

Doortochten in Vlaanderen

Een risicoanalyse op basis van weg- en omgevingskenmerken

RA-2005-74

Kurt Van Hout, Elke Hermans, Erik Nuyts en Tom Brijs

Onderzoekslijn infrastructuur en ruimte



DIEPENBEEK, 2012.
STEUNPUNT VERKEERSVEILIGHEID.

Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-2005-74
Titel: Doortochten in Vlaanderen

Ondertitel: Een risicoanalyse op basis van weg- en omgevingskenmerken

Auteur(s): Kurt Van Hout, Elke Hermans, Erik Nuyts en Tom Brijs
Promotor: Rob Cuyvers
Onderzoekslijn: infrastructuur en ruimte
Partner: Provinciale Hogeschool Limburg
Aantal pagina's: 108
Trefwoorden: verkeersveiligheid, risicoanalyse, doortocht, Vlaanderen, wegkenmerken, omgevingskenmerken

Projectnummer Steunpunt: 2.2.3
Projectinhoud: Risico-analyse van doortochten op basis van infrastructuurkenmerken

Uitgave: Steunpunt Verkeersveiligheid, december 2005.

Steunpunt Verkeersveiligheid
Universitaire Campus
Gebouw D
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 81 90
F 011 26 87 11
E info@steunpuntverkeersveiligheid.be
I www.steunpuntverkeersveiligheid.be

Samenvatting

Dit rapport is het tweede in een reeks van 3 rapporten rond verkeersveiligheid in de bebouwde omgeving. In een eerste rapport werd aan de hand van een literatuurstudie de invloed van verschillende infrastructuurkenmerken op de verkeersveiligheid in de bebouwde omgeving nagegaan. In dit rapport wordt aan de hand van Vlaamse cijfers een risicoanalyse gemaakt van de doortochten op basis van de elementen uit het dwarsprofiel. Een volgend rapport vertrekt van de doortocht als geheel voor de risicoanalyse.

De data die gebruikt werden voor dit onderzoek, zijn afkomstig van een aantal inventarisaties die in 2000 uitgevoerd werden voor andere projecten. Het databestand bevat een groot aantal wegsegmenten, verdeeld over gans Vlaanderen. De ongevallen van 1996 tot en met 2001 werden gebruikt.

Het doel van de studie is om op basis van beschikbare gegevens na te gaan wat de impact is van specifieke kenmerken van verkeer, weg en omgeving op de onveiligheid. Dit gebeurt op basis van een cross-sectionele studie. Het resultaat van de studie zal bestaan uit een aantal modellen die voor de Vlaamse doortochten het aantal ongevallen geeft in functie van verkeersintensiteiten en weg- en omgevingskenmerken. Hetzelfde gebeurt ook voor de ongevallen waarbij een (brom)fietser is betrokken.

Binnen SAS zijn, met behulp van de procedure GENMOD, modellen opgebouwd die het aantal ongevallen en het aantal ongevallen met (brom)fietzers geven in functie van de voertuigintensiteit, (brom)fietsintensiteit (enkel voor ongevallen met (brom)fietzers), voertuig- en (brom)fietsintensiteit en tenslotte ook voertuig-, (brom)fietsintensiteit en weg- en omgevingskenmerken. Alle modellen vertrekken van het ganse basisbestand, er is geen opsplitsing gemaakt naar wegtype of ongevaltype (tenzij voor ongevallen met (brom)fietzers).

Aanvullend is met behulp van latente-klassenanalyse nagegaan of er verschillende klassen binnen de gebruikte wegsegmenten terug te vinden zijn. Dit blijkt slechts in beperkte mate zo te zijn. Slechts een kleine groep wegsegmenten heeft een significant hoger aantal ongevallen. Deze wegsegmenten verdienen dan ook extra aandacht. De verschillen met de eerder bekomen ongevallenmodellen zijn hoe dan ook beperkt.

De modellen verklaren de variatie in het aantal ongevallen voor bestaande wegsegmenten. De gevonden verbanden hoeven echter niet causaal te zijn. De modellen zijn dan ook niet geschikt om veranderingen in het aantal ongevallen te voorspellen ten gevolge van een herinrichting van straten. Ze kunnen wel gebruikt worden om een schatting te maken van het verwachte aantal ongevallen op basis van intensiteiten en weg- en omgevingskenmerken. Als dusdanig zijn ze nuttig voor het opbouwen een vergelijkingsgroep in Voor-Na studies en bij de detectie van gevaarlijke zones.

Uit de resultaten blijkt dat het verband tussen voertuigintensiteit en aantal ongevallen niet zo eenvoudig lijkt als meestal wordt gesteld. Voor grote voertuigintensiteiten merken we immers een sterke afvlakking van het aantal ongevallen. Het aantal ongevallen met (brom)fietzers neemt zoals verwacht toe met een toenemend aantal (brom)fietzers.

Naast de verkeersintensiteiten spelen ook wegkenmerken zoals het aantal rijstroken, de aanwezigheid van voet- en fietspaden of parkeerstroken, en omgevingskenmerken zoals bebouwingsdichtheid, morfologisch inplantingstype, aanwezigheid van de komgrens en de aanwezige functies een rol bij de verkeersveiligheid. De interpretatie van de coëfficiënten bij de verschillende verklarende variabelen wordt wel bemoeilijkt door de vermoedelijke aanwezigheid van correlaties tussen de variabelen.

De impact van de weg- en omgevingskenmerken verschilt naargelang de aard van de betrokkenen of de locatie van de ongevallen. Sommige variabelen hebben immers een veel belangrijkere impact op kruispuntongevallen, andere op wegvakongevallen. Opvallend is het grote verschil in verwacht aantal fietsongevallen op wegen met dubbelrichtingsfietspaden in vergelijking tot wegen met tweezijdige

enkelrichtingsfietspaden. Fietzers lopen immers een veel groter op
dubbelrichtingsfietspaden dan op tweezijdige enkelrichtingsfietspaden.

Summary

This report is the second of a 3 report cycle concerning traffic safety in the built-up environment. The first report was a literature review in which the influence of several infrastructure characteristics on traffic safety in the built-up environment was studied. In this study a risk analysis is made for throughroads in relation to certain elements of the cross section. A next report will study traffic safety applied on a throughroad as a whole.

The data used in this study come from some inventories made in 2000 for some other projects. The database contains a large amount of road segments spread all over the Flanders Region. Accidents from 1996 till 2001 are used.

The study aims at determining the impact of specific characteristics of traffic, road and surroundings, which are readily available, on traffic safety. This is done in a cross sectional study. The result will be a number of models that give the number of accidents (total number as well as number of accidents with bicyclists or mopeds) related to traffic intensities and road and surrounding characteristics.

Within the statistical software package SAS models are built, by means of the procedure GENMOD, that give the number of accidents and the number of accidents with bicyclists (or mopeds) as a function of vehicle intensity, bicycle (+moped) intensity (only for accidents concerning bicyclists or mopeds), vehicle and bicycle (+moped) intensity and lastly vehicle and bicycle (+moped) intensity as well as road and surrounding characteristics. All models are based on the same basic dataset, no division is made between road or accident type (unless for accidents with bicyclists or mopeds).

Additionally, the existence of different groups of road segments within the data is checked by means of latent class analysis. This seems to be the case only to a limited extent. A fairly small group of segments is characterized by a significantly larger number of accidents. These road segments therefore deserve some extra attention. Anyway, the differences with the models derived earlier are limited.

The models explain the variance in number of accidents for existing road segments. The connections found aren't necessarily causal. The models are therefore not suitable to predict changes in the number of accidents following a street renovation. The models can be used for estimating the number of accidents in relation to intensities, road and surrounding characteristics. As such they are useful in the creation of a comparison group in Before-After studies and for the detection of dangerous zones.

The results show that the connection between vehicle intensity and the number of accidents isn't as easy as usually supposed. For large vehicle intensities the number of accidents is flattened down. The number of bicycle (=moped) accidents grows as expected with a growing number of bicyclists and mopeds.

Apart from the traffic intensities, road characteristics like the number of lanes, the presence of foot and bike paths or parking lanes, amongst others, but also surrounding characteristics as building density, morfological location type and the presence of certain functions along the road influence traffic safety. Interpretation of the coefficients of the different explaining variables however is complicated by the probable presence of correlations between the variables.

The impact of road and surrounding characteristics differs according the road users involved and the location of the accidents. Some variables influence stronger the crossroad accidents, while other variables have a stronger impact on road segment accidents. A striking difference exists in the expected number of bicycle accidents on roads with bicycle paths for both directions on one side of the road and roads with one way bicycle paths on both sides. Cyclists are more at risk on two way cycle paths compared to one way cycle paths.

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	10
1.1	Doelstelling voor dit onderzoek	10
1.2	Afbakening onderzoeksobject	10
1.3	Probleemstelling	10
1.4	Opbouw rapport	11
1.5	Dankwoord	11
2.	DE GEGEVENS	12
2.1	Gegevensbronnen	12
2.2	Verwerking databestanden	12
2.3	Bespreking data	14
	2.3.1 <i>Jaartal</i>	14
	2.3.2 <i>Aantal ongevallen</i>	14
	2.3.3 <i>Intensiteiten</i>	17
	2.3.4 <i>Omgevingskenmerken</i>	18
	2.3.5 <i>Wegkenmerken</i>	23
	2.3.6 <i>Fietsinfrastructuur</i>	26
	2.3.7 <i>Bebouwde kom</i>	31
3.	METHODIEK	34
3.1	Specificaties van de modellering	34
3.2	Informatiecriteria	37
3.3	Drie soorten modellen voor vier toepassingen	37
3.4	Wat doen we niet?	38
3.5	Groeperen van variabelenwaarden	39
4.	MODELLEN VOOR ALLE ONGEVALLEN	41
4.1	Enkel voertuigintensiteiten	41
	4.1.1 <i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	41
	4.1.2 <i>Model met intensiteitsklassen</i>	41
	4.1.3 <i>Samengesteld logaritmisch model</i>	42
	4.1.4 <i>Vergelijking modellen (1a), (1b) en (1c)</i>	42
4.2	Voertuig- en fietsintensiteiten	43
	4.2.1 <i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	43
	4.2.2 <i>Model met intensiteitsklassen</i>	44
	4.2.3 <i>Samengesteld logaritmisch model</i>	44
	4.2.4 <i>Vergelijking modellen (2a), (2b) en (2c)</i>	45
4.3	Weg- en omgevingskenmerken	47
	4.3.1 <i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	47

4.3.2	<i>Model met intensiteitsklassen</i>	48
4.3.3	<i>Samengesteld logaritmisch model</i>	49
4.3.4	<i>Vergelijking modellen (3a), (3b) en (3c)</i>	50
4.4	Conclusie	52
5.	MODELLEN VOOR FIETSONGEVALLEN	53
5.1	Enkel voertuigintensiteiten	53
5.1.1	<i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	53
5.1.2	<i>Model met intensiteitsklassen</i>	53
5.1.3	<i>Samengesteld logaritmisch model</i>	54
5.1.4	<i>Vergelijking modellen (4a), (4b) en (4c)</i>	54
5.2	Enkel fietsintensiteiten	55
5.2.1	<i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	55
5.2.2	<i>Model met intensiteitsklassen</i>	56
5.2.3	<i>Vergelijking modellen (5a) en (5b)</i>	56
5.3	Voertuig- en fietsintensiteiten	57
5.3.1	<i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	57
5.3.2	<i>Model met intensiteitsklassen</i>	57
5.3.3	<i>Samengesteld logaritmisch model</i>	58
5.3.4	<i>Vergelijking modellen (6a), (6b) en (6c)</i>	59
5.4	Weg- en omgevingskenmerken	61
5.4.1	<i>Enkelvoudig logaritmisch model</i>	61
5.4.2	<i>Model met intensiteitsklassen</i>	62
5.4.3	<i>Samengesteld logaritmisch model</i>	63
5.4.4	<i>Vergelijking modellen (7a), (7b) en (7c)</i>	64
5.5	Conclusie	66
6.	MIXTURE MODELLEN.....	67
6.1	Verantwoording	67
6.2	Methodologie	67
6.3	Werkwijze	69
6.4	Resultaten Latente-Klassenanalyse	70
6.4.1	<i>Ongevallen – dagintensiteit</i>	70
6.4.2	<i>(Brom)fietsongevallen – dagintensiteit</i>	72
6.4.3	<i>Ongevallen – dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit</i>	73
6.4.4	<i>(Brom)fietsongevallen – dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit</i>	74
6.4.5	<i>Ongevallen – dagintensiteit, (brom)fietsintensiteit en infrastructuurkenmerken</i>	75
6.4.6	<i>(Brom)fietsongevallen – dagintensiteit, (brom)fietsintensiteit en infrastructuurkenmerken</i>	75
6.5	Conclusies	76

7.	MODELRESULTATEN	77
7.1	Enkel voertuigintensiteiten	77
	7.1.1 Bespreking van de modellen	77
7.2	Enkel fietsintensiteiten	79
	7.2.1 Bespreking van de modellen	79
7.3	Voertuig- en fietsintensiteiten	81
	7.3.1 Bespreking van de modellen	81
7.4	Weg- en omgevingskenmerken	83
	7.4.1 Bespreking van de modellen	83
8.	VERGELIJKING MET INTERNATIONALE LITERATUUR.....	86
8.1	Modellen met enkel voertuigintensiteit	86
	8.1.1 De literatuur	86
	8.1.2 Bespreking	88
8.2	Modellen met enkel fietsintensiteit	88
	8.2.1 De literatuur	89
	8.2.2 Bespreking	90
8.3	Modellen met voertuig- en fietsintensiteit	90
	8.3.1 De literatuur	90
	8.3.2 Bespreking	91
8.4	Model met weg- en omgevingskenmerken	91
	8.4.1 De literatuur	92
	8.4.2 Bespreking	95
9.	DISCUSSIE	96
9.1	Voertuigintensiteit	96
9.2	Fietsintensiteit	97
9.3	Rijstroken	98
9.4	Bebouwingsdichtheid	98
9.5	Morfologisch inplantingstype	98
9.6	Voetpaden	99
9.7	Fietspaden	99
9.8	Parkeerstroken	100
9.9	Komgrens	101
9.10	Functies	101
10.	CONCLUSIES	102
10.1	Het gebruik van modellen	102
10.2	Resultaten	102
10.3	Verder onderzoek	103
11.	LITERATUURLIJST	105

12.	BIJLAGEN	107
12.1	Modellen met jaarparameters	107
12.1.1	<i>Alle ongevallen</i>	107
12.1.2	<i>Model voor fietsongevallen</i>	108

1. INLEIDING

1.1 Doelstelling voor dit onderzoek

Dit rapport kadert in een geheel van een aantal onderzoeken, waarbij we risicoanalyses maken van (1) de Vlaamse autosnelwegen en (2) gewestwegen binnen de bebouwde kom. Elk van deze onderzoeken volgt grotendeels dezelfde aanpak. Dit rapport maakt deel uit van een serie rapporten met betrekking tot de doortochten of meer algemeen wegen binnen een bebouwde omgeving.

Voorliggend rapport is het tweede in een reeks van 3 rapporten. In een eerste rapport werd een literatuurstudie uitgevoerd naar infrastructuurkenmerken met een invloed op verkeersveiligheid (Van Hout et al., 2004).

In dit rapport komen de kenmerken aan bod die deel uitmaken van het dwarsprofiel van de weg en zijn omgeving. De verkeersveiligheid wordt bestudeerd aan de hand van een model waarbij het aantal ongevallen wordt uitgezet tegen een aantal verklarende variabelen die gekoppeld kunnen worden aan dat dwarsprofiel.

Een volgende studie zal de doortocht als geheel bekijken. Het aantal ongevallen wordt hierbij uitgezet tegen een aantal verklarende variabelen die aan de doortocht als geheel kunnen gekoppeld worden.

1.2 Afbakening onderzoeksobject

In Van Hout et al. (2004) werd een doortocht praktisch afgebakend als een gewestweg binnen de bebouwde kom. We beperken ons tot gewestwegen omwille van de beschikbaarheid van gegevens. Voor de afbakening van een bebouwde kom zijn verschillende databestanden beschikbaar:

- locaties van de borden F1/F3 (begin respectievelijk einde bebouwde kom), de wegsegmenten tussen de borden behoren tot de bebouwde kom;
- voorstel tot afbakening bebouwde kommen (op basis van een inventarisatie, uitgevoerd in 2000);
- afbakening huidige bebouwde kom;
- doortochten uit de behoefteanalyse van AWW.

Deze vier bestanden overlappen elkaar voor een belangrijk deel, maar vallen toch niet samen. Ook de omgeving van de komgrens (200 m voor en na de borden F1/F3) werd opgenomen teneinde de invloed ervan op de verkeersveiligheid te kunnen bepalen. Meer details hierover worden gegeven in hoofdstuk 2. Het onderzoeksobject wordt hiermee iets ruimer genomen dan de doortochten op zich. Niettemin hebben alle wegsegmenten gemeen dat ze in (of vlakbij) een bebouwde omgeving gelegen zijn.

Het bestand met de gelokaliseerde van 1996-2001 dient als basis voor de ongevallengegevens. Er is een bestand dat alle ongevallen bevat en een bestand dat enkel (brom)fietsongevallen bevat. Het eerste wordt gebruikt voor de modellen voor alle ongevallen (hoofdstuk 4), terwijl het tweede de modellen voedt die in hoofdstuk 5 aan bod komen. Wanneer over fietsongevallen gesproken wordt, dient men steeds te verstaan ongevallen waarbij minstens 1 fietser of bromfietser betrokken is.

1.3 Probleemstelling

In 2001 gebeurden ongeveer 40% van de ongevallen op gewestwegen binnen de bebouwde kom. Deze ongevallen zijn evenwel niet evenredig verdeeld over alle doortochten. Verschillende elementen spelen hierbij een rol. De verkeersdruk is een belangrijke verklarende factor, maar ook andere elementen hebben een aandeel in de

verkeersonveiligheid, zowel wegkenmerken als omgevingsfactoren. Alle beïnvloeden immers het rijgedrag van verkeersdeelnemers en bepalen mee het aantal en de aard van potentiële conflicten. Zo verklaren zij mee het aantal ongevallen dat op een bepaald wegvak optreedt. Uiteraard blijft steeds een deel toeval bestaan.

Het doel van deze studie is om op basis van beschikbare gegevens na te gaan wat de impact is van specifieke kenmerken op de onveiligheid. Dit gebeurt op basis van een cross-sectionele studie. Het resultaat zal een model zijn dat voor de Vlaamse doortochten het aantal ongevallen geeft in functie van verkeersintensiteiten en weg- en omgevingskenmerken.

1.4 Opbouw rapport

Als eerste stap in het onderzoek wordt een basisbestand opgebouwd waarop de verdere analyses uitgevoerd worden. Dit basisbestand bevat naast ongevalsgegevens ook gegevens over verkeersintensiteiten en weg- en omgevingskenmerken. De gegevens worden gekoppeld op basis van de locatie (wegnummer en hectometerpunt). De opbouw van het basisbestand komt uitgebreid aan bod in hoofdstuk 2.

In hoofdstuk 3 wordt enige achtergrond gegeven bij de modelopbouw. Hierbij wordt niet enkel aandacht besteed aan de vorm van het model, maar ook aan de toepassingsmogelijkheden ervan. Binnen deze studie maken we geen onderscheid naar wegtype. Er worden eveneens slechts 2 ongevaltypen behandeld. De afgeleide modellen vormen dan ook een eerste aanzet tot meer gedetailleerde. Aparte modellen kunnen opgebouwd worden voor verschillende wegtypen of ongevaltypen in een bijkomend onderzoek. Ook mogelijke uitbreidingen en verfijningen van de gehanteerde methodiek worden kort aangehaald.

De afgeleide modellen komen aan bod in hoofdstukken 4 (alle ongevallen) en 5 ((brom)fietsongevallen). Er worden modellen gegeven die enkel voertuigintensiteit als verklarende variabele gebruiken, enkel (brom)fietsintensiteit, zowel voertuig- als (brom)fietsintensiteit en modellen met naast intensiteitsgegevens ook infrastructuurkenmerken. Telkens worden 3 soorten modellen gegeven, afhankelijk van de vorm van de 'intensiteitsfunctie'. In hoofdstuk 6 wordt met behulp van mixture modellen gepoogd verschillende klassen wegsegmenten binnen de dataset terug te vinden.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten van de afgeleide modellen besproken. Ter vergelijking worden in hoofdstuk 8 een aantal modellen uit de internationale literatuur weergegeven. In hoofdstuk 9 tenslotte worden de resultaten voor de verschillende parameters waar mogelijk geduid.

1.5 Dankwoord

We willen een woord van dank richten aan de verschillende personen die ons gegevens geleverd hebben die nodig waren voor het uitvoeren van dit onderzoek. Meer in het bijzonder danken we de mensen van AWV – Verkeerskunde, van de provinciale afdelingen van AWV en van de Mobiliteitscel voor het ter beschikking stellen van de databestanden met de weg-, verkeers- en omgevingskenmerken en voor de gegevens in verband met de uitgevoerde wegenwerken. Zonder deze data zou het onderzoek niet mogelijk geweest zijn.

2. DE GEGEVENS

2.1 Gegevensbronnen

Het databestand dat gebruikt wordt voor de risicoanalyse van doortochten is opgebouwd uit verschillende databestanden, afkomstig van verschillende afdelingen van AWV (Verkeerskunde, provinciale afdelingen) en de Mobiliteitscel.

In 2000 werden door de Vlaamse provinciebesturen, onder coördinatie en begeleiding van de Vlaamse overheid, 3 databestanden opgebouwd:

- De ongevallen op gewestwegen van 1996 tot en met 1998 werden gelokaliseerd in een GIS-omgeving (inmiddels zijn de ongevallen tot en met 2001 gelokaliseerd).
- Daarnaast werd in het kader van een hernieuwde afbakening van de bebouwde kommen op gewestwegen een inventarisatie gemaakt van een aantal weg- en omgevingskenmerken langs de gewestwegen.
- Tenslotte werden ook voor de opmaak van het bovenlokaal functioneel fietsroutenetwerk een aantal wegkenmerken geïnventariseerd langs de gewestwegen die opgenomen werden in het fietsroutenetwerk.

Daarnaast zijn bij AWV een aantal bestanden beschikbaar met een specifiek kenmerk zoals:

- de locatie van de borden F1/F3 (begin respectievelijk einde bebouwde kom);
- de afbakening van de bebouwde kom;
- fietspadinfrastructuur;
- vangrails;
- een aantal kenmerken van doortochten, in het kader van de behoefteanalyse van AWV geïnventariseerd, op het niveau van de doortocht als geheel.

Naast deze databestanden bezorgde AWV ons ook een overzicht van de wegenwerken die in de onderzoeksperiode plaatsvonden.

Verkeersintensiteiten worden permanent gemeten door middel van tellussen verspreid over het Vlaamse gewestwegennet. Deze verkeersintensiteiten zijn aangevuld met de tellingen gedaan in het kader van de behoefteanalyse van AWV.

2.2 Verwerking databestanden

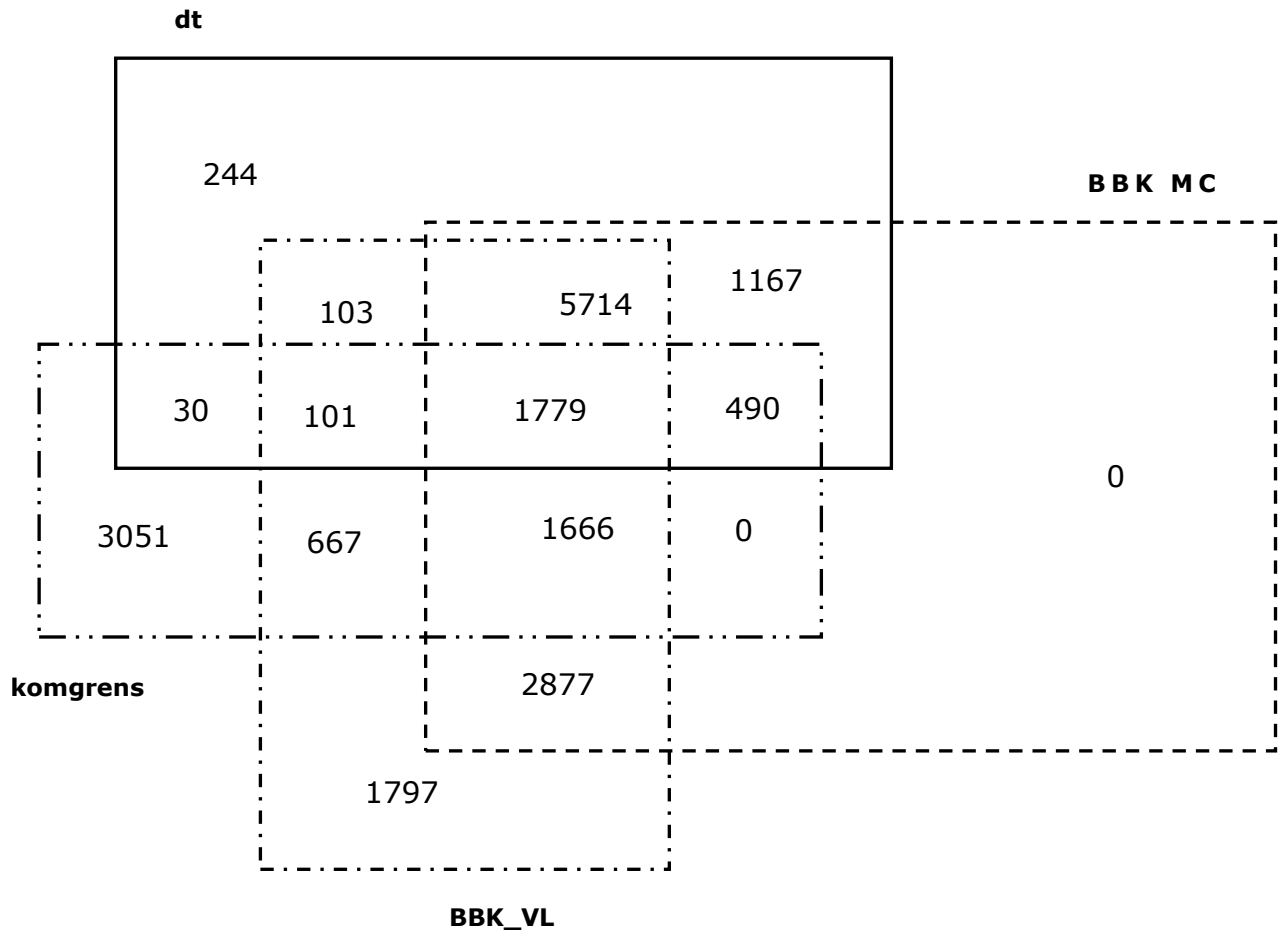
Om de verschillende bestanden te koppelen werd in alle bestanden een gemeenschappelijk veld gecreëerd: *jsid*. Dit identificatieveld *jsid* bevat voor elk record een unieke waarde die opgebouwd is uit:

- de locatie van het wegsegment (naam van de weg gevolgd door het hectometerpunt);
- het jaartal waarop de gegevens betrekking hebben.

Hierdoor krijgt elk record een uniek sleutelveld dat de koppeling van de verschillende bestanden mogelijk maakt. Voor het wegsegment van de N1 van hectometerpunt 12,3 tot 12,4 met de ongevaldata van 1999 wordt *jsid*: N00100001231999.

In eerste instantie worden alle wegsegmenten van 100 m opgenomen zoals bepaald in de afbakening van het onderzoeksobject (zie 1.2). Deze wegsegmenten behoren tot een of meer van de vier vermelde bestanden. In figuur 2.1 wordt weergegeven hoe de

wegsegmenten verdeeld zijn over de verschillende bestanden. Voor de analyse werd besloten alle wegsegmenten op te nemen die in één van de 4 verschillende bestanden vervat zitten. In totaal zijn dit 19.960 wegsegmenten van 100 m. Wanneer het jaartal hieraan toegevoegd wordt (1996 tot en met 2001) worden dit dus $19.960 \times 6 = 119.760$ records.



Figuur 2.1: Aantal wegsegmenten binnen een bebouwde omgeving, verdeeld volgens voorkomen in één of meer van de bestanden rond bebouwde kommen

In een volgende stap werden de wegenwerken mee in overweging genomen. Het is immers de bedoeling dat de opgenomen wegkenmerken de situatie ten tijde van de gekoppelde ongevallen juist weergeven. Concreet werd 2000 als referentiejaar genomen. De belangrijkste databestanden zijn immers inventarisaties opgenomen in 2000. Wanneer werken werden uitgevoerd in de onderzoeksperiode (1996-2001), werd volgende werkwijze gehanteerd:

- werken in 1996-1999: enkel de jaren na de werken werden voor dat segment behouden;
- werken in 2000: het wegsegment wordt voor alle 6 jaren verwijderd;
- werken in 2001: enkel 2001 wordt voor dat segment verwijderd.

Gezien de eerder beperkte kwaliteit van de beschikbare data (onduidelijke timing, onduidelijke locatiebepaling, verschillen tussen de verschillende provinciale afdelingen van AWV), werd hierbij pragmatisch te werk gegaan. Alle wegsegmenten die op basis van de omschrijving van de werken mogelijk gewijzigd werden door de werken werden

geschraapt voor de periode die overeenkomt met de uitvoeringsperiode. De effectieve uitvoeringsperiode is evenmin altijd gekend. Vaak is enkel de datum van oplevering en aanbesteding gekend. In dat geval zullen soms teveel jaarsegmenten verwijderd zijn uit het basisbestand. Het alternatief was alle uitvoeringsdossiers uit te pluizen op exacte locatie en tijdstip. Gezien de beperkte meerwaarde van dit extra werk voor het onderzoek, werd geopteerd voor de pragmatische manier van werken. Een snelle controle leerde dat meer dan de helft van de wegsegmenten die in eerste instantie werden opgenomen, geen wegenwerken te verwerken kregen tijdens de onderzoeksperiode. Bovendien worden niet steeds alle jaren verwijderd wanneer wel wegenwerken werden uitgevoerd. Het uiteindelijke bestand bevat 94.557 records (of ongeveer 79% van het oorspronkelijke aantal).

Aan dit basisbestand werden vervolgens de overige databestanden gekoppeld door middel van het veld *jsid*. Niet van alle records zijn echter alle data gekend. In dat geval blijven de velden leeg. In de volgende paragraaf worden de verschillende velden kort besproken. Er wordt tevens aangegeven voor hoeveel records dit veld werd ingevuld.

2.3 Bespreking data

In de volgende secties worden de data besproken. Er wordt steeds een korte beschrijving van de betekenis van de data gegeven. Voor de variabelen met een numerieke wordt ook steeds een samenvatting van de kencijfers van de verdeling gegeven in een tabel. Deze kencijfers omvatten het aantal ingevulde waarden (niet alle records hebben een waarde voor alle variabelen), het gemiddelde, de standaard deviatie van de verdeling en tenslotte de variantie. Deze waarden werden bepaald in SAS. Voor variabelen met een tekstwaarde wordt het aantal records gegeven per tekstwaarde.

2.3.1 Jaartal

Dit veld zit niet apart in het databestand. We hebben het echter opgenomen als onderdeel van *jsid* (meer bepaald de 4 laatste cijfers). De verdeling over de verschillende jaren van de onderzoeksperiode is als volgt:

jaar	Aantal records
1996	15072
1997	15188
1998	15525
1999	16085
2000	16765
2001	15922

2000 kent logischerwijze het grootste aantal records. 2000 is immers het referentiejaar. De gegevens voor 2000 worden dus zowel meegenomen als er geen werken waren, de werken vroeger afgelopen waren of later begonnen. Hoe verder men zich van dit referentiejaar verwijderd, hoe groter de kans wordt dat er in de tussentijd werken zijn geweest en het record dus niet in aanmerking kan genomen worden.

2.3.2 Aantal ongevallen

a. Alle ongevallen (ongeval)

Dit bestand bevat het aantal letselongevallen dat voorkomt in het bestand van de gelokaliseerde ongevallen. De gelokaliseerde ongevallen werden gebruikt omdat de locatie in het NIS-databestand behoorlijk wat fouten vertoont. De ongevallen werden

verdeeld over de twee aanliggende wegsegmenten. Het ongeval wordt immers gelokaliseerd aan de hand van het dichtstbijzijnde hectometerpunt, terwijl de wegsegmenten gedefinieerd worden door de opeenvolgende hectometerpunten. Het is bijgevolg niet mogelijk om het ongeval eenduidig toe te kennen aan één van beide segmenten. Daarom wordt het ongeval verdeeld over de beide segmenten. Deze werkwijze heeft tot gevolg dat er ook halve ongevallen toegekend zijn aan bepaalde segmenten. Wanneer het ongeval gebeurde op hectometerpunt 0.0, werd het ongeval wel volledig toegekend aan het wegsegment 0.0-0.1.

Aantal records	Aantal ongevallen
61510	0
18934	0,5
7546	1
3241	1,5
1649	2
732	2,5
431	3
218	3,5
119	4
61	4,5
48	5
12	5,5
20	6
12	6,5
8	7
5	7,5
1	8
2	8,5
2	9
2	10
2	11
1	12
1	12,5

Veruit de meeste records hebben geen ongevallen. De verdeling lijkt vrij sterk op Poisson-verdeling (fig. 2.2).

Enkele gegevens van deze numerieke dataset (gegevens afkomstig uit een analyse via SAS)¹:

Aantal ingevuld	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
94557	0,32	0,61	0,37

¹ Bemerk dat variantie (0.37) en gemiddelde (0.32) niet veel verschillen. Bij een Poissonverdeling geldt $\mu = \sigma^2$, voorwaarde voor een Negatief Binomiaalverdeling is dat $\mu < \sigma^2$.

Het gemiddeld aantal ongevallen in de dataset bedraagt **0,32** ongevallen per 100 m en per jaar.

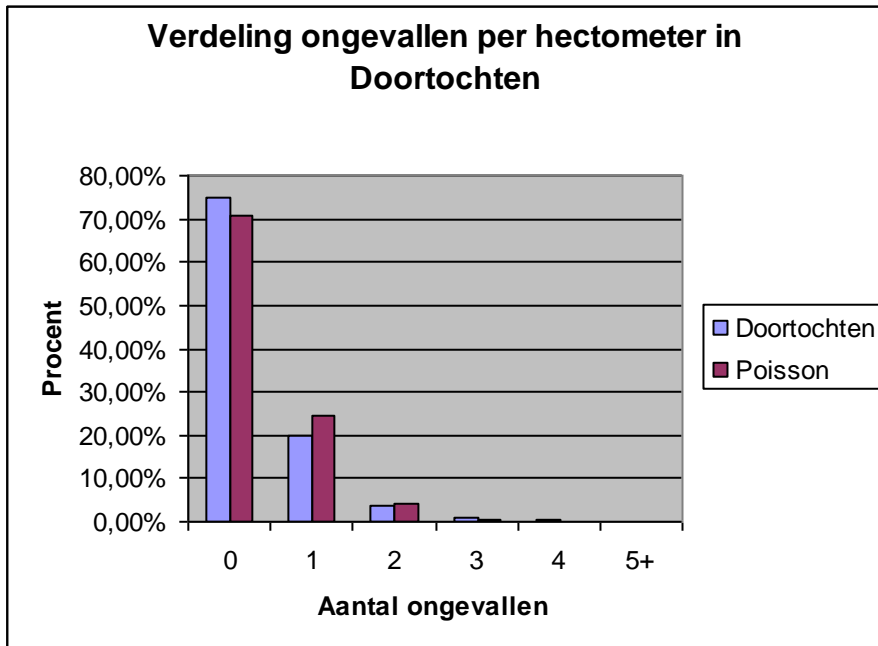


Fig. 2.2: Vergelijking Poisson-verdeling met ongevallendata uit dataset

We vergelijken even met een aantal situaties. In Vlaanderen gebeurden in 2001 15.098 letselongevallen (6.092 binnen de bebouwde kom en 9.006 buiten de bebouwde kom) op genummerde wegen (exclusief autosnelwegen) (BIVV, 2001). Vlaanderen telt ongeveer 5.580 km genummerde wegen (Labeeuw et al., 2003) (waarvan ongeveer 1.050 binnen de bebouwde kom). Dit geeft dus $15.098/55.800=0,27$ ongevallen per 100 m. Als we enkel rekening houden met de ongevallen binnen de bebouwde kom bekomen we: $6.092/10.500=0,58$ ongevallen per 100 m gewestweg binnen de bebouwde kom. Dit heeft uiteraard te maken met de vele mogelijke conflicten die kunnen optreden.

Wanneer we de gemeentewegen (in hun totaliteit) bekijken komen we tot 14.182 letselongevallen (BIVV, 2001) en 51.500 km verharde gemeentewegen (Labeeuw et al., 2003). Dit brengt het wegrisico op $14.182/515.000=0,028$ ongevallen per 100 m of ongeveer een factor 10 veiliger. Hieronder vallen zowel drukke hoofdstraten als verkeersarme (of zelfs autovrije) landweggetjes en woonstraten.

Voor snelwegen hebben we 2.793 ongevallen (BIVV, 2001) voor 848,6 km (Labeeuw et al., 2003) of $2.793/8.486=0,33$ ongevallen per 100 m.

b. Ongevallen met (brom)fietsers (fietsong)

Voor het aantal ongevallen waarbij fietsers (inclusief bromfietsers) betrokken zijn, eveneens afkomstig van het bestand van de gelokaliseerde ongevallen, wordt dit:

Aantal ingevuld	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
94557	0,13	0,35	0,12

Wanneer in de tekst gesproken wordt over fietsongevallen dient hier, zoals gezegd, steeds onder verstaan te worden ongevallen waarbij fietsers of bromfietsers betrokken zijn.

2.3.3 Intensiteiten

a. Voertuigintensiteit (intens)

Onder voertuigintensiteit verstaan we de jaargemiddelde dagintensiteit op een wegvak, of nog het gemiddelde van de dagintensiteiten gemeten over een jaar.

De voertuigintensiteiten zijn afkomstig van 2 bronnen:

- de permanente tellussen op het Vlaamse gewestwegennet,
- lustellingen in het kader van de behoefteanalyse (14-daagse tellingen).

De eerste worden continu gemeten over het ganse jaar en zijn gekend voor de verschillende jaartallen (elk jaar heeft men een jaargemiddelde dagintensiteit), de laatste zijn afkomstig van tellingen gedurende een korte periode en worden constant verondersteld over de volledige onderzoeksperiode (1996-2001). Waar beide gekend zijn is geopteerd om de meer gedetailleerde gegevens van de tellussen te nemen. Beide werden samengevoegd om zo een groter aantal wegsegmenten met voertuigintensiteiten te bekomen. Intensiteiten zijn immers onontbeerlijk voor een betrouwbare risicoanalyse. Ze geven alleszins een behoorlijke indicatie van de drukte van het wegdeel.

Aantal ingevuld	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
41243	10521	6738	45405225

De intensiteiten variëren van 287 tot 59.600 voertuigen. De zeer lage intensiteiten zijn terug te vinden in de meer afgelegen regio's van Vlaanderen (Westhoek, Zuid-Limburg, Heuvelland). De gegevens lijken dus betrouwbaar.

b. Aandeel zwaar verkeer (zwaar)

Onder aandeel zwaar verkeer verstaan we het percentage zwaar verkeer ten opzichte van de voertuigintensiteit. Dit veld is afkomstig van het bestand van de behoefteanalyse van AWV. De kengegevens van de verdeling zijn:

Aantal ingevuld	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
33371	9,89	4,65	21,59

Het aandeel zwaar verkeer in doortochten varieert van 0,42% tot 27,45%.

c. Aantal (brom)fietsers (fietsa)

Het aantal (brom)fietsers werd bekomen door handmatige tellingen in het kader van de behoefteanalyse van AWV.

Aantal ingevuld	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
35663	476	582	338681

Het aantal (brom)fietsers in een doortocht varieert van 5 tot 3.405.

Wanneer verderop in het rapport gesproken wordt over fietsintensiteit dient hier steeds onder verstaan te worden het aantal fietsers en bromfietsers dat dagelijks gebruik maakt van het betreffende wegsegment.

d. Aandeel (brom)fietsers (fietspct)

Het aandeel (brom)fietsers is de verhouding van het aantal (brom)fietsers ten opzichte van het aantal voertuigen. Het aandeel (brom)fietsers kan theoretisch dus groter worden dan 100%.

Aantal ingevuld	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
35013	9,15	9,22	84,95

Het aandeel (brom)fietsers in een doortocht varieert van 0,31% tot 130%.

Beide voorgaande variabelen zijn onderling gecorreleerd via de voertuigintensiteit (aandeel fietsers = aantal fietsers/intensiteit). We nemen beide dus zeker niet gelijktijdig op in de analyses. Waar beide gegevens beschikbaar waren in de databank werden ze gewoon overgenomen. Was slechts 1 van beide gekend en ook de intensiteit dan werd de ander berekend uit de bekende variabele en de intensiteit. Hierdoor wordt een groter aantal records verkregen waarvoor de gegevens gekend zijn.

2.3.4 *Omgevingskenmerken*

a. Status (status)

Status omschrijft de toestand van de bebouwing langs het beschouwde wegsegment. Dit veld is afkomstig van de databank opgebouwd in het kader van de afbakening van bebouwde kommen. Dit veld werd niet op het terrein geïnteriseerd, maar het gegeven werd afgeleid van op beschikbaar kaartmateriaal (NGI, Interelectra, ...). Op basis hiervan werd dan beslist of het wegsegment op het terrein verder moest worden geïnteriseerd (wanneer de status diffuus was).

	Status	Aantal records
Niets ingevuld		7522
Aaneengesloten	aa	19811
Diffuus	di	58347
Geen bebouwing	gn	7313
Verspreid	ve	1564

Dit veld is goed ingevuld. Minder dan 10% van de records heeft geen waarde voor status. Omdat enkel segmenten waarvan de status als diffuus werd beoordeeld, ook op het terrein werden geïnteriseerd (althoewel nu en dan ook andere wegsegmenten werden geïnteriseerd), zullen records waarbij de status niet diffuus is doorgaans minder ingevulde velden hebben. Ze zullen dus ook minder doorwegen in het model.

b. Substatus (*substat*)

Substatus geeft een aantal bijzondere kenmerken aan van een wegsegment zoals de aanwezigheid van een brug of een kruispunt. Dit veld is eveneens afkomstig van de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

	substat	Aantal records
Niets ingevuld		26821
Andere	an	401
Brug	br	371
Kruispunt	kr	2633
Niet van toepassing	nt	63759
Rotonde	ro	451
Tunnel	tu	20
Verkeerswisselaar	ve	6
Viaduct	vi	95

Het merendeel van de opgenomen wegsegmenten heeft geen bijzondere elementen. De kruispunten zijn beperkt tot de kruispunten van 2 genummerde wegen. Voor een analyse van de verkeersveiligheid zijn vooral de segmenten met een kruispunt of een rotonde interessant. Voor de analyse in SAS zijn de verschillende veldwaarden dan ook tot volgende categorieën (*sbstatkl*) gegroepeerd:

- Null: 26821 records
- Kruispunt: "kr": 2633 records
- Rotonde: "ro": 451 records
- Andere: "an", "br", "tu", "ve", "vi": 893 records
- Geen: "nt": 63759 records

c. Functies (*functies*)

In deze variabele wordt aangegeven of er zich commerciële functies langs het wegsegment bevinden of dat er enkel bewoning is terug te vinden. Er wordt onderscheid gemaakt naar grootschalige voorzieningen (supermarkten, baanwinkels, ...) en kleinschalige voorzieningen (buurtwinkels, dokter, krantenwinkel, bakker, ...). Ook dit veld is afkomstig uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

	Functies	Aantal records
Niets ingevuld		35851
Overwegend bewoning	bw	40934
Grootschalige voorzieningen	gv	3036
Kleinschalige voorzieningen	kv	1432
Menging	m	13304

d. Percentage bebouwing (*rbb resp. lbb*)

Het percentage bebouwing langs de weg wordt ingedeeld in 3 categorieën. Er is een aparte variabele voor de rechterzijde (*rbb*) en de linkerzijde (*lbb*) van de weg.

Deze data zijn afkomstig uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

		Aantal van rbb	Aantal van lbb
Niets ingevuld		25236	25236
0-33%	1	9793	9584
33-66%	2	14274	14780
66-100%	3	45254	44957

Wanneer we ze t.o.v. mekaar bekijken bekomen we het volgende:

		lbb		
		1	2	3
rbb	25236			
1		3469	2855	3469
2		2972	6438	4864
3		3143	5487	36624

Uit de cijfers volgt dat vele bebouwingsconfiguraties mogelijk zijn. Enkel bij dichte bebouwing is de kans veel groter om langs beide zijden van de weg een dichte bebouwing te vinden (lbb=3 en rbb=3). De overige combinaties komen in vergelijkbare aantallen voor. Aangezien er geen reden is bij de risicoanalyse van een doortocht om een onderscheid te maken tussen linker- en rechterzijde van de weg, worden beide variabelen in de analyse in SAS gecombineerd tot één globale waarde *bb*. Een aantal varianten worden uitgetoet.

e. Hoogte bebouwing (*rniveau* resp. *lniveau*)

In deze variabele wordt een aanduiding gegeven van de hoogte van de langsliggende bebouwing. Ook dit veld is afkomstig uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

		Aantal van rniveau	Aantal van lniveau
Niets ingevuld		64778	64778
Geen bebouwing / niet relevant	gn	337	351
Hoogbouw	hb	11	28
Laagbouw	lb	29431	29400

We merken op dat deze variabelen een zeer groot aantal null-waarden bevatten. Bovendien worden bijna alle wegsegmenten gekenmerkt door laagbouw. Deze variabele kan dus aanleiding geven tot een groot verlies aan records voor het model en heeft verder weinig onderscheidend vermogen. De bruikbaarheid voor het model is dan ook te betwijfelen.

Wanneer we ze t.o.v. mekaar bekijken bekomen we het volgende:

	lniveau			
		gn	hb	lb
rniveau	64778			
gn		299	6	32
hb			4	7
lb		52	18	29361

We merken dat er een behoorlijke correlatie bestaat tussen de linker- en rechterzijde van de weg. De getallen op de diagonaal zijn het grootst. Verder merken we op dat de combinaties met hoogbouw (hb) slechts zeer beperkt voorkomen. Dit betekent concreet dat we bijna enkel informatie hebben over stukken met laagbouw. Er zal dus weinig onderscheidend vermogen van uitgaan.

Aangezien ook hier geen reden is om aan te nemen dat er een onderscheid bestaat tussen de invloed van de rechter- en de linkerzijde van de weg, wordt deze variabele best gecombineerd tot één globale waarde (nn) in de analyse in SAS.

f. Morfologisch inplantingstype (*rmorfty* resp. *lmorfty*)

Deze variabele geeft het type van de bebouwing weer: een dichte of gesloten bebouwing (beide waarden geven dezelfde situatie weer en worden in de analyses samengevoegd), een open bebouwing dan wel een halfopen bebouwing. Weer is dit veld afkomstig uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

		Aantal van <i>rmorfty</i>	Aantal van <i>lmorfty</i>
Niets ingevuld		34953	34953
Dichte bebouwing	db	3811	4027
Gesloten bebouwing	gb	8330	8294
Geen bebouwing	gn	5668	6044
Halfopen bebouwing	ho	12944	13163
Open bebouwing	ob	28851	28076

Wanneer we ze t.o.v. elkaar bekijken bekomen we het volgende:

	lmorfty					
		db	gb	gn	ho	ob
rmorfty	34953					
db		1140	797	460	616	798
gb		757	3004	677	2007	1885
gn		543	715	1036	920	2454
ho		649	1845	841	5244	4365
ob		938	1933	3030	4376	18574

Hier merken we een redelijke spreiding voor de waarden langs linker- en rechterzijde. Alle combinaties leveren een ruim aantal records op. Ook hier geldt weer dat het logischer is om een voor beide wegzijden gecombineerde variabele op te stellen (*morf* en

varianten). Een aantal alternatieven zijn te bedenken. De meest bruikbare wordt bepaald bij het uitvoeren van de analyses in SAS.

g. Afstand rooilijn – gevellijn (rodgl resp. lodgl)

Voor rechter- en linkerzijde van de rijweg wordt de afstand aangegeven van de rooilijn tot de gevellijn in een aantal klassen. Zoals de voorgaande is ook dit veld afkomstig uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

		Aantal van rodgl	Aantal van lodgl
Niets ingevuld		36080	36080
0 m	A	14598	14654
0-5 m	B	10442	10779
5-10 m	C	18357	17833
10-20 m	D	7378	7260
> 20 m	E	1531	1299
Geen bebouwing	X	6171	6652

Wanneer we ze t.o.v. mekaar bekijken bekomen we het volgende:

	lodgl						
		A	B	C	D	E	X
rodgl	36080						
A		7925	2059	2317	817	199	1281
B		2017	3770	2866	792	144	853
C		2470	3020	8421	2354	333	1759
D		732	967	2407	2189	239	844
E		237	207	360	252	151	324
X		1273	756	1462	856	233	1591

Ook hier merken we een behoorlijke spreiding van de combinaties. Er is theoretisch geen verschil tussen links en rechts, het model zou dan ook geen verschil mogen geven voor de waarde van links en rechts. Puur statistisch kan er een verschil zijn, maar dit kan niet verklaard worden. Door een gecombineerde variabele (*odgl*) te nemen kan dit vermeden worden. Door een combinatie van beide variabelen (met elk 6 relevante waarden) komen we tot een nieuwe variabele met 21 waarden. Een alternatief is om het minimum van beide straatzijden aan te houden. Hierdoor gaan we er van uit dat de kleinste afstand de grootste impact heeft op de beeldvorming en het gedrag. Ook andere combinaties zijn mogelijk. Tijdens de analysefase is nagegaan welke combinatie de beste resultaten oplevert.

h. Breedte openbaar domein (ododkl)

Deze variabele geeft de breedte tussen de rooilijnen weer, ingedeeld in een aantal klassen. De variabele is afgeleid uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

	ododkl	Aantal records
Niets ingevuld		33680
<=10 m	10	918
10-15 m	15	20690
16-20 m	20	22811
20-30 m	30	13538
30-40 m	40	2201
40-50 m	50	355
>50 m	50+	364

In de oorspronkelijke tabel zaten een aantal onregelmatigheden. Zo was de indeling in klassen niet helemaal correct. Voor een aantal waarden van *odod* werd de breedte opgegeven en niet de klasse. Aangezien dit niet consequent voor alle records was ingevoerd, werden de waarden herleid tot de klassenindeling van *ododkl*, zodat de klassenindeling consistent is.

2.3.5 Wegkenmerken

a. Aantal rijstroken (*rijstr*)

Deze variabele geeft het aantal rijstroken dat op het wegsegment beschikbaar is. Ook dit veld is afkomstig uit de databank 'Afbakening bebouwde kommen'.

Aantal rijstroken	Aantal records
	32661
1	130
2	55792
3	2016
4	3771
5	47
6	123
7	16
9	1

Ook afslag- en invoegstroken zijn opgenomen naast ventwegen. Dit betekent dat de hogere waarden waarschijnlijker zijn terug te vinden in de buurt van kruispunten. Uit deze informatie is dan ook niet zomaar de wegconfiguratie af te leiden. Aan de hand van deze variabele kunnen we bijvoorbeeld niet weten of er een middenberm is die de verschillende rijrichtingen scheidt. Ook weten we niet zeker of 3 rijstroken een weg voorstelt waar beurtelings kan ingehaald worden, waar gelijktijdig kan ingehaald worden of dat het een gewone 1x2-weg is, met een afslag- of invoegstrook. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de interpretatie van de bekomen resultaten.

Gezien het beperkte aantal waarnemingen van minstens 5 rijstroken worden deze gegroepeerd (*rijstrkl*) in de analyse in SAS.

b. Toegelaten snelheid (*snelheid*)

Hier wordt de toegelaten snelheid, zoals aangeduid door de nodige bebording aangegeven. Het gegeven is gehaald uit de databank die werd opgemaakt naar aanleiding van het bovenlokaal fietsrouten netwerk. De snelheden worden gegroepeerd in een aantal klassen.

	snelheid	Aantal records
Niets ingevuld		37245
10 km/h	1	18
30 km/h	3	90
40 km/h	4	12
50 km/h	5	32926
60 km/h	6	226
70 km/h	7	16087
80 km/h	8	78
90 km/h	9	7875

Voor de analyse worden de snelheidsregimes gegroepeerd in een aantal categorieën (*snelhkl*). De groepering van de verschillende waarden van de variabele wordt in de tabel aangegeven:

- 120 records voor 10-40 km/h
- 32926 records voor 50 km/h
- 16313 records voor 60-70 km/h
- 7953 records voor 80-90 km/h.

c. Aanwezigheid voetpad (*rvoet resp. lvoet*)

Net zoals bij de fietspaden wordt hier aangegeven of zich langs de linker- of rechterzijde van de rijweg een voetpad bevindt. De gegevens zijn afkomstig van het bestand 'Afbakening bebouwde kom'.

	Aantal van rvoet	Aantal van lvoet
	32000	32000
ja	29799	32909
nee	32758	29648

In de oorspronkelijke data zaten een aantal fouten of onduidelijkheden. Soms waren de variabelen *rvoet* en *lvoet* beide ingevuld als *nee*, terwijl ze logischerwijze niet zouden moeten ingevuld zijn (omdat de meeste andere velden niet ingevuld waren, omdat *status* iets anders dan "di(ffuus)" aangaf). Daarom werden een aantal correcties doorgevoerd. Een "nee" voor beide variabelen werd behouden wanneer *status*="di". Wanneer beide variabelen "nee" bevatten en *status* was verschillend van "di", dan werd de waarde voor beide teruggezet naar null. In deze tabel werd hiermee rekening gehouden.

Wanneer we de combinatie van beide variabelen beschouwen, bekomen we:

		lvoet	
		ja	nee
rvoet		32000	
	ja	26475	3324
	nee	6434	26324

Doorgaans hebben de wegen een symmetrische opbouw: ofwel is er langs beide zijden een voetpad aanwezig, ofwel ontbreken voetpaden helemaal. Situaties waar slechts eenzijdig voetpaden aanwezig zijn, komen minder voor. Hier zal dus zeker een correlatie bestaan. Ook nu is het weer logischer om over te gaan tot een gecombineerde variabele: *voetzij*. Wanneer we beide zijden samenvoegen tot de nieuwe variabele, krijgen we:

	voetzij	Aantal records
Niets ingevuld		32000
Geen voetpaden	0	26324
Eenzijdig	1	9758
Tweezijdig	2	26475

d. Aanwezigheid parkeerzone (*rparkeer* resp. *lparkeer*)

Hier wordt aangegeven of er zich langs de linker- of rechterzijde van de rijbaan een afgebakende parkeerstrook bevindt. Deze variabele zegt dus niets over een eventueel parkeerverbod noch over de parkeerbezetting. De gegevens zijn afkomstig van het bestand 'Afbakening bebouwde kom'.

	Aantal van <i>rparkeer</i>	Aantal van <i>lparkeer</i>
	33374	33374
ja	23810	23059
nee	37373	38124

De aanwezige fouten of onduidelijkheden werden behandeld zoals besproken bij de vorige variabele.

Wanneer we de combinatie van beide variabelen beschouwen, bekomen we:

		lparkeer		
			ja	nee
rparkeer		33374		
	ja		17211	6599
	nee		5848	31525

Ook hier is vaak sprake van een symmetrische wegoopbouw. Beide variabelen worden samengevoegd tot de nieuwe variabele *parkzij*:

	parkzij	Aantal records
Niets ingevuld		33374
Geen parkeerstroken	0	31525
Eenzijdig	1	12447
Tweezijdig	2	17211

2.3.6 Fietsinfrastructuur

a. Aanwezigheid fietspad (*rfiets resp. lfiets*)

Langs weerszijden van de rijbaan wordt aangegeven of er een fietspad is of niet. De aard van het fietspad wordt niet opgenomen. De gegevens zijn afkomstig van het bestand 'Afbakening bebouwde kom'.

	Aantal van rfiets	Aantal van lfiets
	31371	31371
Ja	45454	43712
Nee	17732	19474

Datacleaning gebeurde voor deze variabelen op de manier beschreven bij *rvoet* en *lvoet*. Wanneer we de combinatie van beide variabelen beschouwen, bekomen we:

		lfiets		
			ja	nee
rfiets		31371		
	Ja		41003	4451
	Nee		2709	15023

Ook hier zien we doorgaans weer een symmetrische wegoopbouw. Net zoals bij beide voorgaande variabelen is het ook nu logischer om de variabelen voor beide wegzijden te combineren tot één globale voor beide weghelften. Aangezien we voor fietsinfrastructuur evenwel nog een andere bron hebben, nemen we ook deze gegevens mee in beschouwing. De globale variabele *fietszij* komt dan ook verderop aan bod.

b. Type fietspad (*rtypefts resp. ltypefts*)

Deze variabele beschrijft het type fietspad dat zich langs de linker- en rechterzijde van de rijweg bevindt. De gegevens zijn afkomstig uit het databestand 'Fietsroutenetwerk'.

	typefts	Aantal van rtypefts	Aantal van ltypefts
Niets ingevuld		37245	37245
Geen fietsvoorziening	gn	16272	17000
Aanliggend	a	9605	9826
Aanliggend verhoogd	av	7535	6757
Fietsstrook	fs	8902	8882
Fietsuggestiestrook	fss	2402	2237
Fietsstraat	ft	6	18
Fietsweg	fw	102	90
Vrijliggend	vl	12488	12502

Ook hier lijkt een combinatie van beide variabelen tot één globale logischer. Het maakt voor onze analyses immers geen verschil of een fietspad nu links dan wel rechts van de rijbaan ligt, aangezien we de ongevallen ook niet tot het op het niveau van wegzijde opdelen.

Wanneer we beide wegzijden tegen mekaar uitzetten bekomen we:

		ltypefts							
		gn	a	av	fs	fss	ft	fw	VI
rtypefts		37245							
	gn		13473	657	1167	122	90		763
	a		669	8441	30	42	6		417
	av		1553	106	4792	48	12		1024
	fs		218	6	62	8233	30		353
	fss		78	12	60	48	2045		159
	ft			6					
	fw		12					90	
	vl		997	598	646	389	54	18	9786

Er bestaat alleszins een sterk verband tussen *rtypefts* en *ltypefts*. Dit blijkt uit de grote waarden op de diagonaal vergeleken met de overige waarden op de rij of kolom. Beide variabelen meenemen in het model is dus ook vanuit dit oogpunt niet aangewezen.

Op basis van *rtypefts*, *ltypefts*, *rfiets* en *lfiets* wordt een nieuwe variabele *fietszij* gedefinieerd. Deze geeft het aantal wegzijden waarlangs fietsinfrastructuur is aangelegd, ongeacht het type fietsvoorziening. In *rfiets* en *lfiets* is immers geen informatie opgenomen met betrekking tot het type fietsvoorziening. Door de gegevens uit deze 2 verschillende bestanden te combineren kan wel het aantal records met gegevens uitgebreid worden.

	fietszij	Aantal records
Niets ingevuld		15276
Geen fietspaden	0	19725
Eenzijdig	1	8216
Tweezijdig	2	51340

We kunnen hiernaast ook een combinatie maken met de aard van het fietspad (zie verderop).

c. *Aard fietspad (raadf resp. laardf)*

Hier wordt aangegeven of het fietspad als dubbelrichtings- dan wel enkelrichtingsfietspad is voorzien, d.w.z. dat het in twee dan wel in één richting mag bereden worden door fietsers. De gegevens zijn afkomstig uit het databestand 'Fietsroutenetwerk'.

	aardf	Aantal van raadf	Aantal van laardf
Niets ingevuld		37245	37245
Geen fietspad	gn	16149	16936
Enkelrichting	1	38319	38366
Dubbelrichting	2	2844	2010

Wanneer we beide wegzijden tegenover elkaar uitzetten bekomen we:

		laardf		
		gn	1	2
raardf		37245		
	gn		13354	1163
	1		981	37185
	2		2601	18

Deze variabelen worden ook nu herrekend naar een globale variabele die het aantal rijrichtingen dat bediend wordt door de fietsinfrastructuur aangeeft (*richting*).

richting	Aantal records
	37245
0	13354
1	2144
2	41814

Fietsinfrastructuur die slechts één richting bedient is eerder zeldzaam, maar toch niet helemaal verwaarloosbaar.

Naast deze combinatie werd in SAS nog een andere combinatie gemaakt op basis van *raardf* en *laardf*, namelijk *aardf*. Deze variabele behoudt meer informatie. De waarden voor deze variabele kunnen als volgt worden weergegeven:

aardf	laardf			
		gn	1	2
raardf				
	gn	geen fietspaden	1 enkel	1 dubbel
	1	1 enkel	2 enkel	enkel+dubbel
	2	1 dubbel	enkel+dubbel	2 dubbel

d. Type tussenstrook (*rtypetss resp. ltypetss*)

Tussen fietspad en rijbaan kan een tussenstrook aanwezig zijn. Deze tussenstrook kan verschillende vormen aannemen. De verschillende tussenstrooktypen werden opgedeeld naargelang ze al dan niet overrijdbaar verondersteld worden. Deze keuze tussen overrijdbaar of niet werd overgenomen uit het protocol gebruikt bij de opmaak van het bovenlokale fietsroutenetwerk, waar de data vandaan komen.

Overrijdbaar		typetss	Aantal van rtypetss	Aantal van ltypetss
Niets ingevuld	Niets ingevuld		37245	37245
Geen fietspad	Geen fietspad	gn	27562	28006
Ja	Boordsteen	bs	948	894
Ja	Groenstrook	gr	454	382
Ja	Goot	gt	792	829
Ja	Niets (of markering)	n	5098	4740

Overrijdbaar		typetss	Aantal van rtypetss	Aantal van ltypetss
Nee	New jersey	nj		42
Nee	Niet overrijdbare markering	nm	3923	3780
Nee	Niet overrijdbaar	no	5417	5060
Ja	Overrijdbaar	o	10990	11535
Ja	Parkeerstrook	p	835	876
Ja	Ribbelstrook	rs	60	
Nee	Vangrail	vr	21	10
Ja	Wel overrijdbaar	w	1200	1158
Ja	Andere	x	12	

Samengevat geeft dit volgend resultaat voor de rechter- en linkerzijde van de weg. "o" staat voor overrijdbare tussenstrook, "no" voor niet overrijdbare tussenstrook.

	Aantal van rover	Aantal van lover
	37245	37245
-	27562	28006
no	9361	8892
o	20389	20414

Ook hier kunnen we weer een combinatie maken om tot nieuwe globale variabelen te komen: het aantal overrijdbare tussenstroken (*overa*), het aantal niet-overrijdbare tussenstroken (*novera*).

e. Aantal overrijdbare tussenstroken (*overa*)

Deze variabele is berekend aan de hand van *rover* en *lover*. Hij geeft per wegsegment aan of er geen, langs een zijde of langs beide zijden van de weg een overrijdbare tussenstrook aanwezig is.

	overa	Aantal records
Niets ingevuld		37245
Geen overrijdbare tussenstroken	0	34335
1 overrijdbare tussenstrook	1	5151
2 overrijdbare tussenstroken	2	17826

f. Aantal niet-overrijdbare tussenstroken (*novera*)

Deze variabele is berekend aan de hand van *rover* en *lover*. Hij geeft per wegsegment aan of er geen, langs een zijde of langs beide zijden van de weg een niet-overrijdbare tussenstrook aanwezig is.

	novera	Aantal records
Niets ingevuld		37245
Geen niet-overrijdbare tussenstrook	0	46503
1 niet-overrijdbare tussenstrook	1	3365
2 niet-overrijdbare tussenstroken	2	7444

Beide voorgaande kunnen ook nog t.o.v. mekaar weergegeven worden:

		novera		
		0	1	2
overa		37245		
	0		24955	1936 7444
	1		3722	1429
	2		17826	

g. Aantal tussenstroken (tssa)

Deze variabele is eveneens berekend aan de hand van *rover* en *lover*. Hij geeft per wegsegment aan hoeveel tussenstroken aanwezig zijn. Als dusdanig is het de som van beide voorgaanden (*overa* en *novera*).

	tssa	Aantal records
Niets ingevuld		37245
Geen tussenstroken	-	24955
Langs 1 zijde	1	5658
Langs beide zijden	2	26699

h. Breedte fietspad (rbreedf resp. lbreedf)

Deze numerieke variabele geeft de breedte (in cm) van de fietsvoorziening langs linker- en rechterzijde van de rijbaan. De data zijn afkomstig van het bestand 'Fietsroutenetwerk'.

Langs rechterzijde (*rbreedf*):

Aantal records	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Standaard deviatie	Variantie
57312	97	0	400	68	4659

Langs linkerzijde (*lbreedf*):

Aantal records	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Standaard deviatie	Variantie
57312	94	0	260	67	4517

Globaal gezien is de fietsinfrastructuur dus gemiddeld bijna 1 m breed. Hierin zitten zowel fietssuggestiestroken als dubbelrichtingsfietspaden vervat. Vergeleken met de normen uit het *Vademecum Fietsvoorzieningen (2001)* zijn de fietsvoorzieningen dus globaal te smal.

We herwerken deze variabelen nog tot 1 globale variabele. We nemen hiervoor de som van beide waarden. Dit geeft dan een waarde voor de ruimte die aan de fiets wordt toegekend. We zouden ook het minimum kunnen nemen (meest onveilig veronderstelde

zijde), maar dit kan problematisch zijn bij eenzijdige fietspaden. Het gemiddelde komt eigenlijk overeen met de som (factor 2 verschil).

i. Breedte tussenstrook (*rbreedts resp. lbreedts*)

Ook de breedte (hier uitgedrukt in cm) van de tussenstrook kan een rol spelen in de verkeersveiligheid. Het is een maat voor de afscheiding van de fietser ten opzichte van het autoverkeer. De data zijn afkomstig van het bestand 'Fietsroutenetwerk'.

Langs rechterzijde:

Aantal records	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Standaard deviatie	Variantie
57312	72	0	2500	131	17129

Langs linkerzijde:

Aantal records	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Standaard deviatie	Variantie
57312	69	0	1930	126	15818

We merken een zeer grote spreiding op in de meetresultaten, gaande van een tussenstrookbreedte 0 voor fiets(suggestie)stroken tot zeer grote waarden voor vrijliggende, bijna onafhankelijk aangelegde fietspaden. Gemiddeld bedraagt de tussenstrookbreedte ongeveer 70 cm.

We herwerken ook deze variabelen tot 1 variabele. We nemen hiervoor de som van beide waarden. Dit geeft dan een waarde voor de ruimte die de fietser scheidt van het autoverkeer. We zouden ook het minimum kunnen nemen (meest onveilig veronderstelde zijde). Het gemiddelde komt eigenlijk overeen met de som (factor 2 verschil).

2.3.7 *Bebouwde kom*

Of een wegsegment binnen de bebouwde kom is gelegen, kunnen we afleiden uit een aantal verschillende bestanden. Deze bestanden werden ook gebruikt om de wegsegmenten af te bakenen voor deze studie. Aangezien er verschillen zitten tussen deze bestanden, worden een aantal verschillende variabelen afgeleid.

a. Bebouwde kom volgens bestand Mobiliteitscel (*beko*)

Dit bestand bevat de afbakening van de bebouwde kom zoals ze op het terrein was ten tijde van de inventarisatie. Wegsegmenten die in dit bestand zijn opgenomen krijgen de waarde "bibeko", de overige wegsegmenten die zijn opgenomen in het basisbestand krijgen de waarde "bubeko".

beko	Aantal records
bibeko	62816
bubeko	31741

b. Binnen voorstel afbakening bebouwde kommen (voorstel)

Dit bestand bevat de wegsegmenten die binnen het voorstel 'afbakening bebouwde kom' vallen. Wegsegmenten die in dit bestand zijn opgenomen krijgen de waarde "bibeko", de overige wegsegmenten die zijn opgenomen in het basisbestand krijgen de waarde "bubeko".

voorstel	Aantal records
bibeko	69182
bubeko	25375

c. Tussen borden F1 en F3 (f1f3)

Op basis van de locaties van de borden F1/F3 (begin respectievelijk einde bebouwde kom) worden wegsegmenten bepaald die binnen de bebouwde kom vallen. Wegsegmenten die tussen de agglomeratieborden gelegen zijn, krijgen de waarde "bibeko", de overige wegsegmenten die zijn opgenomen in het basisbestand krijgen de waarde "bubeko".

f1f3	Aantal records
bibeko	50539
bubeko	44018

d. In doortocht gelegen (indrtcht)

Alle wegsegmenten die zijn opgenomen in het bestand van de doortochten (uit de behoeftanalyse van AWW) krijgen de waarde "in", de overige wegsegmenten uit het basisbestand krijgen de waarde "buiten".

indrtcht	Aantal records
Buiten	48500
In	46057

De 4 bovenstaande variabelen zijn sterk afhankelijk van mekaar. Ze worden dan ook best niet samen in 1 model gestoken. Ze kunnen wel elk afzonderlijk opgenomen worden en zo kunnen we zien of er significante verschillen zijn (tussen bijvoorbeeld de bestaande bebouwde kom en het voorstel tot afbakening).

e. Nabij komgrens (bord F1/F3) gelegen (komgrens)

Alle wegsegmenten die in een zone van 200 m voor of na een bord F1/F3 gelegen zijn, krijgen voor komgrens de waarde "ja" opgekleefd. De overige wegsegmenten uit het basisbestand krijgen de waarde "nee". Met deze variabele wordt aangeduid of het wegsegment zich nabij de komgrens, aangeduid door de borden F1/F3, bevindt.

komgrens	Aantal records
ja	38467
nee	56090

Aan de hand hiervan kunnen we nagaan of er effecten zijn van de komgrens. Is de overgang gevaarlijker (bvb. door snelheidsverschillen). De komgrens bestaat uit de wegvakken 200 m voor en 200 m na de borden F1/F3.

3. METHODIEK

In dit hoofdstuk wordt in het kort de methodiek uiteengezet die gehanteerd werd bij het berekenen van de verschillende modellen in hoofdstukken 4 en 5.

3.1 Specificaties van de modellering

In het volgende hoofdstuk geven we enkele modellen om het aantal ongevallen per 100m doortocht te voorspellen. Om deze modellen op te stellen zijn een aantal veronderstellingen gemaakt.

Verdeling aantal ongevallen

We hebben aangenomen dat de ongevallen een Poissonverdeling of een Negatief Binomiaalverdeling (NB) hadden. Zowel in theorie als in praktijk blijkt één van beide vaak een goede benadering te zijn (Abbess et al., 1981; Hauer & Persaud, 1987; Hauer, 1997; Greibe, 2003).

Voor deze data van de doortochten was voor het model met enkel voertuigintensiteiten een Negatief Binomiaalverdeling de beste verdeling. Als er meer verklarende variabelen werden toegevoegd, dan verminderde de noodzaak om een Negatief Binomiaalverdeling te gebruiken. Op zich is dit wel logisch. Het belangrijkste verschil tussen een Negatief Binomiaalverdeling en een Poissonverdeling is dat de NB één parameter meer heeft om de variantie van de data te verklaren. Hoe meer verklarende variabelen gebruikt worden om het aantal ongevallen te verklaren, hoe minder nood er is aan een extra parameter binnen de verdeling. Bij de modellen met meerdere onafhankelijke variabelen leverde een Poissonverdeling de beste resultaten.

Modellen over wegvakken en kruispunten heen

Modellen zijn preciezer indien er aparte modellen gemaakt worden voor wegvakken en voor kruispunten (zie bvb. Greibe, 2003). In praktijk is dit niet altijd houdbaar (Greibe, 2003). Voor deze studie over doortochten met veel kruispunten is het opsplitsen in wegen met en zonder kruispunten niet altijd zinvol. Het uitgangspunt voor de berekening van de modellen zijn de wegvakken van 100m, zonder onderscheid te maken of er wel of geen kruispunten in dit wegvak liggen. Ongevalsegevens en weg- en omgevingskenmerken worden gekoppeld aan deze wegsegmenten. Op basis van dit bestand worden de modellen bepaald.

De modellen behandeld in het rapport gaan uit van alle ongevallen, ongeacht ze op een wegvak dan wel een kruispunt gebeurden. Ter vergelijking werden ook modellen opgebouwd die enkel uitgaan van de ongevallen op wegvakken of juist de kruispuntongevallen. Deze opsplitsing gebeurde op basis van gegevens in de NIS-databank. Deze modellen zijn bijgevoegd in bijlage. Ze zijn behulpzaam bij de interpretatie van de invloed van de verschillende parameters.

Voor de kruispunten zelf hebben we geen aparte modellen gemaakt, omdat we daarvoor niet de wezenlijke informatie hebben. We beschikken namelijk enkel over de voertuigintensiteit van gewestwegen en niet over de voertuigintensiteit van de gemeentewegen. Maar veel kruispunten in doortochten worden gevormd door een gemeentelijke weg die op een gewestweg uitkomt. Om specifieke kruispuntmodellen te maken zijn voertuigintensiteiten nodig van de hoofdweg en de zijweg(en) (Hauer, 1997; Greibe, 2003).

Modellen over ongevalstypen heen

Modellen kunnen eveneens preciezer zijn wanneer ze opgesplitst worden naar ongevalstype (Jonsson, 2005). Een opsplitsing kan gemaakt worden naar betrokken weggebruikers (voetgangers, fietsers, autobestuurders, motorrijders, ...), naar ongevalstype (frontaal, kop-staart, zijdelings, ...) en naar ernst (ongevallen met doden, zwaargewonden of lichtgewonden). Binnen het tijdsbestek van dit onderzoek worden enkel modellen bepaald voor alle ongevallen samen enerzijds en ongevallen waarbij minstens 1 fietser is betrokken anderzijds.

Keuze modelvorm

De vorm van de functie waarmee het aantal ongevallen gerelateerd wordt aan de onafhankelijke variabelen is zeker even belangrijk als de exacte waarde van de parameters (Hauer 1997).

Stel dat d = lengte van de beschouwde wegsectie
 I = verkeersintensiteit
 λ = verwacht aantal ongevallen per jaar

Een klassieke vorm voor een ongevallenmodel is dan (Hauer 1997).

$$\text{Model 1:} \quad \lambda = d * a_i * I^b$$

Waarbij a_i een parameter is voor jaar 'i', en de parameters a_i en b berekend worden door een statistisch pakket.

Uitbreiding van dit model met een extra variabele kan in principe op twee manieren. De variabele kan als grondtal of als macht in het model worden opgenomen:

$$\text{Model 2a:} \quad \lambda = d * a_i * I^b * X^c$$

of

$$\text{Model 3a:} \quad \lambda = d * a_i * I^b * c^X$$

c is nu ook een parameter die berekend wordt door een statistisch pakket. Bij de berekening wordt de natuurlijke logaritme genomen vóór het berekenen van de waarden van de parameters. Hierdoor verkrijgt men een lineaire vergelijking:

$$\text{Model 2b:} \quad \ln(\lambda) = \ln(d) + \ln(a_i) + b * \ln(I) + c * \ln(X)$$

$$\text{Model 3b:} \quad \ln(\lambda) = \ln(d) + \ln(a_i) + b * \ln(I) + X * \ln(c)$$

Dit heeft een praktische consequentie. Variabelen die de waarde 0 kunnen aannemen, kunnen niet berekend worden met model 2. Want in model 2b wordt dan de logaritme genomen van 0, en dat is geen reëel getal. Dit weerspiegelt zich ook in de modellen die we in de literatuur vinden (Zegeer et al., 1987; Greibe, 2003). In principe doet dit probleem zich ook voor bij de voertuigintensiteit (strikt gezien kan die 0 zijn, bvb. winkelwandelstraten), in praktijk komt die situatie nooit voor bij de wegen waarvoor men analyses uitvoert.

Alle vergelijkingen bevatten de constante 'a'. Om terug te kijken in de tijd is aangewezen om deze afhankelijk te maken van het jaartal: a_i met i het jaartal. Op deze wijze is er een correctiefactor voor alle zaken die –niet continu- jaar per jaar wijzigen, en die toch invloed hebben op het aantal ongevallen: het weer, economische situatie, e.d. (Hauer, 1997). Anderzijds is een model met dergelijke jaarafhankelijke parameter niet geschikt

om vooruit te kijken in de tijd. We beschikken in Vlaanderen nooit over ongevalsdata die recenter zijn dan vorig jaar (ISLP) of dan ± 3 jaar geleden (gelocaliseerde NIS-data). Stel dat we een model maken op basis van ongevalsdata van 1996 tot 2001 (wat in dit rapport het geval is). Als we voor elk jaar een correctieparameter voorzien dan kunnen we het model nooit gebruiken voor andere jaren dan 1996 tot 2001. Want daarvoor is er geen parameter. Maar alle andere coëfficiënten zijn wel berekend alsof er een jaarparameter is. M.a.w, modellen met jaarparameters zijn énkél bruikbaar binnen de tijdsspanne van de data waarmee het model gemaakt werd. Door geen jaarparameter te gebruiken verliezen we aan precisie, maar net hierdoor winnen we aan het mogelijke gebruik van het model.

Aanvullend bij de basisvormen die hierboven beschreven worden, worden nog 2 andere modelvormen uitgetest, welke verschillen van voorgaande in de wijze waarop de voertuigintensiteit wordt behandeld. Een eerste alternatief bestaat erin de voertuigintensiteit in te delen in een aantal verschillende intensiteitsklassen. De klassen worden zodanig gekozen dat elke klasse ongeveer evenveel waarnemingen bevat. De intensiteitsklasse wordt in het model behandeld als de overige klassenvariabelen (modellen 3).

Zoals zal blijken vertonen deze modellen een resultaat dat behoorlijk afwijkt van de resultaten bekomen met de eerder vermelde modellen. Om het model evenwel gemakkelijker hanteerbaar te maken werd de voertuigintensiteit opgedeeld in 2 klassen (lage voertuigintensiteiten I_1 en hoge voertuigintensiteiten I_2) en werd de rol van de intensiteit beschreven als een samenstelling van 2 afzonderlijke logaritmische curven. Dit model sluit veel dichter aan bij het model met de intensiteitsklassen in vergelijking tot het enkelvoudige model.

$$\text{Model 4:} \quad \lambda = d * a_i * I_1^{b_1} * I_2^{b_2}$$

De grenswaarde voor de intensiteiten werd bepaald aan de hand van het model met de kleinste deviantie (bij hetzelfde aantal vrijheidsgraden). De verschillende modellen werden per categorie onderling vergeleken aan de hand van de informatiecriteria AIC (Akaike Information Criterion), CAIC (Consistent Akaike Information Criterion) en BIC (Bayes Information Criterion) (voor meer uitleg zie paragraaf 3.2).

Gevolgde werkwijze

De modellen zijn gemaakt in SAS met de procedure GENMOD. Deze laat geen stepwise regressie toe. De variabelen zijn daarom handmatig geselecteerd. Vertrekkende van een model met enkel voertuigintensiteit zijn de variabelen één voor één toegevoegd en/of weer uit het model genomen om tot de uiteindelijke modellen te komen. Enkel de significante variabelen werden opgenomen in het model.

Mixture modellen

Sommige interessante fenomenen kunnen niet rechtstreeks gemeten worden. Het basisidee van latente-klassenanalyse gaat ervan uit dat sommige parameters van een statistisch model verschillen voor onzichtbare subgroepen. Dit wil zeggen dat de geschatte parameters van een model waarin we alle data als één klasse beschouwen mogelijk niet correct zijn. Er kunnen immers meerdere klassen voorkomen binnen de data die elk aan een afzonderlijke regressievergelijking beantwoorden. Door latente variabelen toe te laten in het model kunnen we dit tot uiting laten komen.

Gebruikte variabelen

In de literatuur wordt een groot aantal verschillende kenmerken gebruikt als verklarende variabelen. Deze variabelen zijn zelden dezelfde tussen de verschillende modellen, met als enige steeds terugkomende variabelen de weglengte van een bepaald vak (d) en de voertuigintensiteit (I). De onderliggende reden voor deze verschillen is echter eenvoudig: elke onderzoeker heeft gebruikt wat voor hem/haar beschikbaar was. Wij doen hier hetzelfde.

De weglengte hebben we voor alle records vastgelegd op 100m (de afstand tussen twee hectometerpunten). Deze constante is bijgevolg mee opgenomen in de algemene constante berekend in het model. Bij de interpretatie van de resultaten dient er uiteraard rekening mee gehouden te worden dat het aantal (fiets)ongevallen per 100 m wordt gegeven.

In elk model hebben we steeds voertuigintensiteit gebruikt, en voor de modellen voor fietsongevallen voertuig- en fietsintensiteit.

Verder hebben we de data gebruikt waarover we beschikten. Meer details daarover vindt u in het vorige hoofdstuk.

3.2 Informatiecriteria

Per categorie worden verschillende modellen opgebouwd. Deze worden onderling vergeleken aan de hand van de informatiecriteria AIC (Akaike Information Criterion), CAIC (Consistent Akaike Information Criterion) en BIC (Bayes Information Criterion). Deze drie criteria maken gebruik van de likelihood (L_k) van het model (dit is een waarde die aangeeft hoe goed het model de werkelijkheid benadert) en het aantal parameterschattingen (d_k) nodig voor het model (Scheltjens, 2005). BIC en CAIC maken daarnaast ook nog gebruik van het aantal opgenomen observaties in het model (n). De informatiecriteria worden volgens onderstaande formules berekend:

$$AIC = -2L_k + 2d_k$$

$$BIC = -2L_k + \ln(n) * d_k$$

$$CAIC = -2L_k + [\ln(n) + 1] * d_k.$$

3.3 Drie soorten modellen voor vier toepassingen

De modellen uit dit rapport werden alle opgebouwd op basis van cross-sectionele empirische data. Deze data zijn geschikt voor modellen die de variatie in het aantal ongevallen verklaren voor bestaande wegsegmenten. Ze geven echter geen causaal verband tussen de onafhankelijke variabelen en het aantal ongevallen.

We voorzien vier mogelijke toepassingen voor modellen die het aantal ongevallen schatten voor doortochten. Dit resulteert in drie verschillende modellen.

De eerste toepassing is het maken van een snelle schatting van het verwachte aantal ongevallen op wegvakken binnen een bebouwde omgeving (bvb. een doortocht). Alle literatuur zegt dat men minstens de voertuigintensiteit van de hoofdweg moet kennen om een relevante schatting te kunnen doen. We gaan er dus van uit dat de gebruiker een schatting heeft van de voertuigintensiteit, maar niet meer dan dat. Voor deze snelle schatting hebben we een model gemaakt dat slechts één variabele als input vereist: de voertuigintensiteit (zie 4.1).

De tweede toepassing is het maken van een gefundeerde schatting van het verwachte aantal ongevallen op een wegsegment binnen een bebouwde omgeving, buiten 1996-2001. Een gemeente heeft bvb. een beperkt budget voor verkeersveiligheid. Ze wil nagaan of hun doortocht een eerste prioriteit moet zijn. Daarom wil ze het aantal ongevallen van hun doortocht vergelijken met wat normaal gezien te verwachten is voor

dergelijke doortocht. De gebruiker beschikt waarschijnlijk al wel over wat gegevens van die doortocht, maar is ook bereid om de moeite te doen om eventueel extra data te verzamelen. Voor deze situatie hebben we een model gemaakt dat het aantal ongevallen van een doortocht zo goed mogelijk voorspelt. Alle variabelen die een significante meerwaarde hadden zijn aan het model toegevoegd (zie 4.3).

De derde toepassing is het maken van een gefundeerde schatting van het verwachte aantal ongevallen op een wegvak binnen de bebouwde omgeving, binnen de tijdsspanne 1996-2001. Een doortocht is bijvoorbeeld aangepast in 1998. In een Voor-Na studie wil men het effect van deze doortocht berekenen. Daarom moet men weten wat het verwacht aantal ongevallen zou geweest zijn met het oorspronkelijke type doortocht. De gebruiker beschikt ook hier waarschijnlijk al wel over wat gegevens van die doortocht, en is ook bereid om extra data te verzamelen voor de betrokken jaren. In dit geval is het relevant om ook de correctiefactoren van de jaren 1996-2001 te gebruiken. Alle variabelen die een significante meerwaarde hadden zijn aan het model toegevoegd (zie 4.3).

Door de schatting van het aantal ongevallen op basis van het model te vergelijken met het werkelijk aantal ongevallen, beschikt men over een instrument om gevaarlijke zones af te bakenen. Wegsegmenten met een aanzienlijk groter aantal ongevallen dan verwacht op basis van het model kunnen als gevaarlijk beschouwd worden.

De vierde toepassing is erg technisch. In Voor-Na studies met een vergelijkingsgroep moet men corrigeren voor de trend en voor regressie naar het gemiddelde. Voor de correctie van regressie naar het gemiddelde moet men over een overdispersiefactor beschikken². Deze overdispersie is vaak uit de vergelijkingsgroep te berekenen maar niet altijd. Voor een Vlaams onderzoek over de effectiviteit van rotondes bleek deze voor de dodelijke ongevallen niet te berekenen uit de vergelijkingsgroep. Hierdoor hebben we geen effectiviteiten van rotondes voor dodelijke ongevallen kunnen berekenen. Want hoewel de overdispersie slechts een klein, technisch deeltje vormt van de berekening, loopt de klassieke berekening volledig fout als de overdispersie niet bekend is (Nuyts & Cuyvers, 2003). Een klassieke oplossing is om de overdispersie niet uit de vergelijkingsgroep af te leiden, maar uit een model (Hauer & Persaud, 1987; Hauer, 1997). Dit willen we hier ook doen. We nemen de waarde van de overdispersie uit het model dat enkel rekening houdt met de voertuigintensiteiten (zie 4.1).

De modellen zijn niet geschikt om veranderingen in het aantal ongevallen te voorspellen ten gevolge van de herinrichting van straten die wijzigingen met zich meebrengen in de gebruikte variabelen (Jonsson, 2005). Dan kan beter een schatting gemaakt worden van het verwachte aantal ongevallen zonder de maatregelen en vervolgens gebruik te maken van de kennis over het effect van de maatregelen (bvb. op basis van een Voor-Na studie) om de verandering in het aantal ongevallen te voorspellen.

Voor elk van deze modellen hebben we ook een variant gemaakt die het aantal fietsongevallen voorspelt. Het basismodel bevat dan zowel de voertuigintensiteit als de fietsintensiteit (zie hoofdstuk 5).

3.4 Wat doen we niet?

Correlaties tussen verschillende variabelen kunnen een vertekening geven van de modelresultaten. Binnen het tijdsbestek voor deze studie werden eventuele correlaties niet bestudeerd. Evenmin werd nagegaan welk aandeel elke parameter uit de modellen heeft in de verklaring van de systematische variantie van de ongevallen. Ook voor het

² De overdispersie is een getal dat aangeeft in hoeverre de verdeling van de ongevallen over de verschillende locaties heen een grotere spreiding heeft dan een Poissonverdeling. Op theoretische gronden kan men afleiden dat deze overdispersie moet bestaan, en de basisformule voor de correctie van regressie naar het gemiddelde is gebaseerd op deze theorie (Abbess et al., 1981; Hauer & Persaud, 1987; Hauer, 1997). Voor een Nederlandstalige bespreking van de statistische details, zie Nuyts & Cuyvers, 2003.

volledige model werd niet nagegaan hoeveel van de systematische variantie verklaard wordt. Dit zijn onderwerpen die zeker in aanmerking komen voor nader onderzoek.

Een verdere uitbreiding zou er in kunnen bestaan modellen op te bouwen voor verschillende soorten ongevallen (naar letselernst, naar betrokkenen, ...) en dit per wegtype (de typische hoofdstraat, de landelijke doortocht, de 2X2, ...). Zulke modellen geven doorgaans betere resultaten. In deze studie beperken we ons tot de modellen voor alle ongevallen tezamen en de ongevallen waarbij fietsers betrokken zijn, telkens voor het geheel van de doortochten.

3.5 Groeperen van variabelenwaarden

In sommige gevallen worden de variabelen die beschikbaar zijn in het basisbestand nog herwerkt voor de analyse in SAS. Dit is onder andere het geval voor de variabelen waarbij zowel voor de linker- als de rechterzijde van de rijweg een waarde wordt opgegeven. Voor een risicoanalyse maakt het immers niet uit of een bepaald kenmerk zich langs de linker- dan wel de rechterzijde bevindt. Links en rechts zijn immers arbitrair bepaald door de richting van de oplopende hectometerpunten.

Een andere reden om variabelen te hergroeperen is een vereenvoudiging van het model. Het aantal klassen van een variabele kan immers zo beperkt worden, waardoor het aantal modelparameters afneemt. Variabelen die niet significant van mekaar verschillen of logischerwijze bij mekaar horen worden hierbij samengenomen.

In de modellen bevinden zich dus een aantal variabelen die niet rechtstreeks werden opgenomen in het basisbestand. Ze werden bepaald in SAS. Bij *functies* worden de categorieën 'kleinschalige voorzieningen' (kv) en 'menging van functies' (m) samengenomen. Ze verschillen niet significant van mekaar (zowel naar resultaten als naar uitzicht). Bij *rijstroken* worden 5 of meer rijstroken samengenomen in 1 categorie. Apart bevatten ze immers te weinig waarnemingen.

Bebouwingsdichtheid en morfologisch inplantingstype worden herwerkt uit de afzonderlijke waarnemingen voor de linker- en rechterzijde van de rijweg. Vanuit verkeersveiligheidsstandpunt maakt het, op basis van de beschikbare data, immers niet uit of een kenmerk zich langs de linker- dan wel de rechterzijde van de rijweg bevindt. We weten immers niet of het ongeval zich links dan wel rechts voordeed. Het totaalbeeld van de weg speelt de bepalende rol. De waarden voor beide wegzijden worden dan ook gegroepeerd tot een globale variabele. Dit kan op verschillende manieren. Voor de bebouwingsdichtheid werd de minimale waarde van beide wegzijden opgenomen als verklarende variabele. Deze combinatie leverde immers het meest significante model op. Uiteindelijk werd ook een gemiddelde bebouwingsdichtheid gelijk gesteld aan een lage bebouwingsdichtheid (wegens niet significant verschillend) zodat uiteindelijk 2 klassen overbleven: een lage (+gemiddelde) tegenover een hoge bebouwingsdichtheid.

Voor het morfologisch inplantingstype werd een 'naar boven afgeronde gemiddelde' waarde van beide wegzijden bepaald voor het globale wegbeeld. De waarden werden als volgt bepaald uit *lmorfty* en *rmorfty*:

	gn	ob	ho	db/gb
gn	geen	open	open	half
ob	open	open	half	half
ho	open	half	half	dicht
db/gb	half	half	dicht	dicht

De variabele met betrekking tot de fietspadinfrastructuur in het model van de fietsongevallen werd bepaald op basis van *rtypefts*, *ltypefts*, *raardf* en *laardf*. Op basis

van deze variabelen werd een onderscheid gemaakt tussen tweezijdige enkelrichtingsfietspaden, enkelzijdige dubbelrichtingsfietspaden en geen fietspaden.

4. MODELLEN VOOR ALLE ONGEVALLEN

In dit hoofdstuk worden een aantal modellen bepaald die het totale aantal letselongevallen weergeven in functie van een aantal verklarende variabelen. De modellen worden per paragraaf gegroepeerd volgens de aard van de opgenomen verklarende variabelen: enkel voertuigintensiteit, voertuig- en fietsintensiteit, intensiteiten samen met weg- en omgevingskenmerken. Binnen elke paragraaf worden drie verschillende modellen opgebouwd, naargelang het vooropgestelde verband tussen voertuigintensiteit en ongevallen: het eerste gaat uit van een enkelvoudig logaritmisch verband tussen de voertuigintensiteit en het aantal ongevallen, bij het tweede worden de intensiteiten opgedeeld in 10 intensiteitklassen en bij het derde wordt het verband beschreven door een samengestelde curve (2 verschillende logaritmische curven voor hoge (>16.000 voertuigen per dag) en lage (<=16.000 voertuigen per dag) intensiteiten).

4.1 Enkel voertuigintensiteiten

Uitgaande van het basisbestand beschreven in hoofdstuk 2 zijn de voertuigintensiteiten van 41.243 jaarsegmenten gekend. De dagintensiteiten in het databestand variëren van 287 tot 59.600. Het model is dan ook maar geldig binnen deze grenzen. De berekende parameters zijn alle hoogst significant ($P < 0,001$), tenzij anders vermeld.

4.1.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Wanneer de ongevallen een Poisson-verdeling kennen, bekommen we model (1a):

$$\text{Aantal ongevallen} = e^{-8,6661} * I^{0,8335} = 1,72 * 10^{-4} * I^{0,8335} \quad (1a)$$

Hierbij staat I voor de gemiddelde dagintensiteit [voertuigen per dag].

Ter vergelijking voegen we hier het model toe wanneer de ongevallen een Negatief-Binomiaal-verdeling volgen. Het aantal ongevallen wordt dan gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = e^{-8,7102} * I^{0,8383} = 1,65 * 10^{-4} * I^{0,8383}$$

De overdispersiefactor is klein (0,0557). Het verschil tussen beide modellen is dan ook verwaarloosbaar. We beperken ons in het verdere verloop dan ook tot de Poisson-verdeling.

4.1.2 Model met intensiteitsklassen

De voertuigintensiteiten worden hiervoor opgedeeld in 10 intensiteitklassen. De grenzen werden zodanig gekozen dat elke klasse ongeveer evenveel waarnemingen bevat. De intensiteitsklassen worden in SAS behandeld als de overige klassevariabelen. Het model werd niet geoptimaliseerd naar de klassengrenzen (model met kleinste deviantie in SAS). Het aantal ongevallen wordt bij deze aanname gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,70 * C_1 \quad (1b)$$

C_I is een correctiefactor in functie van de voertuigintensiteit I en wordt gegeven door:

C_I	I	C_I	I
0,126 ***	$I \leq 3.500$	0,478 ***	$9.000 < I \leq 10.000$
0,192 ***	$3.500 < I \leq 5.000$	0,693 ***	$10.000 < I \leq 12.500$
0,267 ***	$5.000 < I \leq 6.500$	0,811 ***	$12.500 < I \leq 15.000$
0,373 ***	$6.500 < I \leq 7.500$	0,885 ***	$15.000 < I \leq 20.000$
0,502 ***	$7.500 < I \leq 9.000$	1	$I > 20.000$

C_I in functie van I [voertuigen per dag]; (***: $P < 0,001$)

4.1.3 Samengesteld logaritmisch model

Wanneer het aantal ongevallen op basis van de modellen (1a) en (1b) grafisch tegenover elkaar uitgezet worden in functie van de voertuigintensiteiten blijkt dat het enkelvoudige logaritmische model voor de hoge intensiteiten niet bijster goed aansluit bij het model met de intensiteitsklassen. Daarom wordt een samengestelde logaritmische curve gebruikt. Concreet betekent dit dat voor de lage en de hoge intensiteiten een aparte logaritmische curve wordt bepaald. Om dit mogelijk te maken moet een variabele toegevoegd worden die aangeeft of de intensiteit bij de hoge dan wel de lage intensiteiten gerekend wordt. Deze parameter gedraagt zich als een bijkomend intercept voor de 2^e curve. De grens tussen hoge en lage intensiteiten werd gelegd op 16.000 voertuigen per dag. Dit model leverde de laagste deviantie op bij de modelopbouw in SAS. Het aantal ongevallen wordt zo gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,29 * I_1^{1,1606} * I_2^{0,0808} * C_{int} \quad (1c)$$

Hierbij is:

I_1 = 1 als $I \leq 16.000$ voertuigen per dag

= 1 als $I > 16.000$ voertuigen per dag

I_2 = 1 als $I \leq 16.000$ voertuigen per dag

= I als $I > 16.000$ voertuigen per dag

De macht 0,0808 is niet significant verschillend van 0.

C_{int} = $3,11 * 10^{-5}$ als $I \leq 16.000$ voertuigen per dag

= 1 als $I > 16.000$ voertuigen per dag

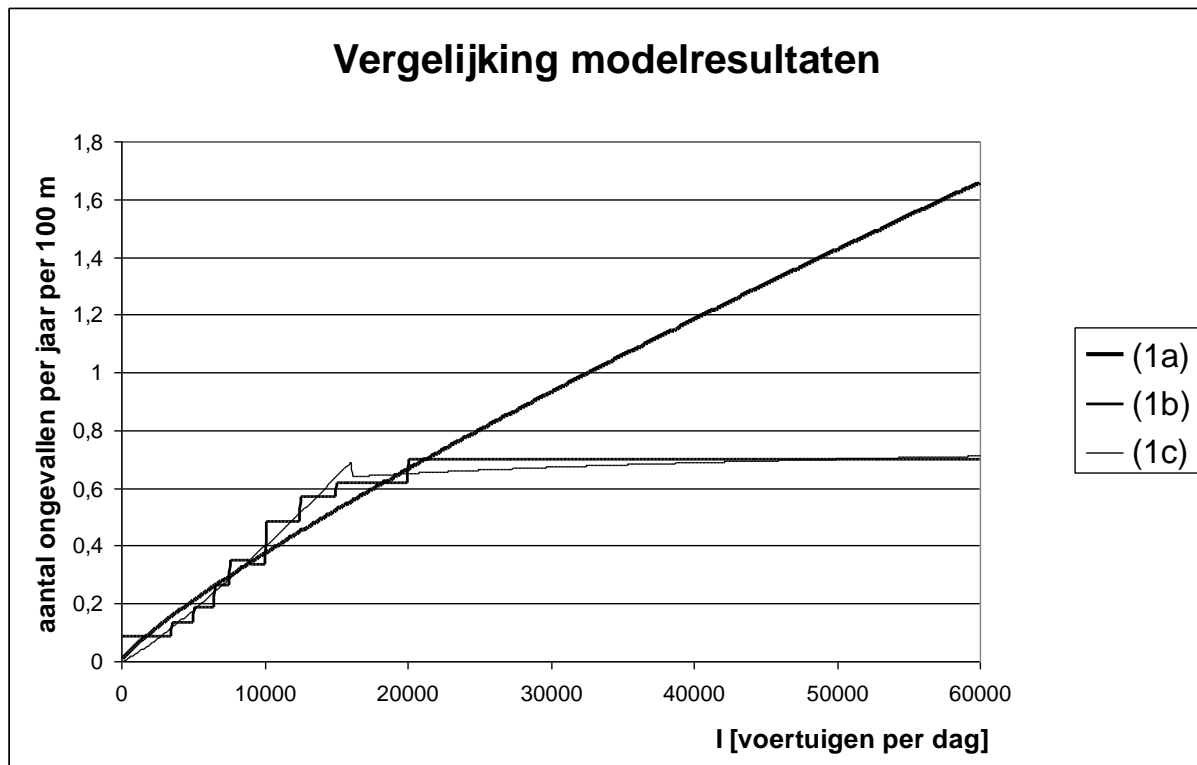
4.1.4 Vergelijking modellen (1a), (1b) en (1c)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n . De resultaten worden weergegeven in tabel 4.1.

model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(1a)	41.243	2	-28.712	57.428	57.445	57.447
(1b)		10	-28.496	57.011	57.097	57.107
(1c)		4	-28.498	57.004	57.039	57.043

Tabel 4.1: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat model (1c) de beste resultaten oplevert. Model (1b) is bijna even goed, maar is lastiger in gebruik. In figuur 4.1 worden het aantal ongevallen volgens de 3 modellen grafisch uitgezet tegen de voertuigintensiteit. Hieruit blijkt dat het eenvoudigste model het ongevalrisico bij hoge intensiteiten sterk overschat. De andere modellen vallen wel goed samen. Hieruit blijkt dat een eenvoudig model niet noodzakelijk het beste resultaat geeft wanneer over een groot bereik van intensiteiten wordt gekeken. Voor een nadere bespreking van de resultaten (hoofdstuk 7) gaan we verder in het rapport dan ook uit van het model (1c).



Figuur 4.1: Vergelijking van de verschillende modellen

We merken nog op dat model (1a) aanleiding geeft tot een risico dat minder dan evenredig toeneemt met de voertuigintensiteit. Model (1c) geeft aanleiding tot een ongevalrisico dat meer dan evenredig toeneemt met de voertuigintensiteit voor intensiteiten tot ongeveer 16.000 voertuigen per dag. Daarboven blijft het aantal ongevallen quasi constant en verlaagt het risico bijgevolg omgekeerd evenredig met de voertuigintensiteit. De keuze van het verband tussen intensiteit en aantal ongevallen heeft dus een niet onbelangrijke impact op de resultaten en conclusies. Een meer gedetailleerde bespreking volgt in hoofdstuk 7.

4.2 Voertuig- en fietsintensiteiten

Uitgaande van het basisbestand beschreven in voorgaand hoofdstuk zijn de voertuig- en fietsintensiteiten van 34.917 jaarsegmenten tegelijk gekend.

4.2.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Een Poisson-verdeling en een Negatief-Binomiaal-verdeling van de ongevallen leveren hetzelfde model op. De overdispersiefactor bedraagt in dit geval immers 0. Het aantal ongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = e^{-9,8318 * I^{0,7954} * F^{0,2647}} = 5,37 * 10^{-5} * I^{0,7954} * F^{0,2647} \quad (2a)$$

Hierbij is I de gemiddelde dagintensiteit [voertuigen per dag] en F de gemiddelde fietsintensiteit [fietsers per dag].

4.2.2 Model met intensiteitsklassen

Net zoals bij voorgaande sectie werd een model opgemaakt waarbij zowel de voertuig- als de fietsintensiteiten I respectievelijk F ingedeeld werden in 10 intensiteitsklassen. De klassengrenzen voor de voertuigintensiteiten werden gelijk gehouden. Ook voor de fietsintensiteiten werden de klassengrenzen bepaald zodanig dat elke klasse ongeveer even veel waarnemingen bevat. Het aantal ongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = 1,28 * C_I * C_F \quad (2b)$$

C_I wordt hierbij gegeven door:

C_I	I	C_I	I
0,134 ***	$I \leq 3.500$	0,485 ***	$9.000 < I \leq 10.000$
0,203 ***	$3.500 < I \leq 5.000$	0,663 ***	$10.000 < I \leq 12.500$
0,301 ***	$5.000 < I \leq 6.500$	0,763 ***	$12.500 < I \leq 15.000$
0,387 ***	$6.500 < I \leq 7.500$	0,860 ***	$15.000 < I \leq 20.000$
0,528 ***	$7.500 < I \leq 9.000$	1	$I > 20.000$

C_I in functie van I [voertuigen per dag]; (***: $P < 0,001$)

C_F wordt gegeven door:

C_F	F	C_F	F
0,378 ***	$F \leq 50$	0,587 ***	$280 < F \leq 340$
0,370 ***	$50 < F \leq 75$	0,585 ***	$340 < F \leq 530$
0,402 ***	$75 < F \leq 140$	0,688 ***	$530 < F \leq 840$
0,399 ***	$140 < F \leq 200$	0,654 ***	$840 < F \leq 1.600$
0,457 ***	$200 < F \leq 280$	1	$F > 1.600$

C_F in functie van F [fietsers per dag]; (***: $P < 0,001$)

4.2.3 Samengesteld logaritmisch model

In dit model werd enkel de voertuigintensiteit I opgesplitst in 2 delen. De fietsintensiteit F wordt weergegeven door 1 logaritmische functie over het ganse bereik. Het aantal ongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,20 * I_1^{1,0493} * I_2^{-0,0220} * C_{\text{int}} * F^{0,2446} \quad (2c)$$

Hierbij is:

I_1 = I als $I \leq 16.000$ voertuigen per dag
 = 1 als $I > 16.000$ voertuigen per dag

I_2 = 1 als $I \leq 16.000$ voertuigen per dag
 = I als $I > 16.000$ voertuigen per dag

De macht $-0,0220$ is niet significant verschillend van 0.

C_{int} = $3,02 \cdot 10^{-5}$ als $I \leq 16.000$ voertuigen per dag
 = 1 als $I > 16.000$ voertuigen per dag

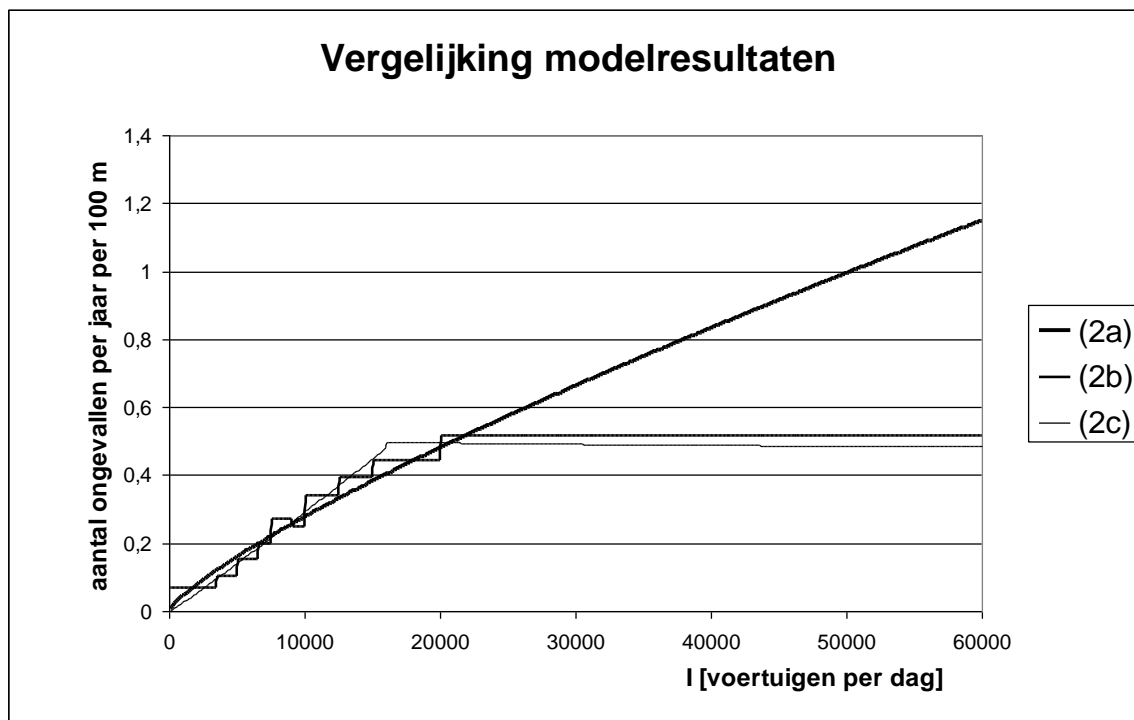
4.2.4 Vergelijking modellen (2a), (2b) en (2c)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n . De resultaten worden weergegeven in tabel 4.2.

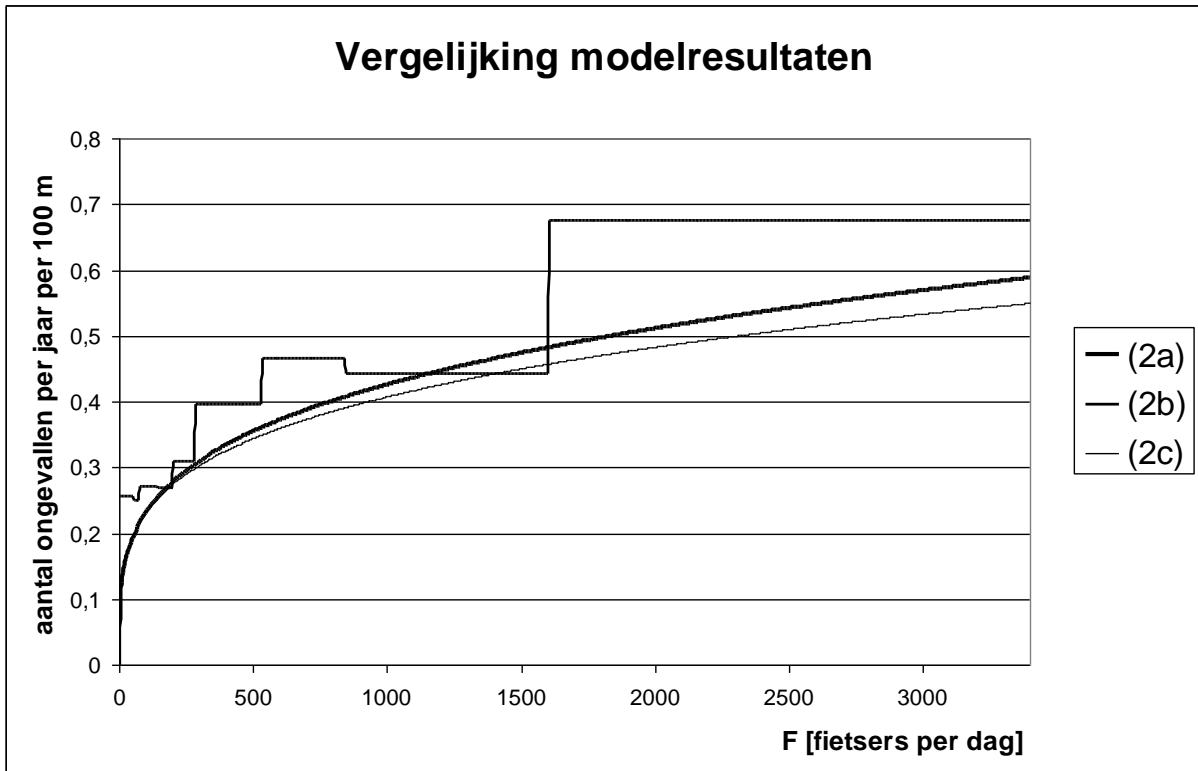
Model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(2a)	34.917	3	-25.500	47.457	47.482	47.485
(2b)		19	-25.095	47.084	47.245	47.264
(2c)		5	-25.206	47.167	47.209	47.214

Tabel 4.2: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

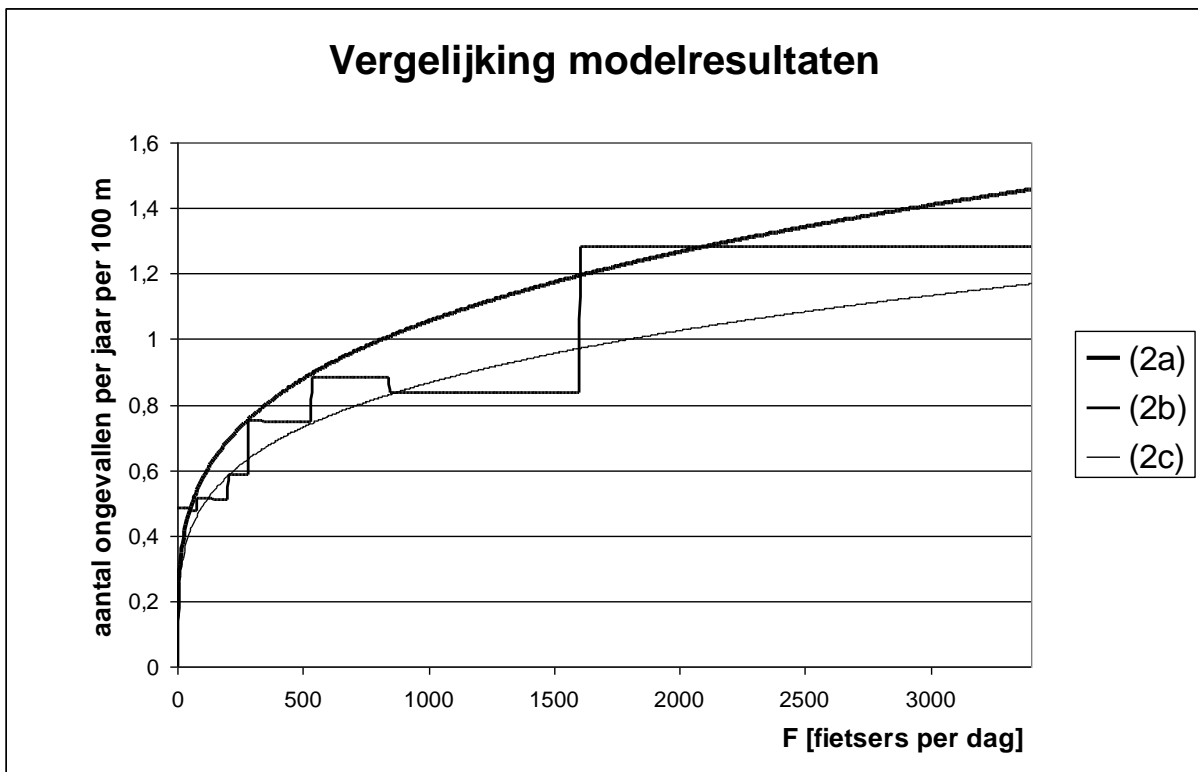
Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat modellen (2b) en (2c) betere resultaten opleveren dan model (2a). Tussen de modellen (2b) en (2c) onderling zijn de resultaten niet eenduidig. Omwille van de eenvoud zal in de verdere bespreking uitgegaan worden van model (2c). In figuren 4.2, 4.3 en 4.4 wordt het aantal ongevallen volgens de 3 modellen grafisch uitgezet tegen de voertuig- respectievelijk fietsintensiteit.



Figuur 4.2: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante fietsintensiteit ($F=100$)



Figuur 4.3: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=8.000$)



Figuur 4.4: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=25.000$)

4.3 Weg- en omgevingskenmerken

Een laatste reeks modellen neemt naast voertuig- en fietsintensiteiten ook weg- en omgevingskenmerken in rekening. In dit hoofdstuk zijn enkel de modellen weergegeven zonder jaarparameter. Het jaartal is in dit model immers niet significant als verklarende variabele. Voor de volledigheid zijn de modellen met jaarparameter opgenomen in bijlage 12.1. De verschillen met de hieronder vermelde modellen zijn beperkt.

17.390 jaarsegmenten uit het basisbestand werden gebruikt bij het opstellen van de uiteindelijke modellen die hieronder weergegeven worden.

4.3.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Voor het eerste model wordt het aantal ongevallen met een enkelvoudige logaritmische functie gekoppeld aan I en F over hun ganse bereik. Het aantal ongevallen wordt dan gegeven door:

$$\begin{aligned} \text{Aantal ongevallen} = & e^{-8,3439 * I^{0,6938} * F^{0,1742} *} \\ & e^{-2,3918 * P(1 \text{ rijstrook}) *} e^{0,4346 * P(3 \text{ rijstroken}) *} e^{0,2583 * P(4 \text{ rijstroken}) *} e^{1,7133 * P(>=5 \text{ rijstroken}) *} \\ & e^{0,0623 * P(bbmin=hoog) *} e^{0,2091 * P(morfgem=dicht) *} e^{0,1476 * P(morfgem=half) *} \\ & e^{-0,0971 * P(geenvoepaden) *} e^{0,0163 * P(1 \text{ voetpad}) *} e^{-0,1283 * P(geenfietspaden) *} e^{-0,1061 * P(1 \text{ fietspad}) *} \\ & e^{-0,0007 * P(0 \text{ parkeestroken}) *} e^{-0,1941 * P(1 \text{ parkeestrook}) *} e^{-0,0911 * P(nabijkongrens) *} \\ & e^{-0,3232 * P(bewoning) *} e^{-0,1257 * P(grootschalig)} \end{aligned} \quad (3a)$$

Dit model kan overzichtelijker herschreven worden als:

$$\text{Aantal ongevallen} = 2,378 * 10^{-4} * I^{0,6938} * F^{0,1742} * C_{rijstr} * C_{bbmin} * C_{morfgem} * C_{voet} * C_{fiets} * C_{parkeer} * C_{komgrens} * C_{functie} \quad (3a)$$

Hierbij is:

C _{rijstr}	0,0914 (ns)	1 rijstrook	C _{fiets}	0,880 ***	0	
	1	2 rijstroken		0,899 (ns)	1	
	1,544 ***	3 rijstroken		1	2	
	1,295 ***	4 rijstroken		C _{parkeer}	0,999 (ns)	0
	5,548 ***	>=5 rijstr.			0,824 ***	1
C _{bbmin}	1	laag/gemiddeld	1	2		
	1,064 *	hoog	C _{komgrens}	0,913 **	nabij komgrens	
C _{morfgem}	1,233 ***	dicht		1	niet nabij komgrens	
	1,159 ***	halfopen	C _{functie}	0,724 ***	enkel bewoning	
	1	open		0,882 *	grootschalig	
C _{voet}	0,908 **	0	1	kleinschalig/menging		
	1,017 (ns)	1				
	1	2				

Tabel 4.3: Correctiefactoren voor de klassenvariabelen; (ns: niet significant; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001)

In dit model zijn naast voertuig- en fietsintensiteit de volgende parameters opgenomen:

- het aantal rijstroken: er wordt onderscheid gemaakt tussen 1, 2, 3, 4 en minstens 5 rijstroken. De referentie is 2 rijstroken. De correctiefactor voor '2 rijstroken' is daarom 1. De overige correctiefactoren zijn relatief ten opzichte van de referentie. Merk nog op dat afslagstroken en ventwegen inbegrepen zijn in het aantal rijstroken.
- de bebouwingsdichtheid: hiervoor wordt gebruik gemaakt van bb_{min} . Dit is de waarde voor de bebouwingsdichtheid langs de wegzijde met de laagste bebouwingsdichtheid. Er wordt enkel onderscheid gemaakt tussen een hoge bebouwingsdichtheid (66-100%) en een lagere dichtheid. Deze laatste is de referentiewaarde (correctiefactor 1). Er is geen statistisch significant verschil voor de verkeersveiligheid tussen een lage (0-33%) en een gemiddelde bebouwingsdichtheid (33-66%).
- morfologisch inplantingstype: hiervoor wordt gebruik gemaakt van een 'gemiddelde' waarde voor het morfologisch inplantingstype langs beide wegzijden. Als volgorde werd aangehouden: open bebouwing, halfopen bebouwing, dichte (gesloten) bebouwing. Het 'gemiddelde' werd hierbij naar boven afgerond. Wanneer één wegzijde een open bebouwing heeft en de andere zijde een halfopen bebouwing, werd het 'gemiddelde' gebracht op halfopen bebouwing (zie ook 3.5). Het 'gemiddelde' van een open en een gesloten bebouwing werd bepaald als halfopen bebouwing. Er wordt een vergelijking gemaakt tussen een dichte (gesloten) bebouwing, een halfopen bebouwing en een open bebouwing (referentie).
- het aantal voetpaden (*voetzij*): er wordt onderscheid gemaakt tussen een weg zonder voetpaden, met een voetpad langs één zijde, met voetpaden langs beide zijden (referentie).
- het aantal fietspaden (*fietszij*): er wordt onderscheid gemaakt tussen een weg zonder fietsvoorzieningen, met een fietsvoorziening langs één zijde, met fietsvoorzieningen langs beide zijden (referentie) en dit ongeacht de aard van de fietsvoorziening.
- het aantal gemarkeerde parkeerstroken: er wordt onderscheid gemaakt tussen een weg zonder gemarkeerde parkeerstroken, met een gemarkeerde parkeerstrook langs één zijde, met gemarkeerde parkeerstroken langs beide zijden (referentie).
- komgrens: deze variabele geeft aan dat het wegsegment zich nabij een bord F1/F3 bevindt. Hiermee wordt bedoeld de 200 m voor en 200 m na het bord. De referentiesituatie is de situatie waarbij het wegsegment zich niet in de directe omgeving van zulk bord bevindt.
- functies langs de weg: er wordt onderscheid gemaakt tussen bebouwing, grootschalige voorzieningen en kleinschalige voorziening of een gemengde aanwezigheid van bebouwing en kleinschalige voorzieningen (deze beide laatste zijn niet significant verschillend en worden samen als referentiecategorie gebruikt).

4.3.2 Model met intensiteitsklassen

Ook hier wordt weer een model opgebouwd waarbij zowel de voertuig- als de fietsintensiteiten zijn opgedeeld in 10 intensiteitsklassen. Dezelfde kenmerken als in model (3a) werden gehanteerd. Het aantal ongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = \frac{1,11 * C_I * C_F * C_{rijstr} * C_{bbmin} * C_{morfgem} * C_{voet} * C_{fiets} * C_{parkeer} * C_{kmgrens} * C_{functie}}{C_{parkeer} * C_{kmgrens} * C_{functie}} \quad (3b)$$

Hierbij is:

C_I	0,180 *** 0,302 *** 0,439 *** 0,419 *** 0,562 *** 0,583 *** 0,656 *** 0,820 *** 0,821 *** 1	$I \leq 3.500$ $3.500 < I \leq 5.000$ $5.000 < I \leq 6.500$ $6.500 < I \leq 7.500$ $7.500 < I \leq 9.000$ $9.000 < I \leq 10.000$ $10.000 < I \leq 12.500$ $12.500 < I \leq 15.000$ $15.000 < I \leq 20.000$ $I > 20.000$	C_F	0,476 *** 0,466 *** 0,523 *** 0,451 *** 0,586 *** 0,532 *** 0,562 *** 0,748 *** 0,748 *** 1	$F \leq 50$ $50 < F \leq 75$ $75 < F \leq 140$ $140 < F \leq 200$ $200 < F \leq 280$ $280 < F \leq 340$ $340 < F \leq 530$ $530 < F \leq 840$ $840 < F \leq 1.600$ $F > 1.600$
C_{rijstr}	0,096 (ns) 1 1,459 *** 1,414 *** 5,094 ***	1 rijstrook 2 rijstroken 3 rijstroken 4 rijstroken >=5 rijstr.	C_{fiets}	0,841 *** 0,889 * 1	0 1 2
C_{bbmin}	1 1,074 *	laag/gemiddeld Hoog	$C_{parkeer}$	0,988 (ns) 0,815 *** 1	0 1 2
$C_{morfgem}$	1,250 *** 1,147 *** 1	Dicht halfopen open	$C_{komgrens}$	0,914 ** 1	nabij komgrens niet nabij komgrens
C_{voet}	0,900 ** 0,981 (ns) 1	0 1 2	$C_{functie}$	0,719 *** 0,900 * 1	enkel bewoning grootschalig kleinschalig/menging

Tabel 4.4: Correctiefactoren voor de klassenvariabelen; (ns: niet significant; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$)

4.3.3 Samengesteld logaritmisch model

Het aantal ongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,287 * I_1^{0,8552} * I_2^{-0,0238} * C_{int} * F^{0,1667} * C_{rijstr} * C_{bbmin} * C_{morfgem} * C_{voet} * C_{fiets} * C_{parkeer} * C_{komgrens} * C_{functie} \quad (3c)$$

Hierbij is:

$$I_1 = I \text{ als } I \leq 16.000$$

$$= 1 \text{ als } I > 16.000$$

$$I_2 = 1 \text{ als } I \leq 16.000$$

$$= I \text{ als } I > 16.000$$

De macht -0,0238 is niet significant verschillend van 0.

$$C_{int} = 2,043 * 10^{-4} \text{ als } I \leq 16.000$$

$$= 1 \text{ als } I > 16.000$$

Verder geldt:

C _{rijstr}	0,092 (ns)	1 rijstrook	C _{fiets}	0,884 **	0	
	1	2 rijstroken		0,916 (ns)	1	
	1,495 ***	3 rijstroken		1	2	
	1,504 ***	4 rijstroken		C _{parkeer}	0,988 (ns)	0
	5,331 ***	>=5 rijstr.			0,809 ***	1
C _{bbmin}	1	laag/gemiddeld	1	2		
	1,066 *	hoog	C _{komarens}	0,936 *	nabij komgrens	
C _{morfgem}	1,238 ***	dicht		1	niet nabij komgrens	
	1,149 ***	halfopen	C _{functie}	0,731 ***	enkel bewoning	
	1	open		0,889 *	grootschalig	
C _{voet}	0,897 **	0	1	kleinschalig/menging		
	0,977 (ns)	1				
	1	2				

Tabel 4.5: Correctiefactoren voor de klassenvariabelen; (ns: niet significant; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001)

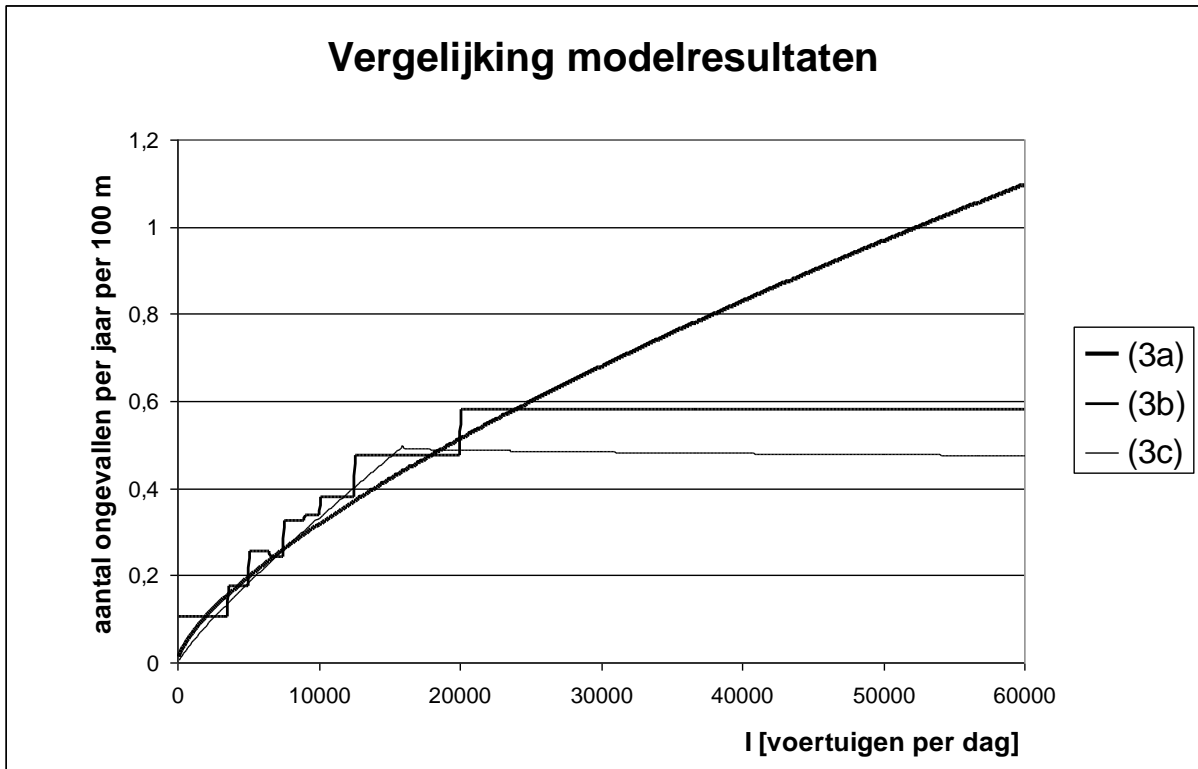
4.3.4 Vergelijking modellen (3a), (3b) en (3c)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n . De resultaten worden weergegeven in tabel 4.6.

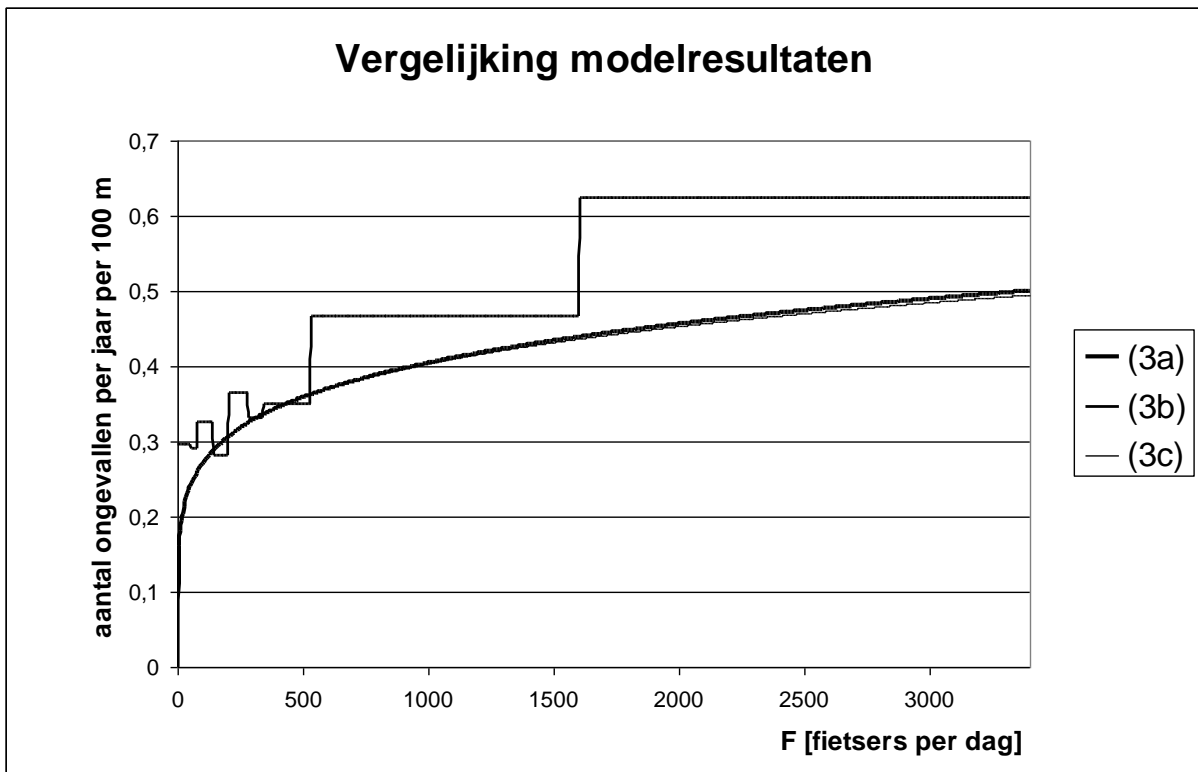
model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(3a)	17.390	19	-10.716	21.470	21.618	21.637
(3b)		35	-10.672	21.415	21.687	21.722
(3c)		21	-10.682	21.406	21.569	21.590

Tabel 4.6: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

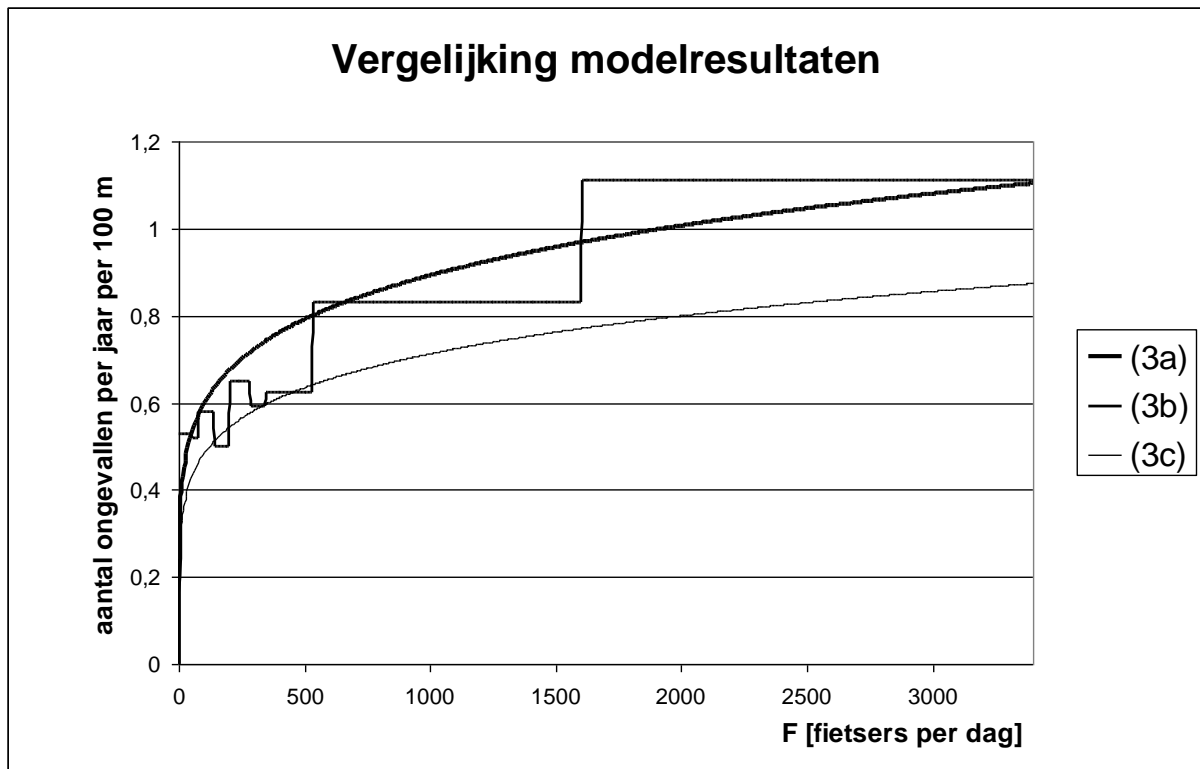
Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat model (3c) de beste resultaten oplevert. In de verdere bespreking zal dan ook uitgegaan worden van model (3c). In figuren 4.5, 4.6 en 4.7 wordt het aantal ongevallen volgens de 3 modellen grafisch uitgezet tegen de voertuig- respectievelijk fietsintensiteit .



Figuur 4.5: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante fietsintensiteit ($F=100$) voor de referentiesituatie (alle andere correctiefactoren = 1)



Figuur 4.6: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=8.000$) voor de referentiesituatie (alle andere correctiefactoren = 1)



Figuur 4.7: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=25.000$) voor de referentiesituatie (alle andere correctiefactoren = 1)

4.4 Conclusie

Concluderend kunnen we stellen dat:

- het samengesteld logaritmisch model betere resultaten oplevert dan het enkelvoudig logaritmisch model;
- het aantal ongevallen toeneemt met toenemende voertuig- en fietsintensiteit;
- vanaf een voertuigintensiteit van ongeveer 16000 voertuigen per dag het aantal ongevallen quasi constant blijft bij toenemende voertuigintensiteit.

5. MODELLEN VOOR FIETSONGEVALLEN

In dit hoofdstuk worden een aantal modellen bepaald die het totale aantal letselongevallen waarbij minstens 1 fietser betrokken is weergeven in functie van een aantal verklarende variabelen. De modellen worden net zoals in het vorige hoofdstuk per paragraaf gegroepeerd volgens de aard van de opgenomen verklarende variabelen: enkel voertuigintensiteit, enkel fietsintensiteit, voertuig- en fietsintensiteit, intensiteiten en weg- en omgevingskenmerken. Binnen de verschillende paragrafen worden drie verschillende modellen opgebouwd, naargelang het vooropgestelde verband tussen voertuigintensiteit en ongevallen: het eerste gaat uit van een enkelvoudig logaritmisch verband tussen intensiteit en aantal ongevallen, bij het tweede worden de intensiteiten opgedeeld in 10 intensiteitklassen en bij het derde wordt het verband beschreven door een samengestelde curve (2 verschillende logaritmische curven voor hoge (>16.000 voertuigen per dag) en lage (<=16.000 voertuigen per dag) intensiteiten).

Bij de modellen voor fietsongevallen worden de ongevallen steeds verondersteld verdeeld te zijn volgens een Poisson-verdeling. Een Negatief-Binomiaal-verdeling levert immers modellen op waarbij de overdispersiefactor 0 is, of ze geeft zelfs foutmeldingen bij het uitrekenen van het model in het statistische softwarepakket SAS.

5.1 Enkel voertuigintensiteiten

Uitgaande van het basisbestand beschreven in hoofdstuk 2 zijn de voertuigintensiteiten van 41.243 jaarsegmenten gekend. De dagintensiteiten in het databestand variëren van 287 tot 59.600. Het model is dan ook maar geldig binnen deze grenzen. Wanneer geen significantieniveau wordt aangegeven, zijn de berekende parameters hoogst significant ($P < 0,001$).

5.1.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Wanneer de fietsongevallen een Poisson-verdeling kennen, bekomen we model (4a):

$$\text{Aantal fietsongevallen} = e^{-9,4365} * I^{0,8162} = 7,98 * 10^{-5} * I^{0,8162} \quad (4a)$$

Hierbij staat I voor de gemiddelde dagintensiteit [voertuigen per dag].

5.1.2 Model met intensiteitsklassen

De voertuigintensiteiten worden hiervoor opgedeeld in 10 intensiteitsklassen. De grenzen werden zodanig gekozen dat elke klasse ongeveer evenveel waarnemingen bevat. Het model werd niet geoptimaliseerd naar de klassengrenzen (model met kleinste deviance in SAS). Het aantal fietsongevallen wordt bij deze aanname gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 0,23 * C_1 \quad (4b)$$

C_1 wordt hierbij gegeven door:

C_I	I	C_I	I
0,125 ***	I ≤ 3.500	0,510 ***	9.000 < I ≤ 10.000
0,213 ***	3.500 < I ≤ 5.000	0,945 (ns)	10.000 < I ≤ 12.500
0,279 ***	5.000 < I ≤ 6.500	1,058 (ns)	12.500 < I ≤ 15.000
0,422 ***	6.500 < I ≤ 7.500	1,052 (ns)	15.000 < I ≤ 20.000
0,606 ***	7.500 < I ≤ 9.000	1	I > 20.000

C_I in functie van I [voertuigen per dag]; (ns: niet significant; ***: P < 0,001)

5.1.3 Samengesteld logaritmisch model

Wanneer het aantal ongevallen op basis van de modellen (4a) en (4b) grafisch tegenover elkaar uitgezet worden in functie van de voertuigintensiteiten blijkt dat het enkelvoudige logaritmische model voor de hoge intensiteiten niet bijster goed aansluit bij het model met de intensiteitsklassen. Daarom wordt een samengestelde logaritmische curve gebruikt. Concreet betekent dit dat voor de lage en de hoge intensiteiten een aparte logaritmische curve wordt bepaald. Om dit mogelijk te maken moet een variabele toegevoegd worden die aangeeft of de intensiteit bij de hoge dan wel de lage intensiteiten gerekend wordt. Deze parameter gedraagt zich als een bijkomend intercept voor de 2^e curve. De grens tussen hoge en lage intensiteiten werd gelegd op 12.000 voertuigen per dag. Dit model leverde de laagste deviantie op bij de modelopbouw in SAS. Het aantal fietsongevallen wordt zo gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 4,809 * I_1^{1,3454} * I_2^{-0,3046} * C_{\text{int}} \quad (4c)$$

Hierbij is:

- I₁ = I als I ≤ 12.000 voertuigen per dag
= 1 als I > 12.000 voertuigen per dag
- I₂ = 1 als I ≤ 12.000 voertuigen per dag
= I als I > 12.000 voertuigen per dag
- C_{int} = 1,39 * 10⁻⁷ als I ≤ 12.000 voertuigen per dag
= 1 als I > 12.000 voertuigen per dag

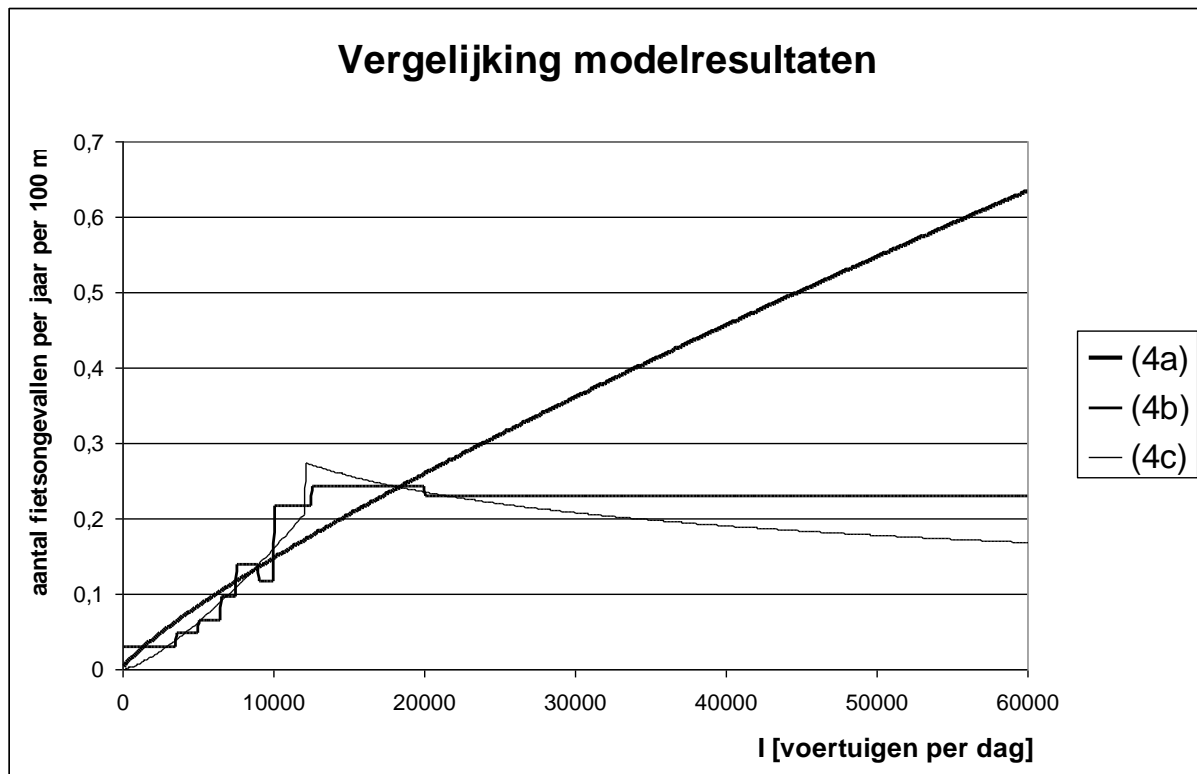
5.1.4 Vergelijking modellen (4a), (4b) en (4c)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k, het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n. De resultaten worden weergegeven in tabel 5.1.

model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(4a)	41.243	2	-17.048	34.100	34.117	34.119
(4b)		10	-16.824	33.668	33.755	33.765
(4c)		4	-16.811	33.630	33.664	33.668

Tabel 5.1: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat model (4c) de beste resultaten oplevert. In figuur 5.1 wordt het aantal ongevallen volgens de 3 modellen grafisch uitgezet tegen de voertuigintensiteit. Hieruit blijkt dat het eenvoudigste model (4a) het aantal ongevallen met fietsers bij hoge voertuigintensiteiten sterk overschat. Beide andere modellen vallen wel goed samen. Hieruit blijkt opnieuw dat een eenvoudig model niet noodzakelijk het beste resultaat geeft wanneer over een groot bereik van intensiteiten wordt gekeken. Voor een nadere bespreking van de resultaten (hoofdstuk 7) gaan we verder in het rapport dan ook uit van het model (4c).



Figuur 5.1: Vergelijking van de verschillende modellen

We merken nog op dat model (4a) aanleiding geeft tot een risico dat minder dan evenredig toeneemt met de voertuigintensiteit. Model (4c) geeft aanleiding tot een ongevalrisico dat meer dan evenredig toeneemt met de voertuigintensiteit voor intensiteiten tot ongeveer 12.000 voertuigen per dag. Daarboven neemt het aantal ongevallen met fietsers af en verlaagt het risico bijgevolg met toenemende voertuigintensiteit. De keuze van het verband tussen intensiteit en aantal ongevallen heeft dus een niet onbelangrijke impact op de resultaten en conclusies. Een meer gedetailleerde bespreking volgt in hoofdstuk 7.

5.2 Enkel fietsintensiteiten

Uitgaande van het basisbestand beschreven in hoofdstuk 2 zijn de fietsintensiteiten van 35.663 jaarsegmenten gekend. De dagintensiteiten in het databestand variëren van 5 tot 3.400. Het model is dan ook maar geldig binnen deze grenzen.

5.2.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Wanneer de fietsongevallen een Poisson-verdeling kennen, bekommen we model (5a):

$$\text{Aantal fietsongevallen} = e^{-5,0292 * F^{0,5338}} = 6,54 * 10^{-3} * F^{0,5338} \quad (5a)$$

Hierbij staat F voor de fietsintensiteit [fietsers per dag].

5.2.2 Model met intensiteitsklassen

De fietsintensiteiten worden hiervoor opgedeeld in 10 intensiteitklassen. De grenzen werden zodanig gekozen dat elke klasse ongeveer evenveel waarnemingen bevat. Het model werd niet geoptimaliseerd naar de klassengrenzen (model met kleinste deviantie in SAS). Het aantal fietsongevallen wordt bij deze aanname gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 0,429 * C_F \quad (5b)$$

C_F wordt gegeven door:

C_F	F	C_F	F
0,153 ***	F ≤ 50	0,352 ***	280 < F ≤ 340
0,161 ***	50 < F ≤ 75	0,355 ***	340 < F ≤ 530
0,165 ***	75 < F ≤ 140	0,601 ***	530 < F ≤ 840
0,198 ***	140 < F ≤ 200	0,529 ***	840 < F ≤ 1.600
0,241 ***	200 < F ≤ 280	1	F > 1.600

C_F in functie van F [fietsers per dag]; (***: P < 0,001)

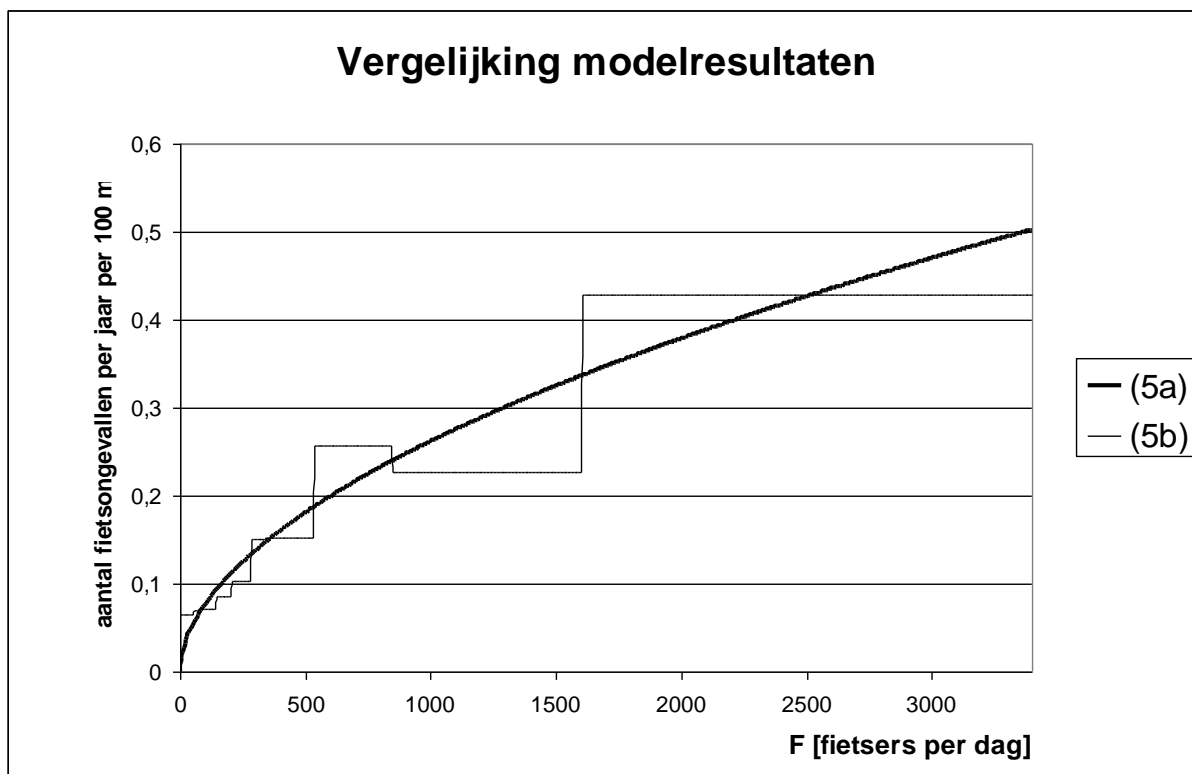
5.2.3 Vergelijking modellen (5a) en (5b)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n. De resultaten worden weergegeven in tabel 5.1.

model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(5a)	35.663	2	-14.752	29.507	29.524	29.526
(5b)		10	-14.745	29.510	29.595	29.605

Tabel 5.2: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat model (5a) de beste resultaten oplevert. In figuur 5.2 wordt het aantal ongevallen volgens beide modellen grafisch uitgezet tegen de fietsintensiteit. Hieruit blijkt een goede samenhang tussen beide modelresultaten. Voor een nadere bespreking van de resultaten (hoofdstuk 7) gaan we verder in het rapport uit van het model (5a).



Figuur 5.2: Vergelijking van de verschillende modellen

5.3 Voertuig- en fietsintensiteiten

Uitgaande van het basisbestand beschreven in hoofdstuk 2 zijn de voertuig- en fietsintensiteiten van 34.917 jaarsegmenten tegelijk gekend.

5.3.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Het aantal fietsongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = e^{-11,6612 \cdot I^{0,7511} \cdot F^{0,4849}} = 8,62 \cdot 10^{-6} \cdot I^{0,7511} \cdot F^{0,4849} \quad (6a)$$

Hierbij is I de gemiddelde dagintensiteit [voertuigen per dag] en F de gemiddelde fietsintensiteit [fietsers per dag].

5.3.2 Model met intensiteitsklassen

Ook hier werd een model opgemaakt waarbij de voertuig- en fietsintensiteiten I respectievelijk F ingedeeld werden in 10 intensiteitsklassen. De klassengrenzen voor de voertuigintensiteiten werden gelijk gehouden. Ook voor de fietsintensiteiten werden de klassengrenzen bepaald zodanig dat elke klasse ongeveer even veel waarnemingen bevat. Het aantal fietsongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 0,61 \cdot C_I \cdot C_F \quad (6b)$$

C_I wordt hierbij gegeven door:

C _I	I	C _I	I
0,146 ***	I ≤ 3.500	0,492 ***	9.000 < I ≤ 10.000
0,225 ***	3.500 < I ≤ 5.000	0,845 ***	10.000 < I ≤ 12.500
0,340 ***	5.000 < I ≤ 6.500	0,939 (ns)	12.500 < I ≤ 15.000
0,441 ***	6.500 < I ≤ 7.500	1,004 (ns)	15.000 < I ≤ 20.000
0,632 ***	7.500 < I ≤ 9.000	1	I > 20.000

C_I in functie van I [voertuigen per dag]; (ns: niet significant; ***: P < 0,001)

C_F wordt gegeven door:

C _F	F	C _F	F
0,188 ***	F ≤ 50	0,390 ***	280 < F ≤ 340
0,177 ***	50 < F ≤ 75	0,435 ***	340 < F ≤ 530
0,236 ***	75 < F ≤ 140	0,563 ***	530 < F ≤ 840
0,252 ***	140 < F ≤ 200	0,580 ***	840 < F ≤ 1.600
0,292 ***	200 < F ≤ 280	1	F > 1.600

C_F in functie van F [fietsers per dag]; (***: P < 0,001)

5.3.3 Samengesteld logaritmisch model

In dit model werd enkel de voertuigintensiteit I opgesplitst in 2 delen. De grenswaarde voor de voertuigintensiteit die het model met de laagste deviantie oplevert is dit keer 12.500 voertuigen per dag. De fietsintensiteit F wordt weergegeven door 1 logaritmische functie over het ganse bereik. Het aantal fietsongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 5,97 * 10^{-2} * I_1^{1,2240} * I_2^{-0,1220} * C_{\text{int}} * F^{0,4397} \quad (6c)$$

Hierbij is:

I₁ = I als I ≤ 12.500 voertuigen per dag

= 1 als I > 12.500 voertuigen per dag

I₂ = 1 als I ≤ 12.500 voertuigen per dag

= I als I > 12.500 voertuigen per dag

De macht -0,1220 is niet significant verschillend van 0.

C_{int} = 2,72 * 10⁻⁶ als I ≤ 12.500 voertuigen per dag

= 1 als I > 12.500 voertuigen per dag

F = fietsintensiteit [fietsers per dag]

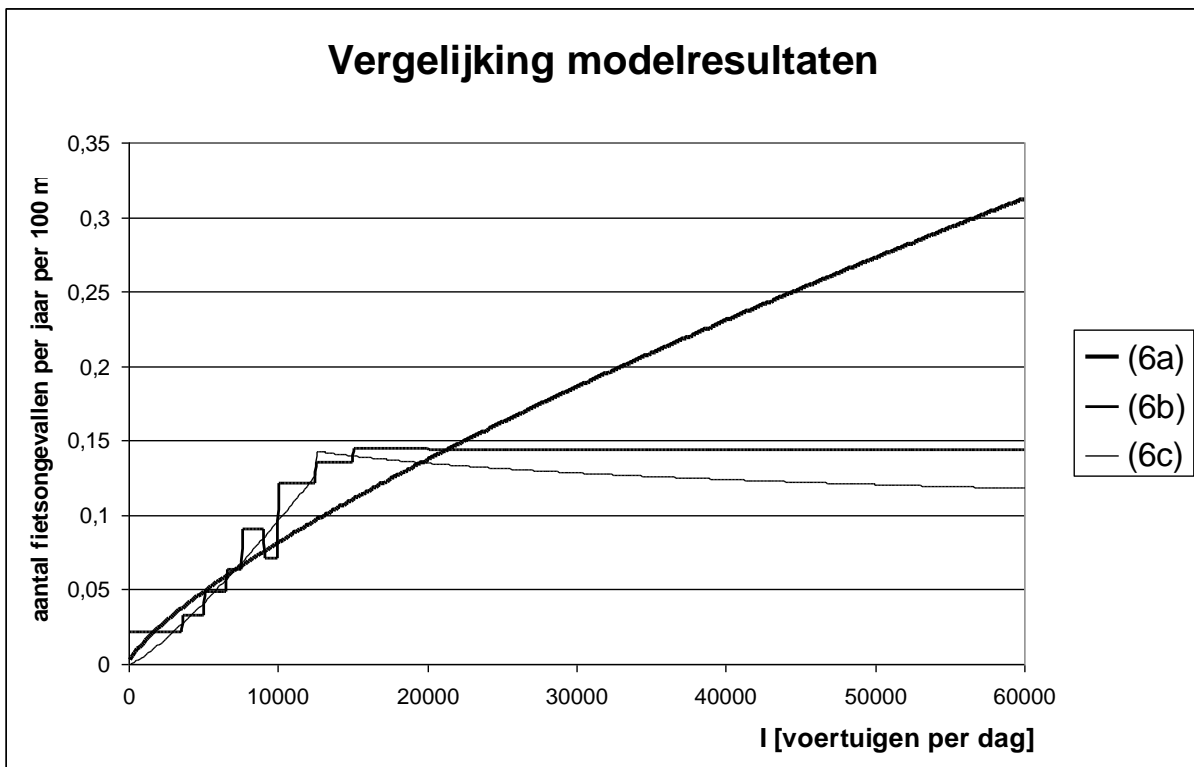
5.3.4 Vergelijking modellen (6a), (6b) en (6c)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n . De resultaten worden weergegeven in tabel 5.3.

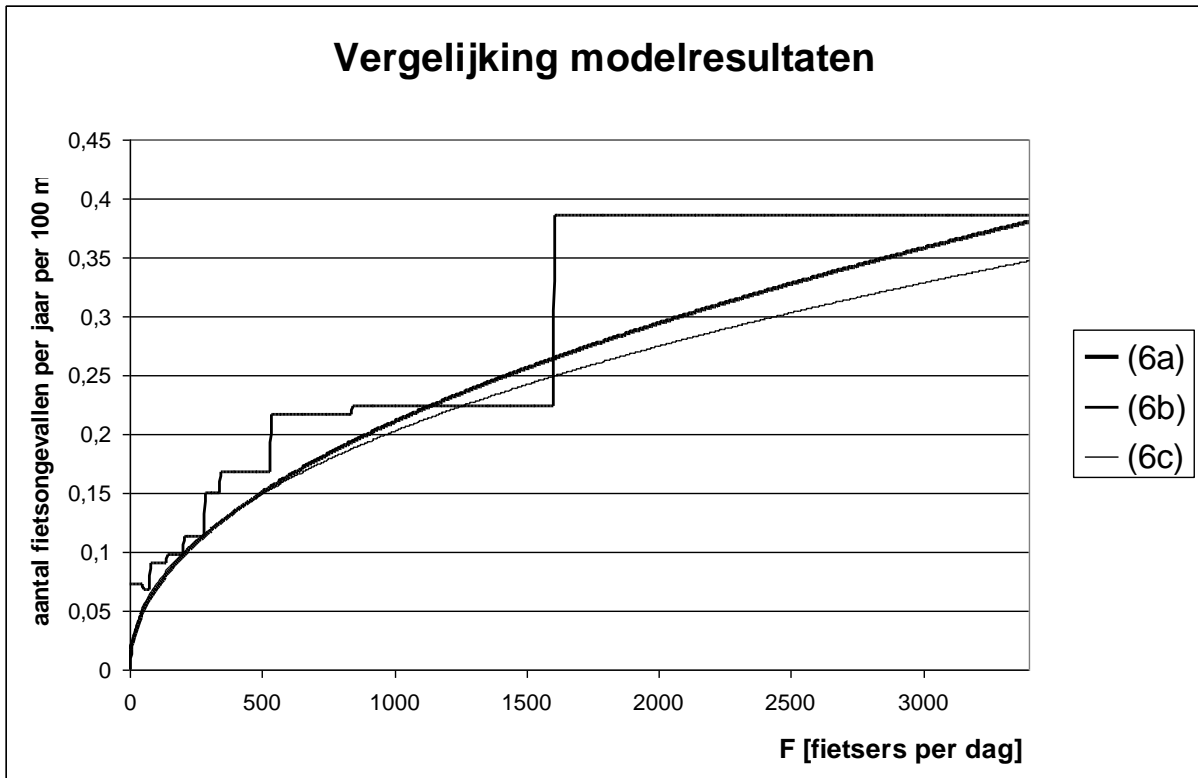
model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(6a)	34.917	3	-13.988	27.983	28.008	28.011
(6b)		19	-13.880	27.799	27.959	27.978
(6c)		5	-13.870	27.744	27.787	27.792

Tabel 5.3: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

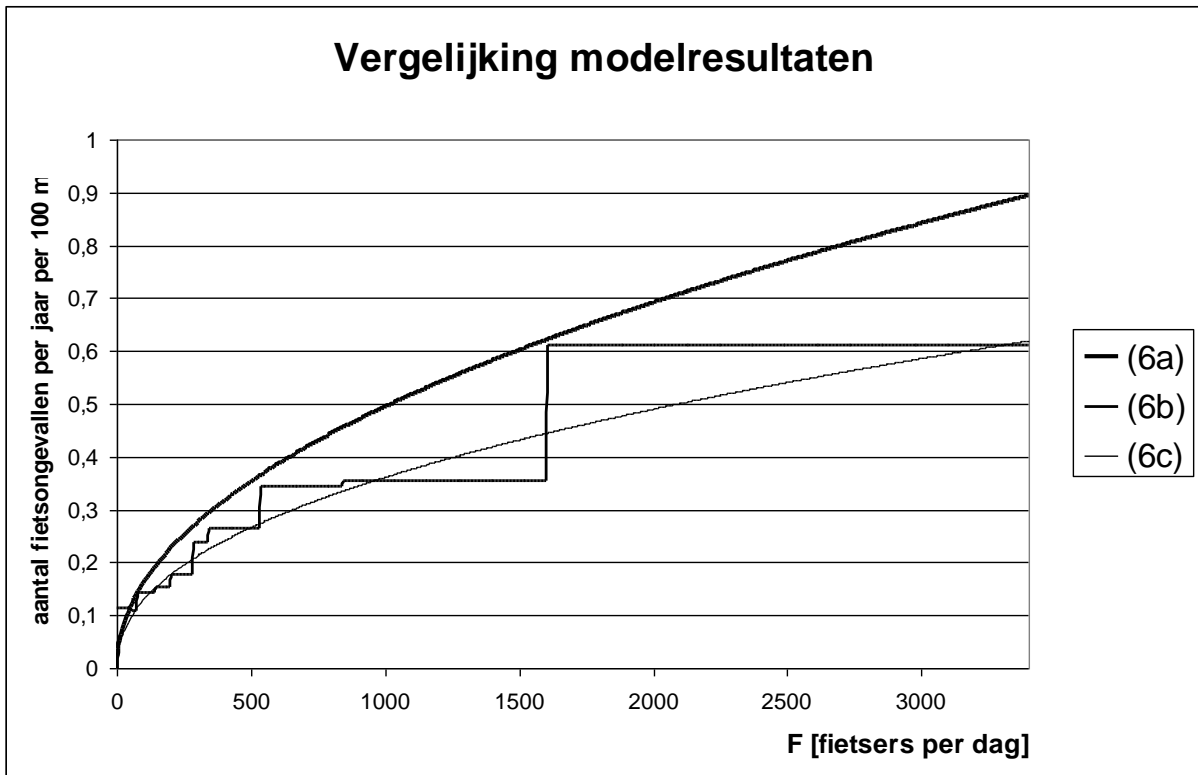
Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat model (6c) de beste resultaten oplevert. In figuur 5.3 wordt het aantal ongevallen volgens de 3 modellen grafisch uitgezet tegen de voertuigintensiteit bij een constante fietsintensiteit van 100 fietsers per dag. Hieruit blijkt dat het eenvoudigste model (6a) het aantal ongevallen met fietsers bij hoge voertuigintensiteiten sterk overschat. Beide andere modellen vallen wel goed samen. Hieruit blijkt opnieuw dat een eenvoudig model niet noodzakelijk het beste resultaat geeft wanneer over een groot bereik van intensiteiten wordt gekeken. Voor een nadere bespreking van de resultaten (hoofdstuk 7) gaan we verder in het rapport dan ook uit van het model (6c). In figuren 5.4 en 5.5 worden de modellen tegenover elkaar uitgezet voor constante voertuigintensiteiten.



Figuur 5.3: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante fietsintensiteit ($F=100$)



Figuur 5.4: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=8.000$)



Figuur 5.5: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=25.000$)

5.4 Weg- en omgevingskenmerken

Een laatste reeks modellen neemt naast voertuig- en fietsintensiteiten ook weg- en omgevingskenmerken in rekening. In dit hoofdstuk zijn enkel de modellen weergegeven zonder jaarparameter. Het jaartal is in deze modellen immers niet significant als verklarende variabele. Voor de volledigheid zijn de modellen met jaarparameter opgenomen in bijlage 12.1. De verschillen met de hieronder vermelde modellen zijn beperkt.

De modellen in deze sectie zijn gebaseerd op 10.211 jaarsegmenten uit het basisbestand.

5.4.1 Enkelvoudig logaritmisch model

Voor het eerste model wordt het aantal ongevallen met een enkelvoudige logaritmische functie gekoppeld aan I en F over hun ganse bereik. Het aantal fietsongevallen wordt gegeven door:

$$\begin{aligned} \text{Aantal fietsongevallen} = & e^{-9,7472 * I^{-0,5839} * F^{0,3660} *} \\ & e^{0,6992 * P(3 \text{ rijstroken}) *} e^{0,02 * P(4 \text{ rijstroken}) *} e^{1,709 * P(>4 \text{ rijstroken}) *} \\ & e^{0,2193 * P(bbmin=hoog) *} e^{0,2748 * P(morfagem=dicht) *} e^{0,3032 * P(morfagem=half) *} \\ & e^{-0,2634 * P(geenvoepad) *} e^{0,1319 * P(1 \text{ voetpad}) *} e^{0,0451 * P(1 \text{ parkeerstrook}) *} e^{-0,4114 * P(1 \text{ parkeerstrook}) *} \\ & * e^{0,8104 * P(dubbelrichtingsfietspad) *} e^{0,3033 * P(dubbelzijdigfietspad) *} e^{-0,3032 * P(nabijkongrens) *} \\ & e^{-0,4479 * P(bewoning) *} e^{-0,2852 * P(grootschalig)} \end{aligned} \quad (7a)$$

Dit model kan eenvoudiger herschreven worden als:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 5,846 * 10^{-5} * I^{0,5839} * F^{0,3660} * C_{rijstr} * C_{bbmin} * C_{morfagem} * C_{voet} * C_{fiets} * C_{parkeer} * C_{komgrens} * C_{functie} \quad (7a)$$

Hierbij is:

C_{rijstr}	1	2 rijstroken	C_{fiets}	2,248 ***	dubbelrichtingsfietspad
	2,012 ***	3 rijstroken		1,354 **	dubbelzijdig fietspad
	1,020 (ns)	4 rijstroken		1	geen fietspaden
	5,523 ***	>=5 rijstr.		$C_{parkeer}$	1,046 (ns)
C_{bbmin}	1	laag/gemiddeld		0,663 ***	1
	1,245 ***	hoog		1	2
$C_{morfagem}$	1,316 **	dicht	$C_{komgrens}$	0,738 ***	nabij komgrens
	1,354 ***	halfopen		1	niet nabij komgrens
	1	open	$C_{functie}$	0,639 ***	enkel bewoning
C_{voet}	0,768 ***	0		0,752 *	grootschalig
	1,141 (ns)	1		1	kleinschalig/menging
	1	2			

Tabel 5.4: Bepaling van 'correctiefactoren'; (ns: niet significant; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001)

In dit model zijn naast voertuig- en fietsintensiteit de volgende parameters opgenomen:

- het aantal rijstroken: er wordt onderscheid gemaakt tussen 2, 3, 4 en minstens 5 rijstroken. De referentie is 2 rijstroken. De correctiefactor voor '2 rijstroken' is daarom 1. De overige correctiefactoren zijn relatief ten opzichte van de referentie. Merk nog op dat afslagstroken en ventwegen inbegrepen zijn in het aantal rijstroken.
- de bebouwingsdichtheid: hiervoor wordt gebruik gemaakt van bb_{min} . Dit is de waarde voor de bebouwingsdichtheid langs de wegzijde met de laagste bebouwingsdichtheid. Er wordt enkel onderscheid gemaakt tussen een hoge bebouwingsdichtheid (66-100%) en een lagere dichtheid. Deze laatste is de referentiewaarde (correctiefactor 1). Er is geen statistisch significant verschil voor de verkeersveiligheid tussen een lage (0-33%) en een gemiddelde bebouwingsdichtheid (33-66%).
- morfologisch inplantingstype: hiervoor wordt gebruik gemaakt van een 'gemiddelde' waarde voor het morfologisch inplantingstype langs beide wegzijden (voor meer details zie sectie 3.5). Er wordt een vergelijking gemaakt tussen een dichte (gesloten) bebouwing, een hafopen bebouwing en een open bebouwing (referentie).
- het aantal voetpaden (*voetzij*): er wordt onderscheid gemaakt tussen een weg zonder voetpaden, met een voetpad langs één zijde, met voetpaden langs beide zijden (referentie).
- de fietsvoorzieningen: er wordt onderscheid gemaakt tussen dubbelrichtingsfietspaden, tweezijdige enkelrichtingsfietspaden en de overige fietsvoorzieningen (referentie).
- het aantal gemarkeerde parkeerstroken: er wordt onderscheid gemaakt tussen een weg zonder gemarkeerde parkeerstroken, met een gemarkeerde parkeerstrook langs één zijde, met gemarkeerde parkeerstroken langs beide zijden (referentie).
- komgrens: deze variabele geeft aan dat het wegsegment zich nabij een bord F1/F3 bevindt. Hiermee wordt bedoeld de 200 m voor en 200 m na het bord. De referentiesituatie is de situatie waarbij het wegsegment zich niet in de directe omgeving van zulk bord bevindt.
- functies langs de weg: er wordt onderscheid gemaakt tussen bewoning, grootschalige voorzieningen en kleinschalige voorziening of een menging van bewoning en kleinschalige voorzieningen (deze beide laatste zijn niet significant verschillend en worden samen als referentiecategorie gebruikt).

5.4.2 Model met intensiteitsklassen

Ook hier wordt weer een model opgebouwd waarbij de voertuig- en fietsintensiteiten zijn opgedeeld in 10 intensiteitsklassen. Dezelfde kenmerken als in model (7a) werden gehanteerd. Het aantal ongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = \frac{0,29 * C_I * C_F * C_{rijstr} * C_{bbmin}}{C_{morfgem} * C_{voet} * C_{fiets} * C_{parkeer} * C_{komgrens} * C_{functie}} \quad (7b)$$

Hierbij is:

C_I	0,291 *** 0,489 ** 0,512 *** 0,535 *** 0,709 * 0,707 * 0,746 * 1,178 (ns) 1,081 (ns) 1	$I \leq 3.500$ $3.500 < I \leq 5.000$ $5.000 < I \leq 6.500$ $6.500 < I \leq 7.500$ $7.500 < I \leq 9.000$ $9.000 < I \leq 10.000$ $10.000 < I \leq 12.500$ $12.500 < I \leq 15.000$ $15.000 < I \leq 20.000$ $I > 20.000$	C_F	0,247 *** 0,271 *** 0,282 *** 0,276 *** 0,362 *** 0,304 *** 0,355 *** 0,570 *** 0,688 * 1	$F \leq 50$ $50 < F \leq 75$ $75 < F \leq 140$ $140 < F \leq 200$ $200 < F \leq 280$ $280 < F \leq 340$ $340 < F \leq 530$ $530 < F \leq 840$ $840 < F \leq 1.600$ $F > 1.600$
C_{rijstr}	1 1,752 *** 1,198 (ns) 4,935 ***	2 rijstroken 3 rijstroken 4 rijstroken ≥ 5 rijstr.	C_{fiets}	2,490 *** 1,587 *** 1	dubbelrichtingsfietspad dubbelzijdig fietspad geen fietspaden
C_{bbmin}	1 1,201 **	laag/gemiddeld hoog	$C_{parkeer}$	1,043 (ns) 0,648 *** 1	0 1 2
$C_{morfgem}$	1,364 *** 1,343 *** 1	dicht halfopen open	$C_{komgrens}$	0,760 *** 1	nabij komgrens niet nabij komgrens
C_{voet}	0,766 *** 1,061 (ns) 1	0 1 2	$C_{functie}$	0,647 *** 0,851 (ns) 1	enkel bewoning grootschalig kleinschalig/menging

Tabel 5.5: Bepaling van 'correctiefactoren'; (ns: niet significant; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$)

5.4.3 Samengesteld logaritmisch model

Het aantal fietsongevallen wordt gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 1,16 * I_1^{0,7049} * I_2^{-0,4203} * C_{int} * F^{0,3533} * C_{rijstr} * C_{bbmin} * C_{morfgem} * C_{voet} * C_{fiets} * C_{parkeer} * C_{komgrens} * C_{functie} \quad (7c)$$

Hierbij is:

$$I_1 = I \text{ als } I \leq 12.500$$

$$= 1 \text{ als } I > 12.500$$

$$I_2 = 1 \text{ als } I \leq 12.500$$

$$= I \text{ als } I > 12.500$$

De macht -0,4203 is significant ($P < 0,05$).

$$C_{int} = 1,69 * 10^{-5} \text{ als } I \leq 12.500$$

$$= 1 \text{ als } I > 12.500$$

Verder geldt:

C_{rijstr}	1	2 rijstroken	C_{fiets}	2,430 ***	dubbelrichtingsfietspad
	1,894 ***	3 rijstroken		1,454 ***	dubbelzijdig fietspad
	1,351 **	4 rijstroken		1	geen fietspaden
	5,439 ***	>=5 rijstr.			
C_{bbmin}	1	laag/gemiddeld	$C_{parkeer}$	1,037 (ns)	0
	1,215 **	hoog		0,633 ***	1
				1	2
$C_{morfgem}$	1,316 **	dicht	$C_{komarens}$	0,759 ***	nabij komgrens
	1,302 ***	halfopen		1	niet nabij komgrens
	1	open	$C_{functie}$	0,654 ***	enkel bewoning
		0,784 *		grootschalig	
C_{voet}	0,729 ***	0		1	kleinschalig/menging
	1,056 (ns)	1			
	1	2			

Tabel 5.6: Bepaling van 'correctiefactoren'; (ns: niet significant; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$)

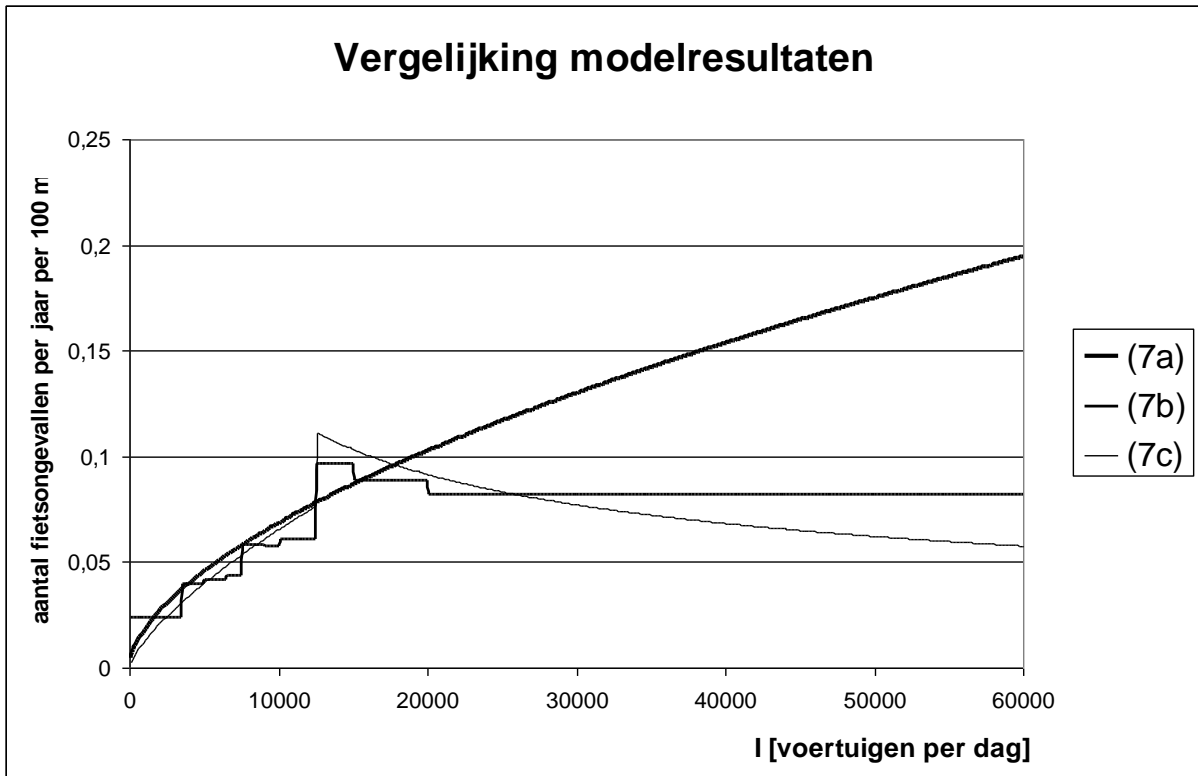
5.4.4 Vergelijking modellen (7a), (7b) en (7c)

Voor elk van de modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n . De resultaten worden weergegeven in tabel 5.7.

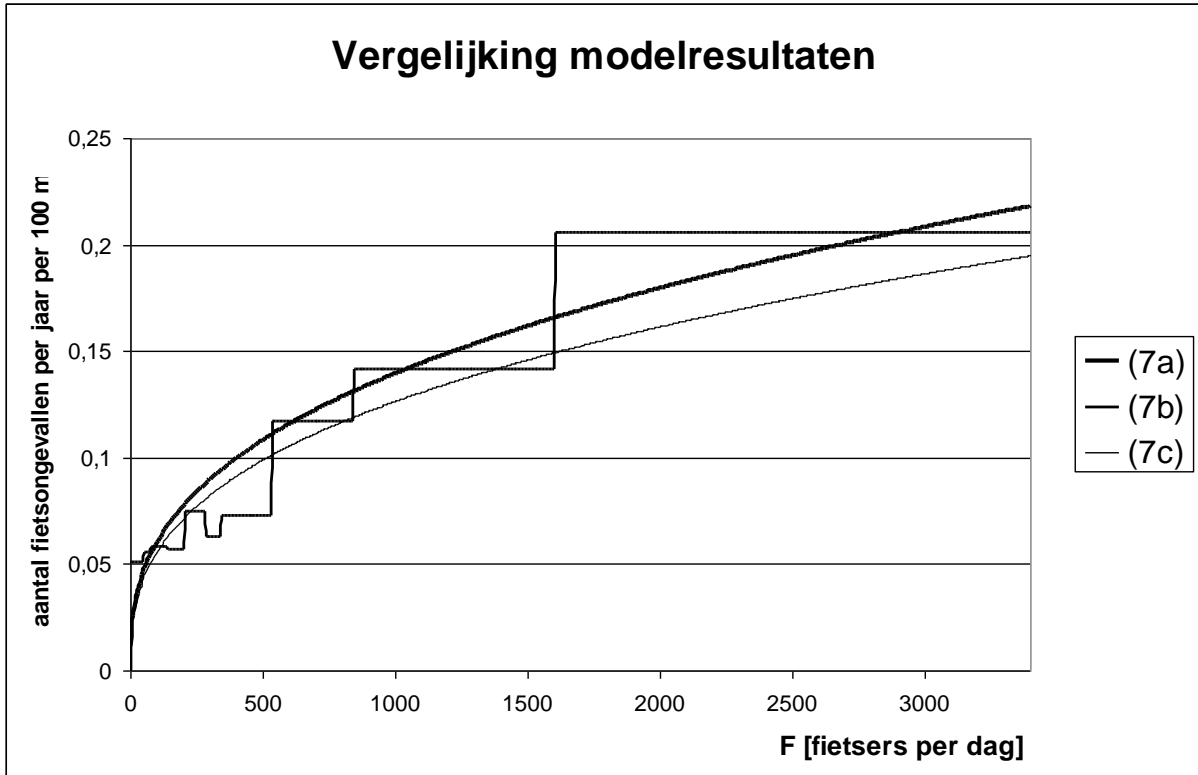
model	n	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC
(7a)	10.211	18	-3.322	6.679	6.810	6.828
(7b)		34	-3.299	6.666	6.912	6.946
(7c)		20	-3.302	6.644	6.789	6.809

Tabel 5.7: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC en CAIC

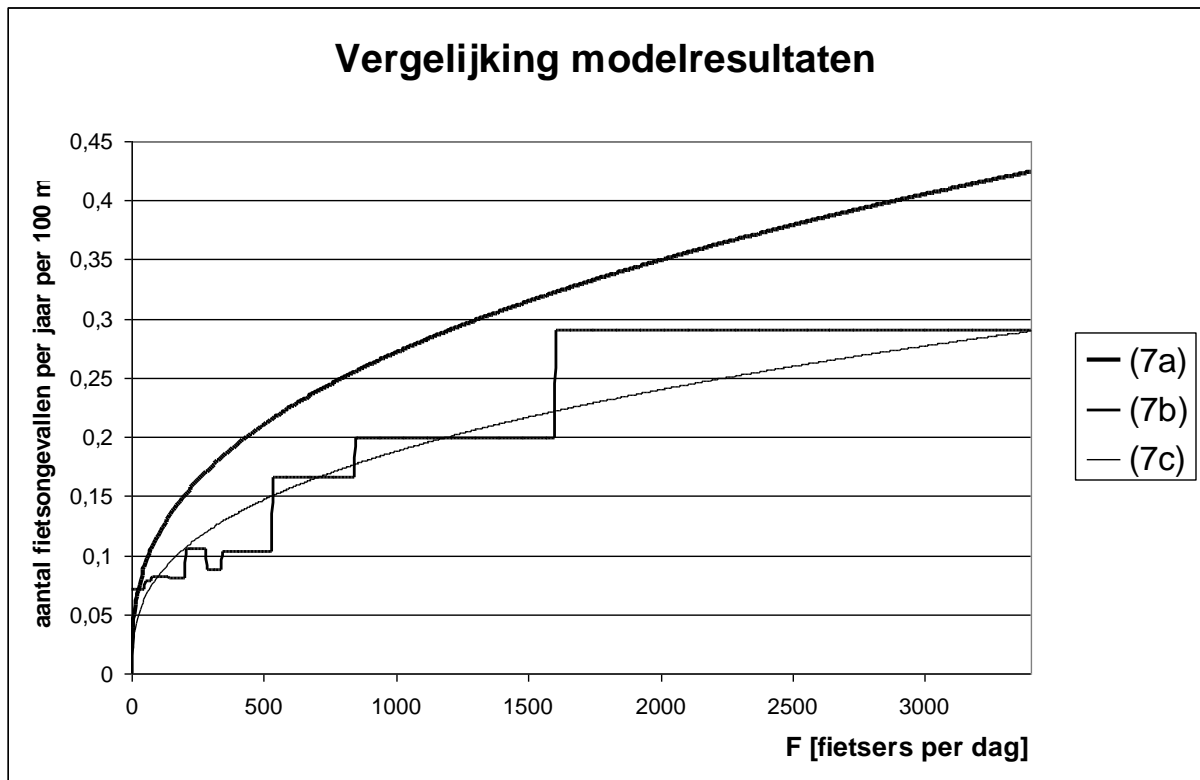
Op basis van deze resultaten kunnen we besluiten dat model (7c) de beste resultaten oplevert. In figuur 5.6 wordt het aantal ongevallen volgens de 3 modellen grafisch uitgezet tegen de voertuigintensiteit bij een constante fietsintensiteit van 100 fietsers per dag. Hieruit blijkt dat het eenvoudigste model (7a) het aantal ongevallen met fietsers bij hoge voertuigintensiteiten sterk overschat. Beide andere modellen vallen wel goed samen. Hieruit blijkt opnieuw dat een eenvoudig model niet noodzakelijk het beste resultaat geeft wanneer over een groot bereik van intensiteiten wordt gekeken. Voor een nadere bespreking van de resultaten (hoofdstuk 7) gaan we verder in het rapport dan ook uit van het model (7c). In figuren 5.7 en 5.8 worden de modellen tegenover elkaar uitgezet voor constante voertuigintensiteiten.



Figuur 5.6: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante fietsintensiteit ($F=100$) voor de referentiesituatie (alle andere correctiefactoren = 1)



Figuur 5.7: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=8.000$) voor de referentiesituatie (alle andere correctiefactoren = 1)



Figuur 5.8: Vergelijking van de verschillende modellen bij constante voertuigintensiteit ($I=25.000$) voor de referentiesituatie (alle andere correctiefactoren = 1)

5.5 Conclusie

Concluderend kunnen we stellen dat:

- het samengesteld logaritmisch model beter aansluit bij de data dan het enkelvoudig logaritmisch model;
- het aantal ongevallen met fietsers toeneemt met toenemende voertuig- en fietsintensiteit;
- vanaf een voertuigintensiteit van ongeveer 12.500 voertuigen per dag het aantal ongevallen met fietsers afneemt bij toenemende voertuigintensiteit.

6. MIXTURE MODELLEN

6.1 Verantwoording

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is de impact van specifieke infrastructuurkenmerken van doortochten op verkeersveiligheid te testen. De modellen beschreven in de hoofdstukken 4 en 5 van dit rapport zijn allen modellen die het aantal ongevallen Poisson of Negatief-Binomiaal verdeeld veronderstellen. Het Poisson regressiemodel gaat ervan uit dat voor elk wegsegment de impact van een bepaald infrastructuurkenmerk hetzelfde is. Intuïtief kunnen we stellen dat dit in werkelijkheid niet zo zal zijn. Aan de andere kant is het ook niet waar dat voor alle 94.557 wegsegmenten een verschillende invloed van een bepaalde infrastructuurinrichting geldt. De stukken weg waarvoor de impact (ongeveer) gelijk is, groeperen we. Door homogene clusters te vormen, verminderen we het aantal te schatten parameters. In de literatuur wordt in dit verband over mixture modellen gesproken. We gaan ervan uit dat er meerdere verdelingen in de data zitten. Hoeveel groepen we best kunnen vormen, testen we aan de hand van software. Voor het optimaal aantal groepen wordt er dan per groep een vergelijking opgesteld met de verschillende kenmerken en de bijhorende β -coëfficiënten. We bekijken vervolgens de verschillen in β tussen de groepen, hetgeen nuttige informatie kan opleveren.

6.2 Methodologie

De laatste jaren is het aantal toepassingen van mixture modellen sterk gestegen. Meer bepaald, is één speciale klasse van de eindige mixture modellen – het latente-klassenmodel – zeer populair. Een bijzonder kenmerk van mixture modellen is dat ze de heterogeniteit in de populatie kunnen modelleren. Wanneer men kan veronderstellen dat de items niet homogeen zijn, betekent dit dat meer dan een enkele set van parameterschattingen nodig is om het bestudeerde fenomeen gepast te beschrijven. Segmenten verschillen in hun gemiddeld aantal ongevallen. Om deze heterogeniteit in rekening te brengen, werken we met mixture modellen.

In *eindige mixture modellen*, worden de observaties in een steekproef verondersteld te ontstaan uit twee of meer homogene groepen die gemengd zijn in ongekende proporties. Het doel is de steekproef te ontmengenen, wat inhoudt de groepen te identificeren en de parameters van de verdelingsfunctie die aan de basis ligt van de geobserveerde data binnen elke groep te schatten. De ongeobserveerde segmenten kunnen uit de data gehaald worden door een mixture model te gebruiken.

Een grote verscheidenheid aan parametrische vormen komt voor in de literatuur, zowel discrete verdelingen – binomiaal, geometrisch, Negatief-Binomiaal, hypergeometrisch, Poisson – als continue verdelingen – normaal, uniform, exponentieel, gamma –. Mixed *Poisson* verdelingen worden gekenmerkt door data die gemengd zijn met bijvoorbeeld twee Poisson verdelingen in de proporties α en $(1 - \alpha)$. De veronderstelling die aan de basis ligt van het Poisson mixture model is dat de populatie bestaat uit een discreet aantal homogene subgroepen en een eenvoudig Poisson model (met specifieke parameterwaarden) wordt verondersteld van kracht te zijn in elke subgroep.

Latente-klassenanalyse is een speciaal type van mixture model waarin de geobserveerde variabelen binomiale of multinomiale verdelingen hebben binnen elk segment. Latente klassen zijn niet observeerbare subgroepen of segmenten. Cases binnen dezelfde latente klasse zijn homogeen op bepaalde criteria, terwijl cases in verschillende latente klassen verschillen van elkaar op een bepaalde belangrijke manier. In recente jaren zijn de

velden van latente klassen en eindige mixture modellen samen gekomen. Een latente-klassenmodel verwijst nu naar elk statistisch model waarin enkele parameters verschillen tussen ongeobserveerde subgroepen (Vermunt en Magidson, 2003).

Latente klassen regressiemodellen relateren een afhankelijke variabele aan een set van verklarende variabelen. In het geval de observaties ontstaan uit een aantal (ongekende) groepen met elk hun specifieke coëfficiënten hebben deze modellen bewezen van grote waarde te zijn. Segmenten die homogeen zijn wat betreft hun reactie op de verklarende variabelen worden geïdentificeerd. Elke klasse vertegenwoordigt een homogene subpopulatie met identieke regressiecoëfficiënten. Het model schat gelijktijdig een afzonderlijk regressiemodel voor elke klasse. De toepassingen van latente klassen regressiemodellen kunnen geclassificeerd worden naargelang het type van de data en meer bepaald de verdeling die verondersteld wordt de afhankelijke variabele te beschrijven, bijvoorbeeld normaal verdeelde data, binomiale data, multinomiale data of count data. In deze analyse passen we latente klassen regressiemodellen toe op count data (die verondersteld worden Poisson verdeeld te zijn).

In deze paragraaf geven we een overzicht van het ontstaan van de verschillende modellen. De ontwikkeling van modellen voor mixtures van verdelingen kan historisch teruggebracht worden tot het werk van Newcomb (1886) en Pearson (1894). De theorie die aan de basis ligt van latente-klassenanalyse werd meer dan een halve eeuw geleden ontwikkeld door Paul Lazarsfeld (1950). Bij vroege pogingen om latente-klassenmodellen toe te passen, werd men geconfronteerd met problemen van parameterschatting. De situatie verbeterde toen Goodman in 1974 aantoonde hoe latente-klassenparameters geschat konden worden volgens de Maximum Likelihood methode via het Expectation Maximization algoritme. Sindsdien is er een variëteit van latente-klassenprogramma's beschikbaar.

We sluiten deze methodologische sectie af met modelformuleringen. Het 2 mixture model heeft de volgende algebraïsche vorm:

$$P(Y_i = y) = \pi P(Y_i = y | \lambda_1) + (1 - \pi) P(Y_i = y | \lambda_2)$$

met y het werkelijk aantal ongevallen en π de proportie. De geobserveerde data zijn afkomstig uit een samenstelling van 2 onderliggende verdelingen waarvan het gemiddelde a priori onbekend is, evenals de proportie van de observaties afkomstig uit de ene of de andere verdeling. De doelstelling van latente-klassenanalyse bestaat er bijgevolg in de optimale waarde van π , de kans om te behoren tot een bepaalde klasse, en het betreffende gemiddelde van de statistische verdeling in elke klasse te bepalen.

Wanneer de impact van verklarende variabelen wordt nagegaan en er twee klassen onderscheiden kunnen worden, wordt voor beide klassen een specifieke regressievergelijking verkregen. Dit kunnen we als volgt voorstellen:

$$Y = \beta_{01} + \beta_{11}x_1 + \dots + \beta_{k1}x_k \text{ beschrijft klasse 1}$$

$$Y = \beta_{02} + \beta_{12}x_1 + \dots + \beta_{k2}x_k \text{ beschrijft klasse 2}$$

De vergelijking om het aantal ongevallen behorende tot klasse 1 te modelleren, bevat naast een intercept, k verklarende variabelen, elk met een bijhorende coëfficiënt. Voor klasse 2 is de structuur hetzelfde, maar kunnen de coëfficiënten verschillen. Een bepaalde factor heeft zo een verschillend effect naargelang de klasse waartoe een segment behoort.

Voor het 3 mixture model geldt dezelfde redenering. Het ziet er als volgt uit:

$$P(Y_i = y) = \pi_1 P(Y_i = y | \lambda_1) + \pi_2 P(Y_i = y | \lambda_2) + (1 - \pi_1 - \pi_2) P(Y_i = y | \lambda_3)$$

6.3 Werkwijze

Nu de verantwoording en een theoretisch kader van mixture modellen gegeven is, kunnen we beginnen met de analyses. Twee variabelen vormen het onderwerp van deze studie, namelijk het aantal ongevallen en het aantal (brom)fietsongevallen per wegsegment per jaar dat heeft plaatsgevonden op een doortocht in Vlaanderen tussen 1996 en 2001. In hoofdstukken 4 en 5 van het rapport werden voor deze variabelen reeds drie modellen opgesteld, namelijk met dagintensiteit als verklarende variabele (secties 4.1 en 5.1), dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit als verklarende variabelen (secties 4.2 en 5.3) en ten derde naast de intensiteitvariabelen significant gebleken infrastructuurkenmerken (secties 4.3 en 5.4). Dit waren allen Poisson modellen, die ook mixture 1 modellen genoemd kunnen worden. Alle cases worden als één homogene populatie gezien waarop het effect van verschillende factoren wordt nagegaan. De impact van verklarende variabelen wordt verondersteld gelijk te zijn voor alle wegsegmenten.

We beginnen met het uitvoeren van een latente-klassenanalyse. Zoals hierboven vermeld, zou het kunnen dat er meerdere klassen verborgen zitten in de data. Aan de hand van de software, Latent GOLD, proberen we twee, drie, vier of meer klassen te onderscheiden. Deze verschillen dan van elkaar op basis van een constante, maar – belangrijker – elke klasse heeft ook een specifieke parameterschatting voor elke variabele (in het geval van klassenafhankelijke verklarende variabelen, waarover later meer).

Na het bekomen van de oplossingen voor de verschillende modellen, dienen we te bepalen welke oplossing het beste is. In de output van de software verschijnen verschillende statistieken die helpen bij de bepaling van het optimale aantal klassen. In het geval van te weinig klassen worden de klassenverschillen genegeerd, terwijl teveel klassen een onstabiel model kunnen veroorzaken. Er dient een afweging te gebeuren tussen complexiteit (zeer veel groepen) en statistische betrouwbaarheid (niet te veel schattingen). We gaan dus na of een oplossing met $K+1$ klassen een significant betere fit heeft dan een oplossing met K klassen.

Er zijn verschillende criteria die hiervoor gebruikt kunnen worden. Een belangrijke groep wordt gevormd door informatie-theorie gebaseerde modelselectiecriteria. Deze criteria, die geminimaliseerd dienen te worden, proberen de effecten van model fitting met meer componenten af te wegen tegen de precisie waarmee de parameters geschat worden. Een extra klasse doet de fit toenemen, maar aangezien meer parameters geschat worden, heeft dit een omgekeerd effect op de precisie van de schattingen. De waarde van de loglikelihoodfunctie geeft een idee over de mate waarin het model de data fit. Het oudste informatiecriterium is dat van Akaike (1973) dat als volgt gedefinieerd is: $AIC = -2LL + 2d$ met LL de waarde van de loglikelihoodfunctie en d het aantal parameterschattingen. Alternatieve versies van dit criterium bestraffen over-fitting

strenger en hechten meer belang aan het komen tot een eenvoudiger model. Het gaat om het Bayesian Information Criterion van Schwartz (1978) en het Consistent Akaike Information Criterion van Bozdogan (1987): $BIC = -2LL + \ln(n)d$ respectievelijk $CAIC = -2LL + d(\ln(n) + 1)$ met n het aantal opgenomen observaties. Latent GOLD geeft de waarde van alle informatiecriteria. We rapporteren in de tekst de waarde van de loglikelihoodfunctie, het aantal te schatten parameters en BIC.

De hierboven vermelde maatstaven streven naar een zo goed mogelijke fit, met zo weinig mogelijk parameters. Daarnaast moeten de latente klassen voldoende gescheiden zijn, hetgeen nagegaan kan worden aan de hand van de entropiemaatstaf.

Voor de twee afhankelijke variabelen – ongevallen en (brom)fietsongevallen – gaan we in de eerste plaats na voor de drie modellen (eerste model met enkel dagintensiteit, daarna (brom)fietsintensiteit en ten derde infrastructuurkenmerken toevoegen) hoeveel klassen optimaal zijn en bekijken we de regressievergelijkingen van elke klasse. In een tweede stap kijken we of de verklarende variabelen voldoende onderscheidende impact hebben tussen de klassen of dat het effect van die variabele voor alle klassen gelijk is. Wanneer de coëfficiënt niet erg verschillend is, is het beter de variabele klassenonafhankelijk te veronderstellen. In dat geval moet er dan een parameter minder geschat worden. Op die manier krijgen we een iets eenvoudiger model, wat een positief effect heeft op het BIC. De parameter output van het regressiemodel geeft de klassenspecifieke parameterschattingen (β 's) en maatstaven van hun significantie. De Wald statistiek test de gelijkheid van elke set van regressie-effecten tussen klassen. Voor elke set van parameterschattingen test deze statistiek de hypothese dat elke parameter in de subset gelijk is aan de overeenkomstige parameter in de subsets geassocieerd met de andere klassen. Anders geformuleerd, deze statistiek gaat na of de parameters voor de onderliggende klassen significant van elkaar verschillen. Variabelen waarvoor dit niet geldt, kunnen beter als klassenonafhankelijk geschat worden.

6.4 Resultaten Latente-Klassenanalyse

In de voorgaande sectie werd de werkwijze die we zullen hanteren kort toegelicht. Voor zes modellen zoeken we het optimale mixture model. We gaan nu over tot de rapportering en bespreking van de resultaten.

6.4.1 Ongevallen – dagintensiteit

We beginnen met het model dat als afhankelijke variabele het aantal ongevallen heeft en als onafhankelijke variabele het logaritme van dagintensiteit. In de onderstaande tabel worden de waarden van de loglikelihoodfunctie, het aantal te schatten parameters en het Bayesian Information Criterion weergegeven voor het 1-, 2- en 3-klassen model.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
1-klassemodel	-30.679,048	2	61.379,350
2-klassenmodel	-30.438,042	5	60.929,220
3-klassenmodel	-30.438,041	8	60.961,099

Voor dit model kunnen we stellen dat het 2-klassenmodel de beste fit oplevert. BIC bereikt dan een minimum omdat de stijging in het aantal te schatten parameters minder impact heeft dan de verhoging van de loglikelihoodwaarde (bij overgang van een klasse 1 naar een klasse 2 model). Meer dan 2 klassen is niet optimaal, aangezien er 3 extra schattingen moeten gebeuren, terwijl er nauwelijks verbetering merkbaar is in de

loglikelihoodwaarde. De entropiemaatstaf geeft ook weer dat een opdeling in 2 klassen het beste is.

We dienen hierbij echter meteen een opmerking te maken. Het aantal wegsegmenten dat ondergebracht wordt in klasse 2 is zeer klein. De onderstaande tabel geeft de procentuele grootte van elke klasse, samen met de gemiddelde waarde van ongevallen van alle wegsegmenten behorende tot de klasse.

	Klasse 1	Klasse 2
Grootte	98,85%	1,15%
Gemiddeld aantal ongevallen	0,3060	2,0813

Mogelijk werden er door het softwareprogramma enkele extreme waarden in een aparte klasse gegroepeerd. Een meer evenwichtige splitsing zou een mooier resultaat geweest zijn. Toch kan het interessant zijn om deze klasse verder te onderzoeken. Hoewel het slechts om ongeveer 1% van het totale aantal wegsegmenten gaat, ligt het aantal ongevallen er gemiddeld bijna 7 keer hoger. We identificeren vervolgens de segmenten behorende tot klasse 2 en zetten ze in kaart (figuur 6.1) om na te gaan of hun ligging al dan niet verspreid is. Later zou men ter plekke naar kenmerken van deze wegsegmenten op zoek kunnen gaan.

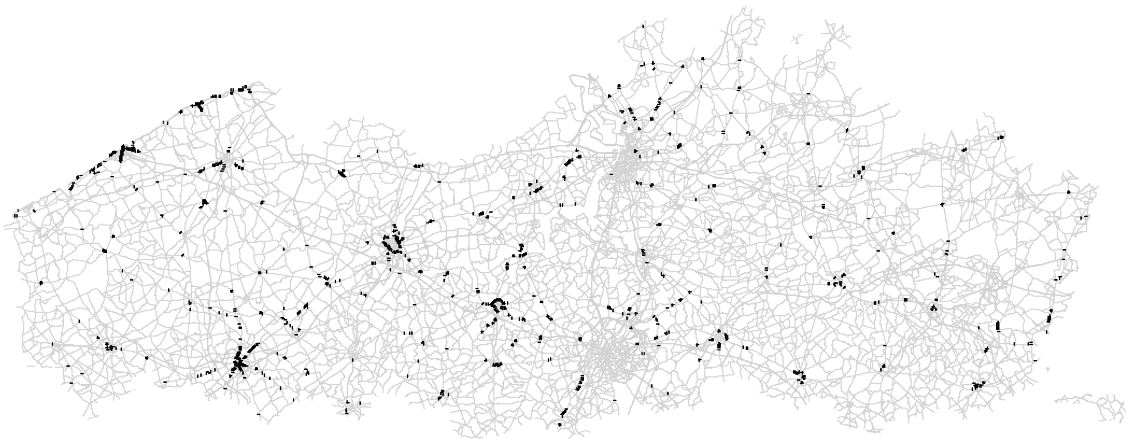


Fig. 6.1: Verspreiding wegsegmenten klasse 2

Zoals op het kaartje kan afgelezen worden, zijn de segmenten ruim verspreid over het Vlaamse gewest. Op het eerste zicht is geen gemeenschappelijk kenmerk van deze segmenten gevonden dat het hogere ongevalsrisico kan verklaren. Een meer gedetailleerd onderzoek kan hierin meer duidelijkheid brengen.

We gaan verder met de resultaten van dit 2-klassenmodel. Voor elke klasse wordt nu een aparte regressievergelijking geschat. Deze zien er als volgt uit:

$$\#ong1 = e^{-8,7670 * I^{0,8371}}$$

$$\#ong2 = e^{-7,8977 * I^{0,9528}}$$

Vooral de eerste vergelijking lijkt op de eerder bekomen vergelijking wanneer alle wegsegmenten tot één en dezelfde klasse behoorden: $\#ong = e^{-8,6661 * I^{0,8335}}$. Dit is ook logisch aangezien ongeveer 99% van de wegsegmenten in geval van een 2-klassenmodel volgens de eerste vergelijking functioneren.

Zoals vermeld in de werkwijze gaan we, nu we het optimale aantal klassen kennen, na of de verklarende variabele onderscheidend genoeg is tussen de twee klassen. De intensiteit heeft een iets groter effect voor segmenten behorende tot klasse 2, maar dit verschil is erg klein. De Wald statistiek, de p-waarden en de standaardfouten geven een indicatie van het verschil van impact van een verklarende variabele op de verschillende groepen. Voor de Wald statistiek van dagintensiteit voor de 2 klassen vinden we geen significante p-waarden (0,41 en 0,30). Dagintensiteit blijkt dus geen onderscheidende factor te zijn. Wanneer we een klassenonafhankelijke dagintensiteit veronderstellen, is er één parameterschatting minder nodig en krijgen we een eenvoudiger model. De onderstaande tabel toont dat de loglikelihood ten opzichte van het klasse 2 model met klassenafhankelijke dagintensiteit in beperkte mate daalt, zodat één schatting minder de doorslag geeft en BIC doet afnemen.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
2 klassen model met klassenafh. dagint	-30.438,042	5	60.929,220
2 klassen model met klassenonafh. dagint	-30.438,573	4	60.919,655

Als uiteindelijk model voor het aantal ongevallen in functie van dagintensiteit opteren we dus voor het 2-klassenmodel met klassenonafhankelijke dagintensiteit. De vergelijkingen worden hieronder gegeven:

$$\#ong1 = e^{-8,7868 * I^{0,8393}}$$

$$\#ong2 = e^{-6,8137 * I^{0,8393}}$$

Omdat het effect van de dagintensiteit nu voor de twee klassen gelijk is, wordt het verschil in de eerste factor tussen de twee klassen groter. In een volgende fase voegen we fietsintensiteit en later ook nog infrastructuurkenmerken toe, die mogelijk wel een onderscheidend karakter hebben. In de volgende paragraaf bekijken we eerst het effect van dagintensiteit op fietsongevallen.

6.4.2 (Brom)fietsongevallen – dagintensiteit

Voor dit model gaan we op dezelfde wijze te werk. Hieronder worden de loglikelihoodwaarden, het aantal te schatten parameters en BIC gegeven.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
1-klassemodel	-17.000,190	2	34.021,635
2-klassenmodel	-17.000,190	5	34.053,517
3-klassenmodel	-16.897,504	8	33.880,026
4-klassenmodel	-16.897,503	11	33.911,906

Uit de tabel kan afgelezen worden dat kiezend uit het 1-, 2-, 3- en 4-klassenmodel het 3- klassen regressiemodel het beste model is. Opmerkelijk is dat de waarde van de

loglikelihoodfunctie van het 1- en 2-klassenmodel gelijk is. Wanneer we het 2- klassenmodel in detail bekijken, zien we dat beide klassen identiek dezelfde regressievergelijking hebben en evenveel cases. Er werd dus een zeer inefficiënte, verplichte splitsing uitgevoerd. Het 3-klassenmodel vindt wel een klasse met een andere vergelijking. Het BIC is hier het laagst voor het 3-klassenmodel. De vergelijkingen van de 3 klassen zien er als volgt uit:

$$\# \text{fietsong } 1 = e^{-9,4969} * I^{0,8168}$$

$$\# \text{fietsong } 2 = e^{-9,4969} * I^{0,8168}$$

$$\# \text{fietsong } 3 = e^{-12,5788} * I^{1,4211}$$

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Grootte	49,75%	49,75%	0,50%
Gemiddeld aantal ongevallen	0,1227	0,1227	1,3419

De coëfficiënt van dagintensiteit voor klasse 3 verschilt voldoende van die voor de andere twee klassen. De p-waarde van de Wald statistiek (0,086) geeft ook weer dat een klassenafhankelijke dagintensiteit moet behouden blijven, net als de BIC-waarde van 34.064,1441 in het geval van een 3-klassenmodel met klassenonafhankelijke variabele.

Hoewel het vreemd is dat Latent GOLD een opdeling maakt tussen de gelijke klassen 1 en 2 is het 3-klassenmodel toch het optimale. De dagintensiteit heeft een onderscheidend karakter, vooral voor klasse 3. Ook hier geldt dat slechts een zeer kleine groep van segmenten tot klasse 3 behoort. In de volgende paragrafen gaan we na of de modellen met extra verklarende variabelen betere resultaten opleveren.

6.4.3 Ongevallen – dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit

Dit model bevat naast dagintensiteit ook (brom)fietsintensiteit als verklarende variabele. We bepalen het optimaal aantal klassen voor het aantal ongevallen. Aangezien de werkwijze voor alle modellen dezelfde is, beperken we ons hier tot het weergeven van de resultaten. In de onderstaande tabel bevinden zich de loglikelihoodwaarden, het aantal schattingen en BIC van het 1-, 2- en 3-klassenmodel. BIC leert ons dat een opdeling in 2 klassen optimaal is.

In dit geval zijn er twee verklarende variabelen en aangezien de parameterschattingen niet erg verschillen tussen de twee klassen, bekijken we het effect op BIC wanneer we de variabelen afwisselend en gelijktijdig klassenonafhankelijk veronderstellen (p-waarde van Wald statistiek is 0,73 en 0,57 dus niet significant). De overeenkomstige waarden zijn terug te vinden in het onderste deel van de tabel. Wanneer we één x-variabele klassenonafhankelijk stellen, vermindert BIC. Beide intensiteiten klassenonafhankelijk maken, levert een verdere daling van BIC op.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
1-klassemodel	-25.386,938	3	50.805,258
2-klassenmodel	-25.289,860	7	50.652,944
3-klassenmodel	-25.269,373	11	50.653,815
2-klassenmodel met klassenonafh. dagint en klassenafh. fietsint.	-25.289,938	6	50.642,640
2-klassenmodel met klassenafh. dagint en klassenonafh. fietsint.	-25.290,063	6	50.642,891
2-klassenmodel met klassenonafh. dagint en fietsint.	-25.290,118	5	50.632,539

Merk op dat de geproduceerde klassen in het begin van elke analyse de verklarende variabelen steeds klassenafhankelijk veronderstellen.

Besluitend kunnen we stellen dat het 2-klassenmodel met klassenonafhankelijke dagintensiteit en klassenonafhankelijke (brom)fietsintensiteit de beste verhouding biedt tussen modelcomplexiteit en het benaderen van de werkelijkheid en dus het optimale model is. Dit geeft de volgende vergelijkingen en klassenkenmerken:

$$\#ong1 = e^{-9,8732 * I^{0,7999} * F^{0,2572}}$$

$$\#ong2 = e^{-8,0375 * I^{0,7999} * F^{0,2572}}$$

	Klasse 1	Klasse 2
Grootte	99,20%	0,80%
Gemiddeld aantal ongevallen	0,2980	1,8683

Tot dusver hebben we voor het aantal ongevallen 2 klassen gevonden, waarvan 1 klasse zeer klein is. Beiden klassen verschillen echter niet qua impact van de variabelen die we in het model hebben gestopt.

6.4.4 (Brom)fietsongevallen – dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit

In de onderstaande tabel worden de loglikelihoodwaarde, het aantal te schatten parameters en BIC gegeven voor de verschillende modellen.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
1-klassemodel	-13.978,903	3	27.989,189
2-klassenmodel	-13.951,589	7	27.976,403
3-klassenmodel	-13.951,572	11	28.018,212
2-klassenmodel met klassenonafh. dagint en klassenafh. fietsint.	-13.951,989	6	27.966,743
2-klassenmodel met klassenafh. dagint en klassenonafh. fietsint.	-13.978,903	6	28.020,571
2-klassenmodel met klassenonafh. dagint en fietsint.	-13.978,903	5	28.010,110

Het optimaal aantal klassen blijkt nu 2 te zijn. Het opnemen van de variabele (brom)fietsintensiteit zorgt ervoor dat een (vreemde) opsplitsing in 3 klassen (zie 6.4.2) niet langer optimaal is. Daarnaast blijkt dat alleen dagintensiteit klassenonafhankelijk maken (terwijl fietsintensiteit ook niet erg verschillende klassencoëfficiënten heeft) de beste fit inhoudt. (Brom)fietsintensiteit is dus onderscheidend voor het aantal (brom)fietsongevallen in de twee klassen. Het uiteindelijke model is het 2 klassen regressiemodel met klassenonafhankelijke dagintensiteit en klassenafhankelijke (brom)fietsintensiteit. Dit geeft de volgende vergelijkingen:

$$\#fietsong1 = e^{-11,6653 * I^{0,7546} * F^{0,4760}}$$

$$\#fietsong2 = e^{-10,1531 * I^{0,7546} * F^{0,5787}}$$

	Klasse 1	Klasse 2
Grootte	99,68%	0,32%
Gemiddeld aantal ongevallen	0,1114	0,8947

De wegsegmenten behorende tot klasse 2 worden gekenmerkt door een relatief hoger gemiddelde van (brom)fietsongevallen en daarnaast heeft een verhoging in (brom)fietsintensiteit een groter (negatief) effect voor deze klasse.

6.4.5 Ongevallen – dagintensiteit, (brom)fietsintensiteit en infrastructuurkenmerken

Aangezien uit de verzameling van verklarende variabelen via manuele selectie de significante infrastructuurvariabelen geselecteerd werden en omdat automatische stepwise selection bij Latent GOLD niet mogelijk is, zullen we hier dezelfde variabelen gebruiken, namelijk naast dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit, functie, bebouwing, morfologisch inplantingstype, aantal rijstroken, voetpaden, parkeerstroken, fietspaden en de nabijheid van een komgrens. De resultaten van het 1-, 2- en 3-klassenmodel zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
1-klassemodel	-11.103,022	19	22.391,553
2-klassenmodel	-11.062,788	39	22.506,359
3-klassenmodel	-11.058,448	59	22.692,952

De conclusie is duidelijk. Het model met 1 klasse levert de beste fit op. De stijging in de loglikelihoodwaarde weegt niet op tegen de vele extra parameterschattingen die een bijkomende klasse met zich meebrengt. Wanneer we bepaalde verklarende variabelen klassenonafhankelijk stellen en zo het aantal te schatten parameters drukken, blijft het 1 klasse model het optimale. Mogelijk is dit te wijten aan het feit dat uit de verzameling van infrastructuurvariabelen net diegenen opgenomen zijn in dit model die significant zijn voor het merendeel van de cases. Infrastructuurkenmerken die niet significant gebleken zijn uit de eerdere analyse zouden kunnen getest worden. Wanneer er meerdere klassen in de data zouden ontdekt kunnen worden, elk met hun eigen regressievergelijking, zouden hier zeer interessante conclusies uit te trekken zijn. In dit deel van het onderzoek was het echter de bedoeling om na te gaan of in de opgestelde modellen meerdere verborgen klassen konden ontdekt worden.

6.4.6 (Brom)fietsongevallen – dagintensiteit, (brom)fietsintensiteit en infrastructuurkenmerken

De verklarende variabelen opgenomen in het model met als afhankelijke variabele het aantal (brom)fietsongevallen zijn de dagintensiteit, (brom)fietsintensiteit, functie, bebouwing, morfologisch inplantingstype, aantal rijstroken, voetpaden, parkeerstroken, nabijheid van een komgrens, en aard van het fietspad.

Model	Loglikelihoodwaarde	Aantal parameters	BIC
1-klassemodel	-32.49,171	18	6.664,505
2-klassenmodel	-32.25,285	37	6.792,126
3-klassenmodel	-32.25,269	56	6.967,486

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat dezelfde conclusie kan getrokken worden als in geval van het model met het totaal aantal ongevallen. Een extra klasse impliceert wel een stijging van de loglikelihoodwaarde, maar deze weegt niet op tegen 19 bijkomende parameterschattingen. BIC is het laagste voor het 1 klasse model.

6.5 Conclusies

Deze analyse had tot doel een antwoord te bieden op vragen zoals: kunnen wegsegmenten binnen doortochten in verschillende klassen worden ingedeeld, op basis waarvan kan zo een indeling gebeuren en wat leren deze klassen ons met betrekking tot het verklaren van verkeersongevallen. In dit hoofdstuk bespraken we de uitbreiding van de Poisson regressieanalyse naar meerdere klassen. Voor het aantal ongevallen enerzijds en het aantal (brom)fietsongevallen anderzijds zochten we het optimale latente-klassenmodel. Wanneer dagintensiteit en (brom)fietsintensiteit als verklarende variabelen waren opgenomen, bleken meestal 2 klassen optimaal. Slechts 1% van de segmenten werden ingedeeld in klasse 2. Toch kunnen we besluiten dat het om een relatief verkeersonveilige klasse gaat met een hoger gemiddelde en vaak een groter effect van de intensiteitvariabelen. Een andere conclusie die hieruit volgt is dat het 1-klassemodel dus een goede benadering is aangezien de dataset van wegsegmenten redelijk homogeen is.

We hebben gezien dat bij een model met meerdere klassen de opgenomen variabelen niet altijd klassenafhankelijk waren. Enerzijds willen we dan één parameterschatting minder (we streven naar een eenvoudiger model), maar anderzijds willen we niet dat het verschil tussen klassen in de constante zit. We trachten verklarende variabelen met een verschillende impact naargelang de klasse te vinden. Mede door dezelfde variabelen op te nemen als het 1 klasse Poisson model, lukte dit niet, omdat het optimaal bleek alle segmenten als één homogene populatie te beschouwen.

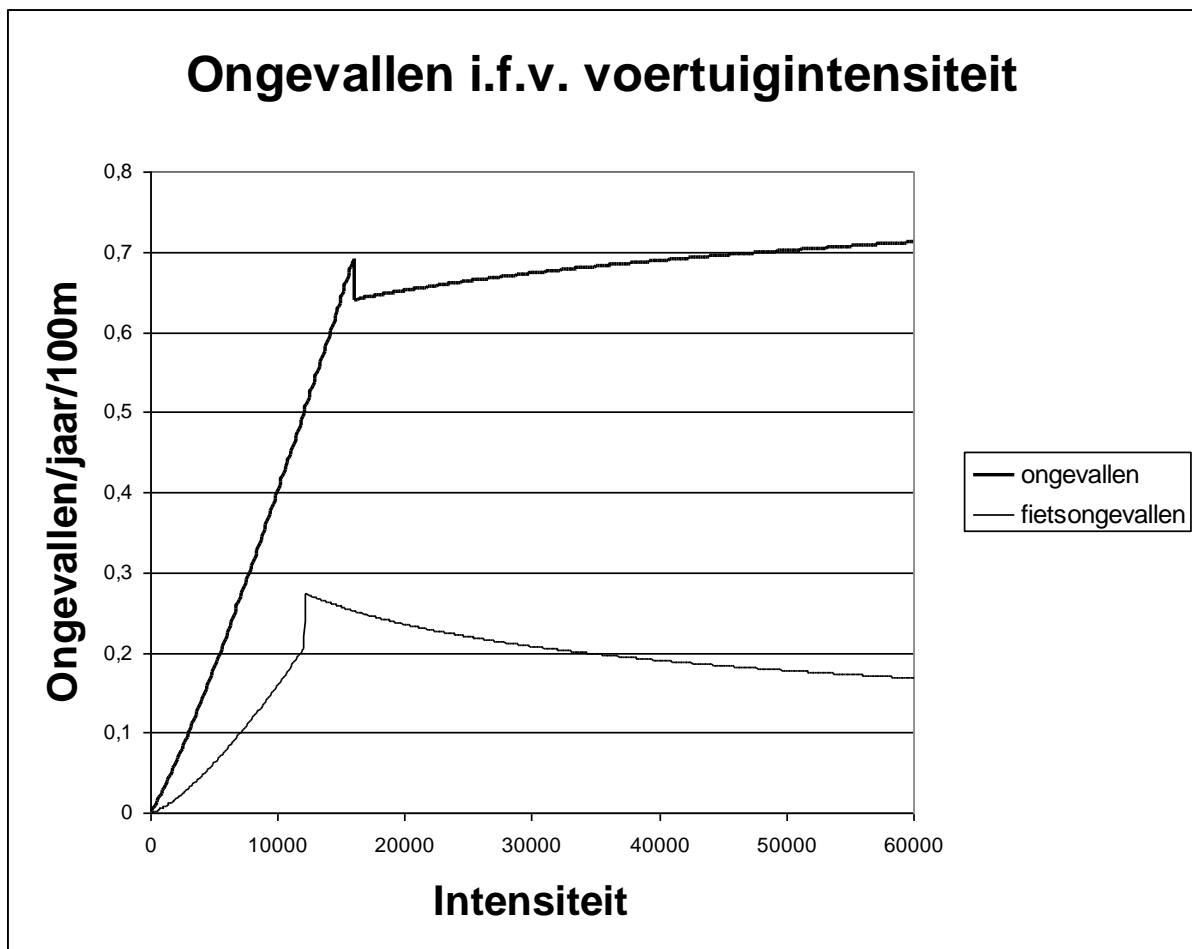
7. MODELRESULTATEN

In dit hoofdstuk worden een aantal bevindingen weergegeven die afgeleid kunnen worden uit de modellen behandeld in de hoofdstukken 4 en 5.

7.1 Enkel voertuigintensiteiten

7.1.1 Bespreking van de modellen

In figuur 7.1 wordt het aantal ongevallen en het aantal ongevallen met fietsers uitgezet in functie van de voertuigintensiteit en dit volgens de meest geschikte modellen (1c) en (4c).



Figuur 7.1: Aantal ongevallen en aantal fietsongevallen volgens de modellen (1c) en (4c)

Bij (relatief) lage intensiteiten (ongeveer $2/3^e$ van de records heeft een voertuigintensiteit kleiner dan 12.000 voertuigen per dag, ruim 80% telt maximaal 16.000 voertuigen per dag) stellen we het volgende vast:

- Het aantal ongevallen neemt sneller toe dan de voertuigintensiteit (een stijging van I met 1% geeft aanleiding tot $1,01^{1,1606} - 1 = 1,16\%$ meer ongevallen, voor zover I kleiner dan 16.000 voertuigen per dag blijft). Algemeen wordt bij een verkeersstoename met d_I [%] een toename van het aantal ongevallen verwacht met $(1+d_I)^{1,1606} - 1$.

- Het individuele risico neemt dus toe. Onder risico verstaan we het aantal ongevallen per voertuig (ongeval/I). Het risico voor de individuele weggebruiker neemt bij een stijging van de intensiteit met 1% toe met $1,01^{0,1606}-1=0,16\%$. Meer algemeen neemt het risico toe met $(1+d_i)^{0,1606}-1$ bij een verkeerstoename met d_i [%].
- Het aantal ongevallen bereikt min of meer een maximum bij ongeveer 16.000 voertuigen per dag. Boven 16.000 voertuigen per dag blijft het aantal ongevallen immers ongeveer constant.
- Ook het aantal fietsongevallen neemt sneller toe dan de voertuigintensiteit (een stijging van I met 1% leidt tot een toename van het aantal ongevallen met fietsers met 1,35% (voor zover de voertuigintensiteit beneden 12.000 voertuigen per dag blijft).
- Zo neemt ook het individuele risico toe voor de weggebruiker om betrokken te raken in een ongeval met een fietser. We nemen hier het risico t.o.v. de voertuigintensiteit. Het risico neemt toe met 0,34%.
- Bij hoge intensiteiten neemt het aantal fietsongevallen enigszins af. We merken nog op dat zowel het aantal ongevallen met fietsers als het ongevalsrisico maximaal is bij een intensiteit van ongeveer 12.000 voertuigen per dag.

In tabel 7.1 wordt de procentuele toename van het aantal (fiets)ongevallen weergegeven in functie van een procentuele toename van de voertuigintensiteit. Er wordt, voor de eenvoud van de weergave, uitgegaan van doortochten waarbij de voertuigintensiteit kleiner is en blijft dan 16.000 voertuigen per dag. Deze veronderstelling wordt minder waarschijnlijk naarmate de procentuele stijging toeneemt.

Toename voertuig-intensiteit [%]	Toename aantal ongevallen [%]	Toename aantal fietsongevallen [%]
1	1,16	1,37
2	2,32	2,74
3	3,49	4,12
4	4,66	5,51
5	5,83	6,90
6	7,00	8,29
7	8,17	9,69
8	9,34	11,09
9	10,52	12,50
10	11,70	13,92

Tabel 7.1: Toename (fiets)ongevallen i.f.v. toename voertuigintensiteit

Het verwachte aantal (fiets)ongevallen en het ermee gepaard gaande verkeersrisico volgens de modellen (1c) en (4c) worden op volgende pagina weergegeven in tabelvorm (tabel 7.2):

Voertuigintensiteit	Ongevallen (1c)	Risico (1c)	Fietsongevallen (4c)	Risico (4c)
1.000	0,027	2,74E-05	0,007	7,27E-06
2.500	0,079	3,17E-05	0,025	9,97E-06
5.000	0,177	3,54E-05	0,063	1,27E-05
7.500	0,284	3,78E-05	0,109	1,46E-05
10.000	0,396	3,96E-05	0,161	1,61E-05
12.500	0,513	4,10E-05	0,272	2,17E-05
15.000	0,634	4,23E-05	0,257	1,71E-05
17.500	0,639	3,65E-05	0,245	1,40E-05
20.000	0,646	3,23E-05	0,235	1,18E-05
25.000	0,657	2,63E-05	0,220	8,80E-06
30.000	0,667	2,22E-05	0,208	6,94E-06
35.000	0,675	1,93E-05	0,199	5,67E-06
40.000	0,683	1,71E-05	0,191	4,77E-06
45.000	0,689	1,53E-05	0,184	4,09E-06
50.000	0,695	1,39E-05	0,178	3,56E-06

Tabel 7.2: Aantal (fiets)ongevallen en risico i.f.v. voertuigintensiteit

Met deze modellen kunnen we niet alleen nagaan wat het effect is van een toenemende automobiliteit op de verkeersveiligheid, we kunnen ook controleren wat het effect is van een concentratie of splitsing van verkeersstromen op de verkeersveiligheid. Een verdeling van een verkeersstroom over 2 evenwaardige wegen (zonder dat bijkomende voertuigen worden aangetrokken) geeft volgens model (1c) een daling van het aantal ongevallen met 11% wanneer het verkeer evenredig verdeeld wordt over 2 gelijkwaardige wegen (tabel 7.3), wanneer de totale intensiteit kleiner blijft dan 16.000 voertuigen per dag. Wanneer de totale intensiteit groter is dan 16.000 voertuigen per dag, neemt het aantal ongevallen sterk toe. Het verdelen van een drukke verkeersstroom over 2 minder drukke stromen geeft dus aanleiding tot meer ongevallen.

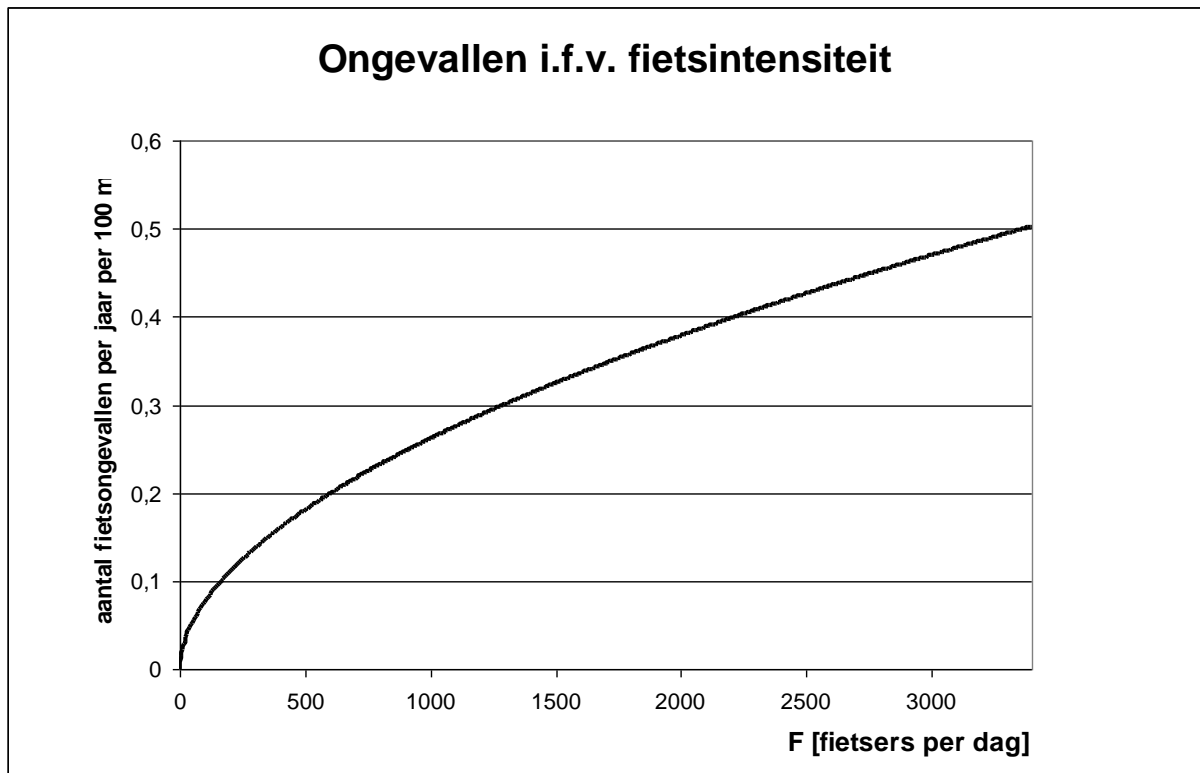
I_{voor}	I_{na}	$\text{ongeval}_{\text{voor}}$	$\text{ongeval}_{\text{na}}$	verschil
10.000	2 X 5.000	0,40	0,35	-11%
15.000	2 X 7.500	0,63	0,57	-11%
20.000	2 X 10.000	0,65	0,79	+23%
30.000	2 X 15.000	0,67	1,27	+90%
40.000	2 X 20.000	0,68	1,29	+89%
50.000	2 X 25.000	0,70	1,31	+89%

Tabel 7.3: Vergelijking bij splitsing verkeersstromen.

7.2 Enkel fietsintensiteiten

7.2.1 Bespreking van de modellen

In figuur 7.2 wordt het aantal fietsongevallen uitgezet tegen de gemiddelde fietsintensiteit volgens het model (5a). Het verband tussen het aantal ongevallen met fietsers en de fietsintensiteit is logaritmisch ten gevolge van de gekozen optie voor de modellering.



Figuur 7.2: Aantal fietsongevallen in functie van de fietsintensiteit volgens model (5a)

We vinden:

- Het aantal ongevallen met fietsers neemt toe met het aantal fietsers. De stijging van de ongevallen is evenwel minder sterk dan deze van het aantal fietsers. Een toename van het aantal fietsers met 1% geeft aanleiding tot een stijging van het aantal fietsongevallen met $1,01^{0,5338} - 1 = 0,53\%$. Meer algemeen vinden we bij een toename d_F [%] van de fietsintensiteit een stijging van het aantal ongevallen met fietsers met $(1+d_F)^{0,5338} - 1$ (ten opzichte van de beginsituatie).
- Het risico voor de individuele fietser neemt dus af naarmate er meer fietsers zijn. Het risico wordt hier opgevat als het aantal ongevallen met fietsers per fietser (fietsongeval/F). Het risico voor de individuele fietser neemt bij een stijging van de fietsintensiteit met 1% af met $1,01^{-0,4662} - 1 = 0,46\%$. De daling van het risico wordt meer algemeen gegeven door $(1+d_F)^{-0,4662} - 1$.

In tabel 7.4 wordt dit verband cijfermatig weergegeven.

Toename fietsintensiteit [%]	Toename fietsongevallen [%]	Afname risico fietsongevallen [%]
1	0.53	-0.46
2	1.06	-0.92
3	1.59	-1.37
4	2.12	-1.81
5	2.64	-2.25
6	3.16	-2.68
7	3.68	-3.11
8	4.19	-3.52

9	4.71	-3.94
10	5.22	-4.35
15	7.75	-6.31
20	10.22	-8.15
25	12.65	-9.88
30	15.03	-11.51

Tabel 7.4: Toename fietsongevallen en daling individueel risico in functie van toenemende fietsintensiteit

Met dit model kunnen we niet alleen nagaan wat het effect is van een toenemende fietsmobiliteit op de verkeersveiligheid, we kunnen ook controleren wat het effect is van een concentratie of splitsing van fietsersstromen op de verkeersveiligheid. Een verdeling van een fietsersstroom over 2 evenwaardige wegen (zonder dat bijkomende fietsers worden aangetrokken) geeft een stijging van het aantal ongevallen met 38%. Een evenredige verdeling over beide wegen levert bovendien de meest nadelige situatie op voor de verkeersveiligheid. Een concentratie van fietsersstromen is dus bevorderlijk voor hun veiligheid.

7.3 Voertuig- en fietsintensiteiten

7.3.1 Bespreking van de modellen

We beperken ons in deze paragraaf tot de bespreking van de meer accurate modellen (2c) en (6c).

In tabel 7.5 wordt voor een aantal waarden van de voertuig- en fietsintensiteit het aantal ongevallen weergegeven. Hieruit blijkt dat het aantal ongevallen toeneemt met toenemende fietsintensiteit. Het aantal ongevallen neemt eveneens (ongeveer lineair) toe met de voertuigintensiteit tot een maximale waarde bij $I=16.000$ voertuigen per dag.

I	F	25	50	75	100	150	200	250	300	500	1.000
5.000		0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,25
7.500		0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,28	0,32	0,38
10.000		0,21	0,25	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,38	0,43	0,52
12.500		0,26	0,31	0,35	0,37	0,41	0,44	0,46	0,49	0,55	0,65
15.000		0,32	0,38	0,42	0,45	0,50	0,53	0,56	0,59	0,67	0,79
17.500		0,35	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59	0,62	0,65	0,74	0,87
20.000		0,35	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59	0,62	0,65	0,74	0,87
30.000		0,35	0,42	0,46	0,49	0,54	0,58	0,62	0,64	0,73	0,86
40.000		0,35	0,41	0,46	0,49	0,54	0,58	0,61	0,64	0,72	0,86
50.000		0,35	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58	0,61	0,64	0,72	0,85

Tabel 7.5: Aantal ongevallen i.f.v. I en F (volgens model (2c))

In tabel 7.6 gebeurt hetzelfde voor fietsongevallen. De conclusies houden grotendeels stand, maar hier zien we een iets grotere afname van het aantal ongevallen bij hoge voertuigintensiteiten. Het maximale aantal ongevallen met fietsers vinden we terug bij een voertuigintensiteit van ongeveer 15.000 voertuigen per dag.

I	F	25	50	75	100	150	200	250	300	500	1.000
5.000		0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,11
7.500		0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,14	0,19
10.000		0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,20	0,27
12.500		0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,26	0,35
15.000		0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,28	0,39
17.500		0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21	0,22	0,28	0,38
20.000		0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,27	0,37
30.000		0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,26	0,35
40.000		0,07	0,09	0,11	0,12	0,15	0,17	0,19	0,20	0,25	0,34
50.000		0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,33

Tabel 7.6: Aantal fietsongevallen i.f.v. I en F (volgens model (6c))

Een daling van het aantal ongevallen (met fietsers) bij hoge voertuigintensiteiten betekent niet noodzakelijk dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen beide. Wegkenmerken gecorreleerd met drukke wegen kunnen eveneens de tendens verklaren.

In het Vlaams Totaalplan Fiets (Min. Vlaamse Gemeenschap, 2002) wordt als doelstelling geformuleerd dat het aandeel van de fiets in het totale aantal verplaatsingen moet toenemen van 15% naar 19%, terwijl het aantal ongevallen met fietsers halveert. In tabel 7.7 wordt voor een aantal situaties die hierbij aanleunen nagegaan wat de impact is van een andere verkeerssamenstelling op het aantal ongevallen (met fietsers). Uitgangspunt is een doortocht met een intensiteit van 10.000 voertuigen per dag (voorsituatie).

In situatie 1 vertrekken we van een aandeel van 15% fietsers (1.500 fietsers per dag dus). Wanneer het autoverkeer vervolgens gesubstitueerd wordt door fietsverkeer totdat we een verhouding tussen fiets- en voertuigintensiteit bekomen van 19% (het totale aantal voertuigen blijft constant, elke bijkomende fiets vervangt 1 auto; na1 in tabel 7.7), constateren we een stijging van het aantal ongevallen met 1,4%. Het aantal ongevallen met fietsers neemt toe met 4,8%. Het aantal fietsers is toegenomen met 22%, het aantal auto's afgenomen met 3,4%.

Uit de beschikbare data blijkt dat een verhouding F/I van 5% meer aansluit bij de realiteit van de Vlaamse doortochten. Daarom is er een tweede berekening (na2 in tabel 7.7) gebeurd voor dezelfde voertuigintensiteit vooraf (10.000 voertuigen per dag), maar met 500 fietsers (5%) i.p.v. 1.500 (15%). Vervolgens wordt opnieuw een stijging van het aantal fietsers met 22% verondersteld (van 500 naar 612 fietsers). Deze 112 extra fietsers komen in de plaats van 112 voertuigen. Het aantal voertuigen neemt dus met 1,1% af tot 9888. Het aantal ongevallen stijgt nu met 3,8%, terwijl het aantal fietsongevallen toeneemt met 7,8%.

	I_{voor}	F_{voor}	F/I_{voor}	I_{na1}	F_{na1}	F/I_{na1}	Ongeval
Alle ongevallen	10.000	1.500	15%	9.664	1.836	19%	+1,4%
Fietsongevallen							+4,8%
	I_{voor}	F_{voor}	F/I_{voor}	I_{na2}	F_{na2}	F/I_{na2}	Ongeval
Alle ongevallen	10.000	500	5%	9.888	612	6%	+3,8%
Fietsongevallen							+7,8%

Tabel 7.7: Het aantal (fiets)ongevallen volgens modellen (2c) en (6c) voor een aantal situaties

In het Vlaams Totaalplan Fiets (2002) wordt, zoals gezegd, gesteld dat het aandeel fietsverplaatsingen moet toenemen van 15% tot 19%. Deze toename dient (nog volgens het Vlaams Totaalplan Fiets) gerealiseerd te worden bij een verwachte stijging van het aantal autoverplaatsingen met 8%. In praktijk betekent dit bijgevolg een stijging van het aantal fietsverplaatsingen met 38% (na3 in tabel 7.8) In dat geval verwachten we een stijging van het aantal ongevallen met 17.3%. Deze stijging is in belangrijke mate te wijten aan de stijging van het verkeersvolume. Het aantal ongevallen met fietsers neemt toe met 26,6%.

	I _{voor}	F _{voor}	I/F _{voor}	I _{na3}	F _{na3}	I/F _{na3}	Ongeval
Alle ongevallen	10.000	1.500	15%	10.800	2.070	19%	+17,3%
Fietsongevallen							+26,6%

Tabel 7.8: Het aantal (fiets)ongevallen volgens modellen (2c) en (6c)

De doelstelling van het Vlaams Totaalplan Fiets is dus niet zonder meer realiseerbaar. Een loutere substitutie van auto's door fietsen levert immers een stijging van het aantal fietsongevallen op. Er zijn dus ook andere maatregelen nodig zoals infrastructuurgrepen en een sterkere verlaging van het aantal auto's (bvb. door een overstap naar het openbaar vervoer). We merken op dat het risico voor de individuele fietser in alle gevallen afneemt. We hebben immers een stijging van het aantal fietsers met 22% respectievelijk 38%, terwijl het aantal ongevallen 'slechts' toeneemt met 5,3 tot 25,9%.

7.4 Weg- en omgevingskenmerken

7.4.1 Bespreking van de modellen

In tabel 7.9 wordt een overzicht gegeven van de resultaten van het model (3c). De parameters van het model (3c) werden eveneens berekend voor wegvakongevallen en kruispuntongevallen afzonderlijk. Deze resultaten worden gebruikt om de resultaten te duiden in hoofdstuk 9. Voor deze modellen werd niet naar het beste model gezocht passend bij de dataset. Het model werd berekend op basis van het basismodel ((3c) respectievelijk (7c)), waarbij de variabele *ongeval* / *fietsong* werd vervangen door *wegvong* / *fwegvong* respectievelijk *krpung* / *fkrpung*. Niet alle variabelen hebben dus steeds significante coëfficiënten. Niettemin bieden ze soms interessante interpretaties van de modelresultaten.

Parameter	Alle ongevallen		
	Alle	Wegvak	Kruispunt
Voertuigintensiteit (macht) (I<=16.000)	0,8552 (***)	0,8854 (***)	0,8248 (***)
Voertuigintensiteit (macht) (I>16.000)	-0,0238 (ns)	-0,2951 (ns)	0,2451 (ns)
Fietsintensiteit (macht)	0,1667 (***)	0,1640 (***)	0,1690 (***)
2 rijstroken	REF	REF	REF
3 rijstroken	+49% (***)	+27% (**)	+76% (***)
4 rijstroken	+50% (***)	+29% (***)	+76% (***)
Minstens 5 rijstr.	+433% (***)	+113% (ns)	+627% (***)
Lage/gemiddelde bebouwingsdichtheid	REF	REF	REF
Hoge bebouwingsdichtheid	+7% (*)	+16% (***)	-3% (ns)
Open bebouwing	REF	REF	REF
Halfopen bebouwing	+15% (***)	+29% (***)	+2% (ns)
Gesloten bebouwing	+24% (***)	+29% (***)	+19% (**)
Tweezijdige voetpaden	REF	REF	REF
Eenzijdige voetpaden	-2% (ns)	+12% (*)	-16% (**)

Geen voetpaden	-10% (**)	-1% (ns)	-19% (***)
Tweezijdige fietspaden	REF	REF	REF
Eenzijdige fietspaden	-8% (ns)	-9% (ns)	-7% (ns)
Geen fietspaden	-12% (**)	-7% (ns)	-16% (**)
Parkeerstrook langs beide zijden	REF	REF	REF
Parkeerstrook langs 1 zijde	-19% (***)	-17% (***)	-21% (***)
Geen parkeerstroken	-1% (ns)	-11% (*)	+10% (*)
Nabij komgrens	-6% (*)	-7% (ns)	-6% (ns)
Kleinschalige voorziening / menging	REF	REF	REF
Bewoning	-27% (***)	-25% (***)	-29% (***)
Grootschalige voorzieningen	-11% (*)	+14% (*)	-35% (***)

Tabel 7.9: Overzicht resultaten alle ongevallen (model (3c), vergeleken met parameters voor wegvak- en kruispuntongevallen; (ns: niet significant; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001)

In tabel 7.10 doen we hetzelfde voor de ongevallen met fietsers.

Parameter	Fietsongevallen		
	Alle	Wegvak	Kruispunt
Voertuigintensiteit (macht) (I<=12.500)	0,7049 (***)	0,5576 (**)	0,8251 (***)
Voertuigintensiteit (macht) (I>12.500)	-0,4203 (*)	-0,5688 (*)	-0,2939 (ns)
Fietsintensiteit (macht)	0,3533 (***)	0,3584 (***)	0,3491 (***)
2 rijstroken	REF	REF	REF
3 rijstroken	+89% (***)	+77% (***)	+100% (***)
4 rijstroken	+35% (**)	+46% (*)	+26% (ns)
Minstens 5 rijstr.	+444% (***)	+108% (ns)	+664% (***)
Lage/gemiddelde bebouwingsdichtheid	REF	REF	REF
Hoge bebouwingsdichtheid	+21% (**)	+25% (*)	+18% (ns)
Open bebouwing	REF	REF	REF
Halfopen bebouwing	+30% (***)	+24% (ns)	+36% (**)
Gesloten bebouwing	+32% (**)	+20% (ns)	+42% (**)
Tweezijdige voetpaden	REF	REF	REF
Eenzijdige voetpaden	+6% (ns)	+12% (ns)	+0% (ns)
Geen voetpaden	-27% (***)	-27% (**)	-27% (**)
Parkeerstrook langs beide zijden	REF	REF	REF
Parkeerstrook langs 1 zijde	-37% (***)	-40% (***)	-34% (**)
Geen parkeerstroken	+4% (ns)	-5% (ns)	+11% (ns)
Nabij komgrens	-24% (***)	-23% (*)	-25% (**)
Kleinschalige voorziening / menging	REF	REF	REF
Bewoning	-35% (***)	-34% (***)	-35% (***)
Grootschalige voorzieningen	-22% (*)	-3% (ns)	-37% (**)
Dubbelrichtingsfietspaden	+143% (***)	+128% (***)	+155% (***)
Dubbelzijdige fietspaden	+45% (***)	+45% (**)	+46% (**)
Geen fietspaden	REF	REF	REF

Tabel 7.10: Overzicht resultaten fietsongevallen (model (7c), vergeleken met parameters voor wegvak- en kruispuntongevallen; (ns: niet significant; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001)

Met betrekking tot de verkeersveiligheid van voorzieningen moeten de resultaten met de nodige voorzorg gehanteerd worden. De afwezigheid van een bepaalde voorziening geeft in de modellen vaak de meest veilige oplossing. Dit betekent niet dat ze in realiteit voor

die bepaalde situatie de veiligste oplossing is. Voorzieningen worden immers doorgaans aangelegd omdat een bepaalde situatie onveilig is. Op veilige locaties is er geen noodzaak voor de voorziening. Het model wekt dan verkeerdelijk de indruk dat het risico een gevolg is van de voorziening, maar meer waarschijnlijk is het risico een gevolg van allerhande kenmerken die gecorreleerd zijn met de al dan niet aanwezigheid van een voorziening. Verschillende types van een voorziening kunnen wel onderling vergeleken worden. Ook dit levert interessante inzichten op.

8. VERGELIJKING MET INTERNATIONALE LITERATUUR

Al lang wordt gepoogd het aantal ongevallen op wegsegmenten en kruispunten te voorspellen aan de hand van modellen. In de internationale literatuur vinden we dan ook een aanzienlijk aantal van zulke modellen terug. Het aantal modellen dat specifiek doortochten (of vergelijkbaar) behandelt, is evenwel beperkt. Modellen voor verschillende wegtypen worden dan ook aangehaald voor zover ze relevante variabelen bevatten.

Eén element hebben (bijna) alle modellen gemeen: de voertuigintensiteit. Zonder voertuigintensiteit hebben de modellen immers weinig voorspellende waarde. Dit is doorgaans ook een gegeven dat vrij gemakkelijk beschikbaar is. Intensiteiten van zachte weggebruikers zijn daarentegen zelden beschikbaar en komen dan ook maar zeer sporadisch voor in ongevallenmodellen.

Het vergelijken van verschillende modellen dient met de nodige omzichtigheid te gebeuren. De variabelen zijn immers vaak zeer verscheiden. Bovendien kunnen door correlaties tussen de variabelen verkeersveiligheidseffecten toegeschreven worden aan verschillende variabelen.

Het hoofdstuk wordt op dezelfde wijze opgedeeld als de hoofdstukken 4 en 5 naargelang het type model: enkel voertuigintensiteit, zowel voertuig als fietsintensiteit en modellen met weg- en omgevingskarakteristieken. Ter vergelijking worden de modellen die in dit rapport bepaald werden eveneens herhaald, gevolgd door modellen van hetzelfde type uit de literatuur (bij voorkeur voor bebouwde omgevingen).

8.1 Modellen met enkel voertuigintensiteit

We herhalen hier kort de modellen die afgeleid werden op basis van de Vlaamse cijfers:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,29 * \mathbf{I}_1^{1,1606} * \mathbf{I}_2^{0,0808} * \mathbf{C}_{\text{int}} \quad (1c)$$

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 4,81 * \mathbf{I}_1^{1,3454} * \mathbf{I}_2^{-0,3046} * \mathbf{C}_{\text{int}} \quad (4c)$$

Voor de beschrijving van de modellen verwijzen we naar de desbetreffende hoofdstukken.

8.1.1 De literatuur

Greibe (2003) vond voor stedelijke wegen in Denemarken:

$$\text{Aantal ongevallen} = 2,44 * 10^{-3} * \mathbf{I}^{0,75}$$

Het betreft het aantal ongevallen per km weglengte per jaar (merk op dat in de modellen hierboven het aantal ongevallen per 100 m wordt gegeven). Greibe hanteerde een gelijkaardige werkwijze als deze die in dit onderzoek gebruikt werd. De wegen kenden voertuigintensiteiten tot ongeveer 16.000 voertuigen per dag. We vergelijken de macht die hij vond (0,75) dus met de waarde die wij vinden voor voertuigintensiteiten tot 16.000 voertuigen per dag (=1,16).

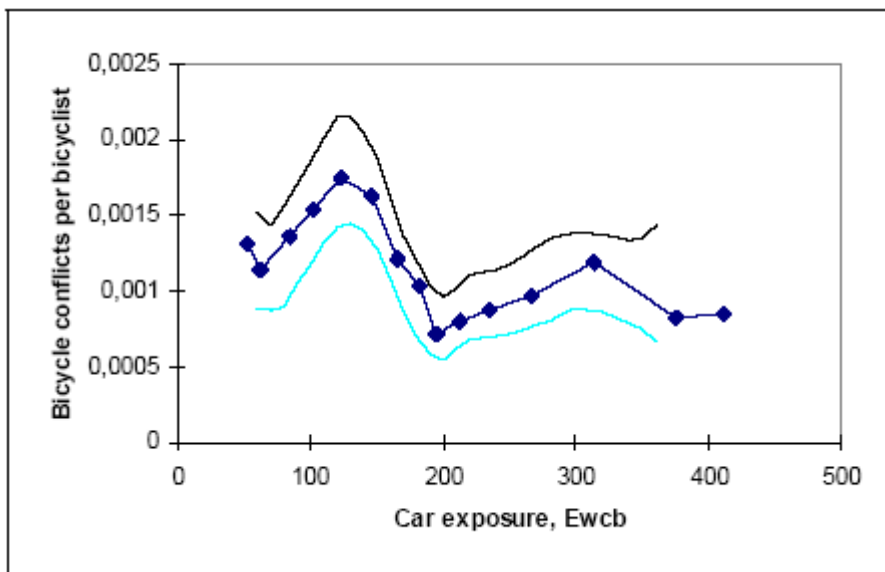
Montella (2004) vond voor landelijke wegen in Italië het volgende verband:

$$\text{Aantal ongevallen} = 1,68 * 10^{-4} * \mathbf{L}^{0,9648} * \mathbf{I}^{0,9722}$$

L is hierin de lengte van het wegsegment.

Ardekani et al. (1999) geven een overzicht van een aantal modellen van dezelfde vorm. Zij geven machten van 0,7 tot 1,14.

Ekman (1995) stelt een Risk Performance Function voor met betrekking tot het risico voor de fietser ten opzichte van de blootstelling aan autoverkeer (fig. 8.1). We stellen vast dat deze functie een meer grillig verloop kent dan deze gehanteerd door de gangbare modellen. Er is dus moeilijk een eenduidig verband vast te stellen tussen risico en blootstelling.



Figuur 8.1: Fietsconflicten per fietser versus autointensiteit (Risk Performance Function)

Bron: Ekman (1995)

Jonsson (2005) geeft voor voertuig-voertuig-ongevallen en fietsongevallen op stedelijke wegsegmenten in Zweden:

$$\text{Aantal ongevallen} = 4,00 \cdot 10^{-6} \cdot I^{1,40}$$

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 8,22 \cdot 10^{-3} \cdot I^{0,59}$$

Concluderend kunnen we stellen dat de macht bij de voertuigintensiteit schommelt rond 1, met waarden tussen 0,7 en 1,4. De voertuigintensiteiten uit de meeste studies zijn doorgaans laag naar Vlaamse normen. We vergelijken de machtsfunctie dus steeds best met de waarde 1,16 die afgeleid werd in het model met de samengestelde machtsfunctie. Voor de bepaling van het aantal fietsongevallen merken we wel een groot verschil tussen Jonsson (2005) en de resultaten uit deze studie. In deze studie vinden we dat het aantal fietsongevallen veel sterker beïnvloed wordt door de voertuigintensiteit.

8.1.2 Bespreking

Voertuigintensiteit is doorgaans het eerste kenmerk dat gebruikt wordt bij de voorspelling van het aantal ongevallen. Het verklaart dan ook het grootste deel van de systematische variatie in het aantal ongevallen.

In vergelijking met de meeste studies die in de literatuur genoemd worden, is de macht 1,16 eerder hoog. De macht 0,84 die we vonden in het eenvoudigste model (1a) past beter in het rijtje. Deze lagere macht is echter voornamelijk te wijten aan een verlaagd risico bij de hoge intensiteiten. Het model (1a) heeft zoals gesteld ook een slechtere fit met de data. De macht 1,16 sluit dus beter aan bij de beschikbare data en is dus meer realistisch voor wegen met eerder beperkte voertuigintensiteit (≤ 16.000 voertuigen per dag). Niettemin zijn er ook modellen met een macht groter dan 1. Jonsson (2005) vindt zelfs een macht van 1,40. Hij wijt deze hoge macht aan mogelijke correlaties in de data. Bovendien speelt ook de aanwezigheid van kleine zijstraten een rol. Een belangrijk aandeel van de ongevallen speelt zich immers af op deze kruispunten. Wegen met druk verkeer zijn doorgaans gelegen in gebieden met drukker verkeer en dus kan er ook meer verkeer uit deze zijstraatjes verwacht worden. Als dusdanig bevat de parameter voertuigintensiteit niet enkel de intensiteit op de hoofdweg, maar bevat hij ook informatie over het aantal conflicten met kruisend verkeer.

Uit model (4c) leerden we dat het aantal ongevallen met fietsers afneemt bij hoge voertuigintensiteiten (>12.500 voertuigen per dag). We merken bij Ekman eveneens een hoger risico voor de fietser bij relatief lage voertuigintensiteiten en een lager bij hoge voertuigintensiteiten. De grafiek leert ons ook dat het niet eenvoudig is een eenduidige relatie te definiëren tussen risico en blootstelling.

Jonsson (2005) vond een veel kleinere impact van het autoverkeer op ongevallen met fietsers. Hij vond namelijk een macht van 0,59 tegenover een macht van 1,35 (volgens model (4c)) of zelfs 0,82 (volgens model (4a)).

We vonden steeds dat het aantal ongevallen toeneemt met de voertuigintensiteit. De macht bij de voertuigintensiteit is ook groter dan 1 (althans volgens het beste model (1c)). Dit betekent dat het individuele risico op een ongeval toeneemt bij toenemende drukte van het autoverkeer. Vanaf een voertuigintensiteit van ongeveer 16.000 voertuigen per dag stabiliseert het aantal ongevallen. Het risico neemt dan ook (lineair) af met het aantal voertuigen.

Voor ongevallen met fietsers zien we een gelijkaardig verloop. Hier zien we zelfs een afname van het aantal fietsongevallen bij hoge voertuigintensiteiten en bijgevolg een meer dan lineaire afname van het risico.

De Risk Performance Function van Ekman suggereert dat het eenvoudig verband tussen blootstelling en ongevalrisico dat doorgaans gehanteerd wordt wel eens ontoereikend kan zijn. De vaststellingen n.a.v. de indeling van intensiteiten in klassen lijken dit te bevestigen. De eenvoudige functie die doorgaans gehanteerd wordt, zou wel eens ontoereikend kunnen zijn (zeker bij een groot bereik van voertuigintensiteiten).

8.2 Modellen met enkel fietsintensiteit

We herhalen hier kort het model dat afgeleid werd op basis van de Vlaamse cijfers:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 6,54 \cdot 10^{-3} \cdot \mathbf{F}^{0,5338} \quad (5a)$$

8.2.1 De literatuur

In de literatuur vinden we een aantal werken die het verband tussen fietsintensiteit en ongevalsrisico weergeven. Vaak wordt verwezen naar enerzijds Ekman (1996) en anderzijds naar Leden, Garder en Pulkkinen (2000), beide afgeleid voor kruispunten. Op basis van deze laatste cijfers komen we zelf tot een macht van ongeveer 0,32 bij de fietsintensiteit.

Wardlaw (2002) verwijst naar beide Scandinavische studies (Ekman, 1996 en Leden, Garder en Pulkkinen, 2000) en besluit dat het verband tussen fietsintensiteit en het risico per fietser gegeven wordt door een macht -0,6 tot -0,7. Dit betekent dat de macht die het verband geeft tussen de fietsintensiteit en het aantal ongevallen met fietsers 0,3 tot 0,4 bedraagt.

Jacobsen (2003) stelt een macht van 0,4 voorop voor het verband tussen het aantal ongevallen en het gebruik van een kruispunt door fietsers. Hij verwijst daarbij eveneens naar de studie uitgevoerd door Leden, Garder en Pulkkinen (2000).

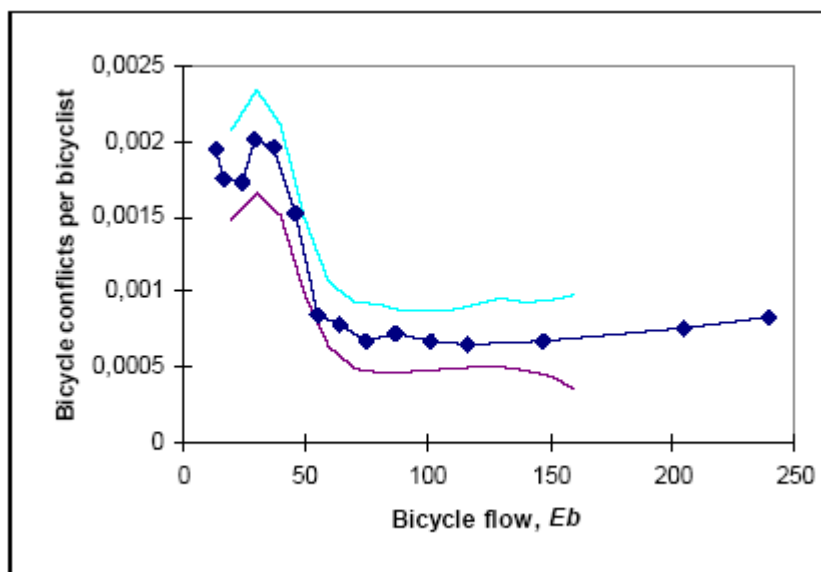
Franklin (2002) stelt dat voor elke verdubbeling van het fietsgebruik het risico per fietser afneemt met 37%. Dit komt overeen met een macht van 0,33 voor het verband tussen het aantal ongevallen met fietsers en het fietsgebruik.

Busi (1998) geeft een model met enkel (brom)fietsintensiteiten als verklarende variabele:

$$\text{Aantal (brom)fietsongevallen} = 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot F^{0,87}$$

Het model is gebaseerd op Deense cijfers. We merken op dat de macht bij de (brom)fietsintensiteit hier veel groter is dan in de vorige.

Ekman (1995) stelt een Risk Performance Function voor met betrekking tot het risico voor de fietser ten opzichte van de fietsintensiteit (fig. 8.2). We stellen hier een scherpe daling vast van het risico vanaf een fietsintensiteit van ongeveer 50 fietsers per uur, met nadien een quasi constant tot licht stijgend verloop.



Figuur 8.2: Fietsconflicten per fietser versus fietsintensiteit

Bron: Ekman (1995)

Jonsson (2005) geeft voor fietsongevallen op stedelijke wegsegmenten in Zweden:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 7,65 \cdot 10^{-2} \cdot \mathbf{F}^{0,47}$$

8.2.2 *Bespreking*

De waarde voor de macht (0,53) past in het rijtje dat we in de internationale literatuur terugvinden. Daar vinden we waarden van 0,32 tot 0,87. Verscheidene van de geciteerde studies werden evenwel op een hoger niveau bepaald (op stedelijk of landelijk niveau). Jonsson (2005) baseert zich eveneens op wegsegmenten, gesitueerd in een aantal Zweedse gemeenten. De waarde die hij vindt, ligt aardig in de buurt van de waarde die gevonden wordt op basis van de Vlaamse cijfers.

Het aantal fietsongevallen neemt zoals verwacht toe met de fietsintensiteit (macht groter dan 0). De macht bij de fietsintensiteit is in alle geciteerde gevallen kleiner dan 1. Dit betekent dat bij toenemende intensiteit de toename van het aantal (fiets)ongevallen enigszins afvlakt. Dit betekent dat het individuele risico op een ongeval afneemt bij toenemende drukte. Concentreren van fietsersstromen is vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid dan ook voordelig.

Waar voor de voertuigintensiteit een bijna lineair verband bestaat met de fietsongevallen, merken we voor fietsintensiteit een vierkantswortel als beschrijvend verband met het aantal fietsongevallen.

8.3 Modellen met voertuig- en fietsintensiteit

We herhalen hier kort de modellen die afgeleid werden op basis van de Vlaamse cijfers:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,20 \cdot \mathbf{I}_1^{1,0493} \cdot \mathbf{I}_2^{-0,0220} \cdot \mathbf{C}_{\text{int}} \cdot \mathbf{F}^{0,2446} \quad (2c)$$

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 5,97 \cdot 10^{-2} \cdot \mathbf{I}_1^{1,2240} \cdot \mathbf{I}_2^{-0,1220} \cdot \mathbf{C}_{\text{int}} \cdot \mathbf{F}^{0,4397} \quad (6c)$$

Voor de beschrijving van de modellen verwijzen we naar de desbetreffende hoofdstukken.

8.3.1 *De literatuur*

Modellen met fietsintensiteiten zijn zeldzaam door de beperkte beschikbaarheid van deze gegevens. Toch vonden we een aantal modellen in de literatuur die zowel fiets- als voertuigintensiteiten als (enige) verklarende variabelen hanteren.

Greibe (2003) vond:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 4,44 \cdot 10^{-5} \cdot \mathbf{I}^{0,68} \cdot \mathbf{F}^{0,49}$$

Het betreft het aantal ongevallen met (brom)fietsers per km weglengte per jaar. De studie werd grotendeels op dezelfde manier opgevat als de in dit rapport behandelde Vlaamse studie. De gelijkennis van de resultaten met model (6a) is opvallend.

Busi (1998) vond:

$$\text{Aantal gedode en zwaargewonde (brom)fietsers} = 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Cyckm}^{0,66} \cdot \text{Carkm}^{1,11}$$

Deze formule geeft het aantal gedode en zwaargewonde fietsers per maand in stedelijke gebieden in Denemarken. Cyckm staat voor het aantal jaarlijkse (brom)fietskilometers, Carkm voor het jaarlijkse aantal afgelegde voertuigkilometers. Zoals gewoonlijk is het aantal slachtoffers meer gevoelig voor een wijziging in voertuigkilometers dan voor (brom)fietskilometers. We merken hier trouwens bij voertuigafstand een macht groter dan 1.

Jonsson (2005) geeft voor fietsongevallen op stedelijke wegsegmenten in Zweden:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 9,61 \cdot 10^{-4} \cdot \mathbf{I}^{0,52} \cdot \mathbf{F}^{0,42}$$

Er zijn geen modellen teruggevonden die het totale aantal ongevallen (ook deze waarbij geen fietsers betrokken zijn) verklaren aan de hand van I en F.

8.3.2 Bespreking

De gelijkennis tussen het model van Greibe en het Vlaamse (eenvoudige) model is opvallend. De vergelijking met het model van Busi is moeilijker omdat er een andere blootstellingsmaat gehanteerd wordt (kilometers in plaats van verplaatsingen). Bij Jonsson ligt de macht die de invloed van het autoverkeer weergeeft heel wat lager. Ze is vergelijkbaar met deze behorend bij de fietsintensiteit, terwijl in de meeste modellen de voertuigintensiteit een duidelijk grotere impact (grotere macht) heeft op het aantal fietsongevallen dan de fietsintensiteit zelf.

8.4 Model met weg- en omgevingskenmerken

We herhalen hier kort de modellen die afgeleid werden op basis van de Vlaamse cijfers:

$$\text{Aantal ongevallen} = \frac{0,287 \cdot \mathbf{I}_1^{0,8552} \cdot \mathbf{I}_2^{-0,0238} \cdot \mathbf{C}_{\text{int}} \cdot \mathbf{F}^{0,1667} \cdot \mathbf{C}_{\text{rijstr}} \cdot \mathbf{C}_{\text{bbmin}}}{\mathbf{C}_{\text{morfgem}} \cdot \mathbf{C}_{\text{voet}} \cdot \mathbf{C}_{\text{fiets}} \cdot \mathbf{C}_{\text{parkeer}} \cdot \mathbf{C}_{\text{kongrens}} \cdot \mathbf{C}_{\text{functie}}} \quad (3c)$$

$$\text{Aantal fietsongevallen} = \frac{97,12 \cdot \mathbf{I}_1^{0,8477} \cdot \mathbf{I}_2^{-0,8629} \cdot \mathbf{C}_{\text{int}} \cdot \mathbf{F}^{0,3600} \cdot \mathbf{C}_{\text{rijstr}}}{\mathbf{C}_{\text{bbmin}} \cdot \mathbf{C}_{\text{morfgem}} \cdot \mathbf{C}_{\text{voet}} \cdot \mathbf{C}_{\text{fiets}} \cdot \mathbf{C}_{\text{parkeer}} \cdot \mathbf{C}_{\text{kongrens}} \cdot \mathbf{C}_{\text{functie}}} \quad (7c)$$

Voor de beschrijving van de modellen verwijzen we naar de desbetreffende hoofdstukken.

8.4.1 De literatuur

Diverse weg- en omgevingskenmerken zijn reeds aan bod gekomen in ongevallenmodellen. De vergelijking van verschillende modellen is problematisch door correlaties, onduidelijke definities, beperking tot (andere) wegtypen. We beperken ons dan ook tot een korte opsomming van een aantal relevante modellen.

De meeste modellen zijn niet specifiek voor bebouwde omgevingen opgesteld. Vaak betreft het snelwegen of toch minstens landelijke wegen. Niettemin kunnen een aantal van deze modellen kenmerken bevatten die toch ook van belang zijn voor wegsegmenten in doortochten. Ze worden daarom hier ook vermeld.

Greibe (2003) vond als relevante variabelen voor het bepalen van het ongevalrisico op stedelijke wegvakken de voertuigintensiteit, de snelheidslimiet, de wegbreedte, het aantal uitritten per km, het aantal kleine zijwegen per km, de parkeersituatie en het landgebruik. Het model wordt gegeven door:

$$E(\mu) = 6,09 \cdot 10^{-4} \cdot I^{0,80} \cdot C_{\text{speed}} \cdot C_{\text{width}} \cdot C_{\text{exits}} \cdot C_{\text{sideroads}} \cdot C_{\text{parking}} \cdot C_{\text{landuse}}$$

C_{speed}	= 2,25 bij snelheidslimiet 50 km/h = 2,85 bij snelheidslimiet 60 km/h = 1 bij snelheidslimiet 70 km/h
C_{width}	= 0,83 bij een wegbreedte van 5,0-7,5 m = 0,68 bij een wegbreedte van 8,0-8,5 m = 0,80 bij een wegbreedte van 9,0-15,0 m
C_{exits}	= 1
$C_{\text{sideroads}}$	= 0,72 als er geen zijwegen op toekomen = 0,75 als er 0-5 zijwegen (per km) op toekomen = 1 als er 5-10 zijwegen op toekomen = 1,25 als er meer dan 10 zijwegen op toekomen
C_{parking}	= 1,19 als parkeren verboden is = 1 als parkeren zeldzaam is = 1,77 als er gemarkeerde parkeerplaatsen langs de stoep zijn
C_{landuse}	= 2,44 als er winkels zijn = 1,56 als er flatgebouwen zijn = 1,58 in industrie- of woonzone = 1 bij verspreide bebouwing

Enkel de functies langs het wegvak zijn gemeenschappelijk met het in deze studie afgeleide model. Door de andere categorieën is een vergelijking moeilijk, maar ook hier merken we dat straten met enkel een woonfunctie opmerkelijk veiliger zijn. Voorts merken we een sterke overeenkomst tussen dit model en model (3c) wat betreft de macht bij de voertuigintensiteit.

Millot en Brenac (2001) vonden voor het aantal ongevallen op wegsegmenten in een stedelijke omgeving over een periode van 7 jaar:

$$ACC = e^{-12,66} \cdot LONG \cdot TRAF^{0,922} \cdot DCOAF^{0,085} \cdot C_{\text{gdsurf}} \cdot C_{\text{entree-ville}}$$

Met:

- ACC: het totale aantal ongevallen over een periode van 7 jaren;
- LONG: de lengte van het wegsegment in m;
- TRAF: de gemiddelde dagintensiteit (voertuigen per dag);
- DCOAF: de dichtheid van winkels en zaken per km;

C_{gdsurf} : 0,377 wanneer de weg langs grote winkels gelegen is, 1 indien niet;
 $C_{entree-ville}$: 0,593 wanneer de weg gesitueerd is bij de toegang tot de kern, 1 indien niet.

Ook hier merken we weer dat de functies langs de weg een significante impact hebben op de verkeersveiligheid. Hoe meer winkels, hoe onveiligere de straat en grote winkelvestigingen gaan ook hier gepaard met een veiliger weg. Bovendien merken we ook hier dat de komgrens relatief veilig is. De macht bij de voertuigintensiteit ligt weer in dezelfde grootte-orde als deze van model (3c).

Jonsson (2005) geeft voor fietsongevallen:

$$E(\mu) = 2,16 \cdot 10^{-4} * L * I^{0,76} * F^{0,35} * C_{landuse} * C_{function} * C_{visibility} / 5$$

Met:

L: lengte van het wegsegment;

$C_{landuse}$: 1 bij een residentiële, commerciële of dienstenfunctie, 0,6 bij een industriële inkleding of geen aanwezige functies;

$C_{function}$: 1 bij wegen met een belangrijk aandeel doorgaand verkeer (doortocht, invalsweg, bypass), 1,36 bij tangenten (rakend aan kern) en 1,94 bij centrumwegen;

$C_{visibility}$: 0,71 bij wegen met goede zichtbaarheid, 1 bij wegen met normale zichtbaarheid en 1,62 bij wegen met slechte zichtbaarheid.

Er wordt door 5 gedeeld omdat het totale aantal ongevallen over 5 jaren werd gebruikt. Het model geeft het jaarlijks aantal verwachte ongevallen met fietsers.

Ook hier weer verschijnt de aanwezigheid van bepaalde functies als een parameter met een significant effect op de verkeersveiligheid. Hier werden echter de residentiële, commerciële en dienstenfunctie bij elkaar genomen zodat een vergelijking met de resultaten van model (7c) niet mogelijk is. Ook hier zijn de machten bij voertuig- en fietsintensiteiten sterk vergelijkbaar met deze bepaald in model (7c).

Een model voor fietsongevallen zonder fietsintensiteiten wordt eveneens gegeven door Jonsson (2005):

$$E(\mu) = 4,73 \cdot 10^{-4} * L * I^{0,93} * C_{landuse} * C_{function} * C_{speed\ limit} / 5$$

Met:

L: lengte van het wegsegment;

$C_{landuse}$: 1 bij een residentiële of dienstenfunctie, 1,20 bij een commerciële functie, 0,62 bij een industriële inkleding en 0,29 bij afwezigheid van functies;

$C_{function}$: 1 bij wegen met een belangrijk aandeel doorgaand verkeer (doortocht, invalsweg, bypass), 1,36 bij tangenten (rakend aan kern) en 2,87 bij centrumwegen;

$C_{speed\ limit}$: 0,11 bij wegen met een snelheidslimiet van 30 km/h, 0,83 bij wegen met een aanbevolen snelheid van 30 km/h, 1 bij wegen met een snelheidslimiet van 50 km/h en 0,59 bij wegen met een snelheidslimiet van 70 km/h.

Een model met nog enkele extra verklarende variabelen wordt gegeven door (Jonsson, 2005):

$$E(\mu) = 8,00 \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot I^{0,89} \cdot C_{landuse} \cdot C_{function} \cdot C_{speed\ limit} \cdot C_{visibility} \cdot C_{separation} \cdot X^{0,17} / 5$$

Met:

L: lengte van het wegsegment;

$C_{landuse}$: 1 bij een residentiële of dienstenfunctie, 1,23 bij een commerciële functie, 0,73 bij een industriële inkleding en 0,36 bij afwezigheid van functies;

$C_{function}$: 1 bij wegen met een belangrijk aandeel doorgaand verkeer (doortocht, invalsweg, bypass), 1,45 bij tangenten (rakend aan kern) en 2,33 bij centrumwegen;

$C_{speed\ limit}$: 0,12 bij wegen met een snelheidslimiet van 30 km/h, 0,73 bij wegen met een aanbevolen snelheid van 30 km/h, 1 bij wegen met een snelheidslimiet van 50 km/h en 0,58 bij wegen met een snelheidslimiet van 70 km/h;

$C_{visibility}$: 0,67 bij wegen met goede zichtbaarheid, 1 bij wegen met normale zichtbaarheid en 1,53 bij wegen met slechte zichtbaarheid;

$C_{separation}$: 1 voor straten waar fietsen niet raadzaam wordt geacht of straten met een afgescheiden fietspad parallel met de straat en 0,56 voor straten met gemengd verkeer of een fietsstrook;

X: het aantal kleine kruispunten met 3 of 4 armen per km weglengte.

De conclusies zijn grotendeels gelijk. Hier merken we wel dat straten met een residentiële of dienstenfunctie veiliger zijn dan straten met een commerciële functie. Dit sluit aan bij de bevinding dat wegen met enkel een woonfunctie veiliger zijn dan wegen met kleinschalige voorzieningen. Een exacte vergelijking is niet mogelijk gezien de verschillende invullingen van de begrippen.

Jonsson (2005) merkt nog op dat modellen voor fietsongevallen zonder fietsintensiteiten veel minder van de systematische variatie kunnen verklaren in vergelijking tot modellen met fietsintensiteiten.

Voor ongevallen met voertuigen geeft Jonsson (2005):

$$E(\mu) = 4,52 \cdot 10^{-6} \cdot L \cdot I^{1,38} \cdot X^{0,41} \cdot C_{function} \cdot C_{speed\ limit} \cdot C_{exit} / 5$$

Met:

L: lengte van het wegsegment;

X: het aantal kleine kruispunten met 3 of 4 armen per km segmentlengte;

$C_{function}$: 1 bij wegen met een belangrijk aandeel doorgaand verkeer (doortocht, invalsweg, bypass), 1,25 bij tangenten (rakend aan kern) en 2,18 bij centrumwegen;

$C_{speed\ limit}$: 0,09 bij wegen met 30 km/h snelheidslimiet, 0,46 bij wegen met 30 km/h aanbevolen snelheid, 1 bij wegen met 50 km/h snelheidslimiet en 1,05 bij wegen met 70 km/h snelheidslimiet;

C_{exit} : 1 wanneer er belangrijke uitritten zijn, 1,40 wanneer er geen belangrijke uitritten zijn.

Opvallend in dit model is de grote macht bij de voertuigintensiteit. Deze is van de grootte-orde van de macht die we vonden in de modellen met enkel intensiteitsparameters.

8.4.2 *Bespreking*

Een vergelijking tussen de verschillende modellen is moeilijk. De verschillende modellen bevatten immers verschillende weg- en omgevingskarakteristieken. Door correlaties tussen de verschillende variabelen kunnen er verschuivingen optreden in de berekende parameters. Het is dan niet steeds even goed mogelijk de juiste impact van de verschillende aspecten te duiden.

In de verschillende modellen worden verschillende parameters gehanteerd. Voertuigintensiteit is steeds aanwezig. Daarnaast worden ook steeds op een of andere manier de aanwezige functies langs de rijweg in rekening gebracht als een significante parameter. De resultaten van de modellen zijn in grote mate gelijklopend met deze van de hier afgeleide modellen.

9. DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de afgeleide modellen besproken. Per variabele wordt nagegaan wat de invloed is op de verkeersveiligheid. Waar beschikbaar wordt gerefereerd naar internationaal onderzoek.

In tabel 6.9 werd een overzicht gegeven van de resultaten van het model (3c). In tabel 6.10 gebeurde hetzelfde voor model (7c). De parameters van de modellen (3c) en (7c) werden eveneens berekend voor wegvakongevallen en kruispuntongevallen afzonderlijk. Deze resultaten worden gebruikt om de resultaten te duiden in dit hoofdstuk. Voor deze modellen werd niet naar het beste model gezocht passend bij de dataset. Het model werd berekend op basis van het basismodel ((3c) respectievelijk (7c)), waarbij de variabele ongeval / fietsong werd vervangen door wegvong / fwegvong (wegvakongevallen) respectievelijk krpong / fkrpong (kruispuntongevallen). Niet alle variabelen hebben dus steeds significante coëfficiënten. Niettemin bieden ze soms interessante interpretaties van de modelresultaten. Een voordeel van deze werkwijze is dat de modellen steeds bepaald zijn op dezelfde deelset.

9.1 Voertuigintensiteit

Voertuigintensiteit is doorgaans het eerste kenmerk (en vaak ook het enige) dat gebruikt wordt bij de voorspelling van het aantal ongevallen. Intensiteit is de parameter die de systematische variatie in ongevallen het best verklaart (Jonsson, 2005).

Het verband tussen voertuigintensiteit en aantal ongevallen lijkt niet zo eenvoudig als meestal wordt gesteld. Doorgaans wordt voor dit verband een eenvoudige logaritmische functie gehanteerd. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat dit niet het beste resultaat geeft. Voor grote intensiteiten wordt het aantal ongevallen zo immers sterk overschat. Een samengestelde functie sluit in dit opzicht beter aan bij de realiteit. Dit maakt de interpretatie van de modelresultaten wel wat ingewikkelder.

We vonden zoals verwacht dat het aantal (fiets)ongevallen in het algemeen toeneemt met de voertuigintensiteit (macht bij intensiteit groter dan 0). Voor relatief lage voertuigintensiteiten zien we een macht die groter is dan 1. Het risico voor het individu, uitgedrukt als het aantal ongevallen gedeeld door de voertuigintensiteit, neemt bijgevolg toe. Een deel van dit effect kan mogelijk toegeschreven worden aan weg- en omgevingskenmerken. Wanneer we enkel voertuigintensiteit hanteren als verklarende variabele is de macht erbij groter dan 1. Wanneer ook weg- en omgevingskenmerken worden toegevoegd, wordt de macht kleiner dan 1. Volgens dit model neemt het aantal ongevallen minder snel toe dan het aantal voertuigen en het risico voor het individu neemt dus af bij toenemende voertuigintensiteit. Het gecombineerde effect van intensiteit en wegkenmerken zorgt voor een toename van het risico. We denken bijvoorbeeld aan het aantal rijstroken. Meer rijstroken zijn nodig om een groter aantal wagens te kunnen verwerken. Tegelijkertijd maken meer rijstroken het rijden ingewikkelder aangezien de bestuurder met meer mogelijkheden rekening moet houden (achteropkomend verkeer bij rijbaanveranderingen, meer rijbanen kruisen bij afslaan bewegingen, ...).

Bovenstaande analyse gaat enkel op voor relatief lage voertuigintensiteiten (tot ongeveer 16.000 voertuigen per dag). Daarboven constateren we een quasi constant blijvend aantal ongevallen. Het aantal fietsongevallen neemt zelfs af (reeds vanaf een voertuigintensiteit van ongeveer 12.500 voertuigen per dag). De oorzaak hiervan ligt mogelijk bij wegkenmerken die gecorreleerd zijn met drukke wegen (rijbaanscheiding, duidelijkere afscheiding van zachte weggebruikers, ...).

De macht die bij de voertuigintensiteit verschijnt, verschilt nogal van het eenvoudige model met enkel voertuigintensiteit (1c) ten opzichte van het uitgebreide model met

weg- en omgevingskenmerken (3c). Dit wijst mogelijk op correlaties tussen de verschillende variabelen (Jonsson 2005). Deze correlaties kunnen de modelresultaten beïnvloeden. Wanneer de gevonden coëfficiënten sterk wijzigen bij het toevoegen van een nieuwe variabele aan het model, kan dit wijzen op een sterke correlatie tussen een aantal variabelen. Dit was onder meer het geval met de variabelen voertuigintensiteit en aantal rijstroken. Wegen met meer rijstroken hebben waarschijnlijk gemiddeld meer voertuigen. Dit verklaart mee de aanzienlijke verschillen die gevonden worden bij de coëfficiënt bij de voertuigintensiteit.

Voor hoge voertuigintensiteiten is er geen significante toename of afname van het aantal ongevallen. Ook voor kruispunt- en wegvakongevallen is er geen significante daling of stijging waar te nemen.

Hauer (2000) geeft een overzicht van een aantal modellen waarin onder andere de voertuigintensiteit is opgenomen. De coëfficiënten van deze modellen variëren van 0,5775 tot 1,1758. Deze modellen zijn afgeleid voor zeer diverse wegtypen (vaak landelijke (snel)wegen) en soms ook voor specifieke ongevaltypen. De vergelijking is dan ook niet sluitend. In het vorige hoofdstuk vonden we waarden voor de macht bij de voertuigintensiteit van 0,7 tot 1,4. De hier gevonden macht valt binnen dit bereik. Jonsson (2005) geeft als mogelijke verklaring voor de machten hoger dan 1 dat de voertuigintensiteit op de hoofdstraat is gecorreleerd met de intensiteiten in de zijstraatjes. De voertuigintensiteit telt dus meer door, vooral met betrekking tot de ongevallen op de kruispunten.

9.2 Fietsintensiteit

Net zoals voor de voertuigintensiteit neemt het aantal (fiets)ongevallen toe bij toenemende fietsintensiteit (macht groter dan 0). Hier stellen we vast dat het aantal (fiets)ongevallen in alle modellen minder dan recht evenredig toeneemt met de fietsintensiteit (macht kleiner dan 1). Het risico voor de individuele weggebruiker neemt dus af bij toenemende fietsintensiteit (en gelijkblijvende andere variabelen). Een concentratie van fietsers op een bepaalde as is vanuit het oogpunt verkeersveiligheid dan ook aan te raden.

Verder merken we dat het aantal ongevallen met fietsers sterker reageert op de fietsintensiteit dan het totale aantal letselongevallen (macht groter bij fietsongevallen dan bij alle ongevallen). Dit lijkt niet meer dan logisch. De gevonden macht sluit vrij goed aan bij de modellen gevonden in de internationale literatuur (Greibe, 2003; Jonsson, 2005; Jacobsen, 2003).

De Fietsersbond Nederland (www.fietsersbond.nl) vond aan de hand van de cijfers van de Fietsbalans dat men als fietser in gemeenten met een hoog fietsgebruik 41% minder kans heeft om gewond te raken bij een verkeersongeval in vergelijking met gemeenten met een laag fietsgebruik. Het fietsgebruik varieert van 13% tot 48% van alle korte ritten. Deze resultaten ondersteunen de resultaten van de studie over Vlaamse doortochten. De cijfers zijn niet rechtstreeks met elkaar te vergelijken, gezien de grote verschillen in methodiek. Bovendien is niet aangegeven wat een hoog dan wel een laag fietsgebruik inhoudt. De trend blijft evenwel gelijk: meer fietsers, minder risico voor de individuele fietser.

Er kan echter niet zomaar gesteld worden dat het aantal fietsers rechtstreeks het aantal ongevallen met fietsers bepaalt. Er wordt waarschijnlijk wel meer rekening gehouden met fietsers als er meer zijn (de kans is groter dat je er op dat wegvak al bent tegengekomen). Anderzijds kan het fietsgebruik hoger zijn als de omstandigheden beter (veiliger) zijn voor de fietsers of neemt het gemeentebestuur meer fietsvriendelijke

maatregelen als er meer fietsers zijn. Of er zijn gewoon minder fietsers omdat het niet veilig is voor hen. Beide elementen beïnvloeden mekaar. We kunnen enkel stellen dat er een verband bestaat tussen het aantal fietsers en het aantal ongevallen met fietsers.

9.3 Rijstroken

Uit modellen (3c) en (7c) leren we dat het aantal ongevallen op wegen met 3 of 4 rijstroken beduidend groter is (ongeveer 50% extra ongevallen ten opzichte van wegen met 2 rijstroken). Het aantal wegvakongevallen ligt een kleine 30% hoger in vergelijking met wegen met 2 rijstroken. Dit kleinere aandeel kan gedeeltelijk verklaard worden door de aard van de data. Het aantal rijstroken omvat immers ook afslagstroken en voorsorteer- of invoegstroken. Dit betekent dat wegvakken met meer dan 2 rijstroken vaker zullen voorkomen nabij kruispunten. Het spreekt voor zich dat het totale aantal ongevallen op zulke wegvakken hoger ligt.

Met betrekking tot ongevallen met fietsers merken we dat wegen met 3 rijstroken gevaarlijker zijn dan wegen met 4 rijstroken (+89% respectievelijk +35% ongevallen ten opzichte van wegen met 2 rijstroken). Wanneer we ons beperken tot de wegvakongevallen met een fietser is het verschil kleiner (+75% ongevallen op 3-strookswegen tegen +46% ongevallen op 4-strookswegen, in vergelijking tot 2-strookswegen). Het verschil tussen 3- en 4-strookswegen kan mogelijk verklaard worden aan de hand van de wegopbouw. 3-strookswegen zijn in de regel wegen die nog aangepast moeten worden. Het zijn dan ook vanuit het standpunt verkeersveiligheid vaak slecht uitgeruste wegen. 4-strookswegen zijn vaak beter uitgebouwd wat zowel het oversteken vergemakkelijkt als het fietsen langs de wegvakken beveiligd.

9.4 Bebouwingsdichtheid

Wegen met een hoge bebouwingsdichtheid krijgen af te rekenen met meer ongevallen in vergelijking tot wegen met een lage of gemiddelde bebouwingsdichtheid. Dit gaat zowel op voor alle ongevallen (+7%) als voor ongevallen met fietsers (+21%). Het verschil is steeds meer uitgesproken voor de wegvakongevallen dan voor de kruispuntongevallen. Voor kruispuntongevallen is er geen significant verschil waar te nemen met wegen met een lage of gemiddelde bebouwingsdichtheid.

Wegen met een hoge bebouwingsdichtheid zullen zich meestal dicht in het centrum van een doortocht bevinden. Een hoge dichtheid gaat ook gepaard met een hoger aantal toegangen tot woningen of met meer parkeren voor de deur. Dit alles genereert meer voertuigbewegingen en dus een groter risico voor conflicten en ongevallen.

9.5 Morfologisch inplantingstype

Het totale aantal verwachte ongevallen is het grootst op wegen met een gesloten bebouwing, gevolgd door wegen met een halfopen bebouwing en tenslotte wegen met een open bebouwing. Specifiek naar wegvakongevallen zijn wegen met gesloten of met halfopen bebouwing ongeveer even gevaarlijk en beide gevaarlijker dan wegen met open bebouwing (+29%). Voor kruispuntongevallen situeert het probleem zich vooral bij wegen met een gesloten bebouwing (+19%). Wegen met een halfopen bebouwing vertonen voor kruispuntongevallen geen significant hoger risico dan wegen met een open bebouwing. Blijkbaar speelt zichtbaarheid nabij kruispunten een niet te verwaarlozen rol.

Voor het totale aantal fietsongevallen merken we weinig verschil tussen wegen met een gesloten of een halfopen bebouwing. Beide kennen een ongevalsrisico dat ruim 30% hoger ligt dan dat van wegen met een open bebouwing. Wanneer we ons beperken tot wegvakongevallen is er geen significant effect van de bebouwingsdichtheid op het aantal ongevallen, bij kruispuntongevallen zijn wegen met een gesloten bebouwing iets

gevaarlijker. In alle gevallen leveren wegen met een open bebouwing het kleinste aantal ongevallen. De zichtbaarheid nabij kruispunten op wegen met een gesloten bebouwing speelt ook hier een niet te verwaarlozen rol.

Een gesloten bebouwing staat niet op zich, vaak zal ze geassocieerd zijn met parkeren op straat, het centrumgebied van een doortocht, een menging van verkeersstromen, andere functies en nog wel een aantal kenmerken. Een oorzakelijk verband is dan ook moeilijk te leggen. De bebouwingmorfologie speelt bovendien een onrechtstreekse rol in de verkeersveiligheid. De morfologie beïnvloedt immers het rijgedrag van de weggebruikers.

9.6 Voetpaden

McMahon et al. (2002) vonden dat een wegvak zonder voetpaden meer dan dubbel zoveel kans maakt op voetganger/voertuig-ongevallen dan wegvakken waar wel een voetpad aanwezig is. Vooral in residentiële en gemengd-residentiële gebieden heeft de aanwezigheid van voetpaden een extra groot effect.

Ogden (1996) stelt dat in de meeste gevallen een voetpad aangewezen is. DRD (1998) stelt dat de aanleg van een voetpad zorgt voor een ongevallenreductie. De omvang ervan is evenwel niet te bepalen. Zegeer (1998) stelt dat de aanwezigheid van voetpaden de parameter van de wegomgeving is met het belangrijkste effect op de veiligheid van voetgangers in residentiële wijken. Residentiële wijken zonder voetpaden telden volgens een studie van de FHWA 23,4% van de ongevallen met voetgangers, maar slechts 2,7% van de voetgangers. Lokale straten zonder voetpaden hebben volgens Knoblauch en Tustin (in Zegeer, 1998) 2,6 keer meer ongevallen met voetgangers dan verwacht (op basis van de totale steekproef). Straten met voetpaden langs één zijde zijn 1,2 keer gevaarlijker voor voetgangers. Zegeer (1998) besluit hieruit dat voetpaden langs beide zijden van de straat aanbevolen zijn wanneer voetgangers verwacht kunnen worden.

Het Vlaamse model dat hier opgesteld werd, maakt evenwel geen afzonderlijke categorie van ongevallen met voetgangers. Deze cijfers kunnen dan ook moeilijk vergeleken worden. Voor alle ongevallen en de ongevallen met fietsers volgt niet zo'n eenduidig verband. Wegen zonder voetpaden worden gekenmerkt door een kleiner aantal ongevallen (met fietsers). Aangezien voetpaden voor voetgangers worden aangelegd verwachten we een correlatie met het aantal voetgangers. Dit gegeven is evenwel niet gekend. Wegen zonder voetpaden zullen waarschijnlijk meestal ook weinig voetgangers tellen. Het is bijgevolg gevaarlijk een vergelijking te maken tussen wegen met of zonder een bepaalde voorziening. Om het effect van het aanleggen van infrastructuur te bepalen wordt beter gebruik gemaakt van een voor-en-na-studie. Er is geen significant verschil tussen wegen met 2-zijdige voetpaden en wegen met een voetpad langs een zijde. Dit betreft het totale aantal ongevallen en het aantal ongevallen met fietsers.

9.7 Fietspaden

De aanwezigheid van fietsinfrastructuur heeft een impact op de verkeersveiligheid. In de internationale literatuur is er evenwel geen eensluidendheid omtrent het verkeersveiligheidseffect van fietsinfrastructuur. Bovendien kan het effect verschillend zijn naargelang de omstandigheden. De aanwezigheid van fietsinfrastructuur wordt trouwens steeds gekoppeld aan snelheid en intensiteit van het autoverkeer.

DRD (2000) geeft een toename van het aantal ongevallen met fietsers met 10% wanneer fietspaden aanwezig zijn. Er gebeuren wel minder ongevallen op wegvakken, maar deze daling wordt meer dan gecompenseerd door een stijging van het aantal ongevallen met fietsers ter hoogte van kruispunten.

Analoog aan de voetpaden vinden we voor de Vlaamse data dat wegen zonder fietsvoorzieningen de minste ongevallen tellen. Wegen met fietsvoorzieningen langs

beide wegzijden tellen de meeste ongevallen. Hieruit kunnen we weerom niet besluiten dat men best wegen zonder fietspaden aanlegt. Fietspaden worden immers aangelegd daar waar het nodig geacht wordt (waar het gevaarlijker is). Zelfs met fietspad zijn die locaties gevaarlijker, maar ze zouden mogelijk nog gevaarlijker zijn als daar geen fietspaden aanwezig waren. Het effect van de aanleg van fietspaden op specifieke locaties gebeurt bij voorkeur met een Voor-Na studie. Bovendien gaat het model uit van alle ongevallen en de fietsinfrastructuur heeft vermoedelijk vooral een invloed op de ongevallen met fietsers.

Voor de ongevallen met fietsers werd de variabele herschreven (beperkt) tot een vergelijking van dubbelzijdige fietspaden met dubbelrichtingsfietspaden langs een zijde van de weg. Deze worden vergeleken met de situatie zonder fietsinfrastructuur. Hier merken we een grote stijging van het aantal ongevallen met fietsers bij dubbelrichtingsfietspaden ten opzichte van dubbelzijdige fietspaden (+68%). Voor kruispuntongevallen is dit verschil nog iets meer uitgesproken.

Een vergelijking van de situaties met en zonder fietspaden is riskant. De aanleg van een fietspad wordt immers voornamelijk bepaald door de noodzaak eraan, wanneer het onveilig is of wanneer er veel fietsers of auto's zijn (in Vlaanderen wordt de noodzaak voor een fietspad bepaald aan de hand van de toegelaten snelheid en de voertuigintensiteit). Voor voertuig- en fietsintensiteit wordt gecorrigeerd in het model. Dan nog blijken wegen zonder fietspaden veiliger te zijn. Dit kan te wijten zijn aan aspecten van het wegprofiel die niet opgenomen zijn (de opgenomen fietspaden zijn zeer divers van aard (vrijliggend, aanliggend, verhoogd, afgescheiden door een berm of een markering, ...), of misschien zijn straten zonder fietspaden gewoon veiliger in een doortocht. Ook in de internationale literatuur is er geen eensluidendheid.

De keuze voor het type fietspad wordt door andere (meer praktische) aspecten bepaald (noodzaak voor onteigeningen, kostprijs, beschikbare plaats, ...). Een vergelijking tussen verschillende types voorzieningen stelt bijgevolg minder problemen bij de interpretatie.

Een verklaring voor de slechte score van dubbelrichtingsfietspaden is te vinden in het feit dat anderen (doorgaans automobilisten) geen fietsers verwachten uit de 'verkeerde' richting. Dubbelrichtingsfietspaden worden in de internationale literatuur dan ook doorgaans afgeraden in de bebouwde kom, tenzij men de nodige voorzieningen treft (zie literatuuroverzicht in Van Hout et al., 2004). De cijfers bevestigen deze stelling.

9.8 Parkeerstroken

Met betrekking tot gemarkeerde parkeerstroken langs de rijweg merken we dat een asymmetrische opstelling (parkeerstrook langs 1 wegzijde) het minste ongevallen (met fietsers) oplevert. Wanneer we opsplitsen naar wegvak- en kruispuntongevallen merken we dat de situatie zonder parkeerstroken veiliger is dan deze met parkeerstroken langs weerszijden voor de wegvakongevallen (-11% ongevallen), maar gevaarlijker voor de kruispuntongevallen (+10% ongevallen). Dit kan wijzen op mogelijke problemen met zichtbaarheid ter hoogte van kruispunten ten gevolge van geparkeerde wagens. Voor ongevallen met fietsers is er geen significant verschil tussen wegen met 2-zijdig gemarkeerde parkeerstroken en wegen zonder gemarkeerde parkeerstroken.

De juiste oorzaak van de gevonden verschillen is evenwel moeilijk aan te geven. De beschikbare data zijn immers beperkt van kwaliteit. Ze geven enkel aan of er een gemarkeerde parkeerstrook is, niet in hoeverre ze bezet is, en als er geen parkeerstrook is weten we niet of er een parkeerverbod geldt of dat er langs de wegrand mag geparkeerd worden.

De impact van parkeervoorzieningen op de verkeersveiligheid is divers. Enerzijds kan er een snelheidsremmend effect bestaan omdat de visuele wegbreedte afneemt, maar anderzijds kunnen er zichtbelemmeringen ontstaan of bijkomende conflicten door zoekend verkeer en parkeermanoeuvres (zie ook literatuuroverzicht in Van Hout et al., 2004). De parkeersituatie zal alleszins een impact hebben op de verkeersveiligheid. De

huidige data laten evenwel geen diepgaande analyse toe. Verder onderzoek is hier aangewezen.

Greibe (2003) vond dat op wegen met een parkeerverbod 19% meer ongevallen voorkomen dan op wegen waar parkeren zeldzaam is, maar dat wegen met gemarkeerde parkeerplaatsen 77% meer ongevallen tellen in vergelijking tot wegen waar zelden geparkeerd wordt.

9.9 Komgrens

Enigszins tegen de verwachtingen in blijken in Vlaanderen de komgrenzen (de zone van 200 m rond de borden F1/F3) veiliger te zijn dan de andere zones. Dit kan enerzijds te wijten zijn aan de aard van de data. Voor de doortochten werden immers constante (fiets)intensiteiten gehanteerd over de ganse doortocht. We verwachten niettemin meer verkeer nabij het centrumgebied waar de meeste functies aanwezig zijn. Dit geldt zeker voor fietsers. Als dusdanig kan het verlaagde ongevalsrisico veeleer een weerspiegeling zijn van de verlaagde blootstelling dan wel van het eigenlijke risico. Millot en Brenac (2001) vonden iets gelijkaardigs (en nog meer uitgesproken).

We kunnen nochtans niet uitsluiten dat door de aanleg van poortconstructies de komgrenzen extra beveiligd werden en dat deze aanpassingen doorwegen in de modelresultaten. Voor-en-na-studies kunnen hier soelaas brengen.

9.10 Functies

In een aantal modellen wordt de aanwezigheid van een aantal functies gehanteerd als verklarende variabele. Zowel Greibe (2003), Jonsson (2005) als Millot en Brenac (2001) nemen op één of andere manier de aanwezigheid van functies langs de weg in rekening. Greibe (2003) vindt (steeds ten opzichte van wegsegmenten met verspreide bebouwing) 144% meer ongevallen op wegen met winkels, 56% meer ongevallen op wegen met flatgebouwen en 58% meer ongevallen op wegen met industrie of een woonzone.

Jonsson (2005) stelt dat wegen zonder aanwezige functies het veiligst zijn voor fietsers, gevolgd door wegen met een industriële functie, wegen met een residentiële of dienstenfunctie en tenslotte wegen met een commerciële functie.

Millot en Brenac (2001) tenslotte vinden dat het aantal ongevallen licht toeneemt met de gemiddelde dichtheid van de winkels. Daarnaast stellen ze vast dat het aantal ongevallen op wegen met grote winkels ruim 60% minder ongevallen gebeuren in vergelijking tot straten waar dit niet het geval is.

Voor de Vlaamse data vinden we dat wegen met enkel bewoning steeds het veiligst zijn, gevolgd door wegen met grootschalige voorzieningen. Wegen met kleinschalige voorzieningen of een menging van bewoning en kleinschalige voorzieningen kennen het hoogste aantal ongevallen. Dit geldt zowel voor alle ongevallen als de ongevallen met fietsers. Wanneer we ons beperken tot wegvakongevallen zien we dat wegen met grootschalige voorzieningen gevaarlijker zijn dan wegen met kleinschalige voorzieningen en voor fietsers even gevaarlijk. Een mogelijke verklaring is dat de ongevallen meestal gebeuren ter hoogte van de in- en uitritten. Deze in- en uitritten zijn doorgaans ver genoeg verwijderd van een kruispunt zodat de ongevallen die er gebeuren niet als kruispuntongevallen worden aangekruist. Kleinschalige voorzieningen vindt men vaak vlakbij kruispunten. Hier wordt dus waarschijnlijk de impact van het kruispunt mee ingerekend bij de impact van de kleinschalige voorziening.

10. CONCLUSIES

10.1 Het gebruik van modellen

De modellen uit dit rapport werden alle opgebouwd op basis van cross-sectionele empirische data. Deze data zijn geschikt voor modellen die de variatie in het aantal ongevallen verklaren voor bestaande wegsegmenten. Ze geven echter geen causaal verband tussen de onafhankelijke variabelen en het aantal ongevallen.

Het model kan onder andere gebruikt worden bij de zoektocht naar gevaarlijke zones. Op basis van het model kan voor elk wegsegment immers een verwacht aantal ongevallen bepaald worden. Wegsegmenten waar aanzienlijk meer ongevallen gebeuren dan voorspeld, kunnen vervolgens aan een dieper onderzoek onderworpen worden.

De modellen zijn niet geschikt om veranderingen in het aantal ongevallen te voorspellen ten gevolge van de herinrichting van straten die wijzigingen met zich meebrengen in de gebruikte variabelen. Dan kan beter een schatting gemaakt worden van het verwachte aantal ongevallen zonder de maatregelen om vervolgens gebruik te maken van de kennis over het effect van de maatregelen (bvb. op basis van een Voor-Na studie) en zo de verandering in het aantal ongevallen te voorspellen.

10.2 Resultaten

Het verband tussen voertuigintensiteit en aantal ongevallen lijkt niet zo eenvoudig als meestal wordt gesteld. Doorgaans wordt voor dit verband een eenvoudige logaritmische functie gehanteerd. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat dit niet het beste resultaat geeft. Voor grote intensiteiten wordt zo het aantal ongevallen immers sterk overschat. Een samengestelde functie sluit in dit opzicht beter aan bij de realiteit. Dit maakt de interpretatie van de modelresultaten wel wat ingewikkelder.

Bij toenemende voertuigintensiteit neemt het aantal ongevallen in het algemeen toe. Wanneer we enkel voertuigintensiteit hanteren als verklarende variabele is de macht erbij groter dan 1. Het risico voor het individu neemt in dit geval bijgevolg toe. Een deel van dit effect kan mogelijk toegeschreven worden aan weg- en omgevingskenmerken. Wanneer ook weg- en omgevingskenmerken worden toegevoegd, wordt de macht immers kleiner dan 1. Volgens dit model, uitgebreid met meerdere omgevingsparameters, neemt het risico voor het individu dus af bij toenemende voertuigintensiteit. Het gecombineerde effect van intensiteit en wegkenmerken zorgt voor een toename van het risico. We denken bijvoorbeeld aan het aantal rijstroken. Meer rijstroken zijn nodig om een groter aantal wagens te kunnen verwerken. Tegelijkertijd maken meer rijstroken het rijden ingewikkelder aangezien de bestuurder met meer mogelijkheden moet rekening houden (achteropkomend verkeer bij rijbaanveranderingen, meer rijbanen kruisen bij afslaan bewegingen, ...).

Bovenstaande analyse gaat enkel op voor relatief lage voertuigintensiteiten (tot ongeveer 16.000 voertuigen per dag). Daarboven constateren we een quasi constant blijvend aantal ongevallen. De oorzaak hiervan ligt mogelijk bij wegkenmerken die gecorreleerd zijn met drukke wegen.

Het aantal ongevallen met fietsers neemt zoals verwacht toe met een toenemend aantal fietsers. De toename van het aantal ongevallen is steeds kleiner dan de toename van het aantal fietsers. Het risico voor de individuele fietser neemt dus af. Een concentratie van fietsers op een bepaalde as is vanuit het oogpunt verkeersveiligheid dan ook aan te raden. Het verband tussen beide variabelen is niet noodzakelijk causaal. Het kan zijn dat wegsegmenten met meer fietsers veiligere voorzieningen hebben.

Ook het specifieke type fietsinfrastructuur speelt een rol. Wegen met dubbelrichtingsfietspaden kennen een aanzienlijk hogere tol aan fietsslachtoffers in vergelijking tot wegen met dubbelzijdige enkelrichtingsfietspaden. We kunnen op basis

van deze resultaten gerust stellen dat dubbelrichtingsfietspaden in regel te vermijden zijn in een bebouwde omgeving. Wanneer ze toch nodig zouden zijn (bvb. omwille van bestaande fietsroutes) dienen de nodige voorzieningen getroffen te worden om ze te beveiligen.

De doelstellingen uit het Vlaams Totaalplan Fiets impliceren een verhoging van het aandeel fietsgebruik, zelfs bij toenemende autoverplaatsingen. Tegelijkertijd zou het aantal fietsslachtoffers met 50% moeten afnemen. Uit de modelresultaten volgt duidelijk dat dit niet zonder slag of stoot zal gebeuren. Het aantal ongevallen met fietsers neemt immers toe met toenemende voertuig- en fietsintensiteit. Bijkomende maatregelen zullen dus nodig zijn.

Niet alleen wegkenmerken, maar ook omgevingskenmerken spelen een rol bij de verkeersveiligheid. Bebouwingsdichtheid, morfologisch inplantingstype en de aanwezige functies spelen een significante rol. Deze elementen zijn gerelateerd aan een hoger aantal potentiële conflicten. Er zijn immers meer manoeuvres te verwachten op wegen met een hoge bebouwingsdichtheid, een gesloten bebouwing en wegen met kleinschalige voorzieningen. Anderzijds wordt de rijnsnelheid beïnvloed door deze elementen. Het model geeft enkel het resultaat van al deze interacties. Mogelijk geeft een opsplitsing naar ongevalstypen een beter zicht op de eigenlijke oorzaken.

10.3 Verder onderzoek

Er zijn 2 grote groepen modellen opgebouwd. Beide zijn opgebouwd voor de volledige groep van, soms zeer diverse, doortochten. De eerste groep is afgeleid op basis van alle ongevallen samen. De tweede groep vertrekt van de ongevallen waarbij minstens 1 fietser betrokken is. In de toekomst kunnen ook meer specifieke modellen opgebouwd worden. Zo kunnen er verschillende modellen opgebouwd worden voor kruispunten en wegvakken. Kruispuntmodellen vergen een eigen input (verkeersstromen vanuit verschillende richtingen, type regeling, kruispuntconfiguratie, ...) en werden daarom niet behandeld in dit rapport.

Verder kan er onderscheid gemaakt worden tussen verschillende ongevalssoorten. Ongevallen kunnen opgesplitst worden naar het type weggebruiker dat betrokken is (voetganger, automobilist, motorrijder, ...), naar het ongevalstype (frontaal, dwars, kopstaart, ...) en naar de ernst van de afloop (ongevallen met doden, zwaargewonden of lichtgewonden). Ieder model kan verschillende parameters bevatten. Door meer specifieke modellen op te bouwen kunnen de verbanden meer gedetailleerd bestudeerd worden en kunnen eventueel meer specifieke maatregelen afgeleid worden.

De data gebruikt voor de modellen, werden niet verzameld vanuit het oogpunt verkeersveiligheid, maar zijn afkomstig uit inventarisaties in verband met de afbakening van bebouwde kommen en de opmaak van een bovenlokaal fietsroutenetwerk. Gezien de verschillende doelstellingen zijn deze data niet steeds optimaal voor het verkeersveiligheidsonderzoek. Een mooi voorbeeld is parkeren. In diverse bronnen wordt parkeren als een belangrijke oorzaak van verkeersonveiligheid beschouwd. De variabele die beschikbaar is, geeft enkel aan of er een gemarkeerde parkeerstrook aanwezig is langs het wegsegment. Dit zegt niet noodzakelijk iets over de actuele parkeersituatie. Op wegen waar geen parkeerstrook gemarkeerd is, kan een parkeerverbod heersen of men kan er vrij parkeren langs de straatrand. Gemarkeerde parkeerstroken zijn soms slechts zeer beperkt bezet. Deze actuele parkeersituatie is vermoedelijk een betere voorspeller van verkeersveiligheid dan de huidig gehanteerde. Wanneer meer specifieke data beschikbaar is, kunnen de modellen verder verfijnd worden.

Niet alleen zijn de data niet steeds optimaal voor het beoogde doel, vaak ontbreken gewoon de data waarvan we overtuigd zijn dat ze een invloed hebben op de verkeersveiligheid. Denken we maar aan rijbaanscheiding. De beschikbaarheid over meer relevante data leidt eveneens tot betere modellen.

Een ander probleem is de correlatie tussen verschillende variabelen. Deze correlaties kunnen de modelresultaten beïnvloeden. Wanneer de gevonden coëfficiënten sterk wijzigen bij het toevoegen van een nieuwe variabele aan het model, kan dit wijzen op een sterke correlatie tussen een aantal variabelen. Dit was onder meer het geval met de variabelen voertuigintensiteit en aantal rijstroken. Wegen met meer rijstroken hebben gemiddeld waarschijnlijk meer voertuigen. Dit verklaart mee de aanzienlijke verschillen die gevonden worden bij de coëfficiënt bij de voertuigintensiteit. In het tijdsbestek van dit onderzoek werd geen onderzoek gedaan naar de correlaties tussen de verschillende variabelen.

Binnen de onderzoeksopzet werd evenmin onderzocht welk het aandeel van elk van de verklarende variabelen is bij de voorspelling van het aantal ongevallen. Ook dit kan onderwerp uitmaken van nader onderzoek.

11. LITERATUURLIJST

- Abbess, C. Jarret, D. and Wright, C.C. (1981). *Accidents at blackspots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the "regression to the mean" effect*. In: Traffic Engineering and Control, vol 22, nr 10 p 535-542.
- Ardekani, S., Hauer, E. & Jamei, B.. *Traffic Impact Models*. Hoofdstuk 7 in: Gartner et al. (1999). *Traffic Flow Theory: A State-of-the-Art Report*.
- BIVV (2001). *Verkeersveiligheid. Statistieken 2001*. Brussel, België: BIVV.
- Busi (1998). *WP6 – Safety for pedestrians and two-wheelers: Final report*. Brescia, Italië: Università di Brescia.
- Cameron, A.C. & Trivedi, P.K. (1998). *Regression analysis of count data*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Danish Road Directorate (1998). *Pedestrian Safety: Analyses and Safety Measures*. Kopenhagen, Denemarken: Danish Road Directorate.
- Dillon, W.R. & Kumar, A. (1994). *Latent structure and other mixture models in marketing: an integrative survey and overview*. In: Bagozzi, R.P. *Advanced methods of marketing research 9*: pp. 295-350. Oxford, UK: Blackwell Publishers Ltd.
- Ekman, L. (1995). *Safety Performance functions – tools for improved use of safety and exposure data*. In: *Proceedings ICTCT-Workshop Paris 1995*.
- Franklin, J. (2002). *Cycle Helmet Performance in the Real World*. Presentation to the Gloucestershire Accident Action Group, 24th June 2002.
- Greibe, P. (2003). *Accident prediction models for urban roads*. In: *Accident Analysis & Prevention*. 35, 273-285.
- Hardie, B.G.S. & Fader, P.S. (2001). *Applied probability models in marketing research: introduction*. In: 12th annual advanced research techniques forum.
- Hauer, E. (2000). *Lane Width and Safety (draft)*. www.roadsafetyresearch.com.
- Hauer, E. (1997). *Observational before-after studies in road safety*. Pergamon, Oxford.
- Hauer, E. & Persaud, B.N. (1987). *How to estimate the Safety of Rail-Highway Grade Crossings and the Safety Effects of Warning Devices*. In: *Transportation Research Record* 1114, pp131-140.
- Jacobsen, P.L. (2003). *Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling*. In: *Injury Prevention*, vol. 9, pp 205-209.
- Jonsson, T. (2005). *Predictive models for accidents on urban links: A focus on vulnerable road users*. Lund, Zweden: Lund University.
- Labeeuw, G. et al. (2003). *Verkeerstellingen 2002*. Brussel, België: FOD Mobiliteit en Vervoer.
- Leden, L., Garder, P. & Pulkkinen, U. (2000). *An expert judgment model applied to estimating the effect of a bicycle facility*. In: *Accident Analysis & Prevention*, 2000, 32, pp. 589-599.
- Lord, D., Washington, S.P. & Ivan, J.N. (2005). *Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory*. In: *Accident Analysis and Prevention* 37, pp. 35-46.
- McMahon, P.J., Zegeer, C.V., Duncan, C., Knoblauch, R.L., Stewart, J.R. & Khattak, A.J. (2002). *An Analysis of Factors Contributing to "Walking Along Roadway" Crashes: Research Study and Guidelines for Sidewalks and Walkways*. Georgetown Pike, USA: FHWA.

- Millot, M. & Brenac, T. (2001). *Qualitative analysis and modelling of the influence of the characteristics of urban roads and their influence on accidents: a first investigation*. In: Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées – 232, pp. 5-19.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2001). *Vademecum Fietsvoorzieningen*. Brussel, België: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002). *Vlaams Totaalplan Fiets*. Brussel, België: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.
- Montella, A. (2004). *Potential for Safety Improvement of Existing Roads*. University of Naples.
- Nuyts, E. & Cuyvers, R. (2003). *Effectiviteitmeting bij Voor-Na studies met een vergelijkingsgroep*. Steunpuntrapport RA-2003-22. Diepenbeek, België: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Ogden, K.W. (1996). *Safer Roads: Guide to Road Safety*. England: Ashgate Publishing Limited.
- Scheltjens, D. (2005). *De impact van locatietekenen op verkeersveiligheid: gevalstudie van doortochten*. Diepenbeek, België: Limburgs Universitair Centrum.
- Van Hout, K., Dreesen, A., & Cuyvers, R. (2004). *Risicoanalyse van doortochten: Verkeersveiligheid in de bebouwde omgeving – een literatuurstudie: Steunpuntrapport RA-2004-38*. Diepenbeek, België: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Vermunt, J.K. & Magidson, J. (2000). *Latent GOLD User's Manual*. Boston, USA: Statistical Innovations Inc. <http://www.statisticalinnovations.com/index.html>
- Wardlaw, M. (2002). *Assessing the actual risks faced by cyclists*. In: Traffic Engineering and Control, December 2002, pp 420-424.
- Wedel, M. & DeSarbo, W.S. (1994). *A review of recent developments in latent class regression models*. In: Bagozzi, R.P. Advanced methods of marketing research 10, pp. 352-381. Oxford, UK: Blackwell Publishers Ltd.
- Wedel, M. & Kamakura, W.A. (2000). *Market segmentation*. Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Zegeer, C.V., Hummer, J., Reinfurt, D. Herf, L. & Hunter, W. (1987). Safety effects of cross-section design for two-lane roads. Final Report. FHWA/RD-87/008. Federal Highway Administration, US.DOT, Washington, D.C.
- Zegeer, C.V. (1998). *Design and Safety of Pedestrian Facilities*. Washington DC, USA: ITE.

12. BIJLAGEN

12.1 Modellen met jaarparameters

Een van de toepassingen van risicomodellen is het maken van een gefundeerde schatting van het verwachte aantal ongevallen op een wegvak binnen de bebouwde omgeving, binnen de tijdsspanne 1996-2001. In een Voor-Na studie wil men het effect van deze doortocht berekenen. Vaak beschikt men niet over de ongevalldata van de voorperiode. Deze kunnen berekend worden aan de hand van een model met jaarparameters. De modellen (3c) en (7c) worden daarom uitgebreid met een parameter die het jaartal aanduidt.

12.1.1 Alle ongevallen

Aan model (3c) wordt de jaarparameter toegevoegd. Het model wordt dan:

$$\text{Aantal ongevallen} = 0,304 * I_1^{0,8542} * I_2^{-0,0269} * C_{\text{int}} * F^{0,1670} * C_{\text{jaar}} * C_{\text{rijstr}} * C_{\text{bbmin}} * C_{\text{morfgem}} * C_{\text{voet}} * C_{\text{fiets}} * C_{\text{parkeer}} * C_{\text{komgrens}} * C_{\text{functie}}$$

Hierbij is:

I_1	= I als $I \leq 16.000$ = 0 als $I > 16.000$
I_2	= 0 als $I \leq 16.000$ = I als $I > 16.000$
C_{int}	= $2,00 * 10^{-4}$ als $I \leq 16.000$ = 1 als $I > 16.000$

Verder geldt:

C_{jaar}	0,887	1996	1,000	1999	
	0,941	1997	1,017	2000	
	0,989	1998	1	2001	
C_{rijstr}	0,092	1 rijstrook	C_{fiets}	0,885	0
	1	2 rijstroken		0,915	1
	1,496	3 rijstroken		1	2
	1,505	4 rijstroken	C_{parkeer}	0,987	0
	5,346	≥ 5 rijstr.		0,808	1
C_{bbmin}	1	laag/gemiddeld	1	2	
	1,066	hoog	C_{komgrens}	0,936	nabij komgrens
C_{morfgem}	1,239	dicht		1	niet nabij komgrens
	1,149	halfopen	C_{functie}	0,731	enkel bewoning
	1	open		0,889	grootschalig
C_{voet}	0,899	0	1	kleinschalig/menging	
	0,978	1			
	1	2			

Tabel 12.1: Bepaling van 'correctiefactoren'

Het verschil met model (3c) is verwaarloosbaar. De parameters voor de meeste jaren wijken immers niet significant af van de referentiewaarde voor 2001.

12.1.2 Model voor fietsongevallen

Het aantal fietsongevallen wordt nu gegeven door:

$$\text{Aantal fietsongevallen} = 1,18 * I_1^{0,7005} * I_2^{-0,4225} * C_{\text{int}} * F^{0,3542} * C_{\text{jaar}} * C_{\text{rijstr}} * C_{\text{bbmin}} * C_{\text{morfgem}} * C_{\text{voet}} * C_{\text{fiets}} * C_{\text{parkeer}} * C_{\text{komgrens}} * C_{\text{functie}}$$

Hierbij is:

- I_1 = I als $I \leq 12.500$
 = 0 als $I > 12.500$
 I_2 = 0 als $I \leq 12.500$
 = I als $I > 12.500$
 C_{int} = $1,72 * 10^{-5}$ als $I \leq 12.500$
 = 1 als $I > 12.500$

Verder geldt:

C_{jaar}	0,802	1996	1,102	1999	
	0,981	1997	1,109	2000	
	0,981	1998	1	2001	
C_{rijstr}	1	2 rijstroken	C_{fiets}	2,431	dubbelrichtingsfietspad
	1,897	3 rijstroken		1,452	dubbelzijdig fietspad
	1,351	4 rijstroken		1	geen fietspaden
	5,472	>=5 rijstr.			
C_{bbmin}	1	laag/gemiddeld	C_{parkeer}	1,034	0
	1,215	hoog		0,632	1
C_{morfgem}	1,318	dicht	C_{komgrens}	1	2
	1,303	halfopen		0,759	nabij komgrens
	1	open		1	niet nabij komgrens
C_{voet}	0,731	0	C_{functie}	0,653	enkel bewoning
	1,057	1		0,783	grootschalig
	1	2		1	kleinschalig/menging

Tabel 12.2: Bepaling van 'correctiefactoren'

Ook hier zijn de verschillen met model (7c) weer zeer klein.