

Update effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen

Drs. W. Wijnen, dr. ir. W.A.M. Weijermars & Y.R. Bos, MSc.

D-2013-7

Update effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen

Nieuwe schattingen voor elf maatregelen

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	D-2013-7
Titel:	Update effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen
Ondertitel:	Nieuwe schattingen voor elf maatregelen
Auteur(s):	Drs. W. Wijnen, dr. ir. W.A.M. Weijermars & Y.R. Bos, MSc.
Projectleider:	Dr. ir. W.A.M. Weijermars
Projectnummer SWOV:	C03.04
Trefwoord(en):	Cost, efficiency, cost benefit analysis, policy, safety, traffic infrastructure, intersection, road network, vehicle, road user, behaviour, evaluation (assessment), analysis (math), Netherlands.
Projectinhoud:	Dit rapport is een update van het eerder gepubliceerde SWOV-rapport <i>Effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen</i> (R-2010-9). Het doet verslag van een onderzoek naar de effectiviteit en kosten van elf verkeersveiligheidsmaatregelen. Dit soort informatie kan gebruikt worden voor onderzoek en beleidsvoorbereiding, zoals ex-ante-evaluaties van verkeersveiligheidsbeleid en toekomstverkenningen.
Aantal pagina's:	52 + 3
Prijs:	€ 11,25
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2013

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

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

Dit rapport doet verslag van een onderzoek naar de effectiviteit en kosten van elf verkeersveiligheidsmaatregelen. Het betreft een update van het eerder gepubliceerde SWOV-rapport *Effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen* (R-2010-9). De informatie over effecten en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen kan gebruikt worden voor onderzoek en beleidsvoorbereiding, zoals ex-ante-evaluaties van verkeersveiligheidsbeleid en toekomstverkenningen. Deze informatie is onder meer nodig om de (kosten)effectiviteit van maatregelpakketten te bepalen, en kan als basis dienen om maatregelen te prioriteren en selecteren.

In dit rapport zijn alleen die maatregelen uit R-2010-9 meegenomen waarvoor een Nederlandse evaluatiestudie of een meta-analyse van effectstudies beschikbaar is. Ook zijn alleen maatregelen meegenomen die relevant zijn voor beleidsmakers en andere gebruikers die betrokken zijn bij (voorbereiding van) beslissingen over verkeersveiligheidsmaatregelen. Dit wil zeggen dat de maatregel nog niet volledig moet zijn ingevoerd en dat mogelijke gebruikers de toepassing van de maatregel moeten overwegen. Het gaat om de volgende elf maatregelen:

- Herinrichten Zone 30
- Herinrichten Zone 60
- Aanleg vrijliggende fietspaden
- Aanleg parallelwegen
- Obstakelvrije afstand
- Ongelijkvloerse kruisingen
- Rotondes binnen de bebouwde kom
- Rotondes buiten de bebouwde kom
- Plateaus op kruispunten
- Handhaving snelheid
- Handhaving rood licht

De effectschattingen van de maatregelen zijn waar mogelijk geactualiseerd op basis van nieuwe evaluatiestudies. Daarnaast zijn voor zeven van de elf maatregelen, aanvullend op de effectschattingen uit evaluatiestudies, expertschattingen gedaan. Daarbij is de Delphi-methode toegepast, een gestructureerde en interactieve manier om expertschattingen te verkrijgen. De experts, minimaal vijf per maatregel, gaven daarbij in meerdere ronden hun inschatting van de effectiviteit, waarbij zijn op elkaars schattingen en argumentatie konden reageren. De expertschattingen lopen voor de meeste maatregelen (soms sterk) uiteen, waardoor niet altijd een eenduidig kengetal kan worden gegeven. Het effect hangt namelijk af van diverse factoren, zoals lokale omstandigheden. We adviseren bij het gebruik van de gegevens uit dit rapport rekening te houden met de bandbreedte die we van effecten geven. Wanneer we in dit rapport geen puntschattingen geven, raden we ook af om deze te berekenen op basis van de gegeven bandbreedte.

Naast de effectschattingen zijn voor de elf maatregelen ook de kostenschattingen geactualiseerd op basis van nieuwe informatie en expertschattingen.

Summary

Update effectiveness and costs of road safety measures; New estimates for eleven measures

This report presents a study into the effectiveness and costs of eleven road safety measures as an update of the earlier SWOV report *Effectiveness and costs of road safety measures* (R-2010-9). The information about the effects and costs of road safety measures can be used in research and policymaking, for example in ex-ante assessments of road safety policy or in road safety outlooks. This information is, among other things, required to determine (cost-)effectiveness of packages of measures and can serve as a basis to prioritize and select measures.

The present report only discusses the measures in R-2010-9 for which a Dutch assessment study or a meta-analysis of effect studies is available. Furthermore, only those measures are included that are relevant for policymakers and other parties involved in the (preparation of) decision-making concerning road safety measures. This means that the measure should not yet be fully implemented and that possible users are yet to consider implementation of the measure.

The eleven measures are:

- Redesigning Zone 30
- Redesigning Zone 60
- Construction bicycle paths
- Construction parallel roads
- Obstacle free zone
- Grade separated intersections
- Urban roundabouts
- Rural roundabouts
- Raised intersections
- Speed enforcement
- Red light enforcement

Whenever possible, new assessment studies were used as a basis for the update of the measures' effect estimates. In addition, expert estimates were made for seven of the eleven measures to supplement the effect estimates from the assessment studies. In these cases the Delphi method was used, a structured and interactive manner of obtaining expert estimates. In several rounds, at least five experts for each measure gave their estimate of the effectiveness and they could give their reaction to each other's estimates and arguments. For most measures the expert estimates varied (sometimes considerably), which prevented an unambiguous point estimate being given in each case. This is due to the fact that the effect is influenced by several factors, among which the local conditions. We advise to take account of the specified range of the effects when using the data from this report. If no point estimates are given in the report, we advise against these being calculated using the specified range.

In addition to the effect estimates, updates were also made of the cost estimates for the eleven measures, based on new information and expert estimates.

Inhoud

Voorwoord	7
1. Inleiding	8
1.1. Achtergrond	8
1.2. Dit rapport	8
1.3. Gebruik van de effectschattingen	8
2. Methode en aanpak	10
2.1. Selectie van maatregelen	10
2.2. Evaluatiestudies	11
2.3. Delphi-methode	11
2.4. Effecten op totale aantallen doden en ernstig verkeersgewonden	12
2.5. Factoren die het effect van een maatregel beïnvloeden	14
2.6. Kosten van maatregelen	14
3. Maatregelen	16
3.1. Herinrichten Zone 30	16
3.1.1. Beschrijving	16
3.1.2. Verkeersveiligheidseffecten	16
3.1.3. Kosten	19
3.2. Herinrichten Zone 60	19
3.2.1. Beschrijving	19
3.2.2. Verkeersveiligheidseffecten	21
3.2.3. Kosten	23
3.3. Aanleg vrijliggende fietspaden	23
3.3.1. Beschrijving	23
3.3.2. Verkeersveiligheidseffecten	23
3.3.3. Kosten	26
3.4. Aanleg van parallelwegen	26
3.4.1. Beschrijving	26
3.4.2. Verkeersveiligheidseffecten	26
3.4.3. Kosten	28
3.5. Obstakelvrije afstand	28
3.5.1. Beschrijving	28
3.5.2. Verkeersveiligheidseffecten	29
3.5.3. Kosten	30
3.6. Ongelijkvloerse kruisingen	30
3.6.1. Beschrijving	30
3.6.2. Verkeersveiligheidseffecten	31
3.6.3. Kosten	32
3.7. Rotondes binnen de bebouwde kom	32
3.7.1. Beschrijving	32
3.7.2. Verkeersveiligheidseffecten	32
3.7.3. Kosten	35
3.8. Rotondes buiten de bebouwde kom	35
3.8.1. Beschrijving	35
3.8.2. Verkeersveiligheidseffecten	35
3.8.3. Kosten	37

3.9.	Plateaus	38
3.9.1.	Beschrijving	38
3.9.2.	Verkeersveiligheidseffecten	38
3.9.3.	Kosten	39
3.10.	Handhaving snelheid	40
3.10.1.	Beschrijving	40
3.10.2.	Verkeersveiligheidseffecten	41
3.10.3.	Kosten	43
3.11.	Handhaving rood licht	43
3.11.1.	Beschrijving	43
3.11.2.	Verkeersveiligheidseffecten	43
3.11.3.	Kosten	45
	Literatuur	46
Bijlage 1	Deelnemers Delphi-studie per maatregel	53
Bijlage 2	Berekening reductiepercentages snelheidshandhaving	55

Voorwoord

Dit rapport doet verslag van een onderzoek naar de effectiviteit en kosten van een aantal verkeersveiligheidsmaatregelen op basis van nieuwe literatuur en expertschattingen. Het betreft een update van het SWOV-rapport *Effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen* (Wijnen, Mesken & Vis, 2010). Voor de expertschattingen in deze update is gebruikgemaakt van de Delphi-methode, waaraan 24 experts hebben deelgenomen (zie *Bijlage 1*). Wij zijn deze experts zeer erkentelijk voor hun deskundige en constructieve bijdrage aan deze studie.

De eerste auteur van dit rapport, Wim Wijnen, is inmiddels werkzaam bij onderzoeksbureau W2Economics. Naast de drie auteurs van dit rapport hebben ook de SWOV-onderzoekers Letty Aarts en Atze Dijkstra bijgedragen aan dit rapport.

1. Inleiding

1.1. Achtergrond

Informatie over effecten en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen is nuttige input voor onderzoek en beleidsvoorbereiding, zoals ex-ante-evaluaties van verkeersveiligheidsbeleid en toekomstverkenningen. Op basis van deze informatie kan onder meer de (kosten)effectiviteit van maatregelpakketten worden bepaald, en kunnen maatregelen worden geprioriteerd en geselecteerd. In 2010 heeft de SWOV een maatregelen-catalogus gepubliceerd (R-2010-9; Wijnen, Mesken & Vis, 2010) waarin de effecten en kosten van dertig (pakketten van) verkeersveiligheidsmaatregelen worden besproken. Het gaat daarbij om zowel infrastructurele maatregelen als gedrags- en voertuigmaatregelen.

In dit rapport worden de effect- en kostenschattingen voor een aantal maatregelen geactualiseerd. De aanleiding daarvoor is tweeledig. In de eerste plaats zijn er voor een aantal van deze maatregelen nieuwe onderzoeksresultaten beschikbaar gekomen. In de tweede plaats zijn de effect- en kostenschattingen voor sommige maatregelen gebaseerd op oude informatie of wordt slechts een 'expert guess' gegeven. Om de betrouwbaarheid van deze schattingen te verbeteren is voor een aantal maatregelen een Delphi-studie uitgevoerd, waarin op een gestructureerde wijze de effecten zijn geschat op basis van de inschattingen van meerdere experts. Daarnaast zijn de kostenschattingen geactualiseerd op basis van nieuwe informatie.

1.2. Dit rapport

In dit rapport worden nieuwe effect- en kostenschattingen gegeven voor elf verkeersveiligheidsmaatregelen op basis van nieuwe literatuur en de uitkomsten van de Delphi-studie. *Hoofdstuk 2* bespreekt de methode en aanpak die daarbij zijn gehanteerd: de selectie van maatregelen, de wijze waarop de effectschattingen tot stand zijn gekomen, en een toelichting op de kostenschattingen. In *Hoofdstuk 3* worden de afzonderlijke maatregelen besproken volgens een vast format: een beschrijving van de maatregel, de verkeersveiligheidseffecten, en de kosten van de maatregel.

1.3. Gebruik van de effectschattingen

De effectschattingen in dit rapport zijn met een bepaalde, en in sommige gevallen grote, mate van onzekerheid omgeven. Deze onzekerheden hebben verschillende oorzaken. Zoals hierboven aangegeven, zijn voor een aantal maatregelen geen recente of geen goede evaluatiestudies beschikbaar, en zijn op basis van een Delphi-studie aanvullende expertschattingen bepaald. Hoewel deze methode gericht is op het verkrijgen van consensus, bereikten de experts voor vrijwel geen van de maatregelen overeenstemming over de effectschatting, en in sommige gevallen lopen de schattingen sterk uiteen.

In de meeste gevallen is het dan ook niet mogelijk om op basis van dit onderzoek een kengetal voor het effect van de maatregel te geven. Bij toepassing en interpretatie van de effectschattingen, in bijvoorbeeld ex-ante-

evaluaties, is dan ook voorzichtigheid geboden. De resultaten van de Delphi-studie geven wel aan binnen welke bandbreedte het effect waarschijnlijk ligt, maar een puntschatting kan op basis daarvan in de meeste gevallen niet worden gegeven. We raden het zelf berekenen en gebruiken van deze puntschattingen dan ook af. Het 'werkelijke' effect hangt namelijk af van allerlei factoren zoals de precieze uitvoering van de maatregel en omgevingsfactoren zoals de verkeersintensiteiten. Ook kan meespelen dat een maatregel al is ingevoerd op locaties waar deze het meest effectief is, waardoor het effect op andere locaties kleiner zal zijn.

Verder speelt het schaalniveau een rol: het werkelijke effect van een maatregel op één locatie kan bijvoorbeeld relatief sterk afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden, terwijl het (totale) effect van toepassing van de maatregel op meerdere locaties meer zal neigen naar een 'gemiddelde' van verschillende situaties of uitvoeringsvarianten. Overigens geldt dit ook voor de kostenschattingen: in sommige gevallen kunnen de kosten in de praktijk sterk afhangen van de lokale omstandigheden (bijvoorbeeld de ondergrond) en de uitvoering van de maatregel.

2. Methode en aanpak

Dit hoofdstuk bespreekt de aanpak die is gehanteerd voor het bepalen van de effectschattingen en de kosten van maatregelen. We gaan in op de selectie van maatregelen (*Paragraaf 2.1*), de selectie van evaluatiestudies waarop de effectschattingen worden gebaseerd (*Paragraaf 2.2*) en op de Delphi-methode die is gehanteerd om aanvullende expertschattingen te verkrijgen (*Paragraaf 2.3*). *Paragraaf 2.4* bespreekt de totstandkoming van de uiteindelijke effectschattingen, die zijn uitgedrukt de relatieve afname (in procenten) van het aantal doden en ernstig verkeersgewonden. Verder gaan we kort in op de relevantie van factoren die de effectschattingen kunnen beïnvloeden (*Paragraaf 2.5*). *Paragraaf 2.6* geeft ten slotte een toelichting op de kostenschattingen.

2.1. Selectie van maatregelen

Het uitgangspunt voor de selectie van maatregelen is de maatregellijst in het SWOV-rapport *Effectiviteit en kosten van maatregelen* (Wijnen, Mesken & Vis, 2010). Uit dit rapport zijn maatregelen geselecteerd op basis van twee criteria:

1. Beschikbaarheid van (een) Nederlandse evaluatiestudie(s) of een meta-analyse van (buitenlandse) evaluatiestudies waarin het effect op het aantal ongevallen en/of slachtoffers is bepaald. De maatregelen in Wijnen, Mesken & Vis (2010) waarvoor alleen (een) buitenlandse studie(s) of een 'expert guess' beschikbaar is, blijven in dit rapport dus buiten beschouwing.
2. Beleidsrelevantie: de maatregel is nog niet volledig ingevoerd en mogelijke gebruikers overwegen de toepassing van de maatregel.

De volgende maatregelen voldoen aan deze criteria:

- Herinrichten Zone 30
- Herinrichten Zone 60
- Aanleg vrijliggende fietspaden
- Aanleg van parallelwegen
- Obstakelvrije afstand
- Ongelijkvloerse kruisingen
- Rotondes binnen de bebouwde kom
- Rotondes buiten de bebouwde kom
- Plateaus op kruispunten
- Handhaving snelheid
- Handhaving rood licht

Merk op dat de voertuigmaatregelen en de meeste gedragsmaatregelen in Wijnen, Mesken & Vis, (2010) niet in deze lijst voorkomen, omdat deze al zijn ingevoerd of er geen Nederlandse evaluatiestudies voor de betreffende maatregelen beschikbaar zijn.

Voor de geselecteerde maatregelen is nagegaan of nieuwe Nederlandse evaluatiestudies of nieuwe meta-analyses beschikbaar zijn gekomen. De effectschattingen van deze maatregelen zijn waar mogelijk geactualiseerd op basis van deze nieuwe studies. Verder is nagegaan voor welke

maatregelen wel een Nederlandse evaluatiestudie of een meta-analyse beschikbaar is, maar waarvoor geldt dat deze studie niet aan bepaalde kwaliteitseisen voldoet (zie *Paragraaf 2.2*). Voor deze maatregelen zijn aanvullende expertschattingen bepaald volgens de Delphi-methode (zie *Paragraaf 2.3*).

2.2. Evaluatiestudies

Dit rapport bespreekt de effecten van maatregelen op het aantal verkeersslachtoffers. Dit effect wordt uitgedrukt als de procentuele reductie (de relatieve afname in procenten) van het aantal doden en ernstig verkeersgewonden op de locatie of in een gebied waar een maatregel genomen is.

De effectschattingen zijn zo veel mogelijk gebaseerd op goede, recente, Nederlandse evaluatiestudies. Bij de selectie van studies daarvoor, is gekeken naar de kwaliteit van de studie en de relevantie voor de huidige situatie in Nederland. Daarbij zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Betreft het een voor-en-nastudie?
- Is een controlegroep in het onderzoek gebruikt?
- Zijn de juiste statistische toetsen toegepast en zijn deze correct uitgevoerd?
- Zijn de aantallen (ongevallen of slachtoffers) in de studie voldoende?
- Is de studie gebaseerd op recente onderzoeksgegevens (na 2000) en dus nog steeds actueel?
- Gaat het om Nederlands onderzoek?

De beoordeling op deze criteria is per maatregel weergegeven in een tabel. Daarnaast is voor een aantal maatregelen gebruikgemaakt van meta-analyses of overzichtsstudies, in het bijzonder het handboek van Elvik et al. (2009; *Handbook of road safety measures*). De daarin genoemde studies zijn niet beoordeeld op basis van de bovenstaande criteria. In plaats daarvan wordt het commentaar van de auteurs over de kwaliteit van de studies besproken.

Voor een aantal maatregelen zijn wel studies gevonden met een effectschatting, maar voldoen deze niet aan bovengenoemde criteria. De vraag is in die gevallen of de effectschatting die gevonden is wel van toepassing is op de huidige Nederlandse situatie. Om dit na te gaan en om de effectschatting te 'vertalen' naar de huidige Nederlandse situatie, hebben we gebruikgemaakt van het oordeel van experts. Met behulp van de Delphi-methode is getracht om tot een eenduidige effectschatting te komen.

2.3. Delphi-methode

Delphi is een methode om expert judgements te verkrijgen. Delphi onderscheidt zich van andere methoden doordat deze gericht is op het verkrijgen van consensus onder de deelnemende experts (Hanae et al., 2010). Delphi kenmerkt zich verder door indirecte interactie (via computers) en anonimiteit (Clemen & Winkler, 1999). Bij Delphi wordt aan de experts in meerdere ronden hun beoordeling gevraagd, waarbij resultaten uit eerdere ronden aan hen wordt teruggekoppeld. De bedoeling is dat de experts dan na een aantal ronden consensus bereiken. De Delphi-exercitie bestond in dit geval per maatregel uit twee tot vijf rondes. In de eerste ronde kregen de experts de beschrijving van de maatregel en van de effectschattingen uit

evaluatiestudies (conform de tekst in *Hoofdstuk 3*) met een bijlage waarin informatie stond over de beschikbare studies en hun beperkingen. Aan de experts werd gevraagd om op basis van deze informatie een schatting te geven voor het huidige effect van de maatregel in Nederland en om deze schatting te beargumenteren. In de tweede ronde werden de effect-schattingen en argumentatie van alle deelnemers (anoniem) teruggekoppeld en werd gevraagd of de experts op basis van de schattingen en argumenten hun effectschatting wilden wijzigen en zo ja, welke argumenten zij hiervoor hadden. Wanneer nog geen consensus bereikt was, volgde nog een derde en eventueel vierde en vijfde ronde. De Delphi-studie werd afgerond op het moment dat geen van de experts meer nieuwe argumenten gaf die ervoor zouden kunnen zorgen dat andere experts hun effectschatting aan zouden passen. Per maatregel zijn vijf tot tien experts uit verschillende organisaties (overheden, kennisinstellingen, ingenieursbureaus; zie *Bijlage 1*) benaderd.

Hoewel de experts zich onder meer baseren op wetenschappelijk kennis, zijn de op deze wijze verkregen effectschattingen niet direct wetenschappelijk onderbouwd. Er ligt namelijk geen wetenschappelijke evaluatiestudie aan ten grondslag. Met de Delphi-methode wordt echter, gegeven de beperkingen van de beschikbare informatie over effecten, wel een zo goed mogelijke schatting gegeven van het effect van de besproken maatregel. Om tot een betrouwbaardere inschatting van de daadwerkelijke effecten te komen, bevelen we echter aan om nieuwe evaluatiestudies uit te voeren. Om dit te kunnen doen is het belangrijk dat er data beschikbaar komen over waar en wanneer maatregelen genomen worden. Voor meer informatie over de gegevens die ingewonnen moeten worden zie Schermers (2010) voor infrastructurele maatregelen en Mesken (2011) voor educatieve maatregelen.

2.4. Effecten op totale aantallen doden en ernstig verkeersgewonden

In het algemeen zal men geïnteresseerd zijn in het effect van een maatregel op het totale aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden. Effecten die gerapporteerd worden in evaluatiestudies hebben meestal betrekking op het geregistreerde aantal letselongevallen of ernstige ongevallen voor de groep slachtoffers waarop de maatregel betrekking heeft. Zo zal uit een evaluatie van 30km/uur-gebieden blijken dat het aantal geregistreerde letselongevallen in 30km/uur-gebieden met x% gedaald is. De effecten uit evaluatiestudies moeten dus nog 'vertaald' worden naar het effect op het (werkelijke) aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden (in het algemeen of in 30km/uur-gebieden). Bij dit 'vertalen' moet rekening gehouden worden met de volgende drie aandachtspunten:

1. vertaling van een effect op aantal letselongevallen of aantal ernstige ongevallen naar aantallen doden en ernstig verkeersgewonden
2. vertaling van geregistreerde aantallen naar werkelijke aantallen
3. vertaling van effecten op doelgroep naar (procentuele) effecten op het totale aantal slachtoffers (dat wil zeggen niet alleen binnen de doelgroep)

Ad 1. Zoals hierboven is opgemerkt, bespreken de meeste evaluatiestudies het effect van een bepaalde maatregel op het aantal letselongevallen of ernstige ongevallen. We nemen aan dat het effect op het aantal slachtoffers bij letselongevallen gelijk is aan het effect op het aantal ongevallen. Dit betekent dat we aannemen dat een maatregel het gemiddeld aantal slachtoffers per ongeval niet beïnvloedt. Vervolgens moet het effect op het

aantal slachtoffers bij letselongevallen (inclusief licht letsel) voor een bepaalde groep slachtoffers verder 'doorvertaald' worden naar het effect op het aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden voor die groep slachtoffers. Wanneer een maatregel gericht is op het voorkomen van een ongeval, nemen we aan dat het effect op letsel-slachtoffers ook geldt voor verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden. Hierbij wordt dus geen rekening gehouden met een eventuele verschuiving tussen typen ongevallen als gevolg van de maatregel. Wanneer de maatregel gericht is op het beperken van de gevolgen van een ongeval geldt waarschijnlijk dat de maatregel een sterker effect heeft op het aantal verkeersdoden dan op het aantal ernstig verkeersgewonden. We weten bijvoorbeeld dat dit het geval is voor maatregelen die gericht zijn op het verlagen van de botssnelheid (Reurings et al., 2012). Het is zeer aannemelijk dat het effect op het aantal slachtoffers met (lichter) letsel voor dit soort maatregelen nog lager is.

Voor het vertalen van effecten op doden naar effecten op ernstig verkeersgewonden volgen we een soortgelijke benadering als Janssen (2005). Om het effect op het aantal ernstig verkeersgewonden te bepalen, vermenigvuldigen we het effect op doden met een factor die de verhouding weergeeft tussen de daling in het aantal ernstig verkeersgewonden en het aantal doden. Bijvoorbeeld, het aantal ernstig verkeersgewonden bij ongevallen waarbij ten minste één motorvoertuig betrokken is, heeft in de periode 1996-2009 een daling laten zien van 2,5%. Het aantal verkeersdoden is in diezelfde periode met 4,5% gedaald. De 'correctiefactor' voor ernstig verkeersgewonden is dus $2,5/4,5 = 0,56$. We nemen dus aan dat een maatregel die is gericht op het beperken van een motorvoertuigongeval een bijna twee keer zo groot effect heeft op doden als op ernstig verkeersgewonden. De vertaling van (alle) letsel-slachtoffers naar ernstig verkeersgewonden is helaas niet mogelijk met deze benadering, aangezien het aantal slachtoffers met licht letsel inmiddels zo slecht wordt geregistreerd, dat we niet weten hoe dit aantal zich ontwikkelt in de tijd.

Ad 2. De resultaten van evaluatiestudies zijn over het algemeen gebaseerd op gegevens van ongevallen die door de politie zijn geregistreerd en worden vastgelegd in het Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland: BRON. BRON is wat betreft verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden in motorvoertuigongevallen redelijk compleet, of was dat in ieder geval tot en met 2008. BRON is echter verre van compleet wat betreft de ernstig verkeersgewonden in ongevallen zónder motorvoertuigen, slechts 4% van deze slachtoffers is in BRON opgenomen. De effecten van maatregelen die op basis van BRON geschat zijn, kunnen dus niet zomaar toegepast worden op slachtoffers bij ongevallen zonder motorvoertuigen. Tenzij anders vermeld, betreffen de effectschattingen die in dit rapport behandeld worden daarom het effect op het aantal slachtoffers bij ongevallen met motorvoertuigen.

Ad 3. Evaluatiestudies bespreken over het algemeen het (procentuele) effect van een maatregel op de groep slachtoffers waarop de maatregel betrekking heeft. In dit rapport worden deze effectschattingen niet verder doorvertaald naar effecten op totale aantallen verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden. Deze doorvertaling kan gemaakt worden door de reductiefactor voor de doelgroep te vermenigvuldigen met het aandeel van de doelgroep in het totale aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden (bij ongevallen met motorvoertuigen). Stel dat een maatregel leidt tot 25% minder doden

onder bromfietzers en dat 20% van alle verkeersdoden bromfietzers zijn, dan is het effect van de maatregel op alle verkeersdoden $25\% * 20\% = 5\%$.

2.5. Factoren die het effect van een maatregel beïnvloeden

De meeste evaluatiestudies bespreken het (gemiddelde) effect van een maatregel, ongeacht de omstandigheden waarin een maatregel is ingevoerd en ongeacht de specifieke uitvoering van een maatregel. Dit rapport gaat uit van de beschikbare informatie uit evaluatiestudies en bespreekt daarom ook alleen het gemiddelde effect van een maatregel zoals gedefinieerd in de betreffende evaluatiestudie. De effectschatting in dit rapport kan worden gezien als een richtsnoer.

Het effect van een maatregel in een specifieke situatie is uiteraard echter wel afhankelijk van de lokale omstandigheden en de uitvoering van de maatregel. Daarom is het bij het toepassen van de effectschatting in bijvoorbeeld een ex-ante-evaluatiestudie belangrijk om de relevante factoren te rapporteren. Welke factoren relevant zijn, is afhankelijk van de maatregel. Door resultaten van verschillende evaluatiestudies te combineren, kunnen effectschattingen vervolgens gespecificeerd worden voor verschillende omstandigheden. Er kunnen dan dus verschillende effectschattingen gegeven worden voor verschillende omstandigheden, of het effect van een maatregel kan weergegeven worden als een functie van bijvoorbeeld de verkeersintensiteit. Het OECD-rapport *Sharing road safety; developing an international framework for crash modification functions* (OECD, 2012) biedt hier handvatten voor.

2.6. Kosten van maatregelen

Om de kosteneffectiviteit en kosten-batenverhouding te kunnen berekenen zijn de maatschappelijke kosten van de maatregelpakketten geschat. Onder de kosten van maatregelpakketten verstaan we alle opgeofferde arbeid, kapitaal of andere middelen die nodig zijn om de maatregel tot stand te brengen, ongeacht wie de kosten draagt (Wesemann, 2000). De uitgaven die worden gedaan om een maatregel te realiseren geven over het algemeen deze kosten weer (Wijnen & Stroeker, 2009). Voor het bepalen van de kosten gaan we daarom uit van de uitgaven aan maatregelen, bijvoorbeeld de uitgave die een wegbeheerder doet voor om een infrastructurele maatregel te realiseren. 'Transfers' worden niet tot de maatschappelijke kosten gerekend. Transfers zijn transacties die alleen een overdracht van geld tussen partijen vormen, zonder dat er een inzet van middelen (arbeid, kapitaal) tegenover staat. In dit geval is er dus alleen een herverdeling van middelen. Voorbeelden daarvan zijn belastingen en geldboetes. De in dit rapport genoemde bedragen betreffen dus de kosten exclusief btw en eventueel andere belastingen.

We maken onderscheid tussen implementatiekosten en exploitatiekosten (Wesemann & Devillers, 2003). *Implementatiekosten* zijn alle kosten die worden gemaakt om een maatregelpakket te realiseren, zoals de kosten van aanleg of aanpassing van infrastructuur. *Exploitatiekosten* zijn de kosten die optreden wanneer de maatregel is ingevoerd, zoals kosten van onderhoud en vervanging van infrastructuur en kosten van handhaving. Merk op dat het gaat om de *extra* onderhoudskosten die een maatregel met zich meebrengt ten opzichte van de onderhoudskosten in de oude situatie. Bijvoorbeeld: bij

het vervangen van kruispunten door rotondes gaat het niet om de onderhoudskosten van rotondes, maar om het verschil tussen de onderhoudskosten van kruispunten en die van rotondes. Effecten die optreden tijdens de invoering van het maatregelpakket en de kosten daarvan, zoals overlast door wegafsluitingen, blijven buiten beschouwing.

De kostenschattingen zijn op verschillende bronnen gebaseerd. Er is ten eerste gebruikgemaakt van Wijnen, Mesken & Vis (2010) waarin de kosten van maatregelen zijn bepaald op basis van literatuuronderzoek en prijsopgaven van leveranciers. De bedragen uit dat rapport (in prijspeil 2003) zijn omgerekend naar het prijspeil van 2011 op basis van de prijsindex van grond-, weg- en waterbouw van het CBS. De schattingen van Wijnen, Mesken & Vis (2010) zijn voor een aantal maatregelen echter niet meer actueel en/of gebaseerd op aannamen. Dit geldt in het bijzonder voor de exploitatiekosten. Ten behoeve van dit rapport zijn daarom voor een aantal maatregelen nieuwe kostenramingen opgesteld door ingenieursbureau Witteveen+Bos. Daarbij is uitgegaan van *Standaard Systematiek voor Kostenramingen* van het CROW (CROW, 2010). Ten slotte is aan een aantal experts die aan de Delphi-studie hebben meegewerkt gevraagd voor een aantal maatregelen aan te geven of de kostenschatting in Wijnen, Mesken & Vis (2010) nog realistisch is, en zo niet, hoe hoog zij de kosten inschatten.

De bedragen voor implementatiekosten in dit rapport betreffen alleen de directe bouwkosten (arbeid en materiaal) en indirecte bouwkosten (bijvoorbeeld overheadkosten). Dit zijn de kosten die bijvoorbeeld een aannemer in rekening brengt bij een opdrachtgever. De indirecte kosten bedragen volgens berekeningen van Witteveen+Bos ongeveer 25% van de directe kosten. Andere kostenposten die worden onderscheiden in CROW (2010) worden niet meegenomen. Dit betreft de kosten voor de opdrachtgever voor bijvoorbeeld voorbereiding en begeleiding van een project ('engineering'), risico's voor de opdrachtgever, en overige kosten zoals verzekeringen. Volgens berekeningen van Witteveen+Bos bedragen deze kosten ongeveer 70% van de directe en indirecte bouwkosten. Daarnaast zijn vastgoedkosten, zoals kosten van grondaankoop en compensatie van schade, buiten beschouwing gelaten omdat deze sterk afhankelijk zijn van de regio en locatie.

Bij de exploitatiekosten zijn de directe en indirecte kosten meegenomen. De indirecte kosten worden daarbij eveneens op ongeveer 25% van de directe kosten geschat. In dit rapport worden de totale gemiddelde jaarlijkse kosten geven. Omdat onder de exploitatiekosten van infrastructurele maatregelen zowel jaarlijks terugkerende kosten (regulier onderhoud) als kosten die een per 10 of 20 jaar optreden (groot onderhoud) vallen, is dit bedrag uiteraard niet constant in de tijd.

Alle bedragen in dit rapport zijn exclusief btw en uitgedrukt in het prijspeil van 2011, tenzij anders vermeld.

3. Maatregelen

3.1. Herinrichten Zone 30

3.1.1. Beschrijving

Verblijfsgebieden binnen de bebouwde kom dienen ingericht te worden als Zone 30. Een Zone 30 is een aaneengesloten gebied van wegvakken en kruispunten met een snelheidslimiet van 30 km/uur. Bij een snelheid van 30 km/uur kunnen langzaam verkeer en motorvoertuigen op een veilige manier mengen. In een Zone 30 dient het wegbeeld in overeenstemming te zijn met deze maximumsnelheid. De omstandigheden moeten dus op een zodanige manier aangepast worden, dat de beoogde snelheid redelijkerwijs voortvloeit uit de aard en de inrichting van de weg en zijn omgeving. Dit is in de ene wijk gemakkelijker te realiseren dan in de andere wijk. De maatregelen die nodig zijn verschillen dus per wijk en zijn bijvoorbeeld afhankelijk van de bouwperiode en omgeving.

Volgens de beginselen van Duurzaam Veilig (DV) mag binnen een Zone 30 uitsluitend autoverkeer komen dat er een herkomst of bestemming heeft. Doorgaand verkeer moet dus zo veel mogelijk worden geweerd. Bovendien moeten de in- en uitgangen (toegangspoorten) van een Zone 30 duidelijk gemarkeerd zijn.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen duurzaam veilig of 'DV' herinrichten en 'sober' herinrichten. Aangezien het financieel en qua planning niet mogelijk is om alle wegen tegelijkertijd duurzaam veilig in te richten, is een deel van de Zone 30 sober ingericht. Met sober wordt bedoeld dat er alleen maatregelen worden getroffen op plaatsen waar deze werkelijk nodig zijn. Concreet betekent dit dat de ingangen van erftoegangswegen goed moeten zijn ingericht en dat knelpunten moeten worden aangepakt. Onder knelpunten worden voornamelijk gevaarlijke kruispunten en te brede wegen verstaan. Het sober herinrichten is bedoeld als tijdelijke oplossing. Uiteindelijk zouden alle Zones 30 duurzaam veilig moeten zijn ingericht.

Meer informatie over de Zone 30 is te vinden in de SWOV-factsheet over dit onderwerp (SWOV, 2010a) en in het *Handboek Verkeersveiligheid* (CROW, 2008).

3.1.2. Verkeersveiligheidseffecten

In Nederland zijn er verschillende voor-en-nastudies uitgevoerd naar de aanleg van Zones 30 (Vis & Kaal, 1993; Steenaert et al., 2004). Vis & Kaal (1993) geven een effect van -22% (met een spreiding van 13%) voor het aantal letselongevallen. Steenaert et al. (2004) rapporteren een effect van -27% op het aantal ongevallen met ziekenhuisgewonden en een effect van -33% op het aantal ziekenhuisgewonden.

Elvik et al. (2009) vinden op basis van een groot aantal buitenlandse studies een effect van -24% (-29; -18) op het aantal letselongevallen in woonstraten voor de maatregel 'area wide traffic calming'. Er wordt opgemerkt dat de maximumsnelheid die geldt in de aaneengesloten gebieden vaak 30 km/uur

is. Het is echter niet duidelijk of dit daadwerkelijk voor alle meegenomen gebieden geldt en of de maatregelen overeenkomen met de maatregelen die genomen worden bij het sober of het Duurzaam Veilig herinrichten van Zones 30. Dit maakt de studie minder expliciet toepasbaar op Zones 30 in Nederland.

Het effect van de aanleg van een Zone 30 is afhankelijk van de inrichting ervan. Uit de Nederlandse evaluatiestudies komt niet duidelijk naar voren hoe de zones feitelijk zijn ingericht. Steenaert et al. (2004) spreken van sober ingerichte gebieden. De inrichting en de genomen maatregelen verschillen echter tussen de twintig beschouwde gebieden.

Goudappel Coffeng & AVV (2005) (AVV is voorloper van de Dienst Verkeer en Scheepvaart, DVS, van Rijkswaterstaat) constateren in het monitoring-verslag van het Startprogramma Duurzaam Veilig dat op wegen waarop een limiet 30 km/uur is ingesteld, het aantal verkeersdoden per 1000 km weglengte in de periode 1997-1999 tot 2001-2003 met -43% is afgenomen en het aantal ziekenhuisgewonden met -60%. In het verslag wordt niets vermeld over een eventuele controlegroep, maar wel dat de daling van het totaal aantal verkeersdoden in Nederland in dezelfde periode 10% was.

Berends & Stipdonk (2009) onderzochten de ontwikkeling van het aantal slachtoffers (ziekenhuisgewonden en doden) onder voetgangers en fietsers in aanrijding met motorvoertuigen op 30km/uur-wegen. Zij berekenen voor de periode 1995-2007 onder meer het aantal slachtoffers dat zou vallen op 30km/uur-wegen indien de slachtofferdichtheid (aantal slachtoffers per kilometer) gelijk zou zijn aan de slachtofferdichtheid op 50km/uur-wegen. Vervolgens vergelijken zij dit aantal met het werkelijke aantal slachtoffers op 30km/uur-wegen. Op basis daarvan, en onder verschillende aannamen, concluderen zij dat herinrichting van 50 km/uur naar 30 km/uur tot een slachtofferreductie van meer dan 70% leidt.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Goudappel Coffeng & AVV (2005)	–	–	–	√	1997 t/m 1999, 2001 t/m 2003	√	–
Vis & Kaal (1993)	√	√	√	√	1983 t/m 1991	√	–
Steenart et al. (2004)	√	-	–	–	1997 t/m 2000	√	–
Elvik et al. (2009)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1971 t/m 1994	–	√

Tabel 3.1. *Beoordeling van studies naar het effect van herinrichten van Zones 30.*

Aan de hand van *Tabel 3.1* worden de studies van Vis & Kaal (1993) en Elvik et al. (2009) kwalitatief als beste beoordeeld. Een voordeel van de studie van Elvik et al. (2009) is dat dit een metastudie is, dat wil zeggen een studie van meerdere studies. Het gegeven effect is daardoor extra betrouwbaar. Dat de studie buitenlands is, is echter een nadeel, aangezien het gegeven effect hierdoor minder representatief is voor Nederland. Een ander nadeel is de actualiteit van de studie. De studie van Vis & Kaal (1993)

is eveneens niet actueel. Deze studie voldoet echter wel aan de overige beoordelingscriteria.

De uitgangssituatie in de besproken studies is een gebied met 50km/uur-wegen. Een deel van het gevonden effect is dus zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan het verlagen van de snelheid naar 30 km/uur. Inmiddels is de snelheidslimiet in veel potentiële 30km/uur-zones daadwerkelijk 30 km/uur. Volgens Doumen & Weijermars (2009) was begin 2009 op 84% van de erftoegangswegen binnen de bebouwde kom de snelheidslimiet 30 km/uur of lager. Voor de herinrichting van deze 30km/uur-gebieden zijn twee uitgangssituaties mogelijk: 'niet ingericht' en 'sober ingericht'. Na het nemen van maatregelen kunnen de gebieden sober of duurzaam veilig zijn ingericht.

De effecten voor deze situaties zijn geschat op basis van expert-inschattingen volgens de Delphi-methode. Aan de Delphistudie voor deze maatregel hebben vijf experts deelgenomen. Zij hebben vier keer de mogelijkheid gekregen om hun effectschatting bij te stellen naar aanleiding van elkaars argumenten. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. Een van de experts heeft overigens alleen schattingen gegeven voor de situaties 50 km/uur → sober ingericht en 50 km/uur → DV ingericht, omdat de effecten voor de overige situaties naar zijn mening sterk afhankelijk zijn van de oorspronkelijke inrichting die kan variëren.

Voorsituatie	Nasituatie	
	30 km/uur: sober ingericht	30 km/uur: geheel DV ingericht
50 km/uur	-10% tot -60%	-15% tot -70%
30 km/uur: niet ingericht	0% tot -10%	-15% tot -50%
30 km/uur: sober ingericht	n.v.t.	-10% tot -50%

Tabel 3.2. Resultaten Delphi-studie voor het effect van herinrichten van Zones 30.

Uit *Tabel 3.2* blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen de geschatte effecten. Waarschijnlijk heeft deze spreiding deels te maken met het type slachtoffers waarop de effectschatting betrekking heeft. We hebben de experts gevraagd een inschatting te geven van het effect op het aantal letselongevallen. De reden hiervoor is dat de studies die kwalitatief als best beoordeeld worden, ook betrekking hebben op het aantal letselongevallen. Drie van de vijf experts hebben echter expliciet aangegeven dat hun schatting betrekking heeft op het aantal ernstig gewonden (ziekenhuisgewonden of ernstig verkeersgewonden). Deze drie experts geven voor het DV herinrichten tot Zone30 van een 50km/uur-weg een effect van -60% tot -70%. De andere twee experts melden een effect van -15% tot -25%. Een van de experts die een schatting geeft voor het aantal ernstig gewonden heeft zijn schatting van -70% bijgesteld tot -35% toen nogmaals expliciet gevraagd werd om een effect op aantal letselongevallen.

Tabel 3.3 bespreekt de schattingen van experts voor het aantal letselongevallen en het aantal ernstig verkeersgewonden apart. Bij de schatting wordt ook het aantal experts vermeld. Uit deze tabel kunnen we de volgende voorzichtige conclusies trekken:

- Het herinrichten van een 50km/uur-weg tot een sober ingerichte 30km/uur-zone leidt tot een reductie in het aantal letselongevallen van -10% tot -20%.
- Het herinrichten van een 50km/uur-weg tot een DV ingerichte 30km/uur-zone leidt tot een reductie in het aantal letselongevallen van -15% tot -35% en een reductie van het aantal ernstig verkeersgewonden van -60% tot -70%.
- Het DV herinrichten van een niet-ingerichte 30km/uur-zone leidt tot een reductie van het aantal letselongevallen met -15%.
- Het sober herinrichten van een niet-ingerichte 30km/uur-zone heeft een gering effect op het aantal letselongevallen en op het aantal ernstig verkeersgewonden.
- Het DV herinrichten van een sober ingerichte 30km/uur-zone heeft een gering effect op het aantal letselongevallen.

Voor- en nasituatie	Effect op aantal letselongevallen (aantal experts)	Effect op aantal ernstig verkeersgewonden (aantal experts)
50 km/uur → sober ingericht	-10% tot -20% (3)	-10% tot -60% (2)
50 km/uur → DV ingericht	-15% tot -35% (3)	-60% tot -70% (3)
Niet ingericht → sober	0% tot -10% (4)	
Niet ingericht → DV	-15% (3)	-50% (1)
Sober → DV	Gering tot -10% (3)	-50% (1)

Tabel 3.3. Resultaten Delphi-studie voor het effect van herinrichten van Zones 30 op het aantal letselongevallen en het aantal ernstig verkeersgewonden.

3.1.3. Kosten

De kosten van sobere 30km/uur-wegen bedragen volgens Wijnen, Mesken & Vis (2010) ongeveer 27.500 euro per km (omgerekend naar prijspeil 2011). Dit cijfer is gebaseerd op een evaluatie van twintig Zones 30 door DHV (Steenart et al., 2004). Mogelijk is dit een overschatting, omdat in de onderzochte gebieden soms meer maatregelen zijn genomen dan in het hier beschreven maatregelpakket. Anderzijds is het bedrag dat DHV vond lager dan de schatting die het ministerie maakte voor de begroting van het Startprogramma. Voor DV ingerichte Zones 30 is geen goede kostenschatting beschikbaar, maar aangenomen mag worden dat de kosten van DV ingerichte Zones 30 grofweg twee maal zo hoog zijn als de kosten van sober ingerichte gebieden. Deze aanname is te doen op basis van het verschil in kosten tussen DV ingerichte Zones 60 en sober ingerichte Zones 60 (die ook een factor twee verschillen; Wijnen, Mesken & Vis, 2010). Over de extra onderhoudskosten van Zones 30 zijn geen cijfers bekend.

3.2. Herinrichten Zone 60

3.2.1. Beschrijving

Wegen buiten de bebouwde kom die gecategoriseerd zijn als erftoegangs-weg, moeten volgens de principes van Duurzaam Veilig worden ingericht als Zone 60. Door de samenstelling van het verkeer – relatief veel fietsers,

langzaam gemotoriseerd verkeer, en bestemmingsverkeer – geldt er een maximumsnelheid van 60 km/uur. Het wegbeeld dient in overeenstemming te zijn met deze snelheid. Dit betekent dat waar nodig de infrastructuur op een zodanige manier moet worden aangepast, dat de beoogde snelheid redelijkerwijs voortvloeit uit de aard en de inrichting van de betrokken weg en zijn omgeving. Dat kan onder andere door snelheidsremmende maatregelen te treffen. Daarnaast mag de verharding niet de indruk van twee rijstroken wekken. In de praktijk is de intensiteit op erftoegangswegen maximaal 5.000 à 6.000 voertuigen/dag (CROW, 2002). Essentieel voor de effectiviteit van deze maatregel is het weren van doorgaand verkeer door een Zone 60.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen Duurzaam Veilig (DV) herinrichten en sober herinrichten.

Duurzaam Veilig herinrichten Zone 60

DV herinrichten van een Zone 60 bestaat uit de volgende wegvakmaatregelen:

- instellen maximumsnelheid 60 km/uur;
- één rijbaan (rijloper), dus geen asmarkering;
- breedte rijbaanloper maximaal 4,5 m;
- kantmarkering alleen bij verhardingsbreedte > 4,5 m en in bijzondere situaties;
- fiets- / suggestiestroken bij verhardingsbreedte > 6,5 m;
- bij lange rechtstanden plaatselijke versmallingen of snelheidsremmers.

DV herinrichten van een Zone 60 bestaat uit de volgende kruispuntmaatregelen:

- gelijkwaardige kruispunten: bij voorkeur T-splitsingen;
- snelheidsremmende maatregelen op kruispunten, bij voorkeur plateaus, anders punaises.

Sober herinrichten Zone 60

Aangezien het financieel en qua planning niet mogelijk is om alle wegen tegelijkertijd opnieuw in te richten, zijn veel Zones 60 in eerste instantie sober ingericht. Het sober herinrichten van wegen is een faseringsoplossing, uiteindelijk zouden alle erftoegangswegen duurzaam veilig moeten worden ingericht. Met sober wordt bedoeld dat er volwaardige maatregelen worden getroffen, maar alleen op plaatsen waar deze werkelijk nodig zijn en waarbij moet worden voldaan aan de Uitvoeringsvoorschriften BABW (Besluit administratieve bepalingen inzake het wegverkeer). Die plaatsen zijn:

- de randen van het verblijfsgebied (de poorten);
- de plaatsen die als knelpunt zijn aan te merken.

Concreet betekent dit dat de ingangen van erftoegangswegen goed ingericht moeten zijn en dat daarnaast de knelpunten moeten worden aangepakt. Onder knelpunten worden voornamelijk kruispunten met een hoog risico verstaan. Het weren van doorgaand verkeer is erg belangrijk, dit kan ook met sobere maatregelen worden bewerkstelligd.

Sober herinrichten Zone 60 bestaat uit de volgende wegvakmaatregelen:

- instellen maximumsnelheid (60 km/uur);
- één rijbaan (rijloper), dus geen asmarkering

- Sober herinrichten Zone 60 bestaat uit de volgende kruispuntmaatregelen:
- gelijkwaardige kruispunten: bij voorkeur T-splitsingen;
 - snelheidsremmende maatregelen op de kruispunten met een hoog risico (voorkeur plateaus boven punaises).

3.2.2. Verkeersveiligheidseffecten

Jaarsma et al. (2011) komen op basis van door Beenker (2004) verzamelde data op een significante daling ($p < 0,05$) van -24% voor het aantal slachtofferongevallen. Voor kruispunten komen zij voor het aantal slachtofferongevallen op een significante daling van -44% en voor wegvakken een net niet significante daling van -18%. Voor doden en ernstig verkeersgewonden komen zij op een significante reductie van -27%. Op alleen kruispunten een significante reductie van -55% en op wegvakken een niet-significante reductie van -20%. De data hebben betrekking op een periode van vijf jaar (tot en met 2003) en twintig Zones 60, met een totale lengte van 851 km. Ook is er een controlegroep meegenomen in het onderzoek. In de onderzochte gebieden zijn er weinig maatregelen getroffen op wegvakken, de meeste maatregelen betroffen kruispuntmaatregelen. Beenker (2004) heeft ook onderzocht of het aantal letselongevallen van langzaam verkeer (fietsers, bromfietzers en voetgangers) op wegvakken respectievelijk kruispunten is gedaald door de maatregel. Er zijn in beide gevallen echter geen significante effecten gevonden.

Goudappel Coffeng & AVV (2005) vinden in de monitor van het Startprogramma Duurzaam Veilig een daling van -50% voor doden en -20% voor ziekenhuisgewonden in de periode 1997-2003. Dit is echter een daling op wegen die in 1997 ook al een limiet van 60 km/uur hadden. Daarnaast wordt er niet gesproken over een controlegroep. AVV maakt geen onderscheid in kruispunt- of wegvakslachtoffers.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Goudappel Coffeng & AVV (2005)	–	–	–	√	1997 t/m 2003	√	–
Jaarsma et al. (2011)	√	√	√	√	1999 t/m 2003	√	–

Tabel 3.4. *Beoordeling van studies naar het effect van herinrichten van Zones 60.*

De studie van Jaarsma et al. (2011) voldoet aan alle zes criteria en geeft effectschattingen voor doden en ernstig verkeersgewonden bij elkaar opgeteld. Zodoende wordt de effectschatting gebaseerd op Jaarsma et al. (2011).

Een effect van -55% op kruispunten is gevonden in gebieden waar voornamelijk kruispuntmaatregelen zijn toegepast. Er wordt daarom verondersteld dat het effect van Duurzaam Veilig herinrichten van kruispunten -55% is. Het (niet-significante) effect van -20% op wegvakken is gevonden in gebieden waar weinig wegvakmaatregelen zijn toegepast. Er wordt daarom verondersteld dat het effect van het sober herinrichten wegvakken -20% is. Als totale effect voor het deels DV inrichten van een Zone 60 hanteren we een effect van -27%.

De uitgangssituatie in de studies van Jaarsma et al. (2011) en Beenker (2004) is een gebied met 80km/uur-wegen. Een deel van het gevonden effect is dus zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan het verlagen van de snelheid naar 60 km/uur. Inmiddels is de snelheid in veel potentiële 60km/uur-zones daadwerkelijk 60 km/uur. Volgens Doumen & Weijermars (2009) was begin 2009 op 63% van de erftoegangswegen buiten de bebouwde kom de snelheidslimiet 60 km/uur. Met betrekking tot de inrichting van deze gebieden zijn drie uitgangssituaties mogelijk:

- niet ingericht;
- sober ingericht;
- sober ingerichte wegvakken, DV ingerichte kruispunten.

Na het nemen van maatregelen kunnen de gebieden sober, deels duurzaam veilig (sober ingerichte wegvakken en DV ingerichte kruispunten) of geheel duurzaam veilig zijn ingericht. De effecten voor deze situaties zijn geschat door experts met behulp van de Delphi-methode. Voor deze maatregel is aan vijf experts een inschatting gevraagd en zij hebben na deze eerste inschatting nog vier keer hun inschatting kunnen bijstellen op basis van argumenten van de andere experts. De resultaten zijn weergegeven in *Tabel 3.5*. De schatting uit Jaarsma et al. (2011) is vetgedrukt. Voor de situaties waarbij een 80 km/uur-weg de voorsituatie is zijn de reductie-percentages gebaseerd op inschattingen van vijf experts, voor de andere situaties op inschattingen van vier experts. Een expert gaf namelijk aan voor deze situaties geen schatting te kunnen geven omdat de effecten afhankelijk zijn van de inrichting in de voor- en/of nasituatie.

Voorsituatie	Nasituatie		
	60 km/uur: sober ingericht	60 km/uur: deels DV ingericht	60 km/uur: geheel DV ingericht
80 km/uur	-15% tot -27%	-27%	-35% tot -55%
60 km/uur: niet ingericht	-5% tot -10%	-5% tot -35%	-15% tot -50%
60 km/uur: sober ingericht	n.v.t.	0% tot -20%	-5% tot -45%
60 km/uur: deels DV ingericht	n.v.t.	n.v.t.	-5% tot -30%

Tabel 3.5. *Resultaten Delphi-studie voor het effect van herinrichten van Zones 60.*

De tabel laat zien dat de expert-schattingen met name voor het geheel DV inrichten van 60km/uur-zones behoorlijk uiteenlopen. Zo lopen de expert-schattingen voor het aanpassen van een 80km/uur-weg tot een volledig DV ingerichte 60km/uur-zone uiteen van -35% tot -55%.

Uit de tabel kunnen we de volgende voorzichtige conclusies trekken:

- Het herinrichten van een 80km/uur-weg tot een sober ingerichte 60km/uur-weg leidt tot een reductie van het aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden van -15 tot -25%.
- Het herinrichten van een 80km/uur-weg tot een geheel DV ingerichte 60km/uur-weg leidt tot een reductie van het aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden van -35 tot -55%.

- Het herinrichten van een niet-ingerichte 60km/uur-weg tot een sober ingerichte 60km/uur-weg leidt tot een reductie van het aantal doden en ernstig verkeersgewonden van -5 tot -10%.
- Het DV herinrichten van kruispunten van een sober ingerichte 60km/uur-zone leidt tot een reductie van het aantal doden en ernstig verkeersgewonden van 0 tot -20%.

Voor de overige situaties geldt dat de effectschattingen (erg sterk) uiteenlopen. Over de effecten in deze situaties is op basis van de expertschattingen dan ook geen betrouwbare uitspraak te doen.

De effecten hebben betrekking op het aantal doden en ernstig verkeersgewonden samen. Deze effecten kunnen op dit moment niet omgerekend worden naar effecten op het aantal doden en ernstig verkeersgewonden apart. De maatregelen die genomen worden bij het herinrichten van 60km/uur-zones hebben namelijk zowel betrekking op de kans op een ongeval als op de ernst ervan.

3.2.3. *Kosten*

De kosten van sobere 60km/uur-wegen bedragen volgens Wijnen, Mesken & Vis (2010) ongeveer 8.500 euro per km (omgerekend naar prijspeil 2011). Dit is gebaseerd op het onderzoek van de Unie van Waterschappen naar Zones 60 (Beenker, 2004) waarin ook de kosten zijn geëvalueerd. Op basis van Wijnen, Mesken & Vis (2010) en een expertschatting gaan we ervan uit dat de kosten van een DV ingerichte Zone 60 ongeveer 15.000 euro per kilometer bedraagt. Over de extra onderhoudskosten van Zones 60 zijn geen cijfers bekend.

3.3. **Aanleg vrijliggende fietspaden**

3.3.1. *Beschrijving*

Het verschil in massa en snelheid tussen (brom)fietsers en het gemotoriseerde verkeer vereist dat specifieke (brom)fietsvoorzieningen worden aangebracht op gebiedsontsluitingswegen. Een vrijliggend fietspad of fiets-/bromfietspad verdient veelal de voorkeur. Door deze maatregel worden op wegvakken binnen de bebouwde kom kwetsbare fietsers en snorfietsers van het overige gemotoriseerde verkeer gescheiden. Buiten de bebouwde kom worden naast fietsers en snorfietsers ook bromfietsers van het overige gemotoriseerde verkeer gescheiden..

Meer informatie over de aanleg van vrijliggende fietspaden is te vinden in de SWOV-factsheet over fietsvoorzieningen op gebiedsontsluitingswegen SWOV (2010b).

3.3.2. *Verkeersveiligheidseffecten*

Welleman & Dijkstra (1988) hebben wegen met verschillende soorten fietsvoorzieningen (geen voorziening, fietsstroken en vrijliggende fietspaden) met elkaar vergeleken. Zij rapporteren voor wegen met vrijliggend fietspaden ten opzichte van wegen zonder fietsvoorziening een effect van -24% op weggedeelten (begrensd door twee kruispunten met andere gebiedsontsluitingswegen) en +32% op begrenzende kruisingen (kruisingen met andere gebiedsontsluitingswegen) op het aantal letselongevallen met

fietsers of snorfietsers. De effecten hebben betrekking op wegen (van de hoofdwegenstructuur) binnen de bebouwde kom. Er is gecorrigeerd voor verschillen in weglengte, aantallen motorvoertuigen en aantallen fietsers en snorfietsers. Het effect van een vrijliggend fietspad ten opzichte van een fietsstrook is volgens de studie van Welleman & Dijkstra (1988) -59% voor letselongevallen op weggedeelten en +50% op begrenzende kruispunten. Ook bij deze vergelijking gaat het om het effect op het aantal letselongevallen met fietsers en snorfietsers. Op basis van deze studie lijken wegen met fietsstroken dus minder veilig dan wegen zonder fietsvoorziening. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het geen voor-en-nastudie betreft en wegen zonder fietsvoorziening ook op andere punten kunnen verschillen van wegen met fietsstrook. Ook variëren de wegen met fietsstrook in de breedte van de fietsstrook en de aanwezige parkeervoorziening en dergelijke.

Elvik et al. (2009) hebben een meta-analyse uitgevoerd naar het effect van de aanleg van fietspaden en vinden een effect van -2% (met betrouwbaarheidsmarge -5 tot +1%) voor alle letselongevallen, een effect van -8% (-13; -3) voor alle letselongevallen op wegvakken en een effect van +4% (-2; +10) voor alle letselongevallen op kruispunten. Verder vinden zij een effect van +7% (-3; +18) voor letselongevallen onder fietsers, een effect van -11% (-18; -3) voor alle letselongevallen onder fietsers op wegvakken en een effect van +24% (+11; +38) voor alle letselongevallen onder fietsers op kruispunten. Ten slotte vinden zij een effect van -3% (-11; +3) voor alle letselongevallen onder voetgangers en een effect van -7% (+12; -1) voor alle letselongevallen met motorvoertuigen. Volgens Elvik et al. (2009) hebben de meegenomen studies echter niet gecorrigeerd voor (een toename in) het aantal fietsers. Elvik et al. (2009) beschrijven niet of de effecten betrekking hebben op binnen of buiten de bebouwde kom en geven ook niet aan wat de referentiesituatie is.

Op basis van bovengenoemde studies kan geconcludeerd worden dat vrijliggende fietspaden vooral het aantal letselongevallen op wegvakken verminderen. Het aantal ongevallen op kruispunten is echter hoger op wegen met een vrijliggend fietspad. Het gaat hierbij om 'gewone' kruispunten, dus geen rotondes. Rotondes met vrijliggende fietspaden zijn veiliger dan rotondes met fietsstroken en rotondes zonder fietsvoorzieningen (Dijkstra, 2005). De veiligheid van fietsers op 'gewone' kruispunten is afhankelijk van verschillende factoren. Schepers et al. (2011) hebben onderzoek gedaan naar factoren die de verkeersveiligheid op voorrangskruispunten beïnvloeden. Zij hebben een regressieanalyse uitgevoerd en concluderen dat het aantal ongevallen met fietsers die voorrang hebben op kruispunten hoger is bij een tweerichtingenfietspad en roodgekleurde kruisingsvlakken. Het aantal ongevallen met fietsers in de voorrang is daarentegen lager op locaties waar snelheidsremmende maatregelen genomen zijn (bijvoorbeeld een verhoogde oversteek voor fietsers) en op locaties waar het fietspad ter hoogte van het kruispunt op 2 tot 5 meter afstand van de hoofdrijbaan ligt. Het effect van vrijliggende fietsvoorzieningen op kruispunten is dus afhankelijk van de vormgeving van het kruispunt en de aanwezige voorzieningen. De effectschatting voor vrijliggende fietspaden wordt hier daarom beperkt tot wegvakken.

Voor gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom, met veel verkeer en veel aansluitingen, zijn er aanwijzingen dat het veiliger is om een

parallelweg aan te leggen dan een (vrijliggend) fietspad (Godefrooij et al., 2008). Omdat er echter geen studies zijn gevonden naar de effecten van het aanleggen van vrijliggende fietspaden buiten de bebouwde kom, laten we de situatie buiten de bebouwde kom hier verder buiten beschouwing. Welleman & Dijkstra (1988) bestuderen alleen de effecten van het aanleggen van vrijliggende fietspaden binnen de bebouwde kom. Elvik et al. (2009) beschrijven niet of de effecten betrekking hebben op binnen of buiten de bebouwde kom. De effectschatting wordt hier daarom beperkt tot wegen binnen de bebouwde kom.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Welleman & Dijkstra (1988)	–	–	√	√	1973 t/m 1977	√	–
Elvik et al. (2009)	–	–	–	–	1969 t/m 2008	–	√

Tabel 3.6. *Beoordeling van studies naar het effect van de aanleg van vrijliggende fietspaden.*

Welleman & Dijkstra (1988) hebben geen voor-en-nastudie uitgevoerd en de data zijn gebaseerd op ongevallengegevens uit de jaren zeventig. Ondertussen zijn er verschillende andere maatregelen genomen, zoals bijvoorbeeld de maatregel 'bromfiets op de rijbaan', waardoor de effect-schatting niet meer geheel in overeenstemming is met de huidige verkeerssituaties. De studie is echter wel 'Nederlands', in tegenstelling tot de meta-analyse van Elvik et al. (2009). De resultaten uit deze studie zijn mogelijk niet representatief voor Nederland. Aan de hand van de Delphi-methode hebben wij vijf experts gevraagd om op basis van de studies van Elvik et al. (2009) en Welleman & Dijkstra (1988) in te schatten wat het huidige effect voor alle letselongevallen onder fietsers en snorfietsers is van het aanleggen van vrijliggende fietspaden op weggedeelten binnen de bebouwde kom in Nederland. Hierbij zijn twee uitgangssituaties onderscheiden: 'weggedeelte zonder fietsvoorziening' en 'weggedeelte met fietsstrook'. Voor de uitgangssituatie 'weggedeelte met fietsstrook' hebben de experts na hun eerste effectschatting nog één keer gereageerd op elkaars argumenten. Tijdens deze tweede ronde werden geen nieuwe argumenten meer gegeven en daarna was de Delphi-studie voor deze referentiesituatie dus afgerond. Voor de uitgangssituatie 'weggedeelte zonder fietsvoorziening' zijn vijf ronden uitgevoerd (en hebben experts dus vier keer op elkaars argumenten kunnen reageren). De resultaten staan weergegeven in *Tabel 3.7*.

Voorsituatie	Nasituatie
	Weggedeelten met vrijliggende fietspaden
Weggedeelten zonder fietsvoorziening	-15% tot -25%
Weggedeelten met fietsstrook	-5% tot -60%

Tabel 3.7. *Resultaten Delphi-studie voor het effect van vrijliggende fietspaden.*

Uit de tabel blijkt dat de experts het duidelijk niet eens geworden zijn over het effect op aantal letselongevallen wanneer de voorsituatie 'weggedeelte met fietsstrook' betreft. Wanneer de individuele effectschattingen van de vijf experts vergeleken worden, blijkt dat er niet één duidelijk afwijkende schatting is, maar dat drie van de vijf experts een vrij lage schatting geven (-5% tot -15%), terwijl de twee andere experts een hoge schatting geven (-50% en -60%). Voor deze referentiesituatie is het dus niet mogelijk een goede effectschatting te geven.

Voor de referentiesituatie 'weggedeelte zonder fietsvoorziening' komen de schattingen van de verschillende wegbeheerders beter overeen. Voor deze referentiesituatie kan dus een effect van -15% tot -25% worden aangehouden. Het gaat hier om het effect op het aantal letselongevallen met fietsers en snorfietsers. Omdat de maatregel gericht is op het voorkómen van ongevallen, nemen we aan dat dit effect ook van toepassing is op het aantal ernstig verkeersgewonden en het aantal verkeersdoden bij ongevallen van fietsers en snorfietsers met motorvoertuigen.

3.3.3. *Kosten*

Schattingen van de investeringskosten van vrijliggende (geasfalteerde) fietspaden binnen de bebouwde kom aan één zijde van de weg lopen uiteen van 200.000 tot 325.000 euro per kilometer (bronnen: berekening Witteveen+Bos en een aanvullende expertinschatting). De kosten zijn afhankelijk van verschillende factoren zoals de breedte van het fietspad. De exploitatiekosten bedragen volgens een berekening van Witteveen+Bos ongeveer 17.000 euro per kilometer gemiddeld per jaar. Vrijliggende fietspaden buiten de bebouwde kom zijn doorgaans iets minder breed, waardoor de kosten iets lager zijn. Wanneer een vrijliggend fietspad aan beide zijden wordt aangelegd bedragen de investeringskosten naar schatting 375.000 euro per kilometer, uitgaande van een breedte van 1,75 meter (bron: Witteveen+Bos). De exploitatiekosten bedragen ongeveer 16.000 euro per kilometer gemiddeld per jaar (bron: Witteveen+Bos).

3.4. **Aanleg van parallelwegen**

3.4.1. *Beschrijving*

Het aanleggen van een parallelweg houdt in dat er naast de hoofdrijbaan een weg wordt aangelegd, bedoeld voor (brom)fietsers, bestemmingsverkeer en langzaam gemotoriseerd verkeer. Erven worden door de parallelweg ontsloten, waardoor er minder aansluitingen op de hoofdrijbaan komen. Een parallelweg is niet bedoeld voor doorgaand verkeer. Een parallelweg kan aan één zijde van de hoofdrijbaan worden aangelegd of aan beide zijden. Vaak moet de afweging gemaakt worden tussen een fietspad en een parallelweg. De publicatie *Fietspad of parallelweg* van Fietsberaad gaat nader in op deze afweging (Fietsberaad, 2008).

3.4.2. *Verkeersveiligheidseffecten*

De aanwezigheid van een parallelweg in combinatie met een gesloten-verklaring op de hoofdrijbaan voor (brom)fietsers en langzaam gemotoriseerd verkeer heeft tot doel het verminderen van het aantal ongevallen met fietsers met toegangerelateerd verkeer (afslaand verkeer

en verkeer dat de hoofdrijbaan op komt vanaf een toegang) en het aantal ongevallen veroorzaakt door (foutief) inhalen van langzaam gemotoriseerd verkeer.

DHV (Overkamp, 2000a; 2000b) schat het effect van een parallelweg aan één zijde op -60% van ongevalstypen waarbij afslaand verkeer of verkeer vanaf een aansluiting is betrokken. Voor een parallelweg aan weerszijden wordt een effect van -90% geschat. Hierbij is rekening gehouden met de eventuele ongevallen op de parallelweg.

Goudappel Coffeng (Thijssen et al., 2001) heeft het verschil in aantal letselongevallen tussen wegen met en zonder parallelvoorzieningen buiten de bebouwde kom onderzocht. In dit onderzoek is voor wegvakken met parallelvoorzieningen (ten opzichte van wegen zonder deze voorzieningen) een effect van -16% op het aantal letselongevallen gevonden. Daarbij gaat het om wegen die al een vrijliggend fietspad hadden. Verder gaat het in de studie van Goudappel Coffeng zowel om parallelwegen aan één zijde als om parallelwegen aan beide zijden van de hoofdweg; er zijn geen effect-schattingen gemaakt voor beide situaties afzonderlijk. Ook is de verhouding tussen de weglengte van wegen met een parallelweg aan één zijde en de weglengte met parallelwegen aan beide zijden in de studie niet bekend. De effectschatting kan dus worden gezien als gewogen gemiddelde voor beide situaties waarbij de weging niet bekend is. Wel kan worden opgemerkt dat een parallelweg aan beide zijden in de praktijk minder vaak voorkomt dan een parallelweg aan één zijde.

Er zijn geen studies gevonden naar de effecten van het aanleggen parallelwegen binnen de bebouwde kom.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Thijssen et al. (2001)	–	–	√	√	1996 t/m 1999	√	–

Tabel 3.8. *Beoordeling van studie naar het effect van de aanleg van parallelwegen.*

In Tabel 3.8 is te zien dat de studie van Goudappel Coffeng (Thijssen et al., 2001) niet voldoet aan het criterium 'voor-nastudies' of 'controlegroep'. Het is onbekend waarop de effectschatting in DHV (Overkamp, 2000a; 2000b) gebaseerd is (niet in de tabel opgenomen). De studie van Goudappel Coffeng voldoet aan de criteria 'statistische toetsen', 'voldoende aantallen' en 'Nederlands onderzoek'. Het verkeersveiligheidseffect van het aanleggen van een parallelweg buiten de bebouwde wordt daarom hierop gebaseerd.

Een kanttekening bij de studie van Goudappel Coffeng (Thijssen et al., 2001) is dat de onderzoeksgegevens verouderd zijn. Aan de hand van de Delphi-methode hebben wij zeven experts gevraagd om, uitgaande van de studie van Goudappel Coffeng, in te schatten wat het *huidige* effect voor alle letselongevallen is van het aanleggen van parallelwegen buiten de bebouwde kom. De experts hebben drie keer gereageerd op elkaars argumenten. Aansluitend bij de studie van Goudappel Coffeng is ervan uitgegaan dat er in de voorsituatie een fietspad ligt en in de nasituatie alleen

een parallelweg (dus geen fietspad meer), en dat het gaat om een (gewogen) gemiddeld effect van parallelwegen aan twee en aan één zijde (ervan uitgaande dat aan beide zijden minder vaak voorkomt). Vijf van de zeven experts gaven een gemiddeld effect, dat varieerde tussen de -15% en -35%. Een van de andere experts kwam tot een effect groter dan -30% en de laatste expert gaf een bandbreedte van -5% tot -35%. Daarnaast merkten de experts terecht op dat het effect van deze maatregel erg afhankelijk is van de lokale omstandigheden zoals intensiteiten en de hoeveelheid langzaam gemotoriseerd verkeer. Het onderzoek van Goudappel Coffeng bevestigt overigens dat de verkeersintensiteit van invloed is op het aantal ongevallen (op wegvakken zonder parallelweg). Andere factoren, zoals het aantal erfaansluitingen, hebben volgens dat onderzoek geen significante invloed.

Op basis van de resultaten van deze Delphistudie gaan we uit van een gemiddeld effect tussen de -15% en -35% op het aantal letselongevallen. Het gaat hierbij om de aanleg van een parallelweg aan één of beide zijden op wegen buiten de bebouwde kom ter vervanging van een fietspad. Omdat de maatregel gericht is op het voorkómen van ongevallen, kunnen we aannemen dat ook het aantal ernstig verkeersgewonden en het aantal verkeersdoden met -15 tot -35% afnemen als gevolg van de aanleg van parallelwegen. Hierbij merken we op dat deze reductie alleen geldt voor ernstig verkeersgewonden die betrokken waren bij een motorvoertuig-ongeval. Verder merken we op dat de genoemde effectschattingen het meest geschikt zijn voor ex-ante-evaluatie van de aanleg van een groter aantal parallelwegen, waaronder ook parallelwegen aan beide zijden (ervan uitgaande dat de verhouding tussen de aantallen parallelwegen aan één zijde en aan beide zijden ongeveer hetzelfde is als in de Goudappel Coffeng-studie). De effectschatting is veel minder geschikt voor specifieke locaties, ook omdat locatiespecifieke factoren, in het bijzonder verkeersintensiteit, een rol kunnen spelen.

3.4.3. *Kosten*

De schattingen van de investeringskosten van het vervangen van een vrijliggend fietspad door een geasfalteerde parallelweg buiten de bebouwde kom lopen uiteen van 500.000 tot 1.000.000 euro per kilometer (bronnen: berekening Witteveen+Bos, Provincie Zuid-Holland en een expertschatting). De kosten zijn onder meer afhankelijk van breedte en ondergrond. De extra onderhoudskosten ten opzichte van een vrijliggend fietspad worden geschat op ongeveer 4.000 tot 8.000 euro per kilometer gemiddeld per jaar (bron: berekening Witteveen+Bos). Parallelwegen binnen de bebouwde kom zijn doorgaans breder, waardoor de kosten hoger zijn. Deze kosten zijn echter ook sterk afhankelijk van lokale omstandigheden zoals de aanwezigheid van bebouwing.

3.5. **Obstakelvrije afstand**

3.5.1. *Beschrijving*

Deze maatregel betreft het vergroten van de obstakelvrije afstand tussen de kant van de verharding en de obstakels in de berm. Het betreft gebieds-ontsluitingswegen buiten de bebouwde kom en regionale stroomwegen. Obstakels in de berm kunnen leiden tot gevaarlijke situaties. Deze situaties

treten op wanneer voertuigen van de weg en in de berm raken, en als de afstand tot de obstakels te gering is om 'veilig' tot stilstand te komen. Naast bomen, lantaarnpalen en dergelijke, kunnen ook ontwerpelementen uit het dwarsprofiel zoals een sloot of een talud, een obstakel vormen. Volgens het *Handboek Wegontwerp* van het CROW dient de obstakelvrije afstand op gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom met een 80km/uur-limiet ten minste 6 meter te zijn. De minimum vereiste afstand is 4,5 meter. Op regionale stroomwegen dient de obstakelvrije afstand 10 meter te zijn, en is het minimum 8 meter. Bij onvoldoende ruimte kan een geleiderail bescherming bieden tegen obstakels.

De maatregel staat in directe relatie met bermongevallen. Dit zijn ongevallen waarbij voertuigen in de berm zijn beland: obstakelongevallen en eenzijdige ongevallen (over de kop, in de sloot en dergelijke). Minder draagkrachtige, kapotgereden bermen zorgen voor een niveauverschil met de wegverharding en zijn potentiële ongevalsveroorzakers. Bestuurders die van de weg af raken, zullen daardoor sneller 'overcorrigeren' of in een slip geraken vanwege het wrijvingsverschil tussen wegdek en berm. Hierbij kan ook een ongeval met tegemoetkomend verkeer worden veroorzaakt. Meer informatie over bermongevallen en factoren die hierbij een rol spelen is te vinden in de SWOV-factsheet over dit onderwerp (SWOV, 2013) en in een dieptestudie van Davidse (2011). Bij 44-52% van de geanalyseerde 27 ongevallen op 80km/uur-wegen bleek een te smalle obstakelvrije afstand een rol te spelen.

3.5.2. Verkeersveiligheidseffecten

De enige studie naar de verkeersveiligheidseffecten van obstakelvrije zones is een (oud) onderzoek van Schoon & Bos (1983). Zij hebben een analyse gedaan van ongevallen op wegvakken met verschillende obstakelvrije afstanden, waarbij het in dit onderzoek ging om de afstand tot bomen. Het onderzoek betrof enkelbaans (twee rijstroken) provinciale en rijkswegen en dubbelbaans rijkswegen. We beperken ons hier tot de resultaten voor de enkelbaans wegen. Voor enkelbaans provinciale wegen kan uit dat onderzoek een effect op het aantal obstakelongevallen (ongeacht ernst) worden afgeleid van ongeveer -80% wanneer de obstakelvrije afstand 5 tot 7 meter is in plaats van 1 tot 2 meter. Op enkelbaans rijkswegen was het effect ongeveer -70% wanneer de obstakelvrije afstand 7 tot 10 meter is in plaats van 1 tot 3 meter. Schoon & Bos vonden overigens geen relatie tussen de breedte van de obstakelvrije zone en de ernst van de ongevallen.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeksgegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Schoon & Bos (1983)	–	–	√	√	1969 t/m 1975	√	–

Tabel 3.9. Beoordeling van studie naar het effect van obstakelvrije afstand.

Aangezien de effectschattingen gebaseerd zijn op een zeer gedateerd onderzoek, hebben we een aantal experts gevraagd om een update van deze schattingen via de Delphi-methode. Aan de Delphi-studie voor deze maatregel hebben negen experts deelgenomen en zij hebben drie keer

gereageerd op elkaars argumenten. Aan de experts is gevraagd om het effect van de volgende maatregelen op het aantal obstakelgevallen:

1. Het vergroten van de obstakelvrije afstand van 1-2 meter naar 5-7 meter op gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom
2. Het vergroten van de obstakelvrije afstand van 1-3 meter naar 7-10 meter op regionale stroomwegen.

De schattingen van de experts lopen behoorlijk uiteen. Voor de eerste situatie lopen de schattingen uiteen van -20% tot -80% met een gemiddelde van ruim -50%. Voor de tweede situatie lopen de schattingen uiteen van -30% tot -80%, met een gemiddelde van ruim -55%. Argumenten die experts geven voor een lagere schatting dan Schoon & Bos (1983) zijn:

- Voertuigen en bermten zijn verbeterd, dus de kans om het voertuig weer tijdig onder controle te krijgen is toegenomen.
- Het betreffende onderzoek vergelijkt situaties met 'gesloten' bomenrijen langs wegen. Deze effectschatting is niet toepasbaar op situaties waar hier en daar een boom of ander obstakel staat. Buitenlands onderzoek meldt voor het verplaatsen van vaste obstakels effecten van -20% tot -24%.
- De grote effecten gelden met name voor de eerste meters. Ik verwacht dat het effect van extra meters bovenop de eerste meters beperkt is.

Gezien de sterk uiteenlopende schattingen is het niet mogelijk om op basis van de Delphi-studie tot een eenduidige effectschatting voor deze maatregel te komen.

3.5.3. *Kosten*

De implementatiekosten van obstakelvrije zones zijn afhankelijk van het type obstakel en van de breedte van de zone. Wanneer het gaat om het verwijderen van bomen en groenvoorzieningen worden de kosten geschat op 150.000 euro (breedte 6 meter) tot 180.000 euro (breedte 8 meter; bron: Witteveen+Bos) per kilometer. Andere schattingen lopen uiteen van 250.000 euro (stroomwegen) tot 350.000 euro per kilometer (gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom, inclusief semi-verharde bermten; bron: Grontmij, 2002)

Verondersteld kan worden dat er niet of nauwelijks extra onderhoudskosten zijn; er kan ook juist sprake zijn van kostenbesparingen, omdat bijvoorbeeld het maaien van grasbermen efficiënter wordt bij minder obstakels.

3.6. **Ongelijkvloerse kruisingen**

3.6.1. *Beschrijving*

Duurzaam Veilige inrichting van regionale stroomwegen betekent dat kruisingen ongelijkvloers moeten zijn. Gezien de hoge snelheden op deze wegcategorie zijn kruisingen onvoldoende veilig wanneer deze niet ongelijkvloers zijn. Daarnaast kunnen ongelijkvloerse kruisingen wenselijk of noodzakelijk zijn voor de doorstroming. De maatregel die in deze paragraaf beschreven wordt betreft het vervangen van een kruispunt met verkeerslichten (VRI-kruispunten) door een ongelijkvloerse kruising.

3.6.2. Verkeersveiligheidseffecten

De enige Nederlandse studie naar de verkeersveiligheidseffecten van ongelijkvloerse kruisingen is een onderzoek van de SWOV, waarin gelijkvloerse kruispunten zonder verkeerslichten, kruispunten met verkeerslichten en ongelijkvloerse kruisingen met elkaar zijn vergeleken (Janssen, 1992). Het betrof enkelbaans autowegen en wegen met 'volledige geslotenverklaring', dat wil zeggen de tegenwoordige regionale stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom. Uit dat onderzoek bleek dat het aantal letselongevallen op ongelijkvloerse kruisingen circa de helft lager is (-50%) dan op gelijkvloerse kruispunten met verkeerslichten. Dit verschil werd gevonden wanneer de verkeersintensiteit van zijweg relatief hoog is ten opzichte van de hoofdweg (intensiteitsverhouding 3:4). Bij lagere verhoudingen werd geen verschil gevonden of kon geen conclusie worden getrokken vanwege gebrek aan gegevens.

Elvik et al. (2009) vinden een reductiepercentage van -28% voor letselongevallen op basis van een meta-analyse van vooral Scandinavische studies die eveneens een vergelijking maken tussen kruispunten met verkeerslichten en ongelijkvloerse kruisingen. Zij geven daarbij overigens niet aan om welke wegcategorieën het gaat. De reductie van ongevallen vlak voor of na de kruising zijn in de effectschatting niet meegenomen, waardoor het percentage volgens de auteurs waarschijnlijk een onderschatting is.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Janssen (1992)	–	–	–	√	1983 t/m 1989	√	–
Elvik et al. (2009)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1974 t/m 2002	–	√

Tabel 3.10. *Beoordeling van studies naar het effect van ongelijkvloerse kruisingen.*

De effecten voor deze maatregel zijn ook geschat door experts volgens de Delphi-methode. Aan vijf¹ experts is een inschatting gevraagd en zij hebben in de tweede ronde hun inschatting kunnen bijstellen op basis van argumenten van de andere experts. Na de tweede ronde was er onder de vijf experts consensus over een effectschatting van -50% van het aantal letselongevallen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de effectschatting van Janssen (1992) volgens de experts nog steeds van toepassing is. Een aantal experts merkt wel terecht op dat het effect afhankelijk is van de inrichting van het kruispunt.

Aangezien de maatregel gericht is op het beperken van het aantal ongevallen, nemen we aan dat het effect van -50% ook toepasbaar is op het aantal verkeersdoden en het aantal ernstig verkeersgewonden op deze kruispunten.

¹ Er is gestart met zes experts, waarvan een echter niet deelnam aan de tweede ronde.

3.6.3. *Kosten*

De kosten van ongelijkvloerse kruisingen zijn sterk afhankelijk van de uitvoering en kunnen uiteenlopen van 3 tot bijna 19 miljoen euro (bronnen: Witteveen+Bos en Wijnen, Mesken & Vis, 2010); de bedragen uit Wijnen, Mesken & Vis, 2010, zijn gebaseerd op Grontmij, 2002, en omgerekend naar prijspeil 2011). De onderhoudskosten worden geschat op ongeveer 5.000 euro gemiddeld per jaar (bron: Witteveen+Bos).

3.7. **Rotondes binnen de bebouwde kom**

3.7.1. *Beschrijving*

In een wegennetwerk is een kruispunt een potentieel gevarenpunt. Rotondes bevorderen enerzijds de doorstroming van het verkeer en hebben anderzijds een sterk snelheidsverlagend effect. Daarnaast verminderen rotondes het aantal conflictpunten tot één conflictpunt per aansluitingstak. Rotondes leveren op deze manier een forse bijdrage aan de verkeersveiligheid.

Afgezien van de ruimtelijke eisen kunnen rotondes niet overal worden aangelegd. Ten eerste moet de toepassing van een rotonde op netwerk-niveau logisch zijn en ten tweede moet de trajectsnelheid in ogenschouw worden genomen. Een rotonde kan daarnaast ook niet worden toegepast bij zeer hoge intensiteiten, bij grote verschillen in intensiteiten tussen de toeleidende stromen (waardoor bepaalde richtingen de rotonde niet op komen) of bij zeer hoge fietsintensiteiten.

Rotondes binnen de bebouwde kom dienen zo uniform mogelijk uitgevoerd te worden en duidelijk anders dan rotondes buiten de bebouwde kom. Het CROW (1998) beveelt aan om binnen de bebouwde kom fietsers in de voorrang te laten en buiten de bebouwde kom niet. Rotondes met vrijliggende fietspaden zijn in de meeste situaties veiliger dan rotondes met fietsstroken. Daarnaast zijn rotondes met vrijliggende fietspaden en met fietsers uit de voorrang veiliger dan dergelijke rotondes met fietsers in de voorrang (Dijkstra, 2005; Fortuijn, 2005b).

Meer informatie over kruispunten en (het ombouwen tot) rotondes is te vinden in de SWOV-factsheet over rotondes (SWOV, 2012a).

3.7.2. *Verkeersveiligheidseffecten*

Dijkstra (2005) heeft op basis van data van Van Minnen (1990) het effect geschat van het vervangen van een kruispunt door een rotonde. Hij komt tot een effect van -83% voor het aantal doden en ziekenhuisgewonden². Voor het aantal slachtoffers (doden, ziekenhuisgewonden en overige gewonden) onder fietsers, brom- en snorfietsers komt Dijkstra (2005) op een effect van -73%.

In bijna alle gevallen was er in de voorsituatie sprake van een voorrangsweg of voorrangskruising, VRI-kruispunten zaten er dus nauwelijks bij (Van Minnen, 1990). Dijkstra heeft ook onderscheid gemaakt tussen verschillende voorrangsregelingen voor fietsers. Hij schat het effect van het vervangen

²Volgens de oude definitie: gewonde die minimaal 1 nacht in het ziekenhuis is opgenomen.

van een kruispunt door een rotonde met vrijliggend fietspad en fietsers in dan wel uit de voorrang op het aantal ziekenhuisgewonden bij ongevallen tussen motorvoertuigen en fietsers/bromfietsers (M*F/B)³. Voor rotondes met fietsers in de voorrang komt Dijkstra (2005) op basis van data van Van Minnen (1995) en Gerts (2002) tot een effect van -11%, en voor rotondes met fietsers uit de voorrang komt hij op basis van data van Van Minnen (1995) en Weijermars (2001) tot een effect van -87%.

Churchill, Stipdonk & Bijleveld (2010) hebben de totale effecten op ongevallen en slachtoffers geschat van de aanleg van rotondes (in plaats van kruispunten) in heel Nederland (dus binnen en buiten de bebouwde kom samen). Hierbij is gebruikgemaakt van data uit het Nationale Wegenbestand (NWB) van CBS over de periode 1999 tot 2005. Er zijn twee analyses toegepast op geaggregeerde gegevens. Allereerst zijn de jaren waarin rotondes gemaakt zijn vergeleken met de voorgaande jaren waarin het nog kruispunten betroffen (voor-en-nastudie). Ten tweede zijn over de gehele periode 1999 tot 2005 rotondes die niet tot kruispunten zijn omgebouwd vergeleken met kruispunten die wel tot rotondes zijn omgebouwd (vergelijkende studie). De resultaten van deze twee analyses bleken consistent met elkaar te zijn. Churchill et al. (2010) melden de volgende effecten voor het ombouwen van kruispunten tot rotondes:

- Aantal dodelijke ongevallen: -71% (95%-betrouwbaarheidsinterval: -40%; -86%);
- Aantal doden: -76% (-49%; -89%);
- Aantal ongevallen met doden en ernstig verkeersgewonden: -46% (-32%; -57%);
- Aantal doden en ernstig verkeersgewonden: -37% (-21%; -49%).

De auteurs merken op dat deze effecten gezien enkele beperkingen waarschijnlijk een onderschatting zijn van de werkelijke effecten. Een voordeel van deze studie is dat de aantallen nagenoeg de gehele populatie in Nederland betreffen. Uit een uitsplitsing van de rotondes naar snelheidslimiet van de toeleidende wegen, kan worden afgeleid dat ongeveer 70% van de rotondes in 2010 binnen de bebouwde kom lag. Wanneer we aannemen dat dit percentage voor de periode 1999-2005 ongeveer gelijk is, kunnen we voorzichtig aannemen dat de effecten van deze studie behoorlijk goed van toepassing zijn op wegen binnen de bebouwde kom.

In het buitenland is er veel onderzoek gedaan naar de effecten van rotondes op de verkeersveiligheid. Elvik et al. (2009) hebben een metastudie gedaan naar het effect van het vervangen van kruispunten en/of T-splitsingen door rotondes. Voor alle typen rotondes vinden zij voor alle ongevallen een effect van -36% (-43; -29), voor dodelijke ongevallen -66% (-85; -24) en voor letselongevallen -46% (-51; -40). De auteurs vermelden dat de effecten ruraal (vergelijkbaar met buiten de bebouwde kom) sterker zijn dan stedelijk (binnen de bebouwde kom), namelijk -69% (-79; -54) ten opzichte van -25% (-34; -15) voor alle ongevallen. Verder zou de 'winst' ook groter zijn wanneer er voor de rotonde eerst een kruising was dan een andersoortige splitsing, voor alle ongevallen -34% (-42; -25) respectievelijk -8% (-28; +18).

³ Het gemiddelde effect van de aanleg van een rotonde met vrijliggend fietspad is voor deze groep slachtoffers -56%.

De metastudie van Elvik et al. (2009) is voornamelijk gebaseerd op buitenlandse studies en is dus niet direct toepasbaar op Nederland. In Nederland wordt bijvoorbeeld veel meer gefietst dan in andere landen.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Dijkstra (2005)	√	√	√	√	1984 t/m 2000	√	–
Churchill et al. (2010)	√	√	√	√	1999 t/m 2005	√	–
Elvik et al. (2009)	–	–	–	–	1975 t/m 2008	–	√

Tabel 3.11. *Beoordeling van studies naar het effect van rotondes (binnen de bebouwde kom).*

De studies van Churchill, Stipdonk & Bijleveld (2010) en Dijkstra (2005) voldoen beide aan de criteria voor-en-nastudie, controlegroep, statistische toetsen en voldoende aantallen. Van een klassieke voor-nastudie is in beide gevallen geen sprake, zij maken namelijk gebruik van geaggregeerde data (dus geen data per locatie). Beide studies hebben volgens ons voor- en nadelen in relatie tot de gewenste effectschatting. Churchill, Stipdonk & Bijleveld (2010) hebben gebruikgemaakt van zeer veel (recente) geaggregeerde gegevens, maar hun studie is niet specifiek gericht op binnen de bebouwde kom (al ligt het merendeel van de rotondes binnen de bebouwde kom) en zij maken geen onderscheid tussen verschillende soorten rotondes. De effecten van Dijkstra (2005) gelden wel specifiek voor rotondes binnen de bebouwde kom en bovendien onderscheidt Dijkstra (2005) rotondes met fietsers in de voorrang en rotondes met fietsers uit de voorrang. Deze en andere kenmerken (zoals bijvoorbeeld de afstand tussen het fietspad en de rotonde) beïnvloeden het effect van de aanleg van een rotonde. Het is belangrijk om kenmerken die relevant zijn voor het effect zo veel mogelijk mee te nemen in een evaluatiestudie (OECD, 2012). Nadeel van de studie van Dijkstra is dat de effecten zijn gebaseerd op kleinere steekproeven en oudere gegevens.

We hebben vijf experts gevraagd om op basis van de studies van Dijkstra (2005) en Churchill et al. (2010) het huidige effect van het aanleggen van een rotonde binnen de bebouwde kom te schatten op het aantal doden en ernstig verkeersgewonden. Het gaat hierbij om het gemiddelde effect van rotondes met vrijliggende fietspaden en fietsers 'in de voorrang', omdat dit de meest voorkomende situatie is binnen de bebouwde kom. De experts hebben na hun eerste schatting nog drie maal gereageerd op elkaars argumenten. Uiteindelijk komen de experts tot effecten van -25% tot -40% met een gemiddelde van ruim -30%. Op basis van deze Delphi-studie adviseren wij om een effect van -30% aan te houden. Dit effect geldt voor het aantal doden en ernstig verkeersgewonden samen. Aangezien de maatregel zowel gericht is op het terugdringen van het aantal ongevallen als op het beperken van de ernst van het ongeval, kunnen we op basis van de beschikbare schattingen geen effect voor doden en ernstig verkeersgewonden apart bepalen. Het effect van -30% geldt voor de aanleg van een rotonde met vrijliggend fietspad en fietsers in de voorrang.

3.7.3. *Kosten*

Schattingen van de implementatiekosten van een enkelstrooksrotonde liggen tussen 300.000 en 400.000 euro (bronnen: Wijnen, Mesken & Vis, 2010, en berekening Witteveen+Bos) en van dubbelstrooks rotondes gemiddeld ongeveer 600.000 euro (Wijnen, Mesken & Vis, 2010). De kosten zijn onder meer afhankelijk van de grootte van de rotonde. De onderhoudskosten van rotondes bedragen volgens berekeningen van Witteveen+Bos ongeveer 8.000 euro per jaar. Daarbij moet echter worden bedacht dat er ook in de uitgangssituatie (een voorrangskruispunt) onderhoudskosten zijn. De extra onderhoudskosten van een rotonde zijn sterk afhankelijk van de uitgangssituatie en zijn (daardoor) niet bekend. De extra kosten zijn in ieder geval lager dan 8.000 euro, en er zou ook zelfs sprake kunnen zijn van een kostenbesparing zoals berekend door Delhaye (2002).

3.8. **Rotondes buiten de bebouwde kom**

3.8.1. *Beschrijving*

In een wegennetwerk is een kruispunt een potentieel gevarenpunt. Rotondes beïnvloeden enerzijds de doorstroming van het verkeer en hebben anderzijds een sterk snelheidsverlagend effect. Daarnaast verminderen rotondes het aantal conflicttypes tot één conflictpunt per toerit. Zij leveren op deze manier een forse bijdrage aan de verkeersveiligheid. De tweestrooksrotonde is minder veilig dan de enkelstrooksrotonde, maar veiliger dan andere kruispuntoplossingen.

Afgezien van de ruimtelijke eisen kunnen rotondes niet overal worden aangelegd. Ten eerste moet de toepassing van een rotonde op netwerk-niveau logisch zijn en ten tweede moet de trajectnelheid in ogenschouw worden genomen. Een rotonde kan doorgaans worden toegepast als de som van de aanvoerende stromen kleiner is dan 20.000 à 25.000 voor enkelstrooksrotondes en 22.000 à 40.000 voor tweestrooksrotondes.

Rotondes buiten de bebouwde kom dienen zo uniform mogelijk te worden uitgevoerd en duidelijk anders dan rotondes binnen de bebouwde kom. Het CROW beveelt aan om buiten de bebouwde kom fietsers uit de voorrang te laten. Hiermee wordt voorspelbaar en dus veiliger verkeersgedrag bevorderd. Meer informatie over kruispunten en (het ombouwen tot) rotondes is te vinden in SWOV-factsheet over rotondes (SWOV, 2012a).

3.8.2. *Verkeersveiligheidseffecten*

Fortuijn (2005a; 2009) heeft onderzoek gedaan naar de verkeersveiligheidseffecten van rotondes op provinciale wegen in Zuid-Holland. In *Tabel 3.12* staan effecten op het aantal slachtofferongevallen weergegeven door het ombouwen tot enkelstrooksrotondes. In de laatste kolom staan de effecten weergegeven die zijn gecorrigeerd voor algemene verkeersveiligheidseffecten met een regressie naar het gemiddelde.

Uitgangssituatie	Periode	Effect	Gecorrigeerd effect
Alle kruispunten (N=51)	1991-2005	-83%	-80%
Voorrangskruispunt (N=39)	1991-2005	-82%	-79%
Voorrangskruispunt (N=29)	1995-2005	-73%	-68%

Tabel 3.12. *Effecten op aantal slachtofferongevallen door ombouwen tot enkelstrooksrotondes (Fortuijn, 2005b; 2009).*

Kruispunten waar veel ongevallen plaatsvonden zijn het eerst vervangen door enkelstrooksrotondes. Het verschil tussen de eerste groep en tweede groep voorrangskruispunten in de tabel laat zien dat het effect van de maatregel minder sterk is wanneer de gevaarlijke kruispunten die als eerste vervangen zijn, niet in de analyse meegenomen zijn (Fortuijn, 2009). Fortuijn (2005b) heeft ook het effect bepaald voor kruispunten met maximaal één slachtofferongeval in de voorperiode (rotonde aangelegd in de periode 1991-1994) en komt dan op een effect van -68%. Dit effect komt overeen met het gecorrigeerd effect van -68% dat gaat over de jaren 1995-2005. Op basis van de beschreven analyses stelt Fortuijn (2005b) een effect van -70% voor als het aantal slachtofferongevallen in de voorperiode groter is dan 0,5 per jaar.

Fortuijn (2009) heeft ook het effect op het aantal slachtoffers per jaar onderzocht van het ombouwen van VRI-kruispunten tot enkelbaansrotondes. De aantallen daarvan zijn volgens Fortuijn (2009) echter te klein om nauwkeurige uitspraken te doen.

Voor de vervanging van kruispunten door turborotondes geeft Fortuijn (2005b) een effect van -82% en -76% wanneer gecorrigeerd wordt voor algemene verkeersveiligheidseffecten met een regressie naar het gemiddelde. Aangezien de turborotondes waarschijnlijk aangelegd zullen zijn in plaats van 'gevaarlijke kruispunten' zal dit effect volgens Fortuijn (2005b) een overschatting zijn. Fortuijn (2005b) neemt aan dat het effect eveneens op -70% zal uitkomen.

Uit een evaluatieonderzoek van de provincie Zuid-Holland is volgens DHV (Overkamp, 2000a; 2000b) gebleken dat voor het vervangen van een kruispunt met VRI door een rotonde buiten de bebouwde kom van een totaaleffect op het aantal letselongevallen van -60% uitgegaan zou mogen worden. In het geval van een voorrangskruispunt zou een effect van -80% verwacht mogen worden.

Churchill, Stipdonk & Bijleveld (2010) hebben de totale effecten op ongevallen en slachtoffers onderzocht van de aanleg van rotondes (in plaats van kruispunten) in heel Nederland (dus binnen en buiten de bebouwde kom samen). De effecten die in deze studie zijn gevonden zijn waarschijnlijk echter beter van toepassing op rotondes binnen de bebouwde kom dan buiten de bebouwde kom. Deze studie wordt dan ook niet meegenomen om het effect van rotondes buiten de bebouwde kom te schatten. Zie *Paragraaf 3.7* voor meer informatie over deze studie.

In het buitenland is er veel onderzoek gedaan naar de effecten van rotondes op de verkeersveiligheid. Elvik et al. (2009) hebben een metastudie gedaan

naar het effect van het vervangen van kruispunten en/of T-splitsingen voor rotondes. Voor alle typen rotondes vinden zij voor alle ongevallen een effect van -36% (-43%; -29) , voor dodelijke ongevallen -66% (-85; -24) en voor letselongevallen -46% (-51; -40). De auteurs vermelden dat de effecten voor rurale gebieden (vergelijkbaar met buiten de bebouwde kom) sterker zijn dan stedelijk (binnen de bebouwde kom), namelijk -69% (-79; -54) respectievelijk -25% (-34; -15) voor alle ongevallen. Het effect van Elvik et al. (2009) is grotendeels gebaseerd op buitenlandse studies en is niet direct toepasbaar op de Nederlandse situatie. In Nederland wordt bijvoorbeeld veel meer gefietst dan in de meeste andere landen.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Fortuijn (2005b; 2009)	√	√	√	√	1991 t/m 2002	√	–
Elvik et al. (2009)	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	1975 t/m 2008	–	√
Overkamp (2000a;b)	–	–	–	–	1993 t/m 1999	√	–

Tabel 3.13. *Beoordeling van studies naar het effect van rotondes (buiten de bebouwde kom).*

Wij hebben in het hoofdrapport van DHV (Overkamp, 2000b) geen beschrijving of verwijzing gevonden hoe het evaluatie onderzoek in Zuid-Holland uitgevoerd is. Wij hebben hierdoor niet na kunnen gaan of en in welke mate het evaluatieonderzoek voldoet aan enkele beoordelingscriteria. Op basis van Fortuijn (2005b; 2009) wordt het effect van het vervangen van een voorrangskruispunt door een enkelbaansrotonde buiten de bebouwde kom geschat op -70% voor het aantal slachtofferongevallen. Het effect van deze maatregel is deels te danken aan de verlaging van de botsnelheid. Het effect op het aantal slachtofferongevallen kan dus niet een-op-een worden doorvertaald naar het aantal verkeersdoden en het aantal ernstig verkeersgewonden. Het effect op het aantal doden en ernstig verkeersgewonden is zeer waarschijnlijk nog iets groter. Hoeveel groter is echter niet bekend. Vooralsnog bevelen we daarom aan om van een voorzichtig effect van -70% uit te gaan.

Voor het effect van het vervangen van VRI-kruispunten door rotondes buiten de bebouwde kom zijn meer gegevens nodig.

3.8.3. *Kosten*

Schattingen van de implementatiekosten van een enkelstrooksrotonde liggen tussen 300.000 en 400.000 euro (bronnen: Wijnen, Mesken & Vis, 2010, en berekening Witteveen+Bos) en van dubbelstrooks rotondes gemiddeld ongeveer 600.000 euro (Wijnen, Mesken & Vis, 2010). De kosten zijn onder meer afhankelijk van de grootte van de rotonde. De onderhoudskosten van rotondes bedragen volgens berekeningen van Witteveen+Bos ongeveer 8.000 euro per jaar. Daarbij moet echter worden bedacht dat er ook in de uitgangssituatie (een voorrangskruispunt) onderhoudskosten zijn. De extra onderhoudskosten van een rotonde zijn sterk afhankelijk van de uitgangssituatie en zijn (daardoor) niet bekend. De extra kosten zijn in ieder geval lager dan 8.000 euro, en er zou ook zelfs sprake kunnen zijn van een kostenbesparing zoals berekend door Delhaye (2002).

3.9. Plateaus

3.9.1. Beschrijving

Een kruispunt uitrusten met een plateau houdt in dat het kruispunt verhoogd wordt aangelegd, of dat vlak voor (en mogelijk ook vlak na) het kruispunt een plateau wordt aangelegd. Dit laatste is meestal het geval op gebieds-ontsluitingswegen en heeft een snelheidsremmende werking. Het plateau is bij voorkeur niet trapeziumvormig, maar uitgevoerd met hellingen in een sinusvorm (CROW, 2007). Plateaus kunnen worden aangebracht op voorrangskruispunten, maar ook op kruispunten waar de voorrang niet is geregeld. Bij het toepassen van plateaus op meerdere kruispunten in een traject dient bij het ontwerpen rekening te worden gehouden met de traject-snelheid. Dit maatregelenpakket kan hulpdienst- en ov-onvriendelijk zijn. Het CROW (2002) beveelt aan om op openbaarvervoer- en calamiteitenroutes terughoudend te zijn met ov- en hulpdienstonvriendelijke maatregelen.

3.9.2. Verkeersveiligheidseffecten

Fortuijn, Carton & Feddes (2005) hebben een voor-nastudie uitgevoerd naar de aanleg van kruispuntplateaus op 29 voorrangskruispunten op provinciale wegen buiten de bebouwde kom en rapporteren een niet-significant effect ($p > 0,05$) van -35% voor het aantal slachtofferongevallen en een significant effect van -44% voor alle ongevallen. Overigens ging het hier om plateaus vlak voor het kruispunt. In dezelfde studie is ook voor veertig kruispunten met VRI het effect onderzocht van de aanleg van plateaus vlak voor het kruispunt. Voor het aantal slachtofferongevallen vinden zij, bij een significantieniveau van 95%, een *nét* niet significant ($p = 0,05$) effect van -40% en voor het totaal aantal ongevallen een significant effect van -36%. Wanneer twee kruispunten die sterk van invloed bleken te zijn op de resultaten weggelaten werden, kwamen zij op significante effecten van -50% voor het aantal slachtofferongevallen en voor het totaal aantal ongevallen. Daarom rapporteren zij een uiteindelijk effect tussen de -40 en -50%. Fortuijn, Carton & Feddes (2005) vermelden dat de gegeven effecten niet gecorrigeerd zijn voor de algemene risico-ontwikkeling, afname in gevaarstelling en regressie naar het gemiddelde. Aangezien het mogelijk is dat de plateaus bij VRI's het eerst aangebracht zijn op locaties met een hoog ongevalsrisico, stellen de auteurs voor om uit te gaan van een effect op het aantal slachtofferongevallen van -30%. Dit hebben zij herleid uit de geschatte effecten van respectievelijk -25% en -40% op het aantal letselongevallen door het plaatsen van 50km/uur-borden op wegen met een aanrijnsnelheid van 60 tot 80 km/uur respectievelijk meer dan 80 km/uur (Fortuijn, 2000). Wanneer een plateau bij een voorrangskruispunt wordt aangelegd, gaan de auteurs ook uit van het conservatievere effect van -30% op het aantal slachtofferongevallen. Als reden noemen zij dat de gegevens waarop het effect van -35% gebaseerd is, te beperkt zijn (het gevonden effect is niet significant).

Van der Dussen (2002) rapporteert in een studie in de provincie Gelderland een effect op het aantal letselongevallen van -80% voor het plaatsen van plateaus op een tiental kruispunten op provinciale wegen. Dit grote effect is waarschijnlijk deels toe te schrijven aan het feit dat de maatregelen vooral toegepast zijn op kruispunten met een relatief hoog aantal ongevallen in de voorperiode, er moet dus nog gecorrigeerd worden voor 'regressie naar het gemiddelde'. De schatting van Van der Dussen (2002) is bovendien

gebaseerd op erg kleine aantallen (tien locaties met vijftien letselongevallen in totaal in de voorperiode). Wat exact de voorsituatie (het type kruispunt) was voor de onderzochte locaties staat niet in het rapport vermeld.

DHV (Overkamp, 2000a; 2000b) meldt een effect van -25% op het aantal ongevallen van het aanleggen van een kruispuntplateau. Dit effect is afgeleid van het effect dat zij gevonden hebben voor rotondes en de geschatte snelheidsverlaging die volgens hen door de aanleg van een plateau wordt gerealiseerd. Het is echter onduidelijk hoe deze afleiding tot stand is gekomen.

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Fortuijn, Carton & Feddes (2005)	√	–	√	√	1997 t/m 2003	√	–
Van der Dussen (2002)	√	–	–	–	1994 t/m 2001	√	–
Overkamp (2000a;b)	–	–	–	–	1993 t/m 1999	√	–

Tabel 3.14. *Beoordeling van studies naar het effect van de aanleg van plateaus.*

De studie van DHV (Overkamp, 2000a; 2000b) voldoet alleen aan het beoordelingscriterium Nederlands onderzoek. De studie van Van der Dussen (2002) voldoet alleen aan de criteria voor-nastudie en Nederlands onderzoek en is bovendien gebaseerd op relatief oude ongevalgegevens. De studie van Fortuijn et al. (2005) voldoet aan alle criteria behalve de controlegroep. De studie van Fortuijn et al. (2005) wordt als beste beoordeeld. Daarom wordt de effectschatting op deze studie gebaseerd. Aangezien de studie betrekking heeft op wegen buiten de bebouwde kom, geldt de gegeven effectschatting alleen voor deze wegen. We bevelen bovendien aan om van de voorzichtige effectschattingen uit te gaan die door Fortuijn et al. (2005) zelf gegeven worden. De effecten zijn:

- -30% op het aantal letselongevallen door het aanleggen van plateaus voor voorrangskruispunten;
- -30% op het aantal letselongevallen door het aanleggen van plateaus voor kruispunten met VRI.

Deze maatregel is deels gericht op het beperken van de letselernst en zal naar verwachting dus een sterker effect hebben op het aantal ernstig verkeersgewonden en het aantal verkeersdoden dan op het aantal letselongevallen. Hoeveel groter dit effect is, kan echter niet bepaald worden.

3.9.3. *Kosten*

De investeringskosten van plateaus op kruispunten bedragen naar schatting 17.000 tot 27.000 euro (binnen de bebouwde kom) tot 55.000 euro (buiten de bebouwde kom) per kruispunt (bronnen: Wijnen, Mesken & Vis, 2010, en schatting Witteveen+Bos). De extra onderhoudskosten ten opzichte van een kruispunt zonder plateau bedragen volgens berekeningen van Witteveen+Bos ongeveer 400 euro (buiten de bebouwde kom) tot 500 euro (binnen de bebouwde kom) per kruispunt gemiddeld per jaar.

3.10. Handhaving snelheid

3.10.1. Beschrijving

Snelheid is een belangrijke factor bij verkeersongevallen. Om rijnsnelheden in toom te houden, bestaan diverse effectieve maatregelen, zoals infrastructurele maatregelen (denk aan drempels, rotondes, wegversmallingen en dergelijke), voertuigmaatregelen (intelligente snelheidsassistent) en uiteraard ook politietoezicht. Politietoezicht op snelheid is een noodzakelijk onderdeel van een duurzaam veilig verkeerssysteem, maar hoeveel toezicht nodig is, hangt af van de mate waarin andere maatregelen al (duurzaam veilig) zijn uitgevoerd.

In principe wordt snelheidshandhaving vooral op wegvakken toegepast, en daarbij met name op gebiedsontsluitingswegen (wegen met een 50- en 80km/uur-limiet) en stroomwegen (wegen met – meestal – een 100km/uur-limiet of hoger). Soms wordt ook gehandhaafd op erftoegangswegen. Dit wegtype is weliswaar ten tijde van het Startprogramma Duurzaam Veilig flink aangepakt, maar mede door de veelal sobere inrichting van deze wegen is het aandeel overtredders er vaak hoog. In het algemeen wordt snelheidshandhaving met name toegepast op wegen met een relatief groot aantal ongevallen, een plausibele samenhang van deze ongevallen met snelheid, en een relatief hoog percentage overtredders. Op 30km/uur-wegen handhaaft de politie alleen extra als de wegbeheerder reeds voldoende snelheidsremmende maatregelen heeft toegepast.

Er bestaan vier hoofdmethoden van snelheidstoezicht in Nederland:

1. geautomatiseerde snelheidscontroles op vaste plaatsen met camera's in flitspalen, kliko's of andere objecten;
2. snelheidscontroles op wisselende locaties met radarauto's, laserguns of camera's in kliko's - al dan niet in combinatie met staandehoudingen;
3. rijdende surveillances met staandehoudingen van snelheidsovertredders;
4. snelheidscontroles waarbij de gemiddelde snelheid van alle passerende voertuigen over een bepaalde weglengte (traject) wordt bepaald (zogenoemde trajectcontroles).

Het aantal locaties waarop gehandhaafd wordt met flitspalen is momenteel ruim 1.300, waarbij op enkele honderden van deze locaties met digitale flitspalen wordt gewerkt. Deze hebben als voordeel dat ze continu werken en daardoor meer overtredders kunnen signaleren dan de analoge flitspalen. Ook worden er op enkele honderden locaties mobiele snelheidsmetingen uitgevoerd.

Voor vergroting van de subjectieve pakkans is het belangrijk dat controles met de nodige publiciteit samengaan (dat wil zeggen: duidelijk maken DAT er gehandhaafd wordt, niet precies waar en hoe laat!), dat zij met enige regelmaat worden gehouden en dat zij onvoorspelbaar, goed zichtbaar en moeilijk te omzeilen zijn. Dit verhoogt de effectiviteit van het politietoezicht.

Rijdende surveillances en trajectcontroles blijven hier buiten beschouwing. In de vakliteratuur wordt namelijk geconstateerd dat rijdende surveillance met staandehouding de minst effectieve methode is als het erom gaat een grote preventieve invloed uit te oefenen op het snelheidsgedrag van grote aantallen automobilisten (Elvik et al., 2009). Er kunnen met deze methode

eenvoudigweg te weinig overtreders daadwerkelijk worden gepakt. Wel is deze methode geschikt om specifieke grove overtreders te pakken.

Trajectcontrole is een betrekkelijk nieuwe en effectieve methode, die tot nu toe alleen op autosnelwegen wordt toegepast. Inmiddels vinden op elf autosnelwegtrajecten trajectcontroles plaats. Hiervan is bekend dat ze het aantal overtredingen zeer effectief terugdringen tot minder dan 1% (RWS, 2003). Ook in het buitenland bestaan soortgelijke goede ervaringen (bijvoorbeeld Stefan, 2006).

We bespreken hier alleen snelheidscontrole met vaste en mobiele snelheidscamera's op niet-autosnelwegen binnen en buiten de bebouwde kom.

3.10.2. Verkeersveiligheidseffecten

Effecten van handhaving zijn afhankelijk van de gebruikte methode en van het wegtype, onderscheiden naar binnen of buiten de bebouwde kom. Vergelijkende evaluaties zijn voornamelijk afkomstig uit het Verenigd Koninkrijk, waar vaste flitspalen duidelijk zichtbaar staan opgesteld, in tegenstelling tot wat vaak in Nederland gebeurt. Uit dergelijk onderzoek blijkt dat flitspalen tot grotere snelheids- en ongevallenreducties leiden dan mobiele controles (Gains et al., 2004; 2005). Beide methoden hebben tevens een grotere effectiviteit binnen dan buiten de bebouwde kom. Evaluaties van het verkeersveiligheidseffect van vaste snelheidscamera's (flitspalen) in Nederland leverden gemengde resultaten op: Oei & Polak (1992) gaven overwegend positieve effecten te zien, terwijl Mathijssen & De Craen (2004) concludeerden dat de resultaten sterk verschillen per regio. Overigens was dit laatste onderzoek niet specifiek opgezet om flitspalen te evalueren. Er is in dit onderzoek wel gevonden dat snelheidscontroles de snelheid op specifieke wegen verlagen. Dit blijkt zich echter niet in elke regio te vertalen in een veiligheidswinst. In het betreffende onderzoek werd ook gevonden dat politieregio's die voornamelijk gebruikmaakten van vaste flitspalen, minder succesvol waren in het terugdringen van verkeers- onveiligheid dan politieregio's die meer wisselende methoden van snelheidstoezicht inzetten (dus bijvoorbeeld naast vaste flitspalen ook radarauto's). Hoe dit komt, zou nader moeten worden onderzocht.

Er zijn in Nederland wel duidelijk positieve resultaten gevonden voor de effecten van handhaving door middel van radarauto's (zonder staandehoudingen) op snelheid en verkeersveiligheid. De resultaten van dit onderzoek zijn vergelijkbaar met de in Groot-Brittannië gevonden resultaten: minder overtreders en verbeterde verkeersveiligheid in ongevallen waarbij snelverkeer is betrokken op wegen waar extra wordt gecontroleerd (Goldenbeld et al., 2004).

In *Tabel 3.15* staat de gemiddelde snelheidsreductie vermeld van handhaving met vaste en mobiele snelheidscamera's op niet-autosnelwegen binnen en buiten de bebouwde kom zoals die in verschillende internationale studies zijn vastgesteld (Elvik, 1997; Gains et al. 2005; Goldenbeld & Van Schagen, 2005; Keall et al., 2002). Het gaat hier om de effecten bij substantiële intensivering of verbetering in de methode van handhaving. De cijfers die betrekking hebben op snelheid binnen de bebouwde kom, zijn gebaseerd op de situatie in het Verenigd Koninkrijk. De overige cijfers zijn

gebaseerd op studies uit verschillende landen (Nederland, Nieuw-Zeeland en het Verenigd Koninkrijk). Deze lagen echter zeer dicht bij elkaar.

Snelheidshandhaving	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Vaste snelheidscamera	-18%	-10%
Mobiele snelheidscamera	-10%	<-5%

Tabel 3.15. Gemiddelde snelheidsreductie van handhaving op niet-autosnelwegen.

Uit met name Brits onderzoek zijn reductiepercentages van letselongevallen bekend bij deze verschillende methoden van toezicht binnen en buiten de bebouwde kom. We weten echter ook dat de wijze waarop deze methoden daar worden toegepast afwijkt van die in Nederland, met name de inzet van flitspalen. Zo hebben de flitspalen in het Verenigd Koninkrijk een opvallende kleur en worden zij vaak voorafgegaan door voorwaarschuwingborden. Ook gelden er specifieke criteria voor de keuze van locaties. En ten slotte moet opgemerkt worden dat in het Verenigd Koninkrijk een puntensysteem geldt.

De effectschattingen baseren we hier op algemene snelheid-ongevallen-formules van Nilsson (2004) en Elvik et al. (2004; 2009). Bij de huidige stand van (wetenschappelijke) kennis geven deze formules de best mogelijke schatting (Aarts & Van Schagen, 2006; SWOV, 2012b). Uit onderzoek van Elvik (2004; 2009) blijkt verder dat de formules goed toepasbaar zijn op verschillende wegcategorieën. Bovendien hebben de formules als voordeel dat relatief gemakkelijk bespaarde ongevallen en slachtoffers berekend kunnen worden met onderscheid naar type handhaving, letselernst en locatie (binnen/buiten de kom). In studies waarin het effect van handhaving op aantal slachtoffers of ongevallen 'direct' wordt geschat (zie bijvoorbeeld Elvik et al. (2009) is dit onderscheid niet gemaakt. *Bijlage 2* geeft de gebruikte formules. *Tabel 3.16* geeft de berekende effecten voor ernstige letselongevallen, doden en ernstige gewonden (gemiddelden en bandbreedten).⁴

	Vaste snelheidscamera		Mobiele snelheidscamera	
	Bibeko	Bubeko	Bibeko	Bubeko
Ongevallen met doden	-40% (-6% -62%)	-35% (-26% -43%)	-24% (-3% -40%)	-8% (-6% -10%)
Ongevallen met ernstig letsel	-26% (-16% -34%)	-24% (-33% -56%)	-15% (-9% -20%)	-5% (-6% -15%)
Doden	-45% (-10% -72%)	-38% (-34% -42%)	-27% (-5% -50%)	-9% (-8% -10%)
Ernstige gewonden	-33% (-15% -47%)	-31% (-5% -44%)	-19% (-8% -29%)	-7% (-1% -11%)

Tabel 3.16. Geschatte effecten snelheidshandhaving (gemiddelden en bandbreedten).

De effectiviteit zal overigens niet alleen van de handhavingsinzet afhangen maar ook van externe factoren, zoals type verkeer, wegontwerp en voorsituatie wat betreft overtredingspercentages en verkeersonveiligheid. Ook de mate van voorlichting en hoogte van boetes en dergelijke, kan de afschrikkende werking van politietoezicht beïnvloeden, en daarmee de reductie in snelheid en ongevallen.

⁴ Voor het effect van mobiele snelheidscamera's bibeko is met een snelheidsverandering van -2% gerekend.

3.10.3. *Kosten*

Volgens Wijnen, Mesken & Vis (2010) bedragen aanschaf- en montagekosten van vaste camera's ongeveer 60.000 euro (omgerekend naar prijspeil 2011). Dit is gebaseerd op een prijsopgave van een leverancier van camera's. Het betreft de kosten van de camera, paal en keuring bij plaatsing. Kosten van aansluiting op het elektriciteits- en KPN-netwerk hangen sterk af van de locatie van de camera en kunnen oplopen van 3.000 tot 50.000 euro per paal. Daarnaast zijn er kosten van ongeveer 90.000 euro voor een 'backoffice'-systeem, dat dient voor zaken als het bedienen van de camera op afstand, downloaden van foto's en het uitdraaien van statistieken. Als er echter al een backoffice-systeem aanwezig is zal het plaatsen van extra camera's niet tot extra kosten daarvoor leiden. De onderhoudskosten bedragen ongeveer 200 euro per camera per jaar (Wijnen, Mesken & Vis, 2010). Opgemerkt moet worden dat steeds meer analoge camera's worden vervangen door digitale camera's. De kosten hiervan zijn niet bekend.

De kosten van intensivering van handhaving met mobiele camera's schatten Wijnen, Mesken & Vis (2010) op ongeveer 100 euro per uur (omgerekend naar prijspeil op basis van consumentenprijsindex; bron CBS). Daarbij is verondersteld dat voor mobiele controles geen extra camera's aangeschaft hoeven te worden, aangezien het gaat om intensivering van de handhaving. De kosten van het intensievere gebruik zijn lastig te bepalen en zijn buiten beschouwing gelaten. Dit kosten bestaan dan alleen uit extra personeelskosten. De helft daarvan (circa 50 euro per uur) zijn indirecte kosten, zoals kosten voor huisvesting, voertuigen en ondersteunend en leidinggevend personeel.

3.11. **Handhaving rood licht**

3.11.1. *Beschrijving*

In Nederland was het negeren van rood licht in 2009 de hoofdtoedracht bij 5,3% van de ongevallen met een dodelijke afloop (32 van de 597) en bij 3,7% van de ernstige ongevallen die resulteerden in ziekenhuisopname (32 van de 597; SWOV, 2011). Intensivering van handhaving op roodlichtnegatie kan het aantal (ernstige) ongevallen ten gevolge van roodlichtnegatie reduceren. Een voorzichtige schatting is dat op minstens 1.000 Nederlandse kruispunten per jaar een roodlichtcamera operationeel is (SWOV, 2011). Het bijplaatsen van camera's, waarover deze maatregel gaat, kan bijdragen aan het terugdringen van het aantal (ernstige) ongevallen ten gevolge van roodlichtnegatie.

3.11.2. *Verkeersveiligheidseffecten*

Er zijn diverse meta-analyses over het effect van roodlichtcamera's. Aeron-Thomas & Hess (2005) vinden in een meta-analyse van tien voor-nastudies reductiepercentages van -13 tot -29% voor letselongevallen. De kwaliteit van de evaluatiestudies in deze meta-analyse verschilt echter: in de meeste studies wordt niet (volledig) gecorrigeerd voor 'regressie naar het gemiddelde' en worden 'spillover'-effecten op kruispunten waarop geen camera is geplaatst niet meegenomen. In de best uitgevoerde studie wordt een reductie van -29% gevonden. Dit komt overeen met de resultaten van een meta-analyse van Retting et al. (2003), die concludeerden dat roodlicht-

camera's leiden tot -25 tot -30% reductie van letselongevallen. Wel zagen Retting et al. (2003) vaak een toename in het aandeel kop-staartongevallen; ook wanneer een netto gunstig effect op het totaal aantal letselongevallen werd waargenomen. Waarschijnlijk komt dit doordat sommige bestuurders plotseling afremmen om een boete voor roodlichtnegatie te ontlopen (SWOV, 2011).

Erke (2008) en Elvik et al. (2009) vinden in meta-analyses reducties van het aantal flankongevallen (ongeacht ernst) van -15% respectievelijk -10%. Voor beide studies geldt echter dat deze effecten niet significant zijn. Verder worden in deze studies toenames van het aantal kop-staartongevallen gevonden van +43% (niet significant) respectievelijk +40% (significant), waardoor er per saldo een toename is van (alle) ongevallen (+10% respectievelijk +15%, beide niet significant). Elvik meldt daarnaast een, eveneens niet-significante, toename van het aantal letselongevallen van +13%, maar zonder uitsplitsing naar flank- en kop-staartongevallen. Omdat de effecten niet significant zijn, zijn deze studies niet in onderstaande overzichtstabel opgenomen. Bovendien maakt Erke (2008) geen uitsplitsing naar ernst van het ongeval, zodat in die studie niet duidelijk is hoe de totale ernstgraad van ongevallen als gevolg van roodlichtcamera's verandert.

De enige Nederlandse studie betreft een evaluatiestudie in de stad Amersfoort (Dobbenberg, 2006; Via Verkeersadvies, 2005). Deze studie liet een afname van -20% van het aantal letselongevallen zien als gevolg van roodlichtcamera's. Dit is vergelijkbaar met de effectschattingen die in de buitenlandse literatuur worden gevonden. Er werd in deze studie echter geen effect op het aantal kop-staartongevallen geconstateerd.

Op basis van de studies in *Tabel 3.17* kan gesteld worden dat het plaatsen van roodlichtcamera's gemiddeld leidt tot een reductie van het aantal letselongevallen van -20 tot -30%. Daarbij moet worden opgemerkt dat de resultaten van buitenlandse studies (die in de meta-analyses zijn opgenomen) uiteenlopen en buiten deze bandbreedte kunnen vallen. Zoals hierboven gesproken zijn er zelfs studies (Erke, 2008; Elvik, 2009) waarin negatieve effecten op de verkeersveiligheid zijn gevonden. Het is uit onderzoek niet duidelijk welke factoren de verschillen tussen de reductiepercentages verklaren, maar mogelijk gaat het om fasering van de verkeerslichten, het overtredingspercentage vóór cameraplaatsing, de vooraanduiding van camera's met borden, en de zichtbaarheid van de camera's (SWOV, 2011).

Studie	Voor-nastudie	Controle-groep	Statistische toetsen	Voldoende aantallen	Periode onderzoeks-gegevens	Nederlands onderzoek	Meta-studie
Aeron-Thomas & Hess (2005)	–	–	–	–	1988 t/m 2002	–	√
Retting et al. (2003)	–	–	–	–	1991 t/m 2002	–	√
Dobbenberg (2006), Via Verkeersadvies (2005)	√	√	-	√	1995 t/m 2003	√	–

Tabel 3.17. *Beoordeling van studies naar het effect van handhaving op roodlichtnegatie.*

Roodlichtcamera's hebben tot doel om het aantal ongevallen terug te dringen. We verwachten in dit geval dus dat het effect op het aantal ernstig verkeersgewonden en het aantal verkeersdoden gelijk is aan het effect op het aantal letselongevallen. In dit geval speelt er echter ook iets anders mee. Uit de literatuur blijkt dat het aantal kop-staartongevallen toeneemt als gevolg van roodlichtcamera's, terwijl het aantal flankongevallen afneemt. Wanneer kop-staartbotsingen over het algemeen minder ernstig aflopen dan flankongevallen, is het effect op het aantal ernstig verkeersgewonden en het aantal verkeersdoden groter dan op het aantal letselongevallen. We bevelen echter aan om ook voor ernstig verkeersgewonden en doden uit te gaan van een (voorzichtige) effectschatting van -20 tot -30%.

3.11.3. *Kosten*

Volgens Wijnen, Mesken & Vis (2010) bedragen de aanschaf- en montagekosten van vaste camera's ongeveer 60.000 euro per camera (omgerekend naar prijspeil 2011). Dit is gebaseerd op een prijsopgave van een leverancier van camera's. Het betreft de kosten van de camera, paal en keuring bij plaatsing. Kosten van aansluiting op het elektriciteits- en KPN-netwerk hangen sterk af van de locatie van de camera en kunnen oplopen van 3.000 tot 50.000 euro per paal. Indien meerdere camera's op een kruispunt worden geplaatst, zijn de kosten per camera lager. Daarnaast zijn er kosten van ongeveer 90.000 euro voor een 'backoffice'-systeem, dat dient voor zaken als het bedienen van de camera op afstand, downloaden van foto's en het uitdraaien van statistieken. Als er echter al een backoffice systeem aanwezig is zal het plaatsen van extra camera's niet tot extra kosten daarvoor leiden. De onderhoudskosten bedragen ongeveer 200 euro per camera per jaar (Wijnen, Mesken & Vis, 2010).

Literatuur

- Aarts, L.T. & Schagen, I.N.L.G. van (2006). *Driving speed and the risk of road crashes; a review*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 38, p. 215-224.
- Aeron-Thomas, A.S. & Hess, S. (2005). *Red-light cameras for the prevention of road traffic crashes*. In: The Cochrane Database of Systematic Reviews, 2005, Nr. 2 (April).
- Beenker, N.J. (2004). *Evaluatie 60 km/uur projecten; Eindrapport*. WE101-R12 2004. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- Berends, E.M. & Stipdonk, H.L. (2009). *De veiligheid van voetgangers en fietsers op 30km/uur-erftoegangswegen: de invloed van de inrichting van erftoegangswegen binnen de bebouwde kom op ongevallen tussen langzaam verkeer en motorvoertuigen*. R-2009-6. 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. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Clemen, R.T. & Winkler, R.L. (1999). *Combining probability distributions from experts in risk analysis*. In: Risk Analysis, 19, nr. 2, 187-203.
- CROW (1998). *Eenheid in rotondes*. Publicatie 126. CROW, Ede
- CROW (2002). *Handboek wegontwerp - Gebiedsontsluitingswegen*. Publicatie 164c. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2007). *Richtlijn verkeersplateaus*. Publicatie 244. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2008). *Handboek verkeersveiligheid*. Publicatie 261. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2010). *Standaardsystematiek Kostenramingen 2010 - SSK-2010. Handreiking voor kostenmanagement*. Publicatie 137. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- Davidse, R.J. (red.) (2011). *Bermongevallen: karakteristieken, ongevals-scenario's en mogelijke interventies; Resultaten van een dieptestudie naar bermongevallen op 60-, 70-, 80- en 100km/uur-wegen*. R-2011-24. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Delhaye, E. (2002). *Kosten-baten analyse van het vervangen van een geregeld kruispunt door een rotonde*. In: Tijdschrift voor Economie en Management, vol XLVII, nr. 4, p. 577-605.

Dijkstra, A. (2005). *Rotondes met vrijliggende fietspaden ook veilig voor fietsers?* R-2004-14. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Dobbenberg, H. (2006). *Effecten van roodlichtnegatie op de verkeersveiligheid en veiligheidsverhogende maatregelen*. Stageverslag. BVOM, Soesterberg.

Doumen, M.J.A. & Weijermars, W.A.M. (2009). *Hoe duurzaam veilig zijn de Nederlandse wegen ingericht?* D-2009-5. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Dussen, P. van der (2002). *Beleids-effectrapportage verkeersveiligheid 1997-1999: studie naar het effect en rendement van een zestal infrastructurele maatregelen*. Afstudeerverslag. Nationale Hogeschool voor Toerisme en Verkeer NHTV, Breda.

Elvik, R. (1997). *Effects on accidents of automatic speed enforcement in Norway*. In: Transportation Research Record, vol. 1595, p. 14-19.

Elvik, R., Christensen, P. & Amundsen, A. (2004). *Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model*. TØI report 740/2004. Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

Elvik, R., Høy, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). *Part II Road Safety Measures; Traffic Control*. In: The handbook of road safety measures. Second Edition ed. Emerald Group Publishing Limited, Bingley, p. 143-1079.

Erke, A. (2008). *Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: A review of empirical evidence*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 40, nr. 1, p. 167-173.

Fietsberaad (2008). *Fietspad of parallelweg; Fietsberaadpublicatie 16*. Fietsberaad, Rotterdam.

Fortuijn, L.G.H. (2000). *Duurzaam Veilige Verkeerslichten*. Het kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte. CROW, Ede.

Fortuijn, L.G.H. (2005a). *Veiligheidseffect turborotondes in vergelijking met enkelstrook rotondes*. In: Verkeerskundige werkdagen 2005, Ede.

Fortuijn, L.G.H. (2005b). *Voorrangsregeling fietsers op rotondes; overzicht van gegevens uit Nederlandse studies sinds 2000*. In: Verkeerskundige werkdagen 2005, Ede.

Fortuijn, L.G.H. (2009). *Turbo roundabouts: Design principles and safety performance*. TRB 2009 Annual Meeting CD-ROM. TRB, Den Haag / Delft.

Fortuijn, L.G.H., Carton, P.J. & Feddes, B.J. (2005). *Veiligheidseffect van kruispuntplateaus in gebiedsontsluitingswegen*. In: Verkeerskundige werkdagen 2005, Ede.

Gains, A., Heydecker, B., Shrewsbury, J. & Robertson, S. (2004). *The National safety camera programme*. Three year evaluation report. PA Consulting Group, London.

Gains, A., Nordstrom, M., Heydecker, B., Shrewsbury, J., et al. (2005). *The National safety camera programme*. Four year evaluation report. PA Consulting Group, London.

Gerts, F.H.J. (2002). *CROW-tonde of rotonde? Een onderzoek naar de verkeersveiligheid op enkelstrooksrotondes binnen de bebouwde kom*. Stagerapport. NHTV, Breda.

Godefrooij, H., Wildt, L. de, Berndsen, J. & Boggelen, O. van (2008). *Fietspad of parallelweg? Fietsberaad*, Rotterdam.

Goldenbeld, C., Bijleveld, F.D., Craen, S. de & Bos, N.M. (2004). *Effectiviteit van snelheidstoezicht en bijbehorende publiciteit in Fryslân: effecten op snelheidsovertredingen en ongevallen op 80 en 100 km/urwegen in de periode 1998-2002*. R-2003-27. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Goldenbeld, C. & Schagen, I.N.L.G van (2005). *The effects of speed enforcement with mobile radar on speed and accidents. An evaluation study on rural roads in the Dutch province Friesland*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 37, p. 1135-1144.

Goudappel Coffeng & AVV (2005). *Veilig op weg; Monitoring Startprogramma Duurzaam Veilig; Eindverslag*. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

Grontmij (2002). *Effecten en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen*. Grontmij Verkeer & Infrastructuur, De Bilt.

Hanae, D.M., Jagtman, H.M., Alphen, L.L.M.M. van & Ale, B.J.M. (2010). *Quantitative and qualitative analysis of the expert and non-expert opinion in fire risk in buildings*. In: Reliability Engineering and system safety, 95, 729-741.

Jaarsma, R., Louwerse, R., Dijkstra, A., de Vries, J., et al. (2011). *Making minor rural road networks safer: The effects of 60km/h-zones*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 43, nr. 4, p. 1508-1515.

Janssen, S.T.M.C. (1992). *Veiligheid van ongelijkvloerse kruispunten op enkelbaanswegen*. R-92-35. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Janssen, S.T.M.C. (2005). *De Verkeersveiligheidsverkenner gebruikt in de regio; De rekenmethode en de aannamen daarin*. R-2005-6. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Keall, M.D., Povey, L.J. & Frith, W.J. (2002). *Further results from a trial comparing a hidden speed camera programme with visible camera operation*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 34, p. 773-777.

Mathijssen, M.P.M. & Craen, S. de (2004). *Evaluatie van de regionale verkeershandhavingsplannen; Effecten van geïntensiveerd politietoezicht op verkeersgedrag en verkeersonveiligheid*. R-2004-4. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Mesken, J. (2011). *De evaluatie van verkeerseducatieprogramma's; Aanbevelingen voor effectmeting en een voorstel voor een verkort meetinstrument*. R-2011-8. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van (1990). *Ongevallen op rotondes; Vergelijkende studie van de onveiligheid op een aantal locaties waar een kruispunt werd vervangen door een 'nieuwe' rotonde*. R-90-47. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van (1995). *Rotondes en voorrangregelingen*. R-95-58. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

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

OECD (2012). *Sharing road safety; developing an international framework for crash modification functions*. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Parijs.

Oei, H.L. & Polak, P.H (1992). *Effect van automatische waarschuwing en toezicht op snelheid en ongevallen; Resultaten van een evaluatie-onderzoek in vier provincies*. R-92-23. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Overkamp, D.P. (2000a). *Duurzaam Veilig in de provincie Zuid-Holland; Kosten en effecten van infrastructurele maatregelen; Hoofdrapport*. In opdracht van provincie Zuid-Holland en Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland. Q2139-01.001. DHV Milieu en Infrastructuur BV, Amersfoort.

Overkamp, D.P. (2000b). *Duurzaam Veilig in de provincie Zuid-Holland; Kosten en effecten van infrastructurele maatregelen; Bijlagenrapport*. In opdracht van provincie Zuid-Holland en Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland. Q2139-01,001. DHV Milieu en Infrastructuur BV, Amersfoort.

Retting, R.A., Ferguson, S.A. & Hakkert, A.S. (2003). *Effects of red light cameras on violations and crashes: A review of the international literature*. In: Traffic Injury and Prevention, vol. 4, p. 17-21.

Reurings, M.C.B., Stipdonk, H.L., Minnaard, F. & Eenink, R.G. (2012) *Waarom is de ontwikkeling van het aantal ernstig verkeersgewonden anders dan die van het aantal verkeersdoden?* R-2012-9. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

RWS (2003). *Evaluatie 80 km /uur maatregel A13 Overschie; Doorstroming en verkeersveiligheid*. Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland, Rotterdam.

Schepers, J.P., Kroeze, P.A., Sweers, W. & Wüst, J.C. (2011). *Road factors and bicycle–motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, nr. 3, p. 853-861.

Schermers, G. (2010). *EVIO-handleiding voor onderzoek naar de verkeersveiligheidseffecten van infrastructurele maatregelen*. D-2010-6. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Schoon, C.C. & Bos, J.M.J. (1983). *Boomongevallen; een verkennend onderzoek naar de frequentie en ernst van botsingen tegen obstakels, in relatie tot de breedte van de obstakelvrije zone*. R-83-23. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam

Steenart, C., Overkamp, D. & Kranenburg, A. (2004). *Bestaat de ideale 30 km/h-wijk? Evaluatie van twintig sober ingerichte 30 km/h-gebieden. Hoofdrapport+Bijlagen*. In opdracht van Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer AVV. DHV Milieu en Infrastructuur, Amersfoort

Stefan, C. (2006). *Section control – automatic speed enforcement in the Kaisermühlentunnel (Vienna, A22 Motorway)*. Austrian Road Safety Board KvF, Vienna.

SWOV (2010a). *Zone 30: verblijfsgebieden in de bebouwde kom*. SWOV-Factsheet, december 2010. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

SWOV (2010b). *Fietsvoorzieningen op gebiedsontsluitingswegen*. SWOV-Factsheet, december 2010. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

SWOV (2011). *Effecten van politietoezicht op het gebruik van beveiliging middelen, bromfietshelmen en op roodlichtovertredingen*. SWOV-Factsheet, oktober 2011. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012a). *Rotondes*. SWOV-Factsheet, januari 2012. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012b) *De relatie tussen snelheid en ongevallen*. SWOV-Factsheet, april 2012. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

SWOV (2013). *Bermongevallen*. SWOV-Factsheet, maart 2013. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Thijssen, G., Wagenaar, M., Knol, A. & Kroeze, P. (2001). *Erfaansluitingen en verkeersveiligheid*. In opdracht van CROW, Ede. CRW040/Wam/1336. Goudappel Coffeng, Deventer.

Via Verkeersadvies (2005). *Verkeersveiligheidsanalyses Gemeente Amersfoort*. Via Verkeersadvies, Vught.

Vis, A.A. & Kaal, I. (1993). *De veiligheid van 30 km/uur-gebieden*. R-93-17. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Weijermars, W. (2001). *Vorrang aan veiligheid op rotondes; Een onderzoek naar de veiligheid van verschillende voorrangregelingen voor fietsers op rotondes met vrijliggende fietspaden*. Afstudeerscriptie. Universiteit Twente, Enschede.

Welleman, A.G. & Dijkstra, A. (1988). *Veiligheidsaspecten van stedelijke fietspaden: bijdrage aan de werkgroep "Bromfietsers op fietspaden?" van de stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek C.R.O.W.* R-88-20. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Wesemann, P. (2000). *Verkeersveiligheidsanalyse van het concept-NVVP. Deel 2: Kosten en kosteneffectiviteit*. D-2000-9 II. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Wesemann, P. & Devillers, E.L.C. (2003). *Kosten-batenanalyse van verkeersveiligheidsmaatregelen*. R-2003-32. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Wijnen, W., Mesken, J. & Vis, M.A. (2010). *Effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen*. R-2010-9. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Wijnen, W. & Stroeker, N.E. (2009). *Uitgaven aan verkeersveiligheid; Een schatting voor 2007*. R-2009-17. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Bijlage 1

Deelnemers Delphi-studie per maatregel

30 km/uur zones

Atze Dijkstra, SWOV
Henk Stipdonk, SWOV
Hillie Talens, CROW
Pieter van Vliet, DVS
Adriaan Walraad, Gemeente Den Bosch

60 km/uur zones

Atze Dijkstra, SWOV
Rinus Jaarsma, gepensioneerd, voorheen Wageningen Universiteit
Robert Louwerse, SWOV
Kees Slabbekoorn, Waterschap Scheldestromen
Pieter van Vliet, DVS

Vrijliggende fietspaden

Rob van der Ban, gemeente Amsterdam
Atze Dijkstra, SWOV
Wim Salomons, Wim Salomons verkeerskundig ontwerp
Paul Schepers, DVS
Wendy Weijermars, SWOV

Aanleg parallelwegen

Leonid Braimaister, provincie Zuid Holland
Atze Dijkstra, SWOV
Hans Godefrooij, DTV consultants
Peter van Hoek, provincie Overijssel
Robert Louwerse, SWOV
Domien Overkamp, RoyalHaskoningDHV
Govert Schermers, SWOV

Obstakelvrije afstand

Leonid Braimaister, provincie Zuid Holland
Atze Dijkstra, SWOV
Hans Godefrooij, DTV consultants
Peter van Hoek, provincie Overijssel
Erik Mansvelder, Grontmij
Domien Overkamp, RoyalHaskoningDHV
Govert Schermers, SWOV
Leonie van Sluijs, provincie Zeeland
Pieter van Vliet, DVS

Ongelijkvloerse kruisingen

Atze Dijkstra, SWOV
Rien van der Drift, RWS DZH
Sjoerd Hoekstra, provincie Friesland/RoyalHaskoningDHV
Peter Roskam, provincie Utrecht
Govert Schermers, SWOV
Pieter van Vliet, DVS
Aanleg rotondes binnen bebouwde kom

Dirk de Baan, RoyalHaskoningDHV
Atze Dijkstra, SWOV
Bertus Fortuijn, gepensioneerd
Henk Stipdonk, SWOV
Pieter van Vliet, DVS

Bijlage 2

Berekening reductiepercentages snelheidshandhaving

Voor de berekening van de reductiepercentages voor het maatregelpakket Intensivering handhaving snelheid is gebruikgemaakt van de volgende formule gerekend (Nilsson, 2004; Elvik et al. 2004; 2009):

$$X_2 = X_1 R^y$$

waarbij

- X_1 het aantal slachtoffers of ongevallen met snelverkeer op de betreffende wegen vóór invoering van de maatregel
 X_2 het aantal slachtoffers of ongevallen met snelverkeer op de betreffende wegen ná invoering van de maatregel
 R de betreffende reductiefactor op de snelheid (afhankelijk van de gekozen methode en betreffende wegtype)

De machten voor de boven- en ondergrens zijn in onderstaande tabel gegeven naar letselernst en slachtoffer of ongeval (Elvik, 2009).

Ongevalsernst	Wegen buiten de bebouwde kom (incl. ASW)		Wegen binnen de bebouwde kom	
	Beste schatting exponent	95%-betrouwbaar- heidsinterval	Beste schatting exponent	95%-betrouwbaar- heidsinterval
Dodelijke ongevallen	4,1	(2,9-5,3)	2,6	(0,3-4,9)
Slachtoffers met dodelijk letsel	4,6	(4,0-5,2)	3,0	(-0,5-6,5)
Ongevallen met ernstig letsel	2,6	(-2,7-7,9)	1,5	(0,9-2,1)
Slachtoffers met ernstig letsel	3,5	(0,5-5,5)	2,0	(0,8-3,2)
Ongevallen met licht letsel	1,1	(0,0-2,2)	1,0	(0,6-1,4)
Slachtoffers met licht letsel	1,4	(0,5-2,3)	1,1	(0,9-1,3)

Tabel B.1. De exponenten van de machtsfuncties voor de relatie tussen snelheid en ongevallen/slachtoffers met verschillende letselernst (Elvik, 2009).

De reductiefactor voor de betreffende veiligheidsmaat of ernstgraad is gelijk aan R^y . Boven- en ondergrenzen voor de reductiefactor kunnen worden uitgerekend door de boven- en ondergrenzen uit *Tabel B.1* in te vullen. Het reductiepercentage is gelijk aan $100\% - (1 - R^y)\%$. Voor de maatregel Intensivering handhaving snelheid zijn op deze manier de reductiepercentages voor doden en ziekenhuisgewonden met een boven- en ondergrens berekend.