

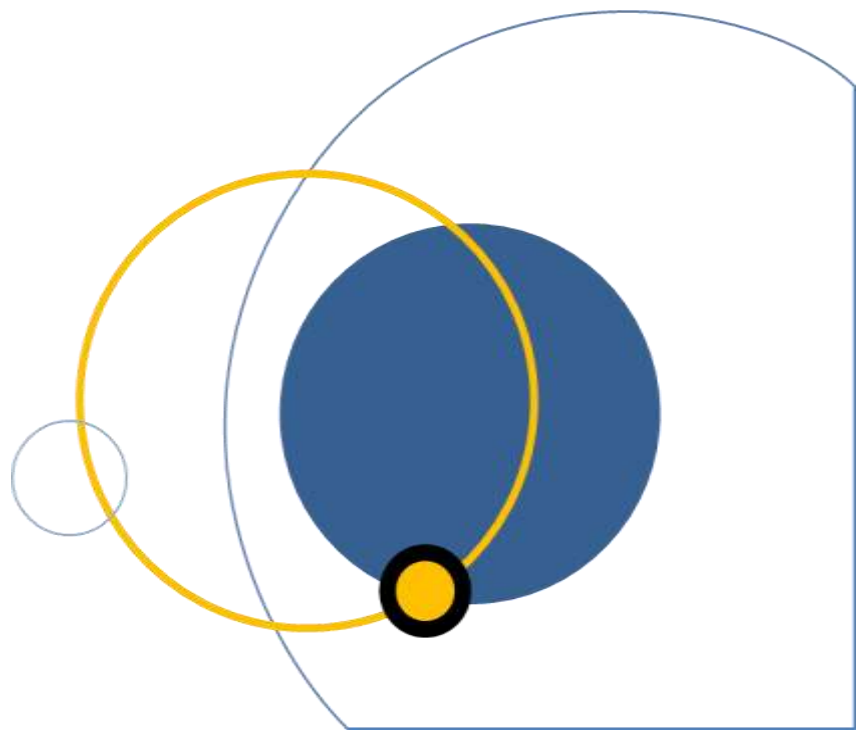
Network Safety Management

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

Kurt Van Hout, Caroline Ariën, Stijn Daniels

RA-2015-003

09/04/2015



© **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

Lijst van Figuren	6
Lijst van Tabellen.....	7
Gebruikte afkortingen	9
Variabelen.....	9
Samenvatting.....	10
English summary	14
1 Inleiding	17
1.1 Probleemstelling	17
1.2 Het TEN-T netwerk.....	17
1.2.1 Europa	17
1.2.2 Detaillering Vlaanderen	18
1.3 Doelstelling	19
1.4 Onderzoeksvragen	20
1.5 Opzet rapport.....	21
1.6 Beperkingen.....	21
2 Methodiek.....	22
2.1 Indicatoren voor verkeersonveiligheid	22
2.2 Methodes	23
2.2.1 Functionele classificatie.....	23
2.2.2 Segmentlengte.....	23
2.2.3 Wat is gevaarlijk?.....	24
2.3 Empirical Bayes	25
2.3.1 Motivering keuze Empirical Bayes.....	25
2.3.2 Beschrijving Empirical Bayes methodiek.....	26
3 Ranking op basis van segmenten (risicomodel 1, 2 en 3)	28
3.1 Databronnen	28
3.1.1 Gelokaliseerde ongevallen	28
3.1.2 Wegsegmenten op het niveau van segmenten	28
3.1.3 Verkeersintensiteiten	29
3.2 Opmaak databestand	30
3.3 Beschrijving data uit databestand.....	31
3.3.1 Lengte segmenten	31
3.3.2 Voertuigintensiteit	32

3.3.3	Wegvaktype	32
3.3.4	Aantal ongevallen	33
3.4	Ranking o.b.v. werkelijke ongevallen op segmenten	33
3.4.1	Ranking o.b.v. werkelijke ongevallenaantallen.....	34
3.4.2	Rankings o.b.v. ongevallensiteit en –risico (o.b.v. werkelijke ongevallen).....	35
3.4.3	Bespreking.....	36
3.5	Ranking o.b.v. verwachte ongevallen op segmenten m.b.v. een basis risicomodel (model 1) 37	
3.5.1	Opmaak basis risicomodel voor segmenten (model 1)	37
3.5.2	Rankings – inleiding.....	38
3.5.3	Ranking o.b.v. ongevallenaantallen (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)	39
3.5.4	Rankings o.b.v. ongevallensiteit en –risico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1) ..	41
3.5.5	Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1).....	43
3.5.6	Vergelijking rankings.....	44
3.6	Invloed van modelvorm voor ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (model 2 en 3)	47
3.6.1	Modelresultaten	47
3.6.2	Discussie	51
4	Ranking op basis van subsegmenten (risicomodel 4 en 5)	54
4.1	Databronnen	54
4.1.1	Ongevallen 2008-2010 op autosnelwegen.....	54
4.1.2	Wegsegmenten op het niveau van subsegmenten	54
4.1.3	Verkeersintensiteiten	55
4.2	Opmaak databestand	55
4.3	Beschrijving data uit databestand.....	56
4.3.1	Lengte wegsegment	56
4.3.2	Voertuigintensiteit	56
4.3.3	Aantal ongevallen	56
4.4	Ranking o.b.v. werkelijke ongevallen op subsegmenten.....	57
4.4.1	Rankings o.b.v. ongevallensiteit en –risico (o.b.v. werkelijke ongevallen).....	58
4.4.2	Bespreking.....	61
4.5	Ranking o.b.v. verwachte ongevallen op subsegmenten m.b.v. een basis risicomodel (model 4) 62	
4.5.1	Opmaak basis risicomodel voor subsegmenten (model 4)	62
4.5.2	Rankings – inleiding.....	63
4.5.3	Rankings o.b.v. ongevallensiteit en –risico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 4b) ..	64
4.5.4	Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (o.b.v. verwachte ongevallen; model 4b).....	68
4.5.5	Vergelijking rankings (model 4b)	69

4.6	Invloed van bijkomende modelvariabelen op de rankings (model 5)	72
4.6.1	Opmaak risicomodel met bijkomende modelvariabelen voor subsegmenten (model 5)...	72
4.6.2	Rankings – inleiding.....	74
4.6.3	Rankings o.b.v. ongevallensiteit en –risico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5) ..	74
4.6.4	Vergelijking met rankings op basis van werkelijke ongevallenaantallen (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5).....	77
4.6.5	Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (model 5).....	78
4.6.6	Vergelijking rankings (model 5)	79
4.7	Vergelijking resultaten model 4b en model 5	83
5	Conclusies.....	85
5.1	Verkeersveiligheidsindicatoren.....	85
5.2	Lengte en voertuigintensiteit van wegsegmenten	86
5.3	Geselecteerde wegsegmenten.....	87
5.4	Functievorm en modelvariabelen van risicomodellen	88
6	Aanbevelingen.....	91
7	Literatuurlijst	93
8	Bijlage A Alternatief risicomodel.....	95
8.1	Databronnen	95
8.1.1	Gelocaliseerde ongevallen	95
8.1.2	Wegsegmenten.....	95
8.1.3	Verkeersintensiteiten	95
8.2	Opmaak databestand	96
8.3	Opmaak risicomodel.....	97

Lijst van Figuren

Figuur 1: TEN-T wegennet in Vlaanderen (Trans-European Transport Network TENtec (2013)).....	18
Figuur 2: Proces van verkeersveiligheidsmanagement (Highway Safety Manual (AASHTO, 2010))...	19
Figuur 3: Soorten modellen	20
Figuur 4: Principe van het sliding window (Elvik, 2007)	24
Figuur 5: Empirical Bayes, een combinatie van risicomodellen en ongevallendata (Aangepast o.b.v. Elvik, 2011)	26
Figuur 6: Schematische voorstelling ongevallenwaarden Empirical Bayes methode	27
Figuur 7: Wegvaktypes (zwart: 'tss'; rood: 'c'; groen: 'k'; blauw: 'w'; grijze punten: ongevallen)	29
Figuur 8: Segmentlengtes in databestand (afstanden in meter)	31
Figuur 9: Voertuigintensiteiten in databestand (voertuigen per dag)	32
Figuur 10: Verdeling aantal ongevallen over segmenten	33
Figuur 11: Ranking volgens verwacht aantal ongevallen (model 1)	40
Figuur 12: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)	41
Figuur 13: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1).....	42
Figuur 14: Ranking volgens potentieel voor verbetering per km (model 1)	43
Figuur 15: Vergelijking rankings (model 1).....	46
Figuur 16: Vergelijking modelfit	48
Figuur 17: Spreiding segmenten i.f.v. potentieel volgens gehanteerde model (boven: model 1; midden: model 2; onder: model 3).....	49
Figuur 18: Vergelijking rankings potentieel i.f.v. gehanteerde model.....	52
Figuur 19: Verdeling aantal ongevallen over subsegmenten	57
Figuur 20: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen).....	58
Figuur 21: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. geregistreerde ongevallen).....	60
Figuur 22: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b)	64
Figuur 23: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b)	66
Figuur 24: Ranking volgens potentieel voor verbetering per km (model 4b)	68
Figuur 25: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5)	74
Figuur 26: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5).....	76
Figuur 27: Ranking volgens potentieel voor verbetering (model 5).....	78
Figuur 28: Vergelijking rankings (model 5).....	82
Figuur 29: Paarsgewijze vergelijking rankings (o.b.v. beknopt model vs uitgebreid model).....	84
Figuur 30: Visualisatie van aanpak voor de onderverdeling van wegsegmenten	96

Lijst van Tabellen

Tabel 1: 15 segmenten die in elk van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1) .	12
Tabel 2: 30 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5).....	12
Tabel 3: 15 segments which are represented in each of the top 25 of segments with highest ranking (model 1).....	15
Tabel 4: 30 segments which are represented in each of the top 50 of segments with highest ranking (model 5).....	16
Tabel 5: Evolutie aantal segmenten met telposten	29
Tabel 6: Verdeling records per jaar in databestand	30
Tabel 7: Verdeling segmentlengte in databestand.....	31
Tabel 8: Verdeling voertuigintensiteit in databestand	32
Tabel 9: Top 26 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen	34
Tabel 10: Top 26 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen opgesplitst per jaar	34
Tabel 11: Top 25 segmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen)	35
Tabel 12: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. geregistreerde ongevallen)	36
Tabel 13: Modelresultaten voor model 1	38
Tabel 14: Top 25 segmenten met hoogste aantal verwachte ongevallen (model 1)	40
Tabel 15: Top 25 segmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1).....	42
Tabel 16: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)	43
Tabel 17: Top 25 segmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid (model 1) .	44
Tabel 18: 15 segmenten die in elk van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1) 44	
Tabel 19: 7 segmenten die in twee van de drie top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1).....	45
Tabel 20: 15 segmenten die in één van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1).....	45
Tabel 21: Modelresultaten	48
Tabel 22: Vergelijking top 25 van rankings o.b.v. potentieel voor verbetering volgens 3 modellen voor segmenten.....	50
Tabel 23: Verdeling records per jaar in databestand	55
Tabel 24: Verdeling lengte van subsegmenten in databestand	56
Tabel 25: Verdeling voertuigintensiteit in databestand	56
Tabel 26: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen).....	58
Tabel 27: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. geregistreerde ongevallen).....	60
Tabel 28: Modelresultaten voor model 4a	62
Tabel 29: Modelresultaten voor model 4b	63

Tabel 30: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b).....	64
Tabel 31: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b).....	66
Tabel 32: Top 50 subsegmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid (model 4b).....	68
Tabel 33: 29 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b).....	70
Tabel 34: 15 subsegmenten die in twee van de drie top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b).....	70
Tabel 35: 33 subsegmenten die in één van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b).....	71
Tabel 36: Modelresultaten voor model 5	73
Tabel 37: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5).....	74
Tabel 38: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen)	76
Tabel 39: Top 50 subsegmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid (model 5).....	78
Tabel 40: 30 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5).....	80
Tabel 41: 15 subsegmenten die in twee van de drie top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5).....	80
Tabel 42: 30 subsegmenten die in één van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b).....	81
Tabel 43: 15 segmenten die in elk van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1) 87	
Tabel 44: 30 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5).....	87
Tabel 45: Evolutie aantal segmenten met telposten	95
Tabel 46: Modelresultaten	97

Gebruikte afkortingen

VV	Verkeersveiligheid
IMOB	Instituut voor mobiliteit
EB	Empirical Bayes

Variabelen

L	lengte van het wegsegment
I	Voertuigintensiteit (in vtg/dag)
Z	aantal vrachtwagens per dag
verh	Verhardingstype (beton, asfalt, onbekend)
brs	aantal berijdbare rijstroken (2..4)
pech	aanwezigheid van pechstrook (ja/nee)
bus	aanwezigheid van busstrook (ja/nee)
portiek	aanwezigheid van een portiek voor rijstrooksignalisatie (ja/nee)
sprd	kwaliteit van het wegdek (spoorvorming) (1..5)
μ	aantal ongevallen

Samenvatting

De Europese richtlijn 2008/96/EG betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur heeft een aantal procedures opgelegd met betrekking tot veiligheidseffectbeoordelingen, verkeersveiligheidsaudits, de classificatie van weggedeelten met een hoog aantal verkeersongevallen, de verkeersveiligheid van het wegennet en verkeersveiligheidsinspecties door de lidstaten. Deze richtlijn werd omgezet in Vlaamse regelgeving via het decreet van 17 juni 2011 betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van de weginfrastructuur (B.S. 4 juli 2011) en het uitvoeringsbesluit hierover van 3 februari 2012 (B.S. 19 april 2012).

Deze wetgeving voorziet onder meer 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. Het toepassingsgebied van de EU-richtlijn en het Vlaamse decreet zijn beperkt tot de wegen die deel uitmaken van het trans-Europese wegennet (TEN-T), welk in Vlaanderen in belangrijke mate overeenstemt met het autosnelwegennet.

In dit rapport wordt een methodiek beschreven en toegepast voor een screening van het TEN-T-netwerk in Vlaanderen. Het doel van deze screening is de selectie van een relatief beperkte groep wegsegmenten die nadien kunnen 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 deze wordt dan ook gehanteerd binnen deze studie. De EB-aanpak biedt een oplossing voor twee 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.

Voor de netwerkscreening die gebaseerd is op deze EB-techniek zullen een aantal risicomodellen opgebouwd worden voor de Vlaamse autosnelwegen op basis van de ongevallen- en intensiteitsdata voor de periode 2008-2010. Enerzijds wordt er gevarieerd in de modelvorm van het risicomodel door meer of minder verklarende variabelen in het model op te nemen of door een andere functievorm aan te nemen. En anderzijds varieert de lengte van de wegsegmenten. Door te werken met zes modellen krijgt men beter inzicht in de optimale lengte van een wegsegment, de modelvorm en het aantal modelvariabelen.

Het risicomodel beschrijft het aantal ongevallen in functie van een aantal verklarende variabelen. Naast enkele eenvoudig basisrisicomodel waar enkel de lengte van het wegsegment (L) en de voertuigintensiteit (I) weerhouden werden als verklarende variabelen, werd eveneens een meer uitgebreid model opgebouwd op basis van de de variabelen die opgenomen zijn in het subsegmentenbestand van het Verkeerscentrum. De opgenomen variabelen zijn, naast lengte (L) en voertuigintensiteit (I), ook het aantal vrachtwagens per dag (Z), het jaartal (jaar), verhardingstype (verh), het aantal rijstroken (brs), de aanwezigheid van pech- (pech) en busstrook (bus) en van een portiek voor rijstrooksignalisatie (portiek) en tenslotte ook de kwaliteit van het wegdek (sprd). Het aantal ongevallen μ kan algemeen als volgt geschreven worden.

Risicomodellen voor segmenten

$$\mu = e^{-17,0652} * L^{0,9532} * I^{1,0266} \quad (\text{model 1})$$

$$\mu = e^{-9,7586} * L^{0,9705} * I^{0,2285} * e^{0,0266 * 10^{-3}} \quad (\text{model 2})$$

$$\mu = e^{12,086} * L^{0,9500} * I^{-2,3606} * e^{(0,2680 * 10^{-3} * I - 0,3007 * 10^{-8} * I^2 + 0,0312 * 10^{-12} * I^3)} \quad (\text{model 3})$$

Risisomodellen voor subsegmenten

$$\mu = e^{-7,9658} * L^{0,7856} * e^{(1,1680 * 10^{-4} * I - 0,1589 * 10^{-8} * I^2 + 0,0079 * 10^{-12} * I^3)} \quad (\text{model 4b})$$

$$\mu = e^{-8,6804} * L^{0,8772} * Z^{0,1003} * e^{(1,0456 * 10^{-4} * I - 0,1598 * 10^{-8} * I^2 + 0,0084 * 10^{-12} * I^3)} * C_{\text{jaar}} * C_{\text{verh}} * C_{\text{brs}} * C_{\text{pech}} * C_{\text{bus}} * C_{\text{portiek}} * C_{\text{sprd}} \quad (\text{model 5})$$

Uit de vijf modellen blijkt dat het aantal ongevallen op Vlaamse autosnelwegen toeneemt met de lengte van het wegsegment en met de verkeersintensiteit. In het vijfde model werden nog bijkomende variabelen meegenomen. De factoren C_x zijn performantiefactoren die de globale waarde beïnvloeden, los van L en I . Zo zien we dat het aantal ongevallen in 2008 significant hoger is dan de aantallen in 2009 en 2010. Wegvakken met een betonverharding tellen gemiddeld 20% minder ongevallen dan wegvakken met een asfaltverharding. Het aantal ongevallen neemt, zelfs wanneer gecorrigeerd wordt voor de voertuigintensiteit, toe wanneer het aantal rijstroken toeneemt. Voorts gebeuren gemiddeld meer ongevallen op wegvakken met een pechstrook, minder ongevallen op wegvakken met een busstrook en meer ongevallen op wegvakken met een portiek voor rijstrooksignalisatie. Er blijkt geen duidelijk verband te bestaan tussen de wegkwaliteit en het aantal verkeersongevallen. Het is echter belangrijk om te vermelden dat een risicomodel slechts een verband weergeeft tussen het aantal ongevallen en een kenmerk, en dus niet noodzakelijk iets zegt over de oorzakelijkheid van het verband.

Verkeersveiligheid kan op verschillende manieren uitgedrukt worden. Daarom werden vier verschillende rankings opgemaakt, telkens op basis van een andere indicator: aantal ongevallen, ongevallendensiteit (ong/km), ongevalsrisico (ong/voertuigkm) en potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid (verwacht minus normaal aantal ongevallen per km). Omwille van de belangrijke invloed van de lengte van het wegsegment worden het aantal ongevallen na model 1 buiten beschouwing gelaten en worden de drie overblijven verkeersveiligheidsindicatoren naar lengte genormaliseerd.

De gehanteerde indicatoren belichten telkens een ander aspect van de verkeersveiligheid en de resultaten van de rankings tonen dan ook aan dat er onderling aanzienlijke verschillen optreden. De rankings o.b.v. ongevallendensiteit leveren de langere (gemiddeld 901 m voor de ranking o.b.v. segmenten en 167 m voor de ranking o.b.v. subsegmenten) en de drukste (gemiddeld 77.000 voertuigen per dag voor segmenten en gemiddeld iets meer dan 86.000 voertuigen per dag voor subsegmenten) wegsegmenten op in de top's van hoogste gerangschikte wegsegmenten. Een ranking o.b.v. het ongevalsrisico selecteert de minst drukke (gemiddeld 57.000 voertuigen per dag voor segmenten en bijna 63.000 voertuigen per dag voor subsegmenten), vaak korte stukken (gemiddeld 761 m voor segmenten en 145 m voor subsegmenten). De ranking o.b.v. het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid levert wegsegmenten met een gemiddelde intensiteit tussen beide voorgaande (69.000 voertuigen per dag voor segmenten en subsegmenten). Bij de top 25 van hoogst gerangschikte segmenten is de gemiddelde weglengte 965 m. Voor subsegmenten bedraagt deze 144 m.

In totaal komen in de drie rankings (o.b.v. ongevallendensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering) voor segmenten (top 25's) (model 1) 37 verschillende segmenten voor. Bij de ranking o.b.v. subsegmenten (model 5) vinden we 75 verschillende subsegmenten in de top 50's. Niettemin komen 15 segmenten voor in elke top 25 van segmenten en in elk van de top 50 van subsegmenten komen 30 subsegmenten (model 5). Deze (sub)segmenten hebben dus zowel een hoge ongevallendensiteit, een hoog ongevalsrisico als een hoog potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid en zijn opgelijst in Tabel 1 en

Tabel 2. Ondanks dat de wegingdeling in Tabel 1 en

Tabel 2 respectievelijk o.b.v. segmenten en subsegmenten gebeurde, vinden we in beide tabellen toch enkele gelijkaardige wegdelen terug. Deze paren zijn met behulp van kleuren gevisualiseerd. Opvallend is dat de Antwerpse Ring zeer sterk vertegenwoordigd is in deze samenvattende lijsten.

Tabel 1: 15 segmenten die in elk van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1)

R1 (richting 2), Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A3 (E40 richting 1), complex Bertem
R1 (richting 2), Berchem tot Borgerhout	A3 (E40 richting 1), Bertem tot Heverlee
R1 (richting 1), Borgerhout tot Berchem	A10 (E40 richting 2), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
R1 (richting 1), Berchem tot Antwerpen-Zuid	A10 (E40 richting 2), complex Erpe-Mere
R1 (richting 1), knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A13 (E313 richting 2), complex Massenhoven
R1, (richting 2) knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A13 (E34 richting 1), Antwerpen-Oost tot Wommelgem
R1 (richting 2), Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	A1 (E19 richting 2), complex Mechelen-Noord
A14 (E17 richting 1), Gent-Centrum tot Gentbrugge	

Tabel 2: 30 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R1, richting 1	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem
	9,286	9,406	
	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid
	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum
	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
	13,471	13,523	
	14,486	14,514	
R1, richting 2	4,894	4,85	Deurne tot Merksem
	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	6,722	6,569	
	7,034	6,722	
	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
	14,384	14,232	
	14,405	14,384	
	14,929	14,792	
15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	
A1 (E19), richting 1	27,553	27,635	Kontich tot UZA
A1 (E19), richting 2	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk
	34,502	34,457	
A10 (E40), richting 1	33,892	34,074	Erpe-Mere to parking Wetteren
	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde
	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drogen
A10 (E40), richting 2	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde
	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters
A13 (E34), richting 1	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
	0,800	1,265	
A13 (E34), richting 2	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost
A14 (E17), richting 1	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge

	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West
--	--------	--------	--------------------------------

Bovengenoemde 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.

English summary

Network Safety Management: A ranking of dangerous road segments on 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 assessments, 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 decree of June 17, 2011 (published in the Belgian Official Journal on July 4, 2011) and the consecutive Decision of the Flemish Government of Feb, 3 2012 on the execution (published in the Belgian Official Journal 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 area of both the EU-directive and the Flemish Decree is limited to those road segments that make up the trans-European road network (TEN-T), which in Flanders largely resembles the motorway network.

In this report a method is described and applied to screen the TEN-T road network in the Flanders region. The goal of this screening is the selection of a relatively small group of road segments that can be subjected afterwards 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 improve the road safety on dangerous locations.

The Empirical Bayes (EB) method is in the scientific literature considered to be the state-of-the-art approach for identifying dangerous road segments and is therefore adopted in the present study. The EB approach offers a solution to two problems when estimating the number of crashes: it corrects 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.

For the ranking purpose six risk models were built for Flemish highways based on the accident and traffic intensity data for the period 2008-2010. On the one hand there was some variation in the model form of the risk model by including more or less explanatory variables in the model or by changing the function form. On the other hand the lengths of the road segments was varied. Based on these six different models we tried to get more insight into the optimal length of a road segment, the model form on the number of explanatory variables.

The model describes the number of crashes as a function of a number of explanatory variables. Two models are built: one simple model only including the length of the segment (L) and traffic intensity (I) as explanatory variables and a more elaborate one built on the variables included in the subsegment database of the Flemish Traffic Centre. Apart from length (L) and traffic intensity (I) the daily number of trucks (Z), the year (jaar), pavement (verh), number of driving lanes (brs), the presence of an emergency lane (pech) and bus lane (bus) and a porch for driving lane signalisation and finally road quality (sprd) are included in the final model. The normal number of crashes μ can be calculated by:

Risk models for segments

$$\mu = e^{-17,0652} * L^{0,9532} * I^{1,0266} \quad (\text{model 1})$$

$$\mu = e^{-9,7586} * L^{0,9705} * I^{0,2285} * e^{0,0266*10^{-3}} \quad (\text{model 2})$$

$$\mu = e^{12,086} * L^{0,9500} * I^{-2,3606} * e^{(0,2680*10^{-3}*I + -0,3007*10^{-8}*I^2 + 0,0312*10^{-12}*I^3)} \quad (\text{model 3})$$

Risk models for subsegments

$$\mu = e^{-7,9658} * L^{0,7856} * e^{(1,1680*10^{-4}*I - 0,1589*10^{-8}*I^2 + 0,0079*10^{-12}*I^3)} \quad (\text{model 4b})$$

$$\mu = e^{-8,6804} * L^{0,8772} * Z^{0,1003} * e^{(1,0456*10^{-4}*I - 0,1598*10^{-8}*I^2 + 0,0084*10^{-12}*I^3)} * C_{\text{jaar}} * C_{\text{verh}} * C_{\text{brs}} * C_{\text{pech}} * C_{\text{bus}} * C_{\text{portiek}} * C_{\text{sprd}} \quad (\text{model 5})$$

The number of crashes on Flemish highways thus increases with both segment length and traffic intensity. The factors C_x are safety performance factors which influence the global values, apart from L and I . The number of accidents in 2008 e.g. is significantly higher compared to the number of accidents in 2009 and 2010. Road sections with a concrete pavement show 20% less accidents compared to road sections with a bituminous pavement. Even when corrected for traffic intensity, the number of accidents increases when the number of driving lanes increases. Furthermore road sections with an emergency lane are characterised by more accidents while road sections with a bus lane have less accidents. Also road sections containing porch signalisation have more accidents. It appears that no clear relation exists between the road surface quality and the number of crashes.

Road safety can be expressed in different manners. Therefore four indicators were used to construct different rankings: number of crashes, crash density (crashes/km), crash risk (crashes/vehicle-km) and the safety potential (expected minus normal number of crashes, expressed per km road length). As mentioned before, segment length and traffic intensity are major influential factors. Because of the important influence length has on the number of crashes we only compare the rankings based on the normalised indicators per km and ignore the ranking based on crash numbers after model 1.

The used indicators each illustrate a different aspect of road safety and the results therefore show considerable differences in the outcomes of the different rankings. The ranking based on crash density gives the longer (901 m on average for ranking based on segments 167 m on average for subsegments) and busiest (77.000 vehicles per day on average for segments and slightly over 86.000 vehicles per day on average for subsegments) road sections in the tops with the highest ranked road segments. A ranking based on crash risk selects the least traffic intense sections (57.000 vehicles per day on segments and almost 63.000 vehicles per day on average for subsegments), that are often short (761 m on average for segments and 145 m on average for subsegments). The ranking based on safety potential ends up with sections that have a traffic intensity that is in between the other two (69.000 vehicles per day on average for both segments and subsegments). The average length of the top 25 highest ranked segments is 965 m. For subsegments this average length is 144 m.

In total, the 3 rankings (based on density, risk and potential) of segments (top 25's) (model 1) contain 37 different segments. Rankings based on subsegments (model 5) end up with 75 different subsegments in the three top 50's. Nevertheless, 15 segments are present in each of the three top 25's and 30 subsegments are present in each of the top 50 of subsegments. These segments have thus a high score for crash density, risk and safety potential and are listed in Tabel 3 and

Tabel 4. Although the length of the road segments was segments and subsegments respectively, comparable road segments can be found in both tables. These pairs are visualized by means of the colors. Remarkable, the Antwerp's Ring is well represented in these summary lists.

Tabel 3: 15 segments which are represented in each of the top 25 of segments with highest ranking (model 1)

R1 (richting 2), Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A3 (E40 richting 1), complex Bertem
R1 (richting 2), Berchem tot Borgerhout	A3 (E40 richting 1), Bertem tot Heverlee
R1 (richting 1), Borgerhout tot Berchem	A10 (E40 richting 2), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
R1 (richting 1), Berchem tot Antwerpen-Zuid	A10 (E40 richting 2), complex Erpe-Mere
R1 (richting 1), knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A13 (E313 richting 2), complex Massenhoven

R1, (richting 2) knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A13 (E34 richting 1), Antwerpen-Oost tot Wommelgem
R1 (richting 2), Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	A1 (E19 richting 2), complex Mechelen-Noord
A14 (E17 richting 1), Gent-Centrum tot Gentbrugge	

Tabel 4: 30 segments which are represented in each of the top 50 of segments with highest ranking (model 5)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R1, richting 1	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem
	9,286	9,406	
	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid
	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum
	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
	13,471	13,523	
	14,486	14,514	
R1, richting 2	4,894	4,85	Deurne tot Merksem
	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	6,722	6,569	
	7,034	6,722	
	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
	14,384	14,232	
	14,405	14,384	
	14,929	14,792	
15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	
A1 (E19), richting 1	27,553	27,635	Kontich tot UZA
A1 (E19), richting 2	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk
	34,502	34,457	
A10 (E40), richting 1	33,892	34,074	Erpe-Mere to parking Wetteren
	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde
	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drongen
A10 (E40), richting 2	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde
	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters
A13 (E34), richting 1	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
	0,800	1,265	
A13 (E34), richting 2	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost
A14 (E17), richting 1	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge
	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West

The road segments mentioned above 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 to define remedial measures.

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 beleidsnota van de minister van Mobiliteit en Openbare Werken (Crevits, 2009 en Weyts, 2014) 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 wegedeelten 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 de Europese Richtlijn en 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 autosnelwegennet.

1.2 Het TEN-T netwerk

1.2.1 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 (Commission of the European Communities, 2009):

- Trans-Europees Wegennetwerk: autosnelwegen en andere primaire wegen
- Trans-Europees Spoornetwerk, dat zowel het Trans-Europees hoge-snelheidsspoornetwerk omvat als het Trans-Europese conventionele spoornetwerk
- Trans-Europese binnenlands waterwegennetwerk: rivieren en kanalen vanaf klasse IV
- Trans-Europese havens: binnenhavens, zeehavens en intermodale terminals
- Trans-Europees Luchthavennetwerk
- Trans-Europees netwerk voor gecombineerd transport
- Trans-Europees Transportmanagement en navigatiesystemen

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 bekomen. 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 TEN-T wegennetwerk omvat autosnelwegen 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.

1.2.2 Detaillering Vlaanderen

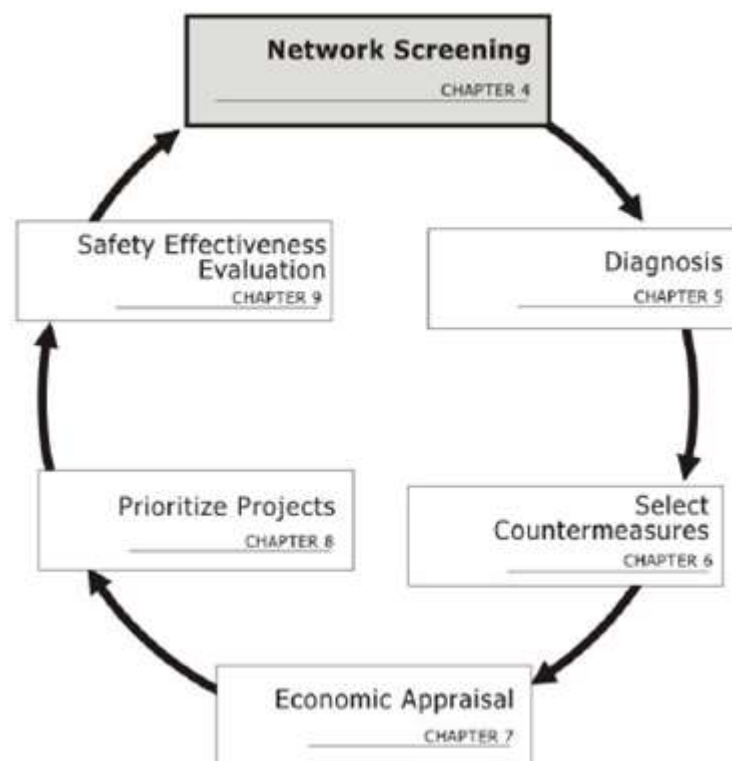
In Figuur 1 wordt een meer gedetailleerd beeld gegeven van het TEN-T wegennet in België. Het omvat de meeste (maar niet alle) autosnelwegen. Naast de meeste autosnelwegen maken eveneens een aantal primaire wegen deel uit van het netwerk. Voorbeelden zijn de Limburgse Noord-zuidverbinding en de verbinding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



Figuur 1: TEN-T wegennet in Vlaanderen (Trans-European Transport Network TENtec (2013))

1.3 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 (in casu gevaarlijke wegsegmenten) 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 (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, dus niet het geobserveerde aantal ongevallen.

In de Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) wordt uitgegaan van (1) een rangschikking in functie van de waarschijnlijkheid om het aantal ongevallen te reduceren door het uitvoeren van verkeersveiligheidsmaatregelen en dit (2) 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 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 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 Vlaamse primaire wegen die deel uitmaken van het TEN-T werden dus niet meegenomen in deze studie omdat de weg- en omgevingsfactoren (vb. weginrichting, omgeving, intensiteit etc.) vaak sterk verschillen van de autosnelwegsegmenten waardoor verwacht wordt dat het risicomodel minder precieze voorspellingen kan maken. Daarnaast is er minder gedetailleerde informatie m.b.t. de weg- en omgevingsfactoren van deze primaire wegen voor handen.

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

De netwerkscreening die gebaseerd is op de Empirical Bayes techniek zal toegepast worden op verschillende modellen. Enerzijds wordt er gevarieerd in de modelvorm van het risicomodel door meer of minder verklarende variabelen in het model op te nemen of door een andere functievorm aan te nemen. En anderzijds varieert de lengte van de wegsegmenten. Dit resulteert in zes verschillende modellen die verderop in de tekst in detail besproken worden (zie Figuur 3). Door te werken met deze zes modellen krijgt men beter inzicht in de optimale lengte van een wegsegment, de modelvorm en het aantal modelvariabelen.

		Lengte wegsegmenten			
		Segmenten		SUBsegmenten	
Modelvorm	Basis risicomodel	Model 1a	(zie 3.5.1)	Model 4a	(zie 4.5.1)
	Complexere modelvorm met intensiteit ook in de exponent	Model 2 Model 3	(zie 3.6)	Model 4b	(zie 4.5.1)
	Toevoegen van bijkomende modelvariabelen			Model 5	(zie 4.6.1)

Figuur 3: Soorten modellen

1.4 Onderzoeksvragen

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

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

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

1. Hoe bepalen we het aantal ongevallen op een wegsegment?

2. Hoe bepalen we het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid van een wegsegment?
3. Welke kenmerken dragen structureel bij tot het optreden van ongevallen op de Vlaamse autosnelwegen?

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

1.5 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, verkeersintensiteit en een aantal andere kenmerken. De opbouw van de verschillende risicomodellen en de ranking van de wegsegmenten gebeurt in hoofdstuk 3 en 4. In hoofdstuk 3 wordt er gewerkt met segmenten en in hoofdstuk 4 worden de subsegmenten behandeld.

Om het effect van de EB-aanpak weer te geven wordt eerst een ranking opgemaakt op basis van een naïeve aanpak waarbij de indicatoren berekend worden op basis van de werkelijke ongevallenaantallen. Vervolgens wordt dit 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.

In hoofdstuk 5 en 6 tenslotte worden, op basis van de studieresultaten een aantal conclusies en aanbevelingen weergegeven.

1.6 Beperkingen

Netwerk screening maakt zoals beschreven deel uit van het proces van verkeersveiligheidsmanagement (zie Figuur 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 waarin de aanwezige verkeersveiligheidsproblemen in detail worden bestudeerd. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door middel van een plaatsbezoek door een team van deskundigen.

2 Methodiek

Dit hoofdstuk is opgesplitst in 3 delen. In het eerste deel worden de indicatoren behandeld 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 voor verkeersonveiligheid

De meest voorkomende ongevallenindicatoren zijn het aantal ongevallen, de ongevallensiteit en het ongevalsrisico (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 **ongevalsrisico** 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 zwaargewonden en/of dodelijke slachtoffers krijgen daarbij een groter gewicht¹.

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 geredieerd 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. 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 zullen doorheen deze studie meerdere risicomodellen worden opgesteld die variëren in de functievorm van het risicomodel en het aantal verklarende variabelen (zie Figuur 3).

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 ongevallensiteit (ongevallen per km weg) en het ongevalsrisico (ongevallen per afgelegde voertuigkm).

¹ 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).

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.

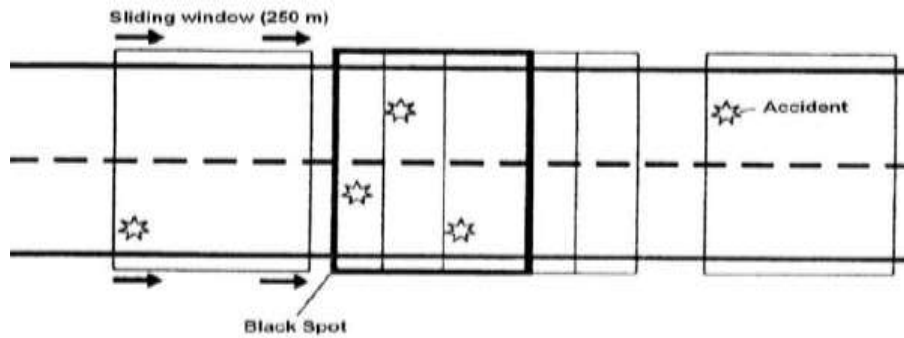
Bij het gebruik van **ruimtelijke methodes** wordt er specifiek rekening gehouden met de ruimtelijke samenhang van de te onderzoeken locaties. De globale en lokale ruimtelijke autocorrelatie, de kernel methode en de Rode Zones gehanteerd door het Waalse Gewest vallen hieronder. Voor een overzicht wordt 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 4; 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 4: Principe van het sliding window (Elvik, 2007)

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 enerzijds gedefinieerd worden in relatie tot hun ligging ten opzichte van de opeenvolgende op- en afritcomplexen (zie model 1, 2 en 3). Anderzijds zal er een doorrekening gebeuren op basis van subsegmenten die door het Vlaamse Verkeerscentrum gedefinieerd werden (zie model 4 en 5). Deze subsegmenten kwamen tot stand door segmenten met homogene weg- en omgevingsfactoren onder te verdelen in subsegmenten van maximaal 750 m. Segmenten die groter zijn, worden onderverdeeld in subsegmenten van 500 m.

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 twee 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 ongevalgegevens 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. In dit rapport kiezen we voor risicomodellen voor de bepaling van het normale aantal ongevallen op vergelijkbare wegsegmenten. Er wordt vertrokken van eenvoudige risicomodellen met een beperkt aantal verklarende variabelen, waarna ook een complexer risicomodel wordt uitgewerkt waarin meer verklarende variabelen zijn opgenomen (voor meer details m.b.t. het risicomodel verwijzen we naar paragraaf 4.5.1 en 4.6.1).

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 Figuur 6). Het normale aantal ongevallen wordt hierbij dus 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 (bijvoorbeeld smalle rijstroken of een 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 twee 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 bijvoorbeeld 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.

2.3 Empirical Bayes

In dit rapport wordt, in navolging van de methodiek van de Road Accident Analyzer (Van Raemdonck & Macharis, 2011), uitgegaan van de Empirical Bayes (EB)-methodiek voor de bepaling van het verwachte aantal ongevallen. In paragraaf 2.3.1 wordt deze keuze nogmaals gemotiveerd, terwijl de methodiek zelf beschreven wordt in paragraaf 2.3.2.

2.3.1 Motivering keuze Empirical Bayes

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 (EB) 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).

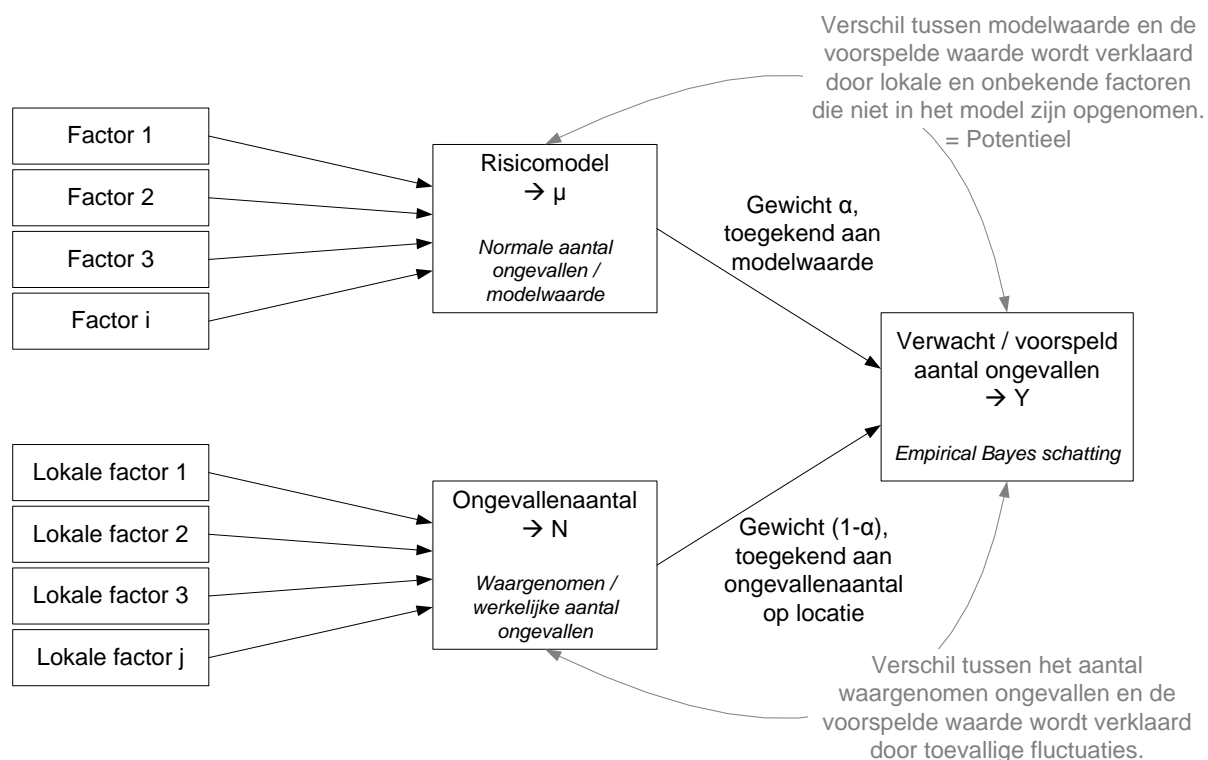
De EB-aanpak biedt een oplossing voor twee problemen bij het schatten van het aantal ongevallen (Hauer et al, 2002a): ze corrigeert voor regressie naar het gemiddelde en ze verbetert de nauwkeurigheid van de schatting. Regressie naar het gemiddelde speelt een soms aanzienlijke rol wanneer ongevallenaantallen 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-methode momenteel beschouwd als de state-of-the-art aanpak voor het identificeren van gevaarlijke segmenten en wordt deze dan ook gehanteerd binnen deze studie.

2.3.2 Beschrijving Empirical Bayes methodiek

In de Empirical Bayes methode wordt het verwachte aantal ongevallen geschat op basis van de informatie uit twee bronnen (Elvik, 2008a; Hauer et al, 2002a). Aan de ene kant is er het aantal geregistreerde ongevallen op de beschouwde locatie (onderste deel Figuur 5). 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 Figuur 5). In Hauer et al (2002a) wordt de methodiek in detail uiteengezet. Hier beperken we ons tot de essentie.



Figuur 5: Empirical Bayes, een combinatie van risicomodellen en ongevallendata (Aangepast o.b.v. Elvik, 2011)

De beste schatting van het verwachte aantal ongevallen op de potentiële gevaarlijke locatie wordt, zoals aangeduid in Figuur 5 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 α is afhankelijk van de kwaliteit van het gehanteerde risicomodel en het aantal ongevallen op de locatie en wordt gegeven door (Hauer et al, 2002a):

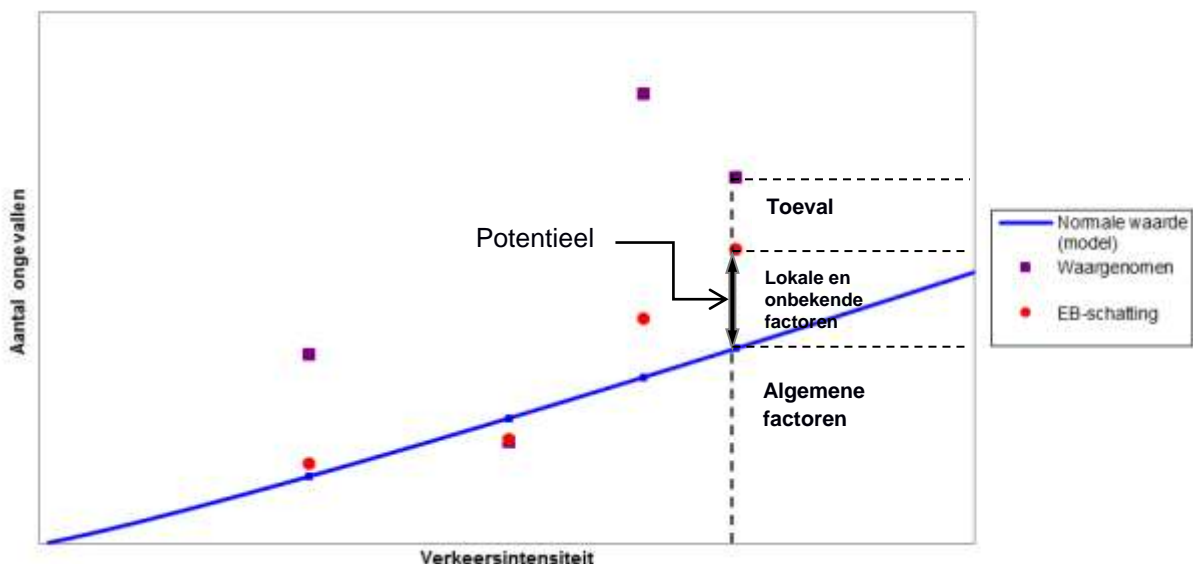
$$\alpha = 1/(1+k*\mu_L) \quad (2)$$

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

In Figuur 6 wordt deze werkwijze schematisch weergegeven. De voorspelde waarde wordt hierbij gegeven door de modelcurve in Figuur 6. 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 normale 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. Als voorbeeld nemen we een wegsegment van 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 risicomodel². 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): $1/(1+8,544 \cdot 0,3342/4,999) = 0,636$ ³. Het verwachte aantal ongevallen bedraagt bijgevolg $0,636 \cdot 8,544 + 0,364 \cdot 5 = 7,25$.



Figuur 6: Schematische voorstelling ongevallenwaarden Empirical Bayes methode

²In dit voorbeeld wordt uitgegaan van het model $\mu = e^{-17,0652 \cdot L} \cdot I^{0,9532} \cdot I^{1,0266}$, waarbij L en I staan voor respectievelijk de lengte van en de voertuigintensiteit op het wegsegment. De getallen in de exponenten zijn bepaald in een statistisch pakket bij de opmaak van het risicomodel.

³De dispersiefactor bedroeg voor dit model 0,3342. Ook deze factor wordt in het statistisch pakket berekend.

3 Ranking op basis van segmenten (risicomodel 1, 2 en 3)

In die hoofdstuk worden drie risicomodellen opgemaakt voor segmenten waarbij de lengte en intensiteit op een wegvak aan de basis liggen. Model 1 is het basismodel, terwijl model 2 en 3 een complexere modelvorm hebben. Achtereenvolgens worden de databronnen, de opmaak van het databestand, het risicomodel en de rankings besproken.

3.1 Databronnen

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)⁴
- Bestand van wegsegmenten (Verkeerscentrum)
- Verkeersintensiteiten (Verkeerscentrum).

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 ongevallendata in de periode 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 Economie (Algemene Directie Statistiek – Statistics Belgium) via het veld 'VOLGNUMMER'. Dit is interessant wanneer een risicomodel wordt opgebouwd voor specifieke ongevaltypes (i.f.v. betrokkenen, tijdstip, omstandigheden, ...). Het aangeleverde ongevallenbestand telt voor de periode 2008-2010 in totaal 5.582 ongevallen op autosnelwegen in Vlaanderen.

3.1.2 Wegsegmenten op het niveau van segmenten

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.

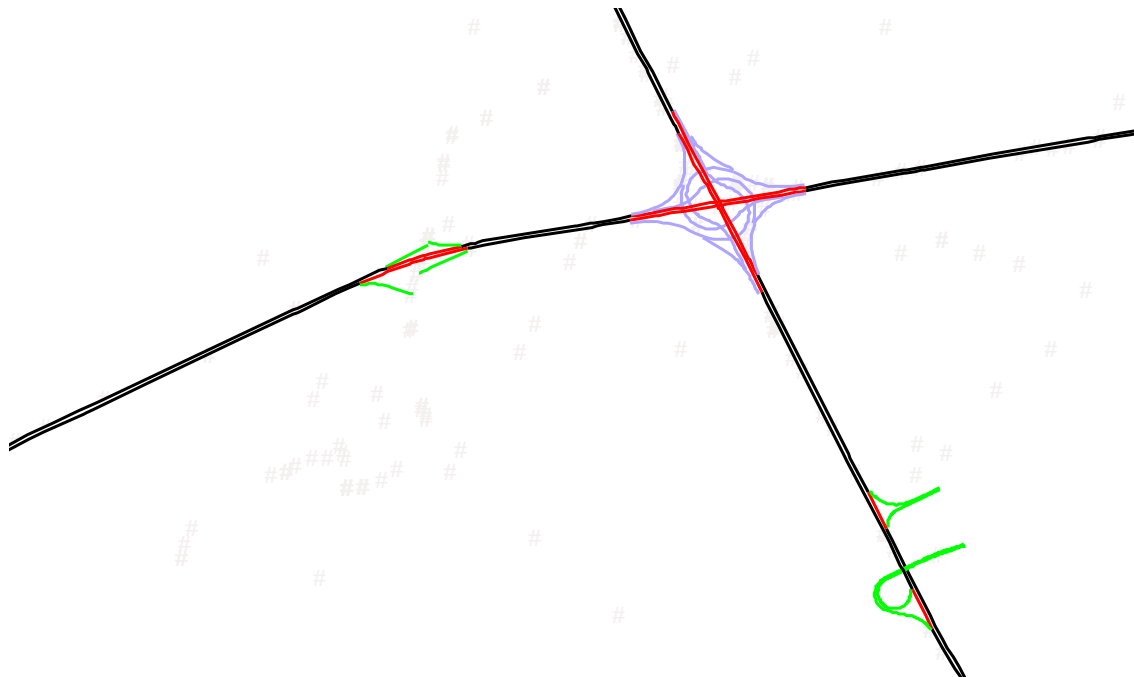
Aan het bestand hebben we een veld toegevoegd dat de plaats van het segment in het netwerk beschrijft ('wegvaktype'). Vijf wegvaktypes worden onderscheiden:

- 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)

⁴ Inmiddels zijn de gelokaliseerde ongevallen beschikbaar voor de periode 1996-2012.

- 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 (bochtstraal, 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 7: 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 segmenten⁵ hadden er 9 een telpost in 2006, terwijl dit in 2011 is opgelopen tot 727 (zie Tabel 5).

Tabel 5: Evolutie aantal segmenten met telposten

Jaar	Aantal telposten
2006	9
2007	131
2008	328
2009	418

⁵ Verkeersintensiteiten worden gemeten op het niveau van segmenten. Segmenten zijn immers zo bepaald dat ze steeds begrensd worden door een op- of afrit.

2010	594
2011	727

Het bestand geeft de jaargemiddelde dagintensiteit op de verschillende wegvakken weer. 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 per dag. 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 Economie (Algemene Directie Statistiek – Statistics Belgium) 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 Economie (Algemene Directie Statistiek – Statistics Belgium) 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 gelokaliseerde 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 6: Verdeling records per jaar in databestand

Jaar	Aantal records
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 en bevat in totaal 1331 records voor de 595 segmenten.

3.3 Beschrijving data uit databestand

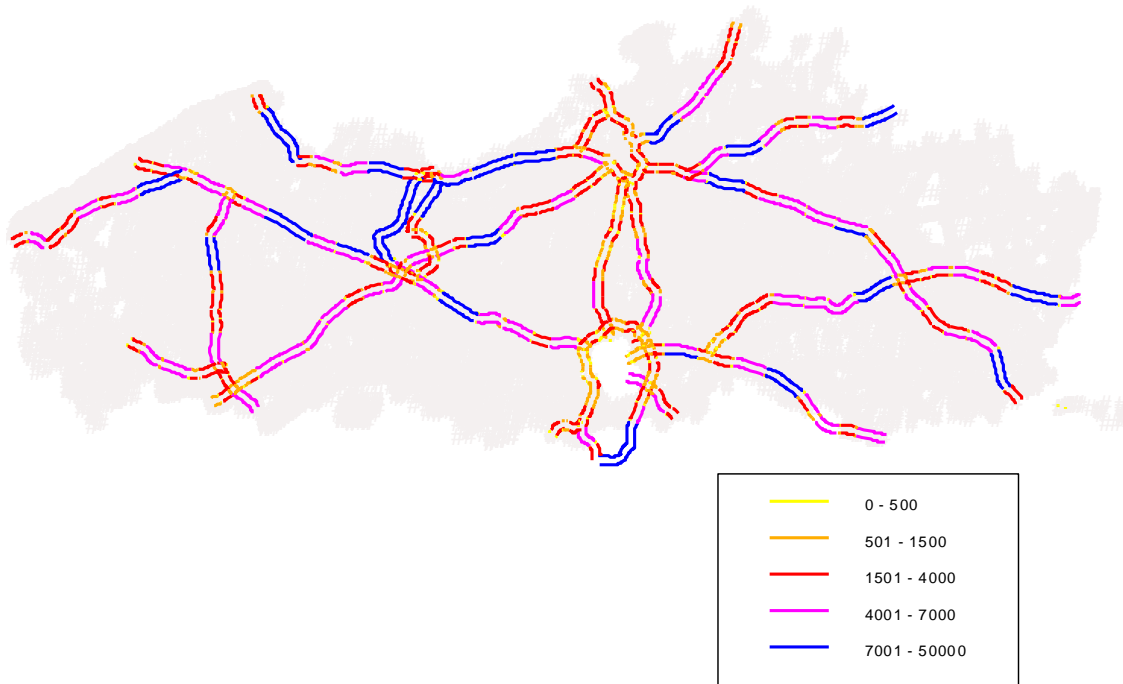
De data die het eengemaakte databestand (zie paragraaf 3.2) zijn opgenomen worden hieronder beschreven.

3.3.1 Lengte segmenten

In Tabel 7 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 (zie Figuur 8). 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 afritdichtheid kennen).

Tabel 7: Verdeling segmentlengte in databestand

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



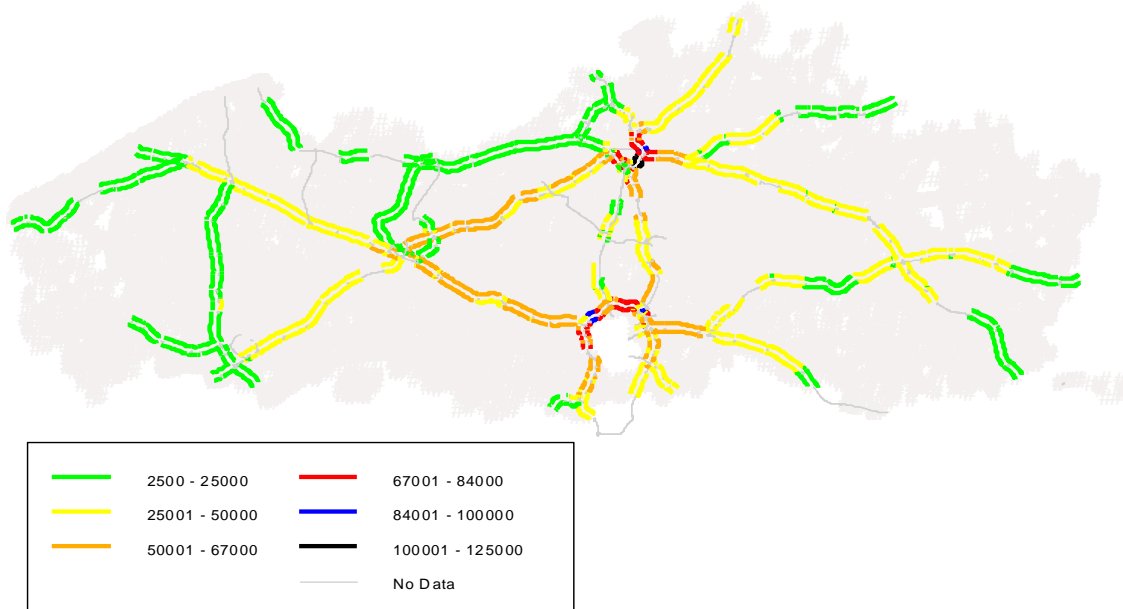
Figuur 8: Segmentlengtes in databestand (afstanden in meter)

3.3.2 Voertuigintensiteit

In Tabel 8 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 9.

Tabel 8: Verdeling voertuigintensiteit in databestand

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



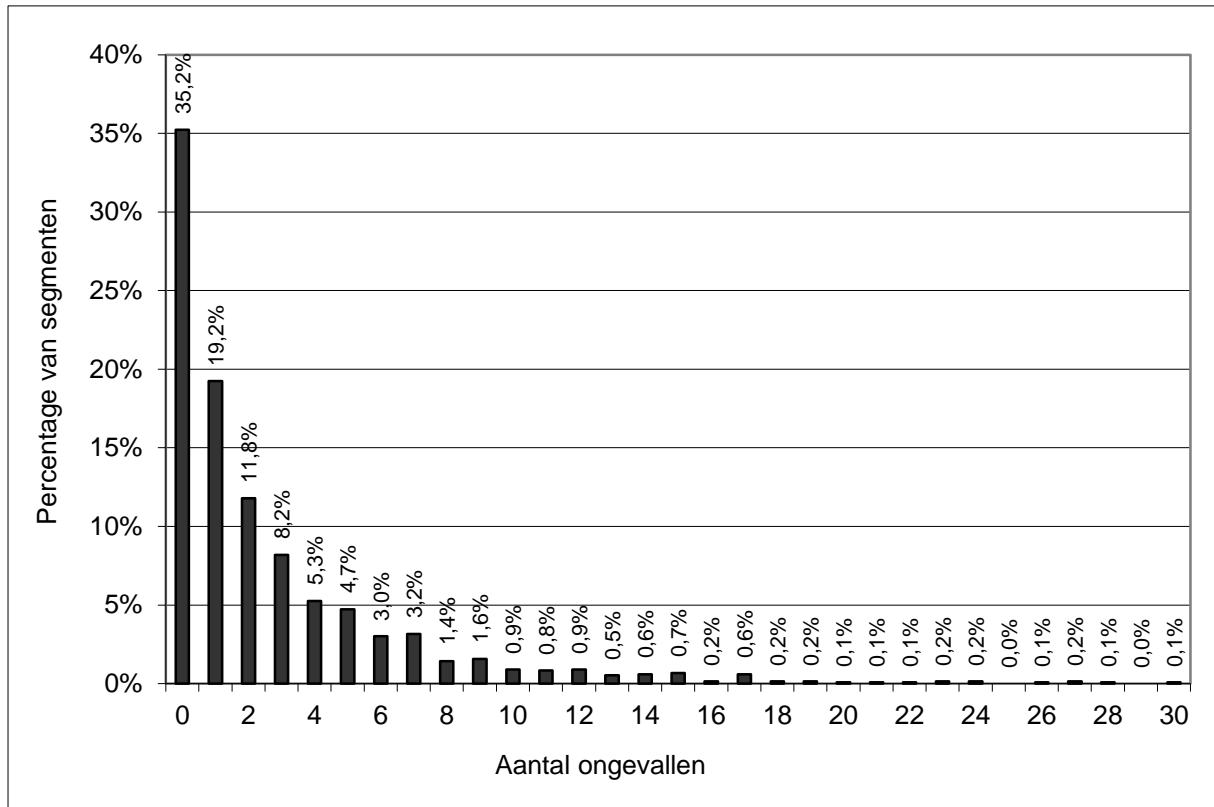
Figuur 9: Voertuigintensiteiten in databestand (voertuigen per dag)

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 model⁶. 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 10: Verdeling aantal ongevallen over segmenten

3.4 Ranking o.b.v. werkelijke ongevallen op segmenten

Bij de opmaak van het gevaarlijke-puntenprogramma werd uitgegaan van het aantal geregistreerde ongevallen/slachtoffers. In deze paragraaf 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 ongevallendensiteit (het aantal ongevallen per km weglengte) en op basis van het ongevalsrisico (het aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer).

⁶ 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.

3.4.1 Ranking o.b.v. werkelijke ongevallenaantallen

A. Aantal ongevallen 2008-2010

In Tabel 9 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 E34 (A13) ter hoogte van de aansluiting met de Antwerpse Ring en het deel van de Ring tussen Linkeroever en Antwerpen-Centrum. Ook de A14 (E17) heeft 3 vermeldingen in de top 26, evenals de A3 (E40). In totaal gebeurden in de periode 2008-2010 op de 26 segmenten 1.089 geregistreerde letselgevallen.

Tabel 9: Top 26 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen

Segment	Score	Segment (vervolg)	Score
R1, Berchem tot Borgerhout	83	A10 (E40), parking Wetteren tot Erpe-Mere	38
A10 (E40), Erpe-Mere tot parking Wetteren	69	A10, Affligem tot Aalst	37
R1, Borgerhout tot Berchem	63	A3 (E40), Boutersem tot Haasrode	37
A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	62	A13 (E313), Herentals-West tot Massenhoven	36
A14 (E17), parking Kalken tot Lokeren	53	A1 (E19), Kleine Bareel tot St.-Job-in't-Goor	34
A10 (E40), Drongen tot Nevele	51	A3 (E40), Sterrebeek tot Bertem	34
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	50	A10 (E40), Aalst tot Affligem	33
A10 (E40), Aalter tot Beernem	46	A10 (E40), Erpe-Mere tot Aalst	33
A10 (E40), Aalter tot Nevele	46	A10 (E40), Nevele tot Drongen	33
A10 (E40), Beernem tot Aalter	39	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	33
A14 (E17), Lokeren tot Parking Kalken	39	A10 (E40), Wetteren tot Merelbeke	33
A3 (E40), Bertem tot Sterrebeek	38	A14 (E17), Zwijnaarde tot De Pinte	31
A10 (E40), Nevele tot Aalter	38	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	31

B. 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 geranke 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 (zie Tabel 10).

Tabel 10: Top 26 segmenten met hoogste aantal geregistreerde ongevallen opgesplitst per jaar

Segment	Aantal (positie) 2008-2010	Aantal (positie) 2008	Aantal (positie) 2009	Aantal (positie) 2010
R1, Berchem tot Borgerhout	83 (1)	30 (1)	26 (2)	27 (1)
A10 (E40), 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 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	62 (4)	23 (4)	21 (3)	18 (5)
A14 (E17), parking Kalken tot Lokeren	53 (5)	17 (6)	12 (17)	24 (2)
A10 (E40), 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 (E40), Aalter tot Beernem	46 (8)	16 (8)	14 (13)	16 (9)
A10 (E40), Aalter tot Nevele	46 (8)	19 (5)	12 (17)	15 (10)
A10 (E40), Beernem tot Aalter	39 (10)	13 (14)	13 (16)	13 (18)
A14 (E17), Lokeren tot Parking Kalken	39 (10)	10 (30)	17 (6)	12 (23)
A3 (E40), Bertem tot Sterrebeek	38 (12)	8 (49)	15 (10)	15 (10)
A10 (E40), Nevele tot Aalter	38 (12)	8 (49)	15 (10)	15 (10)
A10 (E40), parking Wetteren tot Erpe-Mere	38 (12)	15 (9)	8 (37)	15 (10)
A10 (E40), Affligem tot Aalst	37 (15)	11 (22)	14 (13)	12 (23)
A3 (E40), Boutersem tot Haasrode	37 (15)	9 (37)	15 (10)	13 (18)
A13 (E313), Herentals-West tot Massenhoven	36 (17)	12 (18)	17 (6)	7 (47)
A1 (E19), Kleine Bareel tot St.-Job-in't-Goor	34 (18)	14 (11)	7 (52)	13 (18)
A3 (E40), Sterrebeek tot Bertem	34 (18)	9 (37)	12 (17)	13 (18)
A10 (E40), Aalst tot Affligem	33 (20)	13 (14)	8 (37)	12 (23)
A10 (E40), Erpe-Mere tot Aalst	33 (20)	10 (30)	6 (71)	17 (6)
A10 (E40), 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 (E40), Wetteren tot Merelbeke	33 (20)	12 (18)	14 (13)	7 (47)
A14 (E17), 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)

3.4.2 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en –risico (o.b.v. werkelijke ongevallen)

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.

A. 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 11). Dertien 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 11: 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 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	26	R1, Antwerpen-Zuid tot Berchem	17
R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	25	R0, Zaventem-Henneauln tot Zaventem	17

A13 (E313), complex Massenhoven (ri A'pen)	24	A3 (E40), Bertem tot Heverlee	16
A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	24	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	16
A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	23	A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Bxl)	16
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	23	R0, Zaventem tot Zaventem-Henneauln	15
A13 (E34), 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 (E40), complex Bertem (ri Luik)	20	A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	14

B. Ranking o.b.v. ongevalsrisico

Het ongevalsrisico wordt berekend aan de hand van het aantal ongevallen, de weglengte en de verkeersintensiteit via $Ong/(l \cdot L)$. De prioriteitenlijst o.b.v. deze indicator wordt gegeven in Tabel 12. Zestien van de 25 hoogst geranke segmenten bevinden zich t.h.v. een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar.

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

Segment	Score	Segment (vervolg)	Score
A13 (E313), complex Massenhoven (ri A'pen)	23	A2 (E314), complex circuit Zolder (ri NL)	9
A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	17	A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	9
A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	13	R2, complex Kanaaldok B1-B2 (Ring 2)	9
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	12	A14 (E17), knoop Gent-Centrum (ri A'pen)	9
A2 (E314), complex Herent (ri NL)	11	R0, complex Halle (binnenring)	9
R2, Kanaaldok B1-B2 tot Antwerpen-Haven	11	A13 (E313), complex Geel-West (ri Luik)	9
R1, Berchem tot Borgerhout	10	A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	9
A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	10	A2 (E314), complex Genk-Oost (ri Leuven)	9
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	10	R1, Borgerhout tot Berchem	8
A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)	10	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	8
A17 (E403), complex Lichtervelde	10	A2 (E314), Leuven tot Gasthuisberg	8
A21 (E34), complex Retie (ri Ranst)	10	R0, complex Halle (buitenring)	8
A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Bxl)	9		

3.4.3 Bespreking

Bij het gebruik van jaarlijkse ongevalencijfers 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 ongevalenaantallen vinden we ook terug in de ranking o.b.v. ongevalendensiteit. 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. ongevalendensiteit 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.

3.5 Ranking o.b.v. verwachte ongevallen op segmenten m.b.v. een basis risicomodel (model 1)

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 ongevalaantallen. Zoals in paragraaf 2.3 besproken werd, wordt het verwachte aantal ongevallen bepaald aan de hand van de Empirical Bayes methodiek. Deze EB-aanpak maakt gebruik van het werkelijke aantal ongevallen en het normale aantal ongevallen (zie Figuur 5). Voor de segmenten worden drie risicomodellen opgemaakt die achtereenvolgens voor een andere ranking zorgen. De complexiteit van de modelvorm neemt telkens toe. In deze paragraaf wordt het basis risicomodel (model 1) besproken, terwijl de twee complexere modelvormen (model 2 en 3) worden behandeld in paragraaf 3.6.

3.5.1 Opmaak basis risicomodel voor segmenten (model 1)

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 (zie paragraaf 2.3). 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 tegenstelling tot bij een gewone lineaire regressie is de responsvariabele (in dit geval het aantal ongevallen) niet noodzakelijk beperkt tot een normaal verdeelde variabele (in het geval van ongevallen is sprake van een Poisson of negatief-binomiaalverdeling). Bovendien is het aantal ongevallen steeds positief, wat niet noodzakelijk het geval is in een gewoon lineair model. Het gegeneraliseerde lineaire model komt tegemoet aan deze beperkingen. Dergelijk gegeneraliseerd model wordt gekenmerkt door een lineaire component ' $\eta_i = \sum \beta_i * X_i$ ' waarbij de (getransformeerde) responsvariabele wordt uitgedrukt als een lineaire combinatie van een aantal verklarende variabelen X_i . De responsvariabele kan in dit geval getransformeerd zijn via de zogenoemde link-functie. In het geval van een Poisson- of negatief-binomiaalverdeling is dit doorgaans de log-functie: ' $\eta_i = \log(\mu_i)$ '. Hierbij staat μ_i voor het aantal ongevallen. Het berekende model kan dan als volgt geschreven worden: $\log(\mu_i) = \sum \beta_i * X_i$. Door de inverse transformatie ontstaat dan, in plaats van een additief, een multiplicatief model: $\mu_i = \exp(\sum \beta_i * X_i) = \prod \exp(\beta_i * X_i)$. De waarden van deze uitdrukking zijn steeds positief. In een gegeneraliseerd lineair model zijn de verklarende variabelen bovendien niet beperkt tot numerieke waarden, maar ook klassenvariabelen behoren tot de mogelijkheden. Dit alles maakt het gegeneraliseerde lineaire model zeer geschikt voor het opstellen van risicomodellen. De modelparameters β_i worden bepaald aan de hand van de 'maximum log likelihood'-methode⁷. De modelparameters in deze studie werden bepaald in het statistische softwarepakket SAS Enterprise Guide 4.

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. Meestal wordt het effect van voertuigintensiteit in het model gemodelleerd in de vorm van een elasticiteit (Eenink et al, 2008). Dit betekent dat een macht γ wordt berekend (net als voor de lengte L een macht β wordt berekend)⁸. Andere variabelen worden doorgaans gemodelleerd als een exponentiële functie. Het basismodel kan algemeen geschreven worden als volgt (Elvik, 2007):

$$\mu = \alpha * L^\beta * I^\gamma * e^{\delta T} \quad (3: \text{model 1})$$

⁷In de klassieke lineaire regressie wordt hiervoor gebruik gemaakt van de kleinste kwadraten methode.

⁸In de praktijk betekent dit dat i.p.v. L en I op te nemen als variabele in het model er geopteerd wordt voor $\log(L)$ respectievelijk $\log(I)$.

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). α , β , γ en δ zijn de regressiecoëfficiënten die berekend worden in het statistische programma SAS Enterprise Guide 4.

De coëfficiënt δ 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 twee 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 α , β en γ worden gegeven in Tabel 13, 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 13: Modelresultaten voor model 1

Modelparameter	Waarde	p-waarde	95%-BI
$\ln(\alpha)$	-17,0652	<0,0001	[-18,2289 - -15,9007]
β	0,9532	<0,0001	[0,8982 – 1,0083]
γ	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).

3.5.2 Rankings – inleiding

Een eerste maat voor de ranking 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 paragraaf 0 en om het effect van de Empirical Bayes benadering duidelijk te maken.

De ongevallendensiteit (het verwachte aantal ongevallen per weglengte) en het ongevalsrisico (het verwachte aantal ongevallen per voertuigkilometer) corrigeren voor de lengte van de wegsegmenten en – in het geval van het ongevalsrisico – 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 2010⁹. 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. Bij de opmaak van risicomodel 1 (zie paragraaf 3.5.1) werd dus uitgegaan van de intensiteitsgegevens van de 1331 records in de databank (zie 3.2). Bij het bepalen van de ranking wordt dit risicomodel toegepast op de 728 segmenten waarbij de intensiteitsgegevens van een gedeelte van deze segmenten in bepaalde jaren geschat werden met behulp van bovenstaande groeifactoren.

In deze sectie worden de wegsegmenten van het Vlaamse snelwegennet dus opeenvolgend gerangschikt op basis van 4 verschillende indicatoren: verwacht aantal ongevallen, ongevallensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering. Telkens wordt een overzichtskaart 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.

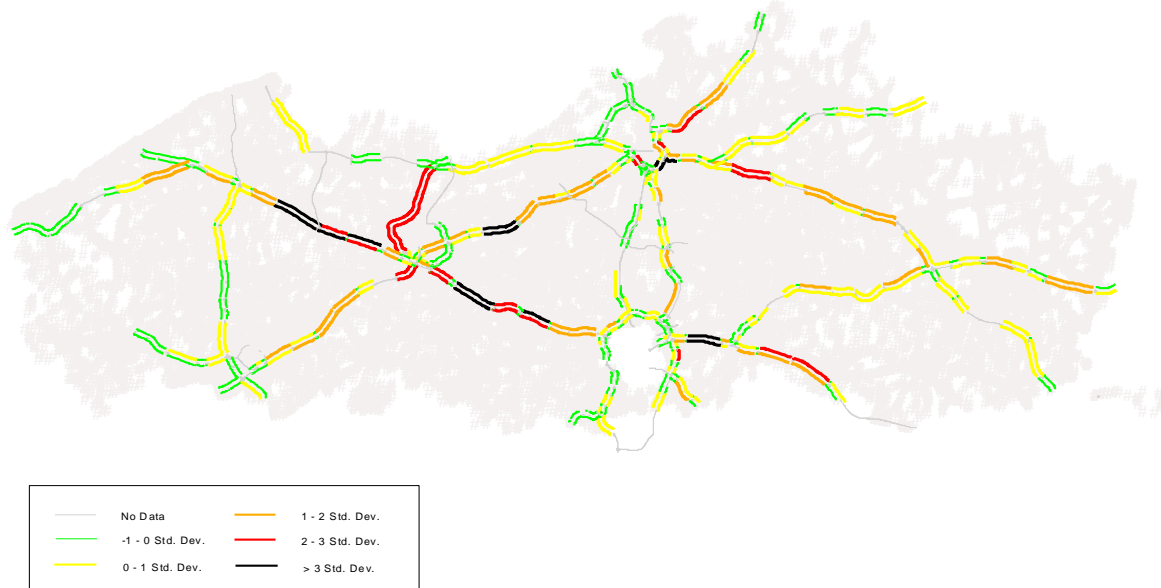
Door de resolutie waarop de resultaten kunnen worden weergegeven geven de kaartjes niet steeds een duidelijk beeld van de waarde voor de indicator voor de korte wegsegmenten. Daarom wordt naast het kaartje eveneens telkens een overzichtstabel gegeven met de 25 wegsegmenten die de hoogste waarde voor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

3.5.3 Ranking o.b.v. ongevallen aantallen (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

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 paragraaf 2.3 werd besproken. Deze ranking wordt vervolgens vergeleken met de ranking bekomen met de naïeve aanpak uit vorig hoofdstuk.

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

⁹ 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.



Figuur 11: Ranking volgens verwacht aantal ongevallen (model 1)

In Tabel 14 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 E34 (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 997¹⁰ ongevallen verwacht op de 25 geselecteerde segmenten.

Tabel 14: Top 25 segmenten met hoogste aantal verwachte ongevallen (model 1)

Segment	Score	Segment (vervolg)	Score
R1, Berchem tot Borgerhout	72	A3 (E40), Sterrebeek tot Bertem	37
A10 (E40), Erpe-Mere tot parking Wetteren	61	A10 (E40), Affligem tot Aalst	36
R1, Borgerhout tot Berchem	56	A10 (E40), Nevele tot Aalter	34
A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	50	A10 (E40), Aalst tot Affligem	33
A14 (E17), parking Kalken tot Lokeren	47	A1 (E19), Kleine Bareel tot St.-Job-in't-Goor	33
A10 (E40), Drongen tot Nevele	45	A10 (E40), Nevele tot Drongen	33
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	43	A10 (E40), Wetteren tot Merelbeke	32
A10 (E40), Aalter tot Beernem	43	A13 (E313), Herentals-West tot Massenhoven	32
A10 (E40), parking Wetteren tot Erpe-Mere	41	A10 (E40), Erpe-Mere tot Aalst	30
A10 (E40), Aalter tot Nevele	40	A14 (E17), Zwijnaarde tot De Pinte	29
A3 (E40), Bertem tot Sterrebeek	39	A10 (E40), Aalst tot Erpe-Mere	29
A10 (E40), Beernem tot Aalter	38	A10 (E40), Merelbeke tot Wetteren	28
A14 (E17), Lokeren tot Parking Kalken	37		

¹⁰ In realiteit werden er in de periode 2008-2010 1.077 ongevallen geregistreerd op deze 25 segmenten.

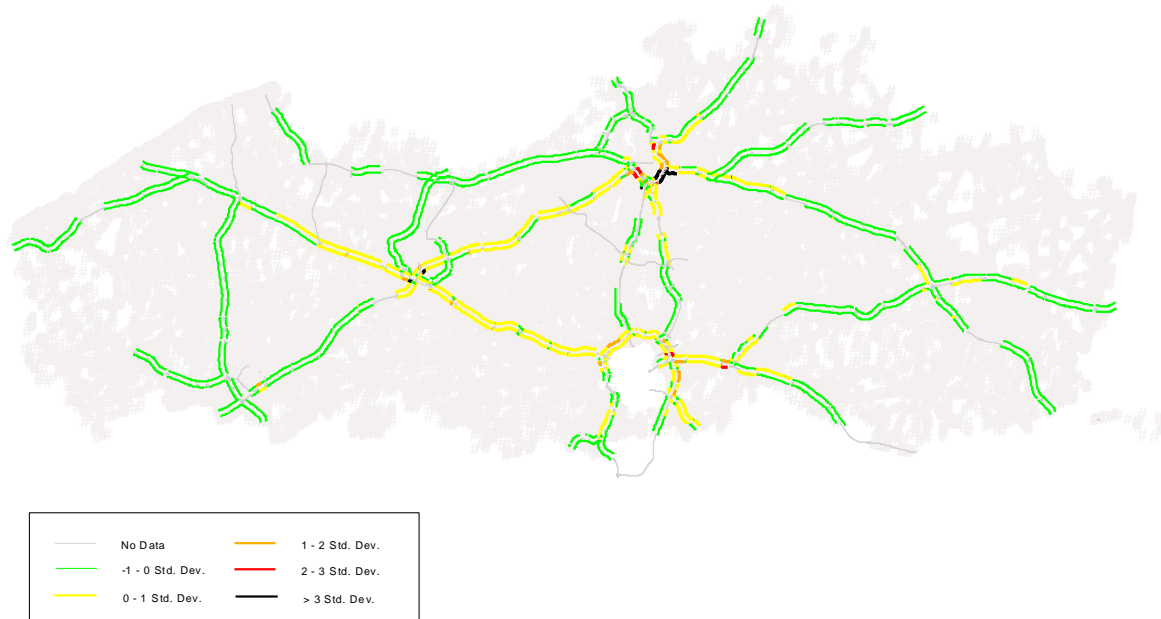
Wanneer we deze rankings vergelijken met die uit paragraaf 3.4.1 merken we dat de top 25 van beide rankings in grote mate overeenstemt (23 van de 25 segmenten zijn gemeenschappelijk). Bij een aanzienlijk aantal ongevallen weegt het werkelijk aantal ongevallen dan ook sterk door in de bepaling van het 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 14 ligt wel systematisch iets lager dan deze uit Tabel 9. 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.

3.5.4 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en –risico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

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 ongevalsrisico (aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer).

A. Ranking o.b.v. ongevallendensiteit (model 1)

De ranking volgens de ongevallendensiteit wordt weergegeven in Figuur 12.



Figuur 12: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

In Tabel 15 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.

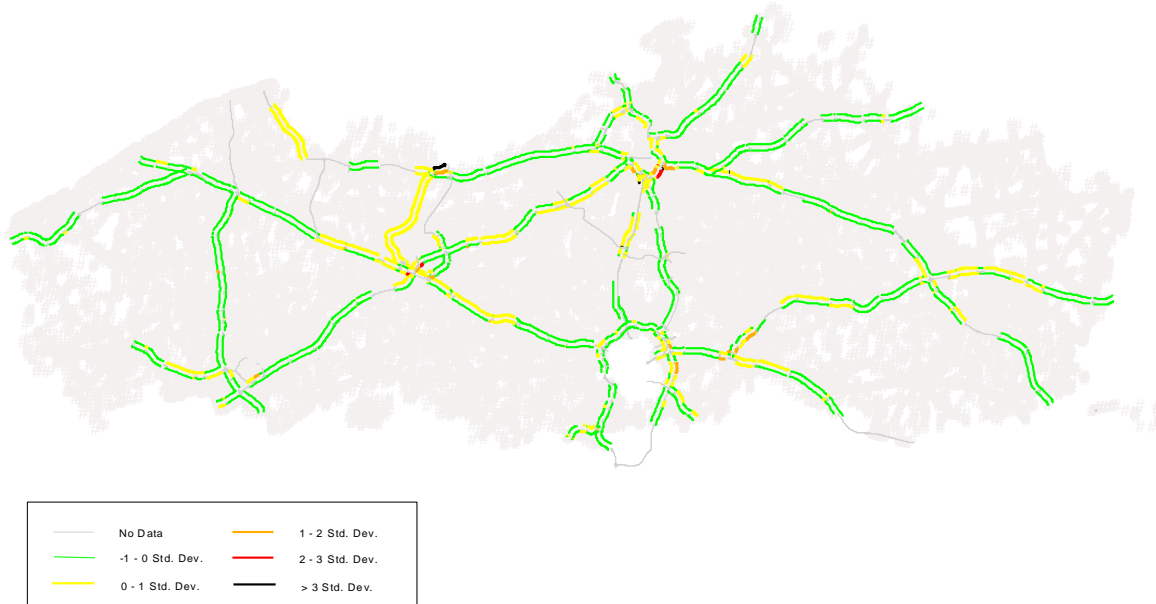
Tabel 15: Top 25 segmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

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 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	19	A13 (E313), complex Massenhoven (ri A'pen)	14
R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	19	R1, complex Borgerhout (Ring 2)	14
A10 (E40), 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 (E40), Bertem tot Heverlee	13
A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	18	R1, Antwerpen-Noord tot Merksem	12
A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	16	R1, Deurne tot Merksem	12
R1, Antwerpen-Zuid tot Berchem	16	A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Bxl)	12
A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)	16	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	12

Bij een vergelijking van de top-25 rankings op basis van ongevallendensiteit uit Tabel 15 (verwachte ongevallen) en Tabel 11 (werkelijke ongevallen) merken we dat er ook hier een grote overeenstemming is. 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.

B. Ranking o.b.v. ongevalsrisico (model 1)

De ranking volgens het ongevalsrisico tenslotte wordt weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

In Tabel 16 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.

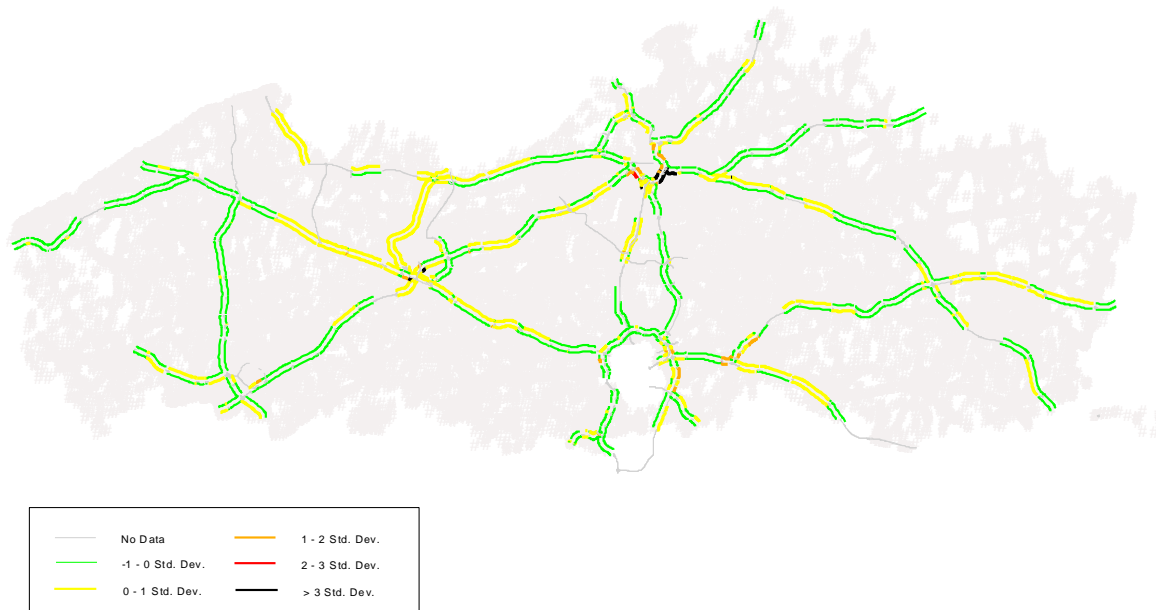
Tabel 16: Top 25 segmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

Segment	Score	Segment (vervolg)	Score
A13 (E313), complex Massenhoven (ri A'pen)	14	R0, complex Halle (binnenring)	7
A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	12	A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	7
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	10	A2 (E314), complex circuit Zolder (ri NL)	6
A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	10	R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	6
R1, Berchem tot Borgerhout	9	A2 (E314), complex Wilsele-De Vunt (ri NL)	6
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	8	A13 (E313), complex Geel-West (ri Luik)	6
A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	8	A2 (E314), Leuven tot Gasthuisberg	6
A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)	8	A3 (E40), Bertem tot Heverlee	6
R1, Borgerhout tot Berchem	7	R0, complex Halle (buitenring)	6
A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	7	R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	6
A2 (E314), complex Herent (ri NL)	7	A14 (E17), complex Beervelde (ri A'pen)	6
A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Bxl)	7	A17 (E403), complex Lichtervelde (ri Doornik)	6
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	7		

Een vergelijking tussen de rankings o.b.v. het ongevalsrisico uitgedrukt per voertuigkm voor verwachte ongevallen (Tabel 16) en geregistreerde ongevallen (Tabel 12) vertonen slechts beperkte verschillen. 20 van de 25 segmenten komen in beide tabellen voor.

3.5.5 Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (o.b.v. verwachte ongevallen; model 1)

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 14.



Figuur 14: Ranking volgens potentieel voor verbetering per km (model 1)

In Tabel 17 worden de 25 wegsegmenten weergegeven met het hoogste potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid per km weg. Negen van de 25 hoogst gerangschikte segmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen. Tel daarbij de segmenten langs de E34 (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. Vijf segmenten vinden we terug langs de Brusselse Ring, drie langs de E17 (A14) en 2 langs de A13 (E34 en E313). Zeven van de 25 segmenten zijn gesitueerd ter hoogte van een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar.

Tabel 17: Top 25 segmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid (model 1)

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 (E40), complex Erpe-Mere (ri Bxl)	7
R1, Borgerhout tot Berchem	19	R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	6
A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	13	R0, Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem	6
A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Bxl)	12	A3 (E40), Bertem tot Heverlee	6
A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	11	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	6
A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	11	A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	6
A13 (E313), 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 (E314), complex Herent (ri NL)	5
A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)	9	A14 (E17), Zwijndrecht tot Antwerpen-West	5
R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	8		

3.5.6 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 drie laatstvermelde rankings.

Wanneer we ons beperken tot de top 25 van gevaarlijke segmenten vinden we 15 segmenten terug in elk van de 3 rankings (zie Tabel 18). Zeven daarvan zijn gelegen langs de R1, twee langs A3 (E40), A10 (E40) en A13 (E34 en E313) en nog telkens één langs A1 (E19) en A14 (E17).

Tabel 18: 15 segmenten die in elk van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1)

R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)
R1, Berchem tot Borgerhout	A3 (E40), Bertem tot Heverlee
R1, Borgerhout tot Berchem	A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid	A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Brussel)
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A13 (E313), complex Massenhoven (ri Antwerpen)
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem
R1, Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Brussel)
A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	

Zeven andere segmenten komen voor op twee verschillende rankings, waarvan drie langs de R0, twee langs de R1 en één langs A2 (E314) en A14 (E17).

Tabel 19: 7 segmenten die in twee van de drie top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1)

R0, Sint-Stevens-Woluwe tot Zaventem Henneaulaan	R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout
R0, Zaventem Henneaulaan tot Zaventem	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
R0, Zaventem tot Zaventem Henneaulaan	A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid
A2 (E314), complex Herent (ri Nederland)	

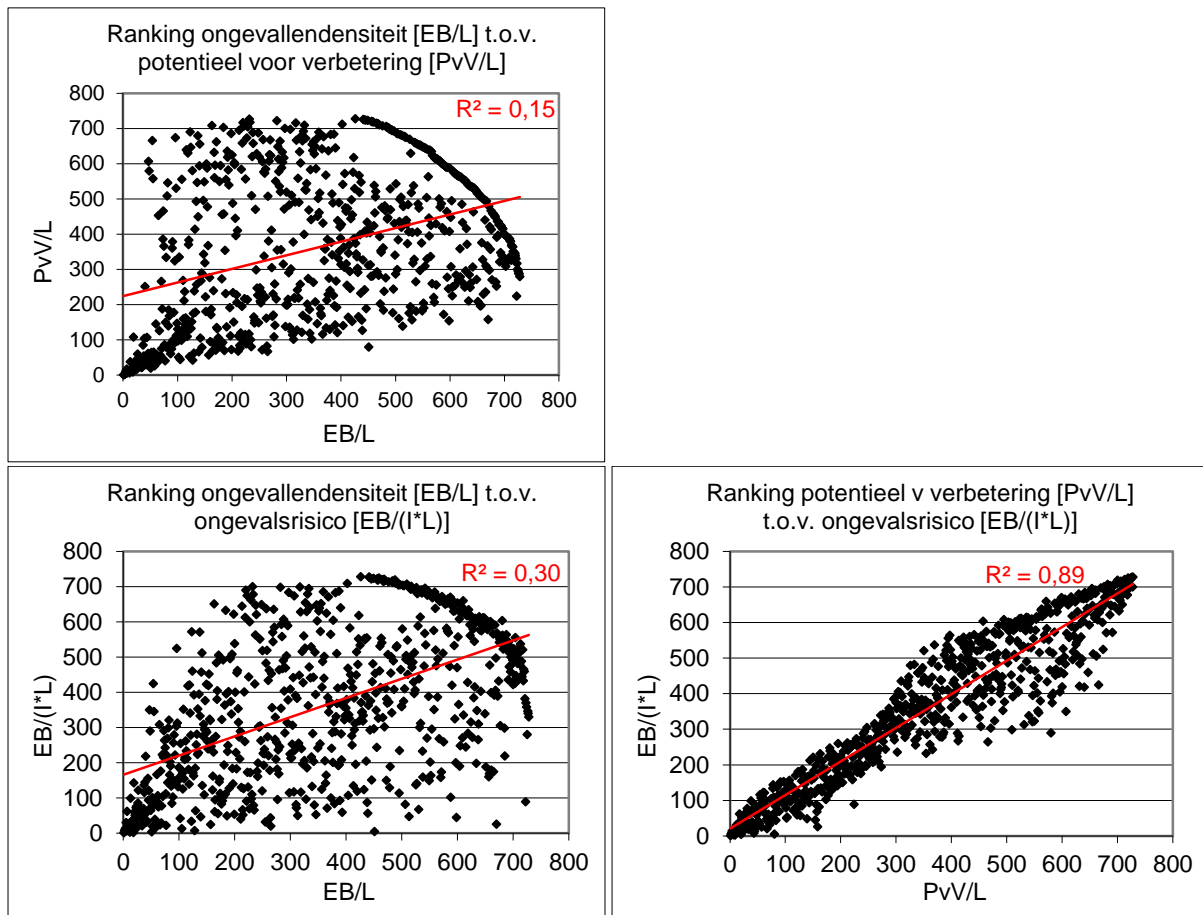
15 segmenten komen tenslotte voor in slechts 1 van de 3 rankings. Opnieuw scoort de Antwerpse Ring (R1) hoog met vier segmenten evenals de Brusselse Ring (R0) met eveneens vier noteringen. De A2 (E314) volgt met drie. De A14 (E17) komt nog twee keer voor en de A13 (E313) en A17 (E403) telkens één keer.

Tabel 20: 15 segmenten die in één van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1)

R1, Antwerpen-Zuid tot Berchem	R0, complex Halle (buitenring)
R1, complex Borgerhout (Ring 2)	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem
R1, Antwerpen-Noord tot Merksem	R0, Leonard tot 4 Armen
R1, Deurne tot Merksem	R0, complex Halle (binnenring)
A2 (E314), complex circuit Zolder (ri Nederland)	A14 (E17), Zwijndrecht tot Antwerpen-West
A2 (E314), Leuven tot Gasthuisberg	A14 (E17), complex Beervelde (ri Antwerpen)
A2 (E314), complex Wilsele – De Vunt (ri Nederland)	A13 (E313), complex Geel-West (ri Luik)
A17 (E403), complex Lichtervelde (ri Doornik)	

In totaal komen in de drie verschillende rankings dus 37 verschillende wegsegmenten voor. De rankings o.b.v. ongevallendensiteit en ongevalsrisico 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 15 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 (Figuur 15) 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 15: Vergelijking rankings (model 1)

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 ongevalsrisico 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. Uit het alternatieve risicomodel dat in de bijlage wordt besproken, blijkt dat de plaats van het deelsegment in het netwerk (meer bepaald de liggen t.o.v. de knopen) een significante invloed heeft op het aantal ongevallen. Segmenten die gelegen zijn binnen de 500 m voor een afrit (divergerende knoop) tellen 12% meer ongevallen.

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. 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.

3.6 Invloed van modelvorm voor ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (model 2 en 3)

Ondanks de sterke theoretische voordelen aan het gebruik van het potentieel voor verbetering (zie paragraaf 2.1) raadt Elvik (2008b) het gebruik ervan af omdat dit relatief vaak leidt tot een aanzienlijk aantal vals-positieven. Dit zijn 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 twee 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 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. Naast het risicomodel dat eerder werd beschreven (model 1), zullen twee bijkomende modellen opgebouwd worden (model 2 en 3). Op basis van deze modellen worden vervolgens de segmenten opnieuw gerangschikt en de verschillen tussen de rankings worden beschreven.

3.6.1 Modelresultaten

In sectie 3.5.1 van dit rapport werd het basismodel (model 1) besproken, opgebouwd volgens de algemeen gangbare structuur voor dergelijke risicomodellen. Deze vorm wordt hieronder nogmaals herhaald (herinner u dat de parameter δ niet significant verschilt van nul en deze term dus wegvalt). Niettemin zijn andere modelvormen mogelijk. Meer bepaald zullen ook twee modellen worden gegeven waarbij de intensiteit ook in de exponent voorkomt. In de eerste (model 2) gebeurt dit gewoon in lineaire vorm, terwijl in de tweede (model 3) intensiteit als een 3^e-graadsfunctie wordt ingebracht in de exponent. De vorm van model 2 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 3 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 21. We zien dat de modelfit verbetert naarmate extra parameters zijn toegevoegd (log likelihood neemt toe).

$$\mu = \alpha * L^\beta * |Y * e^{\delta T} \quad (4a: \text{model 1})$$

$$\mu = \alpha * L^\beta * |Y * e^{\epsilon I} \quad (4b: \text{model 2})$$

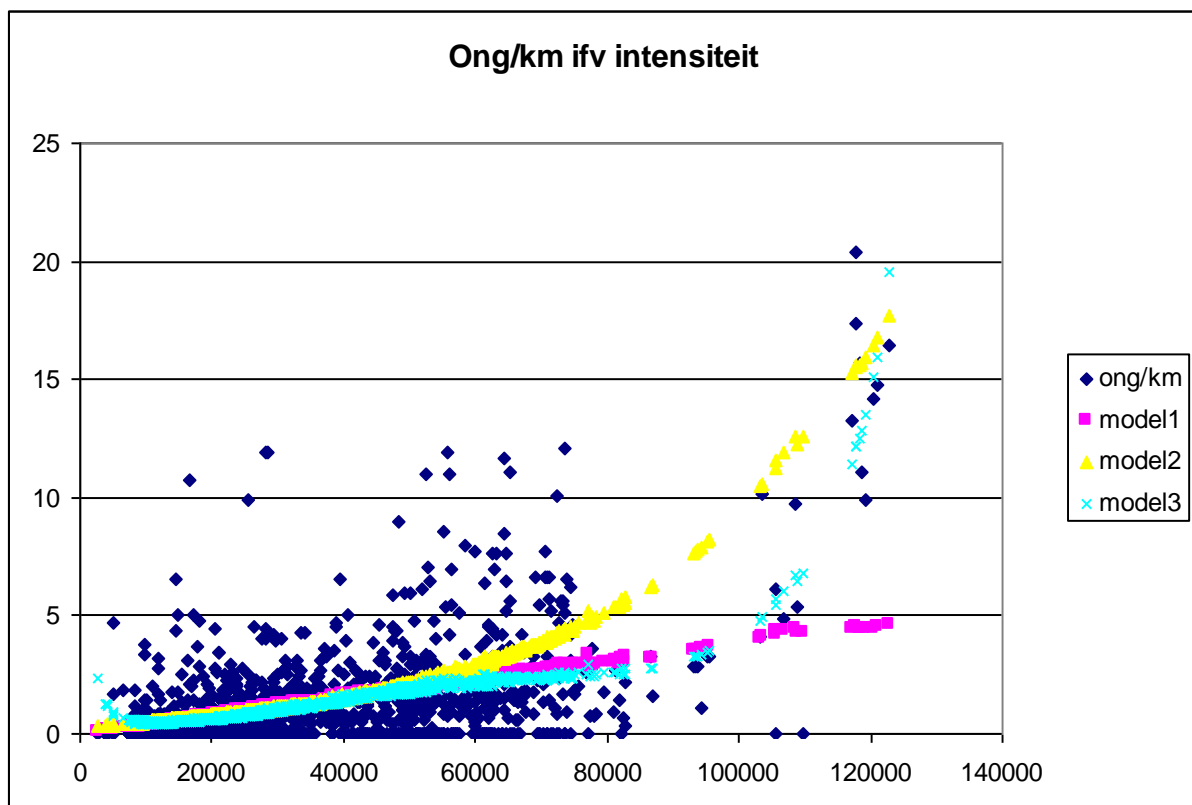
$$\mu = \alpha * L^\beta * |Y * e^{\epsilon I + \zeta I^2 + \eta I^3} \quad (4c: \text{model 3})$$

Tabel 21: Modelresultaten

Modelparameter	Model 1	Model 2	Model 3
$\ln(\alpha)$	-17,0652 ***	-9,7586 ***	12,0862 **
β	0,9532 ***	0,9705 ***	0,9500 ***
γ	1,0266 ***	0,2285 *	-2,3606 ***
ε		$0,0266 \times 10^{-3}$ *	$0,2680 \times 10^{-3}$ ***
ζ			$-0,3007 \times 10^{-8}$ ***
η			$0,0132 \times 10^{-12}$ ***
overdispersie	0,3342	0,2797	0,2526
Log Likelihood	2023,1307	2050,1885	2066,8682

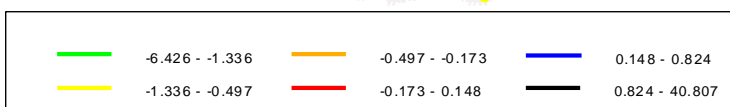
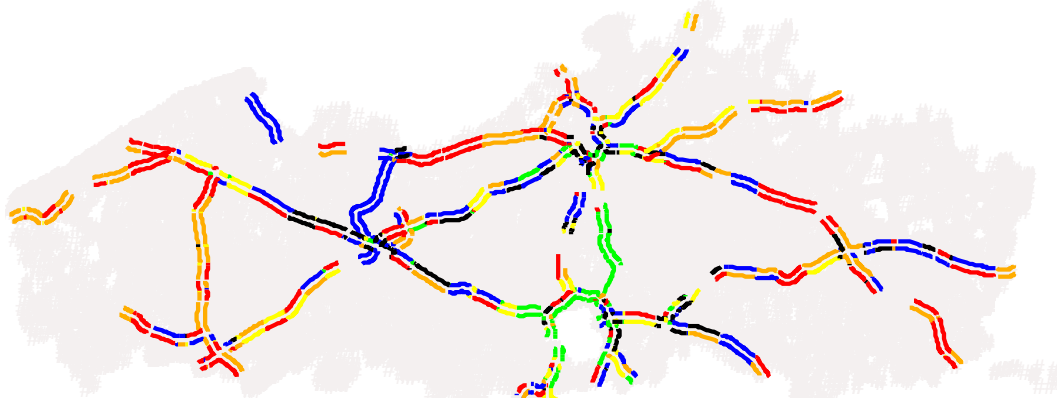
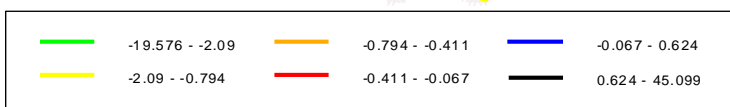
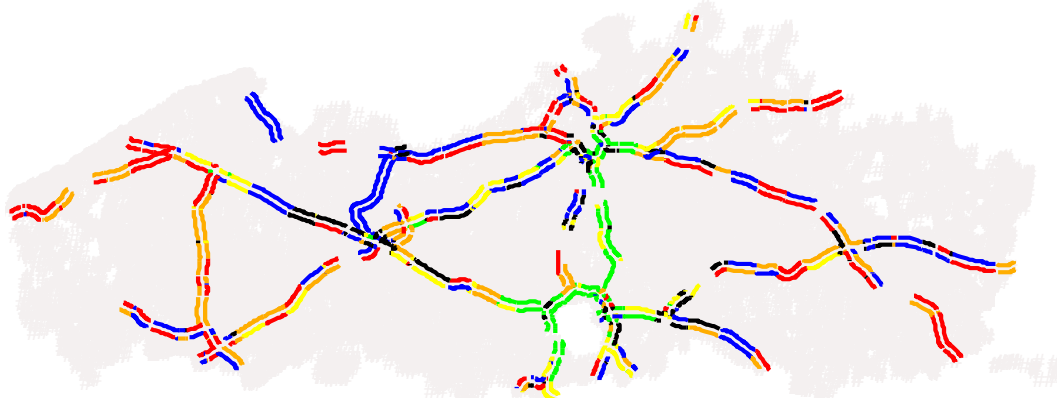
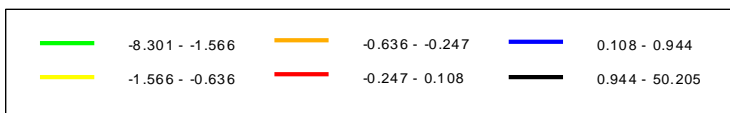
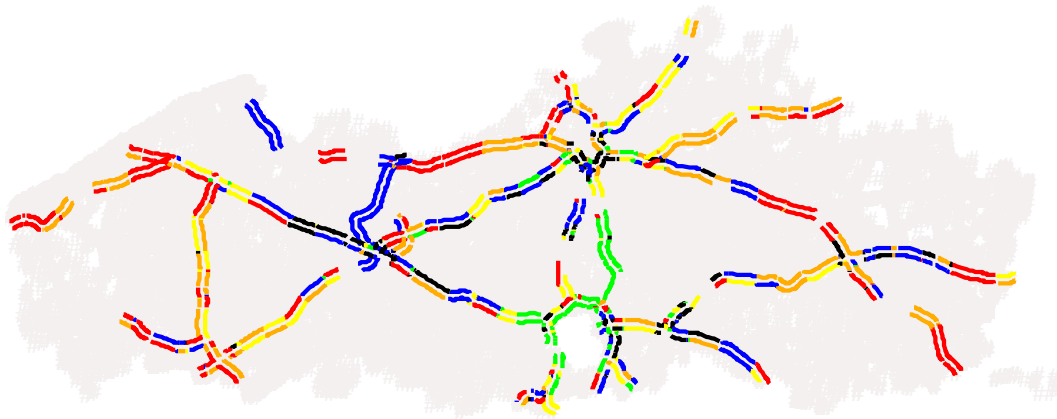
*** $p < 0.0001$; ** $p < 0.001$; * $p < 0.01$

De verbeterde modelfit wordt eveneens geïllustreerd in Figuur 16, waar het aantal ongevallen per km weglengte wordt uitgezet in functie van de voertuigintensiteit. Voor intensiteitswaarden tot ca. 65.000 ontlopen de drie modellen elkaar weinig. Voor hoge intensiteiten zien we evenwel aanzienlijke verschillen tussen de drie modellen. Het basismodel (model 1) vertoont een quasi lineair verloop en onderschat daardoor de ongevallenwaarde bij de hoogste intensiteiten. Model 2 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 3 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 16: 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.



Figuur 17: Spreiding segmenten i.f.v. potentieel volgens gehanteerde model (boven: model 1; midden: model 2; onder: model 3)

In Figuur 17 worden de segmenten ingedeeld volgens 6 quantielen (elke groep bevat even veel segmenten) volgens de waarde voor de indicator het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid per km weglengte en dit voor de drie verschillende gehanteerde modellen. Het bovenste kaartje geeft de ranking weer op basis van het basismodel 1, het middelste op basis van model 2 en het onderste op basis van model 3.

In Tabel 22 worden de segmenten uit de top 25 van de verschillende rankings weergegeven.

Tabel 22: Vergelijking top 25 van rankings o.b.v. potentieel voor verbetering volgens 3 modellen voor segmenten

PvV/L volgens model 1	PvV/L volgens model 2	PvV/L volgens model 3
R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	R1, Borgerhout tot Antwerpen-Oost
R1, Berchem tot Borgerhout	A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Brussel)	A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge
R1, Borgerhout tot Berchem	A13 (E313), complex Massenhoven (ri Antwerpen)	A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
A14 (E17), Gent-Centrum tot Gentbrugge	A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Brussel)
A1 (E19), complex Mechelen-Noord (ri Brussel)	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem
A10 (E40), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)
A13 (E34), Antwerpen-Oost tot Wommelgem	A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)
A13 (E313), complex Massenhoven (ri Antwerpen)	R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A13 (E313), complex Massenhoven (ri Antwerpen)
R1, knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Brussel)	A3 (E40), 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 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	R1, Berchem tot Antwerpen-Zuid
A3 (E40), complex Bertem (ri Luik)	A3 (E40), 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 (E40), complex Erpe-Mere (ri Brussel)
A10 (E40), complex Erpe-Mere (ri Brussel)	A2 (E314), complex Herent (ri Nederlanden)	A3 (E40), Bertem tot Heverlee
R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout	A14 (E17), complex Beervelde (ri Antwerpen)	R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
R0, Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem	R0, complex Halle (binnenring)	A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid
A3 (E40), Bertem tot Heverlee	A14 (E17), Zwijndrecht tot Antwerpen-West	R0, Zaventem tot Zaventem-Henneaulaan
R1, Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	A10 (E40), complex Nevele (ri Brussel)	R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem

A14 (E17), Kortrijk-Oost tot Kortrijk-Zuid	R0, Leonard tot 4 Armen	R1, Deurne tot Merksem
R0, 4 Armen tot Wezembeek-Oppem	A2 (E314), Herent tot Wilsele-De Vunt	R1, Antwerpen-Noord tot Merksem
R0, Leonard tot 4 Armen	A14 (E17), Gentbrugge tot Gent-Centrum	R0, Leonard tot 4 Armen
R0, Zaventem tot Zaventem-Henneaulaan	A2 (E314), Leuven tot Gasthuisberg	A14 (E17), Zwijndrecht tot Antwerpen-West
A2 (E314), complex Herent (ri Nederland)	R0, St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	R1, Antwerpen-Oost tot Borgerhout
A14 (E17), Zwijndrecht tot Antwerpen-West	A2 (E314), Leuven tot Heverlee	A3 (E40), Heverlee tot Bertem

Zeven segmenten komen voor in de top 25 van ranking 1, maar niet in deze van ranking 2. Vijf 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 twee 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 (E17) complex Beervelde en het segment Gentbrugge tot Gent-Centrum; langs de R0 het complex Halle (binnenring); langs de A10 (E40) het complex Nevele; en langs de A2 (E314) de segmenten van Herent tot Wilsele-De Vunt, van Leuven tot Gasthuisberg en van Leuven tot Heverlee.

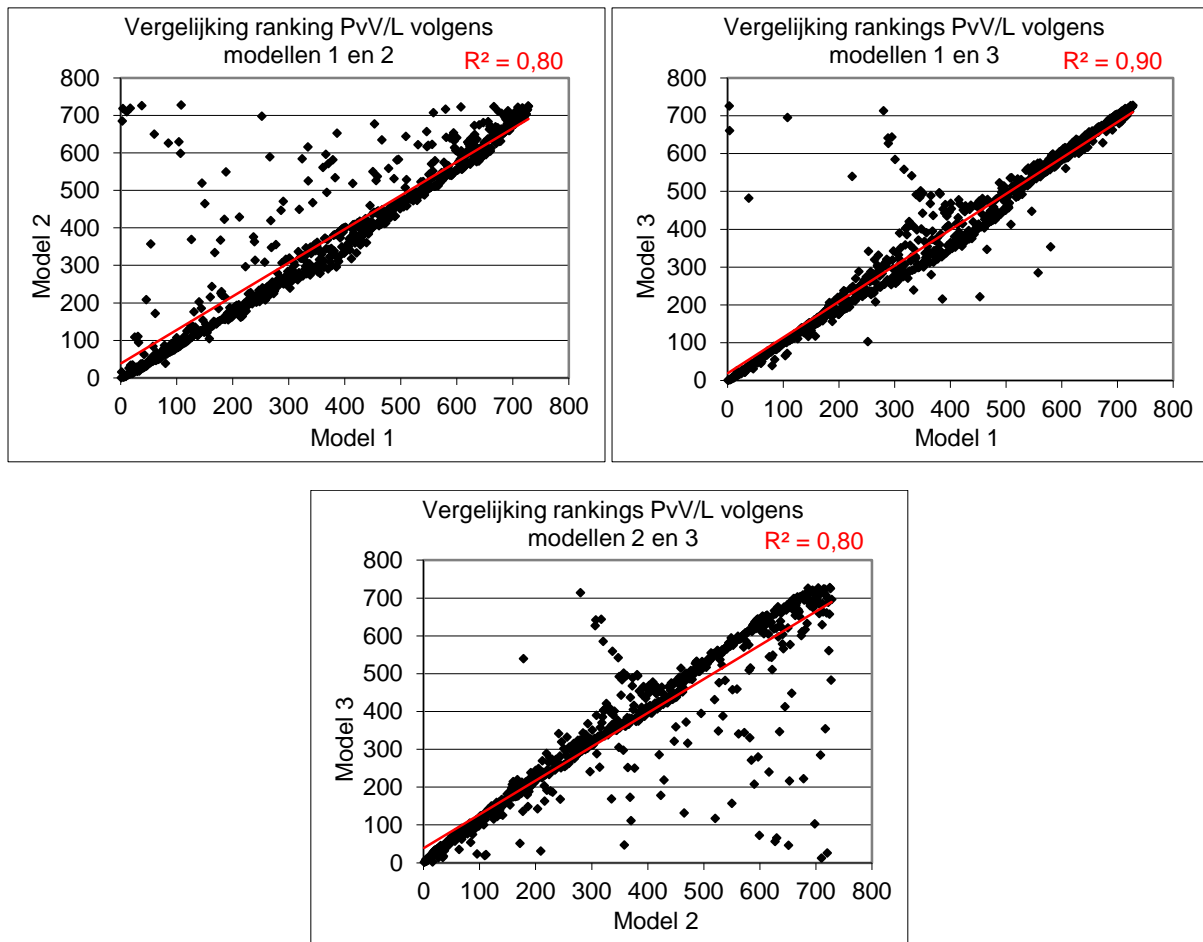
Drie segmenten uit ranking 1 komen niet meer voor in ranking 3: opnieuw 2 segmenten langs de R1 (tussen Berchem en Borgerhout in beide richtingen) en het complex Herent (richting NL) langs de A2 (E314). In de plaats daarvan verschijnen dan in ranking 3 de segmenten langs de A3 (E40) tussen Heverlee en Bertem en de R1 van Antwerpen-Noord tot Merksem en van Deurne tot Merksem.

Acht segmenten die voorkomen in ranking 2 vinden we niet meer terug in ranking 3. Dit zijn de 4 segmenten langs de A2 (E314) (complex Herent, van Herent tot Wilsele-De Vunt, van Leuven tot Gasthuisberg en van Leuven tot Heverlee), twee segmenten langs de A14 (E17) (complex Beervelde en van Gentbrugge tot Gent-Centrum), het complex Halle op de Brusselse binnenring (R0) en het complex Nevele langs de A10 (E40). In de plaats van deze segmenten komen vijf 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. Twee andere segmenten zijn gelegen langs de R0 tussen Zaventem en Zaventem-Henneaulaan (beide richtingen). Het achtste segment is de A3 (E40) van Heverlee tot Bertem.

Twaalf wegsegmenten komen in slechts één van de 3 top 25 rankings voor. Zes andere segmenten komen twee keer voor. Zeventien segmenten tenslotte komen in elk van de drie rankings voor.

3.6.2 Discussie

Afhankelijk van het model dat gebruikt werd om het normale aantal ongevallen op vergelijkbare locaties te hanteren wijzigden 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 18 worden de rankings o.b.v. het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid per km weglengte vergeleken i.f.v. het gehanteerde model.



Figuur 18: Vergelijking rankings potentieel i.f.v. gehanteerde model

Met R^2 waarden tussen 0,80 en 0,90 is de overeenstemming tussen de verschillende rankings globaal goed te noemen. Niettemin zijn er een aantal opvallende verschillen. Wanneer ranking volgens model 1 vergeleken wordt met ranking volgens model 2 (linksboven in Figuur 18, $R^2=0,80$) 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 22). De twee 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 (rechtsboven in Figuur 18, $R^2=0,90$). 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 twee hoger vermelde wegsegmenten op de R1 (op plaatsen 2 en 3 in ranking 1) vallen hier opnieuw ver terug. Bij deze vergelijking vinden we, 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 dat er weinig verschillen zijn in de top van de rangschikking (onderaan in Figuur 18, $R^2=0,80$). 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.

4 Ranking op basis van subsegmenten (risicomodel 4 en 5)

In die hoofdstuk worden twee risicomodellen opgemaakt voor subsegmenten. Model 4 is opnieuw een basismodel en bevat enkel lengte en intensiteit (in de vorm van een kubische polynoom in de exponent) als verklarende variabelen. In model 5 worden allerlei bijkomende variabelen gebruikt die het model complexer maken. Achtereenvolgens worden de databronnen, de ranking o.b.v. de werkelijke ongevallen, het risicomodel en de rankings o.b.v. de verwachte ongevallen besproken.

4.1 Databronnen

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. Voor de opmaak van het model werd gebruik gemaakt van volgende data, aangeleverd door het Verkeerscentrum¹¹:

- Gelokaliseerde ongevallen 2008-2010, gelinkt aan subsegmenten
- Bestand van wegsegmenten, op het niveau van subsegmenten
- Verkeersintensiteiten, op het niveau van segmenten (idem aan databron voor de ranking op basis van segmenten, zie paragraaf 3.1).

4.1.1 Ongevallen 2008-2010 op autosnelwegen

Het aangeleverde ongevallenbestand telt voor de periode 2008-2010 in totaal 5.582 ongevallen op autosnelwegen in Vlaanderen. Deze ongevallen zijn gelinkt aan de subsegmenten gehanteerd binnen het Verkeerscentrum. Alle gegevens uit het Verkeersongevallenformulier (VOF) zijn hieraan toegevoegd zodat op een eenvoudige manier ook specifieke ongevalentypes kunnen gelinkt worden aan de subsegmenten voor de opbouw van meer specifieke risicomodellen. Door de ongevallen te sommeren per subsegment wordt het aantal ongevallen per subsegment bepaald.

4.1.2 Wegsegmenten op het niveau van subsegmenten

Het wegsegmentenbestand, afkomstig van het Verkeerscentrum, bevat informatie over 7.673 wegsegmenten (op het niveau van subsegmenten) die (hoofdzakelijk) deel uitmaken van het hoofdwegenet. Deze subsegmenten kwamen tot stand door segmenten onder te verdelen in subsegmenten van maximaal 750 m. Segmenten die groter zijn, worden onderverdeeld in subsegmenten van 500 m. Het bestand bevat, naast een identificatieveld voor het subsegment en een omschrijving van het wegvak (door het wegnummer, de rijrichting (via ident8) en het begin- en eindpunt (hectometerpalen) van het subsegment) tevens informatie over de toestand van het wegdek, het verhardingstype, het aantal (berijdbare) rijstroken, de aanwezigheid van een portiek voor dynamische rijstrooksignalisatie, een pechstrook, een busstrook of gearceerde rijstroken en de afstand tot het vorige en volgende knooppunt.

Volgende variabelen zijn opgenomen:

- SD_ID: identificatieveld subsegment (gebruikt als linkveld)
- IDENT8: wegnummer inclusief rijrichting
- BEGIN_KMP en EIND_KMP: begin- respectievelijk einde van het subsegment
- Lengte: bepaald als het verschil tussen begin- en eindpunt

¹¹In het kader van dit rapport werden nog een aantal andere risicomodellen opgebouwd op basis van het segmentenbestand van het Verkeerscentrum dat verder opgedeeld werd in functie van de ligging ten opzichte van de opeenvolgende knopen (plaatsen waar segmenten samenkomen). Deze modellen worden weergegeven in bijlage.

- SG_ID: identificatieveld wegsegment waarvan het subsegment deel uitmaakt (gebruikt voor de koppeling met de intensiteitsgegevens)
- Ongeval_ID: identificatieveld van het ongeval (gebruikt voor het bepalen van het aantal ongevallen per subsegment)
- Alle ongevallendata (niet gebruikt in deze studie, maar inzetbaar om specifieke risicomodellen op te bouwen voor specifieke ongevaltypes)
- RSS_portiek: geeft aan of er op het subsegment een portiek staat met rijstrooksignalisatie
- INDEX_GLOB0: indexwaarde voor globale toestand wegdek (per jaar)
- INDEX_DWCC0: indexwaarde voor stroefheid (per jaar)
- INDEX_SPRD0: indexwaarde voor spoorvorming (per jaar)
- verh: verhardingstype (asfalt of beton)
- tot_n_rstr: totaal aantal rijstroken
- n_berijdb_rstr: aantal berijdbare rijstroken
- n_in_uitvoegstr: aantal in- en uitvoegstroken
- n_pechstr: pechstroken
- n_busstr: busstroken
- n_spitsstr: spitsstroken
- n_gearc_rijstr: gearceerde rijstroken
- afstand_1: afstand in m tot het vorige complex (in rijrichting)
- afstand_2: afstand in m tot het volgende complex.

4.1.3 Verkeersintensiteiten

Ondanks dat dit hoofdstuk een ranking maakt op het niveau van subsegmenten, is er enkel intensiteitsdata voor hand op het niveau van segmenten. Hiervoor wordt dezelfde databron gebruikt als bij de ranking op het niveau van segmenten. Hiervoor verwijzen we naar paragraaf 3.1.2.

4.2 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 in Access per jaar gesommeerd over de overeenkomstige subsegmenten. Subsegmenten waarop geen ongevallen gebeurden worden toegevoegd waarbij het aantal ongevallen logischerwijze op 0 wordt gezet.

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 7504 records (beperkt tot subsegmenten op de doorlopende wegvakken van het TEN-T netwerk) met de eerder vermelde informatie over de subsegmenten. Door de toename van het aantal meetpunten bevat het bestand meer records voor de meer recente jaren (Tabel 23).

Tabel 23: Verdeling records per jaar in databestand

Jaar	Aantal records
2008	1837
2009	2411
2010	3256

Over 3265 subsegmenten is informatie beschikbaar voor minstens 1 jaar. Meer bepaald zijn er 854 segmenten waar alle nodige informatie beschikbaar is voor 1 jaar, 583 subsegmenten met info over 2 jaar en 1828 subsegmenten met info over 3 jaar. Het bestand dat op deze manier wordt opgebouwd zal dienen als input voor de opmaak van het risicomodel.

4.3 Beschrijving data uit databestand

4.3.1 Lengte wegsegment

In Tabel 24 wordt de verdeling van de lengte van de 3265 subsegmenten in kwantielen weergegeven. De gemiddelde lengte bedraagt 390 m, met een standaard afwijking van 185 m. 25% van de records betreft segmenten die korter zijn dan 261 m, terwijl in 5% van de records de subsegmenten langer zijn dan 628 m.

Tabel 24: Verdeling lengte van subsegmenten in databestand

Percent	Subsegmentlengte
5%	69 m
10%	122 m
25%	261 m
50%	458 m
75%	503 m
90%	543 m
95%	628 m

4.3.2 Voertuigintensiteit

In Tabel 25 wordt de verdeling van het aantal voertuigen op de subsegmenten in de 7504 records in kwantielen weergegeven. De gemiddelde dagelijkse voertuigintensiteit bedraagt 36.608, met een standaard afwijking van 20.362. 25% van de records betreft subsegmenten die minder dan 21.229 voertuigen tellen, terwijl in 5% van de records de subsegmenten meer dan 71.136 voertuigen te verwerken krijgen.

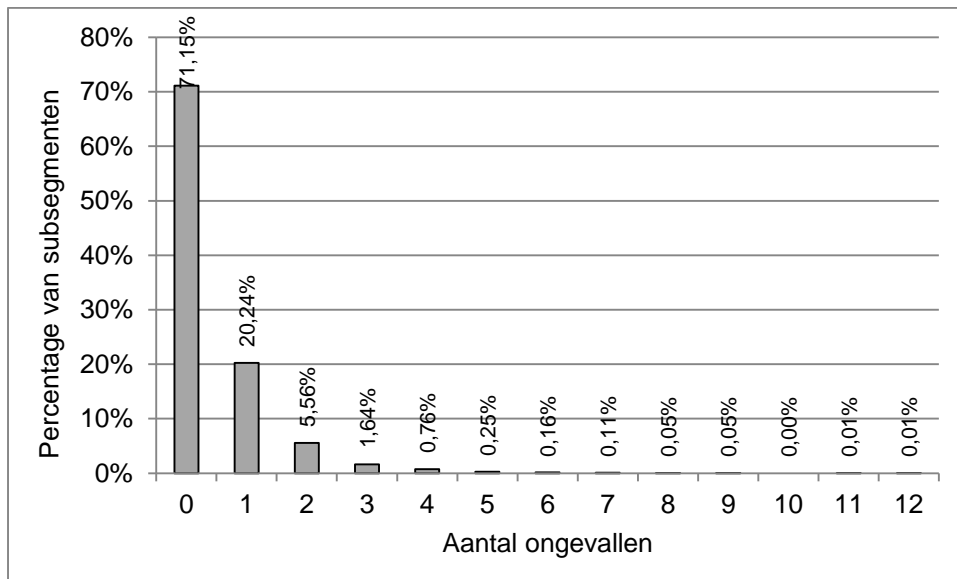
Tabel 25: Verdeling voertuigintensiteit in databestand

Percent	Voertuigen/dag
5%	11.154
10%	12.807
25%	21.229
50%	32.199
75%	50.666
90%	62.886
95%	71.136

4.3.3 Aantal ongevallen

Gemiddeld gebeuren er 0,43 ongevallen per jaar per subsegment, met een standaard afwijking van 0,89. Aangezien de standaard afwijking groter is dan het gemiddelde zal een negatief-binomiaal verdeling aangewezen zijn bij de opmaak van het model¹². Ongeveer 71% van de records betreft segmenten waarop dat jaar geen ongevallen gebeurden (Figuur 19). In 20% van de records vinden we één ongeval terug en in 6% twee ongevallen.

¹² 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.



Figuur 19: Verdeling aantal ongevallen over subsegmenten

4.4 Ranking o.b.v. werkelijke ongevallen op subsegmenten

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. Aangezien niet alle subsegmenten even lang noch even druk zijn, worden, om hiervoor te corrigeren, rankings opgebouwd op basis van de ongevallendensiteit (het aantal ongevallen per km weglengte) en op basis van het ongevalsrisico (het aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer). Waar er in paragraaf 0 nog een ranking gemaakt werd o.b.v. ongevallenaantallen, zal er in deze paragraaf onmiddellijk gecorrigeerd worden voor de lengte of intensiteit op het subsegment.

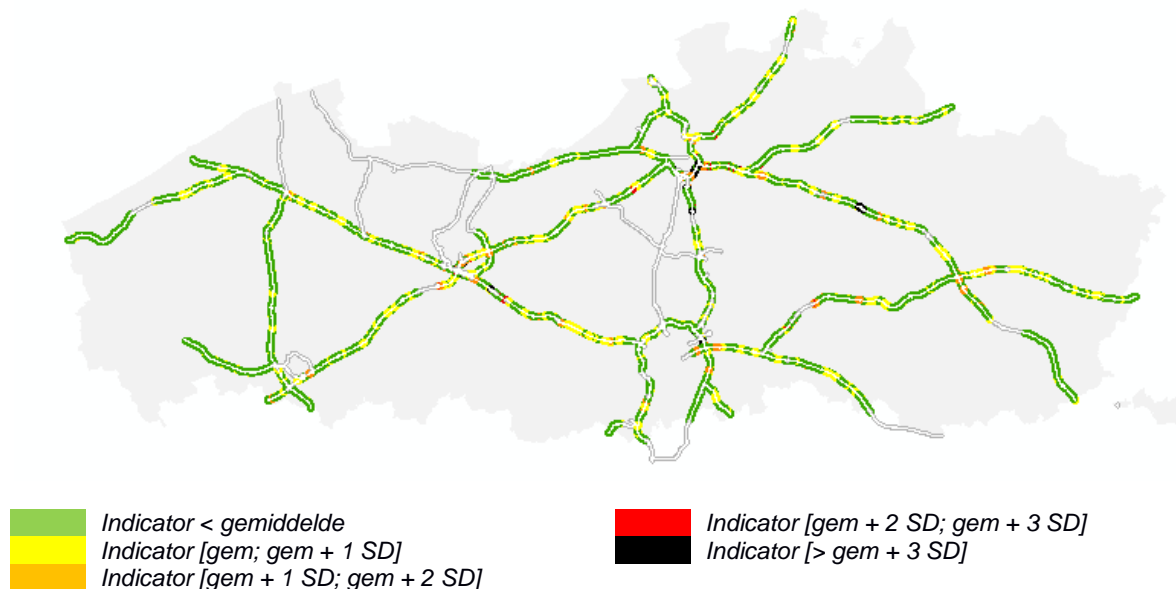
Telkens wordt een overzichtskaart gegeven waarop de segmenten van het wegennet worden ingekleurd naargelang de waarde van de indicator. Groene wegsegmenten zijn hierbij veiliger dan gemiddeld, terwijl de overige kleuren een groter aantal ongevallen dan gemiddeld weergeven. De zwarte segmenten geven hierbij 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 (SD) errond.

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 50 wegsegmenten die de hoogste waarde voor de besproken indicator weergeven.

4.4.1 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en –risico (o.b.v. werkelijke 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 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.

A. Ranking o.b.v. ongevallendensiteit



Figuur 20: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen)

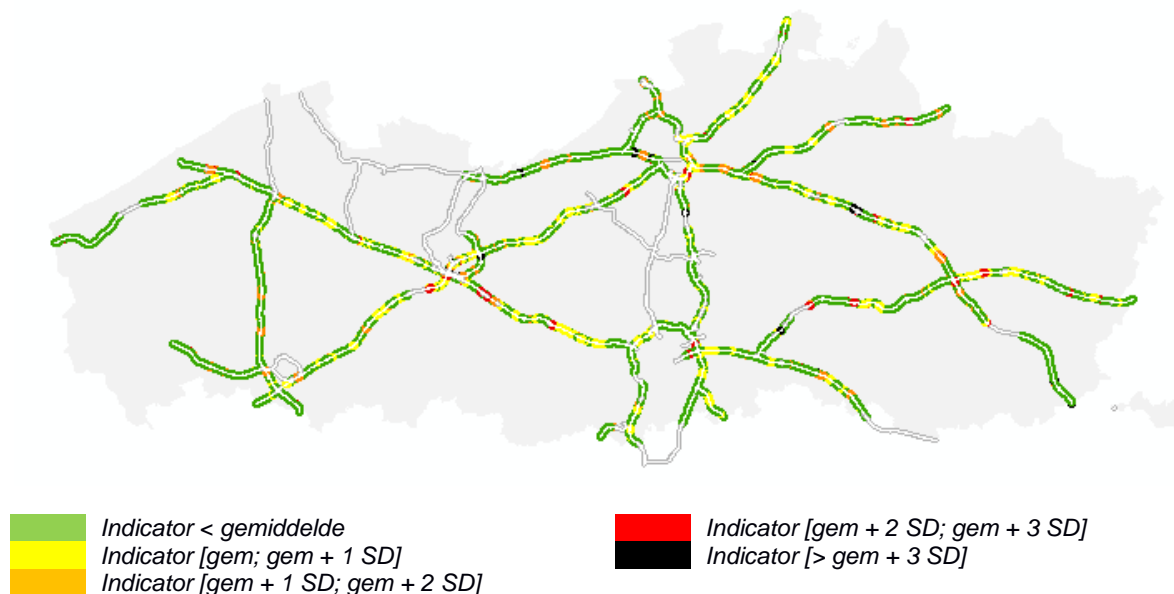
De ongevallendensiteit wordt berekend als het totale aantal geregistreerde ongevallen in de periode 2008-2010 gedeeld door de weglengte in km. Dit geeft volgende prioriteitenlijst (Tabel 26). 26 van de 50 segmenten bevinden zich langs de Antwerpse Ring (R1 & R2), terwijl zes van de locaties ter hoogte van een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar terug te vinden zijn.

Tabel 26: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. geregistreerde ongevallen)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	73,2
2	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	51,3
3	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	47,6
4	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	34,5
5	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	33,3
6	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	31,3
7	R0010002	8,421	7,980	Berchem tot Borgerhout	27,2
8	A0130002	14,223	14,181	Complex Massenhoven	23,8
9	R0010001	7,880	8,137	Borgerhout tot Berchem	23,3
10	A0100002	44,828	44,699	Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	23,3
11	R0010001	7,663	7,880	Borgerhout tot Berchem	23,0
12	A0030001	16,481	16,525	Complex Bertem	22,7
13	R0010002	4,894	4,850	Deurne tot Merksem	22,7
14	R0010002	9,429	9,031	Berchem tot Borgerhout	22,6
15	A0130001	36,52	36,610	Geel-West tot Geel-Oost	22,2
16	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	21,4

17	R0010002	13,348	13,300	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	20,8
18	R0010001	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	20,0
19	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	19,6
20	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	19,2
21	R0010001	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem	19,1
22	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	19,1
23	A0030001	5,268	5,322	Complex Kraainem	18,5
24	R0000002	31,596	31,373	Zaventem tot Zaventem-Henneaulaan	17,9
25	R0010001	9,050	9,106	Borgerhout tot Berchem	17,9
26	A0130001	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	17,7
27	A0130002	35,870	35,398	Geel-West tot Herentals-Oost	16,9
28	R0000002	31,000	30,941	Zaventem-Henneau tot St.-Stevens-Woluwe	16,9
29	A0100002	82,721	82,601	Brugge tot Oostkamp	16,7
30	A0100001	84,878	84,94	Complex Loppem	16,1
31	A0140002	51,972	51,724	Gentbrugge tot Gent-Centrum	16,1
32	R0020002	88,192	88,127	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo	15,4
33	R0000001	25,654	26,055	Tervuren-4 Armen tot Wezembeek-Oppem	15,0
34	A0140001	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	14,9
35	A0100001	49,798	50,001	St.-Denijs-Westrem tot parking Drongen	14,8
36	A0140001	99,701	99,977	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	14,5
37	R0010001	7,593	7,663	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	14,3
38	R0010002	7,104	7,034	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	14,3
39	A0010001	32,229	32,443	UZA tot Wilrijk	14,0
40	R0010001	1,122	1,336	Antwerpen-Noord tot Merksem	14,0
41	R0010002	9,031	8,958	Berchem tot Borgerhout	13,7
42	A0030001	16,332	16,481	Complex Bertem	13,4
43	R0010001	14,234	14,384	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	13,3
44	R0010002	6,397	6,169	Knoop Antwerpen-Oost	13,2
45	R0010002	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	13,2
46	A0140001	85,986	86,140	St.-Niklaas-Centrum tot Haasdonk	13,0
47	A0130001	0,800	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	12,9
48	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	12,8
49	A0100001	35,587	35,744	Wetteren tot Merelbeke	12,7
50	A0130001	8,650	8,729	Parking Ranst tot Ranst	12,7

B. Ranking o.b.v. ongevalsrisico



Figuur 21: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. geregistreeerde ongevallen)

Het ongevalsrisico wordt berekend aan de hand van het aantal ongevallen, de weglengte en de verkeersintensiteit via $Ong/(l/100.000 \cdot L)$. De prioriteitenlijst o.b.v. deze indicator wordt gegeven in Tabel 27. De Antwerpse Ring (R1 & R2) is in deze ranking nog vertegenwoordigd met tien subsegmenten. Daarnaast komt de A13 (E34 en E313) ook tien maal voor in de top 50. Acht van de 50 hoogst gerankte subsegmenten bevinden zich t.h.v. een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar.

Tabel 27: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. geregistreeerde ongevallen)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0020002	88,192	88,127	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo	133,1
2	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	113,5
3	A0130002	14,223	14,181	Complex Massenhoven	84,7
4	A0130001	36,520	36,61	Geel-West tot Geel-Oost	80,5
5	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	72,1
6	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	68,8
7	A0030001	5,268	5,322	Complex Kraainem	63,0
8	A0130002	35,870	35,398	Geel-West tot Herentals-Oost	57,5
9	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	50,9
10	N0490001	33,998	34,524	Moerbeke tot Zelzate-Oost	50,0
11	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	49,8
12	A0100001	84,878	84,940	Complex Loppem	48,8
13	R0040001	19,799	19,923	tot Destelbergen-Centrum	46,7
14	N0490001	29,500	29,873	Kemzeke tot Moerbeke	41,4
15	A0140001	49,759	50,220	Knoop Gent-Centrum	41,4
16	A0130001	36,025	36,520	Herentals-Oost tot Geel-West	41,3
17	A0100002	82,721	82,601	Brugge tot Oostkamp	40,9
18	A0030001	16,481	16,525	Complex Bertem	40,7
19	A0130001	35,941	36,025	Herentals-Oost tot Geel-West	40,5
20	A0020001	14,541	15,048	Complex Genk-Oost	39,9

21	R0020002	88,096	87,879	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo	39,9
22	N0490002	1,462	1,366	Waaslandhaven-Oost tot St.-Anna/Linkeroever	39,1
23	A0130002	73,626	73,384	Hasselt-Zuid tot Hasselt-West	36,2
24	A0100002	44,828	44,699	Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	36,2
25	R0040001	20,296	20,610	Destelbergen-Centrum tot Destelbergen	35,5
26	A0210001	13,876	14,353	Oelegem tot Zoersel	35,4
27	A0130001	35,600	35,890	Herentals-Oost tot Geel-West	35,2
28	A0130001	93,827	94,327	Bilzen/Hoeselt tot Tongeren	34,2
29	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	34,1
30	A0120002	46,861	46,637	Stabroek tot Antwerpen-Haven	32,4
31	R0000002	67,380	67,193	Complex Halle	31,8
32	A0140002	50,049	49,906	Knoop Gent-Centrum	31,7
33	A0100001	49,798	50,001	St.-Denijs-Westrem tot parking Drongen	31,5
34	R0040002	22,182	21,984	Laarne tot Destelbergen	31,4
35	A0120002	42,316	41,828	Poldervliet tot Leugenberg	31,3
36	A0030001	3,673	3,861		31,1
37	A0140002	51,972	51,724	Gentbrugge tot Gent-Centrum	30,5
38	N0490001	6,505	6,650	Melsele tot Beveren	30,5
39	R0010002	4,894	4,850	Deurne tot Merksem	30,4
40	R0010002	13,348	13,300	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	30,1
41	A0130001	99,838	100,173	Tongeren tot Boirs	29,9
42	R0000001	25,654	26,055	Tervuren-4 Armen tot Wezembeek-Oppem	29,9
43	A0140001	85,986	86,140	St.-Niklaas-Centrum tot Haasdonk	29,7
44	A0120002	47,106	46,861	Stabroek tot Antwerpen-Haven	29,6
45	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	28,2
46	A0140001	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	28,1
47	A0210002	51,116	50,849	Grens NL tot Retie	27,7
48	A0130001	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	27,5
49	A0140001	99,701	99,977	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	27,3
50	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	27,0

4.4.2 Bespreking

We merken aanzienlijke verschillen tussen de verschillende rankings. In totaal zijn er 74 verschillende subsegmenten opgenomen in beide rankings. 26 subsegmenten komen voor in de top 50 van beide rankings. De ranking op basis van ongevallendensiteit telt maar liefst 26 subsegmenten gelegen op de Antwerpse Ring. In de ranking op basis van het ongevalsrisico, waar ook gecorrigeerd wordt voor de verkeersdruk, zijn dat er nog negen. De ranking op basis van ongevalsrisico levert ook subsegmenten op die meer gespreid zijn over meerdere autosnelwegen.

De gemiddelde lengte van de subsegmenten uit de top 50 op basis van ongevallendensiteit bedraagt 166m. De gemiddelde lengte van de 50 gevaarlijkste wegvakken op basis van ongevalsrisico zijn iets langer met 222m. Voor de gemiddelde intensiteit zien we een duidelijke verschuiving naar lagere gemiddelde intensiteit wanneer we uitgaan van het risico als indicator (35830 voertuigen per dag) in plaats van de ongevallendensiteit (72543 voertuigen per dag).

4.5 Ranking o.b.v. verwachte ongevallen op subsegmenten m.b.v. een basis risicomodel (model 4)

In dit hoofdstuk worden opnieuw een aantal rangschikkingen van gevaarlijke wegsegmenten opgebouwd. Waar in het vorige hoofdstuk gewerkt werd met de naïevere aanpak op basis van het aantal geregistreerde ongevallen, worden in dit hoofdstuk een aantal maten berekend op basis van de verwachte ongevallenaantallen. De Empirical Bayes methodiek die hiervoor gebruikt wordt, maakt gebruik van het werkelijke aantal ongevallen en het normale aantal ongevallen (zie Figuur 5). Voor de subsegmenten worden twee risicomodellen opgemaakt waarbij het aantal verklarende variabelen toeneemt. In deze paragraaf wordt het basis risicomodel (model 4) besproken, terwijl het uitgebreidere model (model 5) in paragraaf 4.6 wordt behandeld.

4.5.1 Opmaak basis risicomodel voor subsegmenten (model 4)

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. Net zoals in paragraaf 3.5.1 een basismodel werd opgemaakt voor segmenten (model 1), wordt er hier een basismodel voor subsegmenten (model 5) opgesteld. Dergelijk model beschrijft het aantal ongevallen in functie van een aantal verklarende variabelen. Het basismodel 4a kan algemeen geschreven worden als volgt (Elvik, 2007):

$$\mu = \alpha * L^\beta * I^\gamma * e^{\delta T} \quad (5: \text{model 4a})$$

Hierin is I het jaargemiddelde aantal voertuigen dat per dag over het wegsegment rijdt. L is de lengte van het wegsegment. T vertegenwoordigt dan de overige variabele(n). α , β , γ en δ zijn de regressiecoëfficiënten die berekend worden in het statistische programma SAS Enterprise Guide 4.

In Tabel 28 worden de parameterwaarden voor de coëfficiënten α , β en γ gegeven voor het basismodel (basisvorm (4a), waarbij enkel I en L worden opgenomen als verklarende variabele), samen met een aantal modelparameters die gebruikt worden voor de beoordeling van de kwaliteit van het model. Net zoals in het basismodel voor segmenten blijkt de coëfficiënt δ niet significant te verschillen van 0 waardoor enkel de intensiteit en lengte worden meegenomen in het model.

We vinden dat het aantal ongevallen minder dan evenredig toeneemt met de lengte van het wegsegment (macht kleiner dan 1), maar meer dan evenredig met de verkeersintensiteit (macht groter dan 1).

Tabel 28: Modelresultaten voor model 4a

Modelparameter	Waarde	p-waarde	95%-BI
$\ln(\alpha)$	-18,3841	<0,0001	[-19,4829 - -17,2852]
β	0,7850	<0,0001	[0,7080 – 0,8621]
γ	1,2297	<0,0001	[1,1463 – 1,3130]
overdispersie	0,6859		[0,5772 – 0,7945]
Log Likelihood	-4969,6269		

De macht die gevonden wordt bij de voertuigintensiteit in risicomodel 4a bedraagt 1,23. Voor autosnelwegen in Oostenrijk respectievelijk Portugal werden waarden gevonden van 1,05 respectievelijk 0,92 (Eenink et al, 2008). De voor Vlaanderen gevonden waarde ligt dus iets hoger. Ook een eerdere toepassing op het Vlaamse autosnelwegennet (Van Geirt en Nuyts, 2005) gaf reeds iets hogere waarden.

In het vorige hoofdstuk (zie paragraaf 3.6) werd reeds een alternatieve functievorm bestudeerd voor de voertuigintensiteit omdat deze beter aansloot bij de data. Ook op basis van de hier gebruikte dataset voor subsegmenten bleek een kubische polynoom in de exponent een betere aansluiting bij de data te bewerkstelligen¹³. Het aantal ongevallen kan dan als volgt beschreven worden (opnieuw worden enkel I en L als verklarende variabelen opgenomen):

$$\mu = \alpha * L^\beta * e^{(\gamma * I + \delta * I^2 + \varepsilon * I^3)} \quad (6: \text{model 4b})$$

In Tabel 29 worden de parameterwaarden voor de coëfficiënten α , β , γ , δ en ε gegeven voor het basismodel (basisvorm (6), waarbij enkel I ¹⁴ en L worden opgenomen als verklarende variabele), samen met een aantal modelparameters die gebruikt worden voor de beoordeling van de kwaliteit van het model.

De parameter β is sterk vergelijkbaar met deze die we vonden in het klassieke model (model 4a). Het aantal ongevallen neemt dus opnieuw minder dan evenredig toe met de lengte van het wegsegment. De invloed van de voertuigintensiteit is moeilijker te vergelijken door de verschillende functievorm die gehanteerd werd. We vinden bij lage voertuigintensiteiten een meer dan evenredige toename van het aantal ongevallen bij toenemende intensiteit. Bij hogere intensiteiten zwakt deze toename af om min of meer constant te blijven. Bij zeer hoge intensiteiten vinden we opnieuw een sterke toename van het aantal ongevallen.

Tabel 29: Modelresultaten voor model 4b

Modelparameter	Waarde	p-waarde	95%-BI
$\ln(\alpha)$	-7,9658	<0,0001	[-8,5155 – -7,4160]
β	0,7856	<0,0001	[0,7062 – 0,8649]
γ	1,1680	<0,0001	[0,9650 – 1,3710]
δ	-0,1589	<0,0001	[-0,1965 – -0,1214]
ε	0,0079	<0,0001	[0,0060 – 0,0099]
overdispersie	0,6072		[0,5013 – 0,7132]
Log Likelihood	-4937,6752		

Het risicomodel 4b vormt de basis voor de ranking van de subsegmenten in paragraaf 4.5.3 en 4.5.4.

4.5.2 Rankings – inleiding

In de volgende paragrafen wordt opnieuw een aantal rangschikkingen van gevaarlijke wegsegmenten opgebouwd. Waar in paragraaf 4.4 gewerkt werd met de naïeve aanpak op basis van het aantal geregistreerde ongevallen, worden in deze paragraaf een aantal maten berekend op basis van de verwachte ongevalaantallen. De ongevallensiteit (het verwachte aantal ongevallen per weglengte) en het ongevalsrisico (het verwachte aantal ongevallen per voertuigkilometer) corrigeren voor de lengte van de wegsegmenten en – in het geval van het ongevalsrisico – ook voor de verkeersintensiteit. Als dusdanig vormen zij rankings die toespitsen op de verschillen in verkeersveiligheid die niet (rechtstreeks) te wijten zijn aan blootstelling. Verder wordt, vergelijkbaar met paragraaf 3.5, ook het potentieel voor verbetering berekend voor de subsegmenten.

¹³ De berekende 'log likelihood' neemt toe van -4969,6269 in model (4a) naar -4937,6752 in model (4b). Dit is een toename met ongeveer 32 eenheden voor de kost van 2 extra modelparameters.

¹⁴ In dit geval wordt I uitgedrukt in 10.000 voertuigen per dag.

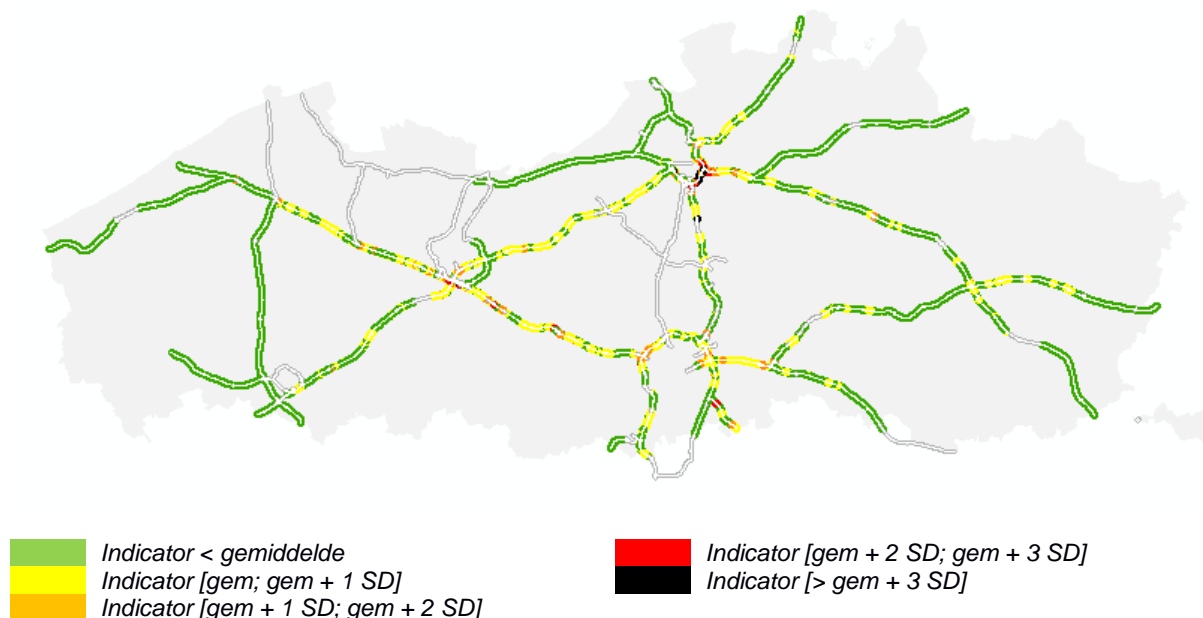
Bij de ranking van subsegmenten gebruikt wordt gemaakt van de intensiteitendatabank op het niveau van segmenten. Aangezien het meetnet momenteel volop wordt uitgebouwd zullen de intensiteitsgegevens voor sommige subsegmenten geschat worden aan de hand van de waarde van 2011 voor dat segment en een gemiddelde jaarlijkse groeifactor. Meer toelicht kan in paragraaf 3.5.2 worden teruggevonden. Door deze toepassing wordt het aantal segmenten dat in de screening wordt opgenomen uitgebreid tot 728 segmenten (die opgedeeld zijn in 3745 subsegmenten) en omvat bijna het volledige snelwegennet.

In deze paragraaf worden de subsegmenten van het Vlaamse autosnelwegennet dus opeenvolgend gerangschikt op basis van drie verschillende indicatoren: ongevallendensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering. Telkens wordt een overzichtskaart en –tabel gegeven. De overzichtstabel bevat de 50 subsegmenten die de hoogste waarde voor de besproken indicator hebben.

4.5.3 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en –risico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 4b)

A. Ranking o.b.v. ongevallendensiteit

De ranking volgens de ongevallendensiteit wordt weergegeven in Figuur 22.



Figuur 22: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b)

In Tabel 30 worden de 50 subsegmenten weergegeven met de hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen). Maar liefst 33 van de 50 hoogst gerangschikte subsegmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen (R1 & R2). Daarnaast bevinden zich telkens vier subsegmenten van de A10 (E40), A13 (E34 en E313) en R0 (Brusselse buitenring) in deze top 50.

Tabel 30: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	119,1
2	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	104,7
3	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	80,7
4	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	71,2
5	R0010002	8,421	7,980	Berchem tot Borgerhout	62,6

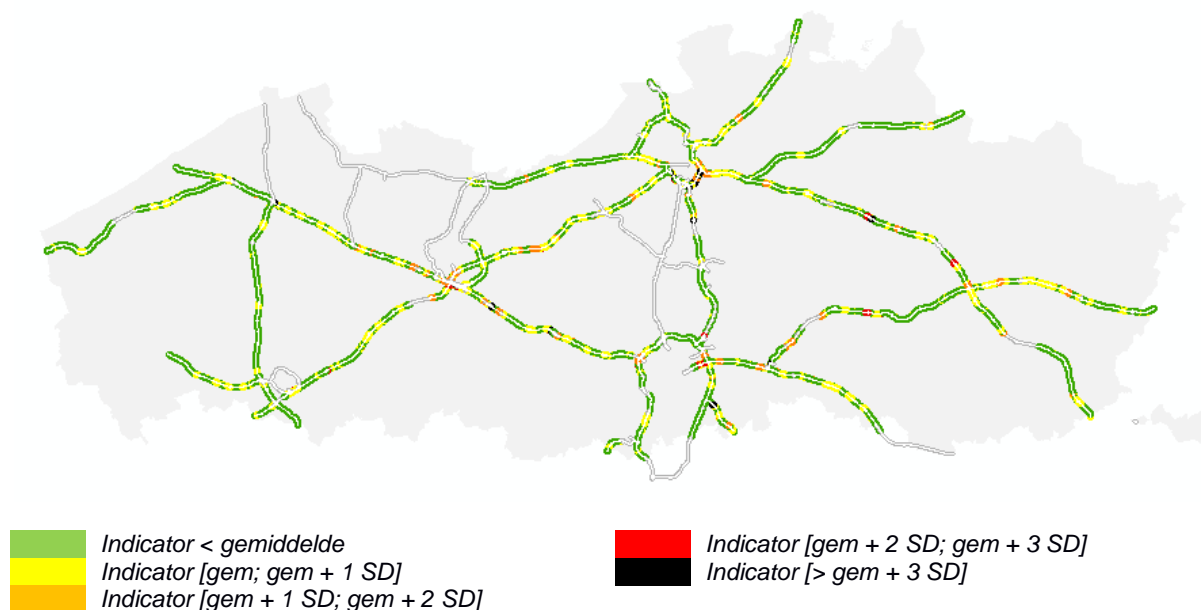
6	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	61,7
7	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	57,6
8	R0010002	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	55,2
9	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	49,3
10	R0010002	9,429	9,031	Berchem tot Borgerhout	46,8
11	R0010002	7,980	7,865	Berchem tot Borgerhout	44,0
12	R0010002	8,958	8,529	Berchem tot Borgerhout	43,4
13	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	42,8
14	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	41,7
15	R0010001	9,477	9,590	Berchem tot Antwerpen-Zuid	39,4
16	R0010001	9,050	9,106	Borgerhout tot Berchem	36,9
17	R0010001	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	36,6
18	A0100001	43,307	43,347	Merebeke tot Zwijnaarde	35,0
19	R0010001	7,880	8,137	Borgerhout tot Berchem	34,9
20	R0010002	4,894	4,850	Deurne tot Merksem	34,5
21	A0010002	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	32,1
22	A0010002	34,502	34,457	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	31,4
23	R0010001	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum	30,4
24	R0010002	14,929	14,792	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	30,2
25	R0010002	7,865	7,586	Berchem tot Borgerhout	30,0
26	R0010002	9,031	8,958	Berchem tot Borgerhout	29,8
27	R0010002	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	28,9
28	A0100002	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters	28,9
29	R0010001	14,486	14,514	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	28,5
30	R0010001	8,531	9,050	Borgerhout tot Berchem	27,4
31	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	27,3
32	R0010001	7,593	7,663	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	26,9
33	A0100002	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde	26,6
34	R0000002	31,000	30,941	Zaventem-Henneauln tot St.-Stevens-Woluwe	26,6
35	R0000001	46,484	46,602	UZ Jette tot Groot-Bijgaarden	26,1
36	A0130001	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	25,1
37	R0010001	7,663	7,880	Borgerhout tot Berchem	24,5
38	A0130002	14,223	14,181	complex Massenhoven	24,3
39	A0100001	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drongen	23,6
40	R0010002	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	23,2
41	R0010001	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem	22,9
42	R0010001	1,122	1,336	Antwerpen-Noord tot Merksem	22,8
43	A0130002	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost	22,4
44	A0130001	0,800	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	21,7
45	R0000002	52,730	52,695	Dilbeek tot Anderlecht-Moortebeek-S. Dupuisln	21,4
46	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	21,4
47	R0010001	9,590	9,953	Berchem tot Antwerpen-Zuid	20,2
48	R0010002	7,379	7,104	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	19,9
49	R0000001	50,054	50,300	Groot-Bijgaarden-Dansaertlaan tot Astridlaan	19,4
50	A0020001	85,880	86,027	Leuven tot Heverlee	19,4

Bij een vergelijking van de top 50 rankings uit Tabel 26 (o.b.v. geregistreerde ongevallen) en Tabel 30 (o.b.v. verwachte ongevallen) blijkt dat 29 van de 50 subsegmenten in beide tabellen voorkomen. In de ranking o.b.v. verwachte ongevallen komen meer subsegmenten voor die deel uitmaken van de Antwerpse Ring dan in de overeenkomstige ranking o.b.v. werkelijke ongevallen. Anderzijds zijn er minder subsegmenten die deel uitmaken van een complex/verkeerswisselaar terug te vinden in de ranking o.b.v. verwachte ongevallen.

De rankings o.b.v. verwachte ongevallen leveren ook gemiddeld dikkere subsegmenten op. Waar de gemiddelde voertuigintensiteit van de 50 gevaarlijkste subsegmenten o.b.v. de werkelijke ongevallendensiteit 72.543 voertuigen per dag bedroeg, vinden we hier een gemiddelde voertuigintensiteit van 84.833 voertuigen per dag.

B. Ranking o.b.v. ongevalsrisico

De ranking volgens de ongevalsrisico wordt weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b)

In Tabel 31 worden de 50 subsegmenten weergegeven met de hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen). 24 van de 50 hoogst gerangschikte subsegmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen (R1 & R2), wat iets minder is dan bij de rangschikking via ongevallendensiteit. Daarnaast komen er 5 subsegmenten in de top 50 voor die deel uitmaken van de A10 (E40). Er bevinden zich ook 4 subsegmenten in de top 50 van de A1 (E19) en A14 (E17).

Tabel 31: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen) (model 4b)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	151,4
2	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	113,5
3	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	101,8
4	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	86,7
5	A0130002	14,223	14,181	complex Massenhoven	86,6
6	R0020001	88,096	88,127	Lillo tot Kanaaldok B1-B2	77,9
7	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	76,6
8	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	67,8

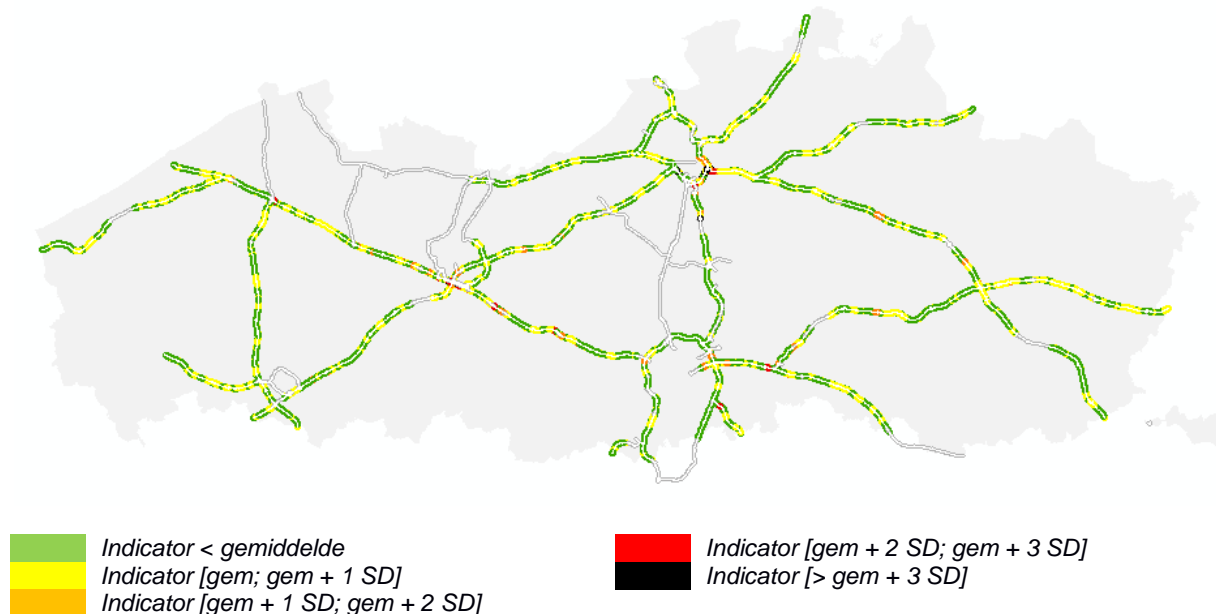
9	A0100001	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde	66,4
10	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	60,2
11	A0010002	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	58,0
12	A0010002	34,502	34,457	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	56,7
13	A0140001	49,720	49,759	knoop Gent-Centrum	55,2
14	R0020001	88,642	88,688	Kanaaldok B1-B2 tot Antwerpen-Haven	54,0
15	R0010002	8,421	7,980	Berchem tot Borgerhout	50,9
16	A0100001	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drongen	50,3
17	A0020001	85,880	86,027	Leuven tot Heverlee	49,5
18	A0100002	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters	49,1
19	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	48,7
20	A0040002	6,409	6,297	. tot Jezus-Eik	48,3
21	R0010002	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	47,2
22	N0490001	40,339	40,445	Zelzate-Oost tot Zelzate-West	46,4
23	R0010002	4,894	4,850	Deurne tot Merksem	46,2
24	R0010001	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum	46,2
25	A0170002	65,928	65,880	Brugge tot Ruddervoorde	45,8
26	R0010002	14,929	14,792	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	43,7
27	A0140002	49,906	49,738	knoop Gent-Centrum	42,0
28	R0010002	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	41,8
29	R0000002	52,730	52,695	Dilbeek tot Anderlecht-Moortebeek-S. Dupuisln	41,8
30	A0100002	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde	41,4
31	A0130001	36,520	36,610	Geel-West tot Geel-Oost	41,0
32	R0010001	14,486	14,514	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	40,1
33	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	39,5
34	A0130001	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	39,1
35	A0100001	92,566	92,711	Jabbeke/De Haan tot Jabbeke	38,9
36	A0020002	83,910	83,862	Gasthuisberg tot Winksele	38,8
37	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	38,2
38	R0010001	9,477	9,590	Berchem tot Antwerpen-Zuid	38,2
39	R0010002	9,429	9,031	Berchem tot Borgerhout	38,1
40	A0030001	5,268	5,322	complex Kraainem	38,0
41	R0020002	88,192	88,127	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo	37,6
42	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	36,6
43	R0020001	88,127	88,191	Lillo tot Kanaaldok B1-B2	36,5
44	A0140001	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	36,3
45	A0010002	18,167	18,074	complex Mechelen-Noord	36,1
46	R0010002	7,980	7,865	Berchem tot Borgerhout	35,8
47	R0000001	47,199	47,248	knoop Groot-Bijgaarden	35,6
48	R0010002	8,958	8,529	Berchem tot Borgerhout	35,4
49	N0490002	1,366	1,307	Waaslandhaven-Oost tot St. Anna/Linkeroever	35,3
50	R0000001	25,654	26,055	Tervuren-4 Armen tot Wezembeek-Oppem	35,1

De rankings o.b.v. het ongevalsrisico (Tabel 27 voor werkelijke ongevallen en Tabel 31 voor verwachte ongevallen) vertonen echter grotere verschillen. Slechts 17 van de 50 subsegmenten komen in beide tabellen voor. Ook hier vinden we op basis van de verwachte ongevallen meer subsegmenten op de Antwerpse Ring dan we vonden op basis van de werkelijke ongevallen en minder subsegmenten die deel uitmaken van een complex/verkeerswisselaar.

Opnieuw leveren de rankings op basis van verwachte ongevallen drukkere subsegmenten op in de top 50. Op de 50 subsegmenten met het hoogste ongevalsrisico o.b.v. werkelijke ongevallen bedroeg de gemiddelde intensiteit 35.830 voertuigen per dag terwijl dit o.b.v. verwachte ongevallen bijna dubbel to hoog lag (60.009 voertuigen per dag).

4.5.4 Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (o.b.v. verwachte ongevallen; model 4b)

Het potentieel voor verbetering wordt hier opnieuw genormaliseerd naar de lengte van het wegsegment. Dit levert onderstaande overzichtskaart op.



Figuur 24: Ranking volgens potentieel voor verbetering per km (model 4b)

In Tabel 32 worden de 50 subsegmenten weergegeven met het hoogste potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid per km weg. Opnieuw vinden we 22 van de 50 hoogst gerangschikte segmenten terug op de Ring rond Antwerpen. Wanneer ook de aansluiting van de E34 (A13) en de E17 (A14) op deze ring mee in rekening worden gebracht, blijkt dat de zuidelijke zijde van Antwerpen de nodige aandacht verdient. Verder bevinden zich ook 6 subsegmenten op de Brusselse ring.

Tabel 32: Top 50 subsegmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid (model 4b)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	92,7
2	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	83,8
3	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	70,6
4	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	52,4
5	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	40,9
6	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	33,7
7	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	30,6
8	A0100001	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde	26,3
9	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	25,8
10	R0010002	8,421	7,98	Berchem tot Borgerhout	24,7
11	R0010002	4,894	4,85	Deurne tot Merksem	23,8
12	A0010002	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	23,4

13	A0010002	34,502	34,457	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	22,7
14	R0010002	14,929	14,792	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	22,2
15	R0010002	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	20,8
16	R0010001	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum	20,7
17	A0100002	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters	20,6
18	A0130002	14,223	14,181	complex Massenhoven	20,1
19	R0010001	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid	19,8
20	R0010002	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	19,1
21	A0100002	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde	18,9
22	A0100001	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drogen	18,0
23	R0010001	14,486	14,514	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	17,0
24	A0130001	0,687	0,8	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	16,9
25	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	16,1
26	R0000001	46,484	46,602	UZ Jette tot Groot-Bijgaarden	16,0
27	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	15,8
28	R0000002	31,000	30,941	Zaventem-Henneauln tot St.- Stevens-Woluwe	15,7
29	A0130001	0,800	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	15,6
30	R0010002	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	15,4
31	R0010001	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	15,3
32	R0010001	1,122	1,336	Antwerpen-Noord tot Merksem	15,2
33	R0010001	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem	14,8
34	A0020001	85,880	86,027	Leuven tot Heverlee	14,5
35	A0140001	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	13,1
36	R0000002	52,730	52,695	Dilbeek tot Anderlecht-Moortebeek-S. Dupuisln	12,7
37	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	12,6
38	R0000001	25,654	26,055	Tervuren-4 Armen tot Wezembeek-Oppem	12,6
39	R0000001	50,054	50,3	Groot-Bijgaarden - Dansaertlaan tot Astridlaan	12,6
40	A0040002	6,409	6,297	. tot Jezus-Eik	11,9
41	A0100001	33,892	34,074	Erpe-Mere tot parking Wetteren	11,8
42	A0030001	16,332	16,481	complex Bertem	11,8
43	A0130002	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost	11,7
44	R0000001	30,518	30,744	St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneauln	11,2
45	A0100001	20,145	20,372	Aalst tot Erpe-Mere	11,1
46	A0130001	3,031	3,232	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	10,4
47	R0010001	6,477	6,599	knoop Antwerpen-Oost	10,2
48	A0130002	9,152	9,111	Ranst tot Parking Ranst	9,8
49	R0000001	31,302	31,47	Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem	9,8
50	A0100002	46,316	46,059	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters	9,5

4.5.5 Vergelijking rankings (model 4b)

In de voorgaande paragrafen werden 3745 subsegmenten gerangschikt volgens drie indicatoren o.b.v. het verwacht aantal ongevallen en een basis risicomodel (model 4): ongevallendensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering (per km weglengte). Wanneer we ons beperken tot de top 50 van gevaarlijkste subsegmenten vinden we 29 subsegmenten terug in elk van de drie rankings (zie Tabel 33). Zeventien daarvan zijn gelegen langs de R1 (Ring rond Antwerpen) en vier langs de A10 (E40).

Tabel 33: 29 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R1, richting 1	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem
	9,286	9,406	
	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid
	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum
	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
	13,471	13,523	
14,486	14,514		
R1, richting 2	4,894	4,85	Deurne tot Merksem
	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	6,722	6,569	
	7,034	6,722	
	8,421	7,98	Berchem tot Borgerhout
	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
	14,405	14,384	
	14,514	14,485	
	14,929	14,792	
15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	
A1 (E19), richting 1	27,553	27,635	Kontich tot UZA
A1 (E19), richting 2	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk
	34,502	34,457	
A10, richting 1	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde
	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drogen
A10 (E40), richting 2	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde
	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters
A13 (E34), richting 1	0,687	0,8	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
A13 (E313), richting 2	14,223	14,181	complex Massenhoven
A14 (E17), richting 1	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge
A2 (E314), richting 1	85,880	86,027	Leuven tot Heverlee
R0, richting 2	52,730	52,695	Dilbeek tot Anderlecht-Moorbeek-S. Dupuisln

Tabel 34 toont de 15 subsegmenten die terugkomen in twee van de drie top 50 rankings. Hierbij is de Antwerpse Ring opnieuw prominent aanwezig met 7 subsegmenten.

Tabel 34: 15 subsegmenten die in twee van de drie top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R0, richting 1	25,654	26,055	Tervuren-4 Armen tot Wezembeek-Oppem
	46,484	46,602	UZ Jette tot Groot-Bijgaarden
	50,054	50,300	Groot-Bijgaarden-Dansaertlaan tot Astridlaan
R0, richting 2	31,000	30,941	Zaventem-Henneauln tot St.-Stevens-Woluwe
R1, richting 1	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem
	1,122	1,336	
	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
R1, richting 2	7,980	7,865	Berchem tot Borgerhout
	8,958	8,529	
	9,429	9,031	

	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
A4 (E411), richting 2	6,409	6,297	. tot Jezus-Eik
A13 (E34), richting 1	0,800	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
A13 (E34), richting 2	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost
A14 (E17), richting 1	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West

De 33 subsegmenten die slechts eenmalig voorkomen in de drie top 50 tabellen zijn in Tabel 35 opgelijst. Opnieuw springt de Antwerpse Ring (R1 & R2) in het oog met 14 subsegmenten.

Tabel 35: 33 subsegmenten die in één van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R0, richting 1	30,518	30,744	St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneauln
	31,302	31,47	Zaventem-Henneaulaan tot Zaventem
	47,199	47,248	knoop Groot-Bijgaarden
R1, richting 1	6,477	6,599	knoop Antwerpen-Oost
	7,593	7,663	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
	7,663	7,880	Borgerhout tot Berchem
	7,880	8,137	
	8,531	9,050	
	9,050	9,106	
9,590	9,953	Berchem tot Antwerpen-Zuid	
R1, richting 2	7,379	7,104	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	7,865	7,586	Berchem tot Borgerhout
	9,031	8,958	
R2, richting 1	88,096	88,127	Lillo tot Kanaaldok B1-B2
	88,127	88,191	
	88,642	88,688	Kanaaldok B1-B2 tot Antwerpen-Haven
R2, richting 2	88,192	88,127	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo
A1 (E19), richting 2	18,167	18,074	complex Mechelen-Noord
A2 (E314), richting 2	83,910	83,862	Gasthuisberg tot Winksele
A3 (E40), richting 1	5,268	5,322	complex Kraainem
	16,332	16,481	complex Bertem
A10 (E40), richting 1	20,145	20,372	Aalst tot Erpe-Mere
	33,892	34,074	Erpe-Mere tot parking Wetteren
	92,566	92,711	Jabbeke/De Haan tot Jabbeke
A10 (E40), richting 2	46,316	46,059	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters
A13 (E34 en E313), richting 1	3,031	3,232	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
	36,520	36,610	Geel-West tot Geel-Oost
A13 (E34), richting 2	9,152	9,111	Ranst tot Parking Ranst
A14 (E17), richting 1	49,720	49,759	knoop Gent-Centrum
A14 (E17), richting 2	49,906	49,738	knoop Gent-Centrum
A17 (E403), richting 2	65,928	65,880	Brugge tot Ruddervoorde
N49, richting 1	40,339	40,445	Zelzate-Oost tot Zelzate-West
N49, richting 2	1,366	1,307	Waeslandhaven-Oost tot St. Anna/Linkeroever

4.6 Invloed van bijkomende modelvariabelen op de rankings (model 5)

Om het effect van het toevoegen van bijkomende modelvariabelen op de ranking van gevaarlijke wegsegmenten, werd naast de eenvoudige modellen (model 4a en 4b in paragraaf 4.5.1) ook een meer uitgebreid model opgesteld. Op basis van dit uitgebreidere model zullen opnieuw rankings worden opgesteld voor de subsegmenten.

4.6.1 Opmaak risicomodel met bijkomende modelvariabelen voor subsegmenten (model 5)

Naast segmentlengte en voertuigintensiteit zorgen ook de variabelen vrachtwagenintensiteit (Z), jaar (2008-2010), verhardingstype ($verh$), aantal berijdbare rijstroken (brs), aanwezigheid van pech- en busstrook (pech respectievelijk bus), de aanwezigheid van een portiek ($portiek$), de indexwaarde voor SPRD (onderdeel van de toestand van het wegdek, meer bepaald de spoor- of trapvorming) voor een significante verbetering van de modelfit (verbeterde AIC-waarde). De modelparameters worden weergegeven in Tabel 36.

$$\mu = \alpha * L^\beta * Z^\zeta * e^{(\gamma * I + \delta * I^2 + \varepsilon * I^3)} * C_{jaar} * C_{verh} * C_{brs} * C_{pech} * C_{bus} * C_{portiek} * C_{sprd} \quad (7: \text{model 5})$$

Het effect van lengte en voertuigintensiteit ligt in lijn met de bevindingen uit de eerdere, eenvoudige modellen. Het aantal vrachtwagens Z heeft een eerder beperkte invloed. Bij een verdubbeling van het aantal vrachtwagens vinden we een toename van het aantal ongevallen met 7% ($2^{0,1003}$). In 2008 telden we gemiddeld meer ongevallen dan in 2010 (hoewel het verschil niet significant is op het 95%-niveau (95%-betrouwbaarheidsinterval bevat de waarde 1), in 2009 ligt het aantal ongevallen dan weer iets lager dan in 2010 (hoewel het verschil nu helemaal niet significant is). Wanneer we naar het verhardingstype kijken zien we dat op wegsegmenten van beton er minder ongevallen gebeuren dan op wegvakken die met asfalt zijn aangelegd. Dit heeft niet noodzakelijk te maken met het materiaal op zich, maar kan bijvoorbeeld ook beïnvloed worden door de omstandigheden waarin deze materialen gebruikt worden.

Hoewel ook intensiteit is opgenomen in het model zien we dat toch ook het aantal berijdbare rijstroken een significante invloed heeft op het aantal ongevallen. Naarmate het aantal rijstroken toeneemt, neemt immers ook het aantal ongevallen toe, zelfs als gecorrigeerd wordt voor intensiteit. Op een autosnelweg met twee rijstroken gebeuren maar $2/3^e$ van het aantal ongevallen dat optreedt bij vier rijstroken (wanneer alle andere variabelen ongewijzigd blijven).

De aanwezigheid van pech- of busstroken heeft eveneens een invloed. Wanneer geen pechstrook aanwezig is zien we meer ongevallen.¹⁵ We vinden eveneens meer ongevallen op wegvakken zonder busstrook. Ook de aanwezigheid van portieken voor rijstrooksignalisatie hebben een invloed. Waar ze niet aanwezig zijn gebeuren minder ongevallen. Men zou natuurlijk ook kunnen zeggen dat dergelijke portieken vooral geplaatst worden op gevaarlijke wegvakken. Een risicomodel geeft immers slechts een verband weer tussen het aantal ongevallen en een kenmerk, en dus niet noodzakelijk iets zegt over de oorzakelijkheid van het verband.

¹⁵ De parameterwaarden vertonen wel een grote onzekerheid. Niettemin zorgt de aanwezigheid van deze variabele voor een beter model. Volgens een Type 3 analyse is de variabele 'pech' dan ook significant.

Een laatste variabele is de indexwaarde voor sprd. Deze geeft een indicatie over de kwaliteit van het wegdek, meer bepaald de spoorvorming¹⁶. Het kleinste aantal ongevallen zien we op wegvakken waar deze index 3 (“behoorlijk”) bedraagt. Wanneer de index 4 (“normaal”) bedraagt vinden we dan weer een verhoogd ongevalaantal (t.o.v. de referentiesituatie waar de index 5 (“uitstekend”) bedraagt).

Tabel 36: Modelresultaten voor model 5

Modelparameter	Waarde	95%-BI
$\ln(\alpha)$	-8,6804	[-10,2970 – -7,0637]
β	0,8772	[0,7924 – 0,9621]
γ	1,0456	[0,8273 – 1,2640]
δ	-0,1598	[-0,1990 – -0,1207]
ϵ	0,0084	[0,0063 – 0,0104]
ζ	0,1003	[-0,0020 – 0,2027]
$C_{\text{jaar}=2008}$	1,1008	[0,9949 – 1,2179]
$C_{\text{jaar}=2009}$	0,9620	[0,8746 – 1,0583]
$C_{\text{jaar}=2010}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{verh=ONB}}$	0,9325	[0,5951 – 1,4611]
$C_{\text{verh=beton}}$	0,8012	[0,7101 – 0,9041]
$C_{\text{verh=asfalt}}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{brs}=2}$	0,5885	[0,4679 – 0,7402]
$C_{\text{brs}=3}$	0,7997	[0,6572 – 0,9731]
$C_{\text{brs}=4}$	0,8913	[0,7367 – 1,0784]
$C_{\text{brs=AND/ONB}}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{pech=geen}}$	1,3157	[0,3527 – 4,9082]
$C_{\text{pech=wel}}$	0,9755	[0,2599 – 3,6612]
$C_{\text{pech=?}}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{bus=geen}}$	1,5130	[1,1692 – 1,9580]
$C_{\text{bus=wel}}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{bus=?}}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{portiek=geen}}$	0,6381	[0,5489 – 0,7417]
$C_{\text{portiek=wel}}$	1	referentiewaarde
$C_{\text{sprd}=1}$	1,0868	[0,6929 – 1,7045]
$C_{\text{sprd}=2}$	1,0150	[0,7259 – 1,4192]
$C_{\text{sprd}=3}$	0,8923	[0,7294 – 1,0914]
$C_{\text{sprd}=4}$	1,1636	[1,0282 – 1,3169]
$C_{\text{sprd}=5}$	1	referentiewaarde
overdispersie	0,5275	[0,4266 – 0,6283]
Log Likelihood	-4882,6899	

¹⁶ De index voor de spoorvorming varieert van onvoldoende (index 1) tot uitstekend (index 5), met tussenin gebrekkig (index 2), behoorlijk (index 3) en normaal (index 4).

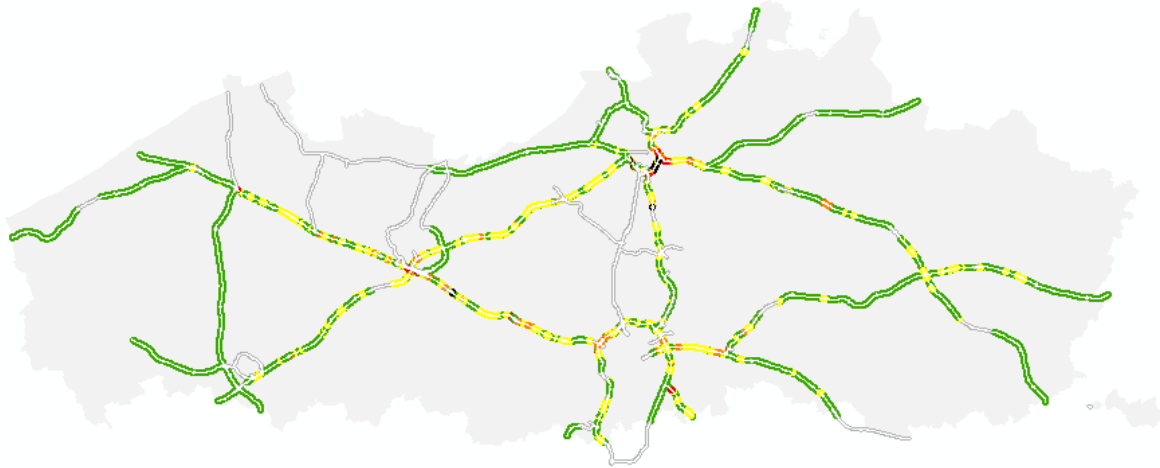
4.6.2 Rankings – inleiding

Op basis van dit uitgebreidere model zullen opnieuw rankings worden opgesteld voor de subsegmenten o.b.v. de ongevallendensiteit, het ongevalsrisico en het potentieel voor verbetering (per km weglengte). Net zoals in paragraaf 3.5.2 en 4.5.2 wordt besproken, werd een groeifactor gebruikt om de ontbrekende instensiteitsgegevens te schatten.

4.6.3 Rankings o.b.v. ongevallendensiteit en –risico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5)

A. Ongevallendensiteit

In Tabel 37 worden de 50 wegssegmenten weergegeven met de hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. het verwacht aantal ongevallen). Maar liefst 34 van de 50 hoogst gerangschikte segmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen. Slechts één van de locaties bevindt zich ter hoogte van een op- of afrittencomplex of een verkeerswisselaar.



Figuur 25: Ranking volgens ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5)

Tabel 37: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevallendensiteit (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5)

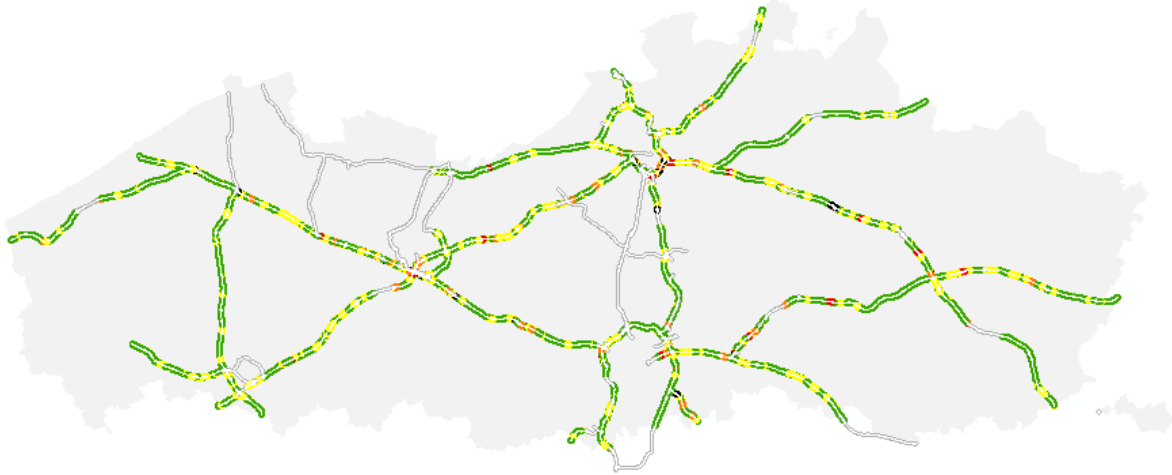
Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	125,7
2	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	100,2
3	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	87,2
4	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	68,9
5	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	66,5
6	R0010002	8,421	7,98	Berchem tot Borgerhout	65,4
7	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	60,1
8	R0010002	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	56,2
9	R0010002	9,429	9,031	Berchem tot Borgerhout	49,0
10	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	46,3
11	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	43,7
12	R0010002	7,98	7,865	Berchem tot Borgerhout	43,5
13	R0010002	8,958	8,529	Berchem tot Borgerhout	43,4
14	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	42,2
15	R0010001	9,05	9,106	Borgerhout tot Berchem	37,5

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
16	R0010001	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	37,0
17	R0010002	4,894	4,85	Deurne tot Merksem	36,7
18	R0010001	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid	36,3
19	R0010001	7,88	8,137	Borgerhout tot Berchem	34,7
20	A0100001	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde	33,0
21	R0010002	14,929	14,792	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	33,0
22	R0010001	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum	30,3
23	R0010002	7,865	7,586	Berchem tot Borgerhout	30,1
24	R0010002	9,031	8,958	Berchem tot Borgerhout	29,7
25	A0100002	44,828	44,699	Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde	29,4
26	R0010001	14,486	14,514	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	28,6
27	R0010002	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	28,3
28	A0010002	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	28,0
29	A0130001	0,687	0,8	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	27,4
30	A0010002	34,502	34,457	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	27,4
31	A0100002	46,059	45,986	St.-Denijs-Westrem tot Gent-St.-Pieters	27,1
32	R0010001	8,531	9,05	Borgerhout tot Berchem	27,0
33	A0130001	0,8	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	26,7
34	R0010001	7,593	7,663	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	25,3
35	R0010002	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	24,9
36	R0010001	7,663	7,88	Borgerhout tot Berchem	24,6
37	R0000001	46,484	46,602	UZ Jette tot Groot-Bijgaarden	24,5
38	A0130002	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost	24,4
39	R0010001	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem	24,4
40	R0000002	31	30,941	Zaventem-Henneau tot St.-Stevens-Woluwe	23,2
41	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	23,1
42	A0100001	49,798	50,001	St.-Denijs-Westrem tot parking Drogen	22,8
43	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	22,8
44	A0140001	99,5	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	22,7
45	R0010002	7,379	7,104	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	21,3
46	R0010001	6,477	6,599	Knoop Antwerpen-Oost	20,6
47	R0010001	1,122	1,336	Antwerpen-Noord tot Merksem	20,4
48	A0100001	33,892	34,074	Erpe-Mere tot parking Wetteren	20,0
49	A0130001	3,031	3,232	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	20,0
50	R0010001	9,59	9,953	Berchem tot Antwerpen-Zuid	19,7

B. Ongevalsrisico

In Tabel 38 worden de 50 wegssegmenten weergegeven met het hoogste ongevalsrisico¹⁷ (o.b.v. het verwacht aantal ongevallen). 26 van de 50 subsegmenten zijn gesitueerd op de Antwerpse Ring. Bovendien zijn de subsegmenten verspreid over een groter aantal autosnelwegen. Drie van de 50 hoogst gerangschikte segmenten zijn gesitueerd ter hoogte van een op- of afrittencomplex of een verkeerswisselaar.

¹⁷ Het ongevalsrisico wordt berekend per 100.000 voertuigen als verwacht aantal ongevallen/(lengte*intensiteit/100.000).



Figuur 26: Ranking volgens ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5)

Tabel 38: Top 50 subsegmenten met hoogste ongevalsrisico (o.b.v. verwachte ongevallen)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	144,9
2	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	122,6
3	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	107,4
4	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	93,5
5	R0020001	88,096	88,127	Lillo tot Kanaaldok B1-B2	73,8
6	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	71,9
7	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	71,2
8	A0130002	14,223	14,181	Complex Massenhoven	68,6
9	A0100001	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde	62,8
10	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	58,2
11	R0020001	88,642	88,688	Kanaaldok B1-B2 tot Antwerpen-Haven	55,0
12	R0010002	8,421	7,98	Berchem tot Borgerhout	53,2
13	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	50,8
14	A0010002	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	50,6
15	A0130001	36,52	36,61	Geel-West tot Geel-Oost	49,8
16	A0010002	34,502	34,457	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	49,5
17	R0010002	4,894	4,85	Deurne tot Merksem	49,2
18	A0100001	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot Parking Drogenen	48,6
19	A0020001	85,88	86,027	Leuven tot Heverlee	48,4
20	R0010002	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	48,0
21	R0010002	14,929	14,792	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	47,7
22	R0010001	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum	46,1
23	A0100002	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters	45,9
24	A0100002	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde	45,8
25	A0170002	65,928	65,88	Brugge tot Ruddervoorde	43,7
26	N0490001	40,339	40,445	Zelzate-Oost tot Zelzate-West	43,4
27	A0140001	99,5	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	42,8
28	A0130001	0,687	0,8	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	42,6
29	A0040002	6,409	6,297	tot Jezus-Eik	42,4
30	A0130001	0,8	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	41,6

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
31	A0140001	49,72	49,759	Knoop Gent-Centrum	40,9
32	R0010002	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	40,9
33	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	40,7
34	R0010001	14,486	14,514	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	40,2
35	R0010002	9,429	9,031	Berchem tot Borgerhout	39,9
36	A0100001	92,566	92,711	Jabbeke/De Haan tot Jabbeke	38,9
37	A0100001	33,892	34,074	Erpe - Mere tot Parking Wetteren	38,1
38	R0020001	88,127	88,191	Lillo tot Kanaaldok B1-B2	38,0
39	A0100002	82,932	82,721	Brugge tot Oostkamp	37,8
40	R0020002	88,192	88,127	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo	37,4
41	A0130001	60,803	61,359	Beringen tot Lummen	37,2
42	A0100002	50,931	50,798	Drongen tot Parking Drongen	36,2
43	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	36,1
44	R0010002	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	36,1
45	A0100001	84,878	84,94	Complex Loppem	36,0
46	R0010002	7,98	7,865	Berchem tot Borgerhout	35,4
47	R0010002	8,958	8,529	Berchem tot Borgerhout	35,3
48	A0130002	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost	35,2
49	R0010001	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid	35,1
50	R0010001	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	35,0

4.6.4 Vergelijking met rankings op basis van werkelijke ongevalaantallen (o.b.v. verwachte ongevallen; model 5)

Bij een vergelijking van de top-50 rankings uit Tabel 37 en Tabel 26 (beide op basis van ongevallendensiteit) merken we dat we ook hier een redelijke overeenstemming hebben. 29 van de 50 hoogst gerangschikte subsegmenten op basis van verwachte ongevallen vinden we ook terug in de top 50 op basis van werkelijke ongevallen. In de ranking op basis van de verwachte ongevallendensiteit komen meer subsegmenten voor die deel uitmaken van de Antwerpse Ring dan in de overeenkomstige ranking op basis van werkelijke ongevallen. Anderzijds zijn er minder segmenten die deel uitmaken van een complex/verkeerswisselaar terug te vinden.

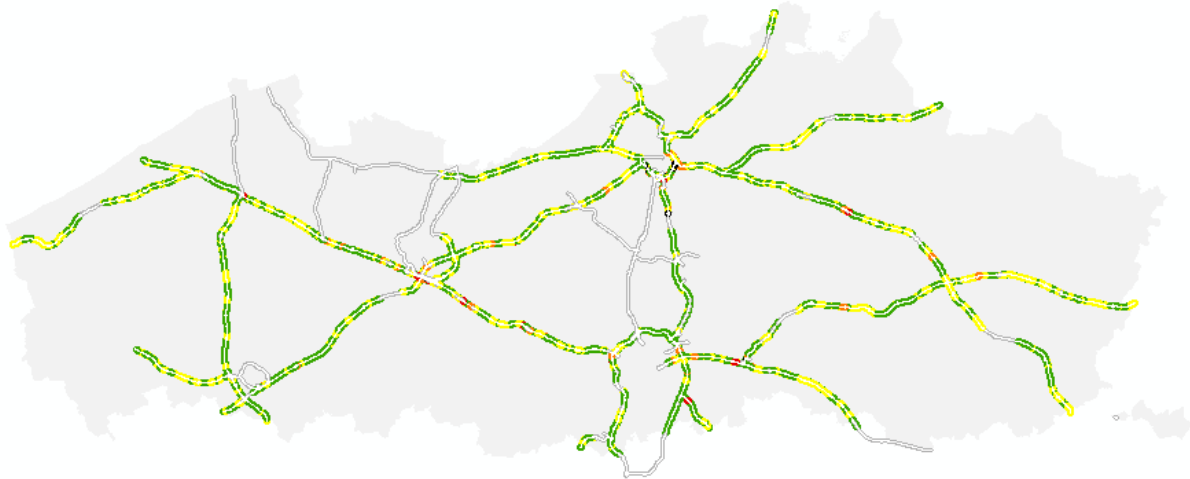
Beide rankings o.b.v. het ongevalsrisico (uitgedrukt per voertuigkm) (Tabel 38 en Tabel 27) vertonen grotere verschillen. Slechts 16 van de 50 segmenten komen in beide tabellen voor. Ook hier vinden we op basis van de verwachte ongevallen meer subsegmenten op de Antwerpse Ring dan we vonden op basis van werkelijke ongevallen en minder segmenten die deel uitmaken van een complex/verkeerswisselaar.

De rankings op basis van verwachte ongevallen leveren ook gemiddeld drukkere autosnelwegsegmenten op. Waar de gemiddelde voertuigintensiteit van de 50 gevaarlijkste segmenten op basis van de werkelijke ongevallendensiteit 72.543 voertuigen per dag bedroeg, vinden we hier een gemiddelde voertuigintensiteit van 86.032 voertuigen per dag. Ook op basis van het ongevalsrisico vinden we drukkere segmenten: 35.830 voertuigen per dag op basis van werkelijke aantallen tegenover 62.982 voertuigen per dag op basis van verwachte aantallen.

4.6.5 Ranking o.b.v. potentieel voor verbetering (model 5)

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. Het potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid wordt hier berekend als het verschil tussen het verwachte ongevallenaantal (de Empirical Bayes schatting waarbij gebruik gemaakt wordt van het gedetailleerde risicomodel) en de modelschatting (opnieuw op basis van het gedetailleerde risicomodel). Om de segmenten op een gelijkwaardige basis te beoordelen wordt opnieuw genormaliseerd naar de lengte van het wegsegment.

In Tabel 39 worden de 50 wegsegmenten weergegeven met het hoogste potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid per km weg. 21 van de 50 hoogst gerangschikte segmenten zijn terug te vinden op de Ring rond Antwerpen. Zes segmenten vinden we terug langs de Brusselse Ring, drie langs de A1 (E19), één langs de A2 (E314), twee langs de A3 (E40), één langs de A4 (E411), zeven langs de A10 (E40), zes langs de A13 (E34 en E313) en drie langs de A14 (E17). Slechts drie van de 50 segmenten zijn gesitueerd ter hoogte van een op- of afrittencomplex of verkeerswisselaar.



Figuur 27: Ranking volgens potentieel voor verbetering (model 5)

Tabel 39: Top 50 subsegmenten met hoogste potentieel voor verbetering verkeersveiligheid (model 5)

Rank	IDENT8	Van KM	Tot KM	Deel van	Score
1	R0010002	14,405	14,384	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	88,4
2	R0010001	13,471	13,523	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	71,3
3	R0010002	6,722	6,569	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	58,7
4	R0010001	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	54,0
5	A0010001	27,553	27,635	Kontich tot UZA	38,8
6	R0010001	9,286	9,406	Borgerhout tot Berchem	36,2
7	R0010002	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever	33,7
8	A0100001	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde	24,4
9	R0010002	4,894	4,85	Deurne tot Merksem	23,1
10	R0010002	14,929	14,792	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	22,0
11	R0010001	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid	21,4
12	A0010002	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	20,6
13	A0010002	34,502	34,457	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk	20,1

14	R0010001	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum	19,3
15	A0100002	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters	18,9
16	A0100002	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde	18,5
17	A0100001	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot Parking Drongen	17,1
18	R0010002	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	16,6
19	A0130002	14,223	14,181	Complex Massenhoven	16,2
20	A0130001	0,687	0,8	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	16,2
21	A0140001	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge	16,0
22	R0010002	14,514	14,485	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	15,9
23	R0010001	14,486	14,514	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever	15,7
24	A0130001	0,8	1,265	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	15,3
25	R0000002	31	30,941	Zaventem-Henneau tot St.-Stevens-Woluwe	15,0
26	R0000001	46,484	46,602	UZ Jette tot Groot-Bijgaarden	15,0
27	R0010002	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	14,7
28	R0010002	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	14,1
29	R0010001	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem	14,0
30	R0010001	1,122	1,336	Antwerpen-Noord tot Merksem	14,0
31	A0020001	85,88	86,027	Leuven tot Heverlee	13,9
32	R0010001	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem	13,2
33	R0010002	7,034	6,722	Borgerhout tot Antwerpen-Oost	13,2
34	A0140001	99,5	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West	12,9
35	R0010001	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	12,8
36	A0100001	33,892	34,074	Erpe - Mere tot Parking Wetteren	11,4
37	R0000001	50,054	50,3	Groot-Bijgaarden - Dansaertlaan tot Astridlaan	11,3
38	R0000002	52,73	52,695	Dilbeek tot Anderlecht-Moorbeek-Sylvain Dupuislaan	11,2
39	R0000001	25,654	26,055	Tervuren-4 Armen tot Wezembeek-Oppem	11,2
40	A0030001	16,332	16,481	Complex Bertem	11,1
41	A0040002	6,409	6,297	tot Jezus-Eik	10,5
42	A0100001	20,145	20,372	Aalst tot Erpe - Mere	10,3
43	R0000001	30,518	30,744	St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneaulaan	10,3
44	R0010001	7,593	7,663	Antwerpen-Oost tot Borgerhout	9,6
45	A0130001	3,031	3,232	Antwerpen-Oost tot Wommelgem	9,2
46	A0130002	9,152	9,111	Ranst tot Parking Ranst	9,2
47	A0100002	82,932	82,721	Brugge tot Oostkamp	9,0
48	A0140001	69,284	69,784	Parking Kalken tot Lokeren	9,0
49	A0030001	16,481	16,525	Complex Bertem	8,9
50	A0130002	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost	8,8

4.6.6 Vergelijking rankings (model 5)

In de voorgaande sectie werden 3.745 wegvakken gerangschikt volgens drie indicatoren: ongevallendensiteit, ongevalsrisico en potentieel voor verbetering (per km weglengte). Aangezien de weglengte een belangrijke rol speelt bij het bepalen van het aantal ongevallen, wensten we hiervoor te corrigeren in de verschillende indicatoren.

Wanneer we ons beperken tot de top 50 van gevaarlijke segmenten vinden we 30 segmenten terug in elk van de drie rankings. Zeventien daarvan zijn gelegen langs de R1, drie langs A1 (E19), vijf langs de A10 (E40), drie langs de A13 (E34 en E313) en twee langs de A14 (E17).

Tabel 40: 30 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R1, richting 1	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem
	9,286	9,406	
	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid
	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum
	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever
	13,471	13,523	
	14,486	14,514	
R1, richting 2	4,894	4,85	Deurne tot Merksem
	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	6,722	6,569	
	7,034	6,722	
	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
	14,384	14,232	
	14,405	14,384	
	14,929	14,792	
	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever
A1 (E19), richting 1	27,553	27,635	Kontich tot UZA
A1 (E19), richting 2	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk
	34,502	34,457	
A10 (E40), richting 1	33,892	34,074	Erpe-Mere to parking Wetteren
	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde
	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drogenen
A10 (E40), richting 2	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde
	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters
A13 (E34), richting 1	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
A13 (E34), richting 2	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost
A14 (E17), richting 1	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge
	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West

15 andere segmenten komen voor op twee verschillende rankings, waarvan twee langs de R0, acht langs de R1, twee langs de A13 (E34) en telkens één langs A2 (E314), A4 (E411) en A10 (E40).

Tabel 41: 15 subsegmenten die in twee van de drie top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R0, richting 1	46,484	46,602	UZ Jette tot Groot-Bijgaarden
R0, richting 2	31,000	30,941	Zaventem-Henneauln tot St.-Stevens-Woluwe
R1, richting 1	0,965	1,122	Antwerpen-Noord tot Merksem
	1,122	1,336	
	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
R1, richting 2	7,980	7,865	Berchem tot Borgerhout
	8,421	7,980	
	8,958	8,529	
	9,429	9,031	
	14,384	14,232	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum

A2 (E314), richting 2	14,223	14,181	Complex Massenhoven
A4 (E411), richting 2	6,409	6,297	. tot Jezus-Eik
A10 (E40), richting 2	82,932	82,721	Brugge tot Oostkamp
A13 (E34), richting 1	3,031	3,232	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
A13 (E313), richting 2	14,223	14,181	Complex Massenhoven

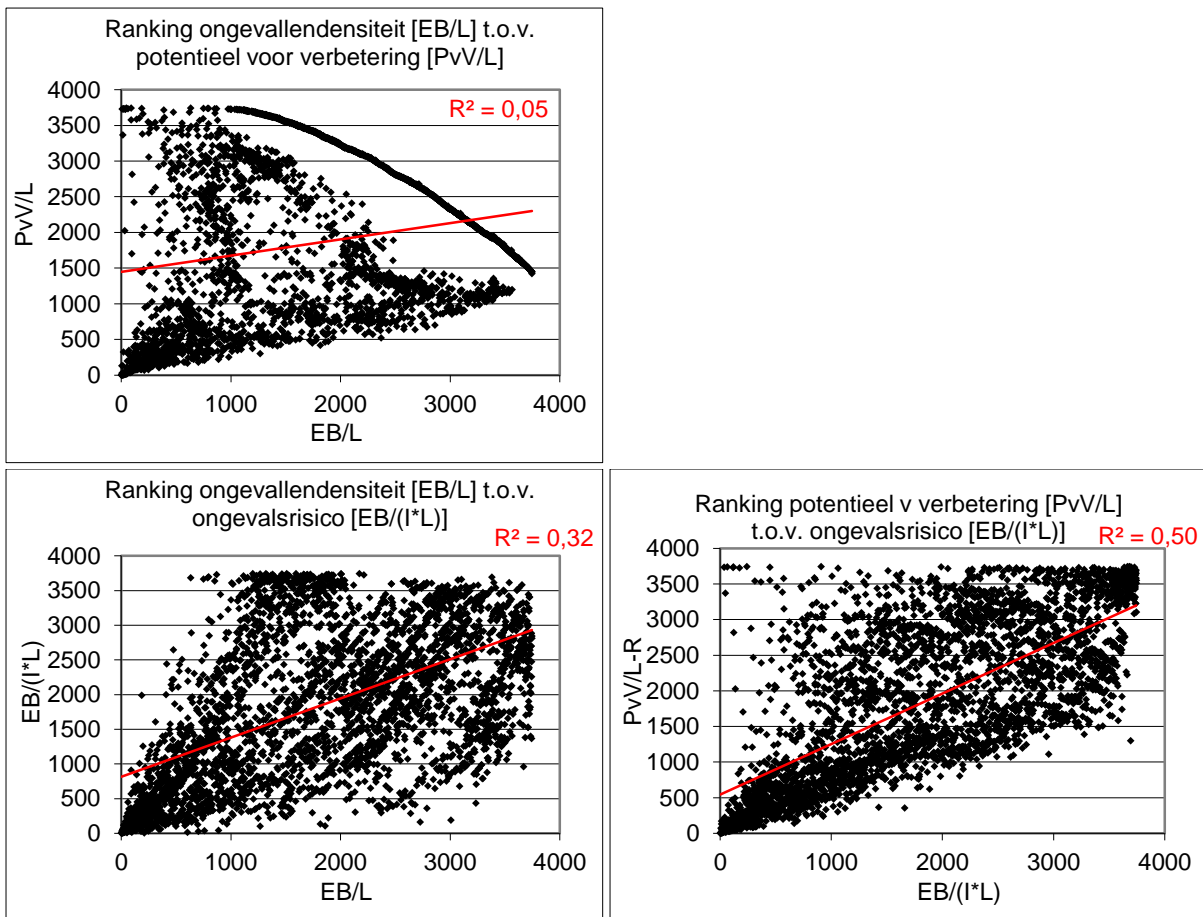
30 segmenten tenslotte komen voor op slechts één van de drie rankings. Opnieuw scoort de Antwerpse Ring hoog met negen subsegmenten op de R1 en vier op de R2. Op de Brusselse Ring (R0) noteren we vier subsegmenten. De overige gevaarlijke subsegmenten zijn verdeeld over verschillende andere autosnelwegen met vier segmenten op de A10 (E40), twee op de A3 (E40), drie op de A13 (E34 en E313), twee op de A14 (E17), één op de A17 (E403) en tenslotte één op de N49.

Tabel 42: 30 subsegmenten die in één van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 4b)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R0, richting 1	25,654	26,055	Tervuren – 4 Armen tot Wezembeek-Oppem
	30,518	30,744	St.-Stevens-Woluwe tot Zaventem-Henneauln
	50,054	50,300	Groot-Bijgaarden-Dansaertlaan tot Astridlaan
R0, richting 2	52,730	52,695	Dilbeek tot Anderlecht-Moortebeek-Sylvain Dupuislaan
R1, richting 1	6,477	6,599	knoop Antwerpen-Oost
	7,663	7,880	Borgerhout tot Berchem
	7,880	8,137	
	8,531	9,050	
	9,050	9,106	
9,590	9,953	Berchem tot Antwerpen-Zuid	
R1, richting 2	7,379	7,104	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	7,865	7,586	Berchem tot Borgerhout
	9,031	8,958	
R2, richting 1	88,096	88,127	Lillo tot Kanaaldok B1-B2
	88,127	88,191	
	88,642	88,688	Kanaaldok B1-B2 tot Antwerpen-Haven
R2, richting 2	88,192	88,127	Kanaaldok B1-B2 tot Lillo
A1 (E19), richting 2	18,167	18,074	complex Mechelen-Noord
A2 (E314), richting 2	83,910	83,862	Gasthuisberg tot Winksele
A3 (E40), richting 1	16,332	16,481	complex Bertem
	16,481	16,525	
A10 (E40), richting 1	20,145	20,372	Aalst tot Erpe-Mere
	84,878	84,940	Complex Loppem
	92,566	92,711	Jabbeke/De Haan tot Jabbeke
A10 (E40), richting 2	50,931	50,798	Drogen tot parking Drogen
A13 (E313), richting 1	36,520	36,610	Geel-West tot Geel-Oost
	60,803	61,359	Beringen tot Lummen
A13 (E34), richting 2	9,152	9,111	Ranst tot Parking Ranst
A14 (E17), richting 1	49,720	49,759	Knoop Gent-Centrum
	69,284	69,784	Parking Kalken tot Lokeren
A17 (E403), richting 2	65,928	65,880	Brugge tot Ruddervoorde
N49, richting 1	40,339	40,445	Zelzate-Oost tot Zelzate-West

In totaal komen in de drie verschillende rankings dus 75 verschillende wegsegmenten voor. De rankings o.b.v. ongevallendensiteit en ongevalsrisico hebben 34 wegvakken gemeen. 30 hiervan vinden we trouwens ook terug in de derde ranking o.b.v. het potentieel. Wanneer we de rankings op basis van risico en potentieel bekijken vinden we opnieuw 34 overeenstemmende wegsegmenten. De grootste overeenstemming vinden we evenwel tussen de rankings op basis van densiteit en potentieel. Maar liefst 37 segmenten figureren hier op beide top 50-lijsten.

Tussen de verschillende rankings bestaat dus een zekere overeenkomst, maar niettemin ook aanzienlijke verschillen. In Figuur 28 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 ($R^2=0,50$). De correlatie tussen de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en o.b.v. de ongevallendensiteit is al heel wat kleiner ($R^2=0,32$). De globale samenhang tussen de rankings o.b.v. ongevallendensiteit en potentieel is nog lager. Hier bedraagt de R^2 immers slechts 0,05. En toch vinden we bij deze laatste vergelijking het grootste aantal overeenstemmende segmenten in de top 50 terug waardoor er toch sprake is van een goede samenhang voor de 50 gevaarlijkste segmenten.



Figuur 28: Vergelijking rankings (model 5)

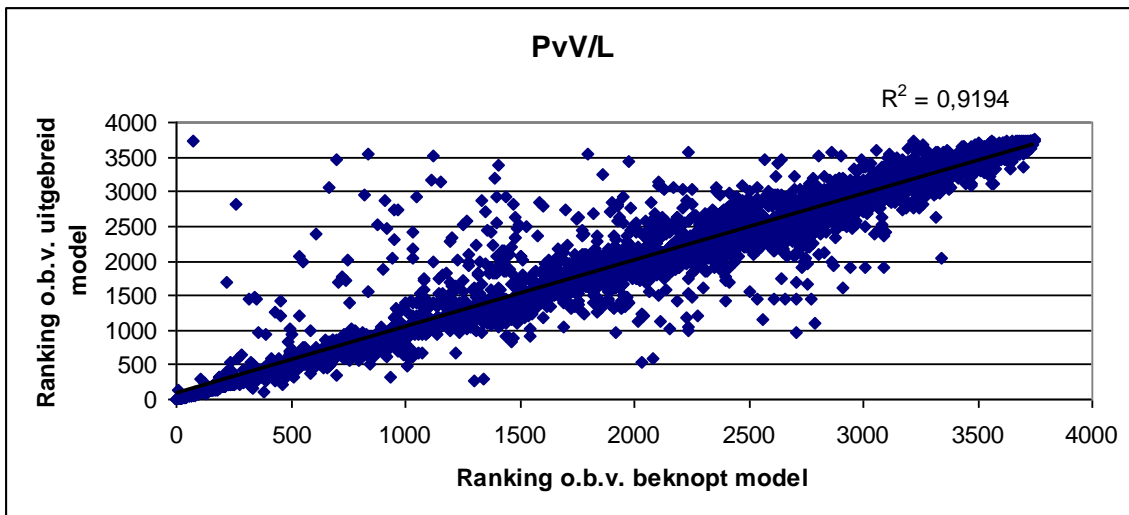
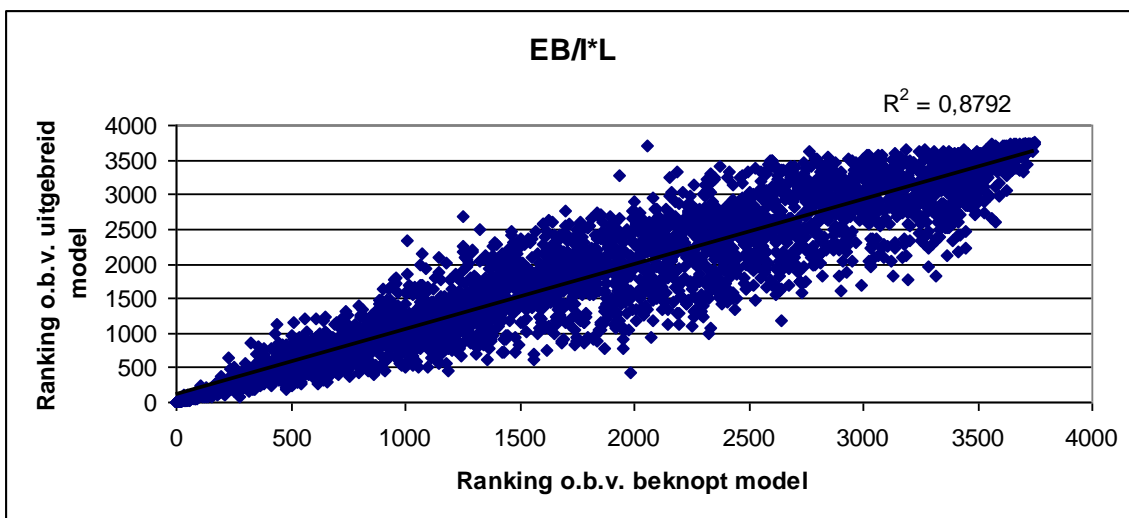
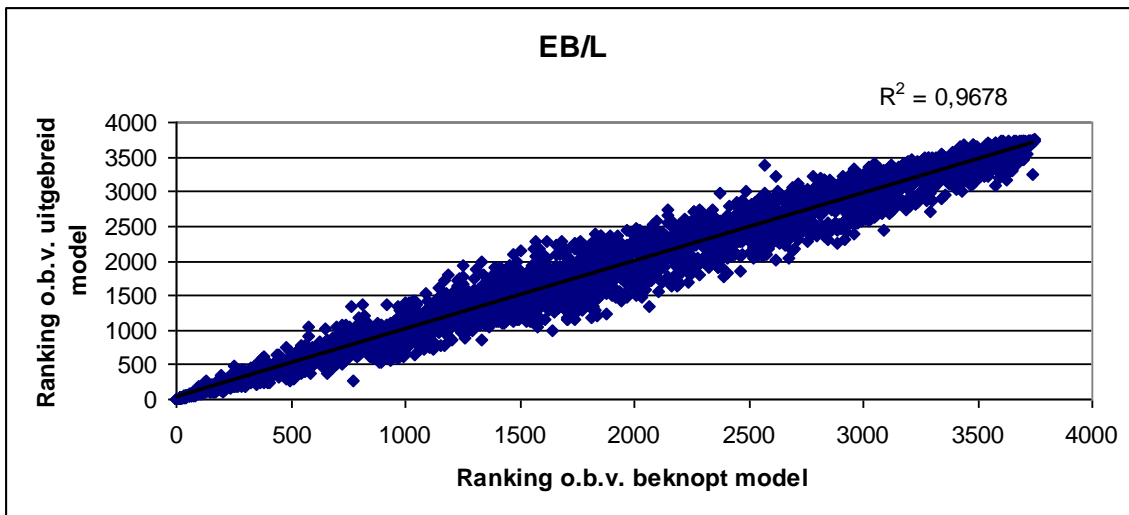
De gemiddelde lengte van de 50 wegvakken met het hoogste potentieel voor verbetering (per km) bedraagt 144 m. De 50 wegvakken met de hoogste ongevallendensiteit respectievelijk ongevalsrisico hebben een gemiddelde lengte van 167 m respectievelijk 145 m. In vergelijking met de gegevens uit Tabel 24 bevat de top 50 dus relatief korte subsegmenten. Dit kan verklaard mogelijks worden door de grote aanwezigheid van subsegmenten van de R1 in de top 50's. Deze subsegmenten worden gekenmerkt door een groot aantal in- en uitritten die mede aan de grondslag liggen van het feit dat deze subsegmenten kort zijn.

Bij de ranking o.b.v. ongevallendensiteit hebben de wegvakken uit de top 50 de hoogste gemiddelde voertuigintensiteit (iets meer dan 86.000 voertuigen per dag). De laagste gemiddelde intensiteit vinden we dan weer bij de ranking o.b.v. ongevalsrisico (bijna 63.000 voertuigen per dag). De gemiddelde intensiteit bij de top 50 o.b.v. het potentieel ligt daar tussenin met bijna 69.000 voertuigen per dag. De subsegmenten van de R1, die oververtegenwoordigd zijn in de top 50's worden gekenmerkt door zeer hoge intensiteitswaardes. Vermoedelijk ligt dit mede aan de grondslag waarom de gemiddelde intensiteit van de top 50 rankings relatief hoog is in vergelijking met de waardes uit Tabel 25.

4.7 Vergelijking resultaten model 4b en model 5

Wanneer we de rankings van het basis risicomodel voor subsegmenten (model 4b) vergelijking met de rankings van het uitgebreide risicomodel (model 5) merken we een grote overeenstemming. Slechts 4 van de 50 segmenten komen niet in beide top 50's op basis van ongevallendensiteit. De rankings op basis van het ongevalsrisico vertonen iets meer verschillen: van de 50 segmenten uit Tabel 38 vinden we er 9 niet terug in de top 50 van Tabel 31. Op basis van het potentieel voor de verbetering van de verkeersveiligheid zijn 45 segmenten gemeenschappelijk in tabellen Tabel 32 en Tabel 39.

In Figuur 29 wordt de globale overeenstemming van de overeenkomende rankings weergegeven. We vinden telkens een goede overeenkomst (R^2 -waardes van 0,88 tot 0,97). Waar de puntenwolk zeer dicht is voor de vergelijking van de rankings voor ongevallendensiteit, zien we een iets lossere wolk voor de vergelijking van de rankings voor ongevalsrisico. Hoewel de R^2 voor de vergelijking van de rankings voor het potentieel hoger is dan voor het ongevalsrisico zien we daar toch een aantal punten die een zeer grote sprong maken in de ranking (vooruit of achteruit). De invloed van het gekozen model lijkt dan ook het grootst wanneer uitgegaan wordt van de indicator 'potentieel voor de verbetering van de verkeersveiligheid'. Dit hangt mogelijk samen met de eerdere vaststelling dat het gebruik van het potentieel voor ranking-doeleinden vaker vals-positieven oplevert.



Figuur 29: Paarsgewijze vergelijking rankings (o.b.v. beknopt model vs uitgebreid model)

5 Conclusies

5.1 Verkeersveiligheidsindicatoren

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).

De **basisrisicomodellen** voor autosnelwegen, opgebouwd in paragrafen 3.5.1 en 4.5.1, geven aan dat het normale aantal ongevallen sterk afhankelijk is van de lengte van het wegsegment en de verkeersintensiteit op dat wegsegment. In deze studie werden rankings opgemaakt op basis van 4 verschillende verkeersveiligheidsindicatoren: aantal ongevallen, ongevallendensiteit (per km weg), ongevalsrisico (per voertuigkm) en potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid (per km weg). 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.

In eerste instantie (zie paragraaf 3.5.3) wordt een vergelijking gemaakt van de 25 segmenten met het grootste aantal geregistreerde **ongevallen** (zie Tabel 9) respectievelijk het grootste aantal verwachte ongevallen op basis van risicomodel 1 (zie Tabel 14). Hierbij moeten we vaststellen dat de top 25 van beide rankings nagenoeg dezelfde segmenten (al dan niet in een andere volgorde) bevat. 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 systematisch iets lager ligt dan het aantal geregistreerde ongevallen. 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. 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 een ranking op basis van ongevallenaantallen buiten beschouwing gelaten en beperken we ons tot de 3 rankings op basis van de naar weglengte genormaliseerde indicatoren.

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 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. Wanneer bij model 1 een vergelijking gemaakt wordt tussen de ranking o.b.v. ongevallenaantallen (zie paragraaf 3.5.3) en de ranking o.b.v. ongevallendensiteit (zie paragraaf 3.5.4A) merken we bij deze laatste ranking een verschuiving naar kortere wegvakken, vaak ter hoogte van op- en afrittencomplexen op.

Het **ongevalsrisico** 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. In de bijlage (zie paragraaf 8) wordt het effect van de nabijheid van op- en afritten met hun weefzones en het aantal file-uren bijkomend onderzocht. Het risicomodel toont aan dat indien het segment niet net voor een afrit gelegen is (binnen een zone van 500 m) het aantal ongevallen zo'n 12% lager ligt (of omgekeerd: segmenten die gelegen zijn binnen de 500 m voor een afrit (divergerende knoop) tellen 12% meer ongevallen). Ook het aantal file-uren is gerelateerd aan het aantal ongevallen. Wanneer de data over het aantal file-uren beschikbaar zijn, vinden we bij een toename van 100 file-uren 9,5% extra ongevallen. Hierbij is er uiteraard sprake van een kip-of-ei situatie. Neemt het aantal file-uren toe

door de verhoogde ongevalskans of is er een verhoogde ongevalskans ten gevolge van de aanwezigheid van files?

Net zoals voor het aantal ongevallen werd een vergelijking gemaakt van de rankings op basis van **ongevallendensiteit** respectievelijk **ongevalsrisico** wanneer ze op werkelijke dan wel op verwachte ongevalleenaantallen zijn gebaseerd (zie paragraaf 3.5.4 voor ranking van segmenten en paragraaf 4.5.3 voor ranking van subsegmenten). We merken hier toch wel aanzienlijke verschillen: op basis van ongevalleendensiteit zien we 29 van de 50 subsegmenten in beide rankings opduiken, terwijl op basis van ongevalsisico slechts 16 subsegmenten in beide rankings voorkomen. Vooral subsegmenten op de Antwerpse Ring komen frequenter voor in de rankings op basis van verwachte ongevalleenaantallen. Door de hoge voertuigintensiteiten worden hier immers hoge ongevalleenaantallen voorspeld door het model. De rankings o.b.v. segmenten geven dezelfde trend aan. In de top 25 rankings o.b.v. ongevalleendensiteit komen de 24 segmenten met hoogste ranking voor werkelijke ongevallen ook terug in de top 24 voor verwachte ongevallen. Bij het ongevalsisico is er slechts een overeenstemming van 20 van de 25 segmenten.

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 studie **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 segmentlengte.

5.2 Lengte en voertuigintensiteit van wegsegmenten

Doordat de verkeersveiligheidsindicatoren telkens een ander aspect van de verkeersveiligheid belichten, wijzigt ook de aard (lengte, voertuigintensiteit) van de geselecteerde **wegsegmenten**. De ranking voor subsegmenten o.b.v. het potentieel voor verbetering en en het ongevalsisico levert gemiddeld even lange subsegmenten op (144 m respectievelijk 145 m). De geselecteerde subsegmenten o.b.v. ongevalleendensiteit zijn met 167m gemiddeld langer. De gemiddelde lengtes zijn aanzienlijk korter dan deze uit hoofdstuk 3. Dit is uiteraard een gevolg van de andere wegindeling die gebruikt werd. In plaats van met de langere segmenten, gedefinieerd in functie van de opeenvolgende op- en afritten, werd in hoofdstuk 4 immers gebruik gemaakt van de kortere subsegmenten zoals ze gedefinieerd zijn door het Verkeerscentrum. De ranking o.b.v. segmenten voor potentieel voor verbetering levert hier opnieuw de langste segmenten op (965 m) en wordt gevolgd door een gemiddelde lengte van 901 m van de ranking o.b.v. ongevalleendensiteit. De ranking o.b.v. ongevalsisico levert de kortste segmenten op (761 m).

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 veiligheidsprobleem zich concentreert in een beperkte zone van het segment. Dit zal aanleiding geven tot een verhoogd ongevalleenniveau voor het ganse segment, zij het minder uitgesproken. Hierdoor bestaat het risico dat bepaalde gevaarlijke segmenten over het hoofd gezien worden en dus gemaskeerd worden door een uitmiddeling over langere segmenten ten gevolge van de aanwezigheid van zones met een lager dan gemiddeld ongevalleenaantal. Een alternatief is om de lange segmenten op te delen in kortere delen waardoor dit risico verkleint.

Hierdoor kan gerichter gezocht worden naar de onderliggende ongevalsoorzaken. Een nadeel is dan dat de statistische betrouwbaarheid verkleint en er dus een groter risico ontstaat op vals-positieven.

De ranking o.b.v. ongevallendensiteit levert dan gemiddeld weer de drukste wegsegmenten op in de geselecteerde (sub)segmenten (bijna 77.000 voertuigen per dag voor segmenten en iets meer dan 86.000 voertuigen per dag voor subsegmenten). De laagste gemiddelde intensiteit vinden we wanneer we rangschikken o.b.v. ongevalsrisico (bijna 57.000 voertuigen per dag voor segmenten en bijna 63.000 voertuigen per dag voor subsegmenten). De gemiddelde intensiteit bij de geselecteerde (sub)segmenten o.b.v. het potentieel ligt daar tussenin met ongeveer 69.000 voertuigen per dag.

5.3 Geselecteerde wegsegmenten

Zoals gesteld treden er aanzienlijke verschillen op tussen de verschillende rankings. In totaal komen er in de drie top 25 rankings o.b.v. segmenten (model 1) 37 verschillende segmenten voor. Bij de ranking o.b.v. subsegmenten (model 5) vinden we 75 verschillende subsegmenten in de top 50's. Niettemin komen 15 segmenten voor in elke top 25 van segmenten (model 1) en in elk van de top 50 van subsegmenten komen 30 subsegmenten (model 5). Deze (sub)segmenten hebben dus zowel een hoge ongevallendensiteit, een hoog ongevalsrisico als een hoog potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid. Opvallend is dat de Antwerpse Ring zeer sterk vertegenwoordigd is in deze samenvattende lijsten. 7 van de 15 segmenten die in elk van de drie rankings terugkomen zijn gesitueerd op de R1. Voor de rankings o.b.v. subsegmenten zijn het zelfs 17 van de 30 subsegmenten.

Ondanks dat de wegindeling in Tabel 43 en Tabel 44 respectievelijk o.b.v. segmenten en subsegmenten gebeurde, vinden we in beide tabellen toch enkele gelijkaardige weggedelen terug. Deze paren zijn met behulp van kleuren gevisualiseerd. Zo komen (delen van) de R1 Borgerhout tot Berchem, Berchem tot Antwerpen-Zuid, Borgerhout tot Antwerpen-Oost en Linkeroever tot Antwerpen-Centrum in beide tabellen voor. Verder komen in beide tabellen delen van de A1 (E19), A10 (E40), A13 (E34 en E313) en A14 (E17) terug. Het wegdeek Antwerpen-Oost tot Wommelgem (A13 (E34)) en Gent-Centrum tot Gentbrugge (A14 (E17)) komen letterlijk in beide tabellen voor. 7 (15) andere (sub)segmenten komen voor op 2 verschillende rankings, terwijl 15 (30) segmenten terug te vinden zijn in slechts 1 van de 3 rankings.

Tabel 43: 15 segmenten die in elk van de top 25 van gevaarlijkste segmenten voorkomen (model 1)

R1 (richting 2), Borgerhout tot Antwerpen-Oost	A3 (E40 richting 1), complex Bertem
R1 (richting 2), Berchem tot Borgerhout	A3 (E40 richting 1), Bertem tot Heverlee
R1 (richting 1), Borgerhout tot Berchem	A10 (E40 richting 2), Gent-St.-Pieters tot Zwijnaarde
R1 (richting 1), Berchem tot Antwerpen-Zuid	A10 (E40 richting 2), complex Erpe-Mere
R1 (richting 1), knoop Antwerpen-Oost (Ring 1)	A13 (E313 richting 2), complex Massenhoven
R1, (richting 2) knoop Antwerpen-Oost (Ring 2)	A13 (E34 richting 1), Antwerpen-Oost tot Wommelgem
R1 (richting 2), Linkeroever tot Antwerpen-Centrum	A1 (E19 richting 2), complex Mechelen-Noord
A14 (E17 richting 1), Gent-Centrum tot Gentbrugge	

Tabel 44: 30 subsegmenten die in elk van de top 50 van gevaarlijke subsegmenten voorkomen (model 5)

Nr, richting	Van KM	Tot KM	Deel van
R1, richting 1	7,166	7,216	Antwerpen-Oost tot Borgerhout
	8,158	8,531	Borgerhout tot Berchem
	9,286	9,406	
	9,477	9,59	Berchem tot Antwerpen-Zuid
	12,072	12,121	Le Grellelaan tot Antwerpen-Centrum
	13,393	13,471	Antwerpen-Centrum tot Linkeroever

	13,471	13,523	
	14,486	14,514	
R1, richting 2	4,894	4,85	Deurne tot Merksem
	6,569	6,397	Borgerhout tot Antwerpen-Oost
	6,722	6,569	
	7,034	6,722	
	13,524	13,472	Linkeroever tot Antwerpen-Centrum
	14,384	14,232	
	14,405	14,384	
	14,929	14,792	
	15,044	14,948	Antwerpen-West tot Linkeroever
A1 (E19), richting 1	27,553	27,635	Kontich tot UZA
A1 (E19), richting 2	34,457	34,413	Antwerpen-Zuid tot Wilrijk
	34,502	34,457	
A10 (E40), richting 1	33,892	34,074	Erpe-Mere to parking Wetteren
	43,307	43,347	Merelbeke tot Zwijnaarde
	49,798	50,001	St-Denijs-Westrem tot parking Drogen
A10 (E40), richting 2	44,828	44,699	Gent-St. Pieters tot Zwijnaarde
	46,059	45,986	St-Denijs-Westrem tot Gent-St. Pieters
A13 (E34), richting 1	0,687	0,800	Antwerpen-Oost tot Wommelgem
	0,800	1,265	
A13 (E34), richting 2	0,754	0,718	Wommelgem tot Antwerpen-Oost
A14 (E17), richting 1	51,355	51,722	Gent-Centrum tot Gentbrugge
	99,500	99,701	Zwijndrecht tot Antwerpen-West

De grootste samenhang vinden we in de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en deze o.b.v. het potentieel voor verbetering ($R^2=0,89$ bij segmenten en $R^2=0,50$ bij subsegmenten) en ook voor de rankings o.b.v. het ongevalsrisico en o.b.v. de ongevallendensiteit ($R^2=0,30$ bij segmenten en $R^2=0,32$ voor subsegmenten). 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 voor segmenten en 0,05 voor subsegmenten. En toch vinden we de grootste overeenstemming in de respectievelijke top 25's en top 50's bij deze laatste groep.

5.4 Functievorm en modelvariabelen van risicomodellen

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**. Bij deze methode wordt er van uitgegaan dat een hoog aantal ongevallen op een locatie niet noodzakelijk betekent dat er ook veel veiligheidswinst te behalen is op die locatie. Een hoog aantal ongevallen kan immers het gevolg zijn van structurele factoren zoals een grote verkeersintensiteit. Aangezien het niet steeds mogelijk of wenselijk is om deze factoren te beïnvloeden (bijvoorbeeld om verkeer op de autosnelweg te verplaatsen naar het onderliggende wegennet), is het realistische 'potentieel' voor verbetering mogelijk beperkt. De methode i.v.m. het 'potentieel voor verbetering van de verkeersveiligheid' rangschikt locaties dan volgens de mate waarin men kan verwachten dat een veiligheidswinst mogelijk is. 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 paragraaf 3.6 de invloed van het gehanteerde **functievorm** van het risicomodel (meer bepaald de vorm van de functie die het aantal ongevallen linkt aan de verkeersintensiteit) op de ranking van potentieel voor 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). De grootste verschuivingen in de ranking doen zich voor bij segmenten met een zeer hoge intensiteit. Het is dan ook in die segmenten dat de grootste verschillen in modelresultaten optreden (zie Figuur 17).

Naast de gehanteerde modelvorm spelen ook de opgenomen **modelvariabelen** een rol. In de eerste vier modellen werd er uitgegaan van een zeer eenvoudig model om het normale aantal ongevallen op autosnelwegsegmenten te bepalen in functie van de wegsegmentlengte 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.

Model 5 nam naast segmentlengte en intensiteit ook de variabelen vrachtwagenintensiteit, jaar, verhardingstype, aantal rijdbare rijstroken, aanwezigheid van pech- en busstrook, aanwezigheid van portiek en indexwaarde voor SPRD mee. Ook nu vinden we een goede overeenstemming van de verschillende top 50's van subsegmenten. Niettemin vinden toch ook weer een aantal soms aanzienlijke verschuivingen van subsegmenten in die ranking.

6 Aanbevelingen

Het is niet mogelijk om één van de drie 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 voor de weggebruiker zo veel mogelijk terugdringen (ongevalsrisico)? Het naast mekaar te gebruiken van de drie rankings i.p.v. de ranking te baseren op één van de indicatoren, vormt een combinatie van die verschillende invalshoeken en vermijdt alleszins om gevaarlijke locaties over het hoofd te zien.

Ondanks de verschillen tussen de verschillende rankings vinden we 15 segmenten en 30 subsegmenten terug in elk van deze drie rankings. We bevelen dan ook aan deze wegsegmenten (een aantal segmenten zijn aaneensluitend en kunnen dan ook samen geanalyseerd worden) aan een grondige screening te onderwerpen om de optredende problemen in detail 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 bijvoorbeeld op basis van de AVOC- of AGEb-methodologie¹⁸ (Aarts, 2011). Een plaatsbezoek door een team van deskundigen 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 potentiële corrigerende maatregelen worden voorgesteld.

In een aantal gevallen betreft het zeer korte segmenten (20-40m). In dat geval kan het aangewezen zijn om het segment in samenhang met aangrenzende segmenten te bekijken.

In hoofdstuk 4 werd ook nagegaan wat het effect is van het gebruik van een eenvoudig dan wel meer uitgebreid risicomodel op de verschillende rankings. Globaal vinden we per indicator een goede overeenstemming tussen de beide rankings. De meeste subsegmenten die voorkomen in de top 50 op basis van het eenvoudige model vinden we ook terug in de top 50 op basis van het uitgebreide model. Voor het vaststellen van de ranking en de selectie van de gevaarlijkste wegsegmenten heeft een gebruik van een uitgebreid model dus slechts een beperkte meerwaarde. De belangrijkste verklarende variabelen zijn immers lengte en intensiteit, de overige verklarende variabelen dragen veel minder bij tot de verklaring van het aantal ongevallen. Dit betekent evenwel niet dat de uitgebreidere modellen geen nut hebben. Ze geven immers ook bijkomende inzichten in het verklaren van ongevalsconcentraties. Uitbreidingen die mogelijks beschouwd kunnen worden omvatten aparte modellen in functie van de ongevalsernst of modellen voor specifieke ongevaltypes (nachtelijke, bij nat wegdek). Dit laat immers toe om specifieke problemen gericht aan te pakken. Hierbij zal moeten worden afgewogen in hoeverre de bijkomende inspanning betere resultaten oplevert.

Het gebruik van het potentieel ter verbetering van de verkeersveiligheid geeft ook bij de verschillende risicomodellen aanleiding tot soms grote sprongen in de ranking. Dit kan in samenhang gezien worden met de bevindingen van andere auteurs (Elvik (2008b, 2008c) en Montella (2009)). Dit beperkt de bruikbaarheid van deze indicator.

Verder is het moeilijk om een advies te formuleren i.v.m. de optimale weglengte van een segment. Bij lange segmenten loopt men het risico dat veiligheidsproblemen zich concentreren in een beperkte zone van het segment en hierdoor gemaskeerd wordt door een uitmiddeling over het lange segment. Met korte segmenten kan er gerichter gezocht worden naar onderliggende ongevalsoorzaken maar verkleint de statistische betrouwbaarheid en wordt het risico op vals-positieven groter. Er wordt dus

¹⁸ AVOC staat voor Aanpak VerkeersOngevallenConcentraties en AGEb staat voor Aanpak van GEBieden (SWOV, 2015).

aangeraden om een risicomodel op te bouwen op basis van zo compleet mogelijke datasets met beschrijvende informatie over de segmenten en de segmenten niet te lang of te kort te definiëren.

De rankings uit deze studie hebben betrekking op een periode van drie jaar (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). Om deze herhaling te faciliteren is een consistent en consequent bijgewerkt databestand noodzakelijk.

7 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*.
- Commission of the European Communities (2009) *The implementation of the Trans-European Transport Network guidelines 2004-2005*. Geraadpleegd op 06/01/2015 op http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-policy/priority-projects/doc/ten-t_implementation_guidelines_2004-05_en.pdf.
- Crevits, H. (2009). *Beleidsnota 2009-2014. Mobiliteit en Openbare Werken. Beleidsprioriteiten 2009-2014*. Vlaamse Overheid, 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*. Steunpunt rapport 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. RIPCORD-ISEREST Deliverable D2.
- 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., 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.
- Trans-European Transport Network TENtec (2013) Annex I: Maps of the comprehensive and the core network – VOL 11/33. Geraadpleegd op 06/01/2015 op <http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/en/maps.html>.
- Van Geirt, F. & Nuyts, E. (2005). Risicoanalyse op autosnelwegen. Deel 3 – Ongevallenmodellen voor Vlaamse autosnelwegen. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.
- Van Hout, K., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E. & Wets, G. (2013). Network Safety Management. Een ranking van gevaarlijke wegsegmenten op de autosnelwegen van het TEN-T netwerk in Vlaanderen. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.
- Van Raemdonk, K. & Macharis, C. (2011). De Road Accident Analyzer. Deel II: Bepaling van de prioritaire segmenten. Steunpuntrapport RA-MOW-2011-17. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.

8 Bijlage A Alternatief risicomodel

In deze bijlage wordt een alternatief risicomodel opgebouwd. Het uitgangspunt voor deze modellen is het segmentenbestand van het Verkeerscentrum. In de buurt van de knopen werden de segmenten verder opgedeeld zodat ook de ligging ten opzichte van divergentie- (afritten) en convergentiepunten (opritten) kan meegenomen worden als verklarende variabele.

8.1 Databronnen

8.1.1 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 periode 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, ...) dan kan het ongevallenbestand van de FOD Economie (Algemene Directie Statistiek – Statistics Belgium) via het veld 'VOLGNUMMER' meer informatie geven. Dit is interessant wanneer een risicomodel wordt opgebouwd voor specifieke ongevaltypes (i.f.v. betrokkenen, tijdstip, omstandigheden, ...).

8.1.2 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.

8.1.3 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 45: Evolutie aantal segmenten met telposten

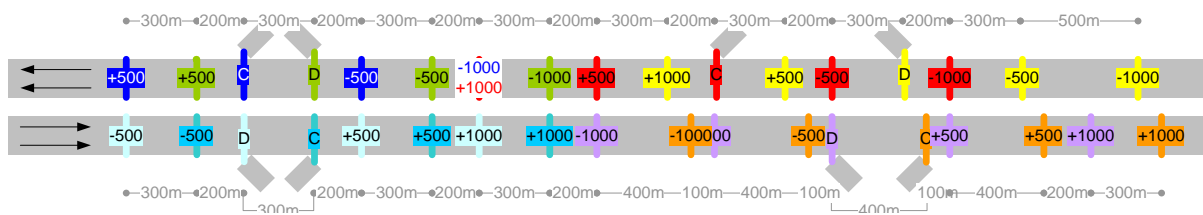
Jaar	Aantal telposten
2006	9
2007	131
2008	328
2009	418
2010	594
2011	727

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.

8.2 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 wegsegmenten uit het basisbestand opgedeeld in functie van hun ligging ten opzichte van de knopen uit het bestand. Hierbij worden segmenten telkens doorgeknipt 500m voor en na de knoop (het begin/einde van het wegsegment) en nog eens op 1000m voor en na de knoop. Deze aanpak wordt in Figuur 30 gevisualiseerd.



Figuur 30: Visualisatie van aanpak voor de onderverdeling van wegsegmenten

In een volgende stap worden de ongevallen gekoppeld aan de overeenkomstige deelwegsegmenten. 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 deelsegment 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 basis van de afstand tot de knoop (vandaar de opdeling van de segmenten in kortere deelsegmenten) wordt een veld toegevoegd dat aangeeft of een segment vlakbij een knoop is gelegen (in de zone van 500m voor of na een knoop of in de zone van 500-1000m voor of na een knoop). Hierbij wordt ook onderscheid gemaakt of die knoop een divergente (afrit, afsplitsen van een rijstrook) dan wel een convergente knoop is (oprit, toevoegen van een rijstrook). Op basis hiervan kan tevens aangegeven worden hoeveel knopen zich binnen 500m respectievelijk 1000m bevinden van het deelsegment.

Ook het aantal file-uren wordt toegevoegd aan het bestand. Aangezien het aantal file-uren enkel beschikbaar is per km, wordt dit herrekend voor de deelsegmenten als een gewogen gemiddelde van de relevante km-waarden van het aantal file-uren. Wanneer geen data over het aantal file-uren beschikbaar zijn, wordt een kleine waarde toegekend zodat ook deze wegsegmenten kunnen gebruikt worden voor het model. Om toch het onderscheid te kunnen maken tussen segmenten met en zonder meetwaarden wordt een veld toegevoegd dat aangeeft of er wel dan geen data beschikbaar waren.

Een laatste groep variabelen zijn gerelateerd aan de kwaliteit van het wegdek. Zowel meetwaarden als een daaruit afgeleide index-waarde is gegeven per hm. Aan de deelsegmenten wordt opnieuw een gewogen gemiddelde toegekend dat berekend wordt op basis van deze hm-waarden. Naast de globale index zijn ook de afzonderlijke meetwaarden en indices voor de visuele inspectie, spoor- en trapvorming, vlakheid en dwarswrijving gegeven.

8.3 Opmaak risicomodel

Naast de lengte van het wegsegment en de voertuigintensiteit werden ook alle andere hiervoor vermelde kenmerken meegenomen als (potentiële) verklarende variabelen. Het beste model wordt gekozen op basis van de AIC-waarde. Hoe kleiner deze waarde, hoe beter. De resultaten worden hierna weergegeven:

$$\mu = \alpha * L^\beta * e^{(\gamma * l + \delta * l^2 + \epsilon * l^3)} * C_{\text{jaar}} * e^{(\zeta * 5N)} * C_{5VD\text{geen}} * FU^\eta * e^{(\theta * DW)} * e^{(\kappa * \text{TRAP})} \quad (6)$$

Tabel 46: Modelresultaten

Modelparameter	Waarde		
ln(α)	-1,5502		
β	0,9516		
γ	0,9767*10 ⁻⁴		
δ	-0,1356*10 ⁻⁸		
ε	0,0070*10 ⁻¹²		
C _{jaar=2008}	1,1378		
C _{jaar=2009}	0,9542		
C _{jaar=2010}	1		referentiewaarde
ζ	0,1528		
C _{5VDgeen}	0,8814		
η	0,0197	Wel data file	
	0,0686	Geen data file	
θ	-0,0063		
κ	0,0080		
overdispersie	0,3829		
Log Likelihood	-2871,9362		

Het effect van lengte en voertuigintensiteit ligt in lijn met de bevindingen uit de eerder besproken modellen. In 2008 telden we gemiddeld meer ongevallen dan in 2010, in 2009 ligt het aantal ongevallen dan weer iets lager dan in 2010 (hoewel het verschil nu helemaal niet significant is).

Naast de voorgaande – voor de hand liggende – verklarende variabelen vertoont ook de plaats van het deelsegment in het netwerk (meer bepaald de ligging t.o.v. de knopen) een significante invloed op het aantal ongevallen. Zo gebeuren er meer ongevallen naarmate het weg deelsegment voorafgegaan wordt door meer knopen (op- of afritten) binnen een afstand van 500 m. Indien het segment niet net voor een afrit gelegen is (binnen een zone van 500 m), ligt het aantal ongevallen zo'n 12% lager (of omgekeerd: segmenten die gelegen zijn binnen de 500 m voor een afrit (divergerende knoop) tellen 12% meer ongevallen).

Ook het aantal file-uren is gerelateerd aan het aantal ongevallen. Hiervoor werd een kruisvariabele toegevoegd aan het model die het aantal file-uren koppelt aan het veld dat aangeeft dat de data beschikbaar was. Aangezien bij afwezigheid van data steeds dezelfde waarde werd ingevuld, vertaalt die parameter zich dan ook als een constante voor die deelsegmenten waar geen data beschikbaar waren (0,5^{0,0686}). Wanneer er wel data over het aantal file-uren beschikbaar zijn, vinden we bij een toename van 100 file-uren 9,5% extra ongevallen. Hierbij is er uiteraard sprake van een kip-of-ei

situatie. Neemt het aantal file-uren toe door de verhoogde ongevalskans of is er een verhoogde ongevalskans ten gevolge van de aanwezigheid van files?

De twee laatste parameters beschrijven de kwaliteit van het wegdek. Bij een hogere meetwaarde voor de dwarswrijvingscoëfficiënt vinden we een lager aantal ongevallen, terwijl met een hogere waarde voor de trapvorming een hoger ongevalleenaantal gepaard gaat.

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

