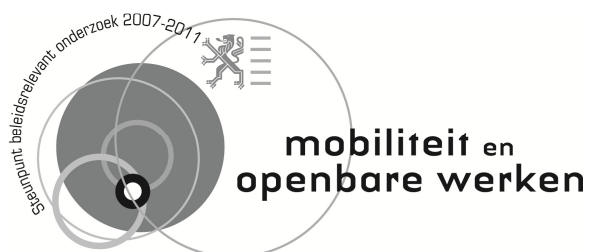


Het programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten op gewestwegen in Vlaanderen: een effectevaluatie.

RA-MOW-2011-021

E. De Pauw, S. Daniels, T. Brijs, E. Hermans, G. Wets

Onderzoekslijn WP2: Infrastructuur



DIEPENBEEK, 2012.
STEUNPUNT MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN
SPOOR VERKEERSVEILIGHEID

Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-MOW-2011-021
Titel: Het programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten op gewestwegen in Vlaanderen: een effectevaluatie.

Auteur(s): E. De Pauw, S. Daniels, T. Brijs, E. Hermans, G. Wets
Promotor: Prof. dr. Geert Wets
Onderzoekslijn: Infrastructuur
Partner: Universiteit Hasselt
Aantal pagina's: 65

Projectnummer Steunpunt: 2.3
Projectinhoud: In dit project wordt een wetenschappelijke effectmeting uitgevoerd van het programma 'aanpak van gevaarlijke punten'.

Uitgave: Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken – Spoor Verkeersveiligheid, maart 2012.

Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken
Spoor Verkeersveiligheid
Wetenschapspark 5
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 91 12
F 011 26 91 99
E info@steunpuntmowverkeersveiligheid.be
I www.steunpuntmowverkeersveiligheid.be

Samenvatting

Om Vlaanderen verkeersveiliger te maken en de doelstellingen aangaande het aantal doden en zwaar gewonden te bereiken, besliste de Vlaamse regering in 2002 een selectie te maken van de gevaarlijkste punten in Vlaanderen en hiervan de infrastructuur aan te passen. Daartoe werden punten geselecteerd op basis van het aantal slachtoffers die gewond raakten in een verkeersongeval gedurende drie opeenvolgende jaren en de ernst van hun letsel. Momenteel is het programma nog lopende, maar zijn reeds een groot aantal punten heringericht. Vlaams minister van Mobiliteit en Openbare Werken Hilde Crevits stelde aan het Steunpunt Mobiliteit en Openbare Werken, spoor Verkeersveiligheid de vraag de effectiviteit van de reeds aangepakte punten op de verkeersveiligheid te onderzoeken.

Om het effect op de verkeersveiligheid te onderzoeken werd nagegaan welke invloed de herinrichting had op het aantal letselongevallen en ernstige ongevallen. Daartoe werd gebruik gemaakt van een voor- en nastudie, waarbij het aantal ongevallen voor de herinrichting van het gevaarlijke punt werd vergeleken met het aantal ongevallen na de herinrichting. Bij dergelijke vergelijking is het belangrijk ook rekening te houden met andere factoren die gedurende de onderzoeksperiode een invloed hadden op het ongevallenaantal, zoals de effecten van andere verkeersveiligheidsmaatregelen, de gedeeltelijke toevalligheid van het ontstaan van ongevallen, veranderingen in verkeersvolume en autonome evoluties in de verkeersonveiligheid. Daarom werd de Empirical Bayes methode gehanteerd die internationaal aanvaard wordt als de beste standaard in evaluatie-onderzoek omtrent verkeersonveiligheid. Deze methode vergelijkt het aantal ongevallen na een interventie met de situatie voordien en houdt daarbij rekening met andere factoren die mogelijk een invloed hadden op het ongevallenaantal. In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een vergelijkingsgroep om beïnvloedende factoren zoals generieke veranderingen in het verkeersvolume, andere verkeersveiligheidsmaatregelen en weersomstandigheden in rekening te brengen. Daarnaast werd door het hanteren van statistische technieken ook gecorrigeerd voor het zogenoemde regressie-naar-het-gemiddelde-effect.

Om het effect van een maatregel op een bepaalde locatie te kunnen evalueren is er nood aan minimaal één jaar ongevallendata in de periode voor en na dat de maatregel werd doorgevoerd. Tevens dienen deze ongevallendata geografisch gelokaliseerd te zijn om een selectie van de ongevallen in de buurt van het onderzochte punt mogelijk te maken. Aangezien deze gelokaliseerde ongevallendata voor Vlaanderen beschikbaar zijn tot en met 2008, konden alle gevaarlijke punten die werden opgeleverd en opengesteld voor het verkeer tot en met 2007 worden opgenomen. Op die manier werden uiteindelijk 134 punten, allen kruispunten, geselecteerd die konden geëvalueerd worden. Om te controleren voor trendeffecten in verkeersongevallen werd een vergelijkingsgroep gehanteerd bestaande uit locaties die werden geselecteerd als gevaarlijke punt, maar waar de werken pas gestart zijn na 2008 of tot op heden nog niet gestart zijn. Deze locaties werden geselecteerd, aangezien deze op verschillende gebieden goed vergelijkbaar zijn met de onderzochte locaties. Ze komen namelijk uit dezelfde originele set van gevaarlijke punten, terwijl ze verschillen van de onderzochte locaties doordat er tijdens de gehele onderzoeksperiode geen verkeersveiligheidsmaatregel werd uitgevoerd. Deze vergelijkingsgroep bestond uit 211 gevaarlijke punten. Daarnaast werd ook een tweede vergelijkingsgroep gehanteerd, zijnde de algemene ongevallentrend in Vlaanderen.

Een meta-analyse van alle 134 punten, met als vergelijkingsgroep de nog niet heringerichte gevaarlijke punten, vond een significante daling in het aantal letselongevallen van 24% tot 27%, afhankelijk van de gebruikte vergelijkingsgroep. Deze daling is volledig toe te schrijven aan de infrastructurele herinrichting van deze punten, aangezien andere factoren die mogelijk een invloed hadden op het ongevallenaantal werden geëlimineerd.

Ook voor de ernstige ongevallen werd een significante daling gevonden. Afhankelijk van

de gebruikte vergelijkingsgroep daalde het aantal ongevallen met doden en zwaar gewonden van 40 tot 52%.

Tevens werd onderzocht of er een significant verschil is in de effectiviteit, naargelang de kenmerken van het kruispunt en het type aanpassing. Deze analyses vertonen slechts beperkte resultaten. Zo blijkt er een randsignificant verschil te zijn tussen locaties, afhankelijk van de inrichting vooraleer de werken werden uitgevoerd. Locaties die in de voorsituatie voorrangsgeregeld waren vertoonden een sterkere daling in het aantal letselongevallen dan locaties die lichtengeregeld waren. Daarnaast blijken ook de locaties met de laagste intensiteit op de hoofdweg de sterkste daling te vertonen in het aantal letselongevallen in vergelijking met locaties met een hogere intensiteit.

Naast een analyse op ongevallenniveau, werd ook onderzocht wat het effect is op slachtofferniveau. Hierbij werd een onderscheid gemaakt naar het type weggebruiker: automobilist en passagiers, bromfietser, fietser, motorrijder, voetganger en vrachtwagenchauffeur. Na controle voor algemene trendeffecten, werd een daling in het aantal gewonden vastgesteld voor elk type weggebruiker.

English summary

Title: The black spot program in Flanders: an effect evaluation.

Abstract

In an attempt to work to a better traffic safety in Flanders and reach the goals of the decrease in numbers of severely and deadly injured, the Flemish Government decided in 2002 to select the most dangerous spots in Flanders and adapt their infrastructure. Spots were selected on the basis of the number and severity of injured as a consequence of traffic crashes in Flanders during three consecutive years. Up to now, the black spot program is still running, however already a lot of spots have been adapted. The Flemish Minister of Mobility and Public Works commissioned the Policy Research Centre Mobility & Public Works, track Traffic Safety to evaluate the effectiveness of those adapted spots on traffic safety.

To examine the traffic safety effectiveness, the number of crashes before the adaptation of the infrastructure were compared with the number of crashes after the adaptation of the black spot. This comparison was made for all injury crashes on the one hand, and for severe crashes, which encompasses only crashes with severely and deadly injured, on the other hand. More specific the Empirical Bayes method was used, which is internationally accepted as the best standard in the evaluation of traffic safety measures. This method compares the number of crashes after the implementation of a measure, with the number of crashes before, taking different confounding variables into account. Those confounding variables are general crash trend, general changes in traffic volumes, and the regression to the mean phenomenon.

In this research the crash trend was taken into account through a comparison group. This group encompassed the dangerous spots which were adapted after 2008 or are not adapted yet up to now. This comparison group was handled as these locations are comparable to the research locations for different characteristics, since these are selected from the same set of dangerous spots. However they differ from the research locations because no traffic safety measure was executed during the research period. Secondly, the total crash trend for Flanders was used as an additional control. Next to the crash trend also the regression to the mean effect, which is an important confounding variable, was controlled.

To evaluate the effectiveness of the adaptation of a traffic safety measure at a certain location, at least one year of crash data before and after the adaptation of the black spot is necessary. To make a selection of the crashes around the black spot, those crash data have to be geographically located. These located crash data are available for Flanders until 2008. Subsequently only black spots that were adapted and open for traffic until 2007 could be evaluated. This led to a final research group of 134 black spots, which were all intersections. The first comparison group, that encompassed all dangerous spots that were adapted after 2008, consisted of 211 black spots.

A meta-analysis of the 134 black spots, found a decrease in crash rates of 24% to 27%, dependent on the comparison group that was used. This decrease is attributable to the adaptation of the black spots, as possible confounding factors were controlled. Also for the severe crashes a significant decrease was found. Dependent on the comparison group, a decrease of 40 to 52% in the number of severely and deadly injured was found.

Next to this, a comparison was executed to examine whether there was a difference in effectiveness, dependent on the characteristics of the intersection and the type of adaptation. However, only a limited number of useful conclusions could be made. An almost significant difference was found dependent on the type of signalisation in the period before the adaptations were executed. The spots that were priority controlled showed a higher effectiveness compared to spots with traffic lights. Also a significant higher effectiveness was found for locations with a lower traffic volume compared to locations with a higher volume.

Next to the crash rates, it was also examined whether there was a difference in the number of injured road users. Here a distinction was made between the different kinds of road users. For every road user, that is car driver and passengers, moped rider, cyclist, motorcyclist, pedestrian and truck driver, a decrease was found from the period before to after the measure.

Inhoudsopgave

GEBRUIKTE AFKORTINGEN	9
1. INLEIDING	10
1.1 Achtergrond en doelstellingen	10
1.2 Totstandkoming van dit onderzoeksrapport	11
1.3 Structuur van het onderzoeksrapport	11
2. HET GEVAARLIJKE PUNTEN PROGRAMMA.....	13
2.1 Betrokken actoren	13
2.2 Selectie gevaarlijk punten	13
2.2.1 Definitie gevaarlijk punt	13
2.2.2 Selectie van de gevaarlijke punten in Vlaanderen	14
2.3 Analyse van de locatie en selectie van oplossingen	15
2.4 Implementatie van de aanpassingen	17
2.5 Financiering	18
3. METHODIEK.....	20
3.1 Procesevaluatie versus effectevaluatie	20
3.2 Voor- en nastudie	21
3.2.1 Vertekenende factoren in voor- en nastudies	21
3.3 De Empirical Bayes methode	23
3.3.1 De berekening van de effectiviteit van een maatregel op één locatie	24
3.3.2 Meta-analyse	26
3.3.3 Vergelijkende analyse tussen kenmerken	26
3.4 Vergelijkingsgroep	27
3.4.1 Echte locaties	27
3.4.2 Het statistisch model	28
4. SELECTIE VAN DATA	29
4.1 Selectie van de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroepen	29
4.1.1 De onderzoeksgroep	29
4.1.2 Vergelijkingsgroep	33
4.2 Selectie van ongevallendata	36
5. RESULTATEN.....	41
5.1 Effectiviteit per locatie	41
5.2 Effectiviteit overheen alle locaties	44

5.2.1	<i>Letselongevallen</i>	44
5.2.2	<i>Ernstige ongevallen</i>	45
5.3	Vergelijkende analyses afhankelijk van kenmerken van de locatie	46
5.3.1	<i>Effectiviteit per categorie</i>	46
5.3.2	<i>Vergelijkende analyse</i>	50
5.4	Effectiviteit naar betrokken weggebruiker	53
5.4.1	<i>Evolutie aantal gewonden naar aard van weggebruikers</i>	53
5.4.2	<i>Vergelijkende analyse voor en na het uitvoeren van de aanpassingen</i>	55
6.	DISCUSSIE.....	57
6.1	Vergelijking met andere resultaten	57
6.1.1	<i>Vergelijking met buitenlandse studies</i>	57
6.1.2	<i>Vergelijking met monitoring door TV3V</i>	57
6.2	Bespreking van de gevonden resultaten	59
6.2.1	<i>Algemene effectiviteit</i>	59
6.2.2	<i>Effectiviteit naargelang de kenmerken van de locaties</i>	59
6.2.3	<i>Betrokken weggebruikers</i>	60
6.2.4	<i>Representativiteit van de onderzochte locaties voor het volledige programma gevaarlijke punten</i>	60
7.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	62
7.1	Conclusies	62
7.2	Aanbevelingen	62
8.	LITERATUURLIJST	64

GEBRUIKTE AFKORTINGEN

AWV: Agentschap Wegen en Verkeer

BIVV: Belgisch Instituut voor Verkeersveiligheid

EB: Empirical Bayes methode

FOD: Federale Overheidsdienst

FOP: Fietsoversteekplaats

GBC: Gemeentelijke Begeleidingscommissie

PAC: Provinciale Auditcommissie

PCV: Provinciale Commissie Verkeersveiligheid

FFEU: Financieringsfonds voor schuldafbouw en Eenmalige Investeringsuitgaven

TV3V: Tijdelijke Vennootschap Veiliger Verkeer Vlaanderen

VIF: Vlaams Infrastructuur Fonds

VRI: verkeersregelinstanties

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond en doelstellingen

In een poging om de achterstand in verkeersveiligheid ten opzichte van de beter presterende Europese landen in te halen, stelde de Vlaamse Regering in 2001 het Ontwerp Mobiliteitsplan op (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Mobiliteitscel, 2001). Samengevat formuleerde de regering twee doelstellingen aangaande verkeersveiligheid:

- Maximaal 375 doden en dodelijk gewonden in 2010 of een vermindering met meer dan 50% tegenover 1999;
- Maximaal 3.250 zwaargewonden in 2010 of een vermindering met meer dan 50% tegenover 1999.

Om dit te bereiken werden initiatieven uitgevoerd omtrent de drie elementen van belang bij het ontstaan van een ongeval: mens, voertuig en omgeving. Zo werd meer aandacht besteed aan de educatie van weggebruikers, veiligheid van wagens, handhaving van de wetgeving, enzovoort. Om het aspect omgeving aan te pakken, formuleerde de Vlaamse Regering de doelstelling om de gevaarlijkste punten in Vlaanderen weg te werken. Deze punten werden geselecteerd op basis van het aantal gewonden ten gevolge van een verkeersongeval en de ernst van hun verwondingen. Na een grondige analyse werden uiteindelijk 800 gevaarlijke punten geselecteerd. Verschillende soorten infrastructuurwerken werden gepland, gaande van kleine ingrepen, zoals het vernieuwen van wegmarkeringen en het wegnemen van gezichtsbelemmerende elementen, tot ingrijpende aanpassingen, zoals aanleg van rotondes, bruggen en tunnels, conflictvrije verkeerslichten regel installaties, enzovoort. De financiering van het gevaarlijke puntenprogramma werd hoofdzakelijk ter beschikking gesteld door het FFEU (Financieringsfonds voor schuldafbouw en Eenmalige Investeringsuitgaven) (het Rekenhof, 2011).

Het herinrichten van gevaarlijke punten verloopt overheen verschillende fasen. In een eerste fase worden de gevaarlijke punten geïdentificeerd, gevolgd door een grondige analyse die de oorzaak van het hoge ongevalratio tracht te achterhalen. Deze analyse leidt vervolgens tot een voorstel van noodzakelijke aanpassingen, waarna de aanpassingen worden doorgevoerd. Een laatste element betreft de evaluatie van de effectiviteit van de ingevoerde oplossingen. Momenteel zijn de identificatie en analyse van de gevaarlijke punten reeds achter de rug, de aanpassingen volop aan de gang. Eind oktober 2011 was 63% van de grote ingrepen volledig uitgevoerd. Een grondige evaluatie van de effectiviteit van deze aanpassingen in het kader van verkeersveiligheid is nog niet gebeurd. Dergelijke evaluatie betreft eveneens een belangrijke stap in het gehele proces, aangezien dit zicht biedt op de resultaten die deze aanpassingen teweegbrachten, helpt om te leren voor de ontwikkeling van toekomstige maatregelen en aanduidt in welke mate middelen goed werden geïnvesteerd.

Vlaams minister van Mobiliteit en Openbare Werken Hilde Crevits gaf aan het Steunpunt MOW, spoor Verkeersveiligheid de opdracht de effecten van het gevaarlijke punten programma op de verkeersveiligheid te evalueren. De centrale vraag van dit rapport betreft: **"Wat is het effect van de infrastructurele aanpassing van de gevaarlijke punten op de verkeersveiligheid?"** Hierbij wordt de verkeersveiligheid uitgedrukt in het aantal en de ernst van de ongevallen dat door het aanpassen van de infrastructuur vermeden werd.

1.2 Totstandkoming van dit onderzoeksrapport

Dit onderzoeksrapport kadert in het meerjarenprogramma van het Steunpunt MOW, spoor Verkeersveiligheid, meerbepaald als project in het werkpakket Infrastructuur.

In het kader van dit project werden tot dusver de volgende stappen gezet:

- Een internationale literatuurstudie over mogelijke evaluatiemethodes om de effectiviteit van de herinrichting van gevaarlijke punten in te schatten (Moons E., 2009. Evaluatie van het programma 'gevaarlijke punten': audit van bestaande evaluatieprogramma's, Diepenbeek: Steunpunt MOW, spoor Verkeersveiligheid, RA-MOW-2009-012, 33 pp.)
- Een rapport dat de impliciete criteria in beeld brengt die gehanteerd worden bij het heraanleggen van gevaarlijke punten (De Ceunynck T., Janssen N., Daniels S., Brijs T. Beslissingscriteria bij de heraanleg van gevaarlijke punten: Een empirische analyse aan de hand van classificatiebomen, Diepenbeek: Steunpunt MOW, spoor Verkeersveiligheid, RA-MOW-2011-003, 90 p.).
- Het verzamelen van basisdata met betrekking tot een set van gevaarlijke punten zoals de geocode, het jaartal van de herinrichting, verkeersintensiteiten, ongevallen, infrastructuur- en omgevingskenmerken.
- Een rapport waarin, aan de hand van de verzamelde basisdata over de gevaarlijke punten en hun omgevingskenmerken, statistische modellen worden ontwikkeld om de verwachte ongevallenfrequentie in functie van een aantal geometrische kenmerken en verkeerskenmerken te modelleren (De Ceunynck, T, Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., Wets, G. Identification of factors contributing to the occurrence of crashes at high-risk locations, Diepenbeek: Steunpunt MOW, spoor Verkeersveiligheid, in review).

Tijdens een overlegvergadering op 16 juni 2011 werd een gedetailleerd onderzoeksplan voorgelegd en besproken met afgevaardigden van het kabinet van de functioneel bevoegde minister voor Mobiliteit en Openbare Werken, het Agentschap Wegen en Verkeer, de afdeling Beleid Mobiliteit en Verkeersveiligheid van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken en TV3V. Tijdens deze vergadering werd de werkwijze en planning voor de wetenschappelijke evaluatie van het programma gevaarlijke punten vastgelegd en werden afspraken gemaakt over de te gebruiken data.

1.3 Structuur van het onderzoeksrapport

Het rapport is als volgt gestructureerd: Hoofdstuk 2 schetst het verloop van de aanpak van gevaarlijke punten. Hierbij wordt tevens weergegeven welke oplossingen werden voorgesteld, en wat de realisatiegraad is van de geplande werken tot op heden. In het derde hoofdstuk wordt de methodiek uitgeschreven die werd gehanteerd om de effectiviteit van de gevaarlijke punten te analyseren. Statistische formules worden uitgeschreven en verklaard. Hoofdstuk 4 geeft aan welke gevaarlijke punten zijn opgenomen in het onderzoek en hoe deze locaties werden geselecteerd. Verder wordt ook een beschrijving gegeven van de ongevallendata en de selectie hiervan in het kader van voorliggende studie. Hoofdstuk 5 beschrijft uitgebreid de resultaten. Hierbij wordt eerst een overzicht van de effectiviteit per punt gegeven, gevolgd door de overkoepelende effectiviteit van alle onderzochte gevaarlijke punten. Tevens wordt bekeken of er een verschil in effectiviteit is naargelang de kenmerken van de locatie (bv provincie en inrichting van het punt). Naast de effectiviteit op ongevallenniveau wordt ook bekeken welk effect de aanpak van de gevaarlijke punten had op het aantal gewonde weggebruikers, waarbij een onderscheid wordt gemaakt naar aard van de

weggebruiker. Hoofdstuk 6 vergelijkt de resultaten uit deze studie met andere reeds uitgevoerde studies, en geeft een analyse van de gevonden resultaten. Hoofdstuk 7 tenslotte geeft een overzicht van de belangrijkste conclusies, samen met enkele aanbevelingen naar de toekomst.

2. HET GEVAARLIJKE PUNTEN PROGRAMMA

Dit hoofdstuk biedt een globaal zicht op het verloop van het gevaarlijke punten programma. In eerste instantie wordt een overzicht van de betrokken actoren geschetst. Vervolgens worden de verschillende fasen van het programma beschreven, gaande van de selectie van de gevaarlijke punten, over de analyse van deze punten en het zoeken en kiezen van oplossingen tot de implementatie van de voorgestelde oplossingen. Tevens wordt een overzicht gegeven van de voorgestelde aanpassingen en een huidige stand van zaken van het doorvoeren van deze oplossingen. Tenslotte wordt een korte beschrijving van de financiële input gegeven.

2.1 Betrokken actoren

In het gehele verloop van dit programma zijn verschillende actoren betrokken. In eerste instantie de Vlaamse Overheid, welke de opdrachtgever was en financiering biedt uit het FFEU. Hierbinnen treedt AWV (Agentschap Wegen en Verkeer) op als belangrijke actor, welke fungeert als wegbeheerder en bouwheer. De provinciegouverneur zorgt voor de coördinatie van gemeenten en politiezones. Een belangrijk deel van de taken werd opgenomen door TV3V (Tijdelijke Vereniging Veilig Verkeer Vlaanderen), welke is opgericht in het kader van het gevaarlijke punten programma. Deze tijdelijke vereniging werd samengesteld uit drie partners: ARCADIS Belgium, Grontmij Vlaanderen en Technum-Tractebel. Hun taak werd beschreven als gedelegeerd bouwheerschap, dat bestond uit de screening van de projecten, het voorstellen van typeoplossingen, de uitwerking van de voorontwerpen, de voorbereiding van de aanbestedingen, de werkopvolging en het toezicht, de oplevering en het financieel beheer (Rekenhof, 2011). Daarnaast werd ook een stuurgroep opgericht, bestaande uit de Lijn, de federale politie, het BIVV en drie verenigingen (Ouders van Verongelukte Kinderen, de Fietsersbond, en de Voetgangersbeweging).

2.2 Selectie gevaarlijk punten

2.2.1 Definitie gevaarlijk punt

Een universele definitie voor een 'gevaarlijk punt', ook wel 'zwart punt' genoemd, bestaat niet. Elk land interpreteert en selecteert gevaarlijke punten op een andere manier. Wel geeft volgende definitie een goede weergave: "*Any location that has a higher expected number of accidents than other similar locations as a result of local risk factors*" (Elvik, 2007). Deze term verwijst niet noodzakelijk naar kruispunten, maar kan ook wegvakken omvatten. Gevaarlijke punten kunnen gebonden zijn aan een bepaalde karakteristiek van de locatie, zoals scherpe bochten en beperkte zichtbaarheid. Maar gevaarlijke punten zijn vaak moeilijk te definiëren wegens verschillende factoren die hiermee gerelateerd zijn. Deze factoren omvatten onder meer mate en type van risico, karakteristieken van de weg, verkeersvolumes en ernst van ongevallen (Bureau of Transport and Communications Economics, 1995).

De Vlaamse overheid selecteerde gevaarlijke punten in vier fasen, op basis van het aantal letselongevallen op gewestwegen gedurende 1997-2001, en het aantal slachtoffers en de ernst van hun letsel. Een eerste reeks van ongeveer 250 gevaarlijke punten werd geselecteerd in het voorjaar van 2003 op basis van de letselongevallen uit de periode 1997-1999. De tweede reeks van ongeveer 175 punten werd in het najaar van 2003 vastgesteld. Hiervoor werden de gegevens 1997-1999 aangevuld met de prioriteiten uit de periode 1998-2000. Tenslotte werden deze gegevens aangevuld met

de lijst 1999-2001 voor de selectie van de laatste twee jaarprogramma's, respectievelijk 175 punten in het najaar van 2004 en 250 punten in het najaar van 2005. Bij punten die in meerdere reeksen terugkwamen werd de hoogste score in rekening gebracht (persoonlijke communicatie, 16/03/2012).

Elke plaats waar minstens drie letselgevallen gebeurden gedurende die drie jaar, werd geselecteerd. Van deze plaatsen werd een prioriteitsscore berekend om de gevaarlijke locaties te selecteren en te rangschikken. Daartoe werd een gewicht van 1 toegekend aan elk licht gewond slachtoffer, 3 aan elk zwaar gewond slachtoffer en 5 aan elk dodelijk slachtoffer. De som van deze gewichten diende minimaal 15 te zijn om beschouwd te worden als gevaarlijk punt.

$$\text{Prioriteitsscore} = 1 \cdot X + 3 \cdot Y + 5 \cdot Z$$

Met X = aantal lichtgewonden

Y = aantal zwaargewonden

Z = aantal doden 30d¹

Ook werd een prioriteitsscore berekend, waarbij rekening werd gehouden met de betrokkenheid van zwakke weggebruikers, zijnde de fietsers. Daartoe werd het gewicht van ongevallen waar fietsers bij betrokken waren met 50% verhoogd (persoonlijke communicatie TV3V, 22/03/2010).

2.2.2 Selectie van de gevaarlijke punten in Vlaanderen

In de uiteindelijke selectie werden 809 gevaarlijke punten opgenomen. Deze punten betreffen bijna allemaal kruispunten en slechts acht wegvakken. De kruispunten bestaan vooral uit kruispunten met verkeerslichten (49%), gevolgd door voorrangsgeregelde kruispunten (47%). Twee procent bestaat uit rotondes. Een aantal van deze punten liggen op autosnelwegen, waarbij dit meestal punten betreffen aan de op- en afritten, een aantal ligt op ringwegen, maar het grootste aandeel bevindt zich op gewestwegen. Tevens bevinden zich iets meer punten in Antwerpen en Limburg, in vergelijking met andere provincies (zie tabel 1).

Tabel 1: Kenmerken van de gevaarlijke punten waarvoor herinrichting werd gepland (totaal 809 punten)

Aantal locaties (%)		
Inrichting punt		
Wegvak	8	(0,9%)
Kruispunt	801	(99%)
Hollands complex	1	(0,1%)
Lichtengeregeld	361	(45%)
Rechts in, rechts uit	8	(1%)

¹ Dode 30 dagen: Elke persoon die overleed ter plaatse of binnen 30 dagen na de datum van het ongeval (FOD Economie)

Rotonde	14	(2%)
Voorrang van rechts	9	(1%)
Voorrangsgeregeld	350	(43%)
Niet gekend	66	(8%)
Wegcategorie		
Autosnelweg	24	(3%)
Ringwegen	96	(12%)
Gewestweg	689	(85%)
Provincie		
Antwerpen	188	(23%)
Limburg	194	(24%)
Oost-Vlaanderen	160	(20%)
Vlaams-Brabant	131	(16%)
West-Vlaanderen	136	(17%)

2.3 Analyse van de locatie en selectie van oplossingen

Na de selectie van de punten, werden in een tweede stap deze geselecteerde punten grondig geanalyseerd. In een eerste fase binnen deze tweede stap werden de specifieke kenmerken van de locatie geïnventariseerd. Daartoe worden terreinfiches, dwarsprofielen, fotoreportages en een overzicht van de kruispunten binnen een straal van één kilometer verzameld. In een tweede fase wordt de ruimtelijk planologische en verkeersplanologische context geanalyseerd. Ook worden om een duurzame realisatie te bereiken, mogelijke toekomstige ontwikkelingen in de omgeving van het kruispunt onderzocht. Om dit en de volgende stappen uniform te laten verlopen, werd een leidraad opgesteld. Deze leidraad bood basisformulieren en richtlijnen voor het uitvoeren van de verschillende stappen. Deze richtlijnen werden na een aantal jaren opgebouwde ervaring gepubliceerd in het Vademecum Veilige Wegen en Kruispunten (Agentschap Wegen en Verkeer, 2009), dat werd opgesteld door AWV samen met TV3V. Na de analyse wordt gezocht naar mogelijke oplossingen. Hiertoe vormt onder meer de beslissingsboom in het Vademecum een belangrijk hulpmiddel. Door middel van deze beslissingsboom wordt vanuit drie invalshoeken gekomen tot een uiteindelijke voorkeursoplossing.

Een eerste invalshoek betreft een verkeersveiligheidsanalyse op basis van de AVOC-methode (Aanpak VerkeersOngevallenConcentraties). Door middel van deze methode worden de ongevalgegevens geanalyseerd en wordt gezocht naar een dominant ongevalstype. Dit leidt tot de selectie van een aantal mogelijke maatregelen voor de aanpak van het gevaarlijke punt. Deze maatregelen kunnen gaan van beperkte maatregelen binnen de bestaande inrichting, tot grondige wijzigingen, waarbij de gehele inrichting wordt aangepast.

Een tweede invalshoek betreft de verkeersplanologische en ruimtelijke context. Hiertoe worden ruimtelijke structuurplannen en mobiliteitsplannen gehanteerd. Op basis van deze verkeersplanologische context wordt een eerste selectie van mogelijke aanpassingen gemaakt. Aangezien de gevaarlijke punten vooral kruispunten betreffen,

zal hierbij voornamelijk een selectie naar kruispunttype worden gemaakt. Twee factoren worden hierbij in rekening gebracht. Enerzijds de wegencategorie waartoe de verschillende takken van het kruispunt behoren, anderzijds de ruimtelijke context: binnen of buiten de bebouwde kom, en de bestaande en eventueel toekomstige functie van de omgeving. Aan de hand van die factoren worden een aantal mogelijke aanpassingen voor het betrokken kruispunt naar voren geschoven. Daartoe is een tabel beschikbaar, weergegeven in het vademecum (Agentschap Wegen en Verkeer, 2009).

Een derde invalshoek betreft de verkeerskundige en fysische randvoorwaarden. Zo moet er aandacht zijn voor de verkeersbelasting en de fysische inpasbaarheid op het terrein. Ook de landschappelijke aspecten spelen hierbij een belangrijke rol. Met het in rekening nemen van de capaciteit, wordt voor bepaalde punten bekeken of niet beter sturend dan volgend zou gehandeld worden. De heraanleg van het kruispunt kan namelijk ook gebruikt worden om verkeersstromen beter om te leiden. Hierdoor kunnen een aantal kruispuntoplossingen worden geschrappt, waardoor mogelijk tot één voorkeursoplossing wordt gekomen.

In sommige gevallen zullen toch meerdere oplossingen overblijven. In dat geval wordt een kwalitatieve afweging van de verschillende configuraties gemaakt. Daarom worden in het vademecum een aantal aandachtspunten weergegeven, net als voor- en nadelen tussen de verschillende kruispunttypes onderling. Op die manier kan tot de selectie van één voorkeursoplossing gekomen worden. Na de selectie van de voorkeursoplossing worden de details van deze oplossing verder uitgewerkt en wordt informatie verzameld over de kostprijzen.

Het eindresultaat van deze tweede stap betreft een startnota waarin een inventaris, een analyse en de oplossingen worden weergegeven. Ook wordt de voorkeursoplossing naar voren gedragen, die gebaseerd is op alle verzamelde gegevens, een bespreking met AWW en met het gemeentebestuur en de leidraad "Veilig Verkeer Vlaanderen".

In de uiteindelijke selectie werden verschillende soorten infrastructurele aanpassingen gepland. Hierbij dient een onderscheid te worden gemaakt tussen grote ingrijpende veranderingen, waarbij TV3V optrad als gedelegeerd bouwheer, en de kleinere aanpassingen die door TV3V werden bestudeerd, maar uiteindelijk door AWW werden uitgevoerd. Deze kleinere ingrepen omvatten onder meer het aanpassen van de lichtenregeling, plaatsen van camera's, andere markeringen, bijkomende snoeiwerken enzovoort. In sommige gevallen bleek een dergelijke ingreep voldoende om de verkeersveiligheid te verbeteren. Tevens werden soms ook helemaal geen ingrepen doorgevoerd. Dit gebeurde wanneer de betrokken partijen niet tot een consensus kwamen in de keuze van de oplossing of indien de aanpassing van het kruispunt te grootschalig werd voor het gevaarlijke punten programma (persoonlijke communicatie, 28/02/2012).

Anderzijds zijn er de meer ingrijpende veranderingen, waarvoor TV3V verantwoordelijk werd gesteld. Tabel 2 geeft de matrix van aanpassingen. De meest voorkomende oplossing blijkt het conflictvrij maken van een verkeersregelinstallatie (VRI) (25%), waardoor de linksafbewegingen worden beveiligd. Een belangrijk deel van de voorrangsgeregelde kruispunten werden beveiligd door een betere lay-out van de kruispunten, waarbij de nadruk werd gelegd op fietspaden en verkeerseilanden (16%). Een derde veel voorkomende aanpassing is het aanleggen van een rotonde (14%) (Poelmans & Van Den Bossche, 2010). Wat betreft de kruispunten met in de voorsituatie rotondes of rechts in, rechts uit zijn de infrastructurele ingrepen beperkter dan de punten met in de voorsituatie lichten- en voorrangsgeregeling. De matrix geeft enkel een globale weergave van de werken. Vaak zijn ook nog bijkomende kleinere

elementen aangepast. Een gedetailleerde weergave van elk punt is te vinden op de website van TV3V: <http://www.tv3v.be/index.htm>.

Tabel 2: Oplossingmatrix voor de verschillende soorten aanpassingen, situatie op februari 2012 (Bron: TV3V)

	VOORGESTELDE OPLOSSING														Totaal	
	VRI conflictvrij	Rotonde	Andere	Voorrangsgeregeld	VRI klassiek	Herinrichting	Rechts in, rechts uit	Brug	Tunnel	Afsluiten	Snelheidsbeperking	Plateau	Fietsbrug/tunnel	FOP		
BESTAANDE TOESTAND																
Lichtengeregeld	165	35	9	0	65	7	11	6	12	1	8	1	7	0	327	
Voorrangsgeregeld	46	45	4	105	25	29	15	2	1	9	3	3	5	20	312	
Rechts in, rechts uit	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	6	
Rotonde	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
Wegvak	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Voorrang van rechts	3	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	
Totaal	216	93	14	106	90	39	32	8	13	11	11	4	12	20	669	

In het kader van het Steunpunt Verkeersveiligheid werd eerder een analyse uitgevoerd aan de hand van classificatiebomen over de criteria die de keuze voor bepaalde oplossingen bij de herinrichting van de gevaarlijke punten hebben bepaald (De Ceunynck et al., 2011). Uit de analyses is gebleken dat de intensiteit een cruciale variabele is bij de bepaling van de kruispuntoplossing. Bij een hoge intensiteit zal vaak gekozen worden voor een conflictvrije verkeersregelininstallatie (VRI) of een kruispuntoplossing waarbij kruisende stromen vermeden worden. Bij lagere intensiteitswaarden komen meestal andere kruispunttypes naar voren, zoals een klassieke VRI of een voorrangsgeregeld kruispunt. Dit bleek enigszins in tegenstelling te zijn met het vademecum Veilige Wegen en Kruispunten dat de functionele wegcategorie als voornaam criterium bepaalt. In de praktijk blijkt men dus eerder te vertrekken vanuit de bestaande situatie dan vanuit het verkeersplanologische wensbeeld. Een tweede belangrijke vaststelling was dat vaak het bestaande kruispunttype behouden blijft bij de herinrichting. De herinrichting van gevaarlijke punten komt dus vaak neer op aanpassingen binnen eenzelfde kruispunttype. Er werd niettemin besloten met de vaststelling dat, hoewel het afwegingsproces in werkelijkheid kan afwijken van de structuur die voorgesteld is in het Vademecum, het gekozen kruispunttype na de herinrichting toch zeer vaak overeen stemt met de voorgestelde types in de tabel met typeoplossingen.

2.4 Implementatie van de aanpassingen

De uitgeschreven startnota met de voorgestelde voorkeursoplossing wordt voorgelegd op een commissievergadering. Hierbij worden alle leden van een reguliere Provinciale Commissie Verkeersveiligheid (PCV) en alle leden van een normale Gemeentelijke Begeleidingscommissie (GBC) uitgenodigd. Na goedkeuring van de voorgestelde oplossing wordt op basis van geldende regels nagegaan of de oplossing al dan niet

convenantgebonden is. Een niet-convenantgebonden project, welke vooral kleinere ingrepen omvat zoals een wijziging in de lichtenregeling, mag onmiddellijk worden uitgevoerd. Een convenantgebonden project moet eerst voorkomen voor de Provinciale Auditcommissie (PAC). In eerste instantie wordt de startnota aangepast aan de opmerkingen van de GBC en PCV. Nadien wordt deze nota opnieuw besproken in aanwezigheid van dezelfde personen en van de auditor. Na akkoord van de auditor, kan het project verder uitgewerkt worden in een projectnota.

Na goedkeuring van het project draagt TV3V dit over aan een aangesteld studiebureau dat het definitief ontwerp opmaakt. Dit definitief ontwerp kan onder meer leiden tot onteigeningen en aanvragen van vergunningen, waarvoor het studiebureau contact opneemt met de gemeente. Vervolgens wordt op zoek gegaan naar een aannemer, waarvoor jaarlijks een oproep wordt gedaan. De laagste regelmatige indiener krijgt de opdracht, die soms bestaat uit meerdere geclusterde werken. De aannemer kan de werken starten vanaf het moment dat AWW het aanvangsbevel uitschrijft. Hierdoor ziet AWW erop toe dat de werken juist worden ingepland, zodat deze weinig tot geen hinder ondervinden als gevolg van andere werken of dat daarentegen juist sommige werken in combinatie kunnen worden uitgevoerd. Wanneer de werken gestart zijn, treedt TV3V in naam van het AWW op als gedelegeerd bouwheer.

Bij de start van het gevaarlijke punten programma, werd gepland om deze punten aan te pakken op vijf jaar tijd. Dit bleek echter niet haalbaar, en tot op heden zijn nog niet alle punten aangepast. Onderstaande lijst geeft een overzicht van de realisatiegraad van de oplevering van de gevaarlijke punten, zoals dit was op 17 november 2011, volgens een lijst verkregen van TV3V.

- Predesign: 5
 - Goedgekeurd ontwerp: 82
 - Definitief ontwerp: 35
 - Aanbesteed: 62
 - In uitvoering: 59
 - Opgeleverd (datum voorlopige oplevering. Kruispunt is dan wel reeds 6 tot 12 maand toegankelijk voor het verkeer (TV3V, persoonlijke communicatie 17/11/2011)): 406
 - o In 2003:1
 - o In 2004:7
 - o In 2005:26
 - o In 2006:64
 - o In 2007:78
 - o In 2008:90
 - o In 2009:52
 - o In 2010:62
 - o In 2011:26
 - Geen of kleine ingreep: 160
- Totaal: 809 punten

2.5 Financiering

De financiering voor het gevaarlijke punten programma verliep via het FFEU. Zowel de infrastructuurwerken, als de studieopdrachten voor de concrete ontwerpen en alle bijkomende kosten (bv. onteigeningen, proeven, elektromechanische werkzaamheden en verplaatsing van leidingen) worden gefinancierd door het FFEU. De dienstverlening

van de gedelegeerd bouwheer wordt aangerekend op het Vlaams Infrastructuurfonds (VIF) (Rekenhof, 2011).

De kostprijs voor het wegwerken van gevaarlijke punten werd in 2002 door de toenmalige minister van Openbare Werken geraamd op 100 miljoen euro per jaar, en dat gedurende vijf jaar. Voor de begeleidende externe dienstverlening (gedelegeerd bouwheerschap) werd bijkomend 5 miljoen euro per jaar gerekend. Wel gaf de toenmalige administrateur-generaal van het AWV aan dat deze raming slechts in zeer algemene termen kon worden opgesteld, aangezien nog niet bekend was welke kruispunten en wegvakken zouden worden aangepakt en er nog geen zicht was op de oplossingen. Hij gaf aan dat de raming eerder een theoretische oefening betrof, gebaseerd op mogelijke gemiddelde waarden van de kostprijs voor de heraanleg van een kruispunt. De administratie merkte tevens op dat die raming enkel de pure investeringskost betrof en dat andere kosten in de reguliere werking van AWV op andere basisallocaties zouden worden aangerekend (Rekenhof, 2011).

3. METHODIEK

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de statistische methode die gehanteerd is bij de effectevaluatie van het gevaarlijke punten programma. Vooreerst wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen procesevaluatie en effectevaluatie. Beide soorten evaluatie worden immers vaak verward en een duidelijk inzicht van wat effectevaluatie omvat is noodzakelijk voor een goed begrip van voorliggend rapport. Vervolgens wordt verder ingegaan op de voor- en nastudies in het kader van verkeersveiligheidsmaatregelen, en worden vooral mogelijke vertekenende factoren in dergelijke studies nader omschreven. Tussen de periode voor en na dat een bepaalde verkeersveiligheidsmaatregel is ingevoerd, zullen immers ook heel wat andere factoren een invloed hebben gehad op het aantal verkeersongevallen. Deze factoren worden beschreven, evenals de manier waarop deze gecontroleerd kunnen worden. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de specifieke onderzoeksmethode die in deze studie wordt gehanteerd, namelijk de Empirical Bayes methode. Hierbij wordt een beschrijving gegeven van deze methode en de gehanteerde statistische formules. Tenslotte worden de vergelijkingsgroepen, die controleren voor mogelijke vertekenende factoren zoals beschreven in paragraaf 2, nader beschreven.

3.1 Procesevaluatie versus effectevaluatie

Verschillende types van evaluatie kunnen onderscheiden worden, waaronder proces- en effectevaluatie twee van de belangrijkste types vormen. Belangrijk is een duidelijk zicht te verwerven op beide elementen om van hieruit duidelijk te begrijpen waar deze studie zich wel en niet op richt. Door middel van procesevaluatie wordt de implementatie van het gehele programma gemeten, gaande van planning tot aflevering. Mogelijke vragen die hierbij kunnen gesteld worden is: 'Is het programma uitgevoerd zoals het werd gepland?', 'Is de doelgroep bereikt?' (Bartholomew, Parcel, Kok, & Gottlieb, 2006). Hiermee kan onderzocht worden hoe goed een programma werkt, of het programma wordt uitgevoerd zoals gepland, en of alle essentiële elementen werken. Dergelijke evaluatie kan meerdere keren plaatsvinden en indien nodig kunnen aanpassingen worden uitgevoerd. Procesevaluatie wordt gehanteerd met als doel de maatregel aan te passen terwijl het wordt ontwikkeld of om een bestaande maatregel aan te passen en te verbeteren indien het later opnieuw wordt geïmplementeerd (Frechtling, 2002).

Wanneer een maatregel geïmplementeerd is en de doelgroep bereikt, is er vaak interesse in het meten van de effectiviteit van deze maatregel (CDC, 2001). Dat is ook waar deze studie zich op richt. Effectevaluatie onderzoekt of de gewenste doelen bereikt zijn en of deze effecten te wijten zijn aan de uitgevoerde maatregel (Bartholomew et al., 2006). Een belangrijke reden voor evaluatie is om te leren welke effecten zijn bereikt, en hoe toekomstige maatregelen meer effectief kunnen worden ingezet. Op basis van de resultaten van dergelijke evaluatie kan beslist worden het programma al of niet verder te zetten, en eventueel zelfs uit te breiden naar andere plaatsen (Frechtling, 2002). Effectevaluatie kan onderverdeeld worden in impact en outcome evaluatie. Impact evaluatie tracht de directe effecten van maatregelen te onderzoeken. In verkeersveiligheid is dit bijvoorbeeld een gedragsverandering of een verandering in kennis en attitudes omtrent overdreven snelheid. Outcome evaluatie omvat meer lange termijn doelen, zoals bijvoorbeeld het effect op het aantal ongevallen.

Zoals reeds weergegeven is het doel van deze studie het uitvoeren van een effectevaluatie van het gevaarlijke punten programma. In eerste instantie wordt nagegaan wat het effect is van de aanpak van de gevaarlijke punten op het aantal ongevallen waarbij een gewonde betrokken was, ongeacht de ernst van het letsel.

Daarnaast wordt ook nagegaan wat het effect is op het aantal ernstige ongevallen, zijnde ongevallen met zwaar gewonden en doden.

Naast de algemene effectiviteit van alle onderzochte gevaarlijke punten samen, wordt tevens onderzocht of er een verschil is in effectiviteit, afhankelijk van de kenmerken van de locatie. Zo wordt een onderscheid gemaakt naar:

- Provincie
- Binnen of buiten bebouwde kom
- Wegcategorie van de wegen (hoofdweg, primaire weg, secundaire weg, lokale weg)
- Prioriteitsfactor
- Aantal takken en ligging van takken t.o.v. elkaar (loodrecht of diagonaal)
- Kruispunttype vóór de herinrichting (verkeersregelinstallatie, voorrangregeling, rotonde, rechts in rechts uit, voorrang van rechts)
- Al of niet aanwezigheid van een middenberm
- Aantal rijstroken
- Snelheidslimiet
- Intensiteitgegevens
- Herinrichtingstype

Naast een analyse op ongevallenniveau, wordt tevens bekeken wat het effect is op het aantal gewonden, opgedeeld naar aard van weggebruiker:

- Automobilist en passagiers
- Bromfietser
- Fietser
- Motorrijder
- Voetganger
- Vrachtwagenchauffeur

3.2 Voor- en nastudie

Om verkeersveiligheidsmaatregelen zoals het aanpakken van gevaarlijke punten te evalueren, worden voor- en nastudies in de wetenschappelijke literatuur beschouwd als de beste methodiek (Elvik, 2002; Shinar, 2007). Deze methoden vergelijken het aantal ongevallen na het uitvoeren van de maatregel met het aantal ongevallen voor de maatregel, om na te gaan in welke mate de maatregel dit aantal beïnvloedde. Indien een daling in het aantal ongevallen wordt vastgesteld van de voor- naar de naperiode, kan verwacht worden dat de maatregel een positief effect had op de verkeersveiligheid. Hierbij wordt dus gericht op ongevallenniveau en niet op slachtofferniveau. Het analyseren op slachtofferniveau is namelijk minder representatief voor de verkeersveiligheid, aangezien het aantal betrokkenen in een bepaald ongeval deels berust op toeval. Immers, indien het ongeval gebeurd is, is het aantal betrokken slachtoffers onder meer afhankelijk van het aantal inzittenden, de kenmerken van het voertuig en bijvoorbeeld ook het al dan niet gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen zoals de gordel of helm. Belangrijk bij het hanteren van een voor- en nastudie, is dat rekening wordt gehouden met mogelijke andere factoren die het aantal ongevallen konden beïnvloeden, ook wel vertekende factoren genoemd.

3.2.1 Vertekende factoren in voor- en nastudies

In het verleden vonden heel wat effectiviteitstudies een sterke daling in het aantal ongevallen na het herinrichten van gevaarlijke punten. Een studie van Elvik (1997) toonde echter aan dat veel van deze studies geen rekening hielden met vertekende

factoren. Dergelijke vertekenende factor wordt gedefinieerd als elke variabele die het aantal en de ernst van ongevallen kan beïnvloeden, en die, wanneer deze niet gemeten wordt, kan verward worden met de maatregel die wordt geëvalueerd (Elvik, 2002). Belangrijk is dat deze beïnvloedende factoren mee in rekening worden genomen bij het evalueren van een verkeersveiligheidsmaatregel.

Belangrijke vertekende factoren bij het evalueren van een verkeersveiligheidsmaatregel zijn (Elvik, 1997):

- Het stochastische karakter van ongevallen
- Regressie naar het gemiddelde
- Lange termijn trend effecten
- Veranderingen in verkeersvolume
- Migratie van ongevallen

a. Verkeersongevallen zijn stochastische gebeurtenissen

Verkeersongevallen betreffen gebeurtenissen die voor een deel berusten op toeval, en voor een deel te wijten zijn aan de kenmerken van de locatie (Nuyts & Cuyvers, 2003). Belangrijk is om rekening te houden met deze toevalligheid. Zo niet bestaat de kans dat de oorzaak volledig wordt toegeschreven aan locatiespecifieke kenmerken van de plaats, waardoor middelen verkeerd zouden worden ingezet. Moons (2009) geeft weer dat het noodzakelijk is het wegennetwerk te bestuderen gedurende een tijdsperiode waarin een representatief aantal ongevallen gebeurden.

b. Regressie naar het gemiddelde

Dit betreft een fenomeen dat optreedt ten gevolge van het willekeurige karakter van het ontstaan van ongevallen. Regressie naar het gemiddelde wordt gedefinieerd als één van de meest belangrijke vertekenende factoren (Hauer, 1997). Wegens toevalligheid kan het gebeuren dat in een bepaald jaar een extreem hoog of laag aantal ongevallen plaatsvond. Dit aantal zal de jaren nadien terugkeren naar het meer gemiddelde aantal. Een goede definitie van regressie naar het gemiddelde is gegeven door Elvik en Vaa (2004): "Regression-to-the-mean denotes the tendency for an abnormally high number of accidents to return to values closer to the long term mean; conversely abnormally low numbers of accidents tend to be succeeded by higher numbers. Regression-to-the-mean occurs as a result of random fluctuation in the recorded number of accidents around the long-term expected number of accidents". Het probleem is echter dat vaak op plaatsen met een hoog aantal ongevallen verkeersveiligheidsmaatregelen worden toegepast. In de jaren na het invoeren van de maatregel zal het aantal ongevallen dalen. Echter is het niet duidelijk in welke mate deze daling te wijten is aan de maatregel, of aan de regressie naar het gemiddelde. Deze factor dient dus in rekening te worden genomen bij het evalueren van verkeersveiligheidsmaatregelen, zeker wanneer de locaties zijn geselecteerd op basis van een hoog ongevallenaantal. Deze factor kan gecontroleerd worden door gebruik te maken van een vergelijkingsgroep en statistische berekeningen.

c. Trend-effecten

Tevens dient rekening te worden gehouden met andere elementen die gedurende de onderzoeksperiode een effect uitoefenden op de verkeersveiligheid. Zo zullen, naast de aanpassingen van de gevaarlijke punten, ook heel wat andere maatregelen uitgevoerd zijn om de verkeersveiligheid te verhogen. Voorbeelden zijn: veiligere wagens, nationale informatiecampagnes, wijzigingen in de wetgeving en verhoogde handhaving. Maar ook andere elementen kunnen een invloed gehad hebben, zoals wijzigingen in verkeersvolumes en weersomstandigheden. Deze trendfactoren kunnen in rekening

worden gebracht door gebruik te maken van een vergelijkingsgroep, welke gelijkaardige locaties omvat dan de te onderzoeken locaties. Deze groep zal een weerspiegeling bieden van de algemene trend in de verkeersongevallen, zonder de te onderzoeken maatregel te omvatten.

d. Veranderingen in verkeersvolume

Een andere belangrijke factor betreft het verkeersvolume. Tussen de voor- en naperiode kan het verkeersvolume gewijzigd zijn, wat een sterke invloed kan hebben op het ongevallenaantal. Elvik (2002) geeft echter aan dat het niet noodzakelijk is om expliciet te controleren voor het verkeersvolume, en het voldoende is om een ruime vergelijkingsgroep te includeren. Dit definieert hij als een groep waarin de jaarlijkse ongevallenaantallen verschillende honderden omvat. Volgens Elvik (2002) is dit voldoende aangezien deze vergelijkingsgroep alle factoren omvat die veranderingen overheen de tijd kunnen teweegbrengen. Een extra statistische schatting van de veranderingen in verkeersvolume zou volgens hem kunnen leiden tot een dubbele controle van het verkeersvolume.

e. Migratie van ongevallen

In het kader van de aanpak van gevaarlijke punten wordt ook migratie van ongevallen aangegeven als een mogelijke vertekenende factor. Bij het invoeren van een maatregel op een bepaalde plaats, zoals het herinrichten van een gevaarlijk punt, bestaat de kans dat de ongevallen zich verplaatsen van het aangepaste punt naar punten in de omgeving (Elvik, 1997). Deze migratie kan worden gecontroleerd door omliggende locaties op te nemen waarvan verondersteld wordt dat ongevallen naartoe zullen migreren. Veranderingen in het ongevallenaantal voor de uitgebreide groep van locaties, zal dan zowel de effecten van maatregel op de behandelde locaties reflecteren, evenals de ongevallenmigratie op omliggende locaties. Echter geeft Elvik (1997) aan dat meer onderzoek nodig is om meer concreet te kunnen concluderen in welke mate ongevalmigratie voorkomt. In deze studie worden de heringerichte gevaarlijke punten geanalyseerd, samen met de algemene evolutie in ongevallen op vergelijkbare locaties. De evolutie van ongevallen op locaties in de buurt van de gevaarlijke punten wordt niet apart in rekening genomen.

3.3 De Empirical Bayes methode

Eens de beslissing genomen is om een voor- en na studie toe te passen, dient een verdere keuze gemaakt te worden binnen de verschillende voor- en na methodieken. Voor het evalueren van verkeersveiligheidsmaatregelen wordt de Empirical Bayes (EB) methode weergegeven als meest geschikt (Elvik, 2008; Hauer, 1997; Moons, 2009; Persaud & Lyon, 2007). Dit vanwege het feit dat deze methode rekening houdt met heel wat vertekenende factoren. Zo controleert deze methode voor trend, regressie naar het gemiddelde, kanseffecten en verkeersvolume.

De kern van de EB methode is dat een vergelijking wordt gemaakt tussen het aantal geregistreerde ongevallen na het uitvoeren van de maatregel en het verwachte aantal ongevallen in de naperiode indien de maatregel niet zou zijn uitgevoerd. Een schatting van het aantal ongevallen indien de maatregel niet was toegepast wordt gebaseerd op het aantal ongevallen vóór het toepassen van de maatregel, waarbij gecorrigeerd wordt voor regressie naar het gemiddelde en voor trendeffecten. Daarnaast worden kanseffecten gecontroleerd, door gebruik te maken van puntschattingen en betrouwbaarheidsintervallen. Voor een gedetailleerde beschrijving van de EB methode wordt verwezen naar Hauer (1997).

3.3.1 De berekening van de effectiviteit van een maatregel op één locatie

De berekening van de effectiviteit wordt hier uitgedrukt door middel van de effectiviteitsindex:

$$\text{Effectiviteitsindex (Eff)} = \frac{\text{geteld aantal ongevallen na de maatregel}}{\text{geschat aantal ongevallen indien de maatregel niet was toegepast}} \quad (1)$$

Wanneer deze index gelijk is aan 1, betekent dit dat de maatregel geen effect had, aangezien er geen verschil is in het werkelijke aantal gebeurde ongevallen en het geschatte aantal indien de maatregel niet zou zijn uitgevoerd. Een index lager dan 1 toont aan dat het aantal ongevallen na de maatregel lager is in vergelijking met het aantal ongevallen indien de maatregel niet was toegepast. De maatregel had dus een gunstig effect op de verkeersveiligheid. Een index hoger dan 1 geeft daarentegen een stijging in het aantal ongevallen aan.

a. Correctie voor regressie naar het gemiddelde

Om te controleren voor regressie naar het gemiddelde wordt een gewogen gemiddelde gehanteerd van het geregistreerde aantal ongevallen voor de maatregel en het gemiddeld aantal ongevallen voor de maatregel op vergelijkbare locaties. Op die manier wordt enerzijds rekening gehouden met de specifieke kenmerken van de locatie en wordt anderzijds, door gebruik te maken van een vergelijkingsgroep, gecontroleerd voor toeval. Om te controleren voor dit toevalseffect wordt geen werkelijke vergelijkingsgroep gehanteerd maar wordt dit aantal geschat door gebruik te maken van een statistisch model (zie 3.4.2).

Hauer et al. (2002) hebben deze controle voor regressie naar het gemiddelde vertaald in volgende vergelijking:

$$L_{\text{regr gem}, T} = w * (\mu_M * km_L * T_{\text{voor}}) + (1-w) * (\sum_{t=1}^{T_{\text{voor}}} L_t) \quad (2)$$

Met

$L_{\text{regr gem}, T}$ = het verwacht aantal ongevallen in locatie L over T jaar na correctie voor regressie naar het gemiddelde

μ_M = het gemiddeld aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep, geschat door middel van het statistisch model (zie 3.4.2)

km = aantal km van locatie L. Indien het aantal km niet toepasbaar is (bv bij een kruispunt), wordt dit gelijkgesteld aan 1

T_{voor} = de onderzoeksperiode vóór de uitvoering van de maatregel

L_t = het aantal ongevallen op locatie L in het jaar t

$1-w$ = het gewicht van locatie L

w = het gewicht dat aan de groep wordt toegekend. Met volgende formule:

$$w = \frac{1}{1 + k * \mu_M * T} \quad (3)$$

Met k is een overdispersie parameter per eenheid lengte, waarbij een grote overdispersie aangeeft dat data meer verspreid zijn dan verwacht. De overdispersie parameter wordt in deze analyses niet manueel berekend, maar wordt opgenomen uit de berekeningen van het statistische model.

b. Correctie voor de trend

Om te corrigeren voor mogelijke trendwijzigingen, wordt aangenomen dat de onderzoekslocaties de ongevallentrend hebben gevolgd, zoals deze te vinden is op gelijkaardige locaties. Met andere woorden: zelfs indien op de onderzoekslocaties geen specifieke ingrepen zouden gebeurd zijn, mag verwacht worden dat het aantal

ongevallen op deze locaties niet constant gebleven is, maar op dezelfde wijze evolueerde zoals op vergelijkbare locaties. Deze trend is te berekenen door het aantal ongevallen op de vergelijkingslocaties voor de maatregel te vergelijken met het aantal ongevallen uit de vergelijkingsgroep na de maatregel. Uit vergelijking (1) volgt dan:

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= \frac{L_{na}}{L_{\text{voor, regr gem, trend}}} = \frac{L_{na}}{L_{\text{voor, regr gem}} * \frac{V_{na}}{V_{\text{voor}}}} \\ &= \frac{L_{na} / L_{\text{voor, regr gem}}}{V_{na} / V_{\text{voor}}} \end{aligned} \quad (4)$$

Met

L_{na}: het aantal ongevallen na het invoeren van de maatregel op locatie L

L_{voor, regr gem}: het aantal ongevallen op locatie L voor de maatregel, na correctie voor regressie naar het gemiddelde

V_{na}: het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep na de maatregel

V_{voor}: het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep voor de maatregel

c. Betrouwbaarheidsinterval

Om de betrouwbaarheid van het resultaat te berekenen wordt het 95% betrouwbaarheidsinterval gehanteerd (Elvik, 1995; Fleiss, 1981; Nuyts & Cuyvers, 2003). Een betrouwbaarheidsinterval is een interval rond een berekende waarde waarbinnen de werkelijke waarde met een zekere betrouwbaarheid zit. Stel dat een effectiviteitsindex van 0,7 gevonden wordt met het betrouwbaarheidsinterval [0,52; 0,92], dan is de beste schatting 0,7 en kan met 95% zekerheid gezegd worden dat de echte effectiviteitsindex tussen 0,52 en 0,92 ligt. Hoe smaller het interval is, des te nauwkeuriger is de schatting. Een resultaat kan pas als significant beschouwd worden indien 1 niet in het interval ligt. Een significant resultaat betekent dat het resultaat het gevolg is van de maatregel die plaatsvond. Een niet-significant resultaat is eerder te wijten aan toeval in plaats van aan de maatregel. Bij de berekening van het betrouwbaarheidsinterval wordt gebruik gemaakt van het feit dat de index een odds-ratio is met een lognormale verdeling. Het logaritme van deze index is normaal verdeeld. LnEff wordt dan gedefinieerd als een logaritme van de odds ratio. LnEFF heeft als schatting ln(Eff) en als variantie:

$$s^2 = \frac{1}{L_{na}} + \frac{1}{L_{\text{voor, regr gem}}} + \frac{1}{V_{na}} + \frac{1}{V_{\text{voor}}} \quad (5)$$

Voor een 95% betrouwbaarheidsinterval van lnEFF:

lnEFF, onder limiet = ln(EFF) - 1,96 * s

lnEFF, boven limiet = ln(EFF) + 1,96 * s (6)

Voor een 95% betrouwbaarheidsinterval van de effectiviteitsindex:

EFF, onder limiet = exp[ln(EFF) - 1,96 * s]

EFF, boven limiet = exp [ln(EFF) + 1,96 * s] (7)

d. Empirical Bayes methode in naperiode

Berekening van de variantie (zie formule (5)) wordt onberekenbaar indien één van de getallen nul is. Ook de effectiviteitsindex (zie formule (4)) wordt onberekenbaar indien één van de noemers gelijk is aan nul. Aangezien de naperiode varieert van één tot vier jaar, bestaat de kans dat nul ongevallen geobserveerd worden, zeker wat betreft de ernstige ongevallen. Om dit probleem weg te werken wordt ook voor de ongevallen in de naperiode de empirical Bayes methode toegepast. Concreet betekent dit dat niet het

gebeurde aantal ongevallen uit de naperiode zal gehanteerd worden, maar dat ook dit getal berekend wordt als een gewogen gemiddelde van het geobserveerde aantal ongevallen in de onderzoeksgroep en het gemiddeld aantal ongevallen van vergelijkbare locaties. Daartoe worden de bewerkingen (2) en (3) uitgevoerd op de ongevallen in de naperiode. Op die manier worden niet alleen de nul ongevallen in de naperiode weggewerkt, tevens wordt de toevalsfactor van het ontstaan van ongevallen ook voor ongevallen in de naperiode gecontroleerd. Ook hier wordt het gemiddeld aantal ongevallen (μ_M) geschat door middel van een model (zie 3.4.2). Bij de berekening van de effectiviteitsindex wordt dan onder L_{na} in de formules (4) en (5) niet het geobserveerde aantal ongevallen gehanteerd, maar het geschatte aantal.

3.3.2 Meta-analyse

Naast een individuele analyse per locatie, is het ook mogelijk om de resultaten van deze individuele analyses samen te nemen en het gezamenlijke effect te berekenen door middel van een meta-analyse. De combinatie van deze resultaten maakt dat de aantallen groter worden, en het resultaat statistisch betrouwbaarder wordt.

Onderstaande formules worden gehanteerd bij de berekening van het gezamenlijke effect (Nuyts & Cuyvers, 2003). Zoals weergegeven in (4) kan het effect van een maatregel op een bepaalde locatie l , weergegeven worden met volgende formule:

$$EFFI = \frac{L_{lna} / L_{lvoor, regr\ gem}}{V_{lna} / V_{lvoor}} \quad (8)$$

Voor elke locatie l is de logaritme van de odds-ratio $\ln EFFI = \ln(Eff_l)$

De variantie van dit logaritme is

$$S_l^2 = \frac{1}{L_{lna}} + \frac{1}{L_{lvoor, regr\ gem}} + \frac{1}{V_{lna}} + \frac{1}{V_{lvoor}} \quad (9)$$

Bij de berekening van het gezamenlijke effect, wordt aan elk individueel effect een gewicht toegekend. Dit is omgekeerd evenredig met de variantie:

$$w_l = \frac{1}{S_l^2} \quad (10)$$

Indien verondersteld wordt dat we beschikken over n verschillende plaatsen waar een maatregel is toegepast, wordt de gewogen gemiddelde effectiviteitindex van de maatregel over alle plaatsen heen:

$$\text{Totale eff} = \exp \left[\frac{\sum_{l=1}^n w_l \cdot \ln(Eff_l)}{\sum_{l=1}^n w_l} \right] \quad (11)$$

De schatting van een 95% betrouwbaarheidsinterval is dan:

$$95\% \text{ BI EFFECT} = \exp \left[\frac{\sum_{l=1}^n w_l \cdot \ln(EFFI)}{\sum_{l=1}^n w_l} \pm 1,96 * \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^n w_l}} \right] \quad (12)$$

3.3.3 Vergelijkende analyse tussen kenmerken

Door middel van formule (11) is het mogelijk om het effect overheen verschillende locaties te berekenen. Zo kan berekend worden wat de gezamenlijke effectiviteit is van alle locaties, maar kan ook berekend worden wat de gezamenlijk effectiviteit is van locaties met een bepaald kenmerk (bv locaties binnen de provincie Antwerpen). Echter kan hiermee nog niet geanalyseerd worden in welke mate de effectiviteit van locaties met bepaalde kenmerken significant verschillen van andere locaties. Door middel van

deze analyses kan bijvoorbeeld niet geconcludeerd worden of locaties binnen Antwerpen effectiever waren dan locaties uit Limburg. Daartoe dient een vergelijkende analyse uitgevoerd te worden, waarbij de gemiddelde effectiviteitsindex van locaties binnen de verschillende categorieën (bv de verschillende provincies) van een kenmerk tegen elkaar worden afgezet. De gemiddelden binnen deze verschillende categorieën dienen vergeleken te worden, waarbij gebruik gemaakt wordt van de ANOVA (Analysis of variance) methode uit het statistisch programma SPSS (versie 18). Deze analyse vergelijkt alle categorieën binnen eenzelfde kenmerk. Een significant resultaat duidt aan dat er een significant verschil is tussen twee of meerdere categorieën. Indien er meer dan twee categorieën vergeleken worden (bijvoorbeeld de vijf provincies), dienen post-hoc tests uitgevoerd te worden. Deze tests vergelijken elke categorie met elke andere categorie. In deze analyses wordt gebruik gemaakt van de Scheffé test, aangezien deze het conservatiefst is (De Vocht, 2007). Indien de analyses wijzen op significante verschillen, dient gekeken te worden naar de gemiddelde effectiviteitsindexen van alle locaties binnen de categorieën, om na te gaan welke categorie van locaties de hoogste daling vertoonde. Voorwaarde om de ANOVA-test uit te voeren is dat alle groepen uit een normaal verdeelde populatie komen en alle groepen groter zijn dan vijf. Ook dienen de varianties (= de spreiding) van de groepen gelijk te zijn. Dit kan getest worden met de 'Levene's Test for equality of variance'. Indien niet aan deze voorwaarden voldaan wordt, mogen de resultaten van deze analyses niet geïnterpreteerd worden.

3.4 Vergelijkingsgroep

Om te controleren voor vertekende factoren, kunnen twee algemene toepassingen worden gehanteerd, zijnde het effect van vertekende factoren statistisch meten en gebruik maken van een vergelijkingsgroep (Elvik, 2002). Bij het hanteren van een vergelijkingsgroep kan enerzijds gekozen worden voor een aantal echte locaties, anderzijds voor locaties gedefinieerd door middel van een model. In deze studie werd gebruik gemaakt van echte locaties om te controleren voor trend, toevalligheid van het ontstaan van ongevallen en generieke veranderingen in verkeersvolume en van een statistisch model om te controleren voor regressie naar het gemiddelde.

3.4.1 Echte locaties

Om trendeffecten te controleren wordt gebruik gemaakt van een groep van echte locaties. Deze vergelijkingsgroep bestaat uit locaties met gelijkaardige kenmerken (bv. toegelaten snelheid, verkeersvolumes, inrichting punt...), maar waar de onderzochte maatregel niet is toegepast. Belangrijk is dat de vergelijkingsgroep voldoende groot is. Hauer (1991) geeft als voldoende groot een aantal van 150 ongevallen als minimum. Om zo gelijkaardig mogelijke locaties te selecteren, wordt in deze studie de vergelijkingsgroep eveneens geselecteerd uit de dataset van de gevaarlijke punten. Wel met dat verschil, dat deze locaties nog niet werden heringericht tijdens de geselecteerde onderzoeksperiode. Van deze punten kan worden verwacht dat deze gelijkaardig zijn met de onderzoekslocaties. Een tweede voordeel is dat met zekerheid kan gezegd worden dat tijdens de onderzoeksperiode geen omvangrijke infrastructurele veranderingen zijn doorgevoerd op deze vergelijkingslocaties. Niettemin is een belangrijke voorwaarde om deze groep te hanteren als vergelijkingsgroep, dat er geen systematiek mocht gehanteerd zijn bij het bepalen van de volgorde van de herinrichting van de gevaarlijke punten. Indien bijvoorbeeld eerst de punten met de hoogste prioriteitsfactor zouden zijn aangepakt, en pas nadien de punten met de lagere prioriteitsfactor, dan zouden de punten die pas later zijn aangepakt geen goede vergelijkingsgroep vormen voor dit onderzoek. Na overleg met de betrokken partijen

(d.d. 16/6/2011) blijkt dit niet het geval te zijn, en mocht deze groep zonder meer gehanteerd worden als vergelijkingsgroep.

Naast de gevaarlijke punten wordt ook een tweede vergelijkingsgroep gehanteerd, zijnde alle letselongevallen die plaatsvonden over geheel Vlaanderen. Deze tweede vergelijkingsgroep wordt gehanteerd ter controle. Dit om eventuele vertekening bij gebruik van de vergelijkingsgroep met gevaarlijke punten te controleren. Tevens wordt door gebruik van deze tweede vergelijkingsgroep de effectiviteit van de aangepakte gevaarlijke punten ook afgezet tegen de algemene ongevallentrend in Vlaanderen.

3.4.2 Het statistisch model

Zoals reeds weergegeven in de beschrijving van de Empirical Bayes methode (zie 3.3.1.a) wordt gebruik gemaakt van statistische vergelijkingen om te controleren voor regressie naar het gemiddelde. Hierbij dient onder meer het aantal ongevallen geschat te worden door middel van een vergelijkingsgroep. Deze schatting kan gebeuren door gebruik te maken van een echte vergelijkingsgroep of door te kiezen voor een statistisch model. De keuze voor een statistisch model geniet hier de voorkeur, aangezien door middel van een model het aantal ongevallen geschat kan worden op basis van de infrastructurele karakteristieken van de punten. Dit betreft een meer zuivere methode dan gebruik te maken van een vergelijkingsgroep (Elvik, 2008). In deze studie wordt gebruik gemaakt van een statistisch model, dat reeds beschreven is in een recent rapport van het Steunpunt Verkeersveiligheid (De Ceunynck et al., in revision). Dit rapport identificeert de belangrijkste factoren die het verschil verklaren in het aantal ongevallen tussen de verschillende types van gevaarlijke kruispunten. Daarvoor werd eveneens gebaseerd op de gevaarlijke punten zoals opgenomen in voorliggende studie.

De modellen die in voorliggende studie gebruikt worden, schatten het aantal letselongevallen op basis van de volumedata op het kruispunt. Daartoe werden vier modellen gehanteerd, zijnde een model voor de letselongevallen in de voorperiode, voor alle letselongevallen in de naperiode en voor de ernstige ongevallen in de voor- en de naperiode. Voor de letselongevallen werd zowel voor de voor- als naperiode een statistisch significant model gevonden. Voor de ernstige ongevallen werd enkel een statistisch significant model gevonden voor de voorperiode. Een analyse van de ernstige ongevallen in de naperiode vond geen relatie tussen de volumegegevens en de ernstige ongevallen. Dit is te wijten aan het lage ongevallenaantal in de naperiode. Daarom werd voor de schatting van de ernstige ongevallen in de naperiode geen gebruik gemaakt van de EB methode zoals beschreven onder 3.3.1.d, maar van een methode afgeleid van de EB methode, beschreven volgens Elvik (2011). Daartoe werd de waarde van het gewicht (zie formule (3)) van het model voor de ernstige ongevallen in de voorperiode, aangepast naar de naperiode op basis van het ongevallenaantal in de naperiode. Tevens werd het gemiddeld aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep (μ_M) vervangen door het gemiddelde geregistreerde aantal ongevallen in de naperiode in de onderzoeksgroep. Een gedetailleerde beschrijving van de formules is terug te vinden in Elvik (2011).

4. SELECTIE VAN DATA

Dit hoofdstuk geeft een uitgebreide beschrijving van de selectie van de onderzochte gevaarlijke punten en de kenmerken van deze punten. Daarnaast worden de twee vergelijkingsgroepen geschetst en wordt onderzocht in welke mate deze vergelijkbaar zijn met de onderzoeksgroep. De tweede paragraaf omschrijft hoe de ongevallendata werden geselecteerd en biedt een overzicht van het aantal ongevallen in de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroepen.

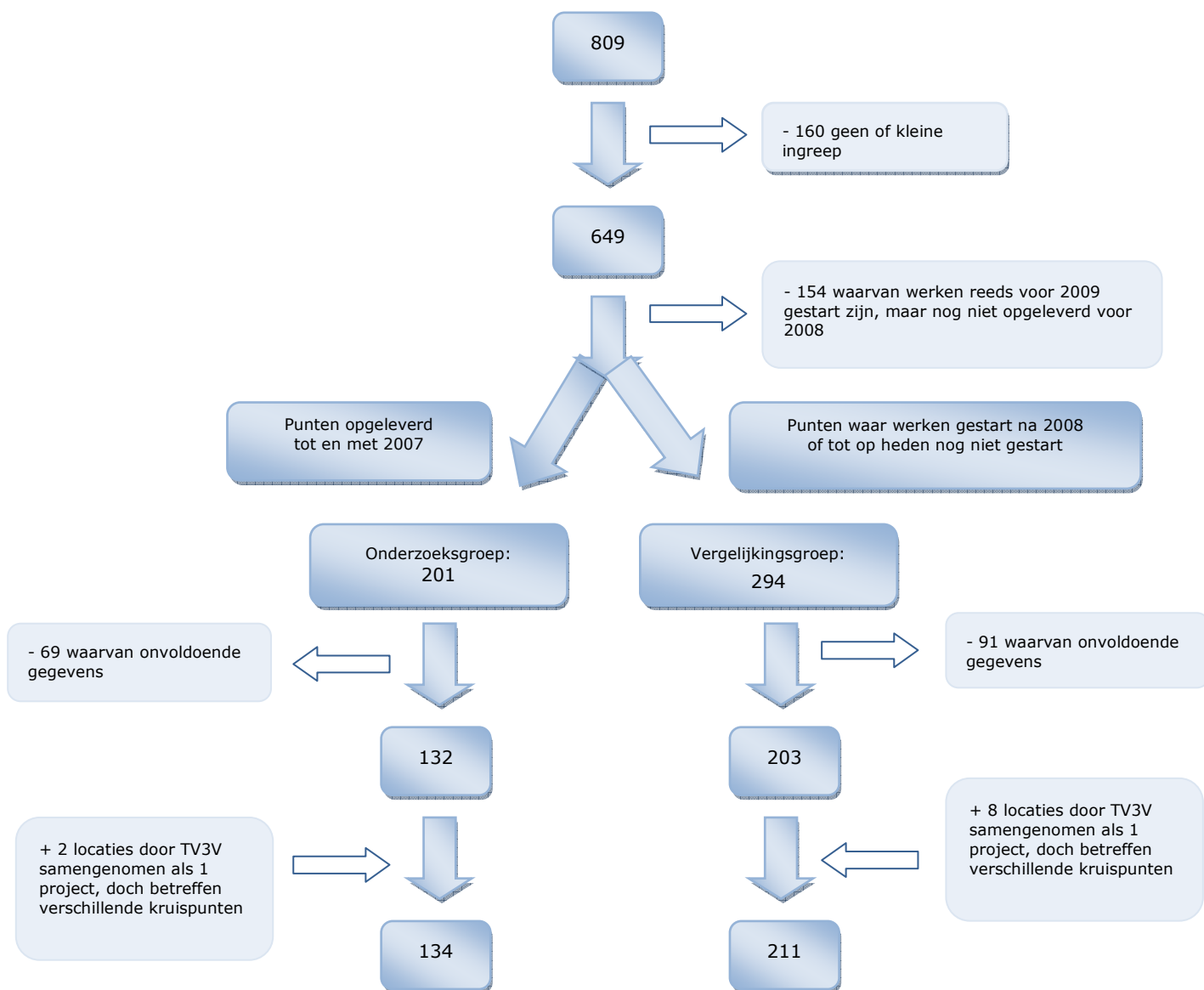
4.1 Selectie van de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroepen

4.1.1 De onderzoeksgroep

Om een gevaarlijk punt te kunnen opnemen in de onderzoeksgroep dient de locatie volledig opgeleverd en in gebruik genomen te zijn door het verkeer. Daarnaast is er nood aan minstens één jaar ongevallendata voor de start van de uitvoering van de werken, en één jaar na het beëindigen van de infrastructuurwerken. Om een selectie van ongevallen rond het gevaarlijke punt mogelijk te maken, dienen deze ongevallendata geografisch gelokaliseerd te zijn. Voor Vlaanderen zijn dergelijke gelokaliseerde data aanwezig voor ongevallen gebeurd tot en met 2008. Dit betekent dat alle punten die aangepast zijn tot en met 2007 geëvalueerd konden worden.

In totaal werden 134 gevaarlijke punten geselecteerd. Het stroomdiagram in figuur 1 geeft aan hoe tot deze uiteindelijke selectie werd gekomen. Initieel werd er gestart met een totaal van 809 gevaarlijke punten. Van deze 809 punten waren er 160 waar slechts kleine ingrepen werden gepland of waar uiteindelijk geen ingrepen werden gepland. De locaties met kleine ingrepen zijn niet opgenomen in dit onderzoek, wegens het feit dat vaak niet gekend is wel concrete aanpassingen zijn uitgevoerd en de uitvoeringsdatum van de werken niet gekend is. Deze datum is echter noodzakelijk voor het uitvoeren van de analyses, waardoor een evaluatie van deze locaties niet mogelijk was. In een volgende stap werd een onderscheid gemaakt tussen de onderzoeks- en de vergelijkingsgroep.

In de onderzoeksgroep konden enkel locaties worden opgenomen waarvan de werken volledig beëindigd waren, en bijgevolg het kruispunt open was voor het verkeer, vóór 2008. Dit leidde tot een totaal van 201 locaties. Van deze locaties vielen er 69 weg waarvoor niet alle noodzakelijke gegevens aanwezig waren. Dit betreffen hoofdzakelijk gegevens omtrent de intensiteitscijfers. Deze gegevens zijn noodzakelijk voor het uitvoeren van de analyses, meer bepaald voor het schatten van het aantal ongevallen in de voorperiode indien gecontroleerd wordt voor regressie naar het gemiddelde (zie 3.4.2). Deze vermindering leidde tot 132 onderzoekslocaties. Bij deze sites kwamen er nog twee locaties bij. Dit omdat enkele gevaarlijke punten die door TV3V beschouwd werden als één project, soms bestonden uit twee kruispunten, en elk kruispunt in de voorliggende analyse apart werd geanalyseerd. De 134 locaties bestaan allemaal uit kruispunten. In totaal werden de werken afgerond en de kruispunten opengesteld op 14 locaties in 2004, 32 in 2005, 36 in 2006 en 52 in 2007.



Figuur 1: Stroomdiagram van de selectie van locaties in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1

Tabel 3 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van de locaties in de onderzoeksgroep, met het aantal locaties per categorie van elk kenmerk. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de hoofdweg en de niet-hoofdweg van het kruispunt. De weg met de hoogste wegcategorie wordt beschouwd als de hoofdweg. Indien beide wegen dezelfde wegcategorie hebben, wordt de weg met de hoogste verkeersintensiteit beschouwd als hoofdweg. Bij aanwezigheid van meer dan twee kruisende wegen, worden de twee met de hoogste wegcategorie en/of verkeersintensiteit geselecteerd. Deze indeling mag niet verward worden met de indeling naar wegcategorie, waarbij één van de categorieën ook benoemd wordt als hoofdweg.

Wat betreft verdeling naar provincie, zijn er minder locaties gelegen in Vlaams-Brabant, in vergelijking met de andere provincies. Tevens liggen er meer dan dubbel zo veel locaties buiten de bebouwde kom in vergelijking met binnen de bebouwde kom. De

toegelaten snelheid op de hoofdweg is voor de meeste locaties 90km/u, gevolgd door 70 en 50 km/u. Voor de niet-hoofdweg komen voornamelijk locaties met 50 km/u voor, naast 90 en 70 km/u. Het aantal locaties met geen middenberm op de is ongeveer gelijk met het aantal waar wel een middenberm aanwezig is. Voor de niet-hoofdweg is op het merendeel van de locaties geen middenberm aanwezig. Het aantal rijstroken op de hoofdweg omvat vooral twee of vier rijstroken, op de tweede weg is dit vooral twee rijstroken. Aangaande de wegcategorie, hebben de meest locaties een secundaire hoofdweg, gevolgd door een primaire en lokale hoofdweg. De niet-hoofdweg is voornamelijk een lokale weg.

Tabel 3: Kenmerken van de locaties in de onderzoeksgroep

Provincie	Aantal locaties	
Antwerpen	34	
Limburg	35	
Oost-Vlaanderen	31	
Vlaams-Brabant	10	
West-Vlaanderen	24	
Bebouwde kom	Aantal locaties	
Binnen	37	
Buiten	86	
Niet gekend	11	
Toegelaten snelheid		
	Aantal locaties hoofdweg	Aantal locaties niet-hoofdweg
120	1	2
90	60	36
70	39	36
50	31	51
30	0	1
niet gekend	3	8
Aanwezigheid van middenberm		
	Aantal locaties hoofdweg	Aantal locaties niet-hoofdweg
aanwezig	67	21
niet aanwezig	67	112
niet gekend	0	1
Aantal rijstroken		
	Aantal locaties hoofdweg	Aantal locaties niet-hoofdweg
1 rijstrook	0	12
2 rijstroken	68	109
3 rijstroken	1	1
4 rijstroken	64	11
5 rijstroken	1	0
niet gekend	0	1

Wegcategorie	Aantal locaties hoofdweg	Aantal locaties niet-hoofdweg
Hoofdweg	2	1
Lokale weg	23	97
Primaire weg	45	2
Secundaire weg	60	21
geen info	4	14

Tabel 4 geeft een overzicht van de aanpassingen die zijn doorgevoerd. Hieruit is duidelijk te zien dat de meeste locaties lichtengeregeld of voorrangsgeregeld waren in de voorsituatie. Locaties met lichtenregeling in de voorsituatie, hebben vooral conflictvrije en klassieke verkeersregelininstallaties in de nasituatie. Voorrangsgeregelde kruispunten blijven vaak voorrangsgeregeld na de werken, maar hier zijn andere aanpassingen doorgevoerd, zoals een betere lay-out van de kruispunten, waarbij de nadruk werd gelegd op fietspaden en verkeerseilanden (Poelmans & Van Den Bossche, 2010). Tevens werden een aantal voorrangs- en lichtengeregelde kruispunten omgevormd tot rotondes.

Tabel 4: Overzicht van de types aanpassingen op de sites in de onderzoeksgroep (Bron: TV3V)

		Situatie voor				
		Lichten geregeld	Rotonde	Voorrang van rechts	Voorrangs geregeld	Totaal nasituatie
Type aanpassing	Afsluiten	1			3	4
	Andere	1				1
	Camera's					
	Doortochtkruispunt				1	1
	Fietsbrug					
	Fietstunnel					
	FOP					
	Herinrichting wegvak	1			1	2
	Hollands complex met brug					
	Hollands complex met tunnel	2				2
	Plateau				3	3
	Rechts in, rechts uit				1	1
	Rotonde	5	2		8	15
	Voorrangsgeregeld				27	27
	Snelheidsbeperking					
	Tunnel zonder uitwisseling					
	VRI conflictvrij	53		1	6	60
	VRI klassiek	15			3	18
	Totaal voorsituatie	78	2	1	53	134

4.1.2 Vergelijkingsgroep

- a. Vergelijkingsgroep 1: Gevaarlijke punten waar aanpassingen pas na 2008 werden gestart

♦ Selectie van vergelijkingsgroep 1

Een eerste vergelijkingsgroep werd eveneens geselecteerd uit de dataset van de 809 gevaarlijke punten. Zoals reeds weergegeven werd dit uitgevoerd om in de vergelijkingsgroep punten te selecteren die zo vergelijkbaar mogelijk waren met de onderzoekslocaties. Om een locatie op te kunnen nemen in de vergelijkingsgroep, mogen geen werken uitgevoerd zijn tijdens de onderzoeksperiode (= tot en met 2008). Daarom worden in de vergelijkingsgroep enkel locaties opgenomen waarvan de werken pas gestart zijn na 2008, of tot op heden nog niet aangevat zijn. Dit had als gevolg dat 154 punten noch in de onderzoeks- noch in de vergelijkingsgroep konden opgenomen worden. Dit omwille van het feit dat de werken op deze punten reeds gestart waren voor 2009 (waardoor deze niet konden opgenomen worden in de vergelijkingsgroep), maar die nog niet opgeleverd waren voor 2008 (en dus ook niet konden opgenomen worden in de onderzoeksgroep).

Zoals te zien is op figuur 1, werden bij de opsplitsing tussen de onderzoeks- en vergelijkingsgroep 294 gevaarlijke punten opgenomen in de vergelijkingsgroep. Van deze locaties zijn er 91 waarvan onvoldoende gegevens aanwezig waren. Dit leidde tot een totaal van 203 locaties, waar er nog 8 bijkwamen, wegens gevaarlijke punten die bestonden uit twee kruispunten. De uiteindelijke vergelijkingsgroep omvatte 211 locaties.

♦ Vergelijkbaarheid van vergelijkingsgroep 1

Om zeker te zijn dat de vergelijkingslocaties bestonden uit punten vergelijkbaar met de onderzoekslocaties, werd deze vergelijkbaarheid statistisch gecontroleerd. Hiertoe kunnen de odds ratio's van het ongevallenaantal worden berekend voor de jaren vóór dat de gevaarlijke punten werden aangepakt. De odds-ratio is de relatieve wijziging in aantal ongevallen in de onderzoeksgroep, vergeleken met de relatieve wijziging in de vergelijkingsgroep. De odds-ratio van twee opeenvolgende jaren is:

$$\text{Odds ratio} = \frac{O_t/O_{t-1}}{V_t/V_{t-1}} \quad (13)$$

Met:

O_t = het aantal ongevallen in de onderzoeksgroep in het jaar t

O_{t-1} = het aantal ongevallen in de onderzoeksgroep in het jaar t-1

V_t = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep in het jaar t

V_{t-1} = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep in het jaar t-1

Indien groepen vergelijkbaar zijn, wordt verwacht dat vóór de invoering van de maatregel de ongevallendata van de onderzoeksgroep van jaar tot jaar evenredig zullen wijzigen met de ongevallendata van de vergelijkingsgroep. De vergelijkingsgroep wordt vergelijkbaar geacht indien de odds ratio in de buurt ligt van 1 (Hauer, 1997).

De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 5. Aangezien de eerste werken zijn uitgevoerd in 2004, werden de odds ratios berekend tot en met 2003. Hieruit blijkt dat de vergelijkingslocaties goed vergelijkbaar zijn met de onderzoekslocaties voor wat betreft de evolutie in het aantal ongevallen. Voor alle letselongevallen ligt de odds ratio dicht bij 1. Voor ernstige ongevallen worden odds ratios gevonden die iets verder van 1 liggen, maar toch wijzen op een gelijkaardig verloop in het aantal ongevallen. Aangaande het ongevallenvoerloop in de voorperiode kan vergelijkingsgroep 1 als vergelijkbaar worden beschouwd met de onderzoeksgroep.

Tabel 5: Odds ratios van letselongevallen en ernstige ongevallen in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1

	Alle ongevallen	Ernstige ongevallen
00-01	1,02	0,92
01-02	1,04	1,14
02-03	1,14	1,13
Gemiddelde	1,07	1,06

Naast het aantal ongevallen kunnen ook de belangrijkste kenmerken van de gevaarlijke punten vergeleken worden. Hierbij kan verhoudingsgewijs het aandeel locaties in de onderzoeksgroep met een bepaald kenmerk en het aandeel locaties in de vergelijkingsgroep met dat kenmerk vergeleken worden.

$$\frac{\text{Aantal locaties met bepaald kenmerk in onderzoeksgroep}}{\text{Aantal locaties met bepaald kenmerk in vergelijkingsgroep}} \cdot \frac{\text{Totaal aantal locaties in vergelijkingsgroep}}{\text{Totaal aantal locaties in onderzoeksgroep}} \quad (14)$$

Het toepassen van vergelijking (14) om de kwalitatieve variabelen te vergelijken tussen de onderzoeks- en vergelijkingsgroep geeft resultaten zoals weergegeven in tabel 6. Hierbij worden ook de resultaten van de Fisher's Exact Test weergegeven. Deze test duidt aan of de verschillen in de proporties al of niet significant zijn. Wat betreft de verdeling naar de **provincies**, liggen er iets meer onderzoekslocaties in Antwerpen, Limburg en West-Vlaanderen, anderzijds zijn er meer vergelijkinglocaties in Oost-Vlaanderen en Vlaams-Brabant. Deze verschillen zijn enkel significant voor de provincie Vlaams-Brabant. Het aandeel locaties binnen en buiten de **bebouwde kom** is ongeveer hetzelfde voor beide groepen. Wat betreft het **kruispuntype** in de **voorsituatie** is het aandeel lichtengeregelde kruispunten hoger in de onderzoeksgroep, maar het aantal voorrangsgeregelde punten is hier lager. Beide verschillen zijn statistisch niet significant. Het aantal kruispunten met een lokale of secundaire **wegcategorie** als hoofdweg, is in beide groepen ongeveer evenveel aanwezig. Het aandeel met een primaire weg is hoger in de onderzoeksgroep. De wegcategorie hoofdweg, komt iets minder voor in de onderzoeksgroep. Ook voor de niet-hoofdweg is het aantal locaties met de wegcategorie hoofdweg lager in de onderzoeksgroep. Tevens is het aantal met een primaire wegcategorie veel lager dan de vergelijkingsgroep. Het aandeel lokale wegen is iets hoger in de onderzoeksgroep, het aantal met een secundaire wegcategorie is gelijk voor beide groepen. Echter al deze verschillen naar wegcategorie zijn statistisch niet significant. Naar toegelaten **snelheid** op de hoofdweg, zijn het aantal locaties met een snelheidslimiet van 90 km/u hoger vertegenwoordigd in de onderzoeksgroep, wat ook een statistisch significant verschil blijkt te zijn. Het aandeel met een limiet van 120 en 70 km/u is ondervertegenwoordigd. Het aandeel met 50 km/u is ongeveer gelijk voor beide groepen. Dezelfde resultaten worden gevonden voor de snelheidslimiet van de niet-hoofdweg, alleen zijn hier de locaties met 70 km/u iets hoger aanwezig in de onderzoeksgroep dan in de vergelijkingsgroep, en is het aandeel 90km/u wegen minder sterk oververtegenwoordigd in de onderzoeksgroep. overigens worden geen statistisch significante resultaten gevonden. Het aantal locaties met een **middenberm** op de hoofdweg is significant hoger in de onderzoeksgroep. Het aantal zonder middenberm is iets meer vertegenwoordigd in de vergelijkingsgroep, maar is niet significant verschillend. Wat betreft de aanwezigheid van een middenberm op de niet-hoofdweg, is voor beide gevallen het aandeel iets groter in de onderzoeksgroep, maar eveneens niet statistisch significant verschillend. Het aandeel locaties met twee **rijstroken** op de hoofdweg is ongeveer gelijk voor de onderzoeks- en vergelijkingsgroep. Wel is de

onderzoeksgroep sterk ondervertegenwoordigd met locaties met wegen met drie rijstroken, en oververtegenwoordigd met wegen met vier rijstroken. Deze verschillen zijn statistisch randsignificant. Dezelfde verhoudingen zijn te vinden voor het aantal rijstroken op de niet-hoofdweg. Alleen is hier geen enkele vergelijking statistisch significant.

Ondanks het feit dat voor enkele categorieën statistisch significante verschillen zijn waargenomen, kan besloten worden dat ook uit de kwalitatieve vergelijking blijkt dat vergelijkingsgroep 1 voldoende vergelijkbaar is met de onderzoeksgroep.

Tabel 6: Vergelijkende analyse van de kwalitatieve kenmerken van de locaties in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1

Categorie	Verhouding aantal locaties in onderzoeks- en vergelijkingsgroep (significantie)	
Provincie		
Antwerpen	1,37 (0,238)	
Limburg	1,28 (0,370)	
Oost-Vlaanderen	0,87 (0,623)	
Vlaams-Brabant	0,37 (0,005)*	
West-Vlaanderen	1,26 (0,457)	
Bebouwde kom		
Binnen	0,90 (0,728)	
Buiten	1,05 (0,859)	
Kruispunttype voorsituatie		
Lichtengeregeld	1,30 (0,129)	
Vorrangsgeregeld	0,79 (0,369)	
Functionele wegcategorie		
	Hoofdweg	Niet-hoofdweg
hoofdweg	0,79 (1,00)	0,76 (1,00)
lokale weg	0,98 (1,00)	1,15 (0,382)
primaire weg	1,51 (0,095)	0,22 (0,036)
secundaire weg	0,94 (0,769)	1,00 (1,00)
Toegelaten snelheid		
	Hoofdweg	Niet-hoofdweg
120	0,76 (1,00)	0,76 (1,00)
90	1,53 (0,041)*	1,17 (0,456)
70	0,79 (0,375)	1,10 (0,623)
50	0,99 (1,00)	0,95 (1,00)
30		1,53 (1,00)
Aanwezigheid van middenberm		
	Hoofdweg	Niet-hoofdweg
aanwezig	1,53 (0,031)*	1,15 (0,640)
niet aanwezig	0,87 (0,574)	1,07 (0,563)

Aantal rijstroken		
	Hoofdweg	Niet-hoofdweg
1		2,04 (0,111)
2	0,95 (0,925)	1,03 (0,740)
3	0,17 (0,096)(*)	0,51 (1,00)
4	1,42 (0,078)(*)	1,20 (0,673)

* significant ($p \leq 0,05$)

(*) randsignificant ($0,05 < p < 0,10$)

b. Vergelijkingsgroep 2: Alle ongevallen in Vlaanderen

Naast de nog niet heringerichte gevaarlijke punten wordt ook een tweede vergelijkingsgroep gehanteerd, waarbij geen selectie wordt gemaakt naar locaties, maar alle letselongevallen in Vlaanderen worden opgenomen. Het ongevallenaantal voor Vlaanderen is beschikbaar in bronnen van de Federale Overheidsdienst Economie. In deze analyses wordt gebruik gemaakt van het niet-gewogen aantal om de evolutie in het aantal ongevallen aan te duiden. De odds ratio's in tabel 7 duiden ook voor vergelijkingsgroep 2 op een goede vergelijkbaarheid met de onderzoeksgroep. Voor alle letselongevallen liggen de odds ratios dicht bij 1, en is het gemiddelde zelfs gelijk aan 1. Voor de ernstige ongevallen liggen de odds ratios iets verder af van 1, maar dit is nog altijd een goed resultaat, wat wijst op een goede vergelijkbaarheid van vergelijkingsgroep 2.

Tabel 7: Odds ratios voor letselongevallen en ernstige ongevallen in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 2

	Alle ongevallen	Ernstige ongevallen
00-01	0,95	0,86
01-02	1,11	0,93
02-03	0,94	0,90
Gemiddelde	1,00	0,90

Een vergelijking op basis van kwalitatieve kenmerken is hier niet mogelijk. Dit omwille van het feit dat in deze vergelijkingsgroep alle ongevallen zijn geselecteerd in Vlaanderen, en geen selectie is gemaakt naar specifieke punten zoals dat wel het geval is in vergelijkingsgroep 1. Wel kan verwacht worden dat alle typen kruispunten met de verschillende kenmerken goed vertegenwoordigd zullen zijn in vergelijkingsgroep 2, aangezien dit ongevallen omvatten op alle wegen in Vlaanderen. Een nadeel is wel dat vergelijkingsgroep 2 ook ongevallen omvat die gebeurden op plaatsen met geheel andere kenmerken, zoals wegvakken en gemeentewegen. Niettemin kan dit beschouwd worden als een goede vergelijkingsgroep.

4.2 Selectie van ongevallendata

Zoals reeds weergegeven wordt de effectiviteit van het herinrichten van de gevaarlijke punten op de verkeersveiligheid onderzocht door het analyseren van de ongevalgegevens en wordt nagegaan in welke mate het aanpassen van de

infrastructuur van de gevaarlijke punten een effect had op het aantal ongevallen. Om een evaluatie mogelijk te kunnen maken, worden alle ongevallen in een straal van 100 meter rond het punt geselecteerd. Er wordt gekozen voor een afstand van 100 meter aangezien op die manier zeker alle ongevallen op het kruispunt worden opgenomen, ook voor wat betreft de grotere kruispunten of rotondes. Daartoe worden de geografisch gelokaliseerde ongevallendata gebruikt. Dit betreffen de ongevallendata die door het departement MOW werden gegeocodeerd. Dit betekent dat op basis van de locatiegegevens die werden neergeschreven door de politie op het analyseformulier voor verkeersongevallen, elke ongeval gelokaliseerd wordt op een kaart. Deze geografisch gelokaliseerde data zijn beschikbaar van 1996 tot en met 2008. De data van 2008 zijn door MOW ter beschikking gesteld op 3/11/2011 aan het Instituut voor Mobiliteit, waarna de analyses konden worden gestart. Wat betreft de voorperiode, de periode voor dat de werken werden uitgevoerd, worden de ongevallen vanaf 2000 geselecteerd. Op die manier wordt de kans op regressie naar het gemiddelde reeds sterk beperkt, aangezien een groot deel van de punten geselecteerd is op basis van de ongevallen in 1997-1999. Door het selecteren van de ongevallen vanaf 2000, wordt voor alle locaties een voorperiode van minimum 4 jaar geselecteerd, wat ruim voldoende is.

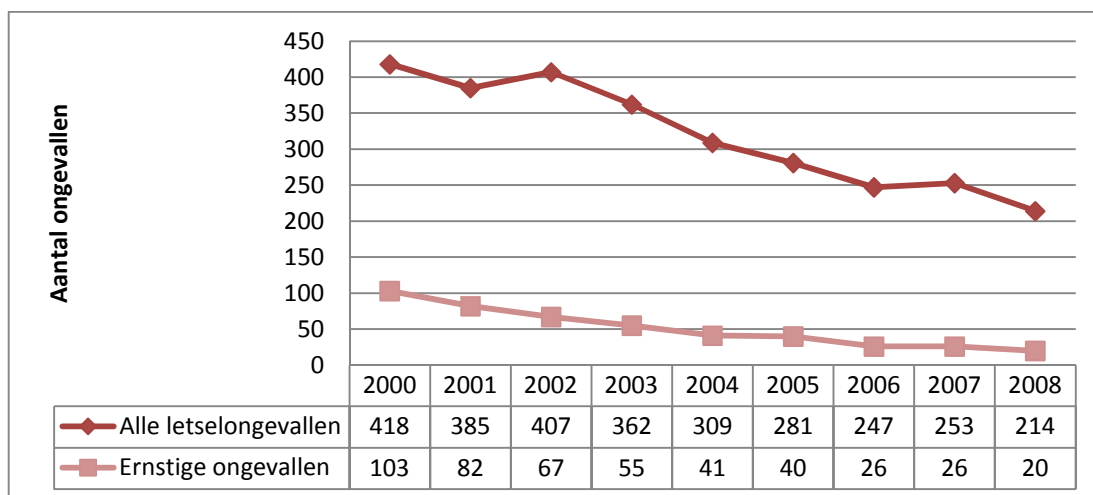
Er wordt een onderscheid gemaakt in twee groepen ongevallen. Ten eerste zijn er de 'letselongevallen': Dit betreffen alle ongevallen waarbij een betrokkene gewond raakte. De gewonde personen kunnen ingedeeld worden in 3 graden van ernst (FOD economie, 2010):

- Dodelijke gewonde: Elke persoon die overleed ter plaatse of binnen 30 dagen na de datum van het ongeval
- Zwaar gewonde: Elke persoon die in een verkeersongeval wordt gewond en wiens toestand zodanig is dat een opname voor meer dan 24 uur in een ziekenhuis noodzakelijk is
- Licht gewonde: Elke persoon die in een verkeersongeval wordt gewond en op wie de bepaling van dodelijk of zwaar gewonde niet van toepassing is.

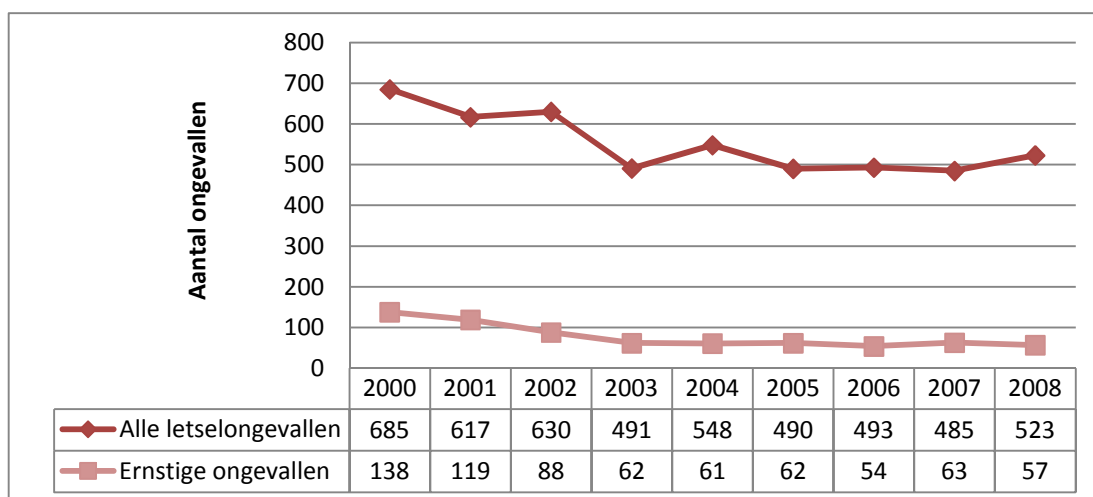
Een tweede groep die hier gehanteerd wordt zijn de 'ernstige ongevallen'. Hierin worden enkel de ongevallen met zwaar en dodelijke gewonden opgenomen. Op die manier kan een onderscheid gemaakt worden in de effectiviteit naargelang de ernst van het ongeval.

Ongevallen met enkel blikschade worden niet opgenomen in de analyses. Dit omdat deze ongevallengegevens niet systematisch verzameld worden.

In totaal werden in de onderzoeksgroep 2876 letselongevallen geselecteerd en 460 ernstige ongevallen op 134 locaties. Figuur 2 toont het totale aantal letselongevallen en ernstige ongevallen per jaar voor de onderzoeksgroep. Hieruit is te zien dat het aantal ongevallen gedurende de volledige onderzoeksperiode daalt. Vergelijkingsgroep 1, bestaande uit 211 gevaarlijke punten omvat 4962 letselongevallen en 704 ernstige ongevallen (zie figuur 3). Zoals op figuur 3 te zien is daalt dit aantal tot ongeveer 2004, waarna het aantal stagneert.

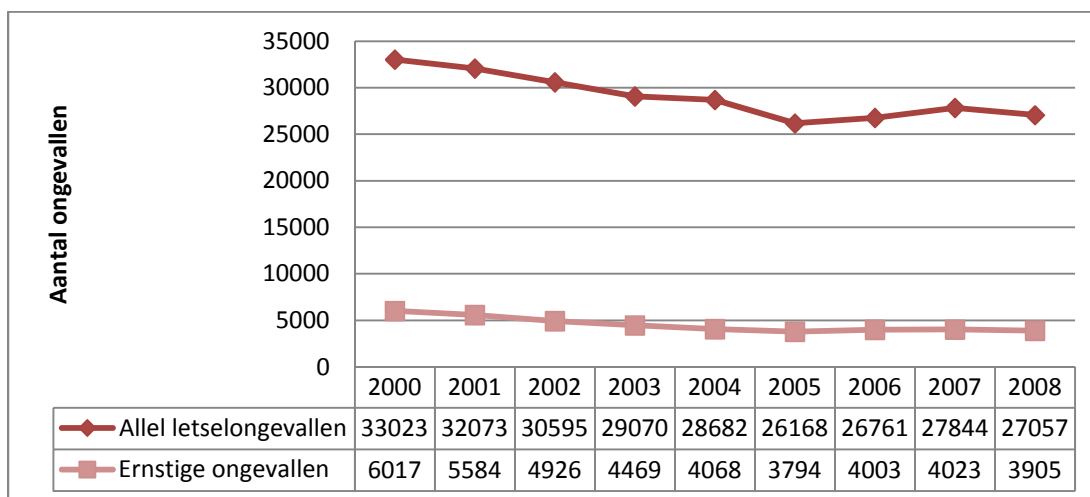


Figuur 2: Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in de onderzoeksgroep



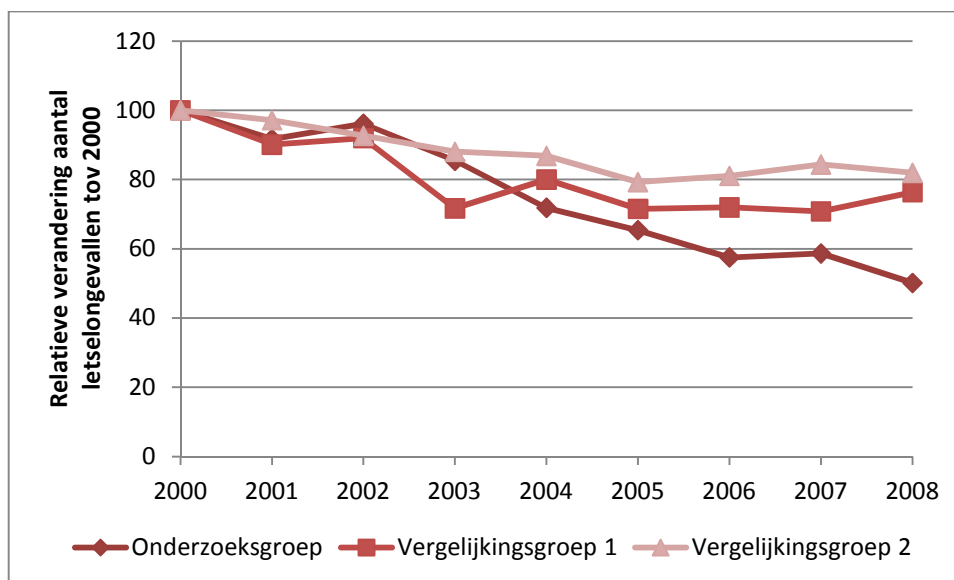
Figuur 3: Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 1 (de nog niet aangepakte gevaarlijke punten)

Naast de nog niet aangepakte gevaarlijke punten wordt ook een tweede vergelijkingsgroep gehanteerd, zijnde alle ongevallen over geheel Vlaanderen. Deze cijfers worden weergegeven in figuur 4. Net zoals in de eerste vergelijkingsgroep is ook hier gedurende de eerste jaren een daling in het aantal ongevallen waar te nemen, gevolgd door een stagnatie vanaf 2005.

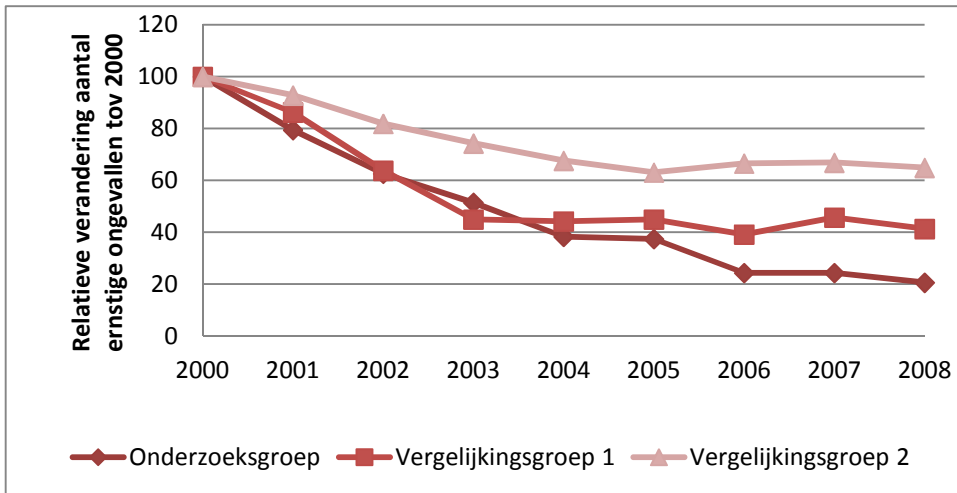


Figuur 4: Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 2 (de algemene ongevallentrend in Vlaanderen)

Alle drie de groepen, de onderzoeksgroep en beide vergelijkingsgroepen, kunnen goed vergeleken worden door de percentuele evolutie te berekenen. Hierbij wordt het verloop van het ongevenaantal van elk van de groepen afgezet tegen het eerste jaar van de onderzoeksperiode, zijnde 2000. Uit figuur 5, dat het aantal letselongevallen in de drie groepen tegen elkaar afzet, is te zien dat het verloop van het aantal ongevallen in de drie groepen gelijkaardig is tot 2004, waarbij alle groepen een lichte daling vertonen. Vanaf 2004 is een stagnering waarneembaar op de vergelijkinglocaties, terwijl de daling wordt verder gezet op de onderzoekslocaties. Figuur 6 toont het verloop in de ernstige ongevallen, waarbij voor alle locaties een sterke daling waarneembaar is tot 2004. Ook hier is vanaf 2004 een stagnatie in het aantal ongevallen waar te nemen tegenover een verdere daling in de onderzoeksgroep.



Figuur 5: Evolutie van het aantal letselongevallen in de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroepen, afgezet tegen het aantal in 2000



Figuur 6: Evolutie van het aantal ernstige ongevallen in de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroepen, afgezet tegen het aantal in 2000

5. RESULTATEN

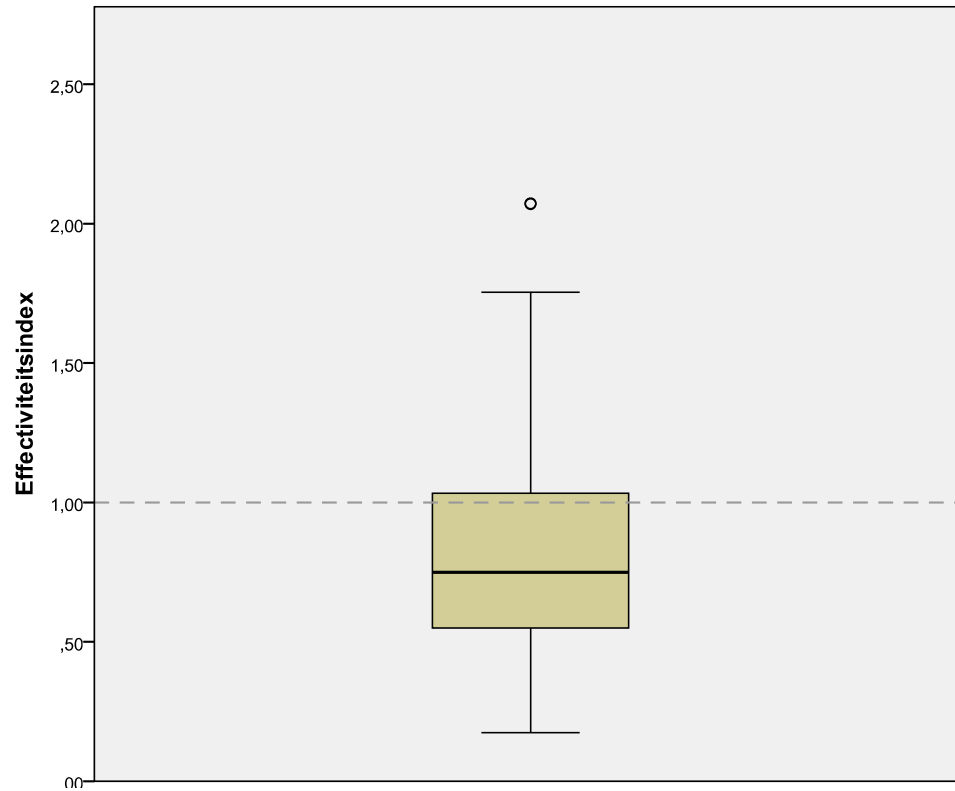
Dit hoofdstuk biedt een uitgebreide weergave van de resultaten. In eerste instantie worden de resultaten van de effectiviteit per locatie globaal weergegeven, gevolgd door een overkoepelende effectiviteit overheen alle locaties. Ook werd geanalyseerd of bepaalde kenmerken van het punt, zoals de provincie waarin het gelegen is of de situering binnen of buiten de bebouwde kom, een verschil maken naar de effectiviteit. Verder wordt ook een analyse op slachtofferniveau uitgevoerd en wordt bekeken welk effect de herinrichting van de punten heeft op elk van de weggebruikers.

5.1 Effectiviteit per locatie

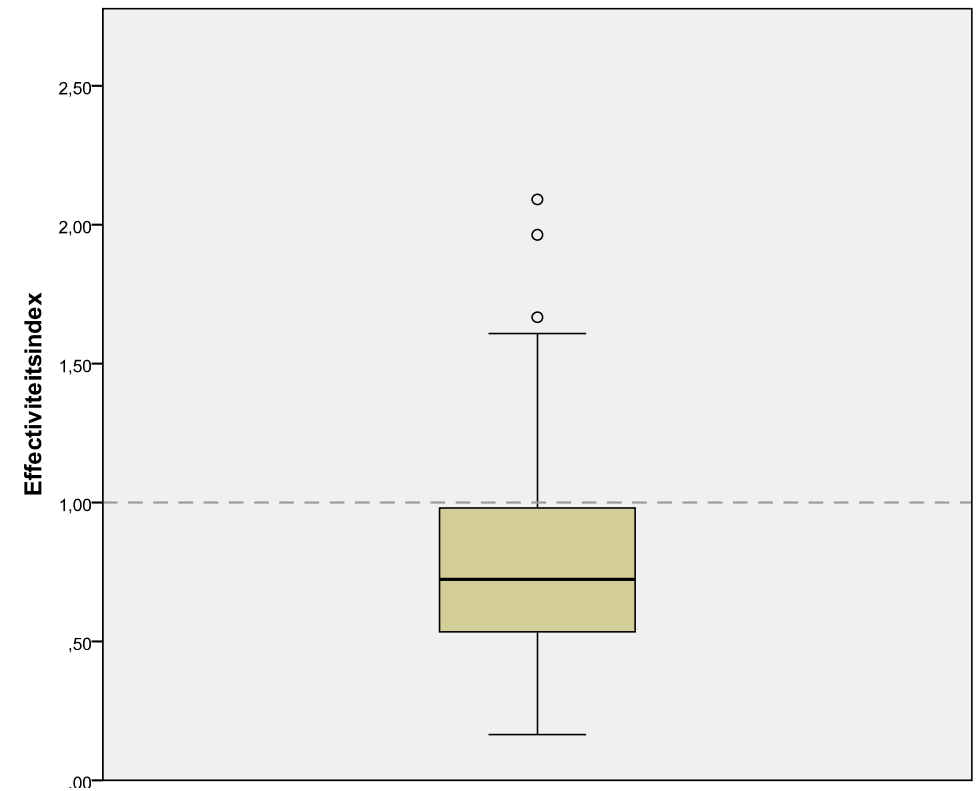
In eerste instantie wordt de effectiviteit per locatie berekend. De effectiviteit wordt uitgedrukt in een effectiviteitsindex. Een effectiviteitsindex lager dan één geeft aan dat het aantal ongevallen daalde in de periode nadat de werken waren uitgevoerd in vergelijking met de periode voor de werken. Een effectiviteitsindex hoger dan één wijst op een stijging in het aantal ongevallen (zie 3.3 voor achterliggende formules). Dit geeft een beeld van het verschil in ongevallen voor en na het aanpassen van de infrastructuur op die bepaalde plaats. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze berekening voor individuele locaties statistisch gezien niet sterk genoeg is om concrete conclusies uit te trekken. Naarmate verschillende locaties worden samengenomen, wordt de berekening statistisch sterker en daardoor betrouwbaarder.

De eerste analyses berekenen de effectiviteit van het herinrichten van de gevaarlijke punten op alle letselongevallen. Figuren 7a en b tonen een boxplot van de effectiviteitsindexen van de individuele locaties voor de berekening met letselongevallen, waarbij gebruik wordt gemaakt van respectievelijk vergelijkingsgroep 1 en vergelijkingsgroep 2. Deze figuren tonen dat het grootste aandeel van de locaties een effectiviteitsindex heeft gelegen tussen 0 en 1. Het derde kwartiel, welke is weergegeven door de bovengrens van de box, duidt aan dat 75% van de locaties een effectiviteitsindex lager dan één heeft. Dit betekent dat er gemiddeld een daling te zien was in drie op de vier locaties. Echter dient er nogmaals op gewezen te worden dat dit slechts schattingen betreffen, die statistisch nog niet sterk genoeg zijn om concrete conclusies uit te trekken. Uit de boxplots is wel duidelijk te zien dat de resultaten sterk overeenstemmen, onafhankelijk of de nog niet aangepaste gevaarlijke punten als vergelijkingsgroep worden gebruikt, of de algemene ongevallentrend in Vlaanderen.

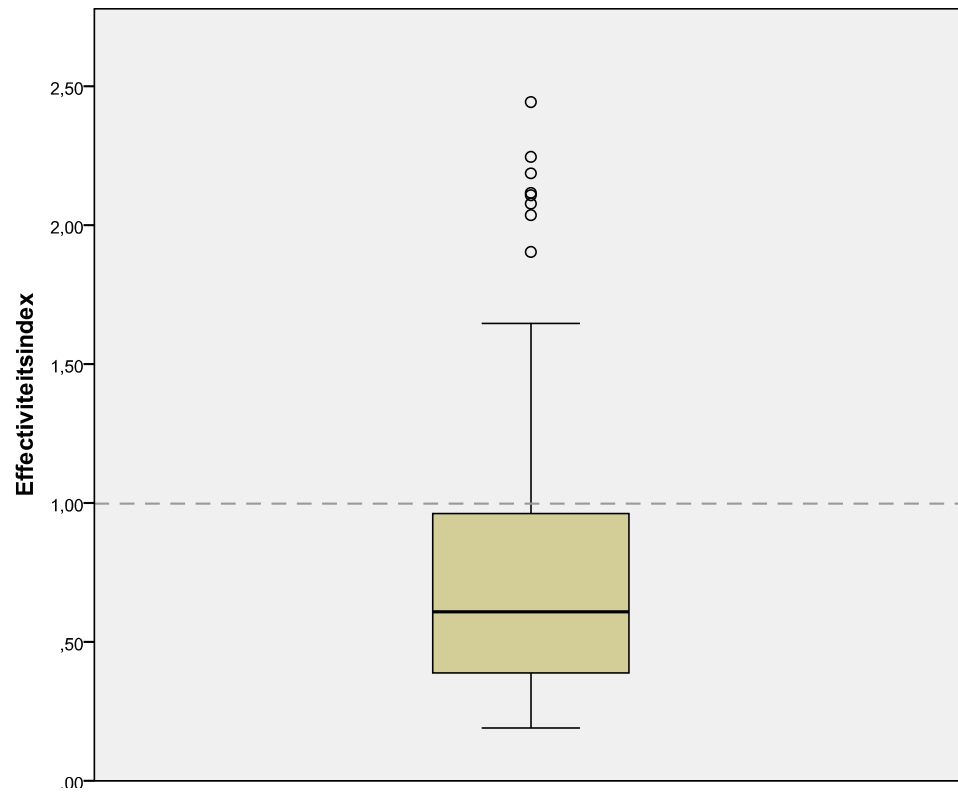
Figuren 8a en b geven de resultaten van de analyses met de ernstige ongevallen weer in boxplots. Deze tonen dat bij de analyses met vergelijkingsgroep 1, gemiddeld 75% van de locaties een effectiviteitsindex lager dan 1 vertonen. Bij het hanteren van vergelijkingsgroep 2 is te zien dat het grootste deel van de locaties een effectiviteitsindex lager dan 1 toont.



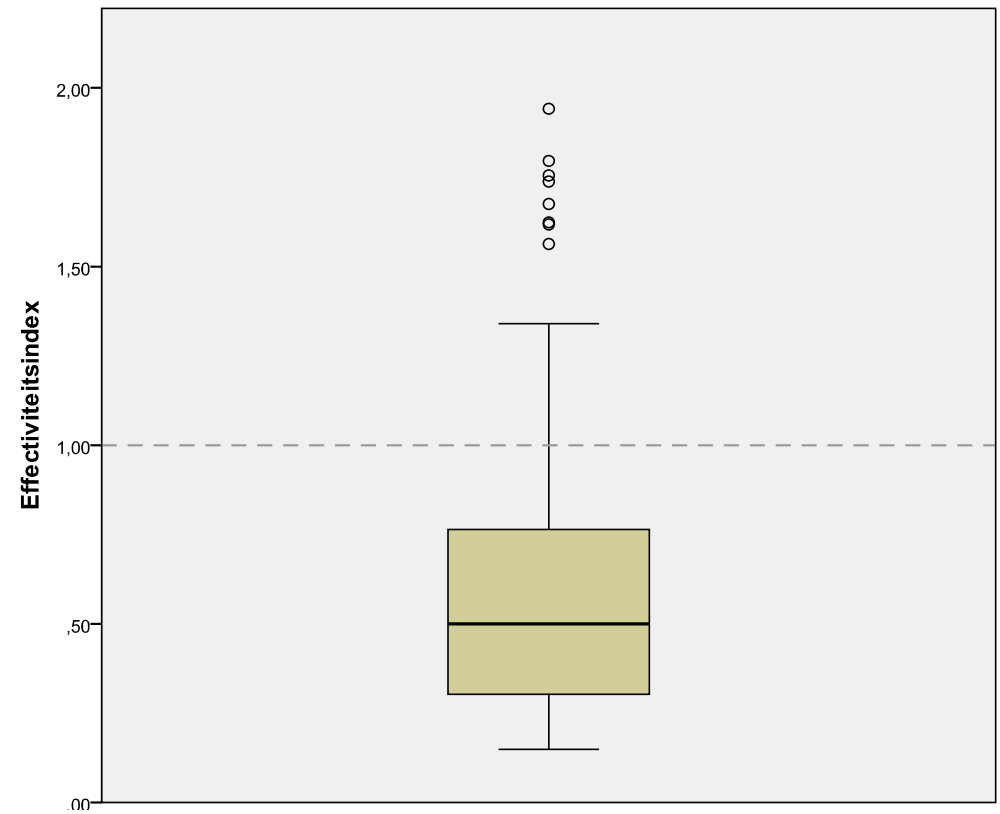
Figuur 7a: Boxplot van de effectiviteitsindexen per locatie voor de analyses met alle letselongevallen, met vergelijkingsgroep 1 (niet aangepaste gevaarlijke punten)



Figuur 7b: Boxplot van de effectiviteitsindexen per locatie voor de analyses met alle letselongevallen, met vergelijkingsgroep 2 (alle letselongevallen in Vlaanderen)



Figuur 8a: Boxplot van de effectiviteitsindexen per locatie voor de analyses met ernstige ongevallen, met vergelijkingsgroep 1 (niet aangepaste gevaarlijke punten)



Figuur 8b: Boxplot van de effectiviteitsindexen per locatie voor de analyses met ernstige ongevallen, met vergelijkingsgroep 2 (alle letselongevallen in Vlaanderen)

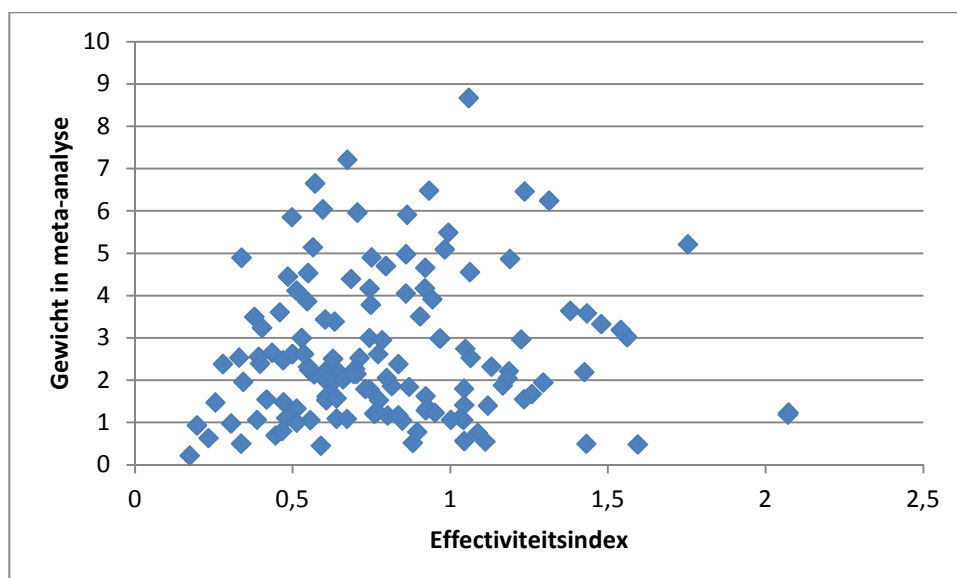
5.2 Effectiviteit overheen alle locaties

5.2.1 Letselongevallen

Naast een individuele analyse per locatie, is het vooral interessant om meta-analyses uit te voeren overheen verschillende locaties. Op die manier worden de analyses statistisch sterker en kunnen er meer concrete conclusies getrokken worden. De resultaten worden uitgedrukt in een effectiviteitsindex, die een weergave biedt aangaande de veranderingen in het aantal ongevallen dat te wijten is aan de herinrichting van de punten. Daarnaast wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Bij een effectiviteitsindex lager dan één kan pas gesproken worden van een significante daling, indien de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval niet groter is dan 1. Bij een effectiviteitsindex groter dan één, kan pas gesproken worden van een significante stijging indien de ondergrens groter is dan 1 (zie 3.3 voor achterliggende berekeningen).

Een meta-analyse van letselongevallen op alle 134 onderzoekslocaties toont een effectiviteitsindex van 0,76 met een betrouwbaarheidsinterval van [0,68; 0,84]. Dit toont aan dat de herinrichting van de gevaarlijke punten een **daling van 24%** in het aantal letselongevallen teweegbracht. Deze daling is volledig te wijten aan de infrastructurele aanpassingen van het punt, aangezien alle andere mogelijke beïnvloedende factoren, zoals andere verkeersveiligheidsmaatregelen, weersomstandigheden, toevalligheid van het ontstaan van ongevallen en regressie naar het gemiddelde gecontroleerd zijn in deze metingen.

Figuur 9 biedt een visuele weergave van deze meta-analyse. Hierin wordt de effectiviteitsindex van elk punt afgezet tegen het gewicht dat dit punt krijgt in de meta-analyse. Dit gewicht wordt bepaald op basis van het aantal gebeurde ongevallen op dat punt. Dit gewicht is omgekeerd evenredig met variantie (zie formule (9) en (10)). Hoe groter het aantal data, dit wil zeggen, hoe groter het aantal ongevallen op die locaties, hoe groter het gewicht. Dit omdat de locaties met de meeste data, het meest betrouwbaar zijn, en bijgevolg ook het grootste gewicht krijgen in de meta-analyse. In de figuur is te zien dat de locaties met het grootste gewicht, schommelen rond een effectiviteitsindex van 1. Echter de meerderheid van de locaties bevinden zich tussen een effectiviteitsindex van 0 en 1, waardoor een algemene effectiviteitsindex van kleiner dan één gevonden wordt.



Figuur 9: Effectiviteitsindex van elk punt ten opzichte van het gewicht van dat punt in de meta-analyse van alle onderzoeklocaties met alle letselongevallen

Daarnaast worden de gebeurde ongevallen in de onderzoeksgroep ook afgezet tegen het totale aantal ongevallen in Vlaanderen. Dit geeft een effectiviteitsindex van 0,73 en een betrouwbaarheidsinterval van [0,66; 0,81]. Met het in acht nemen van de algemene ongevallentrend in Vlaanderen, wordt dus een **daling** in het aantal letselongevallen gevonden van **27%**.

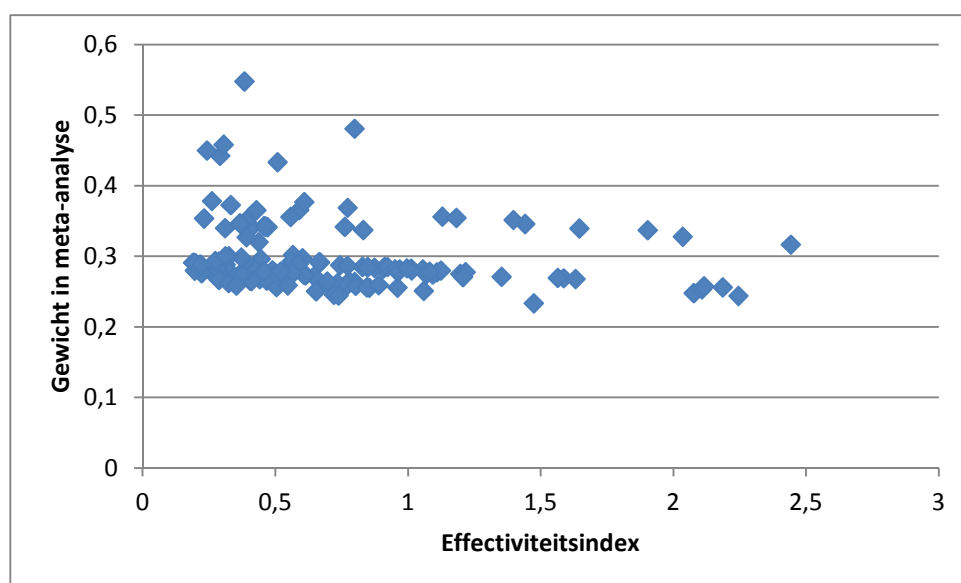
Tabel 8: Resultaten van de meta-analyse van alle onderzoekslocaties met alle letselongevallen

	Effectiviteitsindex [Betrouwbaarheidsinterval]
Gebruik van vergelijkgroep 1 (niet heringerichte gevaarlijke punten)	0,76 [0,68; 0,84]
Gebruik van vergelijkgroep 2 (alle letselongevallen in Vlaanderen)	0,73 [0,66; 0,81]

De sterkere daling in het aantal letselongevallen in de onderzoeksgroep in vergelijking met de vergelijkgroepen kan ook duidelijk waargenomen worden uit het ongevallenverloop van figuur 5 (zie p. 39). Zoals uit figuur 5 duidelijk te zien is, is vanaf 2004, het moment waarop de eerste punten werden heringericht, een daling waarneembaar in de onderzoeksgroep, tegenover een stagnatie in de vergelijkgroepen. Het verschil tussen de onderzoeks- en vergelijkgroepen wordt groter naarmate verder in de tijd, wat kan verklaard worden het stijgende aantal locaties dat werd heringericht

5.2.2 Ernstige ongevallen

Bij het uitvoeren van een meta-analyse met de meer ernstige ongevallen, wordt een effectiviteitsindex van 0,60 gevonden, met een betrouwbaarheidsinterval van [0,44; 0,82]. Dit resultaat wijst op een significante **daling** in het aantal ernstige ongevallen met **40%**. Uit figuur 10 is te zien dat de punten met het grootste gewicht een rond een effectiviteitsindex van 0,5 schommelen.



Figuur 10: Effectiviteitsindex van elk punt ten opzichte van het gewicht van dat punt in de meta-analyse van alle onderzoeklocaties met ernstige ongevallen

Met het in acht nemen van de ongevallentrend voor geheel Vlaanderen is deze daling iets sterker: een effectiviteitsindex van 0,48 met een betrouwbaarheidsinterval [0,35; 0,65], wat duidt op een **daling** van **52%** in het aantal ernstige ongevallen.

Tabel 9: Resultaten van de meta-analyse van alle onderzoekslocaties met ernstige ongevallen

	Effectiviteitsindex [Betrouwbaarheidsinterval]
Gebruik van vergelijkingsgroep 1 (niet aangepakte gevaarlijke punten)	0,60 [0,44; 0,82]
Gebruik van vergelijkingsgroep 2 (alle letselongevallen in Vlaanderen)	0,48 [0,35; 0,65]

Bij het analyseren van het verloop van het aantal ongevallen (zie figuur 6, p. 39), is ook hier duidelijk te zien dat vanaf 2004 een stagnatie wordt waargenomen in de onderzoeksgroepen in vergelijking met een daling op de onderzoekslocaties.

5.3 Vergelijkende analyses afhankelijk van kenmerken van de locatie

5.3.1 Effectiviteit per categorie

Naast de overkoepelende effectiviteit overheen alle onderzoekslocaties is het ook interessant om de effectiviteit te berekenen van subgroepen van onderzoekslocaties met bepaalde karakteristieken. Zo wordt een onderscheid gemaakt naar verschillende kenmerken van de locatie, en wordt geanalyseerd wat de effectiviteit is van locaties naar provincie, binnen of buiten bebouwde kom, wegcategorie, prioriteitsfactor van het gevaarlijke punt, kruispunttype, signalisatie voor de herinrichting van het punt, aantal rijstroken, al of niet aanwezigheid van een middenberm, toegelaten snelheid en verkeersintensiteiten van het punt. Daarnaast wordt ook bekeken of er een verschil is naar het type aanpassing dat werd doorgevoerd. Tabel 10 geeft de resultaten van deze analyses voor alle letselongevallen, waarbij gebruik werd gemaakt van de vergelijkingsgroep bestaande uit nog niet aangepaste gevaarlijke punten. Deze tabel geeft per categorie de overkoepelende effectiviteitsindex en het 95% betrouwbaarheidsinterval van alle locaties binnen een bepaalde categorie. In deze tabel is ook het aantal onderzoekslocaties dat zich bevindt binnen elk van de categorieën weergegeven. Dit betreft een belangrijke factor, aangezien de resultaten meer betrouwbaar zijn naarmate het aantal locaties hoger is.

Bij deze analyses dient duidelijk opgemerkt te worden dat op basis van deze gegevens nog niet kan gezegd worden of er significante verschillen zijn tussen de verschillende categorieën binnen een bepaald kenmerk. Zo bijvoorbeeld kan uit tabel 10 wel afgeleid worden wat het overkoepelende effect is per provincie. Maar deze resultaten tonen nog niet aan of een bepaalde provincie effectiever bleek dan een andere. Daartoe dient onder meer ook gekeken te worden naar het aantal locaties binnen de verschillende categorieën. Deze vergelijkende analyses zijn uitgevoerd in het volgend punt.

Bij een aparte analyse naargelang **provincie** waarin het punt gelegen is, is te zien dat het aantal letselongevallen significant daalde voor locaties in Limburg, Oost-Vlaanderen en Antwerpen, welke een daling vertoonden van respectievelijk 26%, 25% en 22%. Voor locaties in Vlaams-Brabant en West-Vlaanderen werd net geen significante verandering gevonden in het aantal letselongevallen na het aanpassen van de infrastructuur van de

gevaarlijke punten.

Voor locaties buiten de **bebouwde kom**, werd een significante daling van 29% gevonden. De locaties binnen de bebouwde vertoonden een significante daling van 19%. Ook naar **aantal takken** en hun ligging ten opzichte van elkaar werd een onderscheid gemaakt. In totaal zijn zes types gedefinieerd, zijnde kruispunten met vier takken, loodrecht op elkaar staand en diagonaal; kruispunten met drie takken, loodrecht en diagonaal; kruispunten met meer dan vier takken en rotondes. Hierbij werd enkel een significant resultaat gevonden op locaties met vier takken, welke eveneens de grootste groep locaties omvatte. Hier daalde het aantal ongevallen gemiddeld 24%.

Een onderscheid kan gemaakt worden naar **kruispunttype** zoals deze was **voor** de herinrichtingen van de punten werden uitgevoerd. Deze signalisatie kan ruwweg ingedeeld worden in enerzijds kruispunten die voorrangsgeregeld waren en anderzijds kruispunten die lichtengeregeld waren. Voor locaties die voorrangsgeregeld waren werd een significante daling van 33% gevonden. Voor lichtengeregelde locaties is dit 21%. Daarnaast is het interessant een opdeling te maken naar **prioriteitsfactor**. Zo zou kunnen verwacht worden dat een locatie met een hogere prioriteitsfactor, een hoger effect heeft op de verkeersveiligheid. Deze prioriteitsfactor betreft een continue variabele die voor de onderzoekslocaties loopt van 15 tot en met 93 (voor de formule van de prioriteitsfactor, zie 2.2.1). Om een onderscheid te kunnen maken in de effectiviteit naargelang de hoogte van de prioriteitsfactor, werden de locaties ingedeeld in vier ongeveer gelijke groepen. De eerste groep had een prioriteitsfactor van 15 tot en met 20, de tweede een factor van 21 tot en met 23, bij de derde groep liep de score van 24 tot en met 32 en de laatste groep tenslotte had een prioriteitsfactor van 33 of hoger. Enkel de locaties binnen deze twee laatste groepen toonden significante resultaten. Hierbij werd een daling van 31% vastgesteld op locaties met een prioriteitsfactor van 24 tot en met 32. Voor de locaties met een factor van 33 of hoger betrof dit een daling van 27%.

Bij een onderscheid naar de **wegcategorie** op de hoofdweg van het kruispunt werd een significant resultaat gevonden voor drie van de vier categorieën. Locaties met een primaire hoofdweg vertoonden een daling in het aantal letselgevallen van gemiddeld 25%. Locaties met secundaire hoofdwegen vertoonden een daling van 24% en lokale hoofdwegen 30%. Op de niet-hoofdweg werd enkel een significant resultaat gevonden voor locaties met lokale wegen. Hier werd een daling van 26% vastgesteld. Ook is het interessant het **aantal rijstroken** in rekening te brengen in de meta-analyse. Locaties waarvan de hoofdweg twee rijstroken omvat, werd een significante daling van 29% gevonden, voor locaties met vier rijstroken was dit 21%. Daarnaast werd ook voor locaties die twee rijstroken hadden op de niet-hoofdweg een significante daling gevonden van 25%.

Zowel voor kruispunten waarbij de hoofdweg geen **middenberm**, als voor punten waarbij de hoofdweg wel een middenberm heeft, werden significante dalingen gevonden. Deze dalingen betroffen respectievelijk 22% en 25%. Voor de niet-hoofdweg werd enkel een significante daling gevonden voor wegen zonder middenberm, met een daling in het aantal letselgevallen van 25%.

Wat betreft de **toegelaten snelheid** werd voor kruispunten met een snelheidslimiet van 50km/u op de hoofdweg een significante daling van 21% gevonden, voor de hoofdwegen met een limiet van 70 km/u, betrof dit 27% en voor 90km/u wegen was dit 23%. Voor wat betreft de snelheidslimiet op de niet-hoofdwegen werd een significante daling van 26% gevonden voor zowel locaties met een limiet van 50km/u als met een limiet van 70 km/u.

Ook kan het verschil in effectiviteit gemeten worden, naargelang de **intensiteiten** op de verschillende wegen. Intensiteiten werden gemeten gedurende twee piekuren, waarna deze werden gedeeld door twee om een intensiteit per uur te bekomen. Voor wat betreft de hoofdweg wordt een significante daling van 37% in het aantal letselgevallen gevonden wanneer deze een gemiddelde intensiteit van minder dan 1900 voertuigen omvat; een daling van 24% voor wegen met een intensiteit van 1900 tot 2700; en 29% voor wegen met een gemiddelde intensiteit van 2700 tot 4000 voertuigen. Voor de niet-hoofdwegen betrof dit een significante daling van 36% voor wegen met een intensiteit tot

340 voertuigen, 27% voor wegen met een intensiteit van 340 tot 900 voertuigen, 25% voor wegen met 900 tot 1600 voertuigen en 17% voor een intensiteit van 1600 voertuigen of meer.

Bij het maken van een onderscheid naar **inrichting** zoals deze was **na** de aanpassingen, werd enkel een significante daling gevonden voor twee inrichtingen, zijnde de locaties die voorrangsgeregeld waren en conflictvrije verkeerslichten hadden. Dit betreffen eveneens de categorieën die het hoogste aantal locaties omvatten. Voor de voorrangsgeregelde kruispunten betrof dit een daling van 42%, voor conflictvrije geregelde kruispunten 23%.

Ook werd een onderverdeling gemaakt naar locaties met **eenzelfde voor- én nasituatie**. Hoofdzakelijk twee soorten voorsituaties zijn aanwezig, zijnde voorrangsgeregelde en lichtengeregelde kruispunten. Voor wat betreft de nasituatie zijn de belangrijkste aanpassingen geselecteerd. De aanpassingen die werden doorgevoerd op deze locaties zijn vooral omvorming naar rotondes, conflictvrije verkeersregelinstallaties, klassieke verkeersregelinstallaties, en voorrangsgeregeling. Een significante daling van 22% werd gevonden voor kruispunten die werden omgevormd van lichtengeregelde naar lichtengeregelde conflictvrij. Ook voor kruispunten die in de voor- en nasituatie voorrangsgeregeld waren, en waar vooral de lay-out van het kruispunt werd aangepast, werd een significante daling gevonden, en dit van 42%.

Tabel 10: Meta-analyses met alle letselongevallen naar kenmerk locatie en type aanpassing

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Provincie	Antwerpen	34	0,78 [0,64; 0,94]*
	Limburg	35	0,74 [0,64; 0,94]*
	Oost-Vlaanderen	31	0,75 [0,60; 0,94]*
	Vlaams-Brabant	10	0,68 [0,45; 1,03]
	West-Vlaanderen	24	0,79 [0,62; 1,01]
Bebouwde kom	Binnen	37	0,81 [0,66; 0,98]*
	Buiten	86	0,71 [0,63; 0,81]*
Aantal takken in de voorsituatie	4 takken	96	0,76 [0,68; 0,85]*
	4 takken + diagonaal	14	0,72 [0,49; 1,06]
	3 takken	15	0,81 [0,52; 1,28]
	3 takken + diagonaal	2	0,62 [0,22; 1,77]
	rotonde	2	0,75 [0,25; 2,24]
	meer dan 4 takken	4	0,74 [0,45; 1,23]
Kruispunttype in de voorsituatie	Voorrangsgeregeld	55	0,67 [0,55; 0,82]*
	Lichtengeregelde	74	0,79 [0,70; 0,90]*
Prioriteitsfactor	15 tem 20	29	0,80 [0,63; 1,02]
	21 tem 23	28	0,89 [0,69; 1,15]
	24 tem 32	42	0,69 [0,57; 0,84]*
	33 of hoger	35	0,73 [0,62; 0,88]*
Wegcategorie hoofdweg	Hoofdweg	2	1,54 [0,47; 5,05]

	Primair	45	0,75 [0,63; 0,88]*
	Secundair	60	0,76 [0,65; 0,89]*
	Lokaal	23	0,70 [0,52; 0,94]*
Wegcategorie niet- hoofdweg	Hoofdweg	1	0,55 [0,20; 1,48]
	Primair	2	0,63 [0,22; 1,84]
	Secundair	21	0,79 [0,62; 1,00]*
	Lokaal	98	0,74 [0,65; 0,84]*
Aantal rijstroken hoofdweg	2	68	0,71 [0,60; 0,85]*
	3	1	1,17 [0,28; 4,87]
	4	64	0,79 [0,69; 0,90]*
	5	1	0,55 [0,15; 1,99]
Aantal rijstroken niet-hoofdweg	1	12	0,78 [0,52; 1,18]
	2	109	0,75 [0,67; 0,84]*
	3	1	0,60 [0,21; 1,74]
	4	11	0,80 [0,59; 1,09]
Aanwezigheid middenberm hoofdweg	Geen middenberm	67	0,78 [0,65; 0,92]*
	Wel middenberm	67	0,75 [0,66; 0,85]*
Aanwezigheid middenberm niet-hoofdweg	Geen middenberm	112	0,75 [0,67; 0,84]*
	Wel middenberm	21	0,79 [0,63; 1,00]
Toegelaten snelheid hoofdweg	50	29	0,79 [0,63; 0,98]*
	70	39	0,73 [0,60; 0,89]*
	90	62	0,77 [0,66; 0,89]*
	120	1	0,61 [0,13; 2,96]
Toegelaten snelheid niet-hoofdweg	30	1	0,85 [0,13; 5,74]
	50	51	0,74 [0,62; 0,87]*
	70	36	0,74 [0,62; 0,89]*
	90	36	0,83 [0,67; 1,04]
	120	2	0,60 [0,28; 1,30]
Volume hoofdweg	0 tot en met 1899	32	0,63 [0,47; 0,82]*
	1900 tem 2699	34	0,76 [0,60; 0,95]*
	2700 tem 3999	34	0,71 [0,58; 0,86]*
	Vanaf 4000 of hoger	34	0,86 [0,73; 1,03]
Volume niet-hoofdweg	0 tot en met 339	33	0,64 [0,47; 0,86]*
	340 tem 899	34	0,73 [0,58; 0,92]*
	900 tem 1599	35	0,75 [0,62; 0,90]*
	1600 of meer	32	0,83 [0,70; 0,99]*
Type inrichting na	Afsluiten	4	0,89 [0,36; 2,19]

	Plateau	3	0,53 [0,22; 1,26]
	Rechts in, rechts uit	1	0,51 [0,09; 2,80]
	Rotonde	15	0,79 [0,53; 1,18]
	Vorrangsgeregeld	27	0,58 [0,42; 0,80]*
	VRI klassiek	18	0,84 [0,64; 1,09]
	VRI conflictvrij	60	0,77 [0,67; 0,88]*
Type aanpassing	Lichtengeregeld → Rotonde	5	0,72 [0,38; 1,36]
	Lichtengeregeld → VRI conflictvrij	53	0,78 [0,67; 0,89]*
	Lichtengeregeld → VRI klassiek	15	0,89 [0,66; 1,19]
	Vorrang → Rotonde	8	0,87 [0,49; 1,57]
	Vorrang → Vorrangsgeregeld	26	0,58 [0,42; 0,80]*
	Vorrang → VRI klassiek	3	0,64 [0,34; 1,20]
	Vorrang → VRI conflictvrij	6	0,66 [0,38; 1,16]

*= significant ($p \leq 0,05$)

5.3.2 Vergelijkende analyse

Bovenstaande analyses bieden een zicht op de effectiviteit naargelang de kenmerken van de locaties. Echter is het op basis van deze analyses niet mogelijk om te zeggen of de locaties binnen de verschillende categorieën van een bepaald kenmerk nu significant van elkaar verschillen. Zo bijvoorbeeld kan niet gezegd worden of de aanpassingen op locaties binnen een bepaalde categorie van een kenmerk, bijvoorbeeld de provincie Antwerpen, nu effectiever zijn dan locaties binnen een andere categorie, bijvoorbeeld de provincie Limburg. Daarom werd een vergelijkende analyse uitgevoerd waarbij de effectiviteit van alle locaties binnen een categorie van een bepaald kenmerk, wordt afgezet tegen de effectiviteit van de locaties binnen de andere categorieën. Deze vergelijkende analyse is gebaseerd op niet-gewogen effectiviteitsindexen van alle locaties binnen een bepaalde categorie. Om deze vergelijking uit te voeren werd de ANOVA-analyse in SPSS gehanteerd. In eerste instantie wordt bekeken of er een significant verschil in effectiviteit is tussen de categorieën van eenzelfde kenmerk (bv de provincies). Dit worden de hoofdeffecten genoemd. Daarnaast worden verschillende kenmerken gecombineerd, om na te gaan of locaties met een bepaalde combinatie van kenmerken significant verschillen van elkaar. Zo bijvoorbeeld wordt bekeken of locaties binnen de bebouwde kom nu significant verschillend zijn van locaties buiten de bebouwde kom, afhankelijk van het aantal rijstroken op de hoofdweg. Deze analyses kunnen benoemd worden als interactie-effecten.

Eén van de voorwaarde om de ANOVA-analyse uit te voeren is dat groepen minstens vijf observaties omvatten. Verschillende categorieën omvatten minder dan vijf variabelen. Daarom werden de locaties die werden omgezet van voorrangsgeregeld naar VRI klassiek (3 locaties) en de locaties die werden omgezet van voorrangsgeregeld naar VRI conflictvrij (6 locaties) samengenomen. Volgende groepen werden uit de analyses gelaten indien het betreffende kenmerk werd geanalyseerd:

- Aantal takken:
 - o 3 takken diagonaal (2 locaties)
 - o Rotonde (2 locaties)
 - o Meer dan 4 takken (4 locaties)
- Rijstroken hoofdweg:
 - o 3 rijstroken (1 locatie)
 - o 5 rijstroken (1 locatie)
- Rijstroken niet-hoofdweg
 - o 3 rijstroken (1 locatie)
- Snelheid hoofdweg

- 120 (1locatie)
- Snelheid niet-hoofdweg
 - 30 (1locatie)
 - 120 (2 locaties)
- Wegcategorie hoofdweg
 - Hoofdweg (2 locaties)
- Wegcategorie niet-hoofdweg
 - Hoofdweg (1 locatie)
 - Primair (2 locatie)

Zoals weergegeven in 3.3.3 is een tweede voorwaarde dat alle groepen uit een normaal verdeelde populatie dienen te komen. Aangezien dit niet altijd het geval is, werd voor de vergelijkende analyses gebruik gemaakt van de natuurlijke logaritmen van de effectiviteitsindexen. De derde voorwaarde is dat de varianties (= de spreiding) van de groepen gelijk dienen te zijn. Dit kan getest worden met de 'Levene's Test for equality of variance'. Indien deze test significant is, duidt dit op ongelijke varianties, en werden de resultaten niet geïnterpreteerd.

In eerste instantie wordt bekeken of de categorieën binnen eenzelfde kenmerk significant van elkaar verschillen. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 11. Deze tabel geeft de F-waarde, vrijheidsgraden (Df) en p-waarde weer, die resulteerden uit de ANOVA-analyse in SPSS. De vrijheidsgraden duiden aan hoeveel categorieën opgenomen zijn. Deze wordt berekend door het aantal categorieën te verminderen met één. Zo bijvoorbeeld is te zien dat de provincies vier vrijheidsgraden hebben. Tevens werd in deze analyses gebruik gemaakt van het 95% betrouwbaarheidsinterval. Indien de p-waarde kleiner is dan 0,05 kan met 95% zekerheid gezegd worden dat het resultaat significant is, en dus dat er verschillen zijn tussen bepaalde categorieën (zie ook 3.3.3). Wanneer meer dan twee categorieën aanwezig zijn, dient een post-hoc test uitgevoerd te worden om te analyseren tussen welke categorieën een significant verschil waar te nemen is. Om na te gaan welke locaties nu significant hoger scoorden, dient gekeken te worden naar de berekende gemiddelden in tabel 10.

Bij het onderzoeken van deze verschillen, werd voor één kenmerk significante verschillen gevonden. Hierbij bleek er een significant verschil te zijn tussen de locaties, naargelang het **volume op de hoofdweg** ($p < 0,001$). Een post-hoc test toonde dat er een significant verschil is tussen locaties met 0-1899 voertuigen per uur, en locaties met 1900 tot 2700 voertuigen per uur ($p = 0,024$). Wanneer in tabel 10 naar de gemiddelden gekeken wordt, is te zien dat de hoogste daling in het aantal letselongevallen te vinden is op locaties met een intensiteit van 0-1899 voertuigen (37%) in vergelijking met locaties met een intensiteit van 1900 tot 2700 (23%). Daarnaast bleek er ook een significant verschil te zijn tussen locaties met het hoogste volume en laagste volume ($p = 0,001$). Ook hier bleek de daling het hoogst te zijn op locaties met het laagste volume. Tenslotte bleek er ook een randsignificant verschil te zijn tussen locaties met 2700 tot 4000 voertuigen en 4000 of meer voertuigen per uur ($p = 0,093$), met een hoogste daling op locaties met een intensiteit van 2700 tot 4000 voertuigen.

Naast het significante verschil naargelang het volume op de hoofdweg, bleek er ook een randsignificant verschil te zijn naargelang het **type signalisatie** in de **voorperiode** ($p = 0,086$). Locaties die in de voorperiode voorrangsgeregeld waren vertoonden een hogere daling (33%) in vergelijking met locaties die lichtengeregeld waren (21%).

Tabel 11: Vergelijkende analyse van de effectiviteit gebaseerd op alle letselongevallen, tussen de verschillende categorieën van eenzelfde kenmerk

	F- waarde	Df	P- waarde	
Provincie	0,156	4	0,960	
Bebouwde kom	0,298	1	0,586	Niet significant
Prioriteitsfactor	1,904	3	0,132	Niet significant
Aantal takken voorsituatie	0,475	2	0,623	Niet significant
Kruispunttype voorsituatie	2,997	1	0,086	Randsignificant
Wegcategorie				
- Hoofdweg	1,393	2	0,252	Niet significant
- Niet-hoofdweg	1,023	1	0,314	Niet significant
Aantal rijstroken				
- Hoofdweg	1,469	1	0,228	Niet significant
- Niet-hoofdweg	0,993	2	0,373	Niet significant
Aanwezigheid middenberm				
- Hoofdweg	0,102	1	0,750	Niet significant
- Niet-hoofdweg	0,282	1	0,596	Niet significant
Toegelaten snelheid				
- Hoofdweg	0,905	2	0,407	Niet significant
- Niet-hoofdweg	1,380	2	0,256	Niet significant
Volume				
- Hoofdweg	6,650	3	<0,001	Scheffé test: - Tussen 0-1899 en 1900-2699 (p= 0,024) - Tussen 0-1899 en 4000 of meer (p=0,001) - Tussen 2700-3999 en 4000 of meer (randsignificant: p=0,093)
- Niet-hoofdweg	0,977	3	0,406	Niet significant
Type aanpassing				
- Alle categorieën	2,418	5	0,040	Mag niet geïnterpreteerd worden, varianties niet voldoende gelijk
- Enkel met lichtengeregeld in voorsituatie				
• Nasituatie: rotonde, VRI klassiek VRI conflictvrije	0,629	2	0,536	Niet significant
• Nasituatie: rotonde, VRI (klassiek + conflictvrij)	0,622	1	0,433	Niet significant

- Enkel met voorrangsgeregeld in voorsituatie +Nasituatie: rotonde, voorrangsgeregeld, VRI (klassiek + conflictvrij)	2,023	2	0,146	Niet significant
---	-------	---	-------	------------------

Naast het bekijken van de verschillen binnen een bepaald kenmerk, is het ook interessant verschillende kenmerken te combineren en na te gaan of er significante interactie-effecten kunnen gevonden worden. Echter deze resultaten leverden geen resultaten op waaruit iets kan geleerd worden naar de effectiviteit van de herinrichting van de gevaarlijke punten.

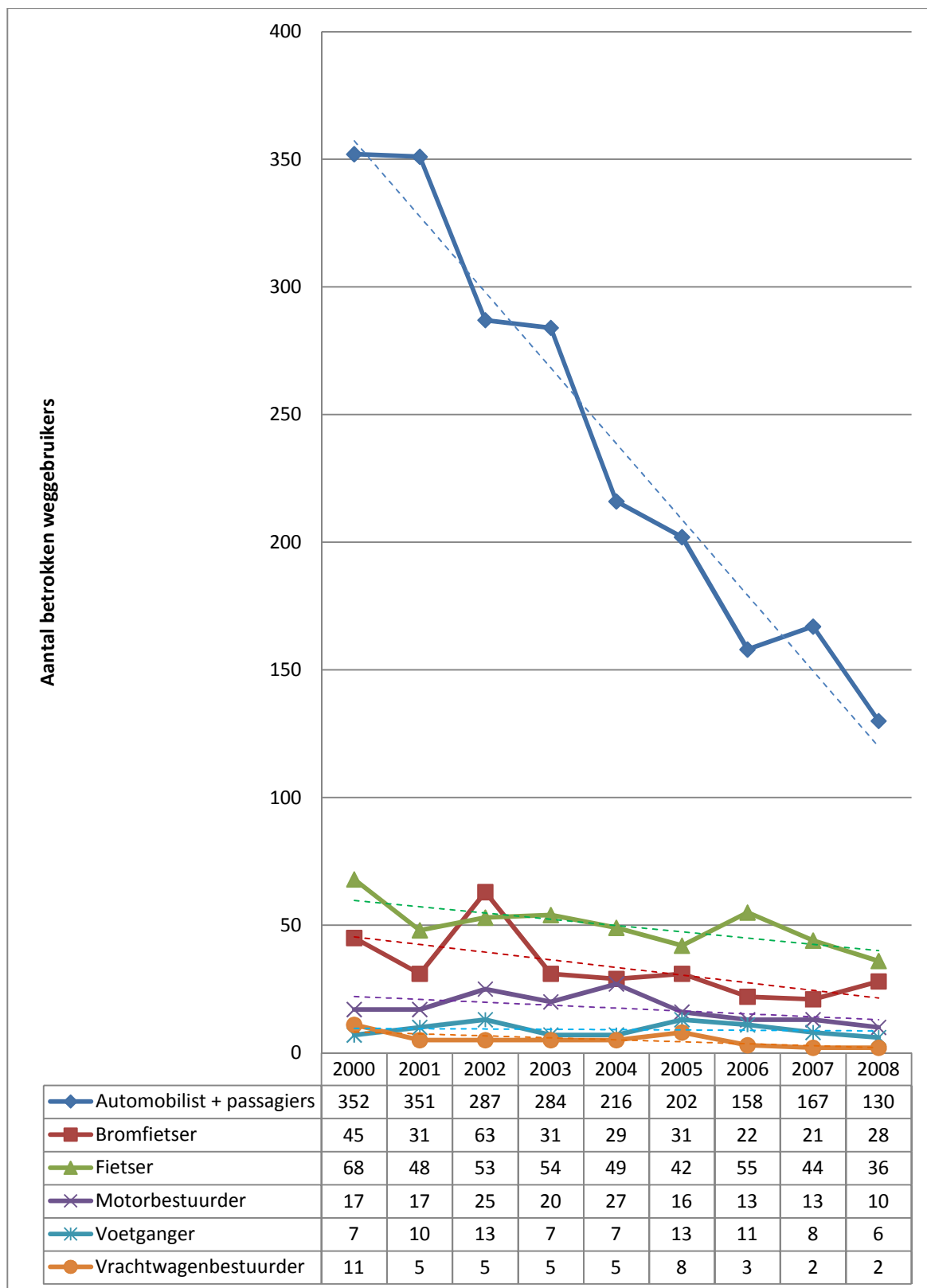
5.4 Effectiviteit naar betrokken weggebruiker

5.4.1 Evolutie aantal gewonden naar aard van weggebruikers

Naast de effectiviteit op het aantal ongevallen, is het ook interessant om een onderscheid te maken in de effectiviteit naar betrokken weggebruikers. Waar in de vorige analyses werd gekeken op ongevallenniveau, wordt hier gekeken op slachtofferniveau. Het is immers mogelijk dat meerdere weggebruikers betrokken raakten in eenzelfde ongeval. In deze analyses worden enkel betrokken weggebruikers opgenomen die gewond werden tijdens het ongeval. Weggebruikers die betrokken waren in een ongeval met gewonden of doden, maar zelf niet gewond werden, worden niet opgenomen. Naar betrokken weggebruikers worden volgende categorieën onderscheiden: automobilisten en passagiers, voetgangers, fietsers, bromfietsers, motorrijders en vrachtwagenchauffeurs. Deze groepen zijn geselecteerd door een samenvoeging van categorieën van weggebruikers die door de FOD Economie zijn geformuleerd in de ongevallendatabank. Hierbij zijn volgende categorieën samengenomen:

- Automobilist en passagiers: personenauto, auto voor dubbel gebruik, minibus, lichte vrachtauto, kampeerwagen
- Vrachtwagenchauffeur: vrachtwagen, trekker+aanhangwagen, trekker alleen
- Motorrijder: motorfiets ≤ 400 cc en motorfiets > 400 cc
- Bromfietser: bromfiets A (2 wielen), bromfiets B (2 wielen), bromfiets (2 of 4 wielen)
- Fietser
- Voetganger

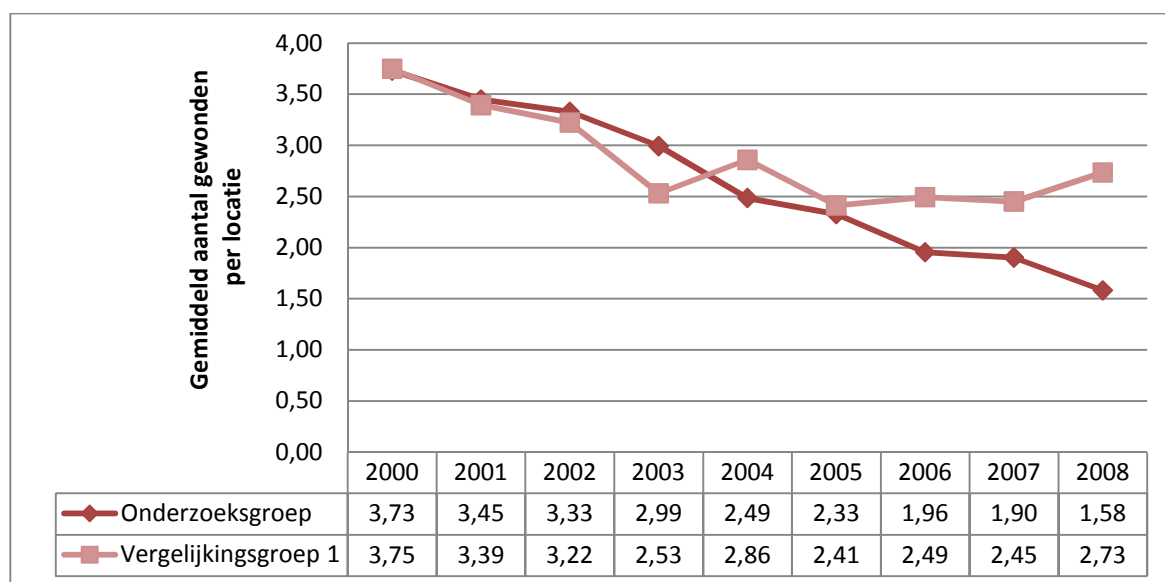
Figuur 11 geeft het jaarlijkse aantal gewonden van 2000-2008 op de 134 onderzoekslocaties, opgedeeld naar type weggebruiker. Deze figuur toont duidelijk dat het grootste aandeel gewonden automobilisten betreffen, die een sterke daling vertonen overheen de jaren. De andere weggebruikers zijn lager in aandeel, maar vertonen ook allemaal een daling.



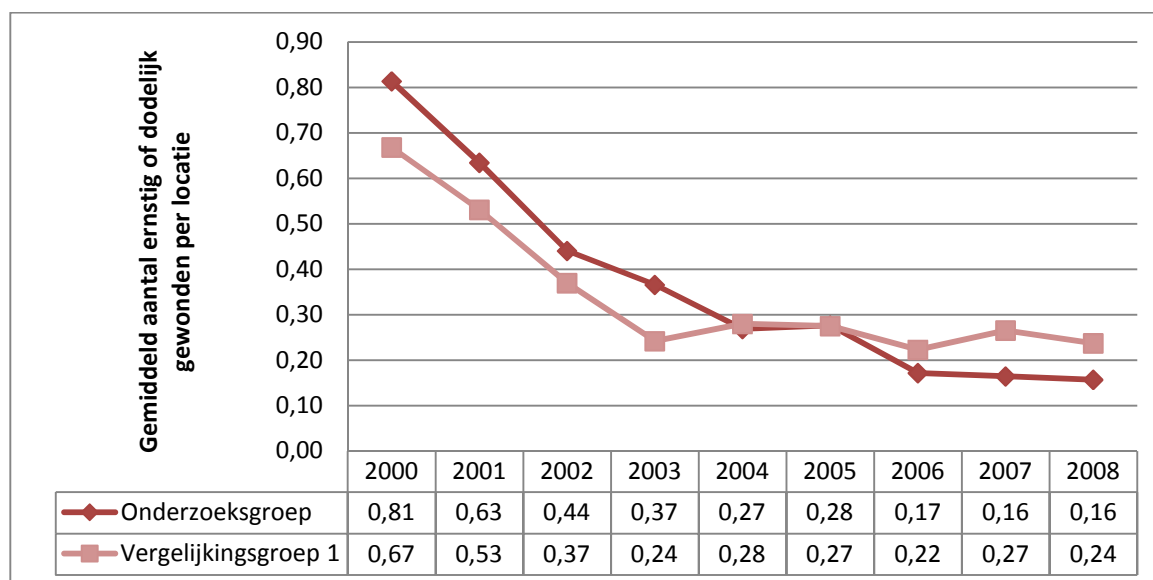
Figuur 11: Aantal gewonden per jaar op de onderzoekslocaties, opgedeeld naar aard van weggebruiker

Bij het analyseren van het aantal betrokken slachtoffers in de onderzoeksgroep, is het ook belangrijk om rekening te houden met de algemene trend. Om te achterhalen welk deel van deze daling op de onderzoekslocaties te wijten is aan de algemene trend, en welk deel aan de uitgevoerde aanpassingen, wordt in figuren 12 en 13 het aantal

gewonden in de onderzoeksgroep afgezet tegen het aantal gewonden in de vergelijkingsgroep 1. Aangezien de onderzoeksgroep bestaat uit 134 locaties en de vergelijkingsgroep uit 211 locaties, wordt het gemiddeld aantal gewonden per locatie afgebeeld. Voor wat betreft het aantal letselongevallen is zowel voor de onderzoeks- als voor vergelijkingsgroep 1 een dalende trend te zien tussen 2000 en 2003 (zie figuur 12). Vanaf 2003 stagneert dit aantal in de vergelijkingsgroep, maar blijft dit dalen in de onderzoeksgroep. Figuur 13 toont enkel de zwaar en dodelijk gewonden. Ook hier is een sterk dalende trend te zien voor zowel de onderzoeks- als vergelijkingsgroep, met een stagnerend aantal voor beide groepen vanaf 2004. Na 2005 zet de dalende trend zich terug verder in de onderzoeksgroep, terwijl deze gelijk blijft in de vergelijkingsgroep.



Figuur 12: Het gemiddeld aantal gewonden per locatie in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1



Figuur 13: Het gemiddeld aantal ernstige en dodelijk gewonden per locatie in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1

5.4.2 *Vergelijkende analyse voor en na het uitvoeren van de aanpassingen*

Naast de evolutie per jaar, is het vooral interessant na te gaan welke evolutie er te zien is in de betrokken weggebruikers voor en na dat de infrastructuurwerken zijn uitgevoerd. Tabel 12 geeft hiervan een overzicht. De tabel toont het gemiddeld aantal gewonden per

jaar per locatie naar aard van weggebruiker, voor dat de aanpassingen op het kruispunt werden uitgevoerd, en na dat de aanpassingen werden uitgevoerd. De berekening van het percentuele verschil in het aantal gewonden voor en na het uitvoeren van de aanpassingen, toont een duidelijke daling van de voor- naar de naperiode voor alle weggebruikers.

Om een goede vergelijking mogelijk te maken, worden ook het aantal gewonden in de vergelijkingsgroep in twee perioden weergegeven. Voor de voorperiode wordt het gemiddeld aantal ongevallen van vijf en zes jaar voorperiode gehanteerd. Dit omdat de gemiddelde voorperiode in de onderzoeksgroep 5,5 jaar is (in totaal omvat de onderzoeksgroep 734 jaar in de voorperiode, dit delen door 134 (het aantal locaties in de onderzoeksgroep), leidt tot 5,5). Voor de naperiode wordt een gemiddelde van twee jaar gehanteerd (276 jaar in de naperiode, gedeeld door 134). Ook voor de vergelijkingslocaties blijkt een daling aanwezig te zijn voor alle soorten weggebruikers, behalve de fietsers waar een lichte stijging vast te stellen is. Wel is duidelijk te zien dat de daling op de onderzoekslocaties veel hoger is, in vergelijking met de vergelijkingslocaties.

Een beter beeld wordt weergegeven door de verhouding van de evolutie in de onderzoeksgroep met de evolutie in de vergelijkingsgroep, wat kan worden weergegeven door volgende formule:

$$\frac{\frac{\text{Aantal gewonden in de onderzoeksgroep in de naperiode}}{\text{Aantal gewonden in de onderzoeksgroep in de voorperiode}}}{\frac{\text{Aantal gewonden in de vergelijkingsgroep in de naperiode}}{\text{Aantal gewonden in de vergelijkingsgroep in de voorperiode}}}$$

Op die manier wordt gecontroleerd voor de trend. Echter wordt hier niet gecontroleerd voor regressie naar het gemiddelde. Uit deze vergelijkingen is te zien dat het aantal gewonde automobilisten en passagiers gemiddeld daalde met 40%. Het aantal bromfietsers daalde met gemiddeld 13% en het aantal motorrijders met 32%. Voor de fietsers was dit aantal 31% en het aantal gewonde voetgangers daalde met gemiddeld 11%. Het aantal vrachtwagenchauffeurs daalde met 72%. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat een onderlinge vergelijking van de verschillende weggebruikers niet mogelijk is. Er is immers een sterk verschil in het aantal betrokkenen per weggebruiker. Zo is te zien dat het aantal betrokken vrachtwagenchauffeurs laag is, waarbij slechts een kleine absolute verandering reeds kan leiden tot hoge relatieve veranderingen.

	Gemiddeld aantal weggebruikers per jaar per locatie						Relatieve verandering:
	Onderzoeksgroep			Vergelijkingsgroep 1			
	voor	na	% verschil	Gemiddelde van 5 en 6 jaar voor	2 jaar na	% verschil	
Automobilisten en passagiers	2,19	1,07	-50,90	1,95	1,59	-18,55	0,60
Bromfietsers	0,30	0,19	-36,43	0,40	0,29	-26,71	0,87
Fietsers	0,41	0,29	-29,59	0,45	0,45	+2,16	0,69
Motorrijders	0,16	0,10	-39,55	0,15	0,13	-10,64	0,68
Voetgangers	0,07	0,05	-27,20	0,09	0,08	-18,44	0,89
Vrachtwagenchauffeurs	0,05	0,01	-77,63	0,05	0,04	-21,33	0,28

Tabel 12: Gemiddeld aantal gewonden per jaar per locatie voor en na het aanpassen van de infrastructuur, opgedeeld naar aard van weggebruiker, dit zowel voor de onderzoeksgroep, als voor vergelijkingsgroep 1

6. DISCUSSIE

6.1 Vergelijking met andere resultaten

6.1.1 Vergelijking met buitenlandse studies

In de huidige studie hebben we een significante daling van 24-27% gevonden van het aantal letselongevallen. Voor de ernstige ongevallen bedraagt de gevonden daling 40% tot 52%, naargelang de gebruikte vergelijkingsgroep.

Elvik (1997) voerde een meta-analyse van 36 voor- en na studies uit, die allen de effectiviteit van het aanpakken van gevaarlijke punten evalueerden. Hij vond dat de resultaten sterk afhankelijk waren van de vertekende factoren die in rekening werden gebracht. Dalingen van 50 tot 90% van het ongevalenaantal (niet gespecificeerd volgens letselernst) werden gevonden in studies die niet controleerden voor enige vertekende factor. Hoe meer vertekende factoren in rekening werden genomen, hoe kleiner het effect was dat kon toegeschreven worden aan het gevaarlijke punten programma. Studies die controleerden voor trend en regressie naar het gemiddelde, vonden een daling van gemiddeld 17% van het aantal ongevallen (Elvik, 1997). Dit fenomeen wordt bestempeld als de 'iron law of evaluation studies'. Deze wetmatigheid werd door Rossi & Freeman (1985) omschreven als 'The better an evaluation study is technically, the less likely it is to show positive program effects'. Een recentere effectiviteitsstudie van 150 punten in West-Australië waarvan de herinrichting werd doorgevoerd in 2000-2002 vond een daling van 15% in alle gerapporteerde ongevallen (zowel letselongevallen als ongevallen met blikschade) (Meuleners et al., 2008).

We kunnen hieruit besluiten dat de gevonden daling voor Vlaanderen (24-27%) sterker is dan de gevonden dalingen in de methodologisch meest correcte studies in het buitenland.

6.1.2 Vergelijking met monitoring door TV3V

TV3V voerde in het verleden reeds een monitoring van ongevalgegevens uit om de effectiviteit van de herinrichting van de gevaarlijke punten te onderzoeken. Daartoe vroeg TV3V halfjaarlijkse ongevalgegevens op bij de bevoegde politiezones. Om de effectiviteit te onderzoeken, werd het prioriteitscijfer van voor de herinrichting vergeleken met het prioriteitscijfer van na de herinrichting. Een monitoring van 220 punten vond een daling met 80% van de gemiddelde score van de aangepakte gevaarlijke punten tegenover de situatie voor de herinrichting (Poelmans & Van Den Bossche, 2010).

Dit is een belangrijk verschil met de resultaten die we in ons onderzoek hebben gevonden. Wij zien drie verklaringen hiervoor: ten eerste verschillen de ambities van beide onderzoeken in belangrijke mate, ten tweede verschillen beide analysemethoden op belangrijke punten, ten derde zijn de gebruikte data verschillend.

- 1) De monitoring door TV3V was vooral bedoeld om een eerste inschatting van de effecten te maken:

Zowel TV3V als het Agentschap Wegen en Verkeer hebben geregeld aangegeven dat de uitgevoerde monitoring in eerste instantie een schatting betrof en wetenschappelijk verder diende uitgewerkt te worden (Poelmans & Van Den Bossche, 2010; Rekenhof, 2011). In die zin kan de huidige studie als een belangrijke verfijning en nuancering van de eerste resultaten beschouwd worden.

2) De methodologie van de beide studies verschilt op enkele belangrijke punten:

- De belangrijkste methodologische verschillen tussen beide analyses hebben te maken met het controleren voor mogelijk beïnvloedende factoren. Door in het huidige rapport als voorperiode enkel ongevallen te selecteren vanaf het jaar 2000, werd de periode die door de Vlaamse overheid in hoofdzaak gehanteerd werd om de gevaarlijke punten te selecteren (1997-1999) niet opgenomen. Op die manier werd reeds voor een belangrijk deel gecontroleerd voor het effect van regressie naar het gemiddelde (voor een verklaring van dit effect, zie sectie 3.2). Daarnaast werd nog extra gecontroleerd voor regressie naar het gemiddelde door het toepassen van de Empirical Bayes-methode. Tevens werd in dit rapport gecontroleerd voor de algemene ongevallentrend en voor toevalselementen bij ongevallensanalyses door gebruik te maken van een vergelijkingsgroep en van statistische puntschattingen en betrouwbaarheidsintervallen. De analyses door TV3V hielden geen rekening met deze elementen. In dit opzicht kan verwezen worden naar de eerdergenoemde "ijzeren wet" van evaluatiestudies die verwijst naar de zwakkere resultaten die meestal worden gevonden in studies die beter controleren voor vertekende factoren.
- Ten tweede, en in ondergeschikte orde, wordt in de monitoring van TV3V gerekend op niveau van het aantal slachtoffers, terwijl in het huidige rapport geanalyseerd wordt op ongevallenniveau. In de internationale wetenschappelijke literatuur is het gangbaar om te rekenen met effecten op het aantal ongevallen met een bepaalde ernst, niet met het aantal slachtoffers als dusdanig. Dit verschil heeft te maken met de wetenschappelijk gekende eigenschappen van ongevalpopulaties (bv. de statistische Poisson-verdeling) die betrekking hebben op ongevallen en niet op het aantal slachtoffers bij die ongevallen. Anders gezegd vormt het aantal ongevallen op een bepaalde locatie het resultaat van een bepaald proces, terwijl het aantal slachtoffers dat bij een gegeven ongeval betrokken is of verwondingen oploopt, dan weer eerder te wijten is aan een ander proces en ondermeer afhankelijk is van het aantal inzittenden in de betrokken voertuigen², de bescherming die het voertuig al of niet biedt³ en de eventueel gebruikte veiligheidsuitrusting⁴, parameters die dus weinig of geen verband houden met de aanwezige infrastructuur. Een gevolg is dat wij in ons onderzoek de ernst van het ongeval hebben uitgedrukt als de ernst van het zwaarste letsel dat in het ongeval werd opgelopen.

3) De gebruikte data voor de beide onderzoeken verschillen:

- TV3V maakte geen gebruik van de gegevens van de FOD Economie zoals in het huidige onderzoek werd gedaan, maar gebruikte ongevalgegevens die rechtstreeks werden opgevraagd bij de lokale politiezones. Die methode werd door TV3V gehanteerd om snel over gelokaliseerde ongevalgegevens te beschikken, hetgeen niet mogelijk is op basis van de FOD-data. Zoals uitvoerig toegelicht in hoofdstuk 4 hebben wij ons gebaseerd op de data afkomstig van de FOD Economie, afdeling Statistiek.

In principe zou deze verschillende manier van dataverzameling in de beide analyses echter geen invloed mogen hebben op het eindresultaat van de evaluatie aangezien beide datasets in wezen gebaseerd zijn op dezelfde

² Het aantal inzittenden van een voertuig dat op een bepaalde locatie in een ongeval betrokken geraakt, is minstens deels door toeval bepaald.

³ Afhankelijk van het voertuigtype en de -uitrusting. Zo is bij tweewielers de geboden bescherming lager dan bij vierwielers, bij lichtere voertuigen minder dan bij zwaardere voertuigen. In geval van voetgangers is er uiteraard geen sprake van een voertuig.

⁴ Veiligheidsgordel, helm, beschermende kledij,...

informatiebron, namelijk de rapportering door de vaststellende politiediensten van verkeersongevallen met lichamelijke letsels.

- Een tweede verschil m.b.t. de gebruikte data is dat in de huidige studie voor alle locaties gebruik gemaakt werd van een voorperiode die startte vanaf 2000 en liep tot en met 2003. TV3V heeft andere jaartallen gebruikt om zijn analyses op te baseren waarbij de gebruikte jaartallen ook afhingen van het aantal ongevallen. Zo heeft TV3V zich gericht op de prioriteitsscore berekend op de ongevallen uit de periode 1997-1999. Echter, indien de prioriteitsscore hoger bleek te zijn voor één van de daaropvolgende periodes 1998-2000 of 1999-2001, werden de gegevens gebruikt van de drie jaren met de hoogste prioriteitsscore (persoonlijk contact TV3V, 22/03/2010). Ook dit is een factor die mee het verschil kan verklaren tussen beide studies. Omdat TV3V gebruik maakte van de jaren met de hoogste prioriteitsscore, werd het ongevallencijfer in de voorperiode verhoogd, waardoor het verschil met de naperiode en dus de vastgestelde daling hoger wordt.

6.2 Bespreking van de gevonden resultaten

6.2.1 Algemene effectiviteit

De analyses tonen een significante daling van 24-27% voor de letselongevallen en 40-52% voor de ernstige ongevallen. Deze daling kan volledig toegewezen worden aan de herinrichting van de gevaarlijke punten aangezien de gebruikte methode corrigeerde voor belangrijke vertekende factoren, zijnde regressie naar het gemiddelde, trendeffecten en het stochastische karakter van het aantal ongevallen.

Voorts blijkt dat de daling van het aantal ernstige ongevallen (40-52%) sterker is dan de daling van het totale aantal letselongevallen (24-27%). Een statistische vergelijking (door middel van de paired sample t-toets in SPSS 18) toont aan dat deze verschillen statistisch significant zijn. Zowel voor de resultaten met de vergelijkingsgroep bestaande uit nog niet heringerichte gevaarlijke punten ($t=-2,581$; $df=133$; $p=0,007$) als voor de vergelijkingsgroep bestaande uit ongevallen in geheel Vlaanderen ($t=-5,605$; $df=133$; $p<0,001$) werd een statistisch significant verschil gevonden tussen de daling van het totale aantal letselongevallen en de daling van het aantal ernstige ongevallen. Hieruit kan besloten worden dat de herinrichting van de gevaarlijke punten een sterker effect heeft gehad op de ongevallen met doden en zwaargewonden dan op de groep van alle letselongevallen.

6.2.2 Effectiviteit naargelang de kenmerken van de locaties

Naast het analyseren van de effectiviteit overheen alle locaties, werd ook geanalyseerd of er een verschil was in de gevonden effectiviteit naargelang de kenmerken van de locatie. Daaruit bleek er een randsignificant verschil te zijn afhankelijk van de voorsituatie van de kruispunten. Locaties die in de voorsituatie voorrangsgeregeld waren, vertoonden een hogere daling in vergelijking met locaties die in de voorsituatie lichtengeregeld waren. Deze resultaten kunnen mogelijk toegeschreven worden aan het feit dat op locaties met een voorrangregeling in principe nogal wat bijkomende ingrepen mogelijk zijn die conflicterende verkeersstromen reguleren, zoals bijvoorbeeld het plaatsen van verkeerslichten of het aanleggen van een rotonde. Van dergelijke ingrijpende aanpassingen kan in principe een vrij sterk gunstig effect op het ongevallenaantal verwacht worden. Op lichtengeregelde kruispunten zijn de mogelijke aanpassingen echter beperkter aangezien deze punten reeds sterker geregeld zijn.

Daarnaast werd een significant verschil gevonden naargelang het verkeersvolume op de hoofdweg van het kruispunt. Daaruit bleek dat de locaties met een lagere verkeersintensiteit gemiddeld een sterkere daling vertoonden dan locaties met een

hogere intensiteit. Een mogelijke verklaring hiervoor heeft te maken met de gevolgde selectieprocedure voor de gevaarlijke punten. De wetenschappelijke literatuur geeft aan dat van alle mogelijke structurele factoren, de verkeersintensiteit in de regel de voornaamste verklarende variabele is voor het aantal ongevallen op een bepaalde locatie. Aangezien de gevolgde selectieprocedure voor de gevaarlijke punten geen rekening hield met de verkeersdrukke zou dit kunnen betekenen dat, voor de geselecteerde gevaarlijke punten, het bij de drukkere kruispunten vaker dan gemiddeld ging over kruispunten die vooral omwille van hun verkeersintensiteit een verhoogd aantal ongevallen kenden. Daartegenover staat dat het voor de minder drukke kruispunten zou kunnen gegaan hebben over kruispunten waar, behalve de verkeersintensiteit, vooral ook andere structurele factoren mee een verklaring vormden voor het hoge aantal ongevallen. In die zin konden deze laatste punten ook doeltreffender aangepakt worden door infrastructurele maatregelen en kan er verklaard worden waarom de evolutie op deze minder drukke punten gemiddeld gunstiger was.

6.2.3 Betrokken weggebruikers

Tenslotte werd onderzocht welk effect de herinrichting van de punten had op het aantal gewonde weggebruikers en werd een onderscheid gemaakt naargelang de aard van de weggebruiker (inzittende van auto of vrachtwagen, motorrijder, bromfietser, fietser of voetganger). Algemeen is te zien dat er op de aangepakte punten een daling is voor alle typen weggebruikers. Wanneer de relatieve verandering bekeken wordt, zijnde de verandering in het aantal gewonde weggebruikers op de aangepakte gevaarlijke punten, ten opzichte van de verandering in het aantal gewonden in de vergelijkingsgroep, werd voor alle typen weggebruikers een hogere daling in de onderzoeksgroep in vergelijking met de vergelijkingsgroep gevonden. De gevonden cijfers in tabel 12 (sectie 5.4.2) verschillen enigszins van elkaar, maar moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden. Aangezien er geen formele statistische test voor deze verschillen kan uitgevoerd worden (gegeven de hogergenoemde beperkingen op het gebruik van het aantal slachtoffers als analyse-eenheid) en aangezien het in sommige gevallen over zeer lage aantallen gaat (bijvoorbeeld bij de voetgangers) kan op grond van de cijfers niet besloten worden dat de effecten voor sommige types weggebruikers groter of kleiner zijn dan voor andere types weggebruikers.

6.2.4 Representativiteit van de onderzochte locaties voor het volledige programma gevaarlijke punten

Men kan de vraag stellen of de conclusies op basis van de uitgevoerde analyses voor de 134 onderzochte kruispunten mogen veralgemeend worden voor het volledige gevaarlijke puntenprogramma. Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 gebeurde de selectie van de 134 locaties na een screening van de beschikbare data op het vlak van het jaartal van uitvoering van de ingreep, ongevallen, verkeersintensiteiten en kenmerken van de weginfrastructuur.

In geen geval zijn de 134 onderzochte locaties representatief voor de 160 locaties waar, op grond van een voorafgaande analyse, geen specifieke maatregelen werden genomen of slechts een kleine ingreep werd uitgevoerd (zie sectie 4.1.1). De uitgevoerde maatregelen op deze locaties waren, door de aard van de gevolgde procedure, structureel verschillend van de uitgevoerde maatregelen op de 134 onderzochte locaties. De vraag stelt zich vervolgens of de onderzochte locaties representatief zijn voor de overblijvende 649 locaties, met andere woorden voor alle locaties die binnen het uitgevoerde programma een grondige aanpak krijgen of gekregen hebben.

Alleszins is het zo dat de 134 locaties niet gerandomiseerd werden geselecteerd uit deze 649 overblijvende locaties. Daardoor is het mogelijk dat bewust of onbewust een zekere systematiek werd gevolgd bij het aanpakken van de gevaarlijke punten waardoor de 134 onderzochte locaties structureel zouden kunnen verschillen van de overblijvende 515 locaties. Naarmate er meer systematische verschillen zouden zijn tussen de eerste reeks aangepakte punten en de daaropvolgend reeks, neemt de kans toe dat de effectiviteit van de maatregel verschillend zal zijn voor de beide reeksen. Of en in welke mate dit het

geval zal zijn kan niet a priori gezegd worden.

Bij de analyses van de vergelijkbaarheid tussen de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroep 1 (die bestaat uit gevaarlijke punten die tot en met 2008 nog niet waren heringericht) (zie sectie 4.1.2) zijn er alleszins weinig structurele verschillen tussen beide groepen aan het licht gekomen op het vlak van de infrastructuurkenmerken vóór de herinrichting.

We besluiten uit het bovenstaande dat de gevonden cijfers voor de 134 onderzochte locaties een zinvolle eerste benadering voor het globalere effect van het gevaarlijke puntenprogramma vormen. Dit geldt echter uitsluitend voor de punten die daadwerkelijk infrastructuurlijk zijn heringericht, dus niet voor de 160 locaties die werden afgehandeld als kleine ingrepen. Een definitieve effectevaluatie van het programma zal niettemin pas kunnen gemaakt worden nadat het volledige programma voor de heraanleg van gevaarlijke punten zal zijn uitgevoerd en voor elke locatie minimaal 1 jaar aan ongevalgegevens in de naperiode beschikbaar zal zijn.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Uit voorliggend rapport dat de effectiviteit van het gevaarlijke punten programma op 134 locaties onderzocht, kunnen samengevat de volgende conclusies getrokken worden:

1. Zowel voor het totale aantal ongevallen met lichamelijk letsel, als voor de ernstigste ongevallen, die met doden of zwaargewonden, werd een significante daling gevonden ten gevolge van het aanpassen van de infrastructuur van de gevaarlijke punten. Voor de letselongevallen betrof dit een daling van 24 tot 27%, voor de ernstige ongevallen 40 tot 52%. Op grond hiervan mag besloten worden dat het aanpakken van de gevaarlijke punten op de onderzochte kruispunten een significant en substantieel gunstig effect heeft gehad op de verkeersveiligheid. De gevonden daling is het grootst voor de zwaarste ongevallen.
2. Wat betreft de kenmerken van de locaties bleek het herinrichten van punten een sterker effect te hebben indien de punten vóór de herinrichting voorrangsgeregeld waren in plaats van lichtengeregeld. Het effect was ook sterker op punten met een lagere intensiteit dan op punten met een hogere intensiteit. Er werden geen significante verschillen gevonden naargelang de soort aanpassing. Het is dus op grond van deze resultaten niet mogelijk om bepaalde types aanpassingen (vb. het aanleggen van een rotonde of het omvormen tot een verkeerslichtengeregeld kruispunt) als effectiever naar voor te schuiven dan andere.
3. Naast een analyse op ongevallenniveau toonde een analyse op slachtofferniveau een duidelijke daling van het aantal slachtoffers voor elk van de betrokken categorieën weggebruikers, zijnde inzittenden van auto's en vrachtwagens, fietsers, bromfietzers, motorrijders en voetgangers.

7.2 Aanbevelingen

Op grond van de gevonden resultaten kunnen enkele aanbevelingen geformuleerd worden:

1. De beschikbaarheid en de kwaliteit van de basisdata verbeteren

De beschikbaarheid en de kwaliteit van de basisdata leverden beperkingen binnen dit onderzoek. Begin 2012 waren bruikbare, geografisch gelokaliseerde, ongevallendata slechts beschikbaar tot en met 2008. Dit had als gevolg dat locaties die aangepast waren tot en met 2007 konden geëvalueerd worden en dat later aangepaste locaties niet konden opgenomen worden in het onderzoek aangezien er minimaal voor één jaar na de herinrichting ongevallengegevens dienden beschikbaar te zijn. Een actuelere set van ongevallendata zou een snellere of een nog uitgebreidere evaluatie mogelijk gemaakt hebben, zowel wat betreft het aantal locaties als de lengte van de naperiode per locatie.

2. Aanvullend onderzoek uitvoeren

Aanvullend onderzoek kan interessant zijn op het ogenblik dat het volledige programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten zal zijn uitgevoerd. Hoewel a priori niet verwacht hoeft te worden dat een dergelijke analyse afwijkende resultaten zal opleveren voor wat betreft het globale effect op het aantal ongevallen, zou een dergelijke analyse vooral meer uitsluitel kunnen bieden over de vraag welke types van herinrichting (plaatsen van verkeerslichten op een voorrangsgeregeld kruispunt, omvorming van een klassieke verkeerslichtenregeling tot een conflictvrije verkeerslichtenregeling,...) in meerdere of in mindere mate tot een effect hebben geleid. Dergelijke analyse zou met name richting kunnen geven aan toekomstige investeringen op het Vlaamse wegennet.

3. Potentieel voor verdere verbetering netwerk benutten in de toekomst

Het programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten heeft gunstige resultaten gehad, minstens voor de onderzochte locaties. De gevonden dalingen zijn niet alleen significant, maar ook substantieel. Een logische aanbeveling is dan ook om een hernieuwde screening van het Vlaamse gewestwegennet uit te voeren met het oog op het detecteren van overblijvende of nieuwe locaties met een verhoogd ongevalrisico. We bevelen aan om voor deze screening gebruik te maken van state-of-the-art methoden (BAST & Sétra, 2005; Cheng & Washington, 2008; Geurts, 2006) die ondermeer rekening houden met kanselementen en gekende beïnvloedende factoren zoals verkeersintensiteiten.

Of deze nieuwe screening ook moet leiden tot een hernieuwd programma voor de aanpak van gevaarlijke punten kan niet a priori gezegd worden. Het feit dat het uitgevoerde programma heeft geleid tot gunstige resultaten betekent niet noodzakelijk dat dergelijke effecten ook in de toekomst nog opnieuw zullen kunnen bereikt worden. Mogelijk heeft de gehanteerde aanpak er vooral toe geleid dat het "laaghangend fruit" geplukt is, maar bij herhaling niet meer tot dezelfde resultaten leidt. Het Nederlandse onderzoeksinstituut SWOV⁵ (2007) argumenteert dat de aanpak van gevaarlijke punten zijn limieten kent. In Nederland is het aantal gevaarlijke punten de laatste decennia fors gedaald, en wordt er geopperd dat de aanpak geen substantiële bijdrage meer kan leveren aan een verdere daling van het aantal gewonden. Ondermeer het geplande onderzoek 'Network Safety Management' in het Steunpunt Verkeersveiligheid 2012-2015 zal meer inzicht leveren in de status en de mogelijkheden terzake in Vlaanderen.

⁵ Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

8. LITERATUURLIJST

- Agentschap Wegen en Verkeer. (2009). Vademecum veilige wegen en kruispunten. Verkregen november 28, 2011, van <http://www.wegenenverkeer.be/technische-documenten/item/vademecum-veilige-wegen-en-kruispunten.html>
- Bartholomew, L. K., Parcel, G. S., Kok, G., & Gottlieb, N. H. (2006). *Planning health promotion programs: an intervention mapping approach*. San-Fransisco: Josey-Bas.
- BASt & Sétra (2005). Network Safety Management.
- Bureau of Transport and Communications Economics (1995). Australia black spot program- extensive evaluation. Verkregen 8 november 2011, van <http://www.bitre.gov.au/publications/48/Files/R090.pdf>
- CDC. (2001). *Program Evaluation, Program Operations Guidelines for ST Prevention: Centers for Disease Control and Prevention*. Verkregen van <http://www.cdc.gov/std/program/>
- Cheng, W. & Washington, S. (2008). New Criteria for Evaluating Methods of Identifying Hot Spots. *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board 2083*, pp. 76-85.
- De Ceunynck, T., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., & Wets, G. (In revision). *Explanatory models for crashes at high-risk locations in Flanders, Belgium*. Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- De Ceunynck, T., Janssen, N., Daniels, S., Brijs, T. (2011). Gehanteerde beslissingscriteria bij de heraanleg van gevaarlijke punten: een empirische analyse aan de hand van beslissingsbomen. Diepenbeek: Steunpunt Mobiliteit en Openbare Werken – spoor Verkeersveiligheid.
- De Vocht, A. (2007). *Basishandboek SPSS 15 voor Windows*. Utrecht: Bijleveld.
- Elvik, R. (1995). The safety value of guardrails and crash cushions: A meta-analysis of evidence from evaluation studies. *Accident Analysis & Prevention, 27*, 523–549.
- Elvik, R. (1997). Evaluations of road accident blackspot treatment: A case of the iron law of evaluation studies? *Accident Analysis & Prevention, 29*, 191–199.
- Elvik, R. (2002). The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention, 34*, 631–635.
- Elvik, R. (2007). *State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks*. Oslo: Institute of Transport Economics.
- Elvik, R. (2008). The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety. *Accident Analysis & Prevention, 40*, 1964–1969.
- Elvik, R. (2011). Treatment of zero counts in before-and-after road safety evaluation studies: an exploratory study of continuity corrections. *Transportation Research Board 2011 Annual meeting*.
- Elvik, R. (2012). Analytic choices in road safety evaluation: Exploring second-best approaches. *Accident Analysis & Prevention, 45*, 173–179.
- Elvik, R., & Vaa, T. (2004). *The Handbook of Road Safety Measures*. Elsevier.
- Fleiss, J. L. (1981). *Statistical Methods for Rates and Proportions*. New York: John Wiley.
- FOD Economie. (2010). Definitie verkeersongevallen en –slachtoffers. Verkregen november 18, 2011, van http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/verkeer_vervoer/verkeer/ongevallen_slachtoffers/
- Frechtling, J. (2002). *The 2002 User-Friendly Handbook for Project Evaluation*. Arlington, USA: The National Science Foundation.

- Geurts, K., Wets, G., & Jacobs, T. (2003). *Identification and ranking of black spots: Sensitivity analysis* (No. RA-2003-18). Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Geurts, K., Wets, G., & Vanhoof, K. (2006). *Ranking and Profiling Dangerous Accident Locations using Data Mining and Statistical Techniques*. Doctoraatsverhandeling, Universiteit van Hasselt.
- Hauer, E. (1991). Should stop yield? Matters of method in safety research. *ITE Journal*, 61, 25–32.
- Hauer, E. (1997). *Observational before-after studies in road safety: estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety*. Elsevier Science Inc., Tarrytown, N.Y.
- Hauer, E., Harwood, D. W., Council, F. M., & Griffith, M. S. (2002). Estimating safety by the empirical Bayes method: a tutorial. *Transportation Research Record*, 1784, 126–131.
- Meuleners, L. B., Hendrie, D., Lee, A. H., & Legge, M. (2008). Effectiveness of the black spot programs in Western Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 40, 1211–1216.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Mobiliteitscel. (2001). *Ontwerp Mobiliteitsplan Vlaanderen*. Verkregen van <http://www.mobielvlaanderen.be/pdf/mobiliteitsplan/ontwerpmobiliteitsplan.pdf>
- Moons, E. (2009). *Evaluatie van het programma "gevaarlijke punten"*. Audit van bestaande evaluatieprogramma's (No. RA-MOW-2009-012). Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Nuyts, E., & Cuyvers, R. (2003). *Effectiviteitsmeting bij Voor-Na studies met een vergelijkingsgroep* (No. RA-2003-22). Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Persaud, B., & Lyon, C. (2007). Empirical Bayes before-after safety studies: Lessons learned from two decades of experience and future directions. *Accident Analysis & Prevention*, 39, 546–555.
- Poelmans, W., & Van Den Bossche, J. (2010, mei 31). *Presentatie "Wegwerken van gevaarlijke punten en wegvakken in Vlaanderen: Monitoring en evaluatie"*. Brugge, Vlaams Congres Verkeersveiligheid.
- Rekenhof. (2011). *Verslag van het Rekenhof: over het wegwerken van gevaarlijke punten en wegvakken in Vlaanderen*. Brussel.
- Rossi, P. H., & Freeman, H. E. (1985). *Evaluation. A systematic Approach, 3rd edition*. Berverley Hills, CA: Sage Publications.
- Shinar, D. (2007). *Traffic Safety and Human Behavior* (1e ed.). Elsevier.
- SWOV. (2007). De aanpak van verkeersonveilige locaties. Verkregen 24 februari, 2012, van http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Black_spots.pdf
- Vlaams Ministerie van Mobiliteit en Openbare Werken, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Beleid Mobiliteit en Verkeersveiligheid (2008). *Verkeersveiligheidsplan vlaanderen* (No. D/2008/3241/095). Brussel: Departement Mobiliteit en Openbare Werken.