

De relatie tussen Road Protection Scores (RPS) en het slachtoffer risico op wegvakken van provinciale wegen in Utrecht

Drs. W.P. Vlakveld & ir. W.J.R. Louwse

R-2011-7

**De relatie tussen Road Protection Scores
(RPS) en het slachtoffer risico op
wegvakken van provinciale wegen in
Utrecht**

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2011-7
Titel:	De relatie tussen Road Protection Scores (RPS) en het slachtofferrisico op wegvakken van provinciale wegen in Utrecht
Auteur(s):	Drs. W.P. Vlakveld & ir. W.J.R. Louwerse
Projectleider:	Ir. R.G. Eenink
Projectnummer SWOV:	07.13.2.2
Trefwoord(en):	Layout; secondary road; accident prevention; accident rate; risk assessment; fatality; injury; region; Netherlands; SWOV.
Projectinhoud:	De methode voor toekenning van een Road Protection Score (RPS) is ontwikkeld om op systematische wijze uit te drukken in welke mate de vormgeving en inrichting van een weg bescherming biedt aan inzittenden van auto's. Deze score wordt uitgedrukt in een aantal sterren. In dit onderzoek is nagegaan of er een verband is tussen het aantal sterren dat volgens de RPS-methode aan wegvakken van provinciale wegen in Utrecht is toegekend en het slachtofferrisico op die wegvakken voor inzittenden van motorvoertuigen.
Aantal pagina's:	58 + 5
Prijs:	€ 11,25
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 2011

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

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 1090
2260 BB Leidschendam
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

In Europees verband, het samenwerkingsverband EuroRAP, is een methode ontwikkeld om op systematische wijze in te schatten in welke mate de vormgeving en inrichting van een weg bescherming biedt aan inzittenden van auto's. Deze mate van bescherming wordt uitgedrukt in de Road Protection Score (RPS): een aantal sterren met een maximum van vier. In dit onderzoek is nagegaan of deze methode valide is voor provinciale wegen in de provincie Utrecht. Dat wil zeggen: of er een verband is tussen het aantal sterren dat volgens de RPS-methode aan wegvakken van die wegen is toegekend en het slachtofferrisico op die wegvakken voor inzittenden van motorvoertuigen. De RPS-methode die in het onderhavig onderzoek is geëvalueerd beoordeelt alleen wegkenmerken die de ernst van de afloop van auto-ongevallen verminderen. Dit is de RPS-methode versie 1.0. In de nieuwste versie van de RPS-methode (versie 2.0) worden ook de wegkenmerken die het ontstaan van ongevallen tegengaan beoordeeld. Met de RPS-methode versie 1.0 zijn op provinciale wegen in Utrecht sterren toegekend aan de berm van elk wegvak, aan de rijrichtingscheiding van elk wegvak en aan het eventuele kruispunt dat aan een wegvak gekoppeld is. Op basis van deze afzonderlijke beoordelingen is ook een totaalbeoordeling van elk wegvak opgesteld. Dit werk is uitgevoerd door het adviesbureau Mobycon, in opdracht van de ANWB, met behulp van een softwareprogramma van EuroRAP.

Onderzoeksmethode

Allereerst is een beperkt literatuuronderzoek uitgevoerd naar het verband tussen RPS-score en slachtofferrisico in het buitenland. Vervolgens heeft de SWOV het slachtofferrisico per wegvak berekend op provinciale wegen in de provincie Utrecht. Onder dit slachtofferrisico werd verstaan: het aantal doden en ziekenhuisgewonden onder de inzittenden van motorvoertuigen per miljoen motorvoertuigkilometer. Het slachtofferrisico kon berekend worden op basis van slachtofferaantallen, de lengte van de wegvakken en schattingen van de verkeersintensiteit per wegvak. Deze laatste schattingen zijn door de wegbeheerder aangeleverd. Voor de berekening van het slachtofferrisico zijn bermongevallen, frontale botsingen en flankongevallen op kruispunten uit de periode 2005-2007 meegenomen waarbij inzittenden van motorvoertuigen om het leven zijn gekomen of dusdanig verwond zijn geraakt dat ze in het ziekenhuis opgenomen moesten worden.

Behalve op wegvakniveau is ook voor gehele wegen, provinciale wegen met een bepaald N-nummer, nagegaan of er een eventueel verband was tussen het aantal sterren en het slachtofferrisico van die wegen. Ten slotte is nagegaan of de afloop van ongevallen op wegvakken met veel sterren minder ernstig was voor inzittenden van motorvoertuigen dan de afloop van ongevallen op wegvakken met minder sterren.

Resultaten

Op de provinciale wegen in Utrecht blijkt op wegvakniveau het slachtofferrisico te dalen met het oplopen van het aantal sterren voor zowel de totaalbeoordeling van dat wegvak, als voor de afzonderlijke beoordelingen van de berm, de rijrichtingscheiding (bij wegvakken met één rijbaan) en het

kruispunt. Dit duidt op een verband in de verwachte richting. Door het grote aantal korte wegvakken waarop zich geen ernstig ongeval had voorgedaan, was de spreiding in het ongevalsrisico echter bijzonder groot. Hierdoor kan niet van een statistisch significant verband tussen slachtofferrisico en het aantal sterren gesproken worden. Alleen het slachtofferrisico op kruispunten met vier sterren was statistisch significant lager dan op kruispunten met één ster ($p < 0,01$) en op kruispunten met twee sterren ($p < 0,05$). Op basis van het onderzoek kan echter ook weer niet gesteld worden dat de RPS-methode (versie 1.0) niet valide is. De steekproef was te klein en het aantal korte wegvakken was te groot om eventuele significante verschillen goed te kunnen vaststellen.

Ook op wegniveau (N-wegen in de provincie Utrecht) daalt het slachtofferisico met het oplopen van het aantal sterren voor het totaal van de hele weg. Evenals op wegvakniveau is deze daling echter niet statistisch significant ($p = 0,165$); in dit geval werd dit veroorzaakt door het te kleine aantal wegen. Doordat de steekproef statistisch gezien te klein was, kan dus opnieuw niet geconcludeerd worden dat RPS-methode (versie 1.0) niet valide is.

Er is geen verband gevonden tussen letselernst en het aantal sterren van wegvakken.

Conclusies en aanbevelingen

Het onderzoek is uitgevoerd op basis van een te kleine steekproef. Hierdoor is het niet mogelijk geweest om vast te kunnen stellen of de RPS-methode (versie 1.0) valide is of niet. Uit evaluatieonderzoeken in het buitenland komen soortgelijke conclusies naar voren. De methodiek is niet volledig openbaar, maar uit hetgeen beschikbaar is mag opgemaakt worden dat aannames daarin wetenschappelijk gezien plausibel zijn. Bovendien is de trend uit de literatuur en uit dit onderzoek in de verwachte richting, zij het niet zo sterk als volgens de theorie van EuroRAP waarin een halvering per ster wordt geclaimd. Hoewel statistisch significante effecten moeilijk zijn aan te tonen, lijkt de RPS-methode (versie 1.0) een waardevol instrument te zijn om snel inzicht te verschaffen in de mate van bescherming die een weg aan auto-inzittenden biedt. De uitkomsten van een RPS-onderzoek geven wegbeheerders aanwijzingen voor verbetering van rijrichtingscheiding, berminrichting of kruispuntuitvoering.

Op basis van de resultaten beveelt de SWOV het volgende aan:

1. Vervolgonderzoek met een steekproef die de wegvakken van provinciale wegen van verschillende provincies omvat.
2. De volledige openbaarmaking van de methode door EuroRAP zodat een in de wetenschap gebruikelijke 'peer review' mogelijk wordt.
3. De methode doorontwikkelen zodat ook ongevalskansen tot uitdrukking komen in de beoordeling van de wegen.
4. Afstappen van de berekening van de totale RPS-score op basis van de prevalentie van ongevalstypen.

5. Ontwikkelen van een methode om wegen te beoordelen op de mate van bescherming aan alle gebruikers van die wegen, dus inclusief fietsers en voetgangers.
6. Ontwikkelen van een DutchRAP.
Deze aanbeveling vloeit voort uit aanbeveling 4 en 5.

Summary

The relation between Road Protection Scores (RPS) and the casualty rate at road sections in the province of Utrecht

The European cooperative EuroRAP has developed a method to systematically estimate the extent to which the road design and layout offer protection to vehicle occupants. The protection level is expressed in the Road Protection Score (RPS): a number of stars with a maximum of four. This study has investigated whether this is a valid method for the provincial roads in the province of Utrecht. In other words: whether a relation can be established between the number of stars that road sections have been given according to the RPS method and the casualty rates at those road sections for occupants of motorized vehicles. The RPS method which has been evaluated in this study only assesses those road features that reduce the severity of the consequences of car crashes; this is RPS method 1.0. The latest version of the RPS method (version 2.0) also assesses the road features that prevent the occurrence of crashes. The RPS method version 1.0 has been used to award stars to provincial roads in the province of Utrecht for the roadside of each road section, for the separation of driving directions of each road section, and for the intersection that was possibly present on a road section. These individual assessments have been used to calculate an overall assessment to each road section. This task, commissioned by the Royal Dutch Touring Club ANWB, was carried out by the consultancy firm Mobycon who used a EuroRAP software programme.

Research method

First, a small literature review was carried out on the relation between the RPS and the casualty rate in other countries. Next, SWOV calculated the casualty rate per road section of provincial roads in the province of Utrecht. The casualty rate was defined as: the number of fatalities and inpatients per million motor vehicle kilometres among the occupants of motorized vehicles. The casualty rate could be calculated using numbers of casualties, length of the road sections, and estimates of the traffic volume per road section. These last estimates were supplied by the road authority. To calculate the casualty rate data from the period 2005-2007 was used of roadside crashes, head-on collisions and lateral collisions at intersections in which occupants of motorized vehicles were killed or sustained such severe injury that they had to be admitted to hospital.

Not only for road sections, but also for entire roads, provincial roads with a certain N-number, a possible relation between the number of stars and the casualty rate was investigated. Finally, it was investigated whether crashes on road sections with a high number of stars had less serious consequences for occupants of motorize vehicles than crashes on road sections with fewer stars.

Results

For provincial roads in the province of Utrecht the casualty rate at road sections is lower the more stars have been awarded, both for the total assessment of that road section as well as for the separate assessments of

the roadside, separation of driving directions (on road sections with a single carriageway) and the intersection. This indicates a relation in the expected direction. However, the large number of short road sections on which no serious crash had occurred caused an extremely large distribution of the crash rate. This made establishing a statistically significant relation between the casualty rate and the number of stars more difficult. Only the difference in casualty rates of intersections with a four star rating and intersections with a one star ($p < 0.01$) and intersections with a two star rating ($p < 0.05$) was statistically significant. However, the study does not indicate that the RPS method (version 1.0) is not a valid method. The sample was too small and the number of short road sections was too large to be able to correctly establish possible significant differences.

Also for roads (N roads in the province of Utrecht), the casualty rate decreases with an increasing number of stars for the entire road. Similar to road sections, however, the decrease is not statistically significant ($p = 0.165$); which in this case was caused by the number of roads being too small. Because the sample is too small from the statistical perspective, it may once more not be concluded that the RPS-method (version 1.0) is not valid.

No relation was found between injury severity and the number of stars of road sections.

Conclusions and recommendations

The sample that was used in this study was too small. It was therefore not possible to establish whether or not the RPS method (version 1.0) is valid. International evaluation studies have resulted in similar conclusions. The method is not entirely public, but on the basis of the available material it may be concluded that the assumptions that are made are plausible from a scientific perspective. In addition, the trend found in literature and in this study is in the expected direction, albeit not as strong as is claimed in the EuroRAP theory, with a 50% reduction per star. Although it is difficult to establish statistically significant effects, the RPS method (version 1.0) appears to be a valuable instrument to rapidly provide insight in the level of protection that a road offers to vehicle occupants. The findings of an RPS study are pointers for road authorities how to improve separation of driving directions, roadside layout, or intersection layout.

Based on the results, SWOV recommends:

1. Carrying out a follow-up study with a sample including road sections in different provinces.
2. Full publication of the method by EuroRAP which will allow a 'peer review' as is customary in science.
3. Further development of the method so that the risks of a crash are also expressed in the assessment of roads.
4. No longer calculating the total RPS score based on the prevalence of crash types.

5. Developing a method for assessing roads on the protection level for all road users, including cyclists and pedestrians.
6. Developing a DutchRAP.
This recommendation is a consequence of recommendations 4 and 5.

Inhoud

1. Inleiding	11
1.1. Het principe van de RPS-methode	11
1.2. Aanleiding voor het onderzoek	13
1.3. Onderzoeksvraag	14
1.4. Literatuuronderzoek	14
1.5. Leeswijzer	16
2. De RPS-methode	17
2.1. Wat zegt het aantal sterren?	17
2.2. Waar worden weggedeelten wel en niet op beoordeeld?	18
2.3. Waarom alleen beoordeling op wegkenmerken met gevolgen voor de afloop van slechts drie type ongevallen?	19
2.4. Van de weg af raken en de RPS voor de berm nader uitgewerkt	20
2.5. Frontale botsingen en de RPS voor rijrichtingscheiding nader uitgewerkt	21
2.6. Flankbotsingen en de wijze waarop verkeerstromen uit een verschillende richting elkaar ontmoeten	23
2.7. De wijze waarop is beoordeeld	25
2.8. De totaalscore	26
3. Methode om de validiteit van de RPS-methode te bepalen	28
3.1. Selectie van ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond)	28
3.2. Selectie van ernstige slachtoffers door bermongevallen, rijrichtingscheidingsongevallen en kruispuntongevallen	29
3.3. Data over de verkeersintensiteit van wegvakken	31
3.4. De berekening van het slachtofferrisico van wegvakken	31
3.4.1. Het gemiddelde slachtofferrisico op wegvakken	32
3.4.2. De spreiding in het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico	33
3.4.3. Toetsen van statistisch significante verschillen	34
3.5. Letselernst en RPS	37
4. Resultaten	38
4.1. Het slachtofferrisico op wegvakken met 1, 2, 3 of 4 sterren	38
4.2. Het slachtofferrisico bij bermongevallen op wegvakken waarvan de bermen zijn beoordeeld met 2, 3 of 4 sterren	41
4.3. Het slachtofferrisico bij frontale botsingen op wegvakken van wegen met twee rijbanen waarvan de rijrichtingscheiding is beoordeeld met een verschillend aantal sterren	42
4.4. Het slachtofferrisico bij frontale botsingen op wegvakken van wegen met één rijbaan waarvan de rijrichtingscheiding is beoordeeld met 2 of 4 sterren	42
4.5. Het slachtofferrisico bij kruispuntongevallen op kruispunten die zijn beoordeeld met 1, 2, 3 of 4 sterren	43
4.6. De verschillen tussen de RPS voor het totaal, de berm, de rijrichtingscheiding en de kruispunten	45
4.7. Het slachtofferrisico en het aantal sterren per N-weg	45
4.8. Letselernst	46

5. Conclusies, discussie en aanbevelingen	48
5.1. De RPS-methode	48
5.2. De gebruikte Road Protection Scores van wegvakken	49
5.3. De onderzoeksvragen	49
5.4. De resultaten en conclusies	50
5.5. Mogelijke verklaringen voor het resultaat en beperkingen van het onderzoek	52
5.5.1. De steekproef	52
5.5.2. De RPS-methode	53
5.5.3. De wijze waarop de RPS-methode is toegepast	54
5.5.4. De berekening van de slachtofferrisico's	54
5.6. De betekenis van de RPS van wegvakken voor wegbeheerders in Nederland	54
5.7. Aanbevelingen	55
Literatuur	57
Bijlage A	Overzicht bestanden van de provincie Utrecht voor berekening van RPS
	59
Bijlage B	Selectie van manoeuvres in BRON
	60
Bijlage C	Scores per traject met zelfde N-wegnummer
	62
Bijlage D	Reacties EuroRAP op aanbevelingen
	63

1. Inleiding

1.1. Het principe van de RPS-methode

In Europees verband (EuroRAP¹) is een methode ontwikkeld om de mate van bescherming die de vormgeving en inrichting van de weg aan inzittenden van auto's biedt, op systematische wijze in te schatten. Deze mate van bescherming wordt uitgedrukt in de Road Protection Score (RPS).

Wanneer een weg zo is vormgegeven en ingericht dat eventuele fouten van weggebruikers geen ernstige gevolgen hebben, dan biedt die weg bescherming aan gebruikers van die weg. De ene weg biedt meer bescherming dan de andere. Als iemand door bijvoorbeeld een (stuur)fout van de weg af in de berm geraakt, dan is de kans dat deze persoon het er levend van af brengt groter als er in die berm geen bomen staan dan wanneer er wel bomen staan. Een ander voorbeeld is het door een foute manoeuvre op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer komen. Op sommige wegen kan men gemakkelijk op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer komen, terwijl dat bij wegen met een brede middenberm en/of een geleiderail vrijwel onmogelijk is. Ook daar waar verkeer uit verschillende richtingen elkaar ontmoet, speelt de vorm en inrichting van de infrastructuur een rol. Bij het invoegen op bijvoorbeeld een autosnelweg rijdt het verkeer op de snelweg en het verkeer op de invoegstrook parallel aan elkaar. Maar bij een gelijkwaardig kruispunt zonder verkeersregeling zijn de ontmoetingen haaks op elkaar. De snelheid waarmee verkeer vanuit verschillende wegen elkaar ontmoet, is volgens de ontwikkelaars van de RPS-methode ook van belang. Hoe kleiner de hoek en hoe lager de snelheid, des te geringer de gevolgen zullen zijn van een foute inschatting van een chauffeur bij het 'nemen' van een kruispunt. Kruispuntoplossingen met een kleine hoek en een gedwongen lage snelheid bieden dus meer bescherming dan kruispuntoplossingen waar het verkeer elkaar haaks ontmoet en waar de ontmoetingssnelheid hoog is.

Het idee achter de RPS-methode dat infrastructuur bescherming kan bieden aan weggebruikers, lijkt op het principe dat in *Door met Duurzaam Veilig* (Wegman & Aarts, 2005) wordt aangeduid met 'fysieke vergevingsgezindheid'. Dat wat gemeten wordt met de RPS-methode omvat echter meer dan alleen fysieke vergevingsgezindheid. Wat de bermen betreft is het idee van bescherming van EuroRAP gelijk aan het principe van fysieke vergevingsgezindheid uit *Door met Duurzaam Veilig*. Rijrichtingscheiding en het elkaar ontmoeten vanuit verschillende richtingen en met verschillende snelheden (de kruispunten) zijn echter zaken die niet onder vergevingsgezindheid, maar onder het Duurzaam Veilig-principe van homogeniteit vallen.

In de door EuroRAP ontwikkelde methode worden van wegvakken de kenmerken van de berm, de rijrichtingscheiding en de kruispunten

¹ EuroRAP is een Europees samenwerkingsverband van belangenbehartigers van weggebruikers. In Nederland komt de ANWB onder andere voor deze belangen op. De ANWB maakt dan ook deel uit van EuroRAP. Naast organisaties als de ANWB maken in enkele landen ook wegbeheerders deel uit van EuroRAP.

vastgesteld en wordt op basis daarvan een kwaliteitsoordeel gegeven over de mate van bescherming die wegvakken aan inzittenden van auto's (bestuurders en passagiers) bieden. Dit oordeel is de EuroRAP Road Protection Score (RPS). In *Hoofdstuk 2* wordt nader ingegaan op hoe de RPS-methode werkt. Voor deze inleiding volstaat het om te vermelden dat met de RPS-methode elk wegvak van een weg op systematische wijze wordt beoordeeld. Volgens de standaardprocedure rijden assessoren die de RPS-methode toepassen, over de wegen die zij beoordelen. Van elk weggedeelte stellen zij vast wat de kenmerken van de berm zijn, hoe de rijrichtingscheiding is en wat de kenmerken van het kruispunt zijn dat aan het wegvak is gekoppeld. Van belang hierbij is ook de snelheidslimiet van de wegen. Bij hoge snelheden zijn de gevolgen van een fout immers ernstiger dan bij lage snelheden. De assessoren voeren hun waarnemingen in en het computerprogramma berekent vervolgens voor elk wegvak een score voor de mate van bescherming van achtereenvolgens de *berm*, de *rijrichtingscheiding* en het *kruispunt* dat aan een wegvak is gekoppeld. Ook wordt er een *totaalscore* voor elk wegvak berekend. De exacte algoritmen waarmee deze berekeningen worden uitgevoerd, maakt EuroRAP niet openbaar zolang de methode nog in ontwikkeling is. De scores worden uitgedrukt in sterren. Hoe meer sterren des te meer bescherming dat wegvak biedt. Het maximum is 4 sterren. Er zijn dus bijvoorbeeld wegvakken waarvan de berm met 1 ster is beoordeeld. Maar er zijn ook wegvakken waarvan de berm is beoordeeld met 2, 3 of 4 sterren. In Nederland zijn sterren toegekend aan wegvakken die soms niet langer dan 100 meter zijn. Het is echter de bedoeling van de RPS-methode om weggedeelten van tussen de 10 en 20 km te beoordelen. Het gaat daarbij om weggedeelten buiten de bebouwde kom die op te vatten zijn als 'main rural roads'. Wat precies onder 'main rural roads' verstaan moet worden, is niet geheel duidelijk. Uit de publicaties van EuroRAP is op te maken dat stroomwegen (inclusief autosnelwegen) en gebiedsontsluitingswegen daaronder vallen.

Een weggedeelte krijgt bij de RPS-methode (althans bij 'versie 1.0', die voor deze studie is gebruikt) een score voor de mate van bescherming die de infrastructuur aan inzittenden van auto's biedt. De RPS zegt niets over de bescherming die de infrastructuur aan bijvoorbeeld voetgangers en fietsers biedt. Daarnaast gaat het uitsluitend om de bescherming bij ongevallen die veroorzaakt zijn door fouten van verkeersdeelnemers. Kenmerken van de infrastructuur die fouten in de hand werken worden niet beoordeeld; dergelijke kenmerken worden wel meegenomen in de 'RPS versie 2.0' die op dit moment in ontwikkeling is. De scores die met behulp van de RPS-methode worden toegekend, zeggen ook niets over de mate van bescherming bij ongevallen die het gevolg zijn van bewuste overtredingen (bewust de snelheidslimiet overschrijden, onder invloed van alcohol rijden, de gordel niet dragen en dergelijke).

De RPS-methode is alleen zinvol als deze valide is, dat wil zeggen wanneer er een duidelijk verband is tussen het aantal sterren dat aan een weggedeelte is toegekend en het slachtofferisico van auto-inzittenden op die weggedeelten. Wegbeheerders kunnen dan bijvoorbeeld op basis van een RPS-beoordeling de zwakke plekken van hun infrastructuur aanpakken, zonder dat ze eerst hoeven afwachten tot er ongevallen gebeuren. .

1.2. Aanleiding voor het onderzoek

In opdracht van de ANWB heeft het adviesbureau Mobycon in 2007 de EuroRAP-methode (versie 1.0) toegepast op de provinciale wegen in de provincie Utrecht. De resultaten hiervan zijn aan de provincie Utrecht gepresenteerd in de vorm van een kaart met daarop de RPS voor de wegvakken. De provincie herkende zich niet in het resultaat. Men onderkende dat er in de provincie Utrecht vrij veel wegen zijn met bomen en/of lichtmasten in de berm. Dit zou in combinatie met een relatief hoge snelheidslimiet de lage rating (weinig sterren) voor veel wegvakken kunnen verklaren. Maar men vond het vreemd dat ook recentelijk gereconstrueerde wegen laag scoorden. Ook constateerde de provincie Utrecht dat er wegvakken met 4 sterren waren waar in het recente verleden relatief veel ongevallen hadden plaatsgevonden en er wegvakken met 2 sterren waren waar weinig ongevallen waren gebeurd. De provincie vroeg zich af of het instrument wel geschikt is om de mate van bescherming van wegen op het onderliggend wegennet te meten. Ook vond de provincie de methode van het toekennen van sterren niet transparant. Mede naar aanleiding van de twijfels bij de provincie Utrecht heeft de ANWB de SWOV verzocht onderzoek te doen naar de validiteit van de RPS-methode voor toepassing op provinciale wegen.

Ten aanzien van de bovengenoemde opmerkingen van de provincie Utrecht dient ten eerste gesteld te worden dat ook wanneer met de RPS-methode (versie 1.0) de fysieke vergevingsgezindheid perfect te meten is, de samenhang tussen ongevallen en sterren toch vrij zwak kan blijven. Ten eerste vormen gebreken aan de infrastructuur niet de enige oorzaak voor het ontstaan van ongevallen. Een weg kan bijvoorbeeld 4 sterren hebben. Toch zullen er op deze weg ernstige ongevallen plaatsvinden wanneer er veel mensen onder invloed van alcohol op rijden. Dit zou bijvoorbeeld het geval kunnen zijn wanneer er enkele uitgaansgelegenheden langs die weg staan en er niet gehandhaafd wordt op rijden onder invloed. Ten tweede wordt bij de RPS-methode slechts naar drie type ongevallen gekeken: van de weg af raken, frontale botsingen en flankbotsingen op kruispunten. Zaken die kopstaartbotsingen in de hand werken, maken geen deel uit van de RPS-methode (versie 1.0). Ten derde gaat het bij de RPS-methode (versie 1.0) om het al of niet ernstig gewond raken of overlijden van autobestuurders en/of hun passagiers door een fout van de bestuurder. Dit betekent dat een weg met onveilige oversteekplaatsen voor fietsers, toch 4 sterren kan krijgen. Bij een botsing met een fietser, zal doorgaans de fietser gewond raken of overlijden en niet de bestuurder van de auto. Ten vierde ziet de provincie Utrecht geen verband tussen het aantal ongevallen en het aantal sterren. Het gaat echter niet om de correlatie tussen het aantal ernstige ongevallen en het aantal sterren, maar om de correlatie tussen het ongevalsrisico (het aantal ongevallen per eenheid van blootstelling) en het aantal sterren. Dat er op een stil en kort wegvak met 2 sterren minder ongevallen plaatsvinden dan op een lang druk wegvak met 4 sterren, is dan ook geen bewijs voor het niet goed functioneren van de RPS-methode (versie 1.0).

Ondanks de reeds genoemde factoren waardoor er nooit sprake kan zijn van een perfecte samenhang tussen het aantal sterren en het aantal ongevallen, dient er wel sprake te zijn van een verband tussen het *slachtofferrisico* van automobilisten en hun passagiers en het aantal sterren dat met behulp van

de RPS-methode (versie 1.0) aan weggedeelten is toegekend. Meer sterren zou een lager slachtofferrisico en een lagere letselernst moeten betekenen. Als er geen verband zou zijn dan zegt de RPS klaarblijkelijk niets over de mate van bescherming die de infrastructuur biedt aan inzittenden van auto's. Het is dan voor wegbeheerders weinig aantrekkelijk om op basis van die scores wegen te verbeteren.

1.3. Onderzoeksvraag

De vraag die we in deze studie willen beantwoorden is of er in de provincie Utrecht wel een verband is tussen het slachtofferrisico op de provinciale wegen en de RPS-score van die wegen. Met andere woorden: vallen er op wegvakken met meer sterren minder ernstige slachtoffers onder inzittenden van motorvoertuigen dan op wegvakken met minder sterren, wanneer we corrigeren voor verkeersintensiteit en weglengte? Als er een duidelijk verband is tussen het aantal sterren en het slachtofferrisico, is dat een indicatie voor de validiteit van de RPS-methode (versie 1.0). Als dit verband er niet is, zal gezocht moeten worden naar verklaringen.

1.4. Literatuuronderzoek

De ANWB heeft tot op heden drie RPS-pilots in Nederland geïnitieerd. De wegvakken van provinciale wegen in Zuid-Holland zijn beoordeeld in 2005. In 2007 zijn naast de provinciale wegen van Utrecht ook alle rijkswegen beoordeeld. De rijkswegen bestaan vooral uit autosnelwegen maar ook uit enkele autowegen (veelal enkelbaans). De uitkomsten van de drie pilots zijn weergegeven in *Tabel 1.1*. De verschillen tussen de twee provincies, met name de percentages 2- en 4-sterrenweglengte, zijn opmerkelijk. Deze verschillen zijn onverwacht en er is door de betrokkenen geen verklaring voor gegeven. Tot op heden zijn de uitkomsten van het RPS-onderzoek door beide provincies nog niet gebruikt om hun wegen te verbeteren. De nationale overheid daarentegen heeft in het *Actieprogramma Verkeersveiligheid 2009-2010* (de eerste tweejaarlijkse uitwerking van het *Strategisch Plan 2008-2020*) de beleidsambitie opgenomen om in 2020 alle 2-sterrenwegen opgewaardeerd te hebben tot minimaal 3 sterren (IPO et al., 2009).

	2 sterren (in %)	3 sterren (in %)	4 sterren (in %)	Totale weglengte (km)
Provincie Zuid-Holland (2005): hoofdwegen en lagereorde- wegen (incl. parallelwegen)	17	51	31	751 (100%)
Provincie Utrecht (2007): hoofdwegen en lagereorde- wegen (incl. parallelwegen)	42	39	18	405 (100%)
Rijkswegen (2007)	1	27	72	5.583 (100%)

Tabel 1.1. Road Protection Scores (RPS versie 1.0) voor de provinciale wegen in Zuid-Holland (2005) en Utrecht (2007) en Rijkswegen (2007) uitgedrukt in percentage van de totaal geïnventariseerde weglengte (zie laatste kolom) per wegbeheerder weer.

Lynam et al. (2007) hebben een validatiestudie verricht naar RPS-data uit Zweden. Analyse van ongevallendata (uit een periode van drie jaar) van

circa 9.000 kilometer weglengte laat zien dat het ongevalsrisico lager is voor routes met een hogere RPS-score. Tevens concludeerde men dat deze relatie het sterkst is voor bermongevallen en zwakker is voor ongevallen op kruispunten. Men vond geen relatie voor wegen binnen de bebouwde kom. Een voor de hand liggende verklaring hiervoor is het feit dat EuroRAP in de RPS-methode (versie 1.0 en versie 2.0) geen kwetsbare verkeersdeelnemers meeneemt en omdat bij lage limieten aangenomen wordt dat bestuurders die zich aan de wet houden en met een auto met 4 of 5 EuroNCAP-sterren bij een ongeval geen ernstig letsel oplopen.

Analyses van de RPS van hoofdwegen in het Verenigd Koninkrijk met een weglengte van circa 7.000 km en ongevallendata van 2006 en 2007, duiden op een vergelijkbaar beeld als in Zweden (Castle et al., 2007). Voor alle wegen samen werd geconcludeerd dat het ongevalsrisico afneemt bij toename van de RPS-scores (versie 1.0). Castle et al. (2007) bestudeerden deze relatie ook voor verschillende types hoofdwegen (Autosnelwegen en A-roads, zijnde niet-autosnelwegen van hogere orde, verdeeld in dubbelbaans- en enkelbaanswegen). Men concludeerde dat de RPS in het algemeen goed onderscheid maakt tussen wegen van goede en slechte kwaliteit (lees: hogere RPS gaat samen met lager ongevalsrisico) maar men merkte tevens op dat voor zowel dubbelbaans A-roads als A-roads met een mix van enkelbaans- en dubbelbaanstrajecten het aantal ongevallen te klein was om statistisch significante uitspraken over de relatie met de RPS te doen. Validatiestudies van de nieuwe RPS-methode, versie 2.0 (EuroRAP, 2009) zijn nog niet gepubliceerd in Europa. Wel is er een studie uit de VS, verderop in deze paragraaf beschreven, die een variant is van de RPS-methode van de International Road Assessment Programme (iRAP) en die vergelijkbaar is met de nieuwe RPS-methode (versie 2.0).

In Zwitserland is 1.500 km 'Hauptstrassen' (hoofdwegen zijnde niet-autosnelweg) onderzocht in 2006 (Baumann, 2007). Een vergelijking tussen ongevallendata van de periode 1997-2002 en RPS (versie 1.0) wijst volgens de auteur op een relatie tussen lage ongevalsrisico's en hoge RPS-waarden, waarbij opgemerkt wordt dat deze relatie statistisch zwak is en alleen geldt voor RPS-waarden hoger dan 3,5. Voor lagere RPS-waarden was de spreiding te groot om een relatie aan te kunnen tonen.

Op basis van ongevallendata (periode 1999-2004) van het hoofdwegen-netwerk (5.300 km) in de Australische staat Queensland vinden McInerney et al. (2008) dat de kosten van ongevallen per afgelegde voertuigkilometer op 4-sterrenwegen ongeveer de helft zijn van die op 3-sterrenwegen en dat deze weer de helft zijn van de ongevalskosten per voertuigkilometer op een 2-sterrenweg. Er is ook een relatie gevonden tussen de kosten van ongevallen per afgelegde voertuigkilometer en RPS voor bermongevallen en ongevallen op kruispunten. Voor deze analyses is gebruikgemaakt van de RPS-methode van AusRAP, die weliswaar gebaseerd is op de iRAP-versie, maar daar ook iets van afwijkt. McInerney et al. (2008) maken gebruik van ongevalskosten per voertuigkilometer omdat hierin fatale ongevallen zwaarder meewegen dan in het normale ongevalsrisico. McInerney et al. (2008) concluderen dat de resultaten een sterke indicatie geven (significantiëniveau wordt niet vermeld) van de vermindering van de ongevalskosten die kan worden verwacht als een wegennet opgewaardeerd wordt van twee sterren naar drie tot vier sterren.

In de Amerikaanse staten Iowa en Washington zijn de RPS-waarden vergeleken met ongevallendata van circa 4.800 km verschillende typen landelijke en stedelijke hoofdwegen. Hiervoor heeft men de RPS-methode van U.S. Road Assessment Program (usRAP) gebruikt die, zoals eerder opgemerkt, iets afwijkt van iRAP en een score kent van 1 t/m 5 sterren. Harwood et al. (2010) concludeerden dat er een sterk bewijs (statistisch significant bij $p < 0,05$) is dat het ongevalsrisico afneemt bij toenemende RPS-waarden op enkelbaans wegen van het type 1x2 en 1x4 (two-lane undivided highways, four-lane undivided highways) en op dubbelbaanswegen van het type 2x2 (four-lane divided non-freeways). Deze statistisch significante relatie ($p < 0,05$) is ook gevonden voor bermongevallen (run-off-road crashes) op enkelbaanswegen type 1x2 en dubbelbaanswegen type 2x3 (six-lane divided freeways) en voor ongevallen op kruispunten (junction crashes) op enkelbaanswegen type 1x2 en 1x4. Voor ongevallen met tegenliggers (head-on crashes) is de statistisch significante relatie ($p < 0,05$) ook aangetoond op enkelbaanswegen type 1x2 in de staat Iowa. Voor dit wegtype in de staat Washington is deze relatie ook gevonden, maar iets minder sterk ($p < 0,10$). De auteurs concluderen dat er in het algemeen geen relatie tussen RPS en ongevalsrisico aangetoond kon worden voor freeways, omdat deze door de uniforme vormgeving van dit wegtype min of meer dezelfde RPS-waarden kregen toebedeeld.

Uit het voorgaande kunnen we concluderen dat in Zweden, het Verenigd Koninkrijk, Zwitserland en in Australië resultaten gevonden zijn die in de goede richting wijzen, maar waarvan de statistische significantie onvoldoende is aangetoond. Significante relaties tussen een op RPS gelijkende score en het slachtofferrisico zijn wel gevonden twee dunbevolkte staten in de Verenigde Staten. Vermoedelijk komt dit doordat de wegvakken in genoemde staten veel langer zijn dan die in Europa en doordat de verkeersintensiteit laag is. Hierdoor zal er minder ruis in de data hebben gezeten (bijvoorbeeld door de invloed van ongevalstypen die niet gescoord worden door de RPS, zoals kop-staartbotsingen) dan in dichtere netwerken zoals in West-Europa.

1.5. Leeswijzer

In *Hoofdstuk 2* wordt nader ingegaan op de RPS-methode. Wat wordt er precies geobserveerd en geregistreerd en hoe wordt het aantal sterren voor wegvakken berekend? In *Hoofdstuk 3* staat beschreven hoe het slachtofferrisico voor wegvakken is berekend. Welke ongevallen zijn geselecteerd? Hoe zijn de relevante ongevallen aan wegvakken gekoppeld en hoe zijn de verkeersintensiteiten per wegvak vastgesteld? Tevens wordt in *Hoofdstuk 3* de methode beschreven waarmee de onderzoeksvraag statistisch is getoetst. In *Hoofdstuk 4* worden de resultaten gepresenteerd. Ten slotte staan in *Hoofdstuk 5* de conclusies en worden de resultaten geïnterpreteerd. Tevens worden in dat laatste hoofdstuk enkele aanbevelingen gedaan.

2. De RPS-methode

In de wereld van computers wordt gesproken over 'open source software' en software waarvan de broncode geheim gehouden wordt. In het eerste geval kan iedereen tot in detail het product analyseren en verbeteren en in het tweede geval kunnen kopers de software alleen maar gebruiken. Overeenkomstig het gebruik in de computerwereld is de RPS-methode op te vatten als software waarvan de broncode geheim gehouden wordt. Veel informatie over de theoretische achtergronden en de berekeningswijze is er niet en de enkele details die wel bekend zijn, staan vaak in vertrouwelijke rapporten. Een wetenschappelijk verantwoorde analyse van de methode is dan ook niet mogelijk. Als redenen voor de geheimhouding noemt EuroRAP de kwaliteitsborging en het feit dat de methode nog in ontwikkeling is. EuroRAP wil controle over wie de methode toepast en hoe de methode wordt toegepast. In dit hoofdstuk staat beschreven hoe de RPS-methode werkt, voor zover dat bekend is gemaakt en onderbouwd wordt door de ontwikkelaars zelf, en welke ontwikkelingen er zijn.

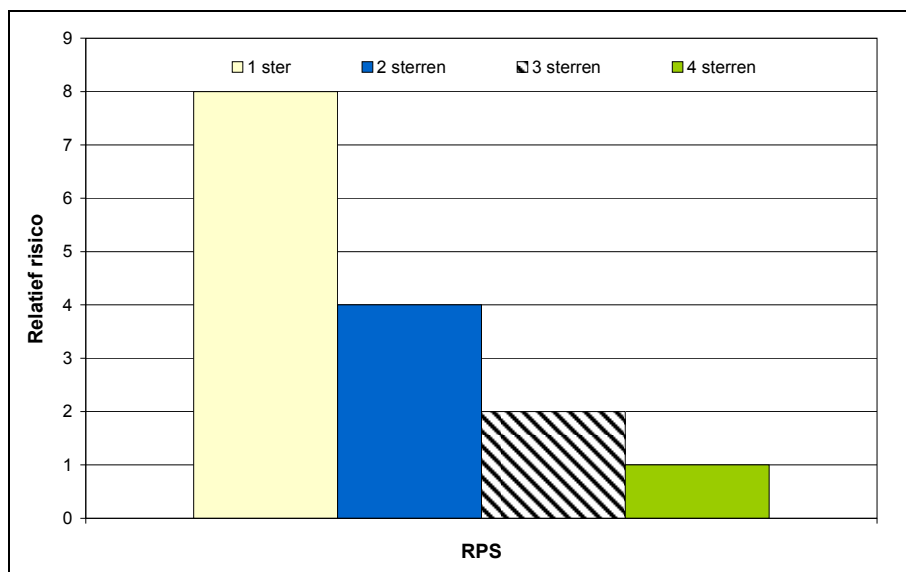
2.1. Wat zegt het aantal sterren?

EuroRap heeft een minimumrisico voor auto-inzittenden gedefinieerd bij bepaalde wegkenmerken. Dit is het relatief risico 1. Bij een relatief risico van 1 zijn er in het ideale geval geen ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond) onder auto-inzittenden bij ongevallen. Om een relatief risico van 1 te halen dient een weg niet alleen over de juiste wegkenmerken te beschikken, maar dienen de weggebruikers ook aan bepaalde kenmerken te voldoen (EuroRAP, 2008). Deze kenmerken zijn:

- Inzittenden van auto's (zowel bestuurder als eventuele passagiers) houden zich aan de verkeersregels (rijden niet onder invloed, rijden niet harder dan de snelheidslimiet en dragen hun gordel).
- Het ongevallenpatroon op die weg wijkt niet sterk af van wat als gemiddeld wordt gezien; dat is $\pm 32\%$ bermongevallen, $\pm 24\%$ frontale botsingen en $\pm 19\%$ kruispuntongevallen (zie *Paragraaf 2.3*).
- Er rijdt niet uitzonderlijk veel zwaar verkeer op die weg.
- Alle auto's hebben ten minste 4 sterren volgens EuroNCAP.

Voor wegen met 4 sterren zou het relatief risico in principe 1 moeten zijn. Bij elke ster minder verdubbelt ruwweg het relatief risico (EuroRAP, 2008).

In *Afbeelding 2.1* is het door EuroRAP veronderstelde theoretische verband tussen het aantal sterren en het relatief risico grafisch weergegeven. De resultaten voor de provinciale wegen van Utrecht uit deze studie worden in *Hoofdstuk 4* op dezelfde wijze gepresenteerd als in *Afbeelding 2.1*. De vraag is dus of de afbeeldingen in *Hoofdstuk 4* ook de vorm aannemen van een aflopend trapje waarbij de treden steeds kleiner worden.



Afbeelding 2.1. Verondersteld theoretisch verband tussen het aantal sterren en het relatief risico door EuroRAP (EuroRAP, 2008).

2.2. Waar worden weggedeelten wel en niet op beoordeeld?

Bij de RPS-methode (versie 1.0) die door de firma Mobycon is gebruikt voor de beoordeling van de provinciale wegen in de provincie Utrecht, gaat het uitsluitend om de beoordeling van kenmerken van de weg die bijdragen aan de ernst van de afloop van ongevallen als gevolg van *fouten* van verkeersdeelnemers. Het gaat niet om de gevolgen van ongevallen waaraan een bewuste overtreding ten grondslag heeft gelegen, zoals rijden onder invloed of harder rijden dan de snelheidslimiet. Een gevolg hiervan is dat de daadwerkelijke rijsnelheid niet van invloed is op de hoogte van de score maar de daar geldende snelheidslimiet wel.

Daar het alleen over kenmerken gaat die de ernst van de afloop doen verminderen, wordt ook niet gekeken naar kenmerken van de weg die het ontstaan van ongevallen in de hand werken. Een voorbeeld van een infrastructureel kenmerk dat het maken van fouten in de hand werkt is een onverwachte scherpe bocht. Wanneer een weg een onverwachte scherpe bocht heeft, bestaat de kans dat een automobilist met hoge snelheid die bocht in rijdt en daardoor van de weg af raakt.

Ten slotte gaat het ook niet om wegkenmerken die de ernst van de afloop doet verminderen bij andere weggebruikers dan auto-inzittenden. Of er bijvoorbeeld vrij liggende fietspaden zijn, telt niet mee in het RPS-systeem dat door de firma Mobycon is gebruikt voor de beoordeling van de provinciale wegen in Utrecht.

Zoals in het vorige hoofdstuk is vermeld, wordt wel gekeken naar kenmerken van de berm, de rijrichtingscheiding en kruispunten die de ernst van de afloop van auto-ongevallen doen verminderen. Ernstige ongevallen zijn ongevallen die tot één of meer ziekenhuisgewonden leiden en/of ongevallen waarbij één of meer slachtoffers om het leven komen.

De RPS-methode van EuroRAP is in ontwikkeling en in het voorgestelde 'RPS 2.0' (EuroRAP, 2009) worden wel kenmerken van de weg beoordeeld die het maken van fouten door automobilisten in de hand werken

(bijvoorbeeld of een weg al dan niet onverwachte scherpe bochten heeft). In RPS 2.0 worden echter nog steeds niet de kenmerken van de weg beoordeeld die gunstig zijn voor de verkeersveiligheid van voetgangers en fietsers. Een aan EuroRAP gelieerde organisatie (iRAP) heeft wel een methode ontwikkeld waarin de mate van bescherming van de infrastructuur aan kwetsbare verkeersdeelnemers beoordeeld wordt, maar deze methode is bedoeld voor ontwikkelingslanden en is ongeschikt voor gebruik in Nederland of in andere westerse landen. Wanneer er in het vervolg van dit rapport over de RPS-methode of het RPS-systeem gesproken wordt, wordt daarmee de oorspronkelijke RPS-methode (versie 1.0) bedoeld. Deze versie is gebruikt voor de beoordeling van provinciale wegen in de provincie Utrecht.

2.3. **Waarom alleen beoordeling op wegkenmerken met gevolgen voor de afloop van slechts drie type ongevallen?**

Van de weg af raken (de bermongevallen), frontale botsingen met tegemoetkomend verkeer en flankbotsingen en frontale botsingen op kruispunten zijn veel voorkomende ongevalstypen op Europese wegen. Bij de ontwikkeling van het RPS-systeem is in een aantal landen gekeken naar welk deel deze drie typen ongevallen vormen van het totaal aantal ongevallen met dodelijke afloop op 'main rural roads', waarbij de doden zijn gevallen onder de inzittenden (bestuurder en/of passagiers) van motorvoertuigen. Dit heeft tot *Tabel 2.1* geleid.

Type ongeval	Frankrijk	Zwitserland	Hongarije	Denemarken	Groot-Brittannië	Zweden	Gemiddeld
Van de weg af	40%	51%	23%	25%	26%	30%	32%
Frontaal op wegvakken	21%	16%	31%	26%	19%	34%	24%
Flank en frontaal op kruispunt	18%	21%	8%	27%	27%	12%	19%
Totaal	79%	88%	62%	78%	72%	76%	75%

Tabel 2.1. Percentage verkeersdoden in bermongevallen, frontale botsingen op wegen en flankbotsingen en frontale botsingen op kruispunten van het totaal aantal doden onder auto-inzittenden in zes Europese landen (Lynam et al., 2003).

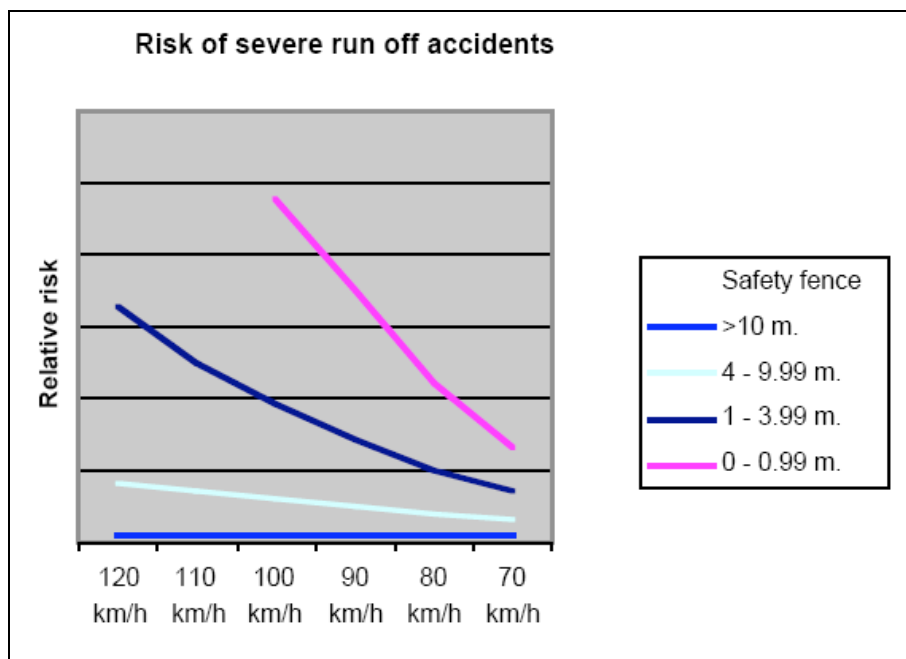
Gemiddeld is dus bij een steekproef van zes landen in Europa in totaal driekwart van alle dodelijke slachtoffers het gevolg van ongevallen waarbij men van de weg is geraakt, frontaal op een tegenligger is gebotst op een wegvak en tegen de zijkant van een ander voertuig is gereden of frontaal is gebotst op een kruispunt. Vanwege het grote aandeel van de drie genoemde ongevalstypen, wordt in het RPS-systeem alleen naar wegkenmerken gekeken die de ernst van de afloop van deze ongevalstypen doen verminderen. Het is niet duidelijk of bij van de weg af raken uitsluitend ongevallen in de zijberm bedoeld worden of ook de ongevallen in de middenberm als die aanwezig is. Ongevallen in de middenberm staan in verband met de kwaliteit van de rijrichtingscheiding en horen daarom eigenlijk bij de categorie van frontale botsingen opgeteld te worden. Op wegen buiten de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 60 km/uur of hoger, was gemiddeld over de jaren 2005-2008 in Nederland 43% een bermongeval (zijberm en middenberm) met dodelijke afloop waarvan de

dodelijke slachtoffers onder de inzittende van motorvoertuigen vielen. Het percentage frontale botsingen op wegvakken in deze categorie bedroeg gemiddeld 16% en het percentage flankbotsingen én frontale botsingen op kruispunten bedroeg 17% (bron: BRON, DVS). In 2004 is in Nederland de codering van het ongevalregistratieformulier veranderd. De eindpositie van het voertuig wordt sindsdien niet meer gecodeerd. Of een voertuig nu in de zijberm of in de middenberm is beland, is niet meer te achterhalen op basis van de ongevalldata. Hierdoor kan niet meer met zekerheid bepaald worden of bij een ongeval de kwaliteit van de rijrichtingscheiding, waar ook de kwaliteit van de middenberm onder valt, of de kwaliteit van de zijberm een rol heeft gespeeld.

2.4. Van de weg af raken en de RPS voor de berm nader uitgewerkt

In het conceptrapport *EuroRAP Star Rating Methodology* (EuroRAP, 2008) wordt onderzoek aangehaald waaruit blijkt dat de hoek waaronder auto's die van de weg de berm indringen voor het overgrote deel tussen de 5 en de 2 graden ligt. Door deze relatief kleine hoek kan een tamelijk smalle obstakelvrije zone al een gunstig effect op de ernst van de afloop hebben. Ook worden in het genoemde rapport een aantal onderzoeken aangehaald waaruit het verband is gebleken tussen de breedte van de obstakelvrije zone en de ernst van de afloop van bermongevallen. Zo leidt volgens Zegeer et al. (1988) (geciteerd in EuroRAP, 2008) een obstakelvrije zone van 3,3 meter (10 voet) tot een reductie van 25% van de 'run-of-road accidents' met een ernstige afloop (dood en/of ziekenhuisgewond). Een obstakelvrije zone van 6,6 meter (20 voet) zou volgens dit onderzoek tot een reductie van 50% van de ernstige bermongevallen leiden.

De ernst van de afloop van een bermongeval is niet alleen afhankelijk van de breedte van de obstakelvrije zone, maar ook van de snelheid waarmee men de berm indringt. De aangehaalde onderzoeken over het verband tussen de breedte van de obstakelvrije zone en het percentage ernstige ongevallen, zijn hoofdzakelijk uitgevoerd op wegen met een snelheidslimiet van 90 km/uur. In het RPS-systeem zijn de risico's op een bermongeval met dood en /of ziekenhuisgewond als afloop op wegvakken met een andere snelheidslimiet, afgeleid van de gevonden waarden bij 90km/uur-wegen. Daarbij is verondersteld dat de kans op een ongeval met ernstig letsel toeneemt met het kwadraat van de snelheidstoename. Men verwijst hierbij naar Nilsson (1982, 2004). De exacte formules van het verband tussen de kans op een ernstig ongeval en de snelheid zijn echter niet openbaar gemaakt door EuroRAP. In het conceptrapport *EuroRAP Star Rating Methodology* (EuroRAP, 2008) wordt opgemerkt dat in de formules zowel de kans op een ongeval als de ernst van de afloop verdisconteerd is. *Afbeelding 2.2* is overgenomen uit het rapport *European Road Assessment Programme; EuroRAP I; Technical Report* (Lynam et al., 2004). Deze afbeelding geeft het verband weer tussen het relatief risico op een bermongeval met dood en/of ziekenhuisgewond als afloop en de snelheidslimiet voor vier verschillende categorieën van de breedte van de obstakelvrije zone (0-,099 meter, 1-3,99 meter, 4-9,99 en meer dan 10 meter). Deze afbeelding toont niet hoe het RPS-model (versie 1.0) onderscheid maakt tussen wegkenmerken van de berm als de limiet lager is dan 70 km/uur op wegvakken.



Afbeelding 2.2. Verondersteld verband tussen het relatief risico op een bermongeval met ernstige afloop (dood en/of ziekenhuisgewond) en de snelheidslimiet voor verschillende categorieën van de breedte van de obstakelvrije zone (Lynam et al., 2004).

EuroRAP heeft de RPS-methode nog in ontwikkeling en beschouwt deze nog niet als af. Afbeelding 2.2 stamt uit 2003. Inmiddels wordt een andere indeling van de categorieën voor de breedte van de obstakelvrije zone gehanteerd dan in Afbeelding 2.2 is weergegeven. De nieuwe indeling is: 0-2,99 meter, 3-6,99 meter, 7-10 meter en meer dan 10 meter. Deze nieuwe indeling is door het adviesbureau Mobycon voor de provinciale wegen in de provincie Utrecht gebruikt. Waarom de categorieën voor de breedte van de obstakelvrije zone zijn veranderd, is niet bekend. De in Utrecht gebruikte RPS-methode maakt in tegenstelling tot Afbeelding 2.2 onderscheid tussen kenmerken van de berm tot een snelheidslimiet van 60 km/uur. Bij deze limiet en lager scoren verschillende breedtes van de obstakelvrije zone echter gelijk.

2.5. Frontale botsingen en de RPS voor rijrichtingscheiding nader uitgewerkt

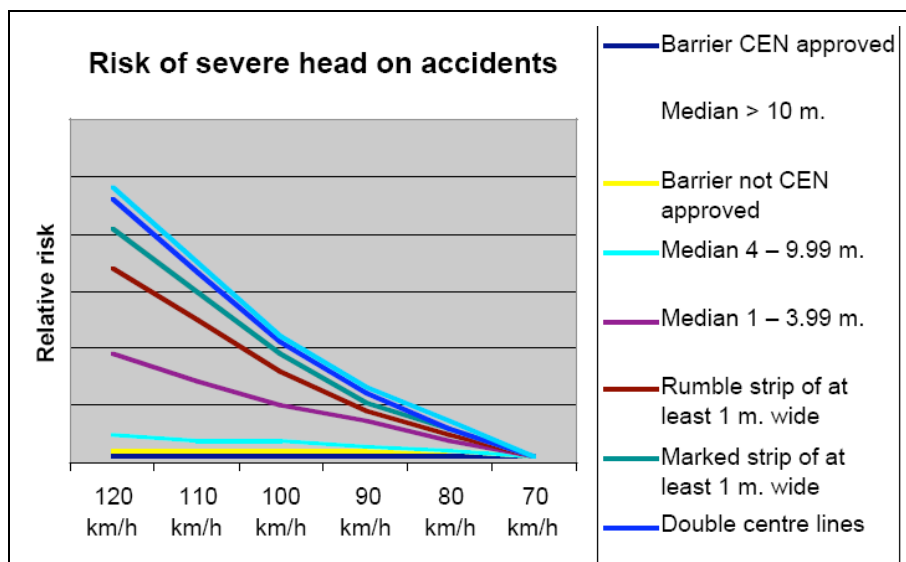
Fouten waardoor men frontaal botst, kunnen onder andere ontstaan doordat men achter het stuur in slaap is gevallen, door verlies van aandacht doordat men bijvoorbeeld met andere dingen bezig is, onwel is geworden of doordat men de 'macht over het stuur' heeft verloren. Ook kan het gebeuren dat men op wegen zonder 'harde' fysieke rijrichtingscheiding (zoals een brede middenberm en/of geleiderail) door inschattingfouten tijdens een inhaalmanoeuvre frontaal botst. In het RPS-systeem wordt naar drie vormen van rijrichtingscheiding gekeken:

1. Barrières die het vrijwel onmogelijk maken om op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer te komen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen geleiderail die wel voldoet aan de CEN-normen (Comité Européen de Normalisation) en geleiderail die dat niet doet.

2. Middenbermen zonder geleiderail (door EuroRAP aangeduid met de term median). Des te breder de middenberm is, des te onwaarschijnlijker wordt het dat men op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer komt. Voor de middenberm wordt dezelfde indeling gebruikt als voor de berm (0-2,99 meter, 3-6,99 meter, 7-10 meter en meer dan 10 meter).
3. Geen fysieke scheiding, maar markering op de weg die waarschuwen en/of ontmoedigen. Ribbelmarkering ('rumble strips' in het Engels) op de as van de weg waarschuwt een bestuurder wanneer deze op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer dreigt te komen. De markering van de centrale as zorgt ervoor dat men minder snel geneigd is om onbedoeld op de rijbaan van het tegemoetkomende verkeer te komen. Bij doorgetrokken witte strepen mag men niet op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer komen. In het RPS-systeem wordt verondersteld dat de waarschijnlijkheid dat dit gebeurt afneemt naarmate de tussenruimte van de eigen rijbaan en de rijbaan van het tegemoetkomende verkeer groter is. Er wordt in het RPS-systeem een onderscheid gemaakt tussen markeringen van de centrale as die een meter of meer uit elkaar liggen en markeringen van de centrale as die minder dan 1 meter uit elkaar liggen.

Ook over de relatie tussen rijrichtingscheiding en het vóórkomen van frontale botsingen wordt in het conceptrapport *EuroRAP Star Rating Methodology* (EuroRAP, 2008) onderzoek aangehaald. Een van de genoemde onderzoeken betreft schattingen op basis van ongevallendata door Knuiman et al. (1993). Deze auteurs schatten dat op wegen met een snelheidslimiet van 90 km/uur het relatief risico op een frontale botsing door op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer te komen 8,5 is wanneer de rijrichtingscheiding slechts bestaat uit een onderbroken streep. Wanneer de rijrichtingscheiding bestaat uit twee doorgetrokken strepen die een meter uit elkaar liggen, dan is volgens de genoemde auteurs het relatief risico 7,5. Gaat het om een middenberm zonder geleiderail van 1-3 meter, 3-6 meter en 6-9 meter, dan is het relatief risico op een frontale botsing respectievelijk 6,5, 3,5 en 2. Volgens een schatting van de Transportation Research Board (TRB, 1987; ook aangehaald in EuroRAP, 2008) zou op wegen buiten de bebouwde kom zonder fysieke rijbaanscheiding waarvan de breedte van zowel de rijbaan in de ene richting als de andere richting 3,7 meter breed is, 3 tot 5 procent minder ongevallen voorkomen dan op wegen waarbij de rijbaan in beide richtingen 2,7 meter breed is. Dit onderzoek lijkt echter meer het effect van bredere rijbanen aan te tonen dan van rijrichtingscheidingen.

Evenals bij van de weg af raken is de ernst van de afloop van een frontale botsing afhankelijk van de snelheid waarmee voertuigen op elkaar botsen. Ook voor frontale botsingen zijn de formules over het veronderstelde verband tussen snelheid en ongevalsrisico niet openbaar gemaakt. In *Afbeelding 2.3* staat hoe in het RPS-systeem verondersteld wordt wat het verband is tussen de kans op ernstige ongevallen (dood en/of ziekenhuisgewond) voor verschillende vormen van rijrichtingscheiding bij verschillende snelheidslimieten (Lynam et al., 2004). Uit de afbeelding blijkt dat het RPS-model (versie 1.0) geen onderscheid maakt tussen de verschillende kenmerken van rijrichtingscheiding op wegvakken als de limiet daar 70 km/uur of lager is.



Afbeelding 2.3. Verondersteld verband tussen het relatief risico op een frontale botsing met ernstige afloop (dood en/of ziekenhuisgewond) en de snelheidslimiet voor verschillende vormen van rijrichtingscheiding (Lynam et al., 2004).

Met 'Median' wordt in Afbeelding 2.3 de middenberm bedoeld. 'Rumble strip' is ribbelmarkering. In tegenstelling tot wat in de afbeelding staat, zijn wegen door Mobycon beoordeeld op de breedte daarvan volgens een categorisering die gelijk is aan de obstakelvrije zones aan de zijkant van de wegen (0-2,99 meter, 3-6,99 meter, 7-10 meter en meer dan 10 meter).

2.6. Flankbotsingen en de wijze waarop verkeersstromen uit een verschillende richting elkaar ontmoeten

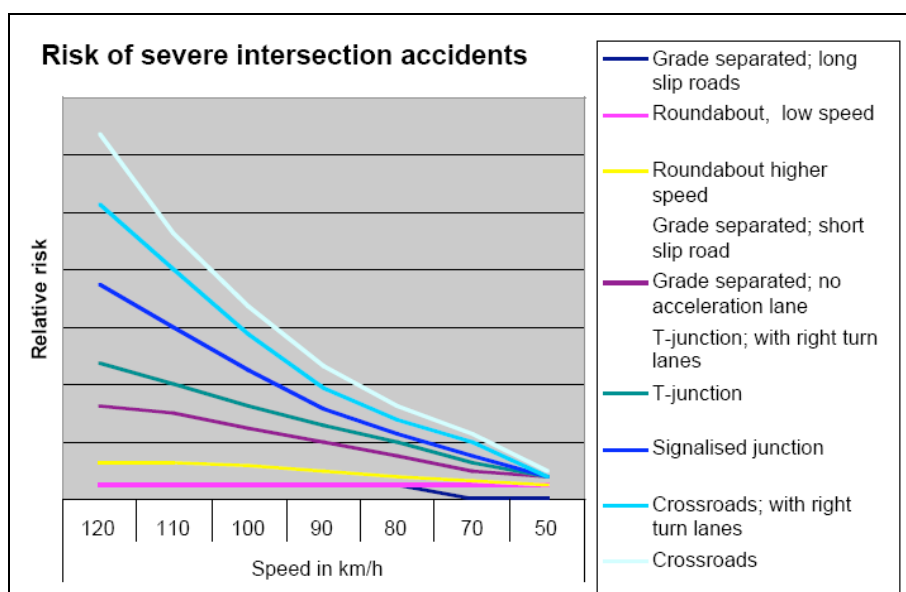
Het Engelse woord 'intersection' omvat meer dan het Nederlandse woord kruispunt. Bij het Engelse woord 'intersection' gaat het om alle vormen waarop verkeer vanuit verschillende wegen elkaar ontmoet en omvat kruispunten, rotondes en T-kruispunten, en ongelijkvloerse kruisingen zoals viaducten met op- en afritten. De ernst van de afloop van flankbotsingen hangt af van de hoek waaronder het verkeer elkaar ontmoet en de snelheid. Deze hoek is heel klein bij invoegend verkeer vanaf de invoegstrook op een autosnelweg en is 90 graden bij gelijkvloerse kruispunten. Drie groepen van kruispuntvormen worden in het RPS-systeem onderscheiden:

1. vormen met zeer kleine hoeken van ontmoeting zoals bij opritten van autosnelwegen;
2. vormen met een ontmoetingshoek die groter is (maar nog geen 90 graden), zoals bij rotondes;
3. kruispuntvormen waarbij de ontmoetingshoek 90 graden is.

Binnen elke groep wordt in het RPS-systeem verder gekeken naar de mate waarin men gedwongen wordt om zijn snelheid aan te passen door de vorm van het kruispunt. Bij opritten van autosnelwegen gaat het om de lengte van de invoegstrook. Kan men voldoende snelheid opbouwen om een snelheid te verkrijgen die gelijk is aan die op de autosnelweg en krijgt men voldoende tijd om in te voegen? Bij rotondes gaat het om de straal. Een rotonde met een kleine straal dwingt een grotere snelheidsreductie af dan een rotonde

met een grote straal. Bij kruispunten en T-kruispunten gaat het om het feit of de voorrang geregeld is met bijvoorbeeld een verkeerslichtinstallatie of dat het om een gelijkwaardig kruispunt gaat. Ook wordt bij kruispunten gekeken of er sprake is van voorsorteerstroken. Kruispunten met voorsorteerstroken worden als veiliger beschouwd dan kruispunten zonder voorsorteerstroken, indien het althans om een voorsorteerstrook voor linksaf gaat.

Hoewel er veel onderzoeken bestaan naar de verkeersveiligheid van verschillende kruispuntvormen, worden deze niet genoemd in het rapport *EuroRAP Star Rating Methodology* (EuroRAP, 2008). *Afbeelding 2.4* laat zien welk verband het RPS-systeem veronderstelt tussen de kans op een botsing met ernstige afloop (dood en/of ziekenhuisgewond) op een kruispunt voor verschillende kruispuntvormen bij verschillende snelheidslimieten (Lynam et al., 2004). Uit de afbeelding blijkt dat het RPS-model (versie 1.0) alleen onderscheid maakt tussen wel of geen rotonde als de limiet 50 km/uur is. Andere kenmerken van een kruispunt spelen pas een rol als de snelheidslimiet hoger is dan 50 km/uur. Ook voor kruispuntbotsingen is het exacte verband tussen snelheid en ongevalsrisico niet openbaar gemaakt. De afbeelding geeft de Engelse situatie weer. Een 'crossroad with right turn lane' is in de Nederlandse situatie een 'gelijkwaardig kruispunt met een voorsorteerstrook voor afslaan naar links'.



Afbeelding 2.4. Verondersteld verband tussen het relatief risico op een flankbotsing met ernstige afloop (dood en/of ziekenhuisgewond) en de snelheidslimiet voor verschillende kruispuntvormen (Lynam et al., 2004).

De legenda van *Afbeelding 2.4* dient als volgt gelezen te worden: 'Grade separated; long slip roads' = 'Ongelijkvloerse kruising met lange opritten', 'Roundabout, low speed' = 'Ronde die met lage snelheid 'genomen' moet worden', 'Roundabout higher speed' = 'Ronde die met hogere snelheid 'genomen' kan worden', 'Grade separated; short slip road' = 'Ongelijkvloerse kruising met korte opritten', 'Grade separated; no acceleration lane' = 'ongelijkvloerse kruising zonder invoegstrook', 'T-junction; with right turn lanes' = 'T-kruispunt met voorsorteerstroken voor linksaf', 'T-junction' = 'T-kruispunt', 'Signalised junction' = 'Kruispunt (kruispunt of T-kruispunt) met

een verkeerslichtinstallatie (stoplichten)', 'Crossroads; with right turn lanes' = 'Kruispunt met voorsorteerstroken naar links' en 'Crossroads' = 'Gelijkwaardig kruispunt'.

2.7. De wijze waarop is beoordeeld

De RPS-methode kan op drie manieren worden toegepast (EuroRAP, 2008). De meest gebruikelijke is dat assessoren over de wegen rijden en zo nu en dan stoppen. Zij schatten tijdens die ritten op systematische wijze de verschillende kenmerken van wegvakken. Met behulp van een tablet of touchscreen-laptop worden deze waarden handmatig ingevoerd. Het is ook mogelijk dat men over de te beoordelen wegen rijdt terwijl men filmt. De wegen worden dan bij het afdraaien van de films beoordeeld. Bij de derde manier wordt gebruikgemaakt van de databestanden van de wegbeheerder. Deze laatste werkwijze is gebruikt voor de toekenning van sterren aan wegvakken van de provinciale wegen in de provincie Utrecht. De snelheidslimieten voor wegvakken, de aanwezigheid van verkeerslichtinstallaties, de breedte van de middenberm, de aanwezigheid van rotondes en de aanwezigheid van geleiderails, zijn niet al rijdend geobserveerd en geschat, maar zijn overgenomen uit de administratie van de wegbeheerder (zie *Bijlage A*). Om ontbrekende gegevens aan te vullen heeft adviesbureau Mobycon in het voorjaar van 2007 een 'straatinventarisatie' uitgevoerd door over (een deel van) de provinciale wegen van de provincie Utrecht te rijden. De manier waarbij gebruik wordt gemaakt van databases heeft als nadeel dat wanneer de database van de wegbeheerder niet up-to-date is en/of er fouten in staan, er fouten bij de beoordeling gemaakt worden.

Van elk wegvak uit het Nationaal Wegen Bestand (NWB) waaruit de provinciale wegen in Utrecht zijn samengesteld, is vastgesteld wat de RPS voor de berm en de RPS voor de rijrichtingscheiding is. Tevens is vastgesteld wat de RPS van elke kruispuntvorm op deze wegen is. Dit zijn de aspecten die in de legenda's van de *Afbeelding 2.2*, *Afbeelding 2.3* en *Afbeelding 2.4* genoemd staan. De inspecteurs rekenden niet zelf uit wat de RPS voor de berm, de RPS voor de rijbaanscheiding van elk wegvak en de RPS van elke kruispuntvorm was, maar voerden hun waarnemingen met betrekking tot de infrastructuur en de snelheidslimieten in. De EuroRAP RPS Calculation Tool, software in opdracht van EuroRAP ontwikkeld door het Zweedse adviesbureau SWECO, rekende vervolgens de desbetreffende RPS uit. De scores waren rationale getallen tussen 1 en 4. De berm van een zeker wegvak kon dus een score hebben van bijvoorbeeld 3,2 sterren. Hoe het computerprogramma dit precies gedaan heeft, is niet openbaar. Zolang de methode nog in ontwikkeling is wil EuroRAP de algoritmes niet vrijgeven. EuroRAP werkt aan een kwaliteitsborging waarbij alleen gekwalificeerde en gecertificeerde adviesbureaus de methode mogen toepassen. Zolang dat systeem nog niet operationeel is, is de firma Mobycon de enige in Nederland die in opdracht van de ANWB met de methode mag werken. Vanuit wetenschappelijk oogpunt is dit een ongewenste gang van zaken, omdat zo transparantie en de mogelijkheid van verificatie ontbreekt.

In totaal is zo van 889 wegvakken van provinciale wegen in Utrecht de RPS voor de berm, de RPS voor de rijrichtingscheiding en de RPS voor kruispuntvormen bepaald. De wegvakken verschilden sterk in lengte het kortste was 4 meter en het langste was iets meer dan 3,5 kilometer. De gemiddelde lengte was 353meter ($SD = 403$ meter).

2.8. De totaalscore

Op basis van de RPS voor de berm, de RPS voor de rijrichtingscheiding en de RPS voor de kruispuntvorm, rekent de RPS Calculation Tool ook een totaalscore uit. Hiervoor worden weegfactoren gebruikt die zijn afgeleid van *Tabel 2.1*. In de steekproef van zes Europese landen vormen de doden die vallen bij van de weg af raken gemiddeld 32% van het totaal aantal doden onder auto-inzittenden. Voor frontale botsingen is dit 24% en voor flankbotsingen op kruispuntvormen is dit 19%. Samen is dit gemiddeld 75% van het totaal aantal doden. Wanneer alleen naar de drie genoemde ongevalstypen wordt gekeken, dragen de bermongevallen voor 43% bij aan het totaal (namelijk $32/75 * 100\%$), de frontale botsingen voor 31% en de kruispuntbotsingen voor 26%. Voor de berekening van de totaalscore (het aantal sterren dat een wegvaak krijgt toebedeelt) telt de RPS voor de berm daarom voor 43% mee, de RPS voor de rijbaanscheiding voor 31% en de RPS voor de kruispuntvorm voor 26%. Waarom EuroRAP voor de zes landen uit *Tabel 2.1* heeft gekozen en waarom het gemiddelde in deze zes landen bepalend moet zijn voor de weegfactor in alle Europese landen, is niet duidelijk. *Tabel 2.1* laat zien dat er grote verschillen tussen landen zijn. Zo is in Hongarije 8% van het totaal aantal ongevallen met dodelijke afloop een kruispuntbotsing en zowel in Denemarken als in Groot-Brittannië is dit 27%. Het percentage frontale botsingen met dodelijke afloop is in Zwitserland 16 en in Zweden 34. Ook is het vreemd dat bij de bepaling van de RPS voor de rijrichtingscheiding naar de kwaliteit van de middenberm gekeken wordt (zie *Afbeelding 2.3*), maar voor de weging alleen naar het percentage frontale botsingen wordt gekeken. Wanneer een auto tegen een lantaarnpaal in de middenberm aan rijdt, dan heeft die middenberm goed gefunctioneerd als 'rijrichtingscheider' (de auto is immers niet op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer beland en daar frontaal gebotst), maar heeft gefaald als berm (niet obstakelvrij). Hetzelfde is het geval bij de bepaling van de wegingsfactor van kruispunten. De kenmerken waarnaar gekeken wordt (zie *Afbeelding 2.4*) hebben niet alleen invloed op flankbotsingen en frontale botsingen, maar ook op kop-staartbotsingen. Toch is de wegingsfactor uitsluitend bepaald op basis van het aantal flankbotsingen en frontale botsingen.

De RPS-methode is ontwikkeld voor toepassing op alle soorten wegen en zou wegen vergelijkbaar moeten maken ongeacht het land of de wegbeheerder waartoe ze behoren. In Nederland lijkt de methode in de huidige vorm minder geschikt voor wegen binnen de bebouwde kom en op erftoegangswegen buiten de bebouwde kom, omdat infrastructurele faciliteiten voor kwetsbare verkeersdeelnemers niet gescoord worden en de methode niet in staat is onderscheid te maken tussen wegkenmerken als de limiet lager is dan of gelijk is aan 50 km/uur op kruispunten of 70 km/uur op wegvakken, zoals uit *Afbeelding 2.2*, tot en met *Afbeelding 2.4* blijkt.

In het rapport *EuroRAP Star Rating Methodology* (EuroRAP, 2008) wordt aangeraden om wel per wegvak of liever nog per elke 100 meter te registreren en in te voeren, maar alleen de RPS te presenteren voor routes van 10 à 20 kilometer. De reden hiervoor vormen de kruispunten. De score voor een weggedeelte wordt lager als op een weggedeelte meer kruispunten zijn. Wanneer heel korte stukken weg genomen worden (de meeste wegvakken zijn kort), is de kruispunt dichtheid altijd klein. Omdat de firma Mobycon de koppeling met het NWB in stand wilde houden, zijn de scores

per wegvak gepresenteerd. Het middelen van wegvakcores over een route van meerdere kilometers (EuroRAP noemt dit 'smoothing the results to 3km lengths') is niet toegepast (Mobycon, 2009). Conform de methode van EuroRAP is door de firma Mobycon bij de beoordeling van kruispunten de lengte van het wegvak waaraan het kruispunt in het NWB, meegenomen in een weging. Dit betekent dat twee identieke kruispunten een verschillende score kunnen hebben gekregen, als de lengte waaraan ze in het NWB zijn gekoppeld, verschilt. De mate waarin de lengte van het wegvak van invloed is op de beoordeling van het daaraan gekoppelde kruispunt, is niet bekend gemaakt. Er kan ook sprake zijn van de overgang van het ene wegvak naar het andere wegvak zonder dat deze twee gescheiden worden door een kruispunt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de overgang van één rijbaan naar twee rijbanen. Voor de berekening van de totaalscore van een wegvak zijn deze overgangen opgevat als kruispunten met 4 sterren.

3. Methode om de validiteit van de RPS-methode te bepalen

De vraag waar het onderhavig onderzoek antwoord op moet geven, is of er op wegvakken met meer sterren significant minder ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond) onder auto-inzittenden (bestuurder en/of passagiers) vallen dan op wegvakken met minder sterren, wanneer we controleren voor de verkeersintensiteit op wegvakken en de lengte daarvan. Kort gezegd: hebben wegvakken met een laag slachtofferrisico voor auto-inzittenden significant meer sterren dan wegvakken met een hoog slachtofferrisico voor auto-inzittenden?

Omdat het om het vergelijken van risico's gaat, dient niet het gemiddelde van de slachtofferrisico's en de spreiding rond dat gemiddelde, maar het *gewogen gemiddelde* met de verkeersprestatie van wegvakken als weegfactor en de *gewogen spreiding* genomen te worden. Hoe het slachtofferrisico per wegvak is berekend en hoe het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico en het gewogen gemiddelde van de spreiding in het slachtofferrisico is berekend, staat beschreven in de *Paragraaf 3.4*, tot en met *3.4.2*. Een bijkomend probleem bij toetsing was dat de verdelingen van het slachtofferrisico extreem scheef waren, dat wil zeggen afwijken van een normale verdeling, omdat in de beschouwde periode op de meeste wegvakken geen enkel ernstig ongeval plaatsvindt. Hierdoor diende er op een andere wijze statistisch getoetst te worden dan doorgaans gebruikelijk is. De wijze van toetsing staat beschreven in *Paragraaf 3.4.3*.

Er is niet alleen nagegaan of het slachtofferrisico afneemt bij het oplopen van het aantal sterren, maar ook of de letselernst afneemt met het oplopen van het aantal sterren. De kenmerken van de infrastructuur die met de RPS-methode beoordeeld worden, hebben in principe tot doel de ernst van de afloop van ongevallen te verkleinen en hebben niet tot doel om de kans op ongevallen te verkleinen. Dit betekent dat niet te verwachten valt dat wanneer alle ongevallen, inclusief de ongevallen met uitsluitend lichte materiële schade, zouden worden geregistreerd, er minder ongevallen zijn op wegen met meer sterren dan met minder sterren. Wel zouden er als de RPS een valide instrument is, in de totale populatie ongevallen op de wegvakken met 4 sterren, naar verhouding minder ernstige ongevallen moeten zijn dan op wegvakken met bijvoorbeeld 2 sterren. De verhouding tussen het aantal ernstige ongevallen en het totaal aantal ongevallen geeft de letselernst weer. De achtergronden van de toets op letselernst worden besproken in *Paragraaf 3.5*. Dit hoofdstuk beschrijft om te beginnen hoe data voor de berekening van de diverse slachtofferrisico's geselecteerd zijn (*Paragraaf 3.1* tot en met *Paragraaf 3.3*).

3.1. Selectie van ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond)

Adviesbureau Mobycon heeft sterren toegekend aan 889 wegvakken van provinciale wegen in de provincie Utrecht. Deze wegvakken zijn gemiddeld 353 meter lang (zie *Paragraaf 2.7*). Op het merendeel van die wegvakken komt in een jaar tijd geen ernstig ongeval voor. Wanneer er op een wegvak geen ernstig ongeval is geweest, is het slachtofferrisico voor dat wegvak 0. Om te voorkomen dat het slachtofferrisico voor veel wegvakken 0 zal zijn, kan het aantal ernstige slachtoffers over verschillende jaren genomen

worden. Het nadeel hiervan is echter weer dat wegen in de loop van de tijd veranderen. Kenmerken van de wegen kunnen veranderen na groot onderhoud of reconstructie. Wanneer de RPS is vastgesteld op een moment na de reconstructie en de slachtoffers gevallen zijn voor de reconstructie, is een eventueel gevonden verband tussen het slachtofferrisico en de RPS nietszeggend. Gekozen is om het aantal ernstige slachtoffers over een relatief korte periode van drie jaar te nemen. Dit zijn de jaren 2005, 2006 en 2007. De RPS was berekend op basis een inventarisatie van de wegkenmerken in het voorjaar van 2007.

Een andere mogelijkheid om het aantal wegvakken met een slachtofferrisico van 0 te verkleinen is om niet alleen de ongevallen met dood en/of ziekenhuisgewond als afloop te nemen, maar om alle ongevallen te nemen. Dus ook die met als afloop Uitsluitend Materiële Schade (UMS). Dit zou echter in strijd zijn met de doelstelling van de RPS. Met het aantal sterren wordt de mate van bescherming uitgedrukt die de infrastructuur biedt om de ernst van ongevallen door fouten van verkeersdeelnemers te verkleinen. Wanneer een auto van de weg af raakt, kan deze auto bij een obstakelvrije berm nog wel beschadigd raken. De inzittenden van auto's zullen bij een obstakelvrije zone echter niet snel gewond raken of komen te overlijden. Bovendien neemt naarmate een ongeval een minder ernstige afloop heeft, de kans toe dat dit ongeval niet meer wordt geregistreerd. Zowel vanwege het feit dat door het meenemen van UMS-ongevallen het onderzoek naar de validatie van de RPS-methode vertroebeld wordt als vanwege de onderregistratie van UMS-ongevallen, zijn voor de analyse toch alleen de ongevallen met ernstige afloop (dood en/of ziekenhuisgewond) genomen (zie *Paragraaf 4.1*).

De RPS zegt alleen iets over de bescherming die de infrastructuur aan auto-inzittenden biedt. Ongevallen waarbij voetgangers, fietsers en bromfietzers ernstig gewond zijn geraakt en/of zijn overleden, zijn daarom ook niet meegenomen in de analyse. Hoewel het RPS-systeem in principe gaat over de bescherming van personenauto-inzittenden, zijn ook ernstige ongevallen met bestelauto's, vrachtauto's, bussen en motorfietsen meegenomen in de analyse. De reden hiervoor is dat de bescherming die de infrastructuur biedt en waarnaar gekeken wordt in het RPS-systeem, tevens voor deze voertuigtypen geldt, hoewel in mindere mate. Bovendien gaat het bij de berekening van het slachtofferrisico om het aantal slachtoffers per eenheid van expositie. Bij de berekening van de expositie is gebruikgemaakt van het aantal motorvoertuigkilometers op wegvakken en niet van het aantal personenautokilometers op wegvakken (zie *Paragraaf 3.4*).

3.2. Selectie van ernstige slachtoffers door bermongevallen, rijrichtingscheidingsongevallen en kruispuntongevallen

Er is een aparte RPS voor de kwaliteit van de berm, de kwaliteit van de rijrichtingscheiding en de kwaliteit van de in het NWB aan het wegvak gekoppelde kruispunt. Uit deze drie afzonderlijke scores wordt de RPS voor het totale wegvak berekend. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat de RPS voor bermen wel valide is, maar de RPS voor rijrichtingscheidingen niet. Om na te gaan of elke score afzonderlijk valide is, moet het slachtofferrisico voor bermongevallen, het slachtofferrisico op rijrichtingscheidingsongevallen en het slachtofferrisico op kruispuntongevallen apart berekend worden. Voor de berekening van het slachtofferrisico voor bermongevallen moet men dan alle

ongevallen selecteren waarbij het voertuig in de zijberm is beland. Bij de rijrichtingscheidingen gaat het om frontale botsingen en ongevallen die in de eventueel aanwezige middenberm eindigen. Voor de berekening van het slachtofferrisico van kruispuntongevallen, komen alleen de flankbotsingen en frontale botsingen op kruispunten in aanmerking. Dit alles betekent dat er een selectie gemaakt moet worden van ongevallen waarbij mogelijk de kwaliteit van respectievelijk de zijberm, de rijrichtingscheiding en de vorm van het kruispunt een rol had kunnen spelen. Deze selectie voor de berekening van de verschillende slachtofferrisico's is gemaakt op basis van de manoeuvres die aan het ontstaan van het ongeval ten grondslag hebben gelegen volgens het Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland (BRON) van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Deze codering van de toedracht is helaas te grof om een 100% zuivere selectie van relevante ongevallen voor elk slachtofferrisico te maken. In 2004 is de codering van de ongevallenregistratie vereenvoudigd. Hierdoor wordt vanaf 2004 niet meer gecodeerd wat de eindposities zijn van de bij het ongeval betrokken voertuigen. Wel wordt bijvoorbeeld nog gecodeerd dat bij een ongeval tegen een lichtmast is gereden. Bij een botsing met een lichtmast kan het gaan om een lichtmast in de zijberm of een lichtmast in de eventueel aanwezige middenberm. Het onderscheid tussen deze twee kan sinds 2004 niet meer gemaakt worden. Voor de bepaling van het slachtofferrisico per wegvak en per type ongeval, hadden wij moeten kunnen beschikken over de eindposities van de ongevallen over de jaren 2005, 2006 en 2007. Omdat in een beperkt aantal gevallen niet met zekerheid vastgesteld kon worden of de kwaliteit van de berm of de kwaliteit van de rijrichtingscheiding mogelijk van invloed is geweest op de ernst van de afloop van ongevallen, waren een aantal dubbelstellingen niet te vermijden. In de nieuwe RPS-versie (RPS-versie 2.0) worden kenmerken van de middenberm gesplitst in kenmerken die een relatie hebben met frontale ongevallen en kenmerken die een relatie hebben met eenzijdige ongevallen met objecten in de middenberm. Hierdoor zouden in een volgend onderzoek de ongevallen uit BRON makkelijker gekoppeld kunnen worden. Daarnaast zou het aantal ongevalsjaren per NWB-wegvak nauwkeuriger en variabel (langere periode) geselecteerd kunnen worden met behulp van een nieuw door de SWOV ontwikkelde methode die reeds toegepast is in een voor-en-nastudie naar de effecten van de aanleg van rotondes in Nederland (Churchill, Stipdonk & Bijleveld, 2010).

Ook het onderscheid tussen wegvakongevallen en kruispuntongevallen leverde de nodige problemen op voor de selectie. Op het registratieformulier dat de politie over een ongeval opstelt, staat omschreven waar het ongeval heeft plaatsgevonden. Deze registratieformulieren gaan naar de Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS) van Rijkswaterstaat. Één van de taken van DVS is het beheer van de ongevallendata in BRON. Op basis van de omschrijving in het registratieformulier bepaalt DVS de locatie van het ongeval op een digitale kaart (GIS) en kent DVS het ongeval toe aan een wegvak uit het NWB. Een probleem bij het onderhavige onderzoek was dat de relevante ernstige ongevallen over drie jaar zijn genomen (2005-2007). Zowel door administratieve mutaties als door daadwerkelijke veranderingen aan de weg, zijn de wegvakken niet elk jaar precies gelijk. Hierdoor moest een aantal ongevallen opnieuw aan locaties gekoppeld worden. Als basis is de wegvakindeling van het eerste jaar (2005) genomen. Met behulp van GIS (waarin de locatie van ongevallen aangegeven staan) is gekeken of, wanneer er sprake was van een andere wegvakindeling in een ander jaar

(2006 of 2007), het ongeval zou hebben plaatsgevonden volgens de wegvakindeling van 2005. Helaas was hiermee het probleem van de selectie van kruispuntongevallen en wegvak ongevallen nog niet volledig opgelost. Mobycon heeft voor het toepassen van de RPS-methode in Utrecht het NWB gebruikt. Een wegvak is meestal het stukje weg tussen twee opeenvolgende kruispunten. In plaats van om een kruispunt kan het echter ook gaan om een andere vorm van verandering in de weg (bijvoorbeeld de overgang van een weg met twee rijbanen naar een weg met één rijbaan). Omdat het ook over andere zaken dan kruispunten kan gaan, wordt over juncties gesproken. In de RPS-methode maken kruispunten deel uit van een wegvak. Uit nadere analyses van de RPS-data van adviesbureau Mobycon bleek dat kruispunten op een ander wijze zijn toegedeeld aan een aanliggend NWB-wegvak dan de methode die de SWOV normaal gebruikt om kruispuntongevallen te koppelen aan wegvakken. Om systematische fouten bij de toeschrijving van de locatie van ongevallen aan wegvak of kruispunt te voorkomen, is de Mobycon-methode en niet de SWOV-methode gebruikt. Zo blijft in elk geval een goede koppeling tussen de RPS voor kruispunten en het slachtofferrisico voor kruispunten in stand. Hoewel zo in technische zin het probleem is opgelost, blijft de mogelijkheid van structurele fouten bij toewijzing van een kruispuntongeval aan een wegvak bestaan.

In *Bijlage B* is aangegeven welke codering van de manoeuvre is gebruikt voor de selectie van relevante zijbermongevallen, relevante ongevallen waarbij de rijrichtingscheiding een rol kan hebben gespeeld op wegvakken met één rijbaan en op wegvakken met twee rijbanen en relevante kruispuntongevallen. Bij de selectie voor de berekening van het slachtofferrisico voor de totaalscore, is gecorrigeerd voor dubbeltellingen.

3.3. Data over de verkeersintensiteit van wegvakken

Zoals reeds is vermeld, luidt de te beantwoorden vraag in het onderhavig onderzoek: zijn er, gecontroleerd voor de verkeersintensiteit, op wegvakken met meer sterren, minder ernstige ongevallen dan op wegen met minder sterren? De verkeersintensiteit is het aantal motorvoertuigen dat gemiddeld per etmaal over dat wegvak rijdt (gemiddelde etmaalintensiteit, annual average daily traffic, AADT). Deze gegevens zijn niet voor elk wegvak exact bekend, maar worden geschat met behulp van een rekenkundig model. In de provincie Utrecht wordt dit model gevoed met intensiteitsdata van 35 vaste en tijdelijke telpunten. De provincie Utrecht heeft de schattingen van de intensiteiten per wegvak aangeleverd. In de analyse zijn de waarden van de verkeersintensiteit van elk wegvak voor het jaar 2006 gebruikt. Er waren zes wegvakken waarvoor de firma Mobycon wel RPS-scores had bepaald, maar waarvoor geen schattingen van de intensiteit bestonden. Deze zes wegvakken noch de parallelwegen zijn meegenomen in de analyse.

3.4. De berekening van het slachtofferrisico van wegvakken

Het slachtofferrisico is gelijk aan het aantal slachtoffers per eenheid van blootstelling (expositie) aan risico. Een veel gebruikte risicomaat is ook het aantal ongevallen per miljoen motorvoertuigkilometers. Op deze wijze kan men bijvoorbeeld het ongevalrisico van auto's uitdrukken. Dit is dan het aantal ongevallen waarbij auto's betrokken zijn, gedeeld door het aantal autokilometers. Omdat het in dit onderzoek gaat om de bescherming die de infrastructuur aan inzittenden van auto's (zowel bestuurders als passagiers)

biedt, is niet het ongevalsrisico, maar het slachtofferrisico genomen: het aantal slachtoffers per eenheid van expositie.

Wanneer men het ongevalsrisico van wegvakken (in plaats van auto's) wil vaststellen, loopt de berekening iets anders. Bij wegen wordt gesproken over hun *intensiteit* per etmaal. Dit is het gemiddelde aantal motorvoertuigen dat per etmaal over die weg rijdt. De *verkeersprestatie* van een wegvak in een jaar is de gemiddelde *intensiteit* per etmaal maal de lengte van dat wegvak maal het aantal dagen per jaar. De expositie van een wegvak is gelijk aan de verkeersprestatie van een wegvak. Het slachtofferrisico van een wegvak is het jaarlijks aantal slachtoffers op dat wegvak gedeeld door de expositie van dat wegvak. In formulevorm is dat:

$$R_i = \frac{S_i}{E_i} \quad (1)$$

Waarbij

- R_i het slachtofferrisico op wegvak i .
- S_i het jaarlijks aantal slachtoffers op wegvak i
- E_i de expositie op wegvak i .

De expositie wordt hierbij berekend als 365 maal de gemiddelde etmaalintensiteit \bar{l}_i maal de weglengte L_i , dus als

$$E_i = (365)(\bar{l}_i)(L_i) \quad (2)$$

Hierbij wordt de lengte L_i uitgedrukt in miljoen kilometers. Voor de berekening van de expositie van kruispunten wordt de weglengte L_i op 1 gesteld.

3.4.1. *Het gemiddelde slachtofferrisico op wegvakken*

Om te kunnen bepalen of het slachtofferrisico op bijvoorbeeld alle wegvakken met 2 sterren statistisch gezien hoger is dan op alle wegvakken met bijvoorbeeld 3 sterren, moeten we weten wat het gemiddelde slachtofferrisico van wegvakken met 2 sterren en het gemiddelde slachtofferrisico van wegvakken met bijvoorbeeld 3 sterren is. Het gemiddelde slachtofferrisico van bijvoorbeeld alle wegvakken met een RPS van 3 sterren is *niet* gelijk aan het rekenkundig gemiddelde van het slachtofferrisico van wegvakken met 3 sterren. Dit rekenkundig gemiddelde is de som van het aantal slachtofferrisico's van elk wegvak met 3 sterren gedeeld door het aantal wegvakken N . Wanneer het rekenkundig gemiddeld genomen zou worden zou een kort wegvak met weinig verkeer even zwaar meetellen als een lang wegvak met veel verkeer. Om hiervoor te compenseren dient het *gewogen* rekenkundig gemiddelde (K) genomen te worden. Bij de berekening van het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico van wegvakken, telt elk wegvak mee op basis van zijn expositie (Commandeur et al., 2002). In formule is dat:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{\sum_{i=1}^N E_i} \quad (3)$$

3.4.2. De spreiding in het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico

Of twee verschillende gemiddelde waarden statistisch significant van elkaar verschillen, hangt niet alleen af van het verschil tussen de gemiddelden, maar ook van de spreiding van de afzonderlijke waarden rond die gemiddelden. Het gemiddelde van de waarden 4, 4, 4, 4 is 4, maar het gemiddelde van de waarden 1, 2, 6, 7 is ook 4. In het eerste geval is er geen spreiding en in het tweede geval is er veel spreiding. Wat geldt voor de berekening van het gemiddelde slachtofferrisico, geldt ook voor de berekening van de spreiding in het gemiddelde slachtofferrisico. Ook nu moet er gewogen worden voor de expositie. De bekendste maat voor de spreiding is de standaarddeviatie. De formule van de standaarddeviatie van een steekproef is:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

Hierin mag voor de berekening van de standaarddeviatie van het risico, x_i niet vervangen worden door (1) en \bar{x} door het rekenkundig gemiddelde, maar, dient de gewogen standaarddeviatie (k) genomen te worden, waarbij de expositie de weegfactor is. In formule is dat:

$$k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N E_i \left(\frac{S_i}{E_i} - K\right)^2}{\sum_{i=1}^N E_i}} \quad (5)$$

In dit onderzoek is gekeken naar de RPS van wegvakken van provinciale wegen in de provincie Utrecht. We zouden dit ook kunnen doen voor andere provincies. Waarschijnlijk zullen bij metingen in een andere provincie de uitkomst van het gewogen gemiddelde van het risico (3) en de gewogen spreiding daarvan (5), iets anders zijn.

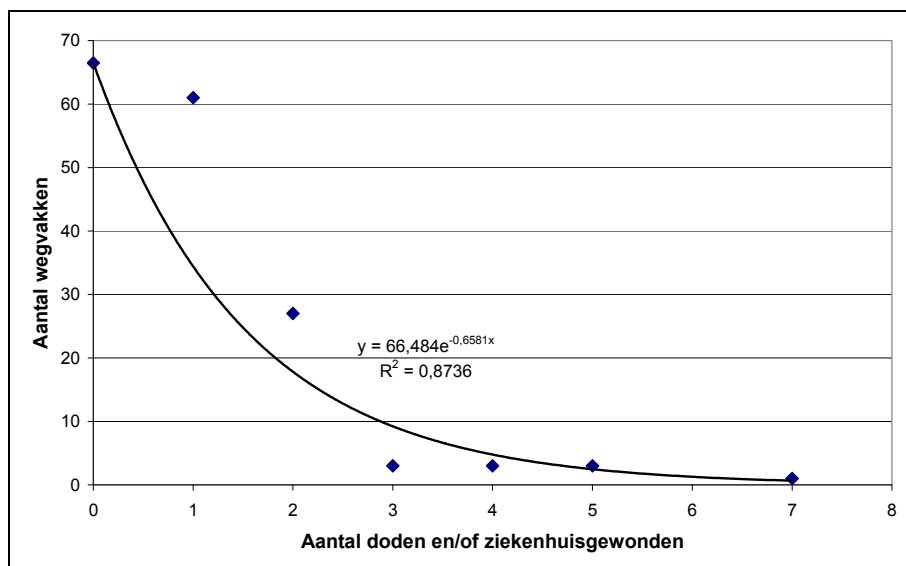
Als maat voor de betrouwbaarheid van een steekproef (in dit geval de provinciale wegen in Utrecht) wordt de standaardfout gebruikt. De standaardfout is gelijk aan de standaarddeviatie gedeeld door de wortel van de steekproefomvang. De standaardfout geeft aan hoe goed de steekproef is. Hoe groter de standaardfout, hoe groter de kans dat het steekproefgemiddelde afwijkt van het populatiegemiddelde. De standaardfout (Standard Error) van het gewogen risico is dus:

$$SE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N E_i \left(\frac{S_i}{E_i} - K\right)^2}{\sum_{i=1}^N E_i}}}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

Vaak wordt in plaats van de standaardfout het 95%-betrouwbaarheidsinterval vermeld. De werkelijke waarde van bijvoorbeeld het ongevalsrisico van kruispunten met 2 sterren zal binnen of buiten dit betrouwbaarheidsinterval liggen. De bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval ligt op het (gewogen) gemiddelde plus 1,96 maal de standaardfout en de benedengrens op het (gewogen) gemiddelde min 1,96 maal de standaardfout. Bij de presentatie van de resultaten in *Hoofdstuk 4* is bij elk gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico de standaardfout weergegeven. Het zou ook mogelijk zijn geweest om de standaarddeviatie of het 95%-betrouwbaarheidsinterval weer te geven, maar daardoor zouden de afbeeldingen in *Hoofdstuk 4* minder goed leesbaar zijn geworden, doordat enkele foutenmarges dan door de X-as heen gaan.

3.4.3. Toetsen van statistisch significante verschillen

Om na te gaan of in een experiment twee gemiddelden van twee onafhankelijke steekproeven significant verschillen, wordt doorgaans de t-toets voor onafhankelijke steekproeven gebruikt. Om na te gaan of drie of meer gemiddelden significant van elkaar verschillen wordt doorgaans een variantieanalyse gebruikt. In het Engels heet dit ANalysis Of VAriance (ANOVA). Zowel bij de t-toets als ANOVA wordt verondersteld dat de afhankelijke variabele (in dit geval is dat het slachtofferrisico van wegvakken) normaal verdeeld is. Aan deze eis wordt in dit geval niet voldaan, omdat op veruit de meeste wegvakken het slachtofferrisico 0 is. Van de 889 wegvakken in de analyse hebben er 791 een slachtofferrisico van 0. Dit komt doordat de wegvakken kort zijn (gemiddeld 353 meter) en ernstige ongevallen relatief schaars zijn. De kans dat op een wegvak ook in drie jaar tijd een ernstig ongeval plaatsvindt, is klein. Op een wegvak kan geen ernstig ongeval hebben plaatsgevonden doordat het wegvak veilig is (bijvoorbeeld 4 sterren heeft). Maar het kan ook zo zijn dat er door toeval (nog) geen ernstig ongeval heeft plaatsgevonden. In het eerste geval is sprake van een structureel slachtofferrisico van 0 en in het tweede geval van een toevallig slachtofferrisico van 0. Er kan geschat worden op hoeveel wegvakken door toeval het slachtofferrisico 0 is en op hoeveel wegvakken het slachtofferrisico van 0 structureel is op basis van de verdeling van het aantal wegvakken met 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7 ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond). In *Afbeelding 3.1* is het aantal ernstige slachtoffers uitgezet tegen het aantal wegvakken. Door de punten die het aantal wegvakken met 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7 ernstige slachtoffers aangeven, is een trendlijn getrokken die het beste past. Deze trendlijn snijdt de Y-as bij 66. Dit betekent dat van de 791 wegvakken met een slachtofferrisico van 0 er naar schatting 66 zijn waarop het risico van 0 samenhangt met de kwaliteit van het wegvak en op de overige 725 de 0 op toeval berust.



Abbeelding 3.1. Aantal wegvakken met 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7 ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond).

Het is echter niet mogelijk om van elk wegvak met een slachtofferrisico van 0 afzonderlijk vast te stellen of het een toevallige of een structurele 0 is. Hierdoor kan de steekproef niet zodanig aangepast worden dat aan de eisen van een normaalverdeling voldaan wordt (een noodzakelijke voorwaarde bij gebruik van een t-toets of ANOVA).

De hiervoor beschreven problemen maken dat de verdeling van het slachtofferrisico op wegvakken zoals dat heet 'zero inflated' is. Een manier om in een dergelijk geval toch te toetsen of er significante verschillen zijn, is door gebruik te maken van een Zero Inflated Poisson (ZIP) regressiemodel waarin aangenomen wordt dat een deel van de verdeling verloopt volgens een Poisson-verdeling en een deel binair is (wel of geen 0). Afgezien van het feit dat de literatuur (bijvoorbeeld Lord, Washington & Ivan, 2007) niet onverdeeld enthousiast is over Zero Inflated Models, kan deze methode in dit geval niet gebruikt worden, omdat bij gebruik van een ZIP-model ervan uitgegaan wordt dat een deel van het aantal wegvakken met slachtoffers niet anders dan 0 kan zijn. Dit is bij wegvakken niet het geval. De kans op een slachtofferrisico van 0 is erg groot, maar het is niet zo dat deze bij voorbaat voor een bepaald wegvak al 0 moet zijn. Het is wel mogelijk om op significanties te toetsen door gebruik te maken van een toetsvorm waarbij de verdeling van de afhankelijke variabele in sterke mate scheef mag zijn. Bij een toets volgens de methode van Generalized Linear Models (GLZ) mag de verdeling van de afhankelijke variabele velerlei vormen aannemen en dient er vooraf opgegeven te worden wat het veronderstelde verband is tussen de afhankelijke variabele en de onafhankelijke variabele(n). Dit is de zogenoemde 'link function'. In het onderhavige geval is verondersteld dat de afhankelijke variabele gammaverdeeld is en dat de link function wederkerig (inverse) is. Dit wordt een 'reciprocal link function' genoemd. Bij gammaverdelingen worden reciprocal link functions het meest gebruikt. Er is een gammaverdeling in plaats van een Poisson-verdeling genomen, omdat het aantal ernstige slachtoffers (de afhankelijke variabele) wel Poisson-verdeeld

is, maar het slachtofferisico (aantal slachtoffers gedeeld door de expositie) niet².

Naast een vergelijking van het slachtofferisico op wegvakken met 2, 3 en 4 sterren is een vergelijking gemaakt tussen hele wegen (wegen met een bepaald N-nummer) met een bepaald aantal sterren en het slachtofferisico. De wegvakken die bij één weg horen, kunnen worden samengevoegd. Het aantal sterren voor de hele weg is dan het gemiddelde van de sterren van de afzonderlijke wegvakken van die weg met de weglengte van de wegvakken als weefactor. Ook het slachtofferisico van hele wegen kan berekend worden door de som te nemen van de slachtoffers die zijn gevallen op de wegvakken waaruit de weg is samengesteld en die vervolgens te delen door de som van de verkeersprestaties (expositie) van die wegvakken. Nagegaan kan worden of het slachtofferisico op hele wegen significant verschilt met het slachtofferisico op hele wegen met bijvoorbeeld 3 sterren. In een dergelijk geval kan wel getoetst worden of bijvoorbeeld het slachtofferisico op wegen met 2 sterren significant verschilt met het slachtofferisico op wegvakken met 3 sterren door gebruik van de t-toets of ANOVA, omdat op lange stukken weg in drie jaar tijd de kans veel groter is op ten minste één ernstig ongeval dan op korte stukken weg. Hierdoor dient het probleem van de vele wegen met het slachtofferisico van 0 zich niet meer aan. Een nadeel van deze methode is dat zaken worden uitgemiddeld. In theorie zou het kunnen dat een weg voor de hele weglengte 3 sterren heeft gekregen terwijl op een klein gedeelte van die weg met 2 sterren de slachtoffers vallen.

Zowel bij GLZ, de t-toets als ANOVA wordt nagegaan of gemiddelden van elkaar verschillen, waarbij rekening wordt gehouden met de spreiding rond dat gemiddelde. Daar de afhankelijke variabele het slachtofferisico op wegvakken is, dient het gewogen gemiddelde en de gewogen spreiding genomen te worden (zie de *Paragrafen 3.4.1* en *3.4.2*). Dit is gedaan door in het softwareprogramma SPSS voor statistische analyse, bij zowel GLZ, de t-toets als ANOVA de genormaliseerde expositie (verkeersprestatie) per ster als weefactor in de analyse mee te nemen. De genormaliseerde expositie van een bepaald wegvak met bijvoorbeeld 2 sterren is de expositie van dat wegvak gedeeld door de gemiddelde expositie van alle wegvakken met 2 sterren.

Een verschil dat in de steekproef gevonden wordt (tussen bijvoorbeeld het gewogen gemiddelde slachtofferisico van wegvakken met 2 sterren en dat van wegvakken met 3 sterren) is statistisch significant als de kans dat dit verschil er in de werkelijkheid niet is, kleiner is dan een bepaald percentage. Dit percentage wordt doorgaans op 5 gesteld. Men spreekt dan van een *p*-waarde van 0,05 ($p = 0,05$). Als uit de toets komt dat $p < 0,05$, dan is het gevonden verschil statistisch significant en als $p \geq 0,05$ dan is het verschil statistisch niet significant. De grens van 5% is arbitrair. Vaak worden in onderzoek ook *p*-waarden vermeld die groter zijn dan 0,05 en kleiner zijn dan 0,10. Men spreekt dan van een trend in een bepaalde richting of van marginaal significante resultaten. Bij de resultaten die vermeld staan in

² In *Paragraaf 1.4* is de studie van Harwood et al. (2007) besproken. Hierin wordt ook een GLZ gebruikt, maar wordt het aantal ongevallen en niet de risico's gemodelleerd. Het aantal sterren wordt als klassevariabele opgenomen, de etmaalintensiteit en lengte als continue variabele. Ook hier wordt een inverse relatie aangenomen tussen ongevallen en de etmaalintensiteit (link function met power -1).

Hoofdstuk 4 is nagegaan of een verschil significant is en als dat niet zo is, of er dan wel sprake is van een trend ($p < 0,10$).

3.5. Letselernst en RPS

De kenmerken van de infrastructuur die de RPS bepalen, zijn in principe geen kenmerken die de kans op een ongeval verkleinen, maar de kans op een ernstige afloop van een ongeval doen afnemen. Als er een ongeval is waar auto's bij betrokken zijn, dan mag je verwachten dat er onder de auto-inzittenden bij een weg met 4 sterren geen gewonden of hooguit lichtgewonden zijn en dat bij een zelfde soort ongeval er bij een weg met 1 ster ernstig gewonden of doden zijn. De vraag is nu of op de provinciale wegen in de provincie Utrecht dit verband tussen letselernst en RPS ook terug te vinden is. Met andere woorden: is de afloop van ongevallen nu minder ernstig bij een wegvak met veel sterren dan bij een wegvak met weinig sterren? Om deze vraag te beantwoorden, is het niet nodig om het slachtofferrisico te weten. Dit heeft als voordeel dat de verkeersprestaties van wegvakken op basis van de geschatte gemiddelde etmaalintensiteiten van wegvakken niet nodig zijn en dat dus ook mogelijke fouten in die schattingen geen invloed hebben op de uitkomst. Een ander voordeel is dat het niet langer om risico's gaat en dus de standaardformules gebruikt kunnen worden om te toetsen op statistische significantie van verschillen tussen gemiddelden.

Er zijn verschillende maten om de letselernst in uit te drukken:

1. het aantal ongevallen met één of meer doden en/of ziekenhuisgewonden tot gevolg, gedeeld door het totaal aantal ongevallen (de ernstige ongevallen samen met de ongevallen met lichtgewonden tot gevolg en de ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS) tot gevolg);
2. het aantal ernstige slachtoffers (doden en/of ziekenhuisgewonden) gedeeld door het totale aantal slachtoffers (doden plus ziekenhuisgewonden plus lichtgewonden);
3. het aantal ernstige slachtoffers (doden en/of ziekenhuisgewonden) gedeeld door het totale aantal ongevallen (met doden en/of ziekenhuisgewonden en/of lichtgewonden of UMS als afloop).

In het onderhavig onderzoek is punt 2 als maat voor de letselernst genomen. Alleen die ongevallen, zowel met ernstige als niet-ernstige afloop, zijn in de analyse meegenomen waarvan vermoed wordt dat de kwaliteit van de infrastructuur gevolgen kan hebben gehad voor de ernst van de afloop (zie *Bijlage B*). Grofweg zijn dit alle typen ongevallen met slachtoffers onder inzittenden van motorvoertuigen, exclusief de kop-staartbotsingen. Een nadeel van letselernst als maat is dat de registratiegraad afneemt naarmate de afloop van ongevallen minder ernstig wordt. Ongevallen met 'lichtgewond' als afloop worden minder vaak in de ongevallendata opgenomen dan ongevallen met dood en/of ernstig gewond als afloop. Verwacht mag daarom worden dat het aandeel ernstige slachtoffers in deze studie groter zal lijken dan het in werkelijkheid is.

4. Resultaten

4.1. Het slachtofferisico op wegvakken met 1, 2, 3 of 4 sterren

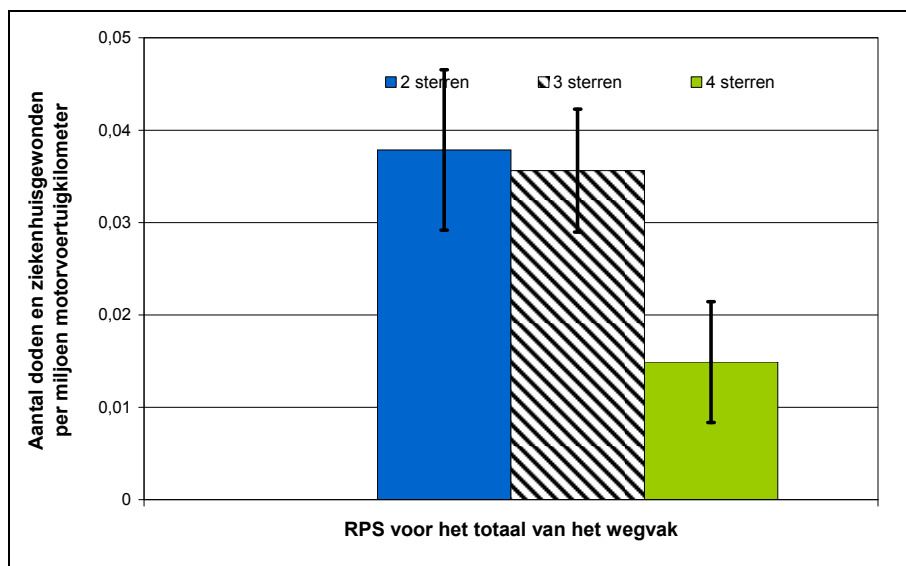
In *Tabel 4.1* staat samengevat wat het eindresultaat is van zowel het werk van het adviesbureau Mobycon (de toekenning van Road Protection Scores aan wegvakken) als het werk om het slachtofferisico voor inzittenden van motorvoertuigen voor de wegvakken te bepalen op basis van de ongevalldata (BRON), het NWB en de schattingen van verkeersintensiteit per wegvak door de provincie Utrecht. Bij zowel het aantal ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond) als de verkeersprestatie (expositie) gaat het over de som over 2005, 2006 en 2007. Bij de RPS voor de wegvakken gaat het om de afgeronde RPS voor het totaal van het wegvak. In het aantal sterren voor het totaal weegt de score voor de berm voor 43% mee, de score voor de rijrichtingscheiding voor 31% en de score van het aan het wegvak gekoppelde kruispunt voor 26% (zie *Paragraaf 2.8*). De verkeersprestatie is 1.095 (3 jaar heeft 1.095 dagen) maal de geschatte gemiddelde etmaalintensiteit maal de lengte van het wegvak (uitgedrukt in miljoen motorvoertuigkilometers). Het aantal ernstige slachtoffers is het totaal aantal ziekenhuisgewonden en doden over de periode 2005-2007 dat inzittende was van motorvoertuigen min het aantal ziekenhuisgewonden en doden dat inzittende was van motorvoertuigen die zijn gevallen bij kop-staartbotsingen en overige niet-beschouwde ongevallen. Het in *Tabel 4.1* weergegeven slachtofferisico is het aantal ernstige slachtoffers (zoals vermeld in rij 4 van *Tabel 4.1*) gedeeld door de verkeersprestatie (zoals vermeld in rij 3 van *Tabel 4.1*). Bij het slachtofferisico (rij 5) gaat het dus om het aantal ernstige slachtoffers per miljoen motorvoertuigkilometers.

	2 Sterren	3 Sterren	4 Sterren	Totaal
Wegvakken ³	32 (4%)	482 (54%)	87 (7%)	601 (100%)
Weglengte [L] in kilometer	127 (40%)	165 (53%)	22 (7%)	314 (100%)
Verkeersprestatie [E] in miljoen motorvoertuigkilometer	1.664 (36%)	2.498 (55%)	403 (9%)	4.564 (100%)
Ernstige slachtoffers [S]	63 (40%)	89 (56%)	6 (4%)	158 (100%)
Slachtofferisico [R=S/E]	0,038	0,036	0,015	0,035

Tabel 4.1. Aantal wegvakken met respectievelijk 2, 3 of 4 sterren voor het totaal, met bijbehorende weglengte [L], verkeersprestatie [E] over de jaren 2005-2007, aantal ernstige slachtoffers [S] (dood plus ziekenhuisgewond) over de jaren 2005-2007 en slachtofferisico [R].

³ Het aantal wegvakken is gecorrigeerd voor de dubbel telling die ontstaat doordat bij dubbelbaanswegen binnen het NWB elke richting een eigen wegvak krijgt toebedeeld.

In *Afbeelding 4.1* is het slachtofferrisico uit *Tabel 4.1* grafisch weergegeven. De kolommen geven het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico (berekend met formule (3) uit *Paragraaf 3.4.1*) weer. Bij elke kolom uit *Afbeelding 4.1* is een foutenmarge weergegeven. Deze foutenmarge loopt van +1 maal de standaardfout tot -1 maal de standaardfout. De standaardfouten zijn berekend met formule (6) uit *Paragraaf 3.4.2*.



Afbeelding 4.1. Gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico voor wegvakken met 1, 2, 3 of 4 sterren voor het totale wegvak. De foutenmarges geven +/- 1 maal de standaardfout weer.

Wanneer met het aantal sterren het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico afneemt, dan is dit een ontwikkeling in de verwachte richting. Hoe meer sterren des te lager het slachtofferrisico. De verwachte ontwikkeling is een aflopend trapje met steeds kleiner wordende treden (zie *Paragraaf 2.1*). Het slachtofferrisico wordt wel lager met het oplopen van het aantal sterren, maar de treden worden niet steeds kleiner. De vraag is of waargenomen daling op zich sterk genoeg is om statistisch significant te zijn. Om dit te toetsen is een GLZ gebruikt met een gammaverdeling van de afhankelijke variabele (het slachtofferrisico) en het aantal sterren als onafhankelijke variabele (zie *Paragraaf 3.4.3*). De resultaten staan in *Tabel 4.2*. 'B' geeft de waarde van Y weer voor X = 0 van de door het GLZ berekende regressielijn. Des te groter dit getal, des te sterker is het verschil van de gewogen gemiddelden in slachtofferrisico's die onderling met elkaar vergeleken worden. Een negatieve waarde van B (dit komt niet voor in *Tabel 4.2*) zou duiden op een verschil in slachtofferrisico dat tegengesteld is aan de verwachting (bijvoorbeeld een hoger slachtofferrisico bij 3 sterren dan bij 2 sterren). Wald χ^2 geeft de uitkomst van de toets weer en p geeft de mate van significantie van die uitkomst weer.

Categorie	B	Wald χ^2	p
RPS 2 en RPS 3	1,657	0,43	0,836
RPS 2 en RPS 4	4,689	1,829	0,176
RPS 3 en RPS 4	39,33	1,687	0,194

Tabel 4.2. Resultaten van Generalized Linear Model (GLZ) met een gamma-verdeling van de afhankelijke variabele (het slachtofferrisico) en een reciprocal link function tussen het aantal sterren van wegvakken en het slachtofferrisico.

Uit Tabel 4.2 is af te lezen dat pas wanneer men de significantiedrempel op 20% zou stellen ($p < 0,20$), er statistisch significante verschillen zijn. 20% kans dat het gevonden verschil in werkelijkheid niet bestaat, is echter te groot. Er zijn dus geen significante verschillen⁴.

Doordat het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico bij 4 sterren aanmerkelijk lager is dan bij zowel 2 sterren als 3 sterren, zou het kunnen dat het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico van 2 sterren en 3 sterren samen wel statistisch significant lager is dan het slachtofferrisico bij 4 sterren. Dit blijkt echter niet het geval te zijn ($B = 39,72$; Wald $\chi^2 = 1,78$; $p = 0,1820$).

Op basis van de uitgevoerde statistische toets kan de hypothese dat het slachtofferrisico daalt met de toename van het aantal sterren verworpen noch aangenomen worden. Er zijn geen statistische significante verschillen gevonden, dit zou verwerpen betekenen, echter de spreiding rond de gewogen gemiddelden is zeer groot. Op 87,5% van de wegvakken met 2 sterren is in drie jaar tijd geen enkel ernstig slachtoffer gevallen dat in verband staat met de RPS. Voor 3 sterren is dit percentage 88,8 en voor 4 sterren 95,4. Het percentage wegvakken met een slachtofferrisico van 0 neemt niet significant toe met het oplopen van het aantal sterren ($\chi^2 = 4,56$; $p = 0,10$). Als zich op een wegvak wel ernstige ongevallen van de beschouwde typen hebben voorgedaan, gaat het ongevalsrisico direct sterk omhoog en gaat het op de wegvakken in Utrecht om één tot zeven ernstige slachtoffers. Er zijn veel meer wegvakken met één ernstig slachtoffer dan met zeven ernstige slachtoffers. Door die kleine aantallen variëren de slachtofferrisico's van wegvakken met hetzelfde aantal sterren onderling sterk. Het gevolg is een grote spreiding. Door die grote spreiding moeten twee gewogen gemiddelden van het slachtofferrisico wel heel sterk verschillen om statistisch significant te worden. Door een grotere steekproef en door het koppelen van zeer korte wegvakken zal de spreiding vermoedelijk afnemen.

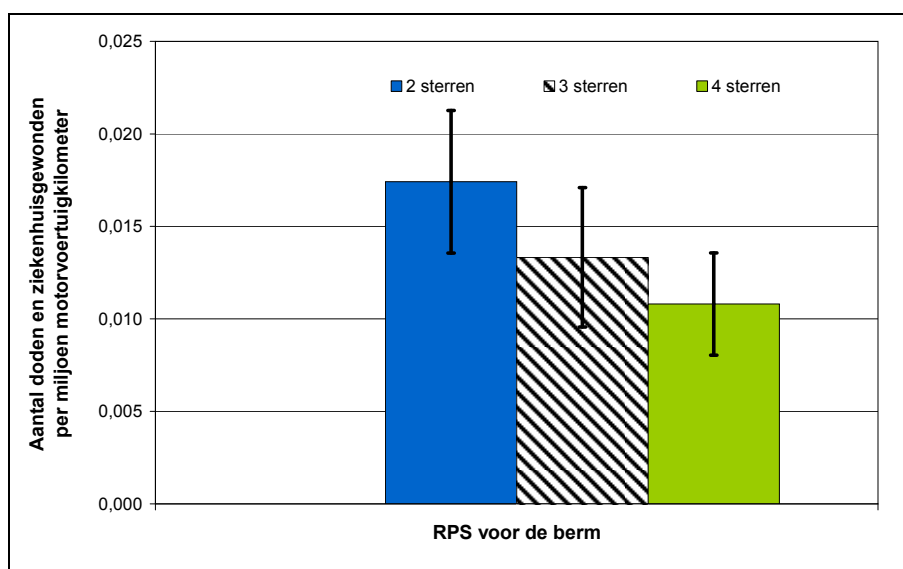
⁴ Dat er geen statisch significante verschillen zijn bij een drempel van 5% is niet direct te zien aan de weergegeven foutenmarges in *Afbeelding 4.1*. Er is geen overlap tussen de foutenmarges van 2 en 4 sterren en tussen de foutenmarges van 3 en 4 sterren. Dit komt doordat voor het weergeven van de foutenmarge de standaardfout is gebruikt. Dit is de kortste foutenmarge die bij de presentatie van onderzoeksresultaten gebruikt wordt. Zou de standaarddeviatie of het 95%-betrouwbaarheidsinterval als foutenmarge in *Afbeelding 4.1* zijn weergegeven, dan zou de foutenmarge door de X-as zijn gegaan. Hierdoor zou de afbeelding minder goed te interpreteren zijn geworden. Geen overlap van foutenmarges van +/- 1 maal de standaardfout wil niet direct zeggen dat verschillen statistisch significant zijn.

Uit het voorgaande blijkt dat het slachtofferrisico afneemt met toenemend aantal sterren en dat vooral het slachtofferrisico bij 4 sterren aanmerkelijk lager ligt dan bij 2 en bij 3 sterren, maar dat de verschillen niet statistisch significant zijn. Het zou echter kunnen dat het slachtofferrisico niet significant afneemt met het oplopen van het aantal sterren voor het totaal, maar dat dit wel het geval is voor de RPS van alleen de berm, de RPS van alleen de rijrichtingscheiding en de RPS van alleen het kruispunt. In *Paragraaf 4.2* wordt nader ingegaan op het verband tussen de RPS voor alleen de berm en het slachtofferrisico van uitsluitend bermongevallen. In *Paragraaf 4.3* wordt hetzelfde gedaan voor de RPS van alleen de rijrichtingscheiding en in *Paragraaf 4.4* voor alleen de RPS voor het kruispunt.

4.2. Het slachtofferrisico bij bermongevallen op wegvakken waarvan de bermen zijn beoordeeld met 2, 3 of 4 sterren

Op de provinciale wegen in Utrecht vielen in de periode 2005-2007 47 ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond) onder inzittenden van motorvoertuigen bij ongevallen die waarschijnlijk zijn geëindigd in de zijberm van wegvakken. Hoewel de RPS voor de berm uitsluitend betrekking heeft op de kwaliteit van de zijberm, is het niet volledig uit te sluiten dat enkele van die ongevallen niet in de zijberm maar in de middenberm zijn geëindigd (zie *Paragraaf 3.2*).

Er waren twee wegvakken met een RPS voor de berm van 1 ster. 337 wegvakken hadden 2 sterren voor de berm, 243 wegvakken hadden 3 sterren voor de berm en 37 wegvakken hadden 4 sterren voor de berm. Omdat geen statistische analyse kan worden uitgevoerd bij twee wegvakken, zijn de twee wegvakken met 1 ster samengevoegd met de wegvakken met 2 sterren. *Afbeelding 4.2* geeft hetzelfde weer als *Afbeelding 4.1* maar dan voor de RPS van alleen de berm en het slachtofferrisico onder inzittenden van motorvoertuigen bij alleen bermongevallen.



Afbeelding 4.2. Gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico bij uitsluitend bermongevallen voor wegvakken met 2, 3 of 4 sterren voor de berm. De foutenmarges geven +/- 1 maal de standaardfout weer.

Evenals bij de RPS voor het totaal, daalt bij de RPS voor alleen de berm het slachtofferrisico met het oplopen van het aantal sterren. Dit is een ontwikkeling in de verwachte richting. Maar ook bij de RPS voor alleen de berm zijn de verschillen niet statistisch significant (zie *Tabel 4.3*).

Categorie	B	Wald χ^2	p
RPS 2 en RPS 3	17,583	0,56	0,477
RPS 2 en RPS 4	35,126	1,71	0,191
RPS 3 en RPS 4	17,543	0,321	0,571

Tabel 4.3. Resultaten van Generalized Linear Model (GLZ) met een gamma-verdeling van de afhankelijke variabele (het slachtofferrisico) en een reciprocal link function tussen het aantal sterren voor de berm van wegvakken en het slachtofferrisico van bermongevallen.

Voor de afname van het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico bij een oplopende RPS geldt, net als voor het slachtofferrisico voor het totale wegvak, dat de daling van het slachtofferrisico te gering is, en de spreiding rond het gewogen gemiddelde te groot, om statistisch significant te worden. Het geringe aantal bermongevallen in de steekproef (47) is hier mede debet aan.

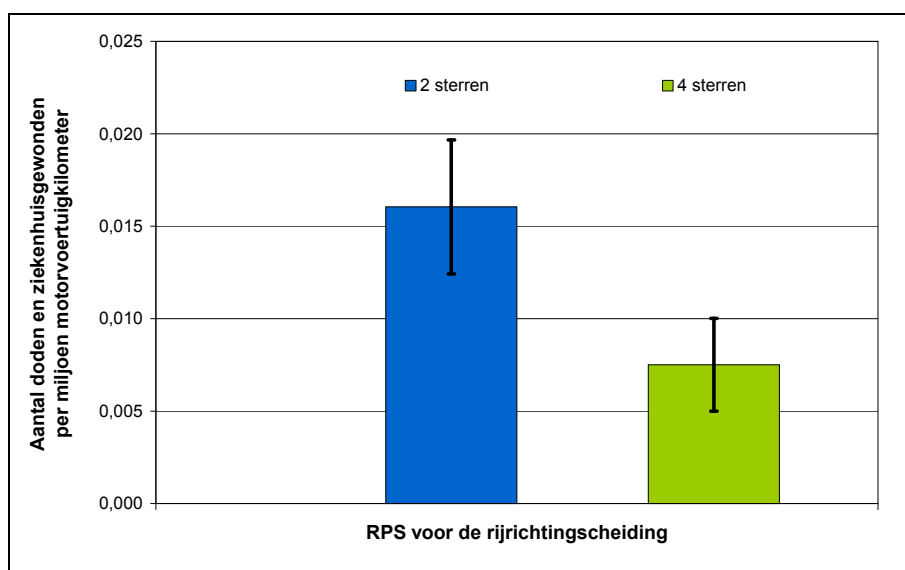
4.3. **Het slachtofferrisico bij frontale botsingen op wegvakken van wegen met twee rijbanen waarvan de rijrichtingscheiding is beoordeeld met een verschillend aantal sterren**

Bij wegen met twee rijbanen zijn bijna altijd de rijbanen fysiek van elkaar gescheiden door een middenberm en/of een geleiderail. Wegen met twee rijbanen zouden zeker wat betreft het slachtofferrisico voor de rijrichtingscheiding, vanwege hun veel geringere kans op frontale botsingen, een duidelijk ander slachtofferrisico te zien moeten geven dan wegen met één rijbaan waarbij de rijstroken voor elke rijrichting slechts gescheiden zijn door markeringen op de centrale as. Om deze reden is apart naar het slachtofferrisico en het aantal sterren bij wegvakken met twee rijbanen en wegvakken met één rijbaan gekeken. Er waren 334 wegvakken met twee rijbanen en 555 wegvakken met één rijbaan. Op de 334 wegvakken met twee rijbanen zijn in de periode 2005-2007 slechts acht slachtoffers onder inzittenden van motorvoertuigen gevallen (dood en/of ziekenhuisgewond) bij ongevallen die in verband kunnen worden gebracht met de kwaliteit van de rijrichtingscheiding. Dit is te weinig voor een betrouwbare statistische analyse. In de volgende paragraaf worden de resultaten voor de wegvakken met één rijbaan besproken.

4.4. **Het slachtofferrisico bij frontale botsingen op wegvakken van wegen met één rijbaan waarvan de rijrichtingscheiding is beoordeeld met 2 of 4 sterren**

Op de 555 wegvakken met één rijbaan zijn in de periode 2005-2007 40 ernstige slachtoffers onder inzittenden van motorvoertuigen gevallen die in verband kunnen worden gebracht met ongevallen waarbij de kwaliteit van de rijrichtingscheiding een rol heeft gespeeld. In *Afbeelding 4.3* is het slachtofferrisico op wegvakken met alleen één rijbaan weergegeven met de RPS

voor de rijrichtingscheiding. Daar er bij één rijbaan geen middenberm is, gaat het in dit geval uitsluitend om het slachtofferisico bij frontale botsingen.



Afbeelding 4.3. Gewogen gemiddelde van het slachtofferisico voor wegvakken met één rijbaan met 2 of 4 sterren voor de rijrichtingscheiding. De foutenmarges geven +/- 1 maal de standaardfout weer.

Van de 555 wegvakken met één rijbaan waren er 0 met 1 ster voor de rijrichtingscheiding, 367 met 2 sterren, 20 met 3 sterren en 168 met 4 sterren. Op de 20 wegvakken met 3 sterren heeft zich in de periode 2005-2007 geen enkele frontale botsing met ernstige afloop voorgedaan. Het slachtofferisico voor wegvakken met één rijbaan en 3 sterren voor de rijrichtingscheiding is dus 0. Tabel 4.4 geeft het resultaat van de GLZ weer tussen het slachtofferisico bij 2 sterren en bij 4 sterren.

Categorie	B	Wald χ^2	p
RPS 2 en RPS 4	70,912	2,311	0,128

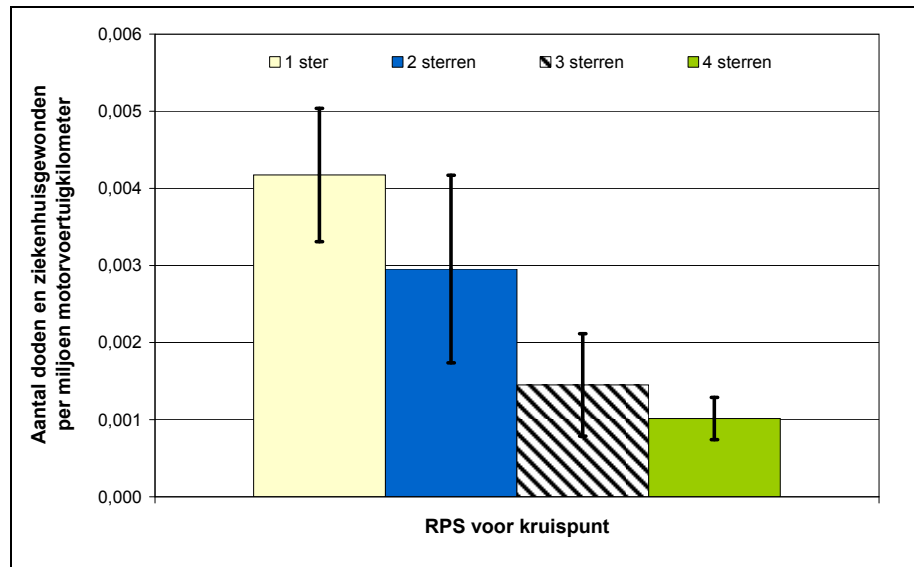
Tabel 4.4. Resultaten van Generalized Linear Model (GLZ) met een gamma-verdeling van de afhankelijke variabele (het slachtofferisico) en een reciprocal link function tussen het aantal sterren voor de rijrichtingscheiding van wegvakken met één rijbaan en het slachtofferisico van ongevallen die samenhangen met de kwaliteit van de rijrichtingscheiding.

Het slachtofferisico is aanmerkelijk lager bij 4 sterren dan bij 2 sterren, maar er is nog net geen sprake van een trend ($p < 0,10$).

4.5. Het slachtofferisico bij kruispuntongevallen op kruispunten die zijn beoordeeld met 1, 2, 3 of 4 sterren

Op de kruispunten uit de steekproef zijn in de periode 2005-2007 onder inzittenden van motorvoertuigen 36 ernstige slachtoffers (dood en/of ziekenhuisgewond) gevallen bij ongevallen die in verband kunnen staan met de vorm en inrichting van het kruispunt. Afbeelding 4.4 geeft het verband

weer tussen het gewogen gemiddelde van het slachtofferisico bij kruispuntongevallen waarbij mogelijk de kwaliteit van het kruispunt een rol heeft gespeeld en de RPS voor de kruispunten.



Afbeelding 4.4. Gewogen gemiddelde van het slachtofferisico bij kruispuntongevallen voor kruispunten met 1, 2, 3 of 4 sterren. De foutenmarges geven +/- 1 maal de standaardfout weer.

Er zijn in de steekproef 434 kruispunten met 1 ster, 110 kruispunten met 2 sterren, 89 kruispunten met 3 sterren en 256 kruispunten met 4 sterren. Uit Afbeelding 4.4 valt af te lezen dat het gewogen gemiddelde van het slachtofferisico daalt met het oplopen van het aantal sterren voor het kruispunt. Tabel 4.5 geeft het resultaat van de GLZ weer voor alle mogelijke combinaties van twee gewogen gemiddelden.

Categorie	B	Wald χ^2	p
RPS 1 en RPS 2	98,926	0,447	0,504
RPS 1 en RPS 3	449,410	1,982	0,159
RPS 1 en RPS 4	745,393	7,601	0,006**
RPS 2 en RPS 3	350,484	1,054	0,305
RPS 2 en RPS 4	646,466	4,732	0,030*
RPS 3 en RPS 4	295,983	0,523	0,470

Tabel 4.5. Resultaten van Generalized Linear Model (GLZ) met een gamma-verdeling van de afhankelijke variabele (het slachtofferisico) en een reciprocal link function tussen het aantal sterren van kruispunten en het slachtofferisico voor kruispuntongevallen (** significant $p < 0,01$, * significant $p < 0,05$).

Het verschil in het gewogen slachtofferisico tussen kruispunten met 1 ster en 4 sterren ($p < 0,01$) en tussen kruispunten met 2 sterren en 4 sterren ($p < 0,05$) is statistisch significant.

4.6. De verschillen tussen de RPS voor het totaal, de berm, de rijrichtingscheiding en de kruispunten

Het gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico is bij 3 sterren nauwelijks lager dan bij 2 sterren wanneer het om de RPS voor het totaal gaat (zie *Afbeelding 4.1*). Toch zijn de gewogen slachtofferrisico's wel duidelijk lager wanneer 3 in plaats van 2 sterren zijn toegekend apart voor de berm (*Afbeelding 4.2*), apart voor de rijrichtingscheiding bij wegvakken met één rijbaan (*Afbeelding 4.3*) en apart voor het kruispunt (*Afbeelding 4.4*). Aangezien de RPS voor het totaal is berekend uit de aparte RPS-scores voor de berm, de rijrichtingscheiding en het kruispunt, dringt zich de vraag op hoe het kan dat het verschil in slachtofferrisico tussen 2 en 3 sterren bij de onderliggende scores wel substantieel is en bij de totaalscore niet. Het antwoord op die vraag is dat dit komt doordat de wegvakken met bijvoorbeeld 3 sterren voor het totaal voor een groot deel niet dezelfde zijn als de wegvakken met 3 sterren voor de berm, of 3 sterren voor de rijrichtingscheiding of 3 sterren voor het kruispunt. Het gewogen gemiddelde voor het totaal kan bijvoorbeeld zijn gebaseerd op een 2 voor de berm en een 4 voor het kruispunt.

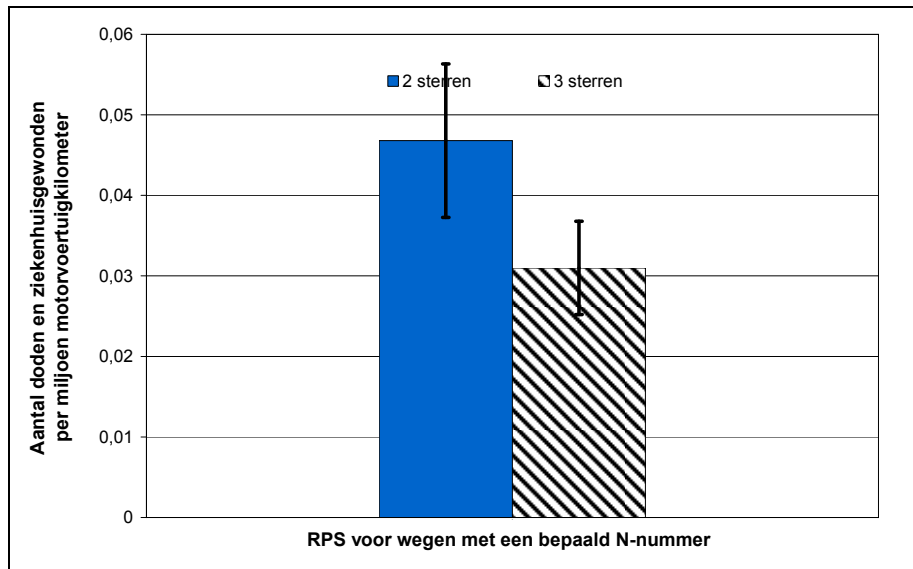
4.7. Het slachtofferrisico en het aantal sterren per N-weg

Het RPS-systeem zoals dat voor de provinciale wegen van de provincie Utrecht is gebruikt, is oorspronkelijk bedoeld om sterren toe te kennen aan weggedeelten tussen de 10 en 20 kilometer (EuroRAP, 2008). In de nieuwste RPS-methode kent EuroRAP een gemiddelde score toe aan wegvakken van ongeveer 3 km lengte. De gemiddelde lengte van een wegvak op de beschouwde wegen van de provincie Utrecht was 353 meter ($SD = 403$ meter). Dit is slechts 4% van de lengte waarvoor het gebruikte RPS-systeem oorspronkelijk bedoeld is en slechts 12% van de lengte waar de nieuwste RPS-versie over rapporteert. Om tegemoet te komen aan de intentie van het RPS-systeem, zijn de scores voor de provincie Utrecht opnieuw berekend, maar nu per N-weg, oftewel voor hele trajecten bestaande uit wegvakken met eenzelfde N-nummer. De N198 in de provincie Utrecht bestaat bijvoorbeeld uit 18 wegvakken met een totale lengte van 8,9 km. Dit is voor alle wegnummers van provinciale wegen in de provincie Utrecht gedaan (zie *Bijlage C*). Dit leverde 37 verschillende N-wegen op die gemiddeld 8,5 km lang waren ($SD = 6$ km). Het kortste traject was 0,5 km (een weg die maar voor een klein deel in de provincie Utrecht ligt) en het langste traject was 23 km. Van elk traject is de RPS voor het totaal bepaald door het gewogen gemiddelde van de RPS van de wegvakken te nemen waaruit het traject is opgebouwd, met de lengte van de wegvakken als weegfactor. Hierdoor telt de RPS van een lang wegvak zwaarder mee in de eindscore dan de RPS van een kort wegvak. Na berekening zijn de waarden afgerond op gehele getallen. Het resultaat staat in *Tabel 4.6*.

	1 ster	2 sterren	3 sterren	4 sterren
Totaal		10	24	3

Tabel 4.6. Aantal provinciale N-wegen met 1, 2, 3 of 4 sterren in de provincie Utrecht voor de totale kwaliteit van de weg.

Omdat geen statistische analyse mogelijk is bij kleine aantallen, zijn de drie relatief korte wegen met 4 sterren meegenomen bij de wegen met 3 sterren. Per weggedeelte is het aantal relevante ernstige slachtoffers berekend door de ernstige slachtoffers van elk wegvak waaruit het weggedeelte bestond bij elkaar op te tellen. Ook de verkeersprestaties (expositie) van elk weggedeelte is berekend door de verkeersprestaties van elk wegvak waaruit een weggedeelte bestond bij elkaar op te tellen. Met behulp van formule (3) van *Paragraaf 3.4.1* kon daarna het gewogen gemiddeld risico berekend worden met de expositie voor het hele weggedeelte als weefactor. Het resultaat is te zien in *Afbeelding 4.5*.



Afbeelding 4.5. Gewogen gemiddelde van het slachtofferrisico voor N-wegen met 1, 2, 3 of 4 sterren voor de totale weg. De foutenmarges geven +/- 1 maal de standaardfout weer.

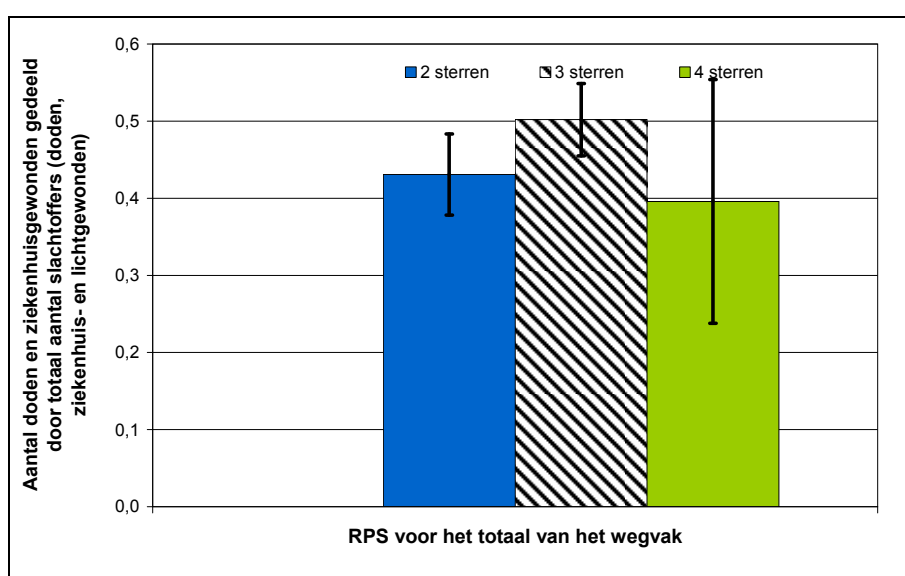
Het slachtofferrisico is lager bij N-wegen met 3 sterren voor het totaal dan bij N-wegen met 2 sterren voor het totaal, maar het verschil is niet statistisch significant ($F_{(1,35)} = 2,01$; $p = 0,165$). De conclusie is dus dat er geen significant verband is aangetoond tussen het slachtofferrisico enerzijds en het aantal sterren voor hele wegen anderzijds. Ook nu zijn de foutenmarges groot. De reden is echter nu niet het grote aantal wegen zonder ernstige slachtoffers, maar het geringe aantal N-wegen. Ook hier zou een grotere steekproef de kans op het vinden van significante verschillen hebben vergroot.

4.8. Letselernst

In *Paragraaf 3.5* is de hypothese geformuleerd dat slachtoffers onder inzittenden van motorvoertuigen die zijn gevallen op wegvakken met minder sterren er slechter aan toe zijn dan die zijn gevallen op wegen met meer sterren. De kenmerken waar wegvakken in het RPS-systeem op beoordeeld worden, zijn in de eerste plaats kenmerken waardoor de ernst van de afloop verminderd wordt en niet zo zeer kenmerken die ongevallen (licht of ernstig) doen voorkómen.

Er is in het onderhavig onderzoek alleen gekeken naar het slachtofferrisico en niet naar het ongevalsrisico. Dit is gedaan, omdat in het RPS-systeem wegen beoordeeld worden op kenmerken die in principe de ernst van de afloop van ongevallen doen verminderen en niet naar kenmerken die ongevallen doen voorkomen. Hierdoor was alleen de tweede optie mogelijk (het aantal ernstige slachtoffers gedeeld door het totaal aantal slachtoffers). Daarnaast is deze verhouding ook het meest nauwkeurig, omdat van de drie genoemde mogelijkheden dit de enige is waarbij het aantal UMS-ongevallen niet meegeteld wordt. Lang niet alle UMS-ongevallen worden namelijk opgenomen in de ongevallendata. Voor dit onderzoek hebben we gekozen de letselernst te bepalen per N-weg (totaal van wegvakken met hetzelfde N-nummer).

Afbeelding 4.6 geeft de gemiddelde letselernst (ernstige slachtoffers / alle slachtoffers) voor wegvakken met respectievelijk 2, 3 en 4 sterren weer.



Afbeelding 4.6. Gemiddelde letselernst (ernstige slachtoffers / alle slachtoffers) op N-wegen met 2, 3 of 4 sterren voor de totale weg. De foutenmarges bij elke kolom geven +/- 1 maal de standaardfout weer.

Tegen de verwachting in is de letselernst bij 3 sterren groter dan bij 2 sterren. De letselernst bij 4 sterren is volgens de verwachting het laagst. De onderlinge verschillen zijn echter veel te klein om statistisch significant te zijn ($F_{(2, 168)} = 0,615$; $p = 0,542$). Dit zou kunnen komen doordat met name de registratie van slachtoffers met gering letsel verre van volledig is. Het is mogelijk dat de onderregistratie op wegvakken met bijvoorbeeld 3 sterren anders is dan op wegvakken met 2 sterren. Op basis van deze uitkomst concluderen dat er geen verband is tussen het aantal sterren en de letselernst, zou dan ook voorbarig zijn.

5. Conclusies, discussie en aanbevelingen

5.1. De RPS-methode

Men kan besluiten om de verkeersveiligheid van wegen te verbeteren, omdat er veel ongevallen op die wegen zijn. Dit is reactief verkeersveiligheidsbeleid. Proactief verkeersveiligheidsbeleid is beter. Bij proactief beleid neemt men maatregelen nog voor er slachtoffers gevallen zijn. Proactief verkeersveiligheidsbeleid vereist dat men over valide indicatoren beschikt die voorspellen of er slachtoffers zullen vallen. De vraag waarop in dit onderzoek getracht is antwoord te vinden, is of de Road Protection Score (RPS, versie 1.0) een goede indicator is voor het slachtofferrisico van wegvakken op provinciale wegen.

De Road Protection Score (RPS, versie 1.0) van een weggedeelte geeft aan welke mate van bescherming door de weg aan inzittenden van auto's wordt geboden. Volledige bescherming wil in dit geval zeggen dat de weg zo is vormgegeven en is ingericht dat een ongeval niet tot ernstig letsel (dood en/of ziekenhuisgewond) leidt voor de inzittenden van een personenauto met een EuroNCAP-beoordeling van 4 sterren, waarvan de bestuurder zich aan de regels heeft gehouden en door een fout het ongeval heeft veroorzaakt. Wanneer bijvoorbeeld een auto door een stuurfout van de weg af raakt en in de berm belandt, dan biedt een berm waarin bomen staan minder bescherming aan inzittenden van die auto dan een berm waarin geen obstakels staan. De mate van bescherming wordt aangeduid met sterren. Het maximum is vier sterren. Sterren worden toegekend aan de zijberm, de rijrichtingscheiding (inclusief de middenberm) en de zich op het weggedeelte bevindende kruispunten. De belangrijkste score is echter de RPS voor het totale weggedeelte. De RPS voor het totaal wordt afgeleid uit de score voor de zijberm, de score voor de rijrichtingscheiding en de score voor de kruispunten.

De methode om scores aan weggedeelten toe te kennen is ontwikkeld door EuroRAP. EuroRAP is een Europees samenwerkingsverband waarin belangenbehartigers voor gebruikers van wegen vertegenwoordigd zijn. Voor Nederland is dat de ANWB. Daarnaast maken van enkele landen de wegbeheerders deel uit van EuroRAP. De RPS-methode is een product van EuroRAP dat niet door iedereen gebruikt mag worden en waarvan de werking alleen volledig openbaar is voor de leden. Als reden voor de gedeeltelijke geheimhouding wordt naast het feit dat de methode nog in ontwikkeling is, de kwaliteitsborging genoemd. EuroRAP wil zelf controle houden over de uitvoering en is van mening dat uitvoerders, wegbeheerders en weggebruikers niet tot in detail de methode hoeven te kennen. Door deze houding van EuroRAP is een wetenschappelijk verantwoorde inhoudelijke toetsing van de methode niet goed mogelijk, alleen de validiteit van de methode als geheel kan gemeten worden. De ANWB heeft tot op heden de firma Mobycon aangesteld als het enige adviesbureau dat de RPS-methode mag toepassen in Nederland, maar in de toekomst zouden ook andere bureaus zich kunnen accrediteren. De ANWB neemt zelf het initiatief of wordt door een wegbeheerder gevraagd om wegen te beoordelen volgens de RPS-methode.

De wegkenmerken die beoordeeld worden zijn voor de zijberm onder andere de breedte van de obstakelvrije zone en de al dan niet aanwezigheid van een geleiderail en hoe die geleiderail is uitgevoerd. Bij de rijrichtingscheiding gaat het bij de beoordeling van de eventueel aanwezige middenberm om dezelfde kenmerken als de zijberm. Daarnaast gaat het bij de rijrichtingscheiding om de al dan niet aanwezigheid van ribbelmarkering op de rijrichtingscheiding en de breedte tussen de rijrichtingen indien er geen middenberm is. De kenmerken van kruispunten die beoordeeld worden, hebben betrekking op elementen van de vorm en inrichting die van invloed zijn op de hoek van waaruit het verkeer uit verschillende richtingen elkaar ontmoet en de snelheid waarmee dat gebeurt. De wijze waarop met deze kenmerken de scores berekend worden is alleen globaal bekend. Zo wordt er rekening mee gehouden dat de kans op ernstige slachtoffers toeneemt met de snelheid volgens het 'Power model' van Nilsson (1982; 2004). Maar hoe precies de curven van het slachtofferrisico en de daaraan gerelateerde score per kenmerk oplopen resp. afnemen met de snelheid, is (nog) niet gepubliceerd. Uit de gebruikte RPS-data lijkt op te maken dat het in Utrecht gebruikte RPS-model onderscheid maakt tussen wegkenmerken van de berm voor een snelheidslimiet hoger dan 60 km/uur. Bij een limiet van 60 km/uur of lager, scoren verschillende breedtes van de obstakelvrije zone gelijk. Dit RPS-model maakt ook geen onderscheid tussen kenmerken van de rijrichtingscheiding als de limiet lager of gelijk is aan 70 km/uur. Verschillen in kruispunttype spelen pas een rol als de snelheidslimiet hoger is dan 50 km/uur. Bij een limiet van 50 km/uur wordt alleen verschil gemaakt tussen wel of geen rotonde.

5.2. De gebruikte Road Protection Scores van wegvakken

Mobycon heeft in 2007 de kenmerken van de wegvakken van de provinciale wegen in de provincie Utrecht geïnventariseerd. Dit heeft men gedaan door de databestanden van de wegbeheerder te raadplegen en aanvullend een zogenoemde straatinventarisatie uit te voeren. Op basis van de kenmerken heeft Mobycon per wegvak een RPS berekend voor de zijberm, de rijrichtingscheiding en de aan de wegvakken gekoppelde kruispunten. Vanuit deze drie scores heeft Mobycon de RPS voor het totaal van elk wegvak berekend. Door te rapporteren op wegvakniveau wijkt Mobycon af van de door EuroRAP aanbevolen rapportage over weggedeelten van meerdere kilometers. De gemiddelde lengte van de wegvakken in de steekproef was 353 meter. EuroRAP raadt aan om alleen over langere weggedeelten te rapporteren, omdat de kruispunt dichtheid zo beter meegewogen wordt in de RPS voor het totaal. Des te meer kruispunten er op een weggedeelte zijn, des te lager wordt de RPS voor het totaal. In het door Mobycon gebruikte NWB is aan elk wegvak een 'junctie' gekoppeld. Deze junctie is vaak een kruispunt, maar kan ook een knoop zijn waar dubbelbaanswegvakken overgaan in een enkelbaanswegvak. De kruispunt dichtheid is verdisconteerd in de score door een kruispunt een lagere RPS te geven als het aan een kort wegvak is gekoppeld dan wanneer het aan een lang wegvak is gekoppeld (zie *Paragraaf 2.8*).

5.3. De onderzoeksvragen

De onderzoeksvraag was of er een verband is tussen het slachtofferrisico voor inzittenden voor motorvoertuigen op wegvakken van provinciale wegen in de provincie Utrecht en de RPS van die wegvakken. Was dit verband er

voor de totale RPS van wegvakken, de RPS voor uitsluitend de berm, de RPS voor de rijrichtingscheiding en de RPS van de aan de wegvakken gekoppelde kruispunten?

De lengte van de beschouwde wegvakken is gemiddeld aanzienlijk korter dan die door EuroRAP als wenselijk wordt geacht voor een goede beoordeling met de RPS versie 1.0 (weggedeelten van ongeveer 10 km). Om die reden is ook nagegaan wat het verband is tussen de afgeleide RPS voor verschillende N-wegen in de provincie Utrecht en het slachtofferisico op die N-wegen.

Om het slachtofferisico voor bovenstaande onderzoeksvragen te bepalen is het noodzakelijk om de verkeersintensiteit van elk wegvak te weten. Deze gegevens waren niet bekend. Hiervoor in de plaats heeft de provincie Utrecht geschatte verkeersintensiteiten per wegvak aangeleverd. Echter, ook zonder gebruik te hoeven maken van verkeersintensiteiten kan er iets over de validiteit van de RPS gezegd worden, namelijk op basis van slachtofferisico. RPS versie 1.0 gaat over de ernst van de afloop van ongevallen voor auto-inzittenden. Wanneer men in een obstakelvrije berm belandt, kan men nog wel lichtgewond raken, maar zal men niet ernstig gewond raken of zelfs overlijden zoals wanneer in die berm een boom zou hebben gestaan waar men tegenaan gereden was. Daarom is ten slotte nagegaan of op wegvakken met een hoge RPS de letselernst minder ernstig is dan op wegvakken met een lage RPS.

5.4. De resultaten en conclusies

Uit de analyses kwam naar voren dat het slachtofferisico voor inzittenden van motorvoertuigen lager was op wegvakken met 4 sterren voor het totaal dan op wegvakken met 3 sterren voor het totaal en het slachtofferisico voor inzittenden van motorvoertuigen op wegvakken met 3 sterren voor het totaal weer lager was dan op wegvakken met 2 sterren voor het totaal. De verschillen waren echter niet statistisch significant, ook niet als de overschrijdingskans (p -waarde) op 0,10 gezet wordt.

Ook bij de RPS voor alleen de berm neemt het slachtofferisico af met het oplopen van het aantal sterren. De afname was echter te gering en de spreiding was te groot om statistisch significant te worden ($p < 0,10$).

Bij de toetsing op validiteit voor alleen de rijrichtingscheiding is een onderscheid gemaakt tussen wegvakken met één rijbaan en wegvakken met twee rijbanen. Door de aanwezigheid van een middenberm waarin al dan niet een geleiderail is aangebracht, is op wegvakken met twee rijbanen het risico op frontale botsingen immers aanmerkelijk kleiner dan op wegvakken met één rijbaan.

Er waren in de steekproef slechts twintig wegvakken met één rijbaan die een RPS voor de rijrichting van 3 sterren hadden gekregen. Op geen van die wegvakken had zich in de periode 2005-2007 een ernstig ongeval voorgedaan dat in verband zou kunnen worden gebracht met de kwaliteit van de rijrichtingscheiding. Hierdoor was alleen een analyse mogelijk van de wegvakken met één rijbaan en een RPS van 2 of 4 sterren. Het gemiddelde van het slachtofferisico was aanmerkelijk lager bij 4 sterren dan bij 2 sterren. Vanwege de grote spreiding was dit verschil echter niet statistisch significant ($p = 0,128$).

Doordat er 'slechts' acht slachtoffers waren op wegvakken met twee rijbanen die in verband konden worden gebracht met ongevallen waarin de kwaliteit van de rijrichtingscheiding mogelijk een rol heeft gespeeld, was een toetsing op validiteit voor de RPS van de rijrichtingscheiding bij wegvakken met twee rijbanen niet mogelijk.

De afname van het slachtofferrisico op kruispunten met het oplopen van het aantal sterren voor die kruispunten was nog het meest conform de verwachting van EuroRAP. Tussen 1 ster en 4 sterren en tussen 2 sterren en 4 sterren was de daling statistisch significant ($p < 0,05$).

Alle resultaten over het verband tussen slachtofferrisico en de hoogte van de RPS voor wegvakken wijzen in de goede richting (een afname van het slachtofferrisico naarmate de RPS hoger is), maar op die bij de kruispunten na waren de verschillen niet statistisch significant. De reden hiervoor is dat de spreiding van het slachtofferrisico op de vaak zeer korte wegvakken bijzonder groot is. Op 87,5% van de wegvakken met 2 sterren is in drie jaar tijd geen enkel ernstig slachtoffer gevallen dat in verband staat met de wegkenmerken die beoordeeld worden met de RPS. Voor 3 sterren is dit percentage 88,8 en voor 4 sterren 95,4. Als zich wel ernstige ongevallen van de beschouwde typen op een wegvak hebben voorgedaan, gaat het ongevalsrisico direct sterk omhoog. Bij één of meer van die ernstige ongevallen op een wegvak, gaat het om één tot zeven ernstige slachtoffers. Er zijn veel meer wegvakken met één ernstig slachtoffer dan met zeven ernstige slachtoffers. Door die kleine aantallen variëren de slachtofferrisico's van wegvakken met hetzelfde aantal sterren onderling sterk. Het gevolg is een grote spreiding. Door die grote spreiding moeten twee gewogen gemiddelden van het slachtofferrisico wel heel sterk verschillen om statistisch significant te worden. Op basis van het onderhavig onderzoek mag daarom niet geconcludeerd worden dat, omdat er geen significante dalingen waren van het slachtofferrisico met oplopende RPS (op die bij de kruispunten na), de RPS-methode niet valide zou zijn. Pas bij een grotere steekproef die de wegvakken van provinciale wegen van meerdere provincies omvat en na het verwijderen van zeer korte wegvakken in het bestand of het verbinden van de zeer korte wegvakken aan grotere wegvakken uit het bestand, kan op wetenschappelijk verantwoorde wijze geconcludeerd worden of er een verband is tussen de hoogte van de RPS en het slachtofferrisico.

Een manier om te compenseren voor de oververtegenwoordiging van een slachtofferrisico van 0 is door langere lengten aan weg te nemen. Op wegen die 10 kilometer of langer zijn, is er in drie jaar tijd meestal wel een ernstig ongeval en daardoor wordt het slachtofferrisico vrijwel nooit gelijk aan 0. Daarom is nagegaan wat het verband is tussen de RPS voor het totaal van wegen met een bepaald N-nummer in de provincie Utrecht en het slachtofferrisico. Voor de score van de RPS van het totaal is het gewogen gemiddelde van de wegvakken genomen waaruit een weg is samengesteld met de lengte van elk wegvak als weegfactor. Doordat er slechts 3 wegen in de provincie Utrecht waren met 4 sterren, kon alleen worden nagegaan of het slachtofferrisico statistisch significant lager was op wegen met 3 sterren voor het totaal dan op wegen met 2 sterren voor het totaal. Hoewel het slachtofferrisico aanmerkelijk lager was op wegen met 3 sterren dan op wegen met 2 sterren, was dit verschil niet statistisch significant ($p = 0,165$). Ook ik in dit geval is het echter voorbarig om op basis van de statistische

analyse de hypothese dat er een verband is tussen de RPS en het slachtofferrisico te verwerpen. In dat geval was het aantal N-wegen te gering en de verdeling van het aantal sterren over de wegen (10 met 2 sterren, 24 met 3 sterren en 3 met 4 sterren) te scheef om betrouwbaar te kunnen toetsen.

Ten slotte is nagegaan of de letselernst afneemt met het aantal sterren. Dit bleek niet het geval te zijn. Daar er sprake is van een grote onderregistratie van ongevallen met licht lichamelijk letsel, kan ook op basis van dit onderzoeksresultaat geen conclusie getrokken worden over de validiteit van RPS wat de letselernst betreft.

De gevonden resultaten (wel in de verwachte richting, maar statistisch niet significant) wijken niet af van resultaten die gevonden zijn in Zweden, het Verenigd Koninkrijk, Zwitserland en in Australië (zie *Paragraaf 1.4*). Een significant verband tussen een op RPS gelijkende score en het slachtofferrisico is wel gevonden in twee dunbevolkte staten in de Verenigde Staten (zie *Paragraaf 1.4*). Vermoedelijk komt dit doordat de wegvakken in genoemde staten veel langer zijn dan die in Europa en doordat de verkeersintensiteit laag is. Hierdoor zal er minder ruis in de data hebben gezeten dan in dichtere netwerken zoals in West-Europa, bijvoorbeeld door de invloed van ongevalstypen die niet gescoord worden door de RPS, zoals kop-staartbotsingen.

5.5. **Mogelijke verklaringen voor het resultaat en beperkingen van het onderzoek**

5.5.1. *De steekproef*

De steekproef bestond in dit onderzoek uit wegvakken van de provinciale wegen in Utrecht. Hoewel elk slachtoffer er één te veel is, vallen er statistisch gezien ook in drie jaar tijd relatief weinig ernstige slachtoffers. Waarschijnlijk waren er wel meer statistisch significante verschillen gevonden bij verdubbeling van het aantal jaren (zes jaar). Het nadeel hiervan is dat naarmate de periode langer wordt, de kans toeneemt dat een weg in die periode is gerenoveerd en dat de slachtoffers zijn gevallen vóór de renovatie en de RPS eraan is bepaald. Een andere mogelijkheid zou zijn geweest om niet het aantal ernstige slachtoffers te nemen, maar het totaal aantal slachtoffers, inclusief de lichtgewonden. De RPS is echter een score voor de maat van bescherming die aan een bepaalde groep van weggebruikers wordt geboden tegen het optreden van ernstig letsel. In principe zegt de RPS niets over het aantal ongevallen, maar alleen iets over hoe ernstig die ongevallen aflopen. Wanneer alle slachtoffers zouden zijn genomen dan zou niet meer de validiteit van de RPS-methode zijn onderzocht.

Een reële mogelijkheid op het vinden van meer statistisch significante verschillen, zou een steekproef zijn geweest die wegvakken van meerdere provincies omvat.

Een probleem bij gebruik van de ongevalldata is dat een selectie vereist is van bermongevallen, ongevallen ten gevolge van beperkingen in de rijrichtingscheiding en flankbotsingen op kruispunten en dat feitelijk alleen de ongevallen meegenomen mogen worden waarbij bestuurders zich aan de verkeersregels hebben gehouden. Dit is op basis van de gegevens in BRON niet altijd goed mogelijk. Omdat er hierdoor altijd sprake zal zijn van 'ruis'

zullen significante verschillen alleen gevonden kunnen worden bij zeer grote steekproeven.

5.5.2. De RPS-methode

In het onderhavig onderzoek is de RPS-methode noodzakelijkerwijs opgevat als een 'black box'. Er zijn scores voor wegvakken bepaald en nagegaan is of er een verband is tussen die scores en het slachtofferrisico. Een wetenschappelijk verantwoorde analyse van de inhoud van de methode was niet mogelijk, omdat de methode nog niet volledig openbaar is gemaakt. Wat betreft die methode hoeft niet getwijfeld te worden aan de uitgangspunten. Uit onderzoek is gebleken dat de kans op een ernstige afloop kleiner is in een berm zonder obstakels dan met obstakels. Ook de effectiviteit van een fysieke scheiding tussen rijrichtingen is ruimschoots aangetoond. Met betrekking tot kruispuntvormen is bekend dat de ene kruispuntvorm (bijvoorbeeld een rotonde) veiliger is dan de andere (bijvoorbeeld een gelijkvloers kruispunt zonder voorrangregeling). In de RPS-methode worden aannames gedaan om op grond van deze uitgangspunten scores te berekenen. Die aannames zijn op internationaal onderzoek gebaseerd, maar niet volledig openbaar en blijven zo buiten het wetenschappelijk discours.

Wel is door EuroRAP bekend gemaakt hoe op basis van de afzonderlijke scores voor de zijberm, de rijrichtingscheiding en de kruispunten de scores voor het totaal berekend worden. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van weegfactoren die zijn afgeleid uit het percentage bermongevallen, frontale botsingen en flankbotsingen op kruispunten op 'main rural roads' in zes verschillende Europese landen. Dit is althans zo gedaan bij de berekening van de score voor het totaal van elk wegvak van provinciale wegen in Utrecht. Over deze weegfactoren zijn twee vragen te stellen.

De eerste vraag is waarom voor de bepaling van een weegfactor alleen naar één type ongeval gekeken wordt. Voor de bepaling van de weegfactor van de rijrichtingscheiding is bijvoorbeeld alleen naar het percentage frontale botsingen gekeken. Als er een middenberm aanwezig is wordt in de RPS-methode bij het bepalen van de score voor de rijrichtingscheiding niet alleen een oordeel gegeven over die middenberm als 'rijrichtingscheider' (hoe moeilijk is het om onbedoeld op de rijbaan van het tegemoetkomend verkeer te komen?), maar ook als berm (hoe breed is de obstakelvrije zone?). Toch heeft het percentage ongevallen dat eindigt in de middenberm geen invloed op de weegfactor voor de rijrichtingscheiding.

De tweede vraag is waarom voor alle Europese landen dezelfde weegfactoren moeten gelden. Uit *Tabel 2.1* is af te leiden dat er tussen de zes landen die als referentiegroep hebben gediend, een aantal grote verschillen bestaat en in Nederland zijn de percentages nog weer anders. Als in een land 43% van de ongevallen met dodelijke afloop ongevallen in de zijberm zijn, dan is het vreemd dat de kwaliteit van de zijberm voor de berekening van de totale kwaliteit maar op basis van 32% meetelt. Aan de andere kant is het vreemd dat wanneer in een land de frontale botsingen nauwelijks een probleem meer zijn – omdat alle wegen een harde rijrichtingscheiding hebben, op één na – dat tot gevolg heeft dat die ene weg toch 4 sterren krijgt omdat inmiddels de weegfactor voor frontale botsingen vrijwel nul geworden is. Pas als je naar het bijbehorende ongevalstype kijkt komt die weg als probleemweg naar voren. Dit probleem is wellicht op te lossen door geen weegfactoren te gebruiken en alle onderdelen even zwaar in het eindoordeel te laten meewegen of door een weging op basis van

bijvoorbeeld maatschappelijke kosten of vermijdbaarheid van het ongevalstype.

5.5.3. *De wijze waarop de RPS-methode is toegepast*

EuroRAP onderscheidt drie verschillende manieren om data over kenmerken van wegen in te winnen: 1) men kan die kenmerken observeren terwijl men over de wegen rijdt (en zo nu en dan ook stopt om beter te schatten), 2) men kan die kenmerken al rijdend filmen en daarna de kenmerken inventariseren aan de hand van de filmbeelden en 3) men kan data inwinnen uit de databestanden van de wegbeheerder. In het laatste geval zou bij voorkeur nog wel een kwaliteitscontrole van de data dienen plaats te vinden. De derde manier is gebruikt door Mobycon voor het beoordelen van de provinciale wegen in Utrecht. Deze manier heeft als mogelijk nadeel dat indien de bestanden van de wegbeheerder niet volledig en up-to-date zijn en de kwaliteitscontrole ontbreekt, er gemakkelijk fouten in de beoordeling kunnen ontstaan.

5.5.4. *De berekening van de slachtofferrisico's*

Voor de berekening van het slachtofferrisico op de wegvakken van provinciale wegen in Utrecht zijn onder andere schattingen van de gemiddelde etmaalintensiteit gebruikt. Deze schattingen zijn aangeleverd door de wegbeheerder, die ze heeft gebaseerd op intensiteitsdata van 35 vaste en tijdelijke telpunten. Het is niet bekend hoe accuraat schattingen voor 889 wegvakken gedaan kunnen worden op basis van gegevens van 35 telpunten. Eventuele onzuiverheden in de schattingen kunnen van invloed zijn geweest op de resultaten.

Een ander probleem was dat, zoals reeds is vermeld, de relevante ongevallen voor de berekening van de afzonderlijke slachtofferrisico's in verband met de verschillende scores voor berm, rijrichtingscheiding en kruispunt niet nauwkeurig geselecteerd konden worden uit BRON. Hierdoor waren enige dubbeltellingen onvermijdelijk. Dit probleem wordt veroorzaakt doordat in 2004 de codering van de ongevallenregistratie is vereenvoudigd. Hierdoor wordt vanaf 2004 niet meer gecodeerd wat de eindposities zijn van de bij het ongeval betrokken voertuigen. Zo kan op basis van BRON niet meer met zekerheid geconcludeerd worden of ongevallen zijn geëindigd in de zijberm of (indien aanwezig) in de middenberm. Als kenmerken van de middenberm gesplitst zouden worden in kenmerken die een relatie hebben met (het voorkomen van) frontale ongevallen en kenmerken met die een relatie hebben met (de afloop van) eenzijdige ongevallen met objecten in de middenberm of de fysieke rijrichtingscheiding, kunnen ongevallen uit BRON makkelijker gekoppeld worden aan deze ongevalstypen.

5.6. **De betekenis van de RPS van wegvakken voor wegbeheerders in Nederland**

Uit het literatuuronderzoek en het onderzoek in Utrecht kan niet worden geconcludeerd dat de RPS-methode valide of niet-valide is. Wel is de methode gebaseerd op deugdelijk onderzoek en duidt het onderzoek in Utrecht en uit de literatuur inderdaad op een relevante afname van het slachtofferrisico per extra ster. Daarmee kan de RPS-methode een waardevol instrument zijn voor wegbeheerders die snel inzicht willen in de mate van bescherming die hun wegen bieden aan auto-inzittenden.

De gebruikte RPS-methode (versie 1.0) kent echter ook belangrijke beperkingen. Zo drukt de score voor de berm uit hoeveel bescherming de infrastructuur biedt bij de afloop van een bermongeval. Dit zegt echter niets over de kenmerken van de infrastructuur die het ontstaan van bermongevallen in de hand werken. Er wordt daarom door EuroRAP gewerkt aan een verbeterde RPS-methode (versie 2.0) waarin wel de zogenoemde 'accident likelihood factors', meegewogen worden in de score. Voorbeelden hiervan zijn onverwachte scherpe bochten in een weg, of de aanwezigheid van redresseerstroken of semiverharding.

Een belangrijke beperking is voorts dat de score alleen niets zegt over de mate van bescherming die aan andere weggebruikers wordt geboden. Als een weg vrijliggende fietspaden heeft en beschikt over veilige oversteekevoorzieningen voor voetgangers en fietsers, dan heeft dat geen invloed op de score. In ander verband (het aan EuroRAP gelieerde iRAP) is wel een RPS-methode ontwikkeld waarin ook kenmerken van wegen in de score worden meegewogen die van belang zijn voor de veiligheid van onder andere voetgangers en fietsers. Deze methode is echter bedoeld voor ontwikkelingslanden en niet geschikt voor gebruik in Nederland.

5.7. Aanbevelingen

Op basis van de resultaten en de bovenstaande discussie doet de SWOV zes aanbevelingen:

1. Vervolgonderzoek met een steekproef die de wegvakken van provinciale wegen van meerdere provincies omvat.

De slachtofferrisico's ontwikkelen zich met de RPS-scores in de verwachte richting, maar vanwege de grote spreiding zijn de verbanden te zwak om statistisch significant te zijn. Bij een grotere steekproef neemt bij een gelijkblijvende trend de kans toe dat verschillen statistisch significant worden. Wanneer lessen getrokken worden uit het onderhavige onderzoek kan de methode beter worden toegepast en het onderzoek efficiënter worden uitgevoerd. Daarnaast zou het aantal ongevalsjaren per NWB-wegvak nauwkeuriger geselecteerd kunnen worden met behulp van een nieuw door de SWOV ontwikkelde analysemethode. Ook moet er een betere koppeling gemaakt kunnen worden tussen wegkenmerken (bijvoorbeeld van de middenberm) en de ongevallen in BRON.

2. De volledige openbaarmaking van de methode door EuroRAP.

Een wetenschappelijk verantwoorde analyse van de inhoud van de methode is op dit moment niet mogelijk. Details van de RPS-methode zijn namelijk alleen beschikbaar voor de leden van EuroRAP. Dit zijn in Nederland de ANWB en Rijkswaterstaat.

3. De methode doorontwikkelen zodat ongevalskansen ook tot uitdrukking komen in de beoordeling van de wegen.

EuroRAP werkt al aan een dergelijke doorontwikkeling en in RPS versie 2.0 worden ook ongevalskansen meegenomen. Bij de introductie van een verbeterde methode zal echter opnieuw een validatieonderzoek moeten worden uitgevoerd.

4. Afstappen van de berekening van de totale RPS-score op basis van de prevalentie van ongevalstypen.

De huidige, op een Europees gemiddelde gebaseerde weegfactoren zouden vervangen moeten worden door een neutrale, even zware weging van alle elementen (berm, rijrichtingscheiding en kruispunt) of door een weging op basis van bijvoorbeeld maatschappelijke kosten of vermijdbaarheid van het ongevalstype. Herberekening van de RPS van Utrecht en/of Zuid-Holland met alternatieve weegfactoren zou kunnen aantonen of dit de validiteit verbetert.

5. Ontwikkelen van een methode om wegen te beoordelen op de mate van bescherming die geboden wordt aan alle gebruikers van die wegen.

Dit betekent dat indien bijvoorbeeld fietsers gebruikmaken van een weg, in het aantal sterren voor die weg ook tot uitdrukking wordt gebracht welke bescherming die weg aan fietsers biedt.

6. Ontwikkelen van een DutchRAP

Deze aanbeveling vloeit voort uit aanbeveling 4 (alternatieve weegfactoren) en aanbeveling 5 (een RPS voor alle gebruikers van die weg)

Deze aanbevelingen zijn voorgelegd aan de EuroRAP-organisatie. De reactie van EuroRAP is samengevat in *Bijlage D*.

Literatuur

Baumann, D. (2007). *EuroRAP in der Schweiz*. In: Strasse und Verkehr, vol. 93, nr. 3, März 2007, p.20-24.

Castle, J., Lynam, D., Martin, J., Lawson, S.D. & Klassen, N. (2007). *Star rating roads for safety: UK trials 2006-07*. IAM Motoring Trust, London.

Commandeur, J.J.F., Bijleveld, F.D., Braimaister, L.G. & Janssen, S.T.M.C. (2002). *De analyse van ongeval-, weg-, en verkeerskenmerken van de Nederlandse rijkswegen*. R-2002-19. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam

Churchill, T., Stipdonk, H. & Bijleveld, F. (2010). *Effects of roundabouts on road casualties in the Netherlands*. R-2010-21. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam

EuroRAP (2008) *EuroRAP Star Rating Methodology*, draft website version 28-01-2008. EuroRAP AISBL [nog niet gepubliceerd].

EuroRAP (2009). *Star Rating Roads For Safety, The EuroRAP Methodology*. EuroRAP505.04_ Consultation version 16 September 2009. EuroRAP AISBL, Basingstoke Hampshire.
http://www.eurorap.org/library/pdfs/20091201_StarRatingMethodology.pdf

Harwood, D.W., Bauer, K.M., Gilmore, D.K., Souleyrette, R. & Hans, Z.N. (2010). *Validation of the usRAP Star Rating Protocol for Application to Safety Management of U.S. Roads*. In: Compendium of papers (CD-ROM). 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 10-14 January 2010, Washington, D.C.

IPO, SkVV, UvW, VNG & VenW (2009). *Actieprogramma Verkeersveiligheid 2009-2010*. Interprovinciaal Overleg IPO, Stadsregio's Verkeer en Vervoer SkVV, Unie van Waterschappen UvW, Vereniging van Nederlandse Gemeenten VNG & Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage.

Knuiman, M.W., Council, F.M., Reinfurt D.W. & Miaou, S.-P. (1993). *Association of median width and highway accident rates*. In: Transportation Research Record 141, Transportation Research Board, Washington, D.C.

Lord, D., Washington, S., & Ivan, J.N. (2007): *Further notes on the application of zero-inflated models in highway safety*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 39, nr. 1, p. 53-57.

Lynam, D.,T., Hummel, T., Barker, J. & Lawson, S.D. (2004). *European Road Assessment Programme EuroRAP I (2003) Technical Report*, AA Foundation for Road Safety Research, Farnborough.

Lynam, D., Castle, J., Scoons, J., Lawson, S.D., Hill, J. & Charman, S. (2007). *EuroRAP II Technical Report (2005-6)*. EuroRAP AISBL & Foundation for Road Safety Research, Farnborough.

Lynam, D., Such, T., Broughton, J. & Lawson, S.D. (2003). *European road assessment programme pilot phase technical report*, European Road Assessment Programme, c/o AA Foundation for Road Safety Research, Farnborough

McInerney, R., Harkness, J., Affum, J. & Armstrong, K. (2008). *Comparing Risk Maps and Star Ratings: AusRAP Technical Working Paper*. Australian Automobile Association, Canberra, Australia.

Mobycon (2009). *De EuroRAP Road Protection Score: implementatie in Nederland*. Rapportnummer 3429, Mobycon, Delft.

Nilsson, G. (1982). *The effects of speed limits on traffic crashes in Sweden*. In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic accidents and transport energy use. 6-8 October 1981, Dublin. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris.

Nilsson, G. (2004). *Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety*. Bulletin 221, Thesis Lund Institute of Technology, Lund.

TRB (1987) *Designing safer roads : practices for resurfacing, restoration, and rehabilitation.*, VII, Special Report SR ; No. 214. Committee for the Study of Geometric Design Standards for Highway Improvements, National Research Council NRC, Transportation Research Board TRB, Washington, D.C.

Bijlage A

Overzicht bestanden van de provincie Utrecht voor berekening van RPS

Bij de inventarisatie van de wegkenmerken heeft Mobycon onderscheid gemaakt tussen een administratieve inventarisatie en een straatinventarisatie. De administratieve inventarisatie is uitgevoerd aan de hand van de gegevens die Mobycon van de provincie heeft ontvangen. De volgende peildata zijn van toepassing bij de administratieve inventarisatie:

- wettelijke snelheden 04-04-2007;
- aanwezigheid verkeersregelininstallaties 27-02-2007;
- aanwezigheid stalen lichtmasten 11-01-2007;
- breedte middenberm 28-02-2007;
- aanwezigheid rotondes 27-02-2007;
- aanwezigheid geleiderails 25-04-2007.

De straatinventarisatie heeft Mobycon zelf uitgevoerd en is gestart op 19-02-2007 en geëindigd op 12-04-2007.

De wegkenmerken die ingevoerd zijn in de RPS-database zijn volgens Mobycon uitgebreid gecontroleerd en akkoord bevonden door de provincie Utrecht.

Bij de berekeningen van de RPS-scores neemt Mobycon het NWB als uitgangspunt. Hiermee verkrijgt men scores per wegvakID (van kruispunt tot kruispunt). Bij de inventarisatie van de wegkenmerken worden wegvakken geknipt als de kenmerken per wegvak variëren. In de RPS-database kan dit in de verschillende tabellen teruggevonden worden. Als de kruispunten zich bevinden aan het begin of het einde van een wegvak dan worden deze gekoppeld aan het begin van een wegvak (positie 0). De zogeheten access points (erfaansluitingen, die in het NWB niet als kruispunten worden gezien) zijn door Mobycon gepositioneerd op de wegvakken op basis van werkelijke ligging.

Bijlage B

Selectie van manoeuvres in BRON

In het Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland (BRON) van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu staat van elk daarin geregistreerd ongeval vermeld welke categorie van manoeuvres ten grondslag heeft gelegen aan het ontstaan van het ongeval. De categorieën van BRON staan in de linkerkolom van de onderstaande tabel. Wanneer er een X staat in de kolom 'Berm' betekent dit dat ongevallen met die manoeuvre geselecteerd zijn voor de berekening van het slachtofferrisico van bermongevallen. Wanneer er een X staat bij '1 rijbaan' betekent dit dat die manoeuvre geselecteerd is voor de berekening van het slachtofferrisico waarbij de rijrichtingscheiding op wegvakken met 1 rijbaan een rol heeft gespeeld. Wanneer er een X staat bij '2 rijbanen' betekent dit dat die manoeuvre geselecteerd is voor de berekening van het slachtofferrisico waarbij de rijrichtingscheiding op wegvakken met 2 rijbanen (en dus meestal een middenberm) een rol heeft gespeeld. Wanneer er een X staat bij 'Kruispunt' betekent dit dat die manoeuvre geselecteerd is voor de berekening van het slachtofferrisico op kruispunten. Het gaat hierbij om flankbotsingen en frontale botsingen. Voor de berekening van het slachtofferrisico voor het gehele wegvak, inclusief de aan het wegvak gekoppelde kruispunt zijn de categorieën genomen die in de kolom 'Totaal' zijn aangekruist. Merk op dat er een X kan staan in meerdere kolommen. Wanneer er een X staat in bijvoorbeeld de kolom 'Berm' en de kolom '2 rijbanen' duidt dit op dubbeltellingen. Wanneer er bijvoorbeeld sprake is van een botsing met een lichtmast kan dit een botsing zijn geweest met een lichtmast in de zijberm of met een lichtmast in de middenberm. Het onderscheid tussen deze twee is in BRON niet te maken. Bij de ongevallen in de kolom 'Totaal' zijn voor de berekening van het slachtofferrisico de dubbeltellingen eruit gefilterd.

Manoeuvre	Berm	Rijrichtingscheiding		Kruispunt	Totaal
		1 rijbaan	2 rijbanen		
Te water	X				X
Niet van de weg					
Overige eenzijdig	X		X		X
Geparkeerd voertuig van achteren aangereden					
Geparkeerd voertuig van voren aangereden					
Overige met geparkeerd voertuig					
Overstekende dieren					
Botsing met boom en overige vaste voorwerpen	X		X		X
Botsing met lichtmast	X		X		X
Botsing met overig wegmeubilair	X		X		
Botsing met los voorwerp					
Voetganger op overweg					
Voetganger op VOP					
Voetganger op andere oversteekplaats					
Voetganger bij bus of tramhalte					

Manoeuvre	Berm	Rijrichtingscheiding		Kruispunt	Totaal
		1 rijbaan	2 rijbanen		
Voetganger op rijbaan					
Voetganger op fietspad/fietsstrook					
Voetganger op trottoir of in berm					
Voetganger die fout oversteekt					
Overige botsing met voetganger					
Op overweg met trein van links of rechts					
Overige met trein of tram					
Op kruising flankbotsing				X	X
Op kruising flankbotsing met stilstaand voertuig				X	X
Op kruising flankbotsing met rijstrookverandering				X	X
Kop-staart met foutief inhalen					
Kop-staart met foutief in- / uitvoegen					
Kop-staart zonder afslaan					
Kop-staart met stilstaand voertuig					
Kop-staart met veranderen van rijstrook links					
Kop-staart met veranderen van rijstrook rechts					
Overige ongevallen met verkeer in dezelfde richting zonder afslaan					
Frontaal met foutief in-/uitvoegen		X	X	X	X
Frontaal met veranderen van rijstrook van X voertuig		X	X	X	X
Frontaal met veranderen van rijstrook van beide voertuigen		X	X	X	X
Frontaal zonder rijstrookverandering		X	X	X	X
Overige ongevallen met tegemoetkomend verkeer zonder afslaan		X	X	X	X
Kop-staart met afslaan naar rechts					
Kop-staart met afslaan naar links					
Rechter flank met afslaan naar rechts				X	X
Linker flank met afslaan naar rechts				X	X
Linker flank met afslaan naar links		X	X	X	X
Rechter flank met afslaan naar links		X	X	X	X
Linker flank met omkerend voertuig naar links		X	X	X	X
Rechter flank met omkerend voertuig naar links		X	X	X	X
Rechter flank met overstekend voertuig		X	X	X	X
Twee rechts afslaande voertuigen				X	X
Twee links afslaande voertuigen		X	X	X	X
Schampen					
Overige flankongevallen				X	X
Overige					

Bijlage C

Scores per traject met zelfde N-wegnummer

De onderstaande Road Protection Scores zijn afgeleid van de Road Protection Scores voor de wegvakken waar elk wegnummer uit bestaat.

Wegnummer	Lengte (in meters)	RPS Totaal	RPS Berm	RPS Rijrichting- scheiding	RPS Kruispunt
N198	8.856	3	3	3	2
N199	11.147	3	3	4	3
N201	15.805	3	3	2	2
N204	10.693	2	2	2	2
N210	19.944	3	3	2	3
N212	12.735	3	3	2	3
N221	7.345	3	3	4	3
N224	17.880	2	3	2	2
N225	21.457	3	3	3	1
N226	14.789	2	2	2	2
N227	15.877	3	2	2	2
N228	14.254	2	3	3	2
N229	14.433	3	3	2	3
N230	8.175	3	3	4	2
N233	7.394	3	3	2	2
N234	12.572	2	2	2	2
N237	23.553	3	3	4	2
N238	8.542	3	2	3	2
N401	6.163	3	3	2	3
N402	9.161	3	3	3	2
N403	492	4	4	4	3
N405	3.155	3	3	3	2
N408	2.656	3	3	3	3
N409	2.803	2	3	2	3
N410	4.144	4	4	4	2
N411	3.452	2	2	2	2
N412	1.903	3	3	3	1
N413	6.053	2	2	2	1
N414	5.527	3	3	2	2
N415	4.505	2	2	2	3
N416	3.634	3	3	2	2
N417	4.293	3	3	3	2
N458	3.599	3	4	4	1
N463	1.193	3	3	2	2
N483	720	3	3	2	2
N484	1.034	2	2	2	1
N806	1.977	4	4	4	2

De aanbevelingen uit *Paragraaf 5.7* zijn voorgelegd aan de EuroRAP-organisatie. Deze heeft hierop gereageerd; de reactie is hieronder samengevat.

Ad 1. In de nieuwe RPS-versie (RPS versie 2.0) worden kenmerken van de middenberm gesplitst in kenmerken die een relatie hebben met frontale ongevallen en kenmerken met die een relatie hebben met eenzijdige ongevallen met objecten in de middenberm. Hierdoor zouden ongevallen uit BRON hiermee makkelijker gekoppeld kunnen worden.

Ad 2. EuroRAP werkt momenteel aan een wetenschappelijk verantwoord validatieonderzoek.

Ad 3. De uitkomsten van de eerste validatiestudies naar de toepassing van RPS in de Verenigde Staten (vergelijkbaar met RPS versie 2.0) tonen een significante relatie tussen een toename van het aantal sterren en een afname van het ongevalsrisico.

Ad 4. In RPS versie 2.0 wordt geen gebruik meer gemaakt van op een Europees gemiddelde gebaseerde weegfactoren.

Ad 5. In Australië zijn inmiddels proeven gedaan met de voetgangersmodule van iRAP (resultaten heeft de SWOV nog niet kunnen inzien).