

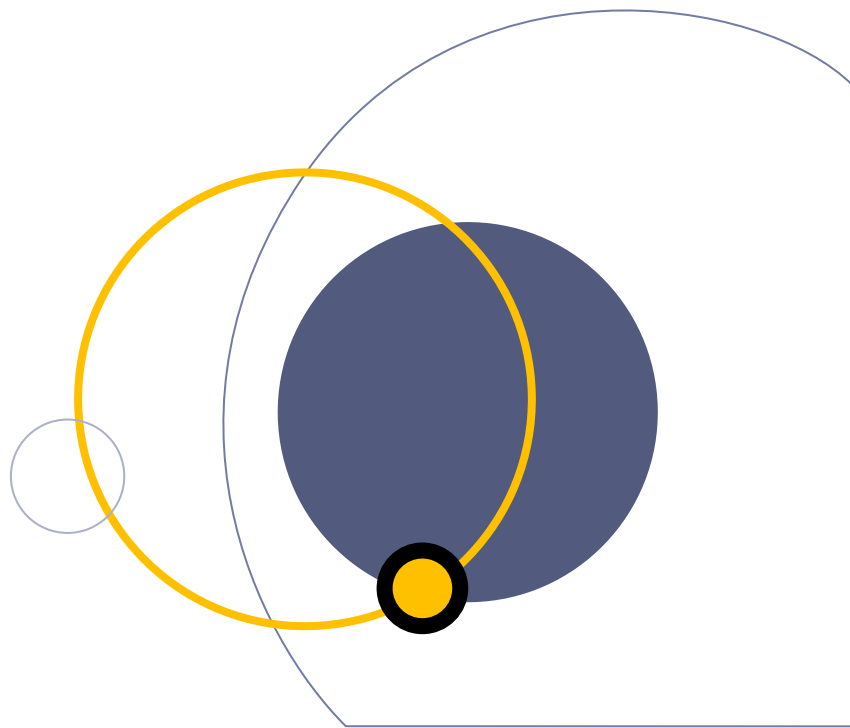
# Netwerk Safety Management

**Een ranking van gevaarlijke segmenten op de autosnelwegen van het TEN-T netwerk in Vlaanderen**

K. Hout, S. Daniels, T. Brijs, E. Hermans, G. Wets

RA-2013-006

16/7/2013



© **Steunpunt Verkeersveiligheid**

Wetenschapspark 5 bus 6 | 3590 Diepenbeek

Consortium UHasselt, KU Leuven en VITO

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder uitdrukkelijk te verwijzen naar de bron.

Dit rapport kwam tot stand met de steun van de Vlaamse Overheid, programma 'Steunpunten voor Beleidsrelevant Onderzoek'. In deze tekst komen onderzoeksresultaten van de auteur(s) naar voor en niet die van de Vlaamse Overheid. Het Vlaams Gewest kan niet aansprakelijk gesteld worden voor het gebruik dat kan worden gemaakt van de meegedeelde gegevens.

Het Steunpunt Verkeersveiligheid 2012-2015 voert in opdracht van de Vlaamse overheid beleidsondersteunend Wetenschappelijk onderzoek uit over verkeersveiligheid. Het Steunpunt Verkeersveiligheid is een samenwerkingsverband tussen de Universiteit Hasselt, de KU Leuven en VITO, de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek.

# Inhoudstafel

<b>Figuren</b> .....	<b>5</b>
<b>Tabellen</b> .....	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>6</b>
<b>English summary</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>10</b>
1.1    Probleemstelling .....	10
1.1.1    Het TEN-T netwerk .....	10
1.1.1.1    Europa .....	10
1.1.1.2    Detailtering Vlaanderen .....	11
1.2    Doelstelling .....	11
1.3    Vraagstelling .....	13
1.4    Opzet rapport.....	13
1.5    Beperkingen.....	13
<b>2 Methodiek</b> .....	<b>14</b>
2.1    Indicatoren .....	14
2.2    Methodes .....	14
2.2.1    Functionele classificatie .....	14
2.2.2    Segmentlengte.....	15
2.2.3    Wat is gevaarlijk?.....	15
2.2.4    Gehanteerde benadering.....	16
2.3    Empirical Bayes .....	17
<b>3 Risicomodel</b> .....	<b>20</b>
3.1    Databronnen .....	20
3.1.1    Gelocaliseerde ongevallen.....	20
3.1.2    Wegsegmenten.....	20
3.1.3    Verkeersintensiteiten .....	21
3.2    Opmaak databestand .....	22
3.3    Beschrijving data .....	22
3.3.1    Lengte wegsegment .....	22
3.3.2    Voertuigintensiteit .....	23
3.3.3    Wegvaktype.....	24
3.3.4    Aantal ongevallen .....	24
3.4    Opmaak risicomodel.....	25
<b>4 Ranking o.b.v. werkelijke ongevallen</b> .....	<b>27</b>
4.1    Ranking o.b.v. ongevallenaantallen.....	27
4.1.1    Aantal ongevallen 2008-2010 .....	27
4.1.2    1 jaar of 3 jaar ongevallen.....	27
4.2    Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en -risico .....	28
4.2.1    Ranking o.b.v. ongevallendensiteit .....	29

4.2.2	Ranking o.b.v. ongevalsrisico .....	29
4.3	Bespreking .....	30
<b>5</b>	<b>Ranking o.b.v. verwachte ongevallen .....</b>	<b>31</b>
5.1	Ranking o.b.v. ongevallenaantallen.....	32
5.1.1	Verwacht aantal ongevallen.....	32
5.1.2	Vergelijking met ranking o.b.v. geregistreerd aantal ongevallen.....	33
5.2	Rankings o.b.v. ongevallensiteit en -risico .....	33
5.2.1	Ranking o.b.v. ongevallensiteit .....	33
5.2.2	Ranking o.b.v. ongevalsrisico .....	35
5.2.3	Vergelijking met rankings op basis van werkelijke ongevallenaantallen .....	36
5.3	Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering.....	36
5.4	Vergelijking rankings .....	37
5.5	Discussie resultaten .....	40
<b>6</b>	<b>Invloed van modelvorm voor ranking o.b.v. potentieel voor verbetering .....</b>	<b>41</b>
6.1	Modelresultaten .....	41
6.2	Discussie .....	45
<b>7</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen.....</b>	<b>48</b>
7.1	Conclusies .....	48
7.2	Aanbevelingen .....	50
	<b>Literatuurlijst.....</b>	<b>52</b>

## Figuren

Figuur 1: TEN-T wegennet in Vlaanderen .....	11
Figuur 2: Proces van verkeersveiligheidsmanagement .....	12
Figuur 3: Principe van het sliding window .....	15
Figuur 4: Empirical Bayes, een combinatie van risicomodellen en ongevallendata .....	18
Figuur 5: Schematische voorstelling ongevalwaarden Empirical Bayes methode .....	19
Figuur 6: Wegvaktypes (zwart: 'tss'; rood: 'c'; groen: 'k'; blauw: 'w'; grijze punten: ongevallen) .....	21
Figuur 7: Segmentlengtes .....	23
Figuur 8: Jaargemiddelde dagintensiteiten .....	24
Figuur 9: Verdeling aantal ongevallen .....	25
Figuur 10: Ranking volgens verwacht aantal ongevallen .....	32
Figuur 11: Ranking volgens ongevaldensiteit .....	34
Figuur 12: Ranking volgens ongevalsrisico .....	35
Figuur 13: Ranking volgens potentieel voor verbetering per km .....	36
Figuur 12: Vergelijking rankings .....	39
Figuur 15: Vergelijking modelfit .....	42
Figuur 16: Vergelijking rankings potentieel i.f.v. gehanteerde model .....	43
Figuur 17: Spreiding segmenten i.f.v. potentieel volgens gehanteerde model (boven: model a; midden: model b; onder: model c) .....	44

## Tabellen

Tabel 1: Evolutie aantal segmenten met telposten .....	21
Tabel 2: Verdeling records per jaar in databestand .....	22
Tabel 3: Verdeling segmentlengte in databestand .....	23
Tabel 4: Verdeling voertuigintensiteit in databestand .....	24
Tabel 5: Modelresultaten .....	26
Tabel 6: Top 25 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen .....	27
Tabel 7: Top 25 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen .....	28
Tabel 7: Top 25 segmenten met hoogste ongevaldensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen) .....	29
Tabel 8: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. geregistreerde ongevallen) .....	30
Tabel 10: Top 25 segmenten met hoogste aantal verwachte ongevallen .....	33
Tabel 11: Top 25 segmenten met hoogste ongevaldensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen) .....	34
Tabel 12: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen) .....	35
Tabel 13: Top 25 segmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid .....	37
Tabel 14: Modelresultaten .....	41
Tabel 15: Vergelijking top 25 van rankings o.b.v. potentieel voor verbetering volgens de 3 modellen .....	45

## Samenvatting

De Europese richtlijn 2008/96/EG betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur behandelt de introductie van een aantal procedures met betrekking tot veiligheidseffectbeoordelingen, verkeersveiligheidsaudits, het beheer van de verkeersveiligheid van het wegennet en verkeersveiligheidsinspecties door de lidstaten. Deze richtlijn werd inmiddels omgezet in Vlaamse regelgeving, meer bepaald via het Besluit van de Vlaamse Regering (dd. 3/2/2012) houdende de uitvoering van het decreet van 17 juni 2011 betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van de weginfrastructuur, op 19 april 2012 gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad. Deze wetgeving voorziet ondermeer in een classificatie van weggedeelten met een hoog aantal ongevallen en de classificatie van de verkeersveiligheid van het wegennet. Waar de eerste classificatie zich toespitst op het aantal ongevallen, richt de tweede classificatie zich eerder op het potentieel om de verkeersveiligheid te verbeteren. Nog volgens het Decreet is de toepassing beperkt tot de wegen die deel uitmaken van het trans-Europese wegennet (TEN-T), welk in Vlaanderen in belangrijke mate overeenstemt met het snelwegennet.

In dit rapport wordt – als eerste stap in het proces van verkeersveiligheidsmanagement – een screening uitgevoerd van het TEN-T-netwerk in Vlaanderen. Het doel van deze screening is de selectie van een relatief beperkte groep wegsegmenten die nadien onderworpen worden aan een meer diepgaand onderzoek, op basis waarvan de gepaste maatregelen worden voorgesteld. Deze netwerkscreening is dan ook geen uiteindelijk doel, maar slechts de eerste stap ter verbetering van de verkeersveiligheid op gevaarlijke locaties.

De Empirical Bayes (EB)-methodiek wordt in de wetenschappelijke literatuur beschouwd als de state-of-the-art aanpak voor het identificeren van gevaarlijke segmenten en wordt deze dan ook gehanteerd binnen deze studie. De EB-aanpak biedt een oplossing voor 2 problemen die optreden bij het schatten van het aantal ongevallen: ze corrigeert voor regressie naar het gemiddelde en ze verbetert de nauwkeurigheid van de schatting door zowel het aantal geregistreerde ongevallen als het normale aantal ongevallen in rekening te brengen voor deze schatting. Het normale aantal ongevallen is op haar beurt gebaseerd op de resultaten van een risicomodel.

Dergelijk model werd opgebouwd voor de Vlaamse autosnelwegen op basis van de ongevallen- en intensiteitsdata voor de periode 2008-2010. Het model beschrijft het aantal ongevallen in functie van een aantal verklarende variabelen. In dit geval werden de lengte van het wegsegment ( $L$ ) en de voertuigintensiteit ( $I$ ) weerhouden als verklarende variabelen. Het aantal ongevallen  $\mu$  kan geschreven worden als:

$$\mu = e^{-17,0652} * L^{0,9532} * I^{1,0266}$$

Het aantal ongevallen op Vlaamse autosnelwegen neemt dus ongeveer evenredig toe met zowel de lengte van het wegsegment als met de verkeersintensiteit. Geen van beide coëfficiënten verschilt immers significant van 1.

Verkeersveiligheid kan op verschillende manieren uitgedrukt worden. Daarom werden 4 verschillende rankings opgemaakt, telkens op basis van een andere indicator: aantal ongevallen, ongevallensiteit (ong/km), ongevalsrisico (ong/voertuigkm) en potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid (verwacht-normaal aantal ongevallen per km). Belangrijke beïnvloedende karakteristieken zijn zoals gezegd de lengte van het wegsegment en de verkeersintensiteit. Om hiervoor te corrigeren en de segmenten op een meer gelijke basis te beoordelen, worden enkel de rankings opgebouwd op basis van de ongevallensiteit (aantal ongevallen per km weglengte), het ongevallenrisico (aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer) en het potentieel voor verbetering (per km) onderling vergeleken. De ranking op basis van ongevallenaantallen is opgenomen ter volledigheid en voor vergelijking met de ranking volgens de nog steeds gangbare, maar in de vakliteratuur als 'naïef' bestempelde – methode op basis van werkelijke ongevallenaantallen.

De resultaten van de rankings tonen aan dat er onderling aanzienlijke verschillen optreden. De gehanteerde verkeersveiligheidsindicatoren belichten dan ook telkens een ander aspect van de verkeersveiligheid. De top 25 van de ranking o.b.v. ongevallenaantallen levert, niet onverwacht, vooral langere segmenten met (relatief) hoge intensiteiten op. De ranking o.b.v. ongevallendensiteit levert dan weer kortere, maar gemiddeld drukker wegsegmenten op in de top 25. Een ranking o.b.v. het ongevalsrisico selecteert minder drukke, vaak korte stukken ter hoogte van complexen. Het is dan ook op deze locaties dat er heel wat rijstrookwisselingen gebeuren en manoeuvres worden uitgevoerd. De ranking o.b.v. het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid levert wegsegmenten op die qua gemiddelde lengte en intensiteit wat tussen beide voorgaande inliggen. Bijkomend onderzoek leert ons dat de ranking op basis van het potentieel onderhevig is aan – in een aantal gevallen – aanzienlijke schommelingen in functie van het gehanteerde risicomodel voor het bepalen van het normale aantal ongevallen.

In totaal komen in de 3 relevante rankings (o.b.v. densiteit, risico en potentieel; de ranking o.b.v. de ongevallenaantallen wordt niet opgenomen in de vergelijking omwille van de sterk afwijkende vergelijkingsbasis doordat deze niet genormaliseerd is naar lengte) 37 verschillende wegsegmenten voor. 15 wegsegmenten komen in elk van deze drie rankings voor. Deze 15 wegsegmenten worden dan ook als eerste aanbevolen voor een diepgaandere inspectie en analyse die moet toelaten de ongevalsoorzaken te achterhalen waarna remediërende maatregelen kunnen worden voorgesteld.

Het gaat over de volgende segmenten:

- R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost
- R1, Berchem tot Borgerhout
- R1, Borgerhout tot Berchem
- A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge
- A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
- R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)
- A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem.
- R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)
- A1, complex Mechelen-Noord (ri Brussel)
- A13, complex Massenhoven (ri Antwerpen)
- A3, complex Bertem (ri Luik)
- R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
- A10, complex Erpe-Mere (ri Brussel).
- R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid
- A3, Bertem tot Heverlee

## English summary

**Title:** Network Safety Management

**Subtitle:** A ranking of dangerous road segments of the TEN-T network in Flanders

The European directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management involves the implementation of procedures relating to road safety impact assessment, road safety audits, the management of road network safety and safety inspections by the member states. This Directive was implemented into Flemish legislation by the Decision of the Flemish Government (dd. 3/2/2012) on the execution of the decree of June 17, 2011 on road infrastructure safety management, published in the Belgian Government Gazette on April 19, 2012.

This legislation imposes, among others, a classification of road segments with a high number of accidents and a classification of the road safety of the road network. As the first classification is targeted at the number of crashes, the second is targeted at the potential to improve road safety. The application of the decree is limited to those road segments that make up the trans-European road network (TEN-T), which in Flanders resembles mainly the highway network.

In this report – as the first step in the process of road safety management – a screening of the TEN-T road network in the Flanders region is carried out. The goal of this screening is the selection of a relatively small group of road segments that afterwards can be subjected to an in-depth investigation that will allow proposing appropriate measures. The network screening as such is therefore not an ultimate goal, but merely the first step to ameliorate the road safety on dangerous locations.

The Empirical Bayes (EB) method is considered the state-of-the-art approach in identifying dangerous road segments in scientific literature. Therefore we will be using this approach in this study. The EB approach offers a solution to 2 problems when estimating the number of crashes: it provides for regression to the mean and it improves the accuracy of the estimation by calculating it as a weighted average of the actual number of crashes and the normal number of crashes where the latter is based on the outcomes of a risk model.

Such risk model was built for Flemish highways based on the accident and traffic intensity data for the period 2008-2010. The model describes the number of crashes as a function of a number of explanatory variables. In this case the length of the segment ( $L$ ) and traffic intensity ( $I$ ) were withheld as explanatory variables. The normal number of crashes  $\mu$  can be calculated by:

$$\mu = e^{-17,0652 * L^{0,9532} * I^{1,0266}}$$

The number of crashes on Flemish highways increases approximately proportionally with both segment length and traffic intensity since neither of the coefficients significantly differs from 1.

Road safety can be expressed in different manners. Therefore 4 indicators were used to construct 4 different rankings: number of crashes, crash density, crash risk and the safety potential (expected-normal number of crashes, expressed per km road length). As mentioned before segment length and traffic intensity are major influential factors. To correct for this and to compare the segments on a more equal basis we only compare the rankings based on crash density, crash risk and safety potential per km. The ranking based on crash numbers is added for completeness and for comparison with the ranking according to the – still fashionable but by scientific literature considered naïve – method based on actual crash numbers.

The results show that significant differences exist between the rankings. Not unexpected because the safety indicators that were used illustrate each a different aspect of road safety. The top 25 of the ranking based on crash numbers contains, as expected, mainly longer segments with (relatively) high traffic intensities. The ranking based on crash density gives shorter, but on average busier segments in the top 25. The ranking based on crash risk picks short segments with lower traffic intensities that



are often located near on- and off-ramps. Lane changes and manoeuvres are frequent at these locations. The ranking based on safety potential chooses segments that are situated in between those of the 2 previous in terms of average length and intensity. Additional research shows that the ranking based on safety potential depends on the model form that is used to calculate the normal number of crashes for comparable segments.

The 3 relevant rankings (based on density, risk and potential; the ranking based on accident numbers is not included in the comparison because this indicator, contrary to the 3 previous, is not normalized on length) contain combined 37 different road segments. 15 segments show up in each of them. These 15 road segments are therefore suggested to be the first to be subjected to an in-depth analysis and inspection to clarify the accident causes that will help define remedial measures.

Following road segments are involved:

- R1, Borgerhout to Antwerp-East
- R1, Berchem to Borgerhout
- R1, Borgerhout to Berchem
- A14, Gent-Centre to Gentbrugge
- A10, Gent-St.-Pieters to Zwijnaarde
- R1, node Antwerp-East (Ring 1)
- A13, Antwerp-East to Wommelgem.
- R1, node Antwerp-East (Ring 2)
- A1, complex Mechelen-North (direction Brussels)
- A13, complex Massenhoven (direction Antwerp)
- A3, complex Bertem (direction Liège)
- R1, Linkeroever to Antwerp-Centre
- A10, complex Erpe-Mere (direction Brussels).
- R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid
- A3, Bertem tot Heverlee

# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

In het Mobiliteitsplan Vlaanderen (Mobiliteitscel, 2001) wordt een efficiënt en effectief infrastructuurbeleid naar voor geschoven als één van de te nemen maatregelenpakketten teneinde een aanvaardbare afwikkelingscapaciteit met geharmoniseerde snelheden op de hoofdinfrastructuur te verkrijgen. Tegelijk moet dit leiden tot een verminderd ongevalrisico, waarbij de infrastructuur maximaal wordt ingepast in de omgeving. Eén van de voorgestelde acties hierin is het wegwerken van 800 gevaarlijke punten in Vlaanderen. Dit programma is inmiddels vergevorderd en heeft een aantoonbare positieve invloed op het aantal ongevallen. Na herinrichting van de gevaarlijke punten is het aantal letselongevallen daar met ongeveer een kwart gedaald (De Pauw et al, 2012). Het aantal ongevallen met doden en zwaargewonden daalt er zelfs met 40-52%.

Ook de recente beleidsnota van de minister van Mobiliteit en Openbare Werken (Crevits, 2009) zet verder in op een rationeel investeringsbeleid waarbij de beschikbare middelen efficiënt en doelgericht worden ingezet. In dit kader dient eveneens de Europese richtlijn 2008/96/EG betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur omgezet te worden in Vlaamse en federale regelgeving. Dit werd inmiddels gerealiseerd via het Besluit van de Vlaamse regering (dd. 3/2/2012) houdende de uitvoering van het decreet van 17 juni 2011 betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur, op 19 april 2012 gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad.

Deze wetgeving voorziet ondermeer in een classificatie van weggedeelten met een hoog aantal ongevallen en de classificatie van de verkeersveiligheid van het wegennet. Waar de eerste classificatie zich toespitst op het aantal ongevallen, richt de tweede classificatie zich eerder op het potentieel om de verkeersveiligheid te verbeteren. De Richtlijn 2008/96/EG voorziet hiervoor een aantal criteria.

Nog volgens het Decreet is de toepassing beperkt tot de wegen die deel uitmaken van het trans-Europese wegennet (TEN-T), welk in Vlaanderen in belangrijke mate, maar niet volledig, overeenstemt met het snelwegennet.

### 1.1.1 Het TEN-T netwerk

#### 1.1.1.1 Europa

De Trans-Europese Transportnetwerken (TEN-T) zijn uitgetekend over het volledige Europese continent. Naast een wegennet bestaan er ook netwerken van spoorverbindingen en water- en luchtwegen:

- Trans-European Road network
- Trans-European Rail network, which includes the Trans-European high-speed rail network as well as the Trans-European conventional rail network
- Trans-European Inland Waterway network and inland ports
- Trans-European Seaport network
- Motorways of the Sea (added to the list by Decision No 884/2004/EC[4])
- Trans-European Airport network
- Trans-European Combined Transport network
- Trans-European Shipping Management and Information network
- Trans-European Air Traffic Management network, which includes the Single European Sky and SESAR concepts
- Trans-European Positioning and Navigation network, which includes the Galileo

Deze TEN-T netwerken maken deel uit van een nog breder systeem van Trans-Europese netwerken waaronder een telecommunicatienetwerk (eTEN) en een voorgesteld energie-netwerk (TEN-E). De eerste actieplannen dateren van 1990.

Het Trans-Europese wegennetwerk (toen nog TERN) werd door de Europese Raad in 1993 gedefinieerd door de beslissing 93/629/EEC van 29 oktober 1993, later uitgebreid via de beslissing 1692/96/EC (dd. 23/7/1996), die ook de naam wijzigde tot TEN-T. Het beoogde een gecoördineerde verbetering van primaire wegen, spoorwegen, waterwegen, (lucht)havens en

verkeersmanagementsystemen met als doel een geïntegreerd en intermodaal netwerk van hoge kwaliteit voor het transport van personen en goederen. De projecten die dit bewerkstelligen worden technisch en financieel opgevolgd door het Trans-European Transport Network Executive Agency (TEN-T EA), dat hiervoor speciaal werd opgericht door de Europese Commissie in oktober 2006.

Het netwerk omvat snelwegen en wegen van hoge kwaliteit, bestaand, gepland of aan te passen, die:

- een belangrijke rol spelen in lange-afstandsverkeer;
- een bypass vormen voor de belangrijke stedelijke centra;
- een verbinding vormen met andere vervoersmodi;
- perifere gebieden verbinden met centraal gelegen regio's.

De netwerken moeten gebruikers hierbij een hoog, uniform en continu niveau van diensten, comfort en veiligheid bieden.

### 1.1.1.2 Detaillering Vlaanderen

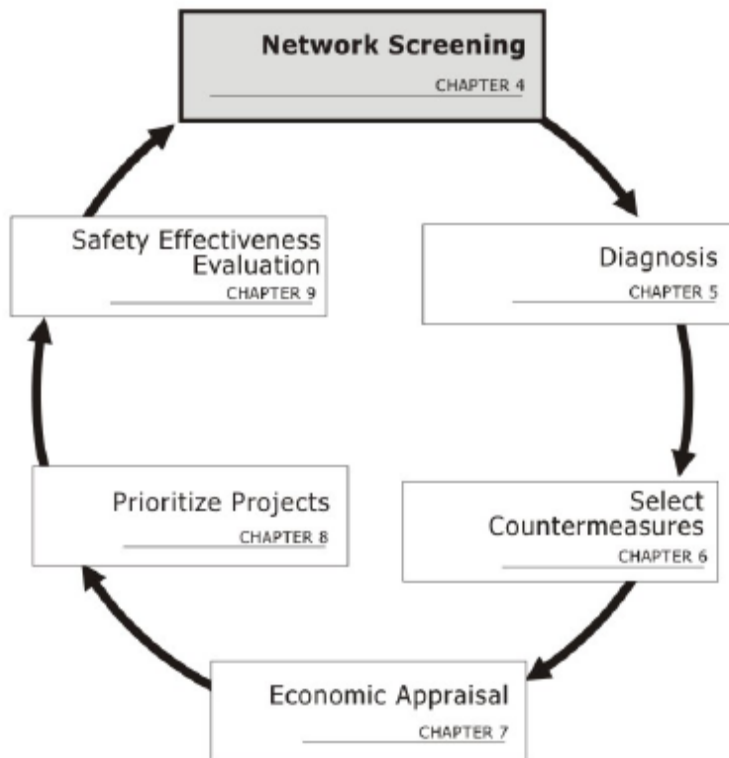
In figuur 1 wordt een meer gedetailleerd beeld gegeven van het TEN-T wegennet in België. Het omvat de meeste (maar niet alle) snelwegen. Naast de meeste snelwegen maken eveneens een aantal primaire wegen deel uit van het netwerk. Voorbeelden zijn de Limburgse Noord-zuidverbinding en de verbinding Brugge-Zeebrugge. De routes die aangegeven zijn in stippellijn moeten nog verder uitgebouwd worden tot snelwegstandaard (E34, N31, deel R4, R2). Het netwerk omvat ca. 870 km wegen op Vlaams grondgebied.



**Figuur 1: TEN-T wegennet in Vlaanderen (Bron: Beslissing No 661/2010/EU van het Europees Parlement en van de Raad, dd. 7/7/2010)**

## 1.2 Doelstelling

Netwerk screening maakt deel uit van het proces van verkeersveiligheidsmanagement (figuur 2; AASHTO, 2010). Het doel van screening en van dit rapport is de selectie van een relatief beperkte deelgroep van een ruime populatie (in casu het totale netwerk van hoofdwegen) (Hauer et al, 2002b). Deze deelgroep kan vervolgens onderworpen worden aan een meer diepgaand onderzoek. Deze netwerkscreening is bijgevolg geen uiteindelijk doel, maar slechts de eerste stap ter verbetering van de verkeersveiligheid op gevaarlijke locaties. Het resultaat van de screening is een lijst met wegsegmenten, gesorteerd volgens prioriteit voor het uitvoeren van gedetailleerde analyses. Op basis van die analyses kunnen dan vervolgens gepaste maatregelen worden voorgesteld.



**Figuur 2: Proces van verkeersveiligheidsmanagement (Bron: Highway Safety Manual (AASHTO, 2010))**

Elvik (2008b) definieert gevaarlijke weglocaties als elke locatie (1) waarvan het verwacht aantal ongevallen hoger is (2) dan op andere vergelijkbare locaties (3) ten gevolge van lokale risicofactoren. Hij gaat uit van het verwachte aantal ongevallen

In de Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) wordt uitgegaan van een rangschikking in functie van de waarschijnlijkheid om het aantal ongevallen te reduceren door het uitvoeren van verkeersveiligheidsmaatregelen en dit op een kost-effectieve wijze. In de Europese richtlijn 2008/96/EG en in de vertaling naar het Vlaamse beleid daarvan (decreet van 17 juni 2011 betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur) vindt men beide uitgangspunten terug. Zo moet ten minste om de 3 jaar de classificatie van weggedeelten met een hoog aantal verkeersongevallen en van de verkeersveiligheid van het wegennet opgesteld worden. Onder het eerste verstaat men een methode voor het identificeren, analyseren en classificeren van gedeelten van het wegennet die meer dan 3 jaar in gebruik zijn en waarop, in verhouding tot de verkeersstroom, een groot aantal ongevallen heeft plaatsgevonden. Het tweede omhelst een methode voor het afbakenen, analyseren en indelen van gedeelten van het bestaande wegennet volgens hun potentieel voor de ontwikkeling van de verkeersveiligheid en het besparen van de kosten van ongevallen.

Via deze studie willen we daarom weggedeelten identificeren en classificeren volgens beide criteria. Dit moet toelaten om de prioritaire weggedeelten te definiëren die achteraf aan een nader onderzoek onderworpen zullen worden. We zullen hiervoor een aanpak hanteren die wetenschappelijk als state-of-the-art wordt beschouwd. In deze studie beperken we ons hierbij tot de Vlaamse autosnelwegen die deel uitmaken van het TEN-T wegennetwerk.

De studie bouwt voort op een eerdere studie rond de Road Accident Analyzer (Van Raemdonck & Macharis, 2011). Waar deze beperkt bleef tot de E313 wordt de ranking nu uitgebreid naar het volledige TEN-T netwerk in Vlaanderen. Ook nu wordt gekozen voor een werkwijze op basis van de empirical Bayes aanpak. Bovendien worden de rankings gebaseerd op de meer recente ongevallendata van de periode 2008-2010 (t.o.v. de periode 2003-2007 die bij de Road Accident Analyzer werd gehanteerd).

### 1.3 Vraagstelling

De hoofdvragen weerspiegelen de dubbele doelstelling zoals geformuleerd in het decreet:

- Welke wegsegmenten van de Vlaamse snelwegen die deel uitmaken van het TEN-T netwerk vertonen het hoogste aantal ongevallen in relatie tot de verkeersdruk?
- Welke wegsegmenten van de Vlaamse snelwegen die deel uitmaken van het TEN-T netwerk vertonen het grootste potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid?

Een antwoord op de vragen is pas mogelijk als we de volgende deelvragen beantwoord hebben:

- Hoe bepalen we het aantal ongevallen op een wegsegment?
- Hoe bepalen we het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid van een wegsegment?

Het antwoord hierop hangt nauw samen met de gehanteerde methodiek. Een bijkomende vraag is dan ook welke methode geschikt is om de doelstellingen van dit rapport te behalen.

### 1.4 Opzet rapport

In hoofdstuk 2 wordt eerst, op basis van een beperkt literatuuroverzicht, een overzicht gegeven van een aantal gehanteerde indicatoren en mogelijke methodieken. Als state-of-the-art wordt vervolgens de Empirical Bayes (EB) benadering in meer detail voorgesteld.

Bij de EB-aanpak wordt gebruik gemaakt van een vergelijkingsgroep. Deze vergelijkingsgroep wordt opgevat als een risicomodel waarbij het aantal ongevallen op een wegsegment wordt gemodelleerd in functie van weglengte en verkeersintensiteit.

Om het effect van de EB-aanpak weer te geven wordt in hoofdstuk 4 eerst een ranking opgemaakt op basis van een naïeve aanpak waarbij gebruik gemaakt wordt van de werkelijke ongevallenaantallen. In hoofdstuk 5 wordt dit vervolgens herhaald, maar wordt nu uitgegaan van het verwachte aantal ongevallen, waarbij het verwachte aantal ongevallen bepaald wordt op basis van het werkelijke ongevallenaantal en het normale aantal ongevallen bepaald aan de hand van het risicomodel. De verschillende rankings die bekomen worden, worden onderling vergeleken. Om de vergelijkbaarheid van de resultaten te waarborgen worden de verschillende indicatoren genormaliseerd volgens de lengte van het wegsegment. In hoofdstuk 6 wordt tenslotte de invloed van de modelvorm bestudeerd op de waarde voor het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid en de ermee samenhangende ranking.

In hoofdstuk 7 tenslotte worden, op basis van de studieresultaten een aantal conclusies en aanbevelingen weergegeven.

### 1.5 Beperkingen

Netwerk screening maakt zoals gezegd deel uit van het proces van verkeersveiligheidsmanagement (fig. 2). Het doel van de screening en van dit rapport is beperkt tot het aanduiden en selecteren van segmenten waar een verkeersveiligheidsprobleem bestaat. Voor het vastleggen van toepasselijke maatregelen is een bijkomende stap nodig: de diagnose. Hier worden de verkeersveiligheidsproblemen in groot detail bestudeerd. Dit houdt in dat een ongevallenanalyse wordt uitgevoerd, in combinatie met een weginspectie. Dit hoort evenwel uitdrukkelijk niet tot de doelstellingen van dit rapport.

## 2 Methodiek

Dit hoofdstuk is opgesplitst in 3 delen. In het eerste deel wordt dieper ingegaan op de indicatoren die gehanteerd (kunnen) worden bij het vastleggen van gevaarlijke wegsegmenten. In het tweede deel komen vervolgens een aantal methodologische aspecten aan bod. In het derde deel tenslotte wordt de EB-aanpak, als state-of-the-art methode in meer detail voorgesteld.

### 2.1 Indicatoren

De meest voorkomende ongevallenindicatoren zijn het aantal ongevallen, de ongevallensiteit en het ongevallenrisico (Van Raemdonck & Macharis, 2011). Waar de eerste indicator louter een telling van het **aantal verkeersongevallen** op een segment gedurende een bepaalde periode inhoudt, geeft de **ongevallensiteit** het aantal ongevallen weer ten opzichte van de segmentlengte. Ze wordt dan ook uitgedrukt in ongevallen per eenheidslengte (en per jaar). Het **ongevallenrisico** is dan weer het aantal ongevallen ten opzichte van de verkeersblootstelling (meestal het aantal voertuigkilometer, bepaald op basis van het gemiddelde dagelijkse verkeer, de periode die in beschouwing wordt genomen en de lengte van het segment) en wordt uitgedrukt in ongevallen per (100 miljoen) afgelegde kilometers.

Door het toekennen van gewichten aan de ongevallen in functie van de zwaarte van een ongeval, kan men rekening houden met de letselernst. Ongevallen met zwaargewonde en/of dodelijke slachtoffers krijgen daarbij een groter gewicht<sup>1</sup>.

Aangezien het uiteindelijke doel van de netwerkscreening is om het aantal letselongevallen terug te dringen, stellen een aantal auteurs (o.a. Persaud et al, 1999, Hauer et al, 2002b) voor om het (verwachte) aantal ongevallen af te zetten tegen het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties. Wanneer een locatie meer ongevallen telt dan wat normaal is voor dergelijke locaties veronderstelt men dat er locatie-specifieke redenen zijn die dit overtal verklaren. Wanneer die redenen geïdentificeerd worden, kunnen ze ook gemedieerd worden. Als dusdanig is dit verschil te zien als een maat voor het **potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid**. Het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties kan bepaald worden als het gemiddelde aantal ongevallen dat op vergelijkbare wegen wordt geregistreerd of op basis van een risicomodel, waarbij het aantal ongevallen wordt gemodelleerd in functie van een aantal verklarende variabelen.

### 2.2 Methodes

#### 2.2.1 Functionele classificatie

In de praktijk wordt meestal uitgegaan van het aantal geregistreerde ongevallen an sich, al dan niet gewogen om rekening te houden met ongevalsernst of afgezet tegen de verkeersintensiteit als een risicomaat (Elvik, 2008c). Deze methoden kunnen gecatalogeerd worden als **observationale methodes** (Moons & Brijs, 2007). Het aantal geregistreerde ongevallen is echter onderhevig aan een onzekere variatie. Het geobserveerde aantal ongevallen geeft daarom niet noodzakelijk het reële gevaar van die locatie weer. Technieken die rekening houden met deze onzekerheid worden onder de noemer van **statistische methodes** geplaatst. Met behulp van regressiemodellen wordt een normaal aantal ongevallen geschat voor vergelijkbare wegvakken (als een benadering van het aantal geobserveerde ongevallen). Met Bayesiaanse modellen gaat men nog een stapje verder en maakt men een schatting van het aantal werkelijke ongevallen, waarbij rekening gehouden wordt met de toevallige fluctuaties van de ongevallenaantallen. Deze schatting is gebaseerd op het normale aantal ongevallen (geschat door middel van een regressiemodel) en het aantal geobserveerde ongevallen.

---

<sup>1</sup> In Vlaanderen werd dit toegepast bij het bepalen van de gevaarlijke punten, waarbij ongevallen met doden 5 keer meer doorwegen dan ongevallen waarbij enkel lichtgewonden te betreuren zijn. In Angelsaksische literatuur is vaak sprake van 'equivalent property damage only crash frequency' (AASHTO, 2010).

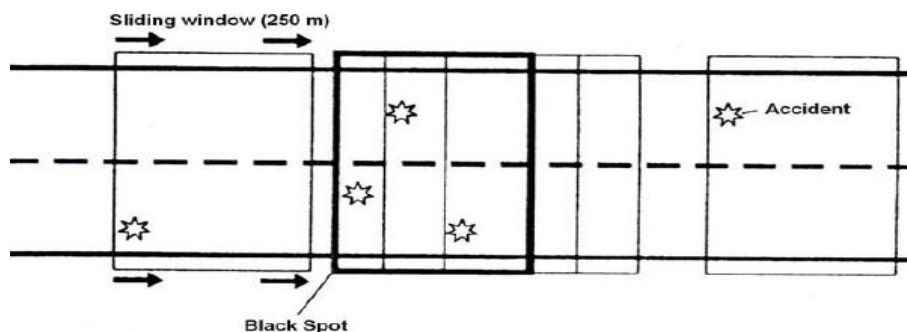
Bij het gebruik van **ruimtelijke methodes** wordt er specifiek rekening gehouden met de ruimtelijke samenhang van de te onderzoeken locaties. De globale en lokale ruimtelijke autocorrelatie, de kernel methode en de Rode Zones gehanteerd door het Waalse Gewest vallen hieronder. Voor een overzicht wordt verwezen naar Moons en Brijs (2007).

## 2.2.2 Segmentlengte

Bij zeer korte segmentlengtes spreken we van gevaarlijke punten. De lengte van segmenten kan op verschillende manieren bepaald worden. **Voorgedefinieerde segmenten** worden op voorhand vastgelegd. Ze kunnen vast of variabel van lengte zijn. Bij segmenten van een vaste lengte wordt de lengte op voorhand bepaald en ze is gelijk voor alle segmenten. Ter hoogte van discontinuïten in de opgenomen variabelen dient de lengte evenwel aangepast te worden. De verschillende segmenten kunnen ook een verschillende lengte hebben. De lengte wordt in dat geval doorgaans bepaald als het resultaat van het netwerk in homogene segmenten (dit zijn segmenten waarbinnen de relevante parameters niet wijzigen). Hoe meer parameters worden meegenomen in de analyse, hoe korter de segmenten in dat geval doorgaans zullen zijn.

De lengte van gevaarlijke zones kan ook ongedefinieerd zijn. In dat geval wordt het aantal ongevallen bepaald voor (korte) basissegmenten die vervolgens geaggregeerd worden tot samenhangende segmenten met een verhoogd ongevalsrisico. Om de basissegmenten te aggregeren tot gevaarlijke segmenten kan gebruik gemaakt worden van de sliding window aanpak, waarbij een venster van een bepaalde breedte over de weg glijdt en het wegvak met het hoogste aantal ongevallen geselecteerd wordt (zie figuur 3; Sørensen & Elvik, 2007).

Het gebruik van sliding windows wordt echter afgeraden door Sørensen en Elvik (2007) omdat ze aanleiding geeft tot een groter aantal vals-positieve locaties (locaties die gemerkt worden als gevaarlijk, terwijl ze het niet zijn). Zij raden wel het gebruik van segmenten met een variabele lengte aan omdat dit het gemakkelijkst te verzoenen valt met de eis voor homogene wegsegmenten.



Figuur 3: Principe van het sliding window (Bron: Elvik, 2007)

## 2.2.3 Wat is gevaarlijk?

Wanneer de ongevallenindicator berekend is voor het segment, moet nog beoordeeld worden of deze waarde als gevaarlijk moet beschouwd worden. Van Raemdonck en Macharis (2011) onderscheiden 2 vergelijkingsbases. In de eerste benadering wordt de ongevallenindicator afgezet tegen een **drempelwaarde**, die doorgaans arbitrair bepaald wordt. De tweede benadering houdt een vergelijking in van de ongevallenindicator met een **normale waarde**, die berekend wordt op basis van de ongevallengegevens van vergelijkbare wegsegmenten. De normale waarde kan op verschillende manieren bepaald worden. Een eerste manier bestaat er in de gemiddelde waarde van de ongevallenindicator te berekenen voor een groep van gelijkaardige wegsegmenten. Daarnaast kan er ook gebruik gemaakt worden van risicomodellen. Ook in dit rapport kiezen we voor risicomodellen voor de bepaling van het normale aantal ongevallen op vergelijkbare wegsegmenten. De risicomodellen zijn in dit rapport eenvoudig gehouden met een beperkt aantal verklarende variabelen (voor meer details m.b.t. het risicomodel verwijzen we naar hoofdstuk 3).



## 2.2.4 Gehanteerde benadering

De Europese en Vlaamse regelgeving stelt dat gevaarlijke segmenten geselecteerd worden op basis van een hoog aantal ongevallen enerzijds en een hoog potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid anderzijds. Dit houdt in dat de basisindicatoren in dit rapport het ongevallenaantal en het potentieel voor verbetering zullen zijn. Bijkomend worden rankings opgemaakt op basis van andere indicatoren zoals de ongevallendensiteit (ongevallen per km weg) en het ongevalsrisico (ongevallen per afgelegde voertuigkm).

In een state-of-the-art benadering wordt een gevaarlijk wegsegment volgens Elvik (2008b) gedefinieerd als een locatie met een (1) verwacht aantal ongevallen dat hoger ligt (2) dan op vergelijkbare locaties (3) ten gevolge van lokale factoren. Alle 3 factoren uit deze definitie zijn hierbij van belang.

Om te vermijden dat locaties geselecteerd worden op basis van toevallig verhoogde ongevallenaantallen, wordt dus beter uitgegaan van het verwachte aantal ongevallen dat corrigeert voor dit toeval. Potentiële gevaarlijke locaties moeten daarenboven, nog steeds volgens Elvik, vergeleken worden met gelijkaardige locaties (bvb. hetzelfde wegtype, in ons geval de snelwegen in Vlaanderen). Het verhoogd aantal ongevallen moet tenslotte kunnen toegewezen worden aan lokale factoren die beïnvloed kunnen worden door een heraanleg. Een techniek die tegemoetkomt aan elk van de 3 factoren is de Empirical Bayes methode, waarbij het verwachte aantal ongevallen wordt geschat op basis van het aantal geobserveerde ongevallen en het normale aantal ongevallen, gebaseerd op een risicomodel (Elvik, 2008a).

De EB-aanpak biedt een oplossing voor 2 problemen bij het schatten van het aantal ongevallen (Hauer et al, 2002a): ze corrigeert voor regressie naar het gemiddelde en ze verbetert de nauwkeurigheid van de schatting. Regressie naar het gemiddelde speelt een soms aanzienlijke rol wanneer ongevallenaantallen gelinkt zijn aan de reden waarom de verkeersveiligheid onderzocht wordt, zoals in deze studie. In deze studie wordt immers op zoek gegaan naar die segmenten met een hoog ongevallenaantal met het oog op een verdere ongevalsanalyse. Om te vermijden dat segmenten geselecteerd worden omwille van een toevallig hoog ongevallenaantal (dat in de daaropvolgende jaren normaal opnieuw lager zal liggen) wordt daarom gecorrigeerd voor regressie naar het gemiddelde. Hierdoor beperkt men het aantal vals positieve locaties (locaties die als gevaarlijk worden gemerkt, maar het in realiteit niet zijn).

Een aantal auteurs (Elvik, 2008b; Huang et al, 2009) hebben een aantal methodes voor ranking van gevaarlijke segmenten vergeleken aan de hand van een aantal performantiematen. Zij besluiten dat de modelgebaseerde aanpak effectief significant betere resultaten oplevert dan de traditionele aanpak gebaseerd op de ruwe ongevallendata. Daarom wordt de EB-methodiek momenteel beschouwd als de state-of-the-art aanpak voor het identificeren van gevaarlijke segmenten en wordt deze dan ook gehanteerd binnen deze studie.

Het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid wordt, in overeenstemming met Persaud et al (1999), gedefinieerd als het verschil tussen het verwachte aantal ongevallen en het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties (zie ook fig. 5 op p. 20). Het normale aantal ongevallen wordt hierbij berekend met behulp van een risicomodel. Hierbij stelt zich de vraag hoe het normale aantal ongevallen moet berekend worden. Locaties kunnen een hoog aantal ongevallen hebben omdat ze een aantal kenmerken vertonen die een groter risico met zich meebrengen (smalle rijstroken, slecht wegdek). Wanneer deze kenmerken zijn opgenomen als verklarende variabelen in het model, zal een vergelijkingsgroep waar deze kenmerken dezelfde waarden vertonen eveneens een hoger aantal ongevallen vertonen. Ten opzichte van de vergelijkbare locaties zal de onderzochte locatie dan een beperkt potentieel voor verbetering vertonen, hoewel er toch een aantal elementen kunnen veranderd worden om te veiligheid (fors) te verbeteren. Persaud et al (1999) stellen daarom 2 verschillende benaderingen voor om toch een meer realistisch potentieel te bepalen:



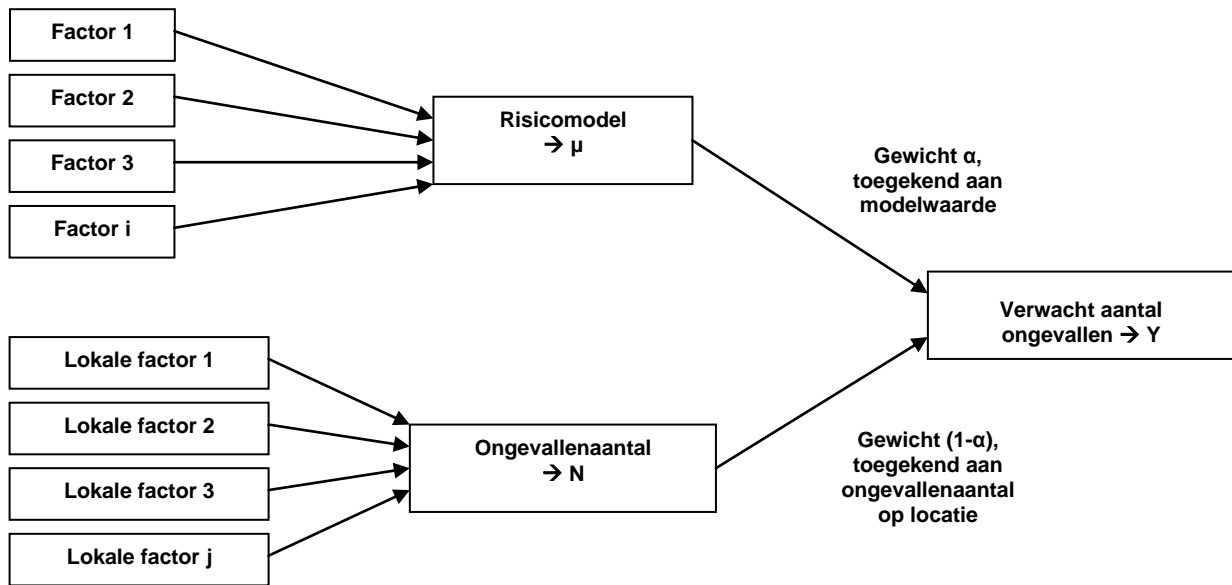
- terwijl het verwacht aantal ongevallen wordt berekend met behulp van een gedetailleerd risicomodel, wordt het normale aantal ongevallen bepaald aan de hand van een eenvoudig model dat enkel verkeersintensiteit bevat als verklarende variabele, maar geen kenmerken die aangepast kunnen worden;
- voor zowel het verwacht als het normale aantal ongevallen wordt uitgegaan van het gedetailleerde model, maar voor het bepalen van het normale aantal wordt uitgegaan van de waarden voor de behandelbare kenmerken die overeenstemmen met de gangbare norm. Wanneer het risicomodel bvb. een variabele bevat die aangeeft of er al dan niet een beveiligingsconstructie aanwezig is, zal het verwachte aantal ongevallen op een weg zonder beveiligingsconstructie berekend worden door voor de variabele de waarde behorend bij afwezige veiligheidsconstructie in te vullen. Voor het bepalen van de normale waarde wordt dan uitgegaan van de aanwezigheid van een beveiligingsconstructie. Het potentieel wordt dan gedeeltelijk bepaald door het plaatsen van beveiligingsconstructie en gedeeltelijk door andere – niet noodzakelijk in het model opgenomen – lokale kenmerken.

In dit rapport wordt de eerste benadering gevolgd. In een vervolgrapport worden de mogelijkheden van de tweede aanpak onderzocht.

In de literatuur worden geen duidelijke indicaties gegeven omtrent de te gebruiken segmentlengtes. Lengtes worden doorgaans gekozen in functie van de homogeniteit van de segmenten. Het gebruik van een variabele lengte kan de interpretatie van de resultaten bemoeilijken. Dit kan evenwel opgevangen worden door het gebruik van afgeleide indicatoren zoals ongevallendensiteit of –risico. In deze studie worden, in overeenstemming met de aanbevelingen van Sørensen en Elvik (2007) segmenten van variabele lengte gebruikt die gedefinieerd worden in functie van de homogeniteit (met betrekking tot de intensiteiten). In de praktijk betekent dit dat segmenten gedefinieerd worden in relatie tot hun ligging ten opzichte van de opeenvolgende op- en afritcomplexen.

## 2.3 Empirical Bayes

In de Empirical Bayes methode wordt het verwachte aantal ongevallen geschat op basis van de informatie uit 2 bronnen (Elvik, 2008a; Hauer et al, 2002a). Aan de ene kant is er het aantal geregistreerde ongevallen op de beschouwde locatie (onderste deel fig. 4). Anderzijds halen we informatie uit het normale aantal ongevallen dat we op vergelijkbare locaties terugvinden en dat we bepalen aan de hand van een risicomodel (bovenste deel fig. 4). In Hauer et al (2002a) wordt de methodiek in detail uiteengezet. Hier beperken we ons tot de essentie.



**Figuur 4: Empirical Bayes, een combinatie van risicomodellen en ongevallendata (Bron: Aangepast o.b.v. Elvik (2011))**

De beste schatting van het verwachte aantal ongevallen op de potentiële gevaarlijke locatie wordt, zoals aangeduid in fig. 4 gegeven door het gewogen gemiddelde van beide indicaties (modelwaarde en werkelijk aantal). Wiskundig noteren we dit als:

$$Y = \alpha * \mu + (1-\alpha) * N \quad (1)$$

Het gehanteerde gewicht  $\alpha$  is afhankelijk van de kwaliteit van het gehanteerde risicomodel en het aantal ongevallen op de locatie en wordt gegeven door (Hauer et al, 2002a):

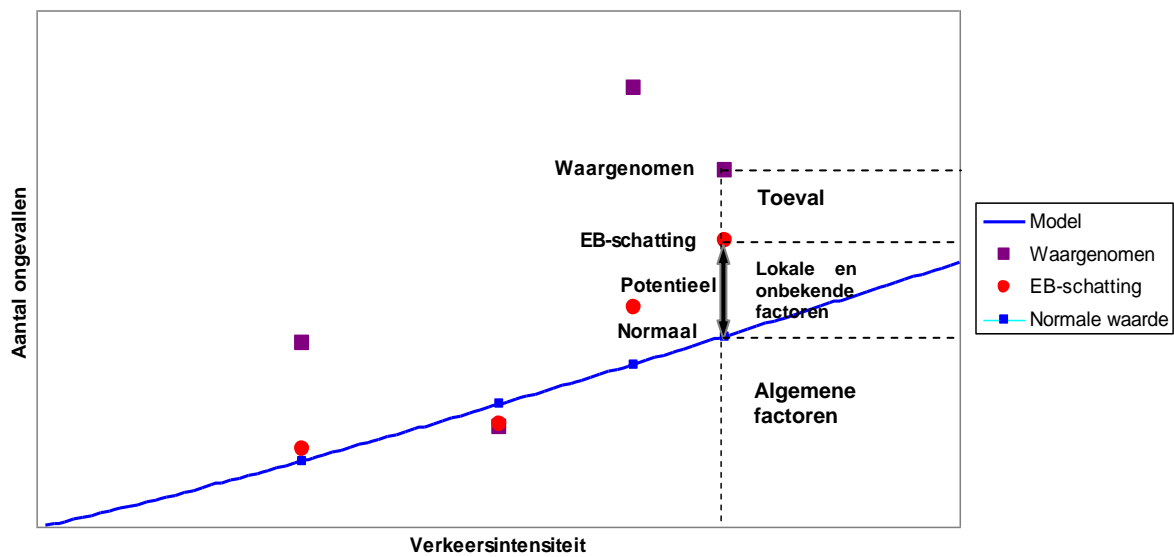
$$\alpha = 1/(1+k*\mu_L) \quad (2)$$

De overdispersiefactor  $k$  wordt bepaald bij de opmaak van het risicomodel.  $\mu_L$  geeft het normale aantal ongevallen weer, opnieuw bepaald aan de hand van de modelresultaten, maar uitgedrukt per km weglengte.

In figuur 5 wordt deze werkwijze schematisch weergegeven. De voorspelde waarde wordt hierbij gegeven door de curve in figuur 5. Deze geeft het aantal ongevallen weer i.f.v. de verkeersintensiteit zoals bepaald bij de opmaak van het risicomodel. Aangezien de gewichtsfactor tussen 0 en 1 gelegen is, bevindt de waarde voor het verwachte aantal ongevallen (EB-schatting) zich tussen de door het model voorspelde waarde en het geregistreerde ongevallenaantal.

Het normale aantal ongevallen, gegeven door de modelvoorspelling, wordt bepaald door de algemene factoren die in het model zijn opgenomen. Het verschil tussen het verwachte aantal ongevallen (EB-schatting) en de voorspelde waarde wordt dan verklaard door lokale factoren en de onbekende algemene factoren die niet in het model zijn opgenomen. Het verschil tussen de EB-schatting en het aantal waargenomen ongevallen tenslotte wordt bepaald door toevallige fluctuaties en het is net om deze bias te vermijden dat bij de vastlegging van gevaarlijke segmenten geopteerd moet worden voor het verwachte aantal ongevallen en niet voor het waargenomen aantal.

Hauer et al (2002a) lichten de procedure toe voor een aantal voorbeeldsituaties. Voor verdere verduidelijking van de geschetste werkwijze volgt hier nog een voorbeeldje op basis van de gegevens die gebruikt worden in dit rapport. We lopen hierbij even vooruit op de resultaten van het risicomodel dat in het volgende hoofdstuk wordt besproken. Als voorbeeld nemen we het wegsegment tussen oprit Lokeren en afrit Waasmunster van de E17. Dit segment is 4999 m lang. In 2010 gebeurden er 5 ongevallen en telden we gemiddeld 49.246 voertuigen per dag. Het normale aantal ongevallen dat we op gelijkaardige wegsegmenten mogen verwachten vinden we door deze waarden in te vullen in het opgemaakte risicomodel<sup>2</sup>, waarvan de modelparameters gegeven worden in tabel 5 (p. 26). Dit levert  $e^{-17,0652 \cdot 4999} \cdot 0,9532 \cdot 49246^{1,0266} = 8,544$  ongevallen op. Het verwachte aantal ongevallen wordt dan bepaald als het gewogen gemiddelde van beide ongevallenwaarden. Het gewicht wordt bepaald door formule (2):  $1/(1+8,544 \cdot 0,3342/4,999) = 0,636$ . Het verwachte aantal ongevallen bedraagt bijgevolg  $0,636 \cdot 8,544 + 0,364 \cdot 5 = 7,25$ .



Figuur 5: Schematische voorstelling ongevallenwaarden Empirical Bayes methode

<sup>2</sup> De bespreking van de opbouw van het model en de resultaten ervan gebeurt uitgebreid in hoofdstuk 3.

## 3 Risicomodel

Bij de Empirical Bayes methode wordt gebruik gemaakt van een vergelijkingsgroep om te corrigeren voor regressie naar het gemiddelde. In dit geval zal de vergelijkingsgroep opgebouwd worden met behulp van een risicomodel voor de hoofdwegen van het TEN-T-netwerk. Dergelijk risicomodel geeft het aantal ongevallen weer in functie van een aantal verklarende variabelen. In deze studie werd het aantal verklarende variabelen beperkt tot verkeersintensiteit, lengte wegsegment en type wegsegment. Voor de opmaak van het model werd gebruik gemaakt van volgende data:

- gelokaliseerde ongevallen 2008-2010 (Afdeling Beleid Mobiliteit en Verkeersveiligheid)
- bestand van wegsegmenten (Verkeerscentrum)
- verkeersintensiteiten (Verkeerscentrum).

### 3.1 Databronnen

#### 3.1.1 Gelokaliseerde ongevallen

In 2000 werd in Vlaanderen begonnen met het lokaliseren van de geregistreerde ongevallen in een GIS-omgeving. Inmiddels werden de ongevallen in de periode 1996-2010 op deze manier gelokaliseerd. In deze studie wordt gebruik gemaakt van de 3 meest recente beschikbare jaren, nl. 2008-2010.

Het gehanteerde ongevallenbestand telt voor die periode in totaal 75.066 ongevallen in Vlaanderen, waarvan 44.746 op genummerde wegen. Naast een identificatieveld voor het ongeval zijn de velden 'IDENT8' en 'MEAS' van belang voor de identificatie van de ongevalslocatie. Deze geven aan op welke (genummerde) weg het ongeval gebeurde en in welke richting enerzijds en ter hoogte van welk hectometerpunt anderzijds. Indien bijkomende informatie gewenst is over de ongevallen (type ongeval, betrokkenen, ...) kan dit bestand gekoppeld worden aan het ongevallenbestand van de FOD ADSEI via het veld 'VOLGNUMMER'. Dit is interessant wanneer een risicomodel wordt opgebouwd voor specifieke ongevaltypes (i.f.v. betrokkenen, tijdstip, omstandigheden, ...).

#### 3.1.2 Wegsegmenten

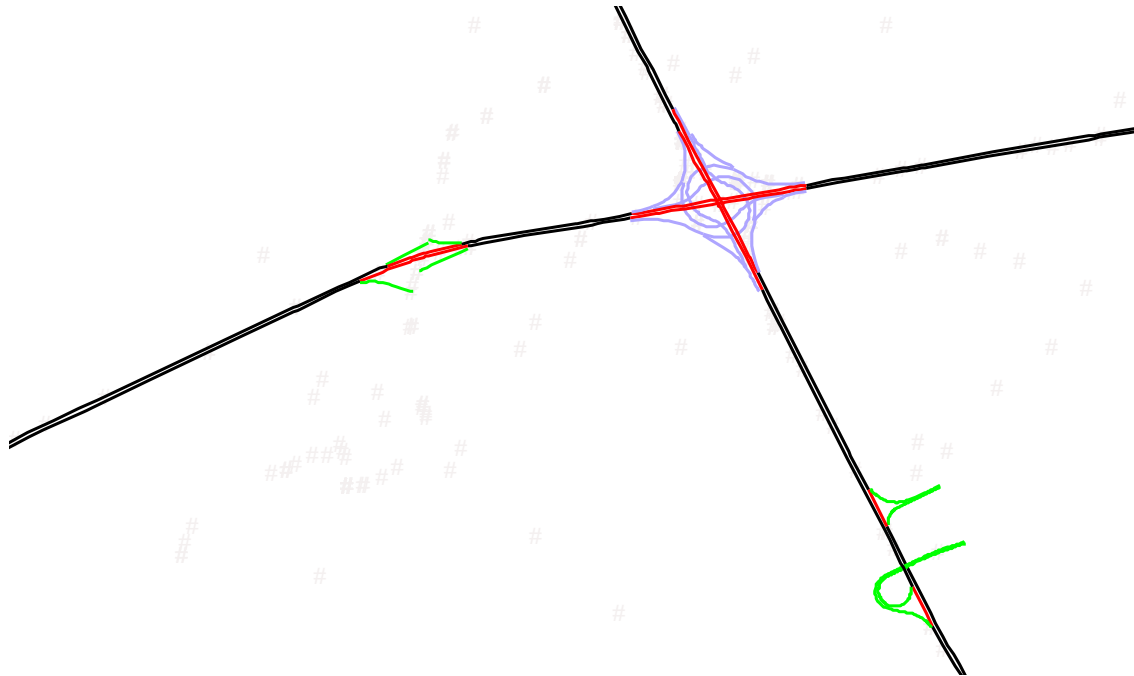
Het wegsegmentenbestand 'Segmenten\_201112', afkomstig van het Verkeerscentrum, bevat informatie over 2960 wegsegmenten die (hoofdzakelijk) deel uitmaken van het hoofdwegennet. Naast een identificatieveld voor het segment bevat het bestand eveneens een omschrijving van het wegvak, het wegnummer en de rijrichting (via ident8), de lengte van het wegvak en het begin- en eindpunt (hectometerpalen). De segmenten zijn telkens begrensd door een op- of afrit.

Aan het bestand hebben we een veld toegevoegd dat de plaats van het segment in het netwerk beschrijft ('wegvaktype'). 5 wegvaktypes worden onderscheiden:

- c: rechtdoorgaande wegvakken t.h.v. op- en afritcomplexen en verkeerswisselaars, gelegen tussen (meestal) afrit en bijhorende oprit (551 segmenten)
- k: op- en afritten en parallelwegen (1155 segmenten)
- n: wegvakken die geen deel uitmaken van het hoofdwegennet (333 segmenten)
- tss: wegvakken gelegen tussen opeenvolgende complexen of verkeerswisselaars (565 segmenten)
- w: wegvakken met uitwisseling tussen verschillende snelwegen (356 segmenten).

In deze studie wordt enkel gebruik gemaakt van de wegvaktypes 'c' en 'tss'. Op- en afritten zijn buiten beschouwing gelaten aangezien hier heel andere ongevalloorzaken een rol spelen (bochtstraat,

zichtbeperkingen, regeling aan het einde van de afrit, ...). In figuur 6 worden de verschillende segmenttypes voorgesteld aan de hand van het voorbeeld van de verkeerswisselaar in Lummen.



**Figuur 6: Wegvaktypes (zwart: 'tss'; rood: 'c'; groen: 'k'; blauw: 'w'; grijze punten: ongevallen)**

### 3.1.3 Verkeersintensiteiten

Het Verkeerscentrum is momenteel bezig met de uitbouw van een meetnet voor de verkeersintensiteiten. Het aantal meetlocaties neemt dan ook toe van 2006 naar 2011. Van de 1116 relevante segmenten hadden er 9 een telpost in 2006, terwijl dit in 2011 is opgelopen tot 727 (tabel 1).

**Tabel 1: Evolutie aantal segmenten met telposten**

	Aantal telposten
<b>2006</b>	9
<b>2007</b>	131
<b>2008</b>	328
<b>2009</b>	418
<b>2010</b>	594
<b>2011</b>	727

Het bestand geeft de jaargemiddelde dagintensiteit op de verschillende wegvakken. Er wordt zowel een gemiddelde weergegeven over de volledige week (maandag-zondag) als over de werkweek (maandag-vrijdag, exclusief schoolvakanties en feestdagen). Aangezien we in deze studie uitgaan van het totale aantal ongevallen wordt overeenkomstig gebruik gemaakt van de eerstgenoemde gemiddelde verkeersintensiteiten, over dezelfde periode (2008-2010). Intensiteiten variëren van 2551

voertuigen tot 122.853. De drukste wegsegmenten vinden we terug op de Antwerpse Ring, met waarden tot ongeveer 120.000 voertuigen per dag.

## 3.2 Opmaak databestand

Vooraleer het risicomodel kan worden opgemaakt, moet de informatie uit de verschillende vermelde bestanden gecombineerd worden tot één bestand. In een eerste stap worden de ongevallen gekoppeld aan de overeenkomstige wegsegmenten. Wanneer we dit doen via een ruimtelijke koppeling in het GIS-pakket ArcView, worden heel wat ongevallen gekoppeld aan de verkeerde rijrichting. Zo werden 84% van de relevante ongevallen van 2008 gekoppeld aan rijrichting 1 (oplopende hm-punten) en slechts 16% aan rijrichting 2 (aflopende hm-punten). Ook in eerdere studies werd dit vastgesteld (Van Raemdonck & Hermans, 2011). In de ongevallendatabank van de FOD ADSEI vinden we voor dezelfde ongevallen een veel lager aandeel van 54% op richting 1, wat veel realistischer is. Een correctie van de ruimtelijke toekenning op basis van de informatie uit de ongevallendatabank van de FOD ADSEI bleek zeer tijdrovend. Daarom werd geopteerd voor een alternatieve aanpak om de koppeling te realiseren, gebaseerd op de locatie-informatie die vervat zit in het ongevallen- en wegsegmentenbestand. Ongevallen worden gekoppeld aan de wegsegmenten op basis van de velden IDENT8 (dat informatie geeft over het wegnummer en de rijrichting) en MEAS (het hectometerpunt waarop het ongeval gebeurde), dat gelegen moest zijn tussen het begin en het einde van het wegsegment.

Wanneer alle ongevallen zijn toegekend aan de verschillende wegsegmenten, worden de ongevallen per segment gesommeerd. Hierbij werd rekening gehouden met de richtinginformatie die beschikbaar was in het bestand van de gelocaliseerde ongevallen. Dit levert het aantal geregistreerde ongevallen per segment op. In de volgende stap wordt ook de verkeersintensiteit toegevoegd aan het databestand. De koppeling wordt gerealiseerd via de velden 'SG-ID' en 'jaar'. Op deze manier bekomen we een databestand dat bestaat uit 1331 records (beperkt tot segmenten op de doorlopende wegvakken van het type 'c' of 'tss') met informatie over de segmenten (lengte, wegvaktype), het aantal ongevallen en de voertuigintensiteit. Door de toename van het aantal meetpunten bevat het bestand meer records voor de meer recente jaren (tabel 2).

**Tabel 2: Verdeling records per jaar in databestand**

Jaar	
2008	325
2009	415
2010	591

Over 595 segmenten is informatie beschikbaar voor minstens 1 jaar. Meer bepaald zijn er 180 segmenten waar alle nodige informatie beschikbaar is voor 1 jaar, 94 segmenten met info over 2 jaar en 321 segmenten met info over 3 jaar. Het bestand dat op deze manier wordt opgebouwd zal dienen als input voor de opmaak van het risicomodel.

## 3.3 Beschrijving data

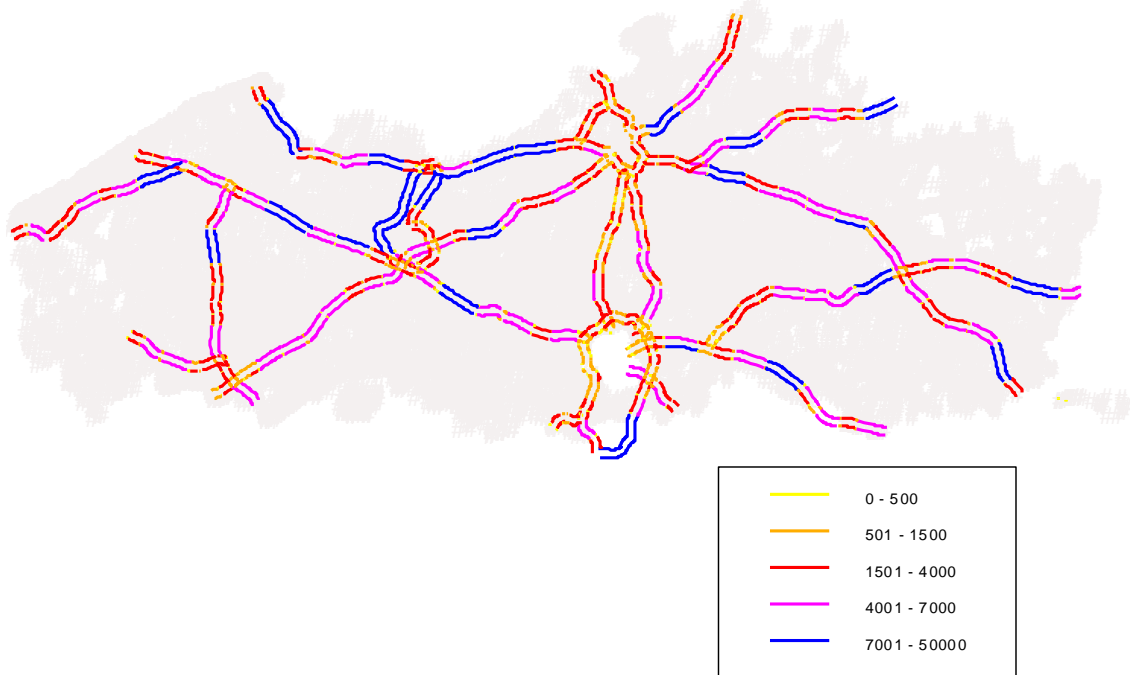
### 3.3.1 Lengte wegsegment

In tabel 3 wordt de verdeling van de lengte van de 595 wegsegmenten in kwantielen weergegeven. De gemiddelde lengte bedraagt 2403 m, met een standaard afwijking van 2753 m. 25% van de records betreft segmenten die korter zijn dan 497 m, terwijl in 5% van de records de segmenten langer zijn dan 7166 m. De korte segmenten zijn overwegend terug te vinden ter hoogte van de complexen (fig.

7). Voorts zien we dat de wegvakken in het centrum (rond de as Antwerpen-Brussel) en zeker op de ringwegen gemiddeld het kortst zijn (dus de grootste op- en afdichtheid kennen).

Tabel 3: Verdeling segmentlengte in databestand

Percent	
5%	172 m
10%	238 m
25%	497 m
50%	1230 m
75%	3444 m
90%	6018 m
95%	7166 m



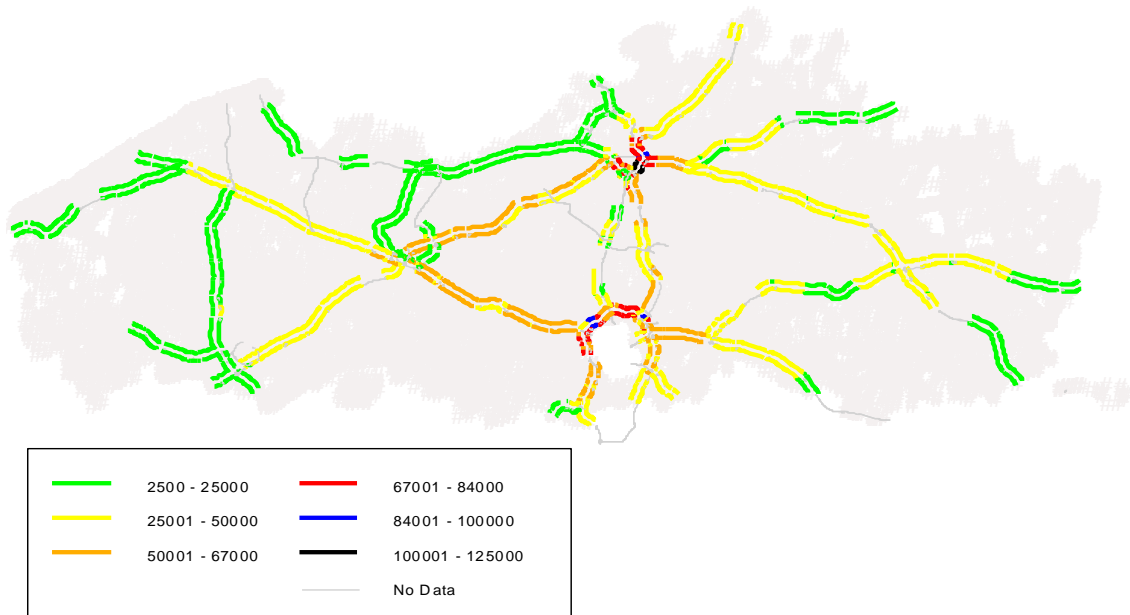
Figuur 7: Segmentlengtes

### 3.3.2 Voertuigintensiteit

In tabel 4 wordt de verdeling van het aantal voertuigen op de wegsegmenten in de 1331 records in kwantielen weergegeven. De gemiddelde dagelijkse voertuigintensiteit bedraagt 36.052, met een standaard afwijking van 21.150. 25% van de records betreft segmenten die minder dan 19.151 voertuigen tellen, terwijl in 5% van de records de segmenten meer dan 71.493 voertuigen te verwerken krijgen. De verdeling van de intensiteiten over het wegennet wordt weergegeven in figuur 8.

Tabel 4: Verdeling voertuigintensiteit in databestand

Percent	Vtgn/dag
5%	10.014
10%	12.147
25%	19.151
50%	30.476
75%	50.925
90%	64.269
95%	71.493



Figuur 8: Jaargemiddelde dagintensiteiten

### 3.3.3 Wegvaktype

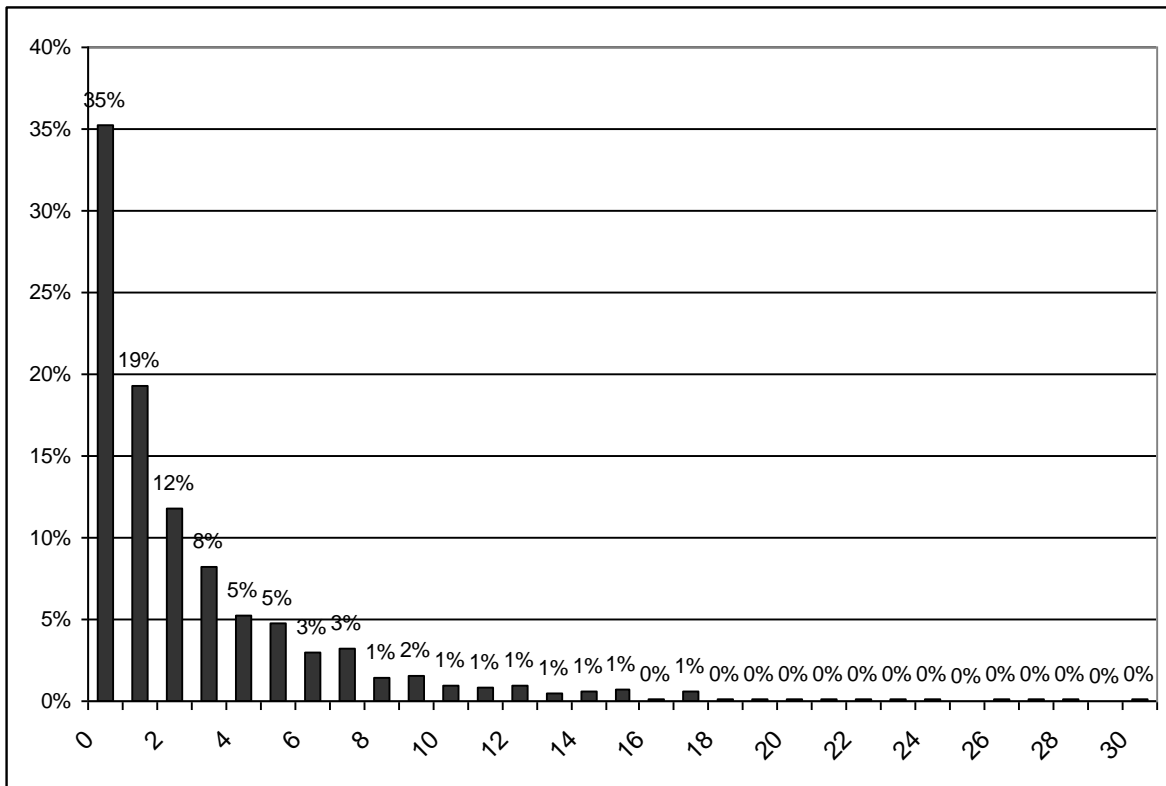
Het databestand bevat 842 (=63%) records over wegsegmenten gelegen tussen 2 opeenvolgende complexen (wegvaktype = 'tss'), tegenover 489 (=37%) records over wegsegmenten ter hoogte van complexen. Het segmentenbestand bevatte daarentegen ongeveer even veel wegvakken van het type 'c' als van het type 'tss'. De oorzaak van deze relatieve oververtegenwoordiging van het wegvaktype 'tss' in het bestand is het gevolg van de vollediger uitbouw van het meetnet op deze segmenten. Op termijn, wanneer het meetnet verder vervolledigd wordt, zal deze verhouding evolueren naar de verhouding die we in het segmentenbestand terugvinden.

### 3.3.4 Aantal ongevallen

Gemiddeld gebeuren er 2,73 ongevallen per jaar per segment, met een standaard afwijking van 4,04. Aangezien de standaard afwijking groter is dan het gemiddelde zal een negatief-binomiaal verdeling



aangewezen zijn bij de opmaak van het model<sup>3</sup>. Ongeveer 35% van de records betreft segmenten waarop dat jaar geen ongevallen gebeurden (fig. 9). In 19% van de records vinden we 1 ongeval terug en in 12% 2. In 6% van de records tellen we 10 ongevallen of meer.



**Figuur 9: Verdeling aantal ongevallen**

### 3.4 Opmaak risicomodel

De Empirical Bayes aanpak maakt zoals gezegd gebruik van het aantal geregistreerde ongevallen op de locatie zelf en van het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties. Het normale aantal ongevallen dat gebeurt op gelijkaardige locaties wordt in deze studie bepaald aan de hand van een risicomodel. Dergelijk model beschrijft het aantal ongevallen in functie van een aantal verklarende variabelen. In dit geval werden de lengte van het wegsegment, de voertuigintensiteit en het type wegvak (al dan niet t.h.v. een complex) meegenomen als (potentiële) verklarende variabelen. Het basismodel kan algemeen geschreven worden als volgt (Elvik, 2007):

$$\mu = \alpha * L^\beta * I^\gamma * e^{\delta T} \quad (3)$$

Hierin is I het jaargemiddelde aantal voertuigen dat per dag over het wegsegment rijdt. L is de lengte van het wegsegment. T is een dummy variabele die aangeeft tot wel type het wegsegment behoort (=1 als het een wegvak t.h.v. een complex betreft, =0 anders).  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  en  $\delta$  zijn de regressiecoëfficiënten die berekend worden in het statistische programma SAS Enterprise Guide 4.

<sup>3</sup> Bij het gebruik van een Poisson-verdeling gaat men er van uit dat het gemiddelde van de waarden gelijk is aan de standaard deviatie ervan. Aangezien dit in dit geval niet zo is, wordt gekozen voor de negatief-binomiaalverdeling.

De coëfficiënt  $\delta$  bij het type wegvak bleek bij nadere analyse niet significant te verschillen van 0. Dit betekent dat het aantal ongevallen niet merkbaar verschilt op wegvakken t.h.v. een complex in vergelijking tot wegvakken gelegen tussen 2 opeenvolgende complexen, wanneer gecorrigeerd wordt voor lengte en intensiteit. Daarom wordt de variabele wegvaktype niet opgenomen in het uiteindelijke model. De waarden voor de overige coëfficiënten  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$  worden gegeven in tabel 5, samen met een aantal modelparameters.

We vinden dat het aantal ongevallen ongeveer evenredig toeneemt met zowel de lengte van het wegsegment als met de verkeersintensiteit. Geen van beide coëfficiënten verschilt immers significant van 1.

**Tabel 5: Modelresultaten**

Modelparameter	Waarde	p-waarde	95%-BI
$\ln(\alpha)$	-17,0652	<0,0001	[-18,2289 - -15,9007]
$\beta$	0,9532	<0,0001	[0,8982 – 1,0083]
$\gamma$	1,0266	<0,0001	[0,9371 – 1,1161]
overdispersie	0,3342		[0,2725 – 0,3958]
Log Likelihood	2023,1307		

De macht die gevonden wordt bij de voertuigintensiteit in het risicomodel (3) bedraagt 1,03. Voor snelwegen in Oostenrijk respectievelijk Portugal werden waarden gevonden van 1,05 respectievelijk 0,92 (Eenink et al, 2008). De voor Vlaanderen gevonden waarde sluit hierbij aan (temeer daar het 95%-betrouwbaarheidsinterval zich van 0,9371 tot 1,1161 uitstrekt). De hier gevonden resultaten liggen eveneens in lijn met de resultaten gevonden in een eerdere toepassing op het Vlaamse snelwegennet (Van Geirt en Nuyts, 2005).

## 4 Ranking o.b.v. werkelijke ongevallen

Bij de opmaak van het gevaarlijke-puntenprogramma werd uitgegaan van het aantal geregistreerde ongevallen/slachtoffers. In dit hoofdstuk wordt daarom ook eerst een 'naïeve' ranking opgebouwd op basis van het werkelijke aantal geregistreerde ongevallen. In eerste instantie wordt dit gedaan voor de totale periode 2008-2010. Om het effect van de lengte van de periode weer te geven wordt eveneens een ranking gegeven voor de drie jaren afzonderlijk. Niet alle wegsegmenten zijn even lang noch even druk. Om hiervoor te corrigeren wordt vervolgens een ranking opgebouwd op basis van de ongevallensiteit (het aantal ongevallen per km weglengte) en op basis van het ongevalsrisico (het aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer).

### 4.1 Ranking o.b.v. ongevallenaantallen

#### 4.1.1 Aantal ongevallen 2008-2010

In tabel 6 worden de 26 wegsegmenten van het TEN-T-netwerk weergegeven met het hoogste aantal geregistreerde ongevallen (weergegeven in de kolom 'score'). Opvallend hierin is het grote aandeel segmenten gelegen langs de E40 (A10) tussen Brussel en Oostende. Maar liefst 12 van de 26 segmenten zijn langs deze snelweg terug te vinden. Voorts vinden we ook de Ring rond Antwerpen terug met 3 vermeldingen in de top 10. Daarbij aansluitend hoort ook het segment langs de E313 (A13) ter hoogte van de aansluiting met de Antwerpse Ring en het deel van de Ring tussen Linkeroever en Antwerpen-Centrum. Ook de A14 heeft 3 vermeldingen in de top 26, evenals de A3. In totaal gebeurden op de 26 segmenten in de periode 2008-2010 1.089 geregistreerde letselongevallen.

Tabel 6: Top 25 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen

segment	score	segment (vervolg)	score
R1, Berchem tot Borgerhout	83	A10, parking Wetteren tot Erpe-Mere	38
A10, Erpe-Mere tot parking Wetteren	69	A10, Affligem tot Aalst	37
R1, Borgerhout tot Berchem	63	A3, Boutersem tot Haasrode	37
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	62	A13, Herentals-West tot Massenhoven	36
A14, parking Kalken tot Lokeren	53	A1, Kleine Bareel tot St.-Job-in't-Goor	34
A10, Drongen tot Nevele	51	A3, Sterrebeek tot Bertem	34
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	50	A10, Aalst tot Affligem	33
A10, Aalter tot Beernem	46	A10, Erpe-Mere tot Aalst	33
A10, Aalter tot Nevele	46	A10, Nevele tot Drongen	33
A10, Beernem tot Aalter	39	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	33
A14, Lokeren tot Parking Kalken	39	A10, Wetteren tot Merelbeke	33
A3, Bertem tot Sterrebeek	38	A14, Zwijnaarde tot De Pinte	31
A10, Nevele tot Aalter	38	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	31

#### 4.1.2 1 jaar of 3 jaar ongevallen

Over de verschillende jaren kunnen aanzienlijke schommelingen van het aantal ongevallen optreden, wat uiteraard inhoudt dat ook de rankings verschillen. Daarom wordt in deze sectie nagegaan in welke

mate de posities van de 26 hoogst gerankte segmenten, bepaald op basis van het totaal aantal geregistreerde ongevallen in de periode 2008-2010, verschuiven wanneer gerangschikt wordt op basis van de 3 beschouwde jaren afzonderlijk (tabel 7).

**Tabel 7: Top 25 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen**

segment	Aantal (positie) 08-10	Aantal (positie) 2008	Aantal (positie) 2009	Aantal (positie) 2010
R1, Berchem tot Borgerhout	83 (1)	30 (1)	26 (2)	27 (1)
A10, Erpe-Mere tot parking Wetteren	69 (2)	24 (3)	28 (1)	17 (6)
R1, Borgerhout tot Berchem	63 (3)	27 (2)	19 (4)	17 (6)
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	62 (4)	23 (4)	21 (3)	18 (5)
A14, parking Kalken tot Lokeren	53 (5)	17 (6)	12 (17)	24 (2)
A10, Drongen tot Nevele	51 (6)	13 (14)	19 (4)	19 (4)
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	50 (7)	13 (14)	17 (6)	20 (3)
A10, Aalter tot Beernem	46 (8)	16 (8)	14 (13)	16 (9)
A10, Aalter tot Nevele	46 (8)	19 (5)	12 (17)	15 (10)
A10, Beernem tot Aalter	39 (10)	13 (14)	13 (16)	13 (18)
A14, Lokeren tot Parking Kalken	39 (10)	10 (30)	17 (6)	12 (23)
A3, Bertem tot Sterrebeek	38 (12)	8 (49)	15 (10)	15 (10)
A10, Nevele tot Aalter	38 (12)	8 (49)	15 (10)	15 (10)
A10, parking Wetteren tot Erpe-Mere	38 (12)	15 (9)	8 (37)	15 (10)
A10, Affligem tot Aalst	37 (15)	11 (22)	14 (13)	12 (23)
A3, Boutersem tot Haasrode	37 (15)	9 (37)	15 (10)	13 (18)
A13, Herentals-West tot Massenhoven	36 (17)	12 (18)	17 (6)	7 (47)
A1, Kleine Bareel tot St.-Job-in't-Goor	34 (18)	14 (11)	7 (52)	13 (18)
A3, Sterrebeek tot Bertem	34 (18)	9 (37)	12 (17)	13 (18)
A10, Aalst tot Affligem	33 (20)	13 (14)	8 (37)	12 (23)
A10, Erpe-Mere tot Aalst	33 (20)	10 (30)	6 (71)	17 (6)
A10, Nevele tot Drongen	33 (20)	12 (18)	17 (6)	4 (124)
R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	33 (20)	15 (9)	12 (17)	6 (66)
A10, Wetteren tot Merelbeke	33 (20)	12 (18)	14 (13)	7 (47)
A14, Zwijnaarde tot De Pinte	31 (25)	11 (22)	9 (31)	11 (28)
R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	31 (25)	11 (22)	9 (31)	11 (28)

## 4.2 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en -risico

In voorgaande sectie werd de ranking opgebouwd op basis van het totale aantal ongevallen. Het spreekt voor zich dat op lange en drukke segmenten relatief meer ongevallen zullen gebeuren omwille van de hogere blootstelling. Daarom worden in deze sectie ook de rankings opgenomen o.b.v. de

ongevallendensiteit en het ongevalsrisico, telkens berekend aan de hand van het geregistreerde aantal ongevallen voor de periode 2008-2010.

#### 4.2.1 Ranking o.b.v. ongevallendensiteit

De ongevallendensiteit wordt berekend als het totale aantal geregistreerde ongevallen in de periode 2008-2010 gedeeld door de weglengte in km. Dit geeft volgende prioriteitenlijst (tabel 7). 13 van de 25 segmenten bevinden zich langs de Antwerpse Ring, terwijl 7 van de locaties ter hoogte van een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar terug te vinden zijn.

Tabel 8: Top 25 segmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen)

segment	score	segment (vervolg)	score
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	51	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	19
R1, Berchem tot Borgerhout	45	R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	17
R1, Borgerhout tot Berchem	37		
A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	26	R1, Antwerpen-Zuid tot Berchem	17
R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	25	R0, Zaventem-Henneauln tot Zaventem	17
A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	24	A3, Bertem tot Heverlee	16
A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	24	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	16
A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	23	A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	16
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	23	R0, Zaventem tot Zaventem-Henneauln	15
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	23	R1, complex Borgerhout (Ring 2)	15
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	22	R1, Antwerpen-Noord tot Merksem	14
R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	20	R1, Deurne tot Merksem	14
A3, complex Bertem (ri Luik)	20	A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	14

#### 4.2.2 Ranking o.b.v. ongevalsrisico

Het ongevallenrisico wordt berekend aan de hand van het aantal ongevallen, de weglengte en de verkeersintensiteit via  $Ong/(l*L)$ . De prioriteitenlijst o.b.v. deze indicator wordt gegeven in tabel 8. 16 van de 25 hoogst gerankte segmenten bevinden zich t.h.v. een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar.

Tabel 9: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. geregistreerde ongevallen)

segment	score	segment (vervolg)	score
A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	23	A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	9
A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	17	A2, complex circuit Zolder (ri NL)	9
A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	13	A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	9
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	12	R2, complex Kanaaldok B1-B2 (Ring 2)	9
A2, complex Herent (ri NL)	11	A14, knoop Gent-Centrum (ri A'pen)	9
R2, Kanaaldok B1-B2 tot Antwerpen-Haven	11	R0, complex Halle (binnenring)	9
		A13, complex Geel-West (ri Luik)	9
R1, Berchem tot Borgerhout	10	A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	9
A10, Gent-St.-Peters tot Zwijnaarde	10	A2, complex Genk-Oost (ri Leuven)	9
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	10	R1, Borgerhout tot Berchem	8
A3, complex Bertem (ri Luik)	10	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	8
A17, complex Lichtervelde	10	A2, Leuven tot Gasthuisberg	8
A21, complex Retie (ri Ranst)	10	R0, complex Halle (buitenring)	8

### 4.3 Bespreking

Bij het gebruik van jaarlijkse ongevallencijfers valt op dat er soms aanzienlijke schommelingen optreden in de rankings. Het gebruik van een langere periode wordt dan ook sterk aanbevolen om deze schommelingen uit te vlakken. Een periode die 3 jaren omvat is gangbaar (ook in Vlaanderen) en wordt daarom ook aangehouden in de verdere analyses in dit rapport.

We merken ook aanzienlijke verschillen tussen de verschillende rankings. Slechts 5 van de segmenten uit de ranking op basis van ongevallenaantallen vinden we ook terug in de ranking o.b.v. ongevallendensiteit. Ten opzichte van de ranking o.b.v. ongevalsrisico zijn er dat zelfs maar 4. Door de grote verschillen in lengte en de vaststelling dat het aantal ongevallen evenredig is met de lengte van het wegvak, is deze vergelijking echter niet echt zinvol. Risico en densiteit zijn beide wel indicatoren die genormaliseerd zijn naar de lengte van het wegvak. De overeenkomst tussen de rankings o.b.v. ongevallendensiteit en –risico is dan ook groter, maar met 11 overeenkomsten vinden we toch nog steeds minder dan de helft van de segmenten in beide rankings terug.

## 5 Ranking o.b.v. verwachte ongevallen

In dit hoofdstuk worden opnieuw een aantal rangschikkingen van gevaarlijke wegsegmenten opgebouwd. Waar in het vorige hoofdstuk gewerkt werd met de naïeve aanpak op basis van het aantal geregistreerde ongevallen, worden in dit hoofdstuk een aantal maten berekend op basis van de verwachte ongevallenaantallen. Een eerste maat is uiteraard het ongevallenaantal op zich. Zoals eerder gesteld is deze ranking in belangrijke mate beïnvloed door de lengte van de wegsegmenten en het aantal voertuigen dat er van gebruik gemaakt. De ranking is niettemin toegevoegd ter vergelijking met de ranking uit sectie 4.1 en om het effect van de Empirical Bayes benadering duidelijk te maken.

De ongevallendensiteit (het verwachte aantal ongevallen per weglengte) en het ongevallenrisico (het verwachte aantal ongevallen per voertuigkilometer) corrigeren voor de lengte van de wegsegmenten en – in het geval van het ongevallenrisico – ook voor de verkeersintensiteit. Als dusdanig vormen zij rankings die toespitsen op de verschillen in verkeersveiligheid die niet te wijten zijn aan blootstelling.

Persaud et al (1999) stellen voor uit te gaan van het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid (PvV). Dit potentieel is gedefinieerd als het verschil tussen de EB-schatting van het aantal ongevallen en het normale aantal ongevallen, bepaald op basis van het risicomodel. Dit verschil is, zoals eerder gesteld, rechtstreeks gelinkt aan een aantal lokale (en onbekende) karakteristieken. Deze indicator sluit ook aan bij de definitie in de Europese Richtlijn.

Aangezien het meetnet momenteel volop uitgebouwd wordt en het aantal segmenten waarvan de intensiteiten gekend zijn in 2011 bijgevolg aanzienlijk hoger ligt dan in 2008, wordt voor segmenten van het snelwegennet waarvan intensiteitsgegevens voor 2008 ontbreken een schatting gemaakt op basis van de waarde uit 2011 voor dat segment en een gemiddelde jaarlijkse groeifactor. De groeifactor is de verhouding van de gesommeerde verkeersintensiteit in 2008 respectievelijk 2009 en 2010 t.o.v. de intensiteit in 2011 (op de overeenstemmende segmenten) en wordt bepaald op 94,5% voor 2008, 97,4% voor 2009 en 97,3% voor 2010<sup>4</sup>. De schatting van de intensiteit in 2008 bedraagt bijgevolg bvb. 94,5% van de waarde die in 2011 geregistreerd werd. Voor segmenten waarvan de intensiteit in het betreffende jaar gekend is, wordt uitgegaan van de werkelijke waarde. Op deze manier wordt het aantal segmenten dat in de screening wordt opgenomen uitgebreid tot 728 segmenten en omvat het bijna het volledige snelwegennet.

In deze sectie worden de wegsegmenten van het Vlaamse snelwegennet dus opeenvolgend gerangschikt op basis van 4 verschillende indicatoren: verwacht aantal ongevallen, ongevallendensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering. Telkens wordt een overzichtsk kaart gegeven waarop de segmenten van het wegennet worden ingekleurd naargelang de waarde van de indicator. Groene wegsegmenten zijn hierbij veiliger dan gemiddeld, terwijl de overige kleuren een groter aantal ongevallen dan gemiddeld weergeven. De zwarte segmenten geven hierbij telkens de hoogste waarden, gevolgd door de rode, de oranje en de gele. De kleurwaarden worden hierbij bepaald door de verdeling van de indicatorwaarden, waarbij rekening wordt gehouden met de gemiddelde waarde en de spreiding errond. De gele wegsegmenten hebben een waarde die gelegen is tussen het gemiddelde en het gemiddelde plus één keer de standaarddeviatie. Bij oranje zijn de waarden gelegen tussen het gemiddelde plus 1 keer respectievelijk 2 keer de standaarddeviatie. Voor rood wordt dat 2 respectievelijk 3 keer de standaarddeviatie. De zwarte segmenten tenslotte hebben waarden die groter zijn dan het gemiddelde plus 3 keer de standaarddeviatie.

Door de resolutie waarop de resultaten kunnen worden weergegeven geven de kaartjes niet steeds een duidelijk beeld van de waarde voor de indicator voor de korte wegsegmenten. Daarom wordt naast het kaartje eveneens telkens een overzichtstabel gegeven met de 25 wegsegmenten die de hoogste waarde voor de besproken indicator weergeven.

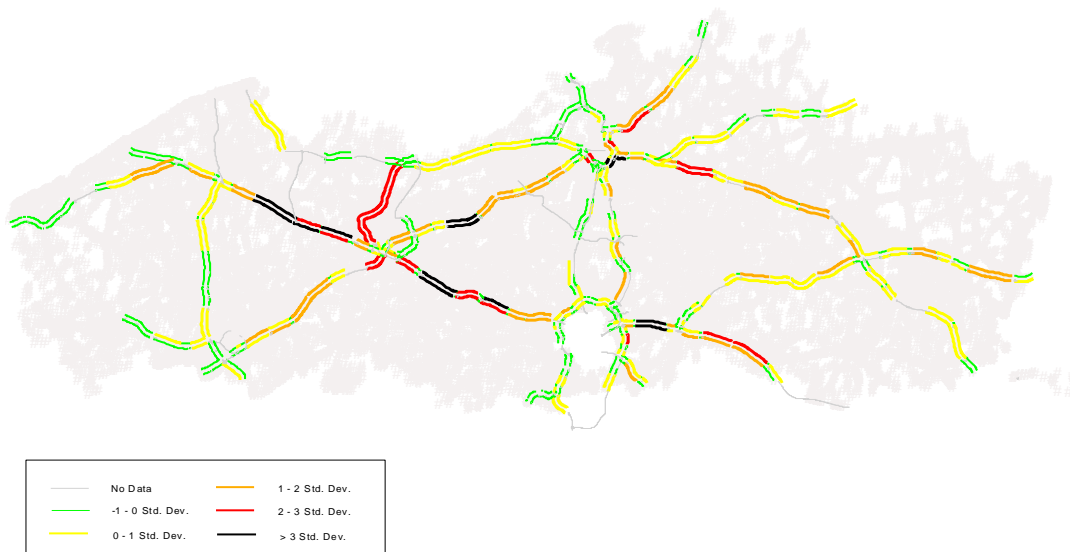
<sup>4</sup> Voor de berekening van de groeifactoren worden enkel die segmenten opgenomen waarvan zowel de intensiteit voor 2011 als die voor het betreffende jaar gekend zijn. Deze intensiteiten worden per jaar gesommeerd voor die segmenten en beide totalen worden door mekaar gedeeld om te komen tot de groeifactor.

## 5.1 Ranking o.b.v. ongevallenaantallen

In deze sectie wordt eerst een ranking opgebouwd op basis van het verwachte aantal ongevallen. Het verwachte aantal ongevallen wordt per segment berekend volgens de EB-aanpak die in hoofdstuk 2 werd besproken. Deze ranking wordt vervolgens vergeleken met de ranking bekomen met de naïeve aanpak uit vorig hoofdstuk.

### 5.1.1 Verwacht aantal ongevallen

De ranking van de wegsegmenten volgens het verwachte aantal ongevallen wordt weergegeven in figuur 10.



Figuur 10: Ranking volgens verwacht aantal ongevallen

In tabel 10 worden de 25 wegsegmenten weergegeven met het hoogste verwacht aantal ongevallen. Opvallend hierin is het grote aandeel segmenten gelegen langsheen de E40 (A10) tussen Brussel en Oostende. Maar liefst 14 van de 25 segmenten zijn langs deze snelweg terug te vinden. Voorts vinden we ook de Ring rond Antwerpen terug met 3 vermeldingen in de top 10. Tel daarbij het segment langs de E313 (A13) ter hoogte van de aansluiting met de Antwerpse Ring en het wordt duidelijk dat ook de zuid-oostelijke zijde van Antwerpen de nodige aandacht verdient. In totaal worden voor de periode 2008-2010 997<sup>5</sup> ongevallen verwacht op de 25 geselecteerde segmenten.

<sup>5</sup> In realiteit werden er in de periode 2008-2010 1.077 ongevallen geregistreerd op deze 25 segmenten.



**Tabel 10: Top 25 segmenten met hoogste aantal verwachte ongevallen**

<b>segment</b>	<b>score</b>	<b>segment (vervolg)</b>	<b>Score</b>
R1, Berchem tot Borgerhout	72	A3, Sterrebeek tot Bertem	37
A10, Erpe-Mere tot parking Wetteren	61	A10, Affligem tot Aalst	36
R1, Borgerhout tot Berchem	56	A10, Nevele tot Aalter	34
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	50	A10, Aalst tot Affligem	33
A14, parking Kalken tot Lokeren	47	A1, Kleine Bareel tot St.-Job-in't-Goor	33
A10, Drogen tot Nevele	45	A10, Nevele tot Drogen	33
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	43	A10, Wetteren tot Merelbeke	32
A10, Aalter tot Beernem	43	A13, Herentals-West tot Massenhoven	32
A10, parking Wetteren tot Erpe-Mere	41	A10, Erpe-Mere tot Aalst	30
A10, Aalter tot Nevele	40	A14, Zwijnaarde tot De Pinte	29
A3, Bertem tot Sterrebeek	39	A10, Aalst tot Erpe-Mere	29
A10, Beernem tot Aalter	38	A10, Merelbeke tot Wetteren	28
A14, Lokeren tot Parking Kalken	37		

### 5.1.2 Vergelijking met ranking o.b.v. geregistreerd aantal ongevallen

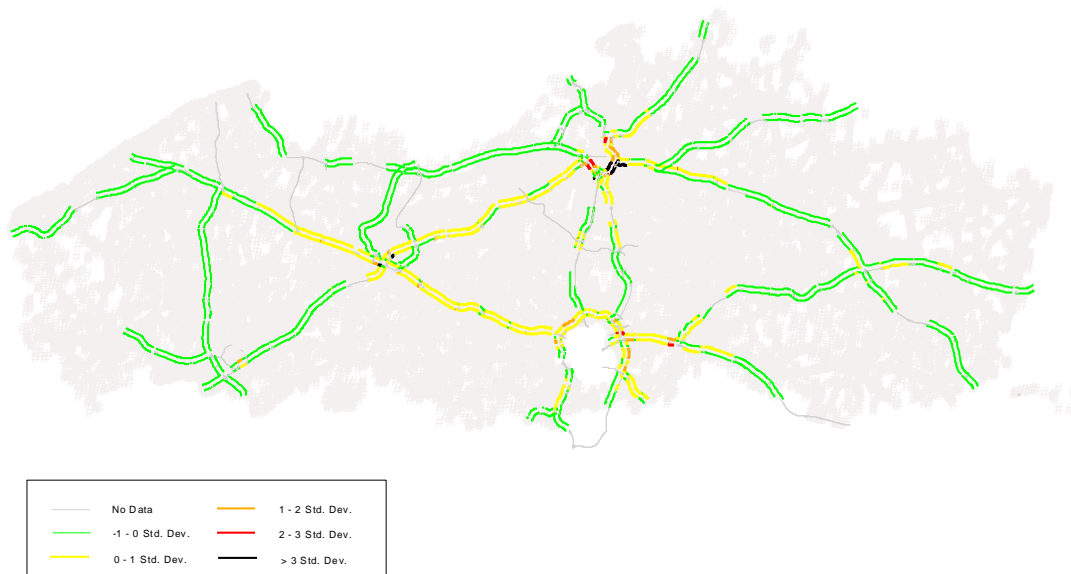
Wanneer we de rankings uit secties 4.1.1 en 5.1.1 vergelijken merken we dat de top 25 van beide rankings in grote mate overeenstemt (23 van de 25 segmenten zijn gemeenschappelijk). Bij een aanzienlijk aantal ongevallen weegt het werkelijk aantal ongevallen dan ook sterk door in de bepaling van het verwachte aantal ongevallen en geeft het gemiddelde ervan een goede benadering van het verwacht aantal ongevallen. De overeenkomst tussen beide rankings viel dus enigszins te verwachten. De score van de verschillende segmenten in tabel 9 ligt wel systematisch iets lager dan deze uit tabel 5. Door rekening te houden met regressie naar het gemiddelde gaan we er immers impliciet van uit dat het aantal ongevallen na een periode met veel ongevallen waarschijnlijk opnieuw zal verlagen.

## 5.2 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en -risico

In voorgaande ranking is uitgegaan van een totaal aantal ongevallen. Belangrijke beïnvloedende karakteristieken zijn hier de lengte van het wegsegment en de verkeersintensiteit. Om hiervoor te corrigeren en de segmenten op een meer gelijke basis te beoordelen, worden in deze sectie opnieuw rankings opgebouwd op basis van de ongevallendensiteit (aantal ongevallen per km weglengte) en het ongevallenrisico (aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer).

### 5.2.1 Ranking o.b.v. ongevallendensiteit

De ranking volgens de ongevallendensiteit wordt weergegeven in figuur 11.



Figuur 11: Ranking volgens ongevallendensiteit

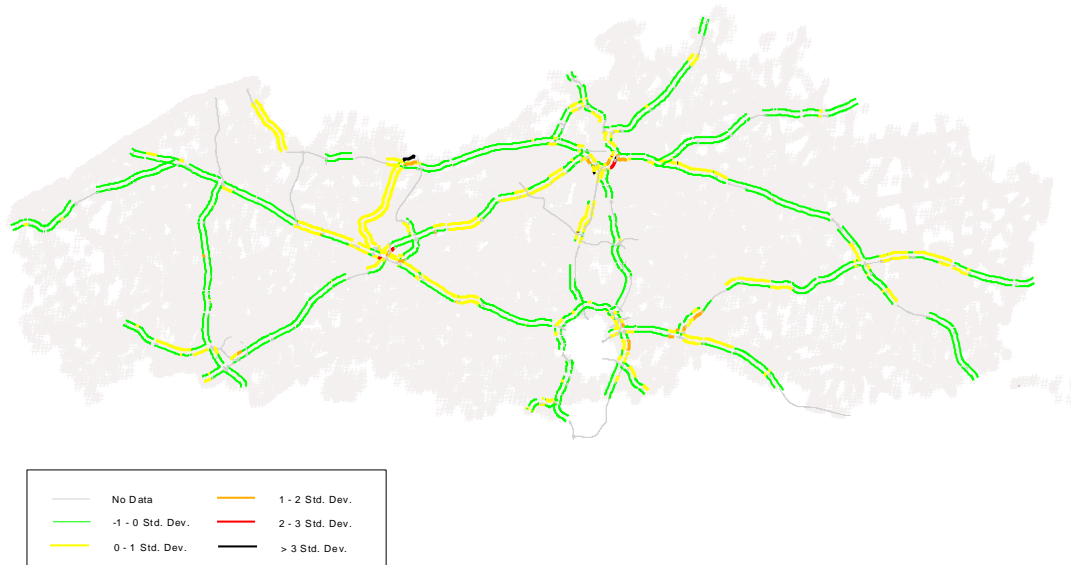
In tabel 11 worden de 25 wegsegmenten weergegeven met de hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. het verwacht aantal ongevallen). Maar liefst 14 van de 25 hoogst gerangschikte segmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen. 8 van de locaties bevinden zich ter hoogte van een op- of afrittencomplex of een verkeerswisselaar.

Tabel 11: Top 25 segmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen)

segment	score	segment (vervolg)	score
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	44	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	16
R1, Berchem tot Borgerhout	40	R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	15
R1, Borgerhout tot Berchem	32		
R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	23	R0, Zaventem-Henneauln tot Zaventem	15
A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	19	A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	14
R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	19	R1, complex Borgerhout (Ring 2)	14
A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	19	R0, Zaventem tot Zaventem-Henneauln	14
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	19	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	13
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	19	A3, Bertem tot Heverlee	13
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	18	R1, Antwerpen-Noord tot Merksem	12
A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	16	R1, Deurne tot Merksem	12
R1, Antwerpen-Zuid tot Berchem	16	A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	12
A3, complex Bertem (ri Luik)	16	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	12

## 5.2.2 Ranking o.b.v. ongevalsrisico

De ranking volgens het ongevalsrisico tenslotte wordt weergegeven in figuur 12.



**Figuur 12: Ranking volgens ongevalsrisico**

In tabel 12 worden de 25 wegsegmenten weergegeven met het hoogste ongevalsrisico (o.b.v. het verwacht aantal ongevallen). 14 van de 25 hoogst gerangschikte segmenten zijn gesitueerd ter hoogte van een op- of afrittencomplex of een verkeerswisselaar.

**Tabel 12: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen)**

segment	score	segment (vervolg)	score
A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	14	R0, complex Halle (binnenring)	7
A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	12	A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	7
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	10	A2, complex circuit Zolder (ri NL)	6
A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	10	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	6
R1, Berchem tot Borgerhout	9	A2, complex Wilsele-De Vunt (ri NL)	6
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	8	A13, complex Geel-West (ri Luik)	6
A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	8	A2, Leuven tot Gasthuisberg	6
A3, complex Bertem (ri Luik)	8	A3, Bertem tot Heverlee	6
R1, Borgerhout tot Berchem	7	R0, complex Halle (buitenring)	6
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	7	R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	6
A2, complex Herent (ri NL)	7	A14, complex Beervelde (ri A'pen)	6
A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	7	A17, complex Lichtervelde (ri Doornik)	6
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	7		

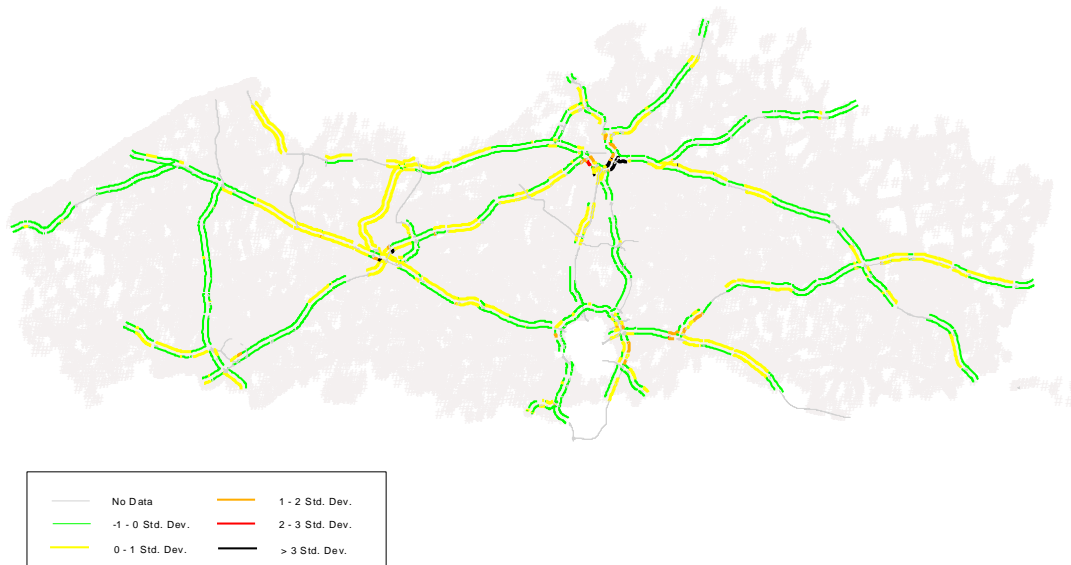
### 5.2.3 Vergelijking met rankings op basis van werkelijke ongevallenaantallen

Bij een vergelijking van de top-25 rankings uit tabel 11 en tabel 8 (beide op basis van ongevallendensiteit) merken we dat we ook hier een grote overeenstemming hebben. De 24 hoogst gerangschikte segmenten op basis van de verwachte ongevallendensiteit vinden we ook terug als top 24 van de ranking op basis van de geregistreerde ongevallendensiteit.

Ook beide rankings o.b.v. het ongevalrisico (uitgedrukt per voertuigkm) vertonen slechts beperkte verschillen. 20 van de 25 segmenten komen in beide tabellen voor.

## 5.3 Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering

Zoals eerder gesteld is een alternatieve aanpak, waarbij de nadruk wordt gelegd op de mate waarin een verbetering van de verkeersveiligheid mogelijk is, deze waarbij een ranking op basis van het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid wordt opgebouwd. Om de segmenten op een gelijkwaardige basis te beoordelen wordt opnieuw genormaliseerd naar de lengte van het wegsegment. De resultaten voor deze ranking worden weergegeven in figuur 13.



**Figuur 13: Ranking volgens potentieel voor verbetering per km**

In tabel 13 worden de 25 wegsegmenten weergegeven met het hoogste potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid per km weg. 9 van de 25 hoogst gerangschikte segmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen. Tel daarbij de segmenten langs de E313 (A13) en E17 (A14) ter hoogte van de aansluiting met de Antwerpse Ring en het wordt opnieuw duidelijk dat de zuidelijke zijde van Antwerpen de nodige aandacht verdient. 5 segmenten vinden we terug langs de Brusselse Ring, 3 langs de A14 en 2 langs de A13. 7 van de 25 segmenten zijn gesitueerd ter hoogte van een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar.

Tabel 13: Top 25 segmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid

segment	Score	segment (vervolg)	score
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	31	R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	7
R1, Berchem tot Borgerhout	26	A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	7
R1, Borgerhout tot Berchem	19	R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	6
A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	13	R0, Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem	6
A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	12	A3, Bertem tot Heverlee	6
A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	11	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	6
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	11	A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	6
A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	11	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	5
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	11	R0, Leonard tot 4 Armen	5
R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	10	R0, Zaventem tot Zaventem-Henneaulaan	5
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	10	A2, complex Herent (ri NL)	5
A3, complex Bertem (ri Luik)	9	A14, Zwijndrecht tot Antwerpen-West	5
R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	8		

## 5.4 Vergelijking rankings

In de voorgaande sectie werden de 728 wegvakken gerangschikt volgens 4 indicatoren: verwacht aantal ongevallen, ongevallendensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering (per km weglengte). Aangezien de weglengte een belangrijke rol speelt bij het bepalen van het aantal ongevallen, wensen we hiervoor te corrigeren in de verschillende indicatoren. We vergelijken dan ook enkel de 3 laatstvermelde rankings.

Wanneer we ons beperken tot de top 25 van gevaarlijke segmenten vinden we 15 segmenten terug in elk van de 3 rankings. 7 daarvan zijn gelegen langs de R1, 2 langs A3, A10 en A13 en nog telkens 1 langs A1 en A14:

- R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost
- R1, Berchem tot Borgerhout
- R1, Borgerhout tot Berchem
- A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge
- A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
- R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)
- A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem.
- R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)
- A1, complex Mechelen-Noord (ri Brussel)
- A13, complex Massenhoven (ri Antwerpen)
- A3, complex Bertem (ri Luik)
- R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
- A10, complex Erpe-Mere (ri Brussel)
- R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid

- A3, Bertem tot Heverlee

7 andere segmenten komen voor op 2 verschillende rankings, waarvan 3 langs de R0, 2 langs de R1 en 1 langs A2 en A14:

- R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout
- R0, Sint-Stevens-Woluwe tot Zaventem Henneaulaan
- R0, Zaventem Henneaulaan tot Zaventem
- R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
- A2, complex Herent (ri Nederland)
- R0, Zaventem tot Zaventem Henneaulaan
- A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid

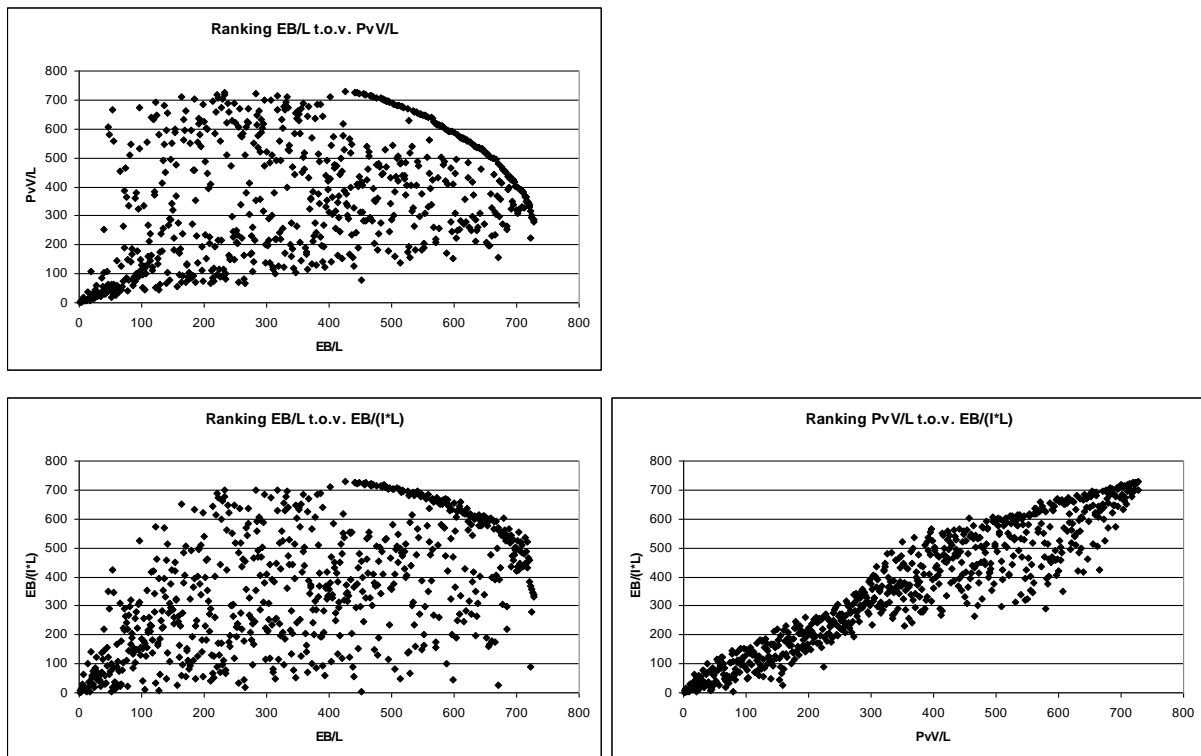
15 segmenten tenslotte komen tenslotte komen voor op slechts 1 van de 3 rankings. Opnieuw scoort de Antwerpse Ring (R1) hoog met 4 segmenten evenals de Brusselse Ring (R0) met eveneens 4 noteringen. De A2 volgt met 3. De A14 komt nog 2 keer voor en de A13 en A17 telkens 1 keer:

- R1, Antwerpen-Zuid tot Berchem
- R1, complex Borgerhout (Ring 2)
- R1, Antwerpen-Noord tot Merksem
- R1, Deurne tot Merksem
- A2, complex circuit Zolder (ri Nederland)
- A17, complex Lichtervelde (ri Doornik)
- A13, complex Geel-West (ri Luik)
- A2, Leuven tot Gasthuisberg
- A2, complex Wilsele – De Vunt (ri Nederland)
- R0, complex Halle (buitenring)
- R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem
- R0, Leonard tot 4 Armen
- A14, Zwijndrecht tot Antwerpen-West.
- R0, complex Halle (binnenring)
- A14, complex Beervelde (ri Antwerpen)

In totaal komen in de 3 verschillende rankings dus 37 verschillende wegsegmenten voor. De rankings o.b.v. ongevallendensiteit en ongevallenrisico hebben 15 wegvakken gemeen. Deze 15 komen trouwens ook steeds voor in de derde ranking o.b.v. het potentieel. De overeenkomst tussen de rankings op basis van risico en potentieel is nog iets beter. Hier vinden we 17 segmenten terug in beide top 25-lijsten. De grootste overeenstemming vinden we evenwel tussen de rankings op basis van densiteit en potentieel. Maar liefst 20 segmenten figureren hier op beide lijsten.

Tussen de verschillende rankings bestaat dus een zekere overeenkomst, maar niettemin ook aanzienlijke verschillen. In figuur 12 worden de 3 rankings (met alle segmenten) per paar vergeleken. We merken een grote spreiding van de punten in alle grafieken. De grootste samenhang vinden we in de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en deze o.b.v. het potentieel voor verbetering ( $R^2=0,89$ ). De

correlatie tussen de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en o.b.v. de ongevallendensiteit is al heel wat kleiner ( $R^2=0,30$ ). De globale samenhang tussen de rankings o.b.v. ongevallendensiteit en potentieel is nog lager. Hier bedraagt de  $R^2$  immers slechts 0,15. En toch vinden we bij deze laatste vergelijking het grootste aantal overeenstemmende segmenten in de top 25 terug. In de grafiek linksboven (fig. 12) zien we dan ook een zekere clustering van punten met lage rankingposities. Bij de vergelijking densiteit-risico (linksonder) zien we de minst uitgesproken clustering van punten, wat overeenkomt met het lagere aantal overeenstemmende segmenten in beider top-25's.



Figuur 14: Vergelijking rankings

De gemiddelde lengte van de 25 wegvakken met het hoogste potentieel voor verbetering (per km) bedraagt 965 m. De 25 wegvakken met de hoogste ongevallendensiteit respectievelijk ongevalrisico hebben een gemiddelde lengte van 901 m respectievelijk 761 m en zijn daarmee iets korter. De gemiddelde lengte van de top 25 segmenten met het grootste aantal verwachte ongevallen bedraagt – ter vergelijking – trouwens net iets meer dan 6 km. Het aantal ongevallen is dan ook evenredig met de lengte van het wegsegment. Langere segmenten tellen meer ongevallen, maar zijn niet noodzakelijk gevaarlijker (in termen van risico).

De top 25 op basis van ongevallendensiteit respectievelijk potentieel telt 8 respectievelijk 7 geselecteerde wegvakken die gesitueerd zijn ter hoogte van complexen/knopen. Bij de 25 o.b.v. ongevalsrisico zijn 14 wegvakken terug te vinden ter hoogte van een complex of knoop. Wanneer rekening wordt gehouden met de voertuigintensiteit neemt het aandeel ter hoogte van complexen dus toe, wat waarschijnlijk kan gelinkt worden met het toenemend aantal weefbewegingen.

Bij de ranking o.b.v. ongevallendensiteit hebben de wegvakken uit de top 25 de hoogste gemiddelde voertuigintensiteit (bijna 77.000 voertuigen per dag). De laagste gemiddelde intensiteit vinden we dan weer bij de ranking o.b.v. ongevalrisico (bijna 57.000 voertuigen per dag). De gemiddelde intensiteit bij de top 25 o.b.v. het potentieel ligt daar tussenin met bijna 69.000 voertuigen per dag.

## 5.5 Discussie resultaten

De resultaten van de rankings tonen aan dat er onderling aanzienlijke verschillen optreden. De gehanteerde verkeersveiligheidsindicatoren belichten dan ook telkens een ander aspect van de verkeersveiligheid. Uit de risicomodellen leren we dat het aantal ongevallen ongeveer evenredig is met de lengte en met de voertuigintensiteit op het wegsegment. De ranking o.b.v. het verwachte aantal ongevallen selecteert dan ook vooral langere segmenten met (relatief) hoge intensiteiten. Aangezien de verschillende wegsegmenten aanzienlijk variëren in lengte, wordt ervoor geopteerd om hiervoor te corrigeren. Voor een meer zinvolle vergelijking van de resultaten worden de verschillende indicatoren dan ook genormaliseerd naar lengte.

Ongevallendensiteit corrigeert enkel voor de lengte van het wegvak. Deze indicator is vooral interessant voor wegbeheerders, bij het plannen van aanpassingswerken. Wanneer veel ongevallen gebeuren op een relatief korte afstand gebeuren biedt dit immers mogelijkheden om op een efficiënte manier de verkeersveiligheid te verbeteren. We merken dat in deze ranking voornamelijk de drukste wegvakken hoog scoren. Er treedt, t.o.v. de ranking o.b.v. ongevallenaantal, een verschuiving op naar kortere wegvakken, vaak ter hoogte van op-en afritcomplexen.

Het ongevallenrisico corrigeert daarenboven ook nog voor de verkeersintensiteit. Hier merken we een verschuiving naar minder drukke, vaak korte stukken ter hoogte van complexen. Het is dan ook op deze locaties dat er heel wat rijstrookwisselingen gebeuren en manoeuvres worden uitgevoerd. Verder onderzoek is gewenst om het effect van de nabijheid van op- en afritten met hun weefzones in rekening te brengen.

Een hoog aantal ongevallen is, zoals gezegd, vaak het gevolg van een grote verkeersintensiteit. Dit betekent niet noodzakelijk dat er ook een grote veiligheidswinst valt te behalen. Het is immers niet opportuun om verkeer op de snelweg te verplaatsen naar het onderliggende wegennet. Daarom stelden verscheidene auteurs (o.a. Persaud et al, 1999, Hauer et al, 2002b) voor om het (verwachte) aantal ongevallen af te zetten tegen het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties (in deze tekst potentieel voor verbetering genoemd). Wanneer een locatie meer ongevallen telt dan wat normaal is voor dergelijke locaties, veronderstelt men dat er locatie-specifieke redenen zijn die dit overtal verklaren. Wanneer die redenen geïdentificeerd worden, kunnen ze ook geremedieerd worden. Ook hier normaliseren we de indicatoren op basis van de segmengtlengte.

Ondanks de sterke theoretische voordelen aan het gebruik van het potentieel voor verbetering raadt Elvik (2008b) het gebruik ervan af omdat dit relatief vaak leidt tot een aanzienlijk aantal vals-positieven (locaties die gemarkeerd worden als gevaarlijk in de testperiode, maar die in een tweede periode niet meer voorkomen in de lijst en daarom verondersteld worden geen echte gevaarlijke locaties te zijn). Ook Montella (2009) vindt aanzienlijke inconsistenties bij het gebruik van het potentieel voor verbetering als maatstaf. Hierbij dient opgemerkt dat de prestatietesten alle uitgaan van een vergelijking van de rankings over 2 verschillende periodes. Hierbij wordt er impliciet van uitgegaan dat echte gevaarlijke locaties in beide periodes hoog scoren. Het potentieel voor verbetering is gedefinieerd als het verschil tussen het verwachte en het normale aantal ongevallen. Als dusdanig is het veiligheidspotentieel evenredig met het verschil tussen het geregistreerde aantal ongevallen en het normale aantal ongevallen (volgens het model). Dit levert alleszins lagere waarden op dan de waarden voor het verwachte aantal ongevallen. Schommelingen in het geregistreerde aantal ongevallen zullen dan ook een grotere invloed uitoefenen op de waarde van de indicatoren wat het grotere aantal vals-positieven kan verklaren.

Het risicomodel dat het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties geeft, speelt hierin een belangrijke rol. Hoe beter het risicomodel het aantal ongevallen voorspelt, hoe kleiner het potentieel voor verbetering zal worden. Daarom zal in het volgende hoofdstuk de invloed van het risicomodel op de ranking o.b.v. het potentieel ter verbetering bestudeerd worden.



## 6 Invloed van modelvorm voor ranking o.b.v. potentieel voor verbetering

In het vorige hoofdstuk werden de resultaten gepresenteerd van de rankings op basis van het in hoofdstuk 3 beschreven risicomodel. Omdat bij het gebruik van het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid, ondanks de ogenschijnlijk interessante invalshoek, heel wat bemerkingen worden geformuleerd, wordt in dit hoofdstuk nagegaan in hoeverre de ranking consistent is wanneer verschillende modellen worden gehanteerd die het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties weergeeft. Daarom worden, naast het risicomodel dat eerder werd beschreven, 2 bijkomende modellen opgebouwd. Op basis van deze modellen worden vervolgens de segmenten opnieuw gerangschikt en de verschillen tussen de rankings worden beschreven.

### 6.1 Modelresultaten

In sectie 3.4 van dit rapport werd het basis model besproken, opgebouwd volgens de algemeen gangbare structuur voor dergelijke risicomodellen. Deze vorm wordt hieronder nogmaals herhaald (herinner u dat de parameter  $\delta$  niet significant verschilt van nul en deze term dus wegvalt). Niettemin zijn andere modelvormen mogelijk. Meer bepaald zullen ook 2 modellen worden gegeven waarbij de intensiteit ook in de exponent voorkomt. In de eerste (3b) gebeurt dit gewoon in lineaire vorm, terwijl in de tweede (3c) intensiteit als een 3<sup>e</sup>-graadsfunctie wordt ingebracht in de exponent. Modelvorm 3b sluit beter aan bij het verhoogde ongevallenaantal bij hoge intensiteiten die uit de data blijkt (een exponentiële curve neemt sterker toe dan een machtsfunctie). Modelvorm 3c sluit nog beter aan bij de data door het stijgende deel van de curve verder naar hoge intensiteiten op te schuiven. De modelparameters worden samengevat in tabel 14. We zien dat de modelfit verbetert naarmate extra parameters zijn toegevoegd (log likelihood neemt toe).

$$\mu = \alpha * L^{\beta} * I^{\gamma} * e^{\delta T} \quad (3a)$$

$$\mu = \alpha * L^{\beta} * I^{\gamma} * e^{\epsilon I} \quad (3b)$$

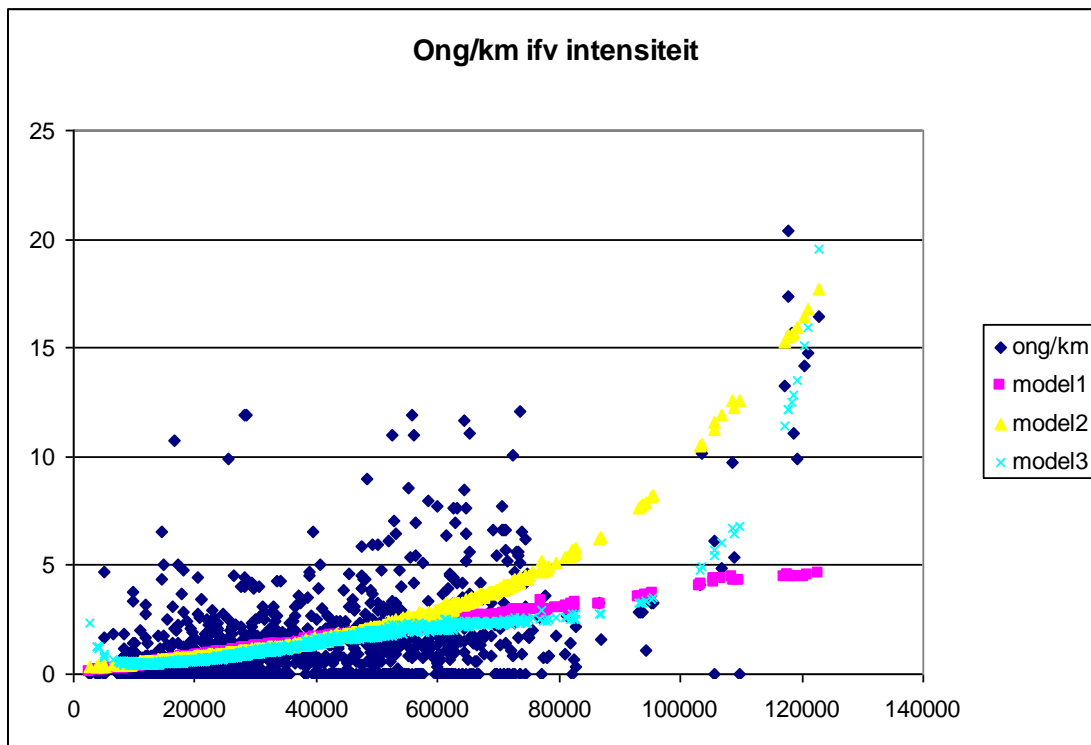
$$\mu = \alpha * L^{\beta} * I^{\gamma} * e^{\epsilon I + \zeta I^2 + \eta I^3} \quad (3c)$$

Tabel 14: Modelresultaten

Modelparameter	Model 1	Model 2	Model 3
ln( $\alpha$ )	-17,0652 ***	-9,7586 ***	12,0862 **
$\beta$	0,9532 ***	0,9705 ***	0,9500 ***
$\gamma$	1,0266 ***	0,2285 *	-2,3606 ***
$\epsilon$		0,0266x10 <sup>-3</sup> *	0,2680x10 <sup>-3</sup> ***
$\zeta$			-0,3007x10 <sup>-8</sup> ***
$\eta$			0,0132x10 <sup>-12</sup> ***
overdispersie	0,3342	0,2797	0,2526
Log Likelihood	2023,1307	2050,1885	2066,8682

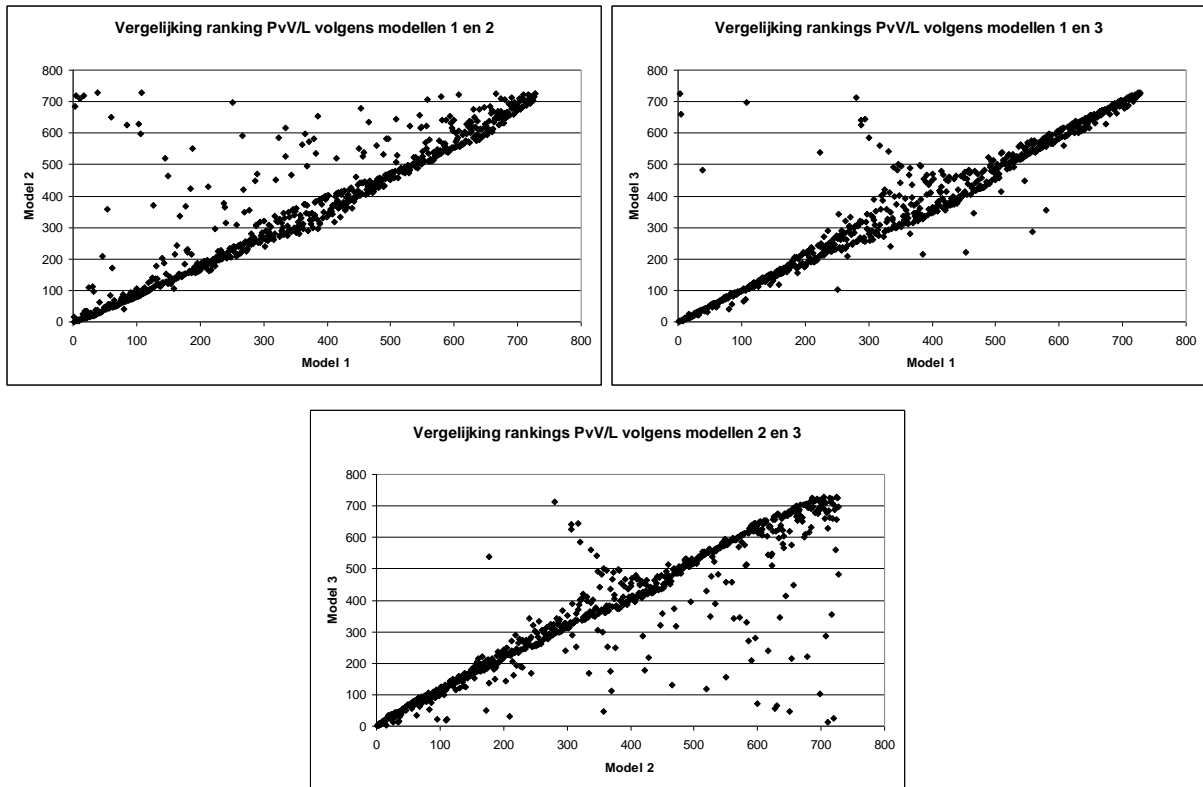
De verbeterde modelfit wordt eveneens geïllustreerd in onderstaande figuur, waar het aantal ongevallen per km weglengte wordt uitgezet in functie van de voertuigintensiteit. Voor waarden van de

intensiteit tot ca. 65.000 ontlopen de 3 modellen elkaar weinig. Voor hoge intensiteiten zien we evenwel aanzienlijke verschillen tussen de 3 modellen. Het basismodel (model a) vertoont een quasi lineair verloop en onderschat daardoor de ongevalwaarde bij de hoogste intensiteiten. Model b stijgt sneller bij toenemende intensiteit en sluit daarbij (visueel) mogelijk iets beter aan bij de data tot 75.000 voertuigen. Het overschat echter het aantal ongevallen bij de hogere intensiteiten. Model c sluit het best aan bij de data. Vooral de wegvakken bij zeer hoge intensiteiten worden goed weergegeven. Bij zeer lage intensiteiten wordt het aantal ongevallen wel overschat, maar dit zal zeer weinig invloed hebben op de ranking van de gevaarlijkste segmenten.



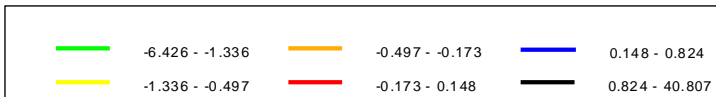
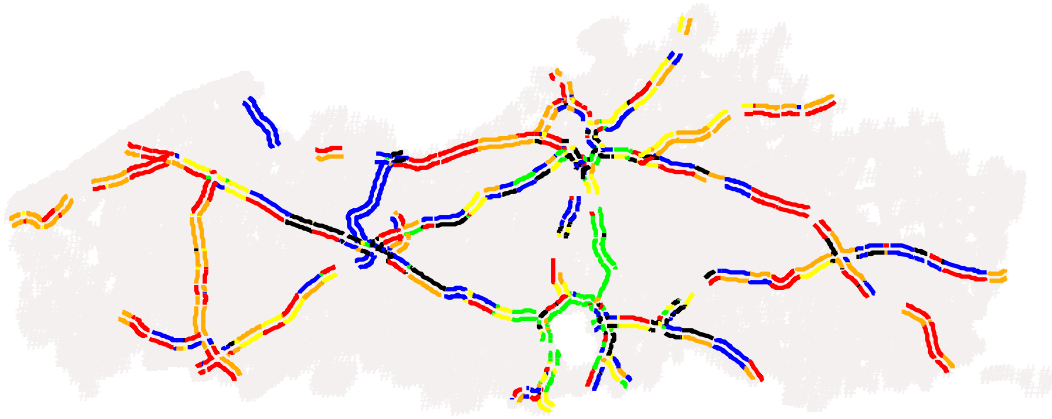
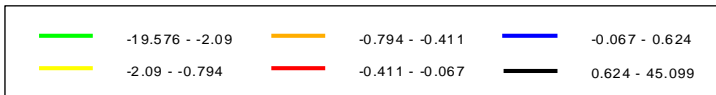
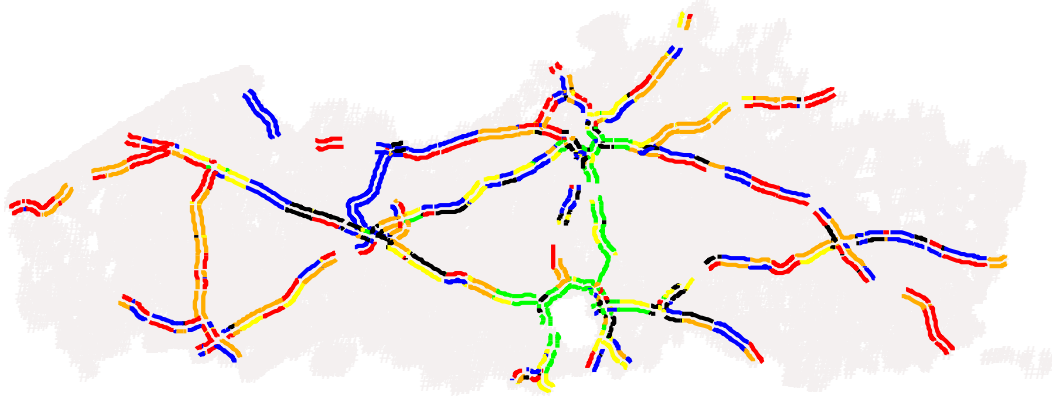
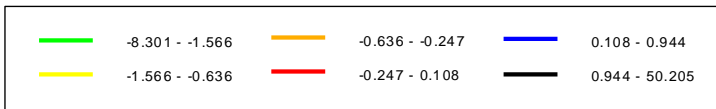
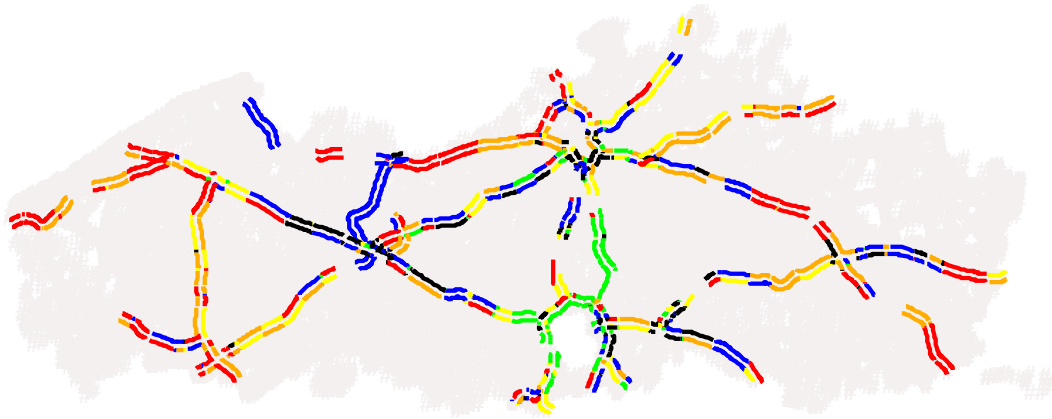
**Figuur 15: Vergelijking modelfit**

Afhankelijk van het model dat gebruikt wordt om het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties te hanteren zullen ook de indicatorwaarden voor het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid wijzigen. Dit heeft dan uiteraard ook een invloed op de ranking o.b.v. deze waarde. In figuur 16 worden de rankings o.b.v. het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid per km weglengte vergeleken i.f.v. het gehanteerde model.



Figuur 16: Vergelijking rankings potentieel i.f.v. gehanteerde model

In figuur 17 worden de segmenten ingedeeld volgens 6 quantielen (elke groep bevat even veel segmenten) volgens de waarde voor de indicator PvV/L en dit voor de 3 verschillende gehanteerde modellen. Het bovenste kaartje geeft de ranking weer op basis van het basismodel a, het middelste op basis van model b en het onderste op basis van model c.



Figuur 17: Spreiding segmenten i.f.v. potentieel volgens gehanteerde model (boven: model a; midden: model b; onder: model c)

## 6.2 Discussie

De overeenstemming tussen de verschillende rankings is globaal goed te noemen. Niettemin zijn er een aantal opvallende verschillen. Wanneer ranking 1 vergeleken wordt met ranking 2 (linksboven in figuur 14) zien we locaties die in ranking 1 vrij vroeg in de lijst staan (een laag rankingnummer hebben dus) in ranking 2 veel verder in de lijst zijn terug te vinden. Extreme voorbeelden zijn de wegvakken op de R1 tussen Berchem en Borgerhout (in beide richtingen). Waar ze in ranking 1 op de plaatsen 2 en 3 voorkomen, vinden we ze in ranking 2 pas terug in de buurt van plaats 700 (en blijken ze veiliger te zijn dan vergelijkbare locaties). 18 van de 25 locaties uit de top 25 van ranking 1 komen ook terug in de top 25 van ranking 2. 5 van de 7 locaties die er uit verdwijnen zijn gesitueerd langs de Antwerpse (zuidelijke) ring (zie ook tabel 15). De 2 andere locaties zijn terug te vinden langs de Brusselse Ring (R0) tussen Zaventem en Zaventem-Henneaulaan.

De beste overeenkomst vinden we tussen rankings 1 en 3. 22 van de 25 segmenten uit de top 25 van ranking 1 vinden we ook terug in ranking 3. Bovendien valt nummer 25 uit ranking 3 maar net uit de top 25 van ranking 1 (op nummer 26). Enkel de 2 hoger vermelde wegsegmenten op de R1 (op plaatsen 2 en 3 in ranking 1) vallen hier opnieuw ver terug. Bij deze vergelijking vinden, in tegenstelling tot bij de vergelijking van rankings 1 en 2, een meer symmetrisch beeld terug. Locaties verschuiven even veel naar voor als naar achter in de lijst. Bij een vergelijking van ranking 1 en 2 zien we dat veel locaties een beetje naar voor schuiven in de lijst tegenover een beperkter aantal locaties dat veel plaatsen verliest.

De vergelijking van rankings 2 en 3 tenslotte leert er weinig verschillen zijn in de top van de rangschikking. 17 van de segmenten uit de top 25 van ranking 2 komen eveneens voor in de top 25 van ranking 3. De 8 andere segmenten uit de top 25 volgens model 2 vallen bovendien maar net buiten de top 25 volgens model 3. Ook hier zien we een asymmetrisch beeld. Maar nu verliezen veel locaties enkele plaatsen, terwijl een beperkter aantal veel plaatsen wint op de ranglijst. Deze laatste locaties zijn vooral te vinden in de groep met intensiteiten tussen 70.000 en 100.000 voertuigen per dag, aangezien daar de verschillen tussen de modellen het grootst zijn.

In tabel 15 worden de segmenten uit de top 25 van de verschillende rankings weergegeven.

**Tabel 15: Vergelijking top 25 van rankings o.b.v. potentieel voor verbetering volgens de 3 modellen**

PvVL1	PvVL2	PvVL3
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost
R1, Berchem tot Borgerhout	A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge
R1, Borgerhout tot Berchem	A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge	A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)
A1, complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem
A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)
A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem	A3, complex Bertem (ri Luik)	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)
A13, complex Massenhoven (ri A'pen)	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A13, complex Massenhoven (ri A'pen)
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	A3, complex Bertem (ri Luik)

R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid
A3, complex Bertem (ri Luik)	A3, Bertem tot Heverlee	R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan
R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	R0, Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem
R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)
A10, complex Erpe-Mere (ri Bxl)	A2, complex Herent (ri NL)	A3, Bertem tot Heverlee
R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	A14, complex Beervelde (ri A'pen)	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
R0, Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem	R0, complex Halle (binnenring)	A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid
A3, Bertem tot Heverlee	A14, Zwijndrecht tot Antwerpen-West	R0, Zaventem tot Zaventem-Henneaulaan
R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	A10, complex Nevele (ri Bxl)	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem
A14, Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	R0, Leonard tot 4 Armen	R1, Deurne tot Merksem
R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	A2, Herent tot Wilsele-De Vunt	R1, Antwerpen-Noord tot Merksem
R0, Leonard tot 4 Armen	A14, Gentbrugge tot Gent-Centrum	R0, Leonard tot 4 Armen
R0, Zaventem tot Zaventem-Henneaulaan	A2, Leuven tot Gasthuisberg	A14, Zwijndrecht tot Antwerpen-West
A2, complex Herent (ri NL)	R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout
A14, Zwijndrecht tot Antwerpen-West	A2, Leuven tot Heverlee	A3, Heverlee tot Bertem

7 segmenten komen voor in de top 25 van ranking 1, maar niet in deze van ranking 2. 5 daarvan zijn gelegen langs de R1. Dit zijn de segmenten van Berchem tot Borgerhout, van Borgerhout tot Berchem, van Berchem tot Antwerpen-Zuid, van Antwerpen-centrum tot Linkeroever en van Antwerpen-Oost tot Borgerhout. Het 2 overige segmenten die niet voorkomen in ranking 2 zijn gelegen langs de R0, tussen Zaventem en Zaventem-Henneaulaan (in beide richtingen). T.o.v. ranking 1 komen de volgende 7 segmenten in de plaats in ranking 2: langs de A14 complex Beervelde en het segment Gentbrugge tot Gent-Centrum; langs de R0 het complex Halle (binnenring); langs de A10 het complex Nevele; en langs de A2 de segmenten van Herent tot Wilsele-De Vunt, van Leuven tot Gasthuisberg en van Leuven tot Heverlee.

3 segmenten uit ranking 1 komen niet meer voor in ranking 3: opnieuw 2 segmenten langs de R1 (tussen Berchem en Borgerhout in beide richtingen) en het complex Herent (richting NL) langs de A2. In de plaats daarvan verschijnen dan in ranking 3 de segmenten langs de A3 tussen Heverlee en Bertem en de R1 van Antwerpen-Noord tot Merksem en van Deurne tot Merksem.

8 segmenten die voorkomen in ranking 2 vinden we niet meer terug in ranking 3. Dit zijn de 4 segmenten langs de A2 (complex Herent, van Herent tot Wilsele-De Vunt, van Leuven tot Gasthuisberg en van Leuven tot Heverlee), 2 segmenten langs de A14 (complex Beervelde en van

Gentbrugge tot Gent-Centrum), het complex Halle op de Brusselse binnenring (R0) en het complex Nevele langs de A10. In de plaats van deze segmenten komen 5 segmenten langs de R1, van Berchem tot Antwerpen-Zuid, van Antwerpen-Oost tot Borgerhout, van Antwerpen-centrum tot Linkeroever, van Deurne tot Merksem en van Antwerpen-Noord tot Merksem. 2 andere segmenten zijn gelegen langs de R0 tussen Zaventem en Zaventem-Henneaulaan (beide richtingen). Het achtste segment is de A3 van Heverlee tot Bertem.

12 wegsegmenten komen in slechts één van de 3 top 25 rankings voor. 6 andere segmenten komen 2 keer voor. 17 segmenten tenslotte komen in elk van de 3 rankings voor.

## 7 Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

In een state-of-the-art benadering wordt een gevaarlijk wegsegment volgens Elvik (2008b) gedefinieerd als een locatie met een verwacht aantal ongevallen dat hoger ligt dan op vergelijkbare locaties ten gevolge van lokale factoren. Het verwacht aantal ongevallen wordt hierbij bepaald aan de hand van de Empirical Bayes methodiek. Deze aanpak corrigeert voor regressie naar het gemiddelde en verbetert de nauwkeurigheid van de schatting (Hauer et al, 2002a). Daarom werd in eerste instantie een vergelijking gemaakt van de 25 wegsegmenten met het grootste aantal geregistreerde ongevallen respectievelijk het grootste aantal verwachte ongevallen. Hierbij moeten we vaststellen dat de top 25 van beide rankings dezelfde wegsegmenten bevat (niet steeds in dezelfde volgorde). Bij een aanzienlijk aantal ongevallen geeft het gemiddelde aantal ongevallen over een periode van 3 jaar immers reeds een goede benadering van het verwachte aantal ongevallen. Wel merken we dat het verwachte aantal ongevallen systematisch iets lager ligt dan het aantal geregistreerde ongevallen.

Het risicomodel voor autosnelwegen, opgebouwd in hoofdstuk 3, geeft aan dat het normale aantal ongevallen ongeveer evenredig is met de lengte van het wegsegment en met de verkeersintensiteit op dat segment. In deze studie werden rankings opgemaakt op basis van 4 verschillende verkeersveiligheidsindicatoren: aantal ongevallen, ongevallensiteit (per km weg), ongevalsrisico (per voertuigkm) en potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid (per km weg). Om de vergelijkingsbasis van de rankings te verhogen en rekening houdend met de vaststelling dat het normale aantal ongevallen (ongeveer) evenredig is met de lengte van het wegsegment, wordt de ranking op basis van ongevallenaantallen bij de onderlinge vergelijking buiten beschouwing gelaten en focussen we ons op de 3 rankings op basis van de naar weglengte genormaliseerde indicatoren.

De resultaten van de rankings tonen aan dat er onderling aanzienlijke verschillen optreden. De gehanteerde verkeersveiligheidsindicatoren belichten dan ook telkens een ander aspect van de verkeersveiligheid. Ook de aard (lengte, voertuigintensiteit) van de geselecteerde segmenten wijzigt hierdoor. De ranking o.b.v. het potentieel voor verbetering levert gemiddeld de langste segmenten op (965 m). De segmenten in beide andere rankings zijn gemiddeld iets korter (901 m o.b.v. ongevallensiteit en 761 m o.b.v. ongevalsrisico).

De ranking o.b.v. ongevallensiteit levert dan gemiddeld weer de drukste wegsegmenten op in de top 25 (bijna 77.000 voertuigen per dag). De laagste gemiddelde intensiteit vinden we wanneer we rangschikken o.b.v. ongevalsrisico (bijna 57.000 voertuigen per dag). De gemiddelde intensiteit bij de top 25 o.b.v. het potentieel ligt daar tussenin met bijna 69.000 voertuigen per dag. De ranking o.b.v. het ongevalsrisico telt wel het grootste aantal segmenten ter hoogte van een complex of knoop, wat waarschijnlijk gelinkt kan worden aan het grotere aantal rijstrookwisselingen.

Zoals gesteld treden er aanzienlijke verschillen op tussen de verschillende rankings. Niettemin komen 15 wegvakken voor in elke top 25. 7 daarvan zijn gelegen langs de R1, 2 langs A3, A10 en A13 en nog telkens 1 langs A1 en A14:

- R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost
- R1, Berchem tot Borgerhout
- R1, Borgerhout tot Berchem
- A14, Gent-Centrum tot Gentbrugge
- A10, Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
- R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)
- A13, Antwerpen-Oost tot Wommelgem.



- R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)
- A1, complex Mechelen-Noord (ri Brussel)
- A13, complex Massenhoven (ri Antwerpen)
- A3, complex Bertem (ri Luik)
- R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
- A10, complex Erpe-Mere (ri Brussel)
- R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid
- A3, Bertem tot Heverlee.

Deze wegvakken hebben dus zowel een hoge ongevallendensiteit, een hoog risico als een hoog potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid. 7 andere segmenten komen voor op 2 verschillende rankings, terwijl 15 segmenten terug te vinden zijn in slechts 1 van de 3 rankings.

De grootste samenhang vinden we in de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en deze o.b.v. het potentieel voor verbetering ( $R^2=0,89$ ) en ook voor de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en o.b.v. de ongevallendensiteit ( $R^2=0,30$ ). Dit betekent evenwel niet dat ook de rankings o.b.v. ongevallendensiteit respectievelijk potentieel voor verbetering een grote overeenstemming vertonen. Hier bedraagt de  $R^2$  immers slechts 0,15. En toch vinden we de grootste overeenstemming in de respectievelijke top 25's bij deze laatste groep.

Eén van de in dit rapport gehanteerde indicatoren is, zoals voorgesteld door een aantal auteurs (o.a. Persaud et al, 1999, Hauer et al, 2002b) en zoals ook opgenomen in de Vlaamse en Europese regelgeving, het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid. Een hoog aantal ongevallen is immers vaak het gevolg van een grote verkeersintensiteit. Dit betekent niet noodzakelijk dat er ook een grote veiligheidswinst valt te behalen. Het is immers niet opportuun om verkeer op de snelweg te verplaatsen naar het onderliggende wegennet. Hierbij wordt het verwachte aantal ongevallen (bepaald via een Empirical Bayes aanpak) afgezet tegen het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties, bepaald aan de hand van een risicomodel. Wanneer een locatie meer ongevallen telt dan wat normaal is voor dergelijke locaties, veronderstelt men dat er locatie-specifieke redenen zijn die dit overtal verklaren.

Ondanks de sterke theoretische voordelen aan het gebruik van het potentieel voor verbetering raadt Elvik (2008b; 2008c) het gebruik ervan af omdat dit relatief vaak leidt tot een aanzienlijk aantal vals-positieven (locaties die gemarkeerd worden als gevaarlijk, maar het eigenlijk niet zijn). Ook Montella (2009) vindt aanzienlijke inconsistenties bij het gebruik van het potentieel voor verbetering als maatstaf. Hierbij dient opgemerkt dat de prestatietesten alle uitgaan van een vergelijking van de rankings over 2 verschillende periodes. Hierbij wordt er impliciet van uitgegaan dat echte gevaarlijke locaties in beide periodes hoog scoren. Het potentieel voor verbetering is gedefinieerd als het verschil tussen het verwachte en het normale aantal ongevallen. Als dusdanig is het veiligheidspotentieel evenredig met het verschil tussen het geregistreerde aantal ongevallen en het normale aantal ongevallen (volgens het model). Dit levert alleszins lagere waarden op dan de waarden voor het verwachte aantal ongevallen. Schommelingen in het geregistreerde aantal ongevallen zullen dan ook een grotere invloed uitoefenen op de waarde van de indicatoren wat het grotere aantal vals-positieven kan verklaren.

Het risicomodel dat het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties geeft speelt eveneens een belangrijke rol. Hoe beter het risicomodel het aantal ongevallen voorspelt, hoe kleiner het potentieel voor verbetering zal worden. Daarom werd in deze studie ook de invloed van het gehanteerde risicomodel (meer bepaald de vorm van de functie die het aantal ongevallen linkt aan de verkeersintensiteit) op de ranking o.b.v. het potentieel ter verbetering bestudeerd. Globaal vinden we een redelijk goede overeenkomst tussen de verschillende rankings. Hierbij stellen we wel vast dat een relatief beperkt aantal locaties een grote sprong (vooruit of achteruit) maken, terwijl een groot aantal locaties een beperkte verschuiving in de andere richting vertonen (om zodoende de 'vrijgekomen' plaatsen in te vullen). Zo verdwijnt de top 2 van de ranking o.b.v. het basismodel naar de achterste

regionen van de ranking o.b.v. de 2 andere modellen en blijken ze zelfs veiliger dan normaal. De grootste verschuivingen in de ranking doen zich voor bij segmenten met een zeer hoge intensiteit. Het is dan ook voor die segmenten dat de grootste verschillen in modelresultaten optreden.

Naast de gehanteerde modelvorm spelen ook de opgenomen variabelen een rol. In deze studie werd uitgegaan van een zeer eenvoudig model om het normale aantal ongevallen op snelwegsegmenten te bepalen in functie van segmentlengte en intensiteit. De voorspelling van het aantal ongevallen kan verbeterd worden door een meer gedetailleerd model op te bouwen dat bijkomende parameters met betrekking tot verkeer en infrastructuur/omgeving bevat. Wanneer infrastructuurelementen worden opgenomen in het model die aangepast kunnen worden om de veiligheid te verhogen zal dit echter een impact hebben op zowel het verwacht aantal ongevallen als op het normale aantal ongevallen. Dit kan tot gevolg hebben dat een onveilige locatie (omdat ze een aantal infrastructuurkenmerken, die ook in het model zijn opgenomen, vertoont die gepaard gaan met een hoger aantal ongevallen) toch weinig potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid overhoudt (volgens de in dit rapport gehanteerde definitie). Nochtans kan de veiligheid hier verbeterd worden door verbeteringen aan te brengen aan de in het model opgenomen kenmerken.

Om hieraan tegemoet te komen stellen Persaud et al (1999) twee mogelijke benaderingen voor. In de eerste wordt het verwachte aantal ongevallen zo nauwkeurig mogelijk berekend volgens de Empirical Bayes methode (met behulp van een model dat meerdere verklarende variabelen bevat dus). Deze waarde wordt vervolgens vergeleken met het normale aantal ongevallen dat gevonden wordt op basis van een eenvoudig model dat enkel voertuigintensiteit beschouwt, eventueel aangevuld met een aantal verklarende variabelen die niet aangepast kunnen worden.

Bij de tweede optie wordt het verwachte aantal ongevallen op dezelfde manier berekend. Het normale aantal ongevallen wordt in tegenstelling tot de eerste benaderingswijze ook bepaald aan de hand van het uitgebreide model. Maar in plaats van uit te gaan van de kenmerken van de locatie zelf, wordt voor de in het model opgenomen infrastructuurkenmerken die een veiligheidseffect hebben steeds de waarde gekozen die aanleiding geeft tot het laagste aantal ongevallen (of de waarde die overeenkomt met de standaarduitvoering). Het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid is dan telkens het verschil tussen het verwachte aantal ongevallen en het normale (veilige) aantal ongevallen. Een deel van het potentieel kan dus ingevuld worden door de beschouwde kenmerken op het veilige niveau te brengen.

In deze studie is uitgegaan van wegsegmenten van variabele lengte. De literatuur biedt niet echt houvast om de optimale lengte te bepalen. Langere segmenten bieden het voordeel van een hogere statistische betrouwbaarheid. Langere segmenten kunnen wel problemen opleveren met de homogeniteit van de wegvakken. Doordat in deze studie uitgegaan is van eenvoudige modellen met een beperkt aantal verklarende variabelen is door de keuze van de segmenten voldaan aan de homogeniteit van deze wegvakken (verkeersintensiteit is constant op elk segment). Bij langere segmenten is het wel mogelijk dat het onveiligheidsprobleem zich concentreert in een beperkte zone van het segment. Dit zal aanleiding geven tot een verhoogd ongevallenniveau voor het ganse segment, zij het minder uitgesproken. Hierdoor bestaat het risico dat bepaalde gevaarlijke segmenten over het hoofd gezien worden. Een alternatief is om de lange segmenten op te delen in kortere delen waardoor dit risico verkleint. Een nadeel is dan dat de statistische betrouwbaarheid verkleint en er dus een groter risico ontstaat op vals-positieven.

## 7.2 Aanbevelingen

Het is niet mogelijk om één van de 3 voorgestelde rankings als beste aan te duiden. Ze geven immers elk inzicht in een ander aspect van verkeersveiligheid. De beste ranking hangt dan ook af van de specifieke beleidsvraag: willen we zoveel mogelijk ongevallen vermijden (ongevallendensiteit)?, willen we dat zo efficiënt mogelijk doen (potentieel voor verbetering) of willen we het risico zo veel mogelijk terugdringen (ongevallenrisico)? Het naast mekaar te gebruiken van de 3 rankings i.p.v. de ranking te baseren op één van de indicatoren, vormt een combinatie van die verschillende invalshoeken en vermijdt om gevaarlijke locaties over het hoofd te zien.

Ondanks de verschillen tussen de verschillende rankings vinden we 15 wegsegmenten terug in elk van deze 3 rankings. We bevelen dan ook aan deze 15 segmenten aan een grondige screening te onderwerpen om de optredende problemen te identificeren. Deze grondige screening is tweërlei. Enerzijds wordt een analyse van de ongevallen op de geselecteerde wegsegmenten gemaakt om potentiële ongevalloorzaken te achterhalen. Dit kan bvb. op basis van de AVOC- of AGEB-methodologie (Aarts, 2011). Een verkeersveiligheidsinspectie van de geselecteerde wegsegmenten zorgt vervolgens voor de toetsing van de opgestelde hypothesen en kan bijkomend andere potentiële risico's aanduiden. Vanuit deze analyse kunnen vervolgens maatregelen worden voorgesteld.

De verschillen die optreden bij de analyse van het potentieel op basis van de verschillende modellen roepen nog een aantal vragen op die niet eenduidig beantwoord kunnen worden op basis van de literatuur. Daarom is aanvullend onderzoek gewenst dat het effect van verschillende modellen op de ranking verder beschrijft. Uitbreidingen die beschouwd kunnen worden omvatten modellen die meer verklarende variabelen bevatten (plaats in het netwerk (afstand tot op- of afrit bvb. om weefeffecten in rekening te brengen), infrastructuurkenmerken zoals aantal rijstroken, type verharding, enz.) of aparte modellen in functie van de ongevalsernst. Ook de introductie van modellen voor specifieke ongevaltypes (nachtelijke, bij nat wegdek) zou een meerwaarde kunnen betekenen. Dit laat immers toe om specifieke problemen gericht aan te pakken. Hierbij zal moeten worden afgewogen in hoeverre de bijkomende inspanning betere resultaten oplevert.

In het bijkomend onderzoek kan ook nagegaan worden in hoeverre de 2 verschillende methodieken bij het bepalen van het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid (Persaud et al, 1999) de rankings zullen beïnvloeden. Hiervoor wordt dan uitgegaan van de meer gedetailleerde risicomodellen die hiervoor reeds aangehaald werden.

De rankings uit deze studie hebben betrekking op één periode: 2008-2010. Door ook andere periodes op te nemen kan de stabiliteit van de verschillende selecties in de tijd gecontroleerd worden. Bijkomende tests houden in dat ook gecontroleerd wordt op vals-positieven (aantal gevaarlijke locaties dat later niet meer voorkomt in de top van de ranking) of vals-negatieven (aantal veilige locaties dat later toch opduikt in de top van de ranking).

## Literatuurlijst

Aarts, L.T. (red.) (2011). Methoden en instrumenten voor het onderbouwen van verkeersveiligheid. Een inventarisatie. SWOV-rapport R-2011-3. SWOV, Leidschendam.

AASHTO (2010). *Highway Safety Manual – Chapter 4: Network screening*.

Crevits, H. (2009). *Beleidsnota 2009-2014. Mobiliteit en Openbare Werken. Beleidsprioriteiten 2009-2014*. Vlaamse Overheid, Brussel.

Departement MOW (2008). *Verkeersveiligheidsplan Vlaanderen*. Departement MOW, Brussel.

De Pauw, E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E. & Wets, G. (2012). *Het programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten op gewestwegen in Vlaanderen: een effectevaluatie*. Steunpuntrapport RA-MOW-2011-021. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.

Eenink, R., Reurings, M., Elvik, R., Cardoso, J., Wichert, S. & Stefan, C. (2008). Accident Prediction Models and Road Safety Impact Assessment: recommendations for using these tools. RIPCORDEREST Deliverable D2.

Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures. Second edition*. Emerald, Bingley, UK.

Elvik, R. (2007). State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks. TOI-report 883/2007. TOI, Oslo, Norway.

Elvik, R. (2008a). The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety. In: Accident Analysis and Prevention 40, pp. 1964-1969.

Elvik, R. (2008b). Comparative Analysis of Techniques for Identifying Locations of Hazardous Roads. In: Transportation Research Record 2083, pp. 72-75.

Elvik, R. (2008c). A survey of operational definitions of hazardous road locations in some European countries. In: Accident Analysis and Prevention 40, pp. 1830-1835.

Elvik, R. (2011). Road Network Safety Screening. Presentatie op: BALTRIS workshop on best practice. Tallinn, 5-6 oktober 2011.

Hauer, E. (1996). *Identification of Sites with Promise*. In: Transportation Research Record 1542, pp. 54-60.

Hauer, E., Harwood, D.W., Council, F.M. & Griffith, M.S. (2002a). *Estimating safety by the empirical Bayes method: a tutorial*. In: Transportation Research Record 1784, pp. 126-131.

Hauer, E., Kononov, J., Allery, B. & Griffith, M.S. (2002b). Screening the Road Network for Sites with Promise. In: Transportation Research Record 1784, pp. 27-32.

Huang, H., Chin, H.C. & Haque, M.M. (2009). Empirical Evaluation of Alternative Approaches in Identifying Crash Hot Spots. Naïve Ranking, Empirical Bayes, and Full Bayes Methods. In: Transportation Research Record 2103, pp 32-41.

Mobiliteitscel (2001). ontwerp Mobiliteitsplan Vlaanderen. Naar een duurzame mobiliteit in Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel.

Montella, A. (2009). A comparative analysis of hotspot identification methods. In: Accident Analysis and Prevention 42, pp. 571-581.

Moons, E. & Brijs, T. (2007). Evaluatie van methodes ter detectie van ruimtelijke concentraties (hot spots) langs wegennetwerken voor toepassing op verkeersongevalgegevens. IMOB, Diepenbeek.

Persaud, B., Lyon, C. & Nguyen, T. (1999). Empirical Bayes Procedure for Ranking Sites for Safety Investigation by Potential for Safety Improvement. In: Transportation Research Record 1665, pp. 7-12.

Sørensen, M. & Elvik, R. (2007). Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks. Best Practice Guidelines and Implementation Steps. TØI-report 919/2007. Oslo.

Van Geirt, F. & Nuyts, E. (2005). Risicoanalyse op autosnelwegen. Deel 3 – Ongevallenmodellen voor Vlaamse autosnelwegen. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.

Van Raemdonck, K. & Hermans, E. (2011). Data-analyse en visualisatie van gevaarlijke wegsegmenten. In: Jaarboek Verkeersveiligheid 2011. VSV en Steunpunt Verkeersveiligheid, Mechelen.

Van Raemdonck, K. & Macharis, C. (2011). De Road Accident Analyzer. Deel II: Bepaling van de prioritaire segmenten. Steunpuntrapport RA-MOW-2011-17. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.

Het Steunpunt Verkeersveiligheid 2012-2015 is een samenwerkingsverband tussen de volgende partners:

