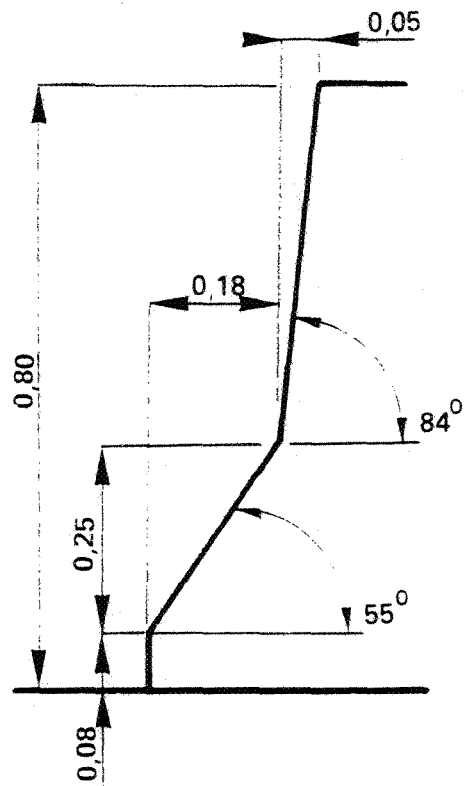
In de praktijk zal de stalen starre Stepbarrier met name op kunstwerken worden toegepast. Plaatselijke omstandigheden zoals de sterkte van het brugdek bepalen dan in sterke mate de wijze van verankeren. Om die reden is door de werkgroep geen standaard oplossing uitgewerkt. Ter indicatie kan worden gedacht aan 4 draadeinden  $\phi$  24 mm per bevestiging.

### **7.3 Flexibele stalen Stepbarrier**

De constructie van de flexibele stalen Stepbarrier is identiek aan de starre stalen Stepbarrier met uitzondering van de verankering. Bij de flexibele barrier blijft een verankering aan het wegdek achterwege en wordt deze dus los op het wegdek geplaatst. De stalen Stepbarrier rust op de schotelvormige draagvlakken ter hoogte van de verstijvingsschotten (h.o.h 1.500 mm).

## Bijlage 1: New Jersey profiel van een voertuigkering

---





---

## Bijlage 2: Literatuur

---

- 1 Bouquet, G.Chr.  
Voertuigenkeringen van beton  
Vereniging Nederlandse Cementindustrie, 1994
- 2 British Standard  
Parapets for vehicle containment on highways. Part 2. Specification for parapets of concrete construction  
BSI-Standards 6779, 1991
- 3 British Standard  
Draft British standard for vehicle safety fences and barriers for highways. Part 9. Specification for permanent and temporary vertical concrete safety barriers  
Document 92/18060/DC  
BSI-Standards, 1992
- 4 DHV Milieu en Infrastructuur BV  
Geleiderail of betonnen geleidebarrier in middenbermen van autosnelwegen  
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, 1991
- 5 Drift, M.J.M. v.d.  
Middenbermbeveiliging van autosnelwegen. Toepassing voertuigkeringen in staal en beton.  
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, 1992
- 6 Drift, M.J.M. v.d.  
Tijdelijke afscherming van werkvakken en middenbermen langs autosnelwegen.  
Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 1993
- 7 Huisman, Th.  
RWS-barrier levert belangrijke bijdrage tot de verkeersveiligheid  
OTAR, 238 7-8, 1994
- 8 Inrets  
Resultaten van verschillende fullscale botsproeven op voertuigkeringen met het NJ-profiel en het "single slope" profiel  
Frankrijk
- 9 Laker, I.B.  
The development of a concrete barrier for use on high speed roads  
Congres papers 12-14 october Gothenburg  
TRL publication RR No. 75.1986
- 10 Lynn, Beason, Ross, Perera and Marek  
A single slope concrete median barrier  
Texas Transport Institute, 1991

- 
- 11 Mak, K.K.; Gripne, D.J.; McDevitt, C.F.  
Single slope concrete bridge rail  
Texas Transportation Institut  
januari 1994
  - 12 NEN-EN 1317-1  
NEN-EN 1317-2  
NNI Rijswijk
  - 13 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid  
SWOV  
Betonnen geleidebarrier met het New Jersey profiel  
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde
  - 14 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid  
SWOV  
Aanrijdingen met de betonnen geleideconstructietypen General Motors en New Jersey  
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, 1986
  - 15 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid  
SWOV  
De invloed van de wrijvingscoëfficiënten van betonnen geleideconstructies op de grootte van de voertuigvertragingen en de klimhoogte van voorwielen  
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, 1985
  - 16 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid  
SWOV  
Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering  
Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 1993
  - 17 Verweij, C.A.; Wildenberg, B.L.J.  
Bouwdienst Rijkswaterstaat  
Tussen geleiderails en barriers  
Verkeerskunde, 9/1993
  - 18 Viner  
Implication of small passenger cars on road safety  
Public Roads 48 (2)
  - 19 Walstijn, B.A.L. van  
Nieuwe betonnen voertuigkering stijver dan verwacht  
Land + Water, nummer 3/1994