



MASTER  
THESIS

## EEN MODELONDERZOEK NAAR BERMONGEVALLLEN

Een correlatieonderzoek naar bermongevallen en het dwarsprofiel, plus een handreiking voor de ontwikkeling van nieuwe ongevallenvoorspellingsmodellen en een nieuwe onderzoeksdatabase van wegkenmerken op basis van de ontwikkeling van de BGT.

J.W.H. van Petegem



# EEN MODELONDERZOEK NAAR BERMONGEVALLLEN

---

*Een correlatieonderzoek naar bermongevallen en het dwarsprofiel,  
plus een handreiking voor de ontwikkeling van nieuwe  
ongevallenvoorspellingsmodellen en een nieuwe onderzoeksdatabase van  
wegkenmerken op basis van de ontwikkeling van de BGT.*

Afstudeeronderzoek  
Jan Willem Hendrik van Petegem

Opleiding  
Civiele Techniek, Master Transport & Planning

Datum afstuderen  
31 oktober 2012

Afstudeercommissie:

Voorzitter  
Prof. Ir. F.C.M. Wegman

Secretaris en begeleider Civiele Techniek TU Delft  
Ir. P.B.L. Wiggenraad

Begeleider SWOV  
Dr. Ir. A. Dijkstra

Begeleider OTB – TU Delft  
Ir. E. Verbree

Begeleider Witteveen+Bos  
Ir. J. Verspuij

Bron foto titelblad: Cyclomedia - Globespotter



## Voorwoord

Beste lezer,

Voor u ligt het resultaat van een jaar hard werken en de afsluiting van mijn masteropleiding Transport & Planning aan de TU Delft. Ik wil hierbij iedereen bedanken die op zijn of haar manier mij heeft geholpen bij het doorlopen van het afstudeerproces en het bereiken van dit resultaat.

Allereerst wil ik mijn afstudeercommissie, Fred Wegman, Paul Wiggeraad, Atze Dijkstra, Jan-Auwke Verspuij en Edward Verbree bedanken voor hun tijd, adviezen en commentaar binnen mijn onderzoek. Daarbij wil ik Atze Dijkstra in het bijzonder bedanken voor de vele uren die hij heeft vrijgemaakt om met mij mee te denken over de richting van mijn onderzoek, zijn suggesties, adviezen en de gezelligheid.

Ik wil Fred Wegman en de SWOV bedanken voor het bieden van de stageplek waarbinnen ik mijn afstudeeronderzoek heb mogen uitvoeren en Jan-Auwke Verspuij en Wittenveen+Bos voor de geboden samenwerking.

Daarnaast wil ik een aantal personen, bedrijven en instanties bedanken die hun medewerking hebben verleent aan dit onderzoek: Pim Voogd van de Fugro, Bart Beers van Cyclomedia, Egmond van Coillie, Terry van Helvert en Stefan van Gerwen van de provincie Noord-Brabant, Mirza Milosevic van de provincie Zuid-Holland, Remko Jansen, Ruud van Koten en Niels Hoffmann van de provincie Noord-Holland en ten slotte Frits Bijleveld, Jacques Commandeur, Vincent Kars en Govert Schermers van de SWOV. Heel erg bedankt voor jullie input, suggesties en het beschikbaar stellen van gegevens en software voor dit onderzoek. Zonder deze input was het nu behaalde resultaat niet mogelijk geweest.

Ten slotte wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor de betrokkenheid en alle aanmoedigingen en steun tijdens dit proces. In het bijzonder wil ik daarbij Roosmarie, mijn vrouw, bedanken. Bedankt voor je liefde, je support en je rotsvaste geloof en vertrouwen in mij.



## Samenvatting

### Aanleiding en doel

Nederland heeft de ambitie om het aantal dodelijke verkeersslachtoffers en gewonden in de periode 2008-2020 met 25% terug te dringen. Aanvulling van gereedschappen en kennis met betrekking tot de relatie tussen het ontwerp van de weg en de kans op een ongeval is gewenst om in de praktijk vorm te kunnen geven aan deze ambitie. De ontwikkeling van ongevallenvoorspellingsmodellen (OVM's) kunnen hier een bijdrage aan leveren. Een belangrijk knelpunt in de ontwikkeling van OVM's is echter de beperkte beschikbaarheid van onderzoeksgegevens. Dit onderzoek haakt op beide zaken in met als onderzoeksdoel de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen en identificatie van nieuwe databronnen voor de ontwikkeling van een grootschalige onderzoeksdatabase van wegkenmerken.

### Methode

Binnen dit onderzoek is een model ontwikkeld op basis van data uit de SWOV onderzoeksdatabase wegkenmerken (SODBW). Dit betreft een database van ongevalgegevens, verkeergegevens en wegkenmerken van de provincies Drenthe en Gelderland. Selectie van de modelvariabelen is gebaseerd op een onderzoek naar causale relaties tussen wegkenmerken en de kans op een ongeval en de beschikbaarheid van data. Kalibratie van het model is verricht met behulp van Generalized Linear Modelling op basis de Negatief Binomiale kansverdeling.

Parallel aan het onderzoek naar de ontwikkeling van OVM's is gezocht naar nieuwe databronnen voor de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken, op basis van gesprekken met bedrijven en provincies.

### Resultaat modelonderzoek

Het ontwikkelde model is een OVM van enkelvoudige bermongevallen in de provincies Drenthe en Gelderland, van wegen buiten de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 80 of 100 km/uur en een enkele rijbaan met twee rijrichtingen. Dit OVM geeft een schatting van de ongevalfrequentie op een honderd meter wegvak op basis van de verkeersintensiteit, de aanwezigheid van een obstakel binnen een afstand van 2 meter tot de weg, de aanwezigheid van een bermbeveiliging (geleiderail) en de bochtigheid (het aantal bochten per km).

Met behulp van dit OVM is het mogelijk om wegen of wegstukken aan te wijzen waar relatief veel ongevallen worden verwacht. Daarmee kunnen met een OVM potentieel onveilige wegen worden geïdentificeerd, ook daar door toeval in werkelijkheid geen ongevallen hebben plaatsgevonden. Daarnaast biedt het OVM op basis van de parameterschatting van de modelvariabelen inzicht in de correlatie tussen de kans op een ongeval en de wegkenmerken obstakelafstand, bermbeveiliging en bochtigheid. Verdere ontwikkeling van OVM's is echter sterk afhankelijk van een uitbreiding van de onderzoeksdatabase.

### Resultaat dataonderzoek

Binnen het dataonderzoek zijn databronnen geïdentificeerd die goede denkbare mogelijkheden bieden voor de ontwikkeling van een grootschalige database van wegkenmerken. Dit zijn:

- De Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT): Een ruimtelijke database in ontwikkeling van de topografie van heel Nederland, waaronder het complete wegennet.
- Plustopografie: Een noemer voor ruimtelijke of topografische gegevens die niet in het BGT staan gespecificeerd.
- Digitaal Topografisch Bestand (DTB): De ruimtelijke database van de provincie Noord-Brabant. Een ruimtelijke database met een uitgebreide plustopografie

De ontwikkeling van het BGT is een door de centrale overheid gestuurd project, waarbij alle gebiedsbeheerders zoals provincies en gemeenten verantwoordelijk zijn gesteld voor de ontwikkeling van het BGT van hun gebied. De BGT specificatie bevat echter slechts een beperkt deel van relevante ruimtelijke gegevens voor de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken. Verschillende gebiedsbeheerders kiezen er voor om een uitgebreidere specificatie te hanteren dan het BGT. Het DTB van de provincie Noord-Brabant is onderzocht op de potentie van ruimtelijke databases van gebiedsbeheerders waarin plustopografie is verwerkt. Deze database bevat een ruime hoeveelheid ruimtelijke gegevens waarmee de ontwikkeling van een nieuwe database van wegkenmerken mogelijk wordt gemaakt. Omdat de inventarisatie van plustopografie echter een vrije keuze is van gebiedsbeheerders, zijn verschillen te verwachten in de gegevens die gebiedsbeheerders zullen verzamelen. De toekomstige ontwikkelingsmogelijkheden van een grootschalige onderzoeksdatabase van wegkenmerken en OVM's is daarmee afhankelijk van de keuzes van gebiedsbeheerders in de inventarisatie van plustopografie.

### **Conclusie en aanbeveling**

OVM's kunnen nieuwe mogelijkheden bieden in de verbetering van de verkeersveiligheid in Nederland. Op basis van de ontwikkeling van OVM's kunnen niet alleen de effecten van het wegontwerp op de verkeersveiligheid beter worden ingeschat dan in de huidige situatie het geval is. Ook bieden OVM's de mogelijkheid een preventief verkeersveiligheidsbeleid vorm te geven door middel van een identificatie van relatief onveilige wegen op basis van verkeergegevens en wegkenmerken. Voor de ontwikkeling van deze OVM's zijn echter wel aanvullende gegevens benodigd. De mogelijkheid tot de ontwikkeling van een grootschalige database van wegkenmerken ligt bij de ontwikkeling van de BGT en plustopografie. De ontwikkeling van plustopografie is echter niet verplicht en overgelaten aan elke bronhouder om daar individueel desgewenst een invulling aan te geven. De toekomstige mogelijkheden tot de ontwikkeling van OVM's is dus hier van afhankelijk. Om invloed te kunnen uitoefenen op de inventarisatie van de benodigde gegevens wordt daarom aanbevolen aansluiting te zoeken bij de ontwikkeling van de BGT en plustopografie bij gebiedsbeheerders. Daarbij wordt aanbevolen deze aansluiting te zoeken vanuit een overleg tussen verkeersveiligheidsonderzoekers, adviseurs/ontwerpers en wegbeheerders, waarbij de gezamenlijke belangen worden geïdentificeerd.



## Summary

The goal of this research is the development of a run-off road accident prediction model (APM) for rural roads with a speed limit of 80 km/h in the Netherlands, with the use of readily available or newly to be discovered data resources. With this goal set, the research aims in providing traffic safety policymaking with tools for a preventive traffic safety policy and tools for the road design process for making design choices in respect to traffic safety. The first result of this research is the development of an APM for run-off road accidents for rural roads for the provinces Drenthe and Gelderland in the Netherlands. The second result is the discovery of a new data resources which offer the chance of building a new research database.

The SWOV research database of road characteristics (SODBW) is used for the development of the APM. The database contains accident data, traffic data and road characteristics data of the provinces of Drenthe and Gelderland. The selection of model variables is based on a literature review aimed at identifying relevant causal relations between the chance on an accident and road characteristics and on limitations bound by the amount of data available to this research. The calibration of the model is accomplished with the help of Generalized Linear Modelling on the basis of the Negative Binomial chance function.

The developed model is an APM of singular run-off road accidents in the provinces of Drenthe and Gelderland, for two directional rural roads with a speed limit of 80 or 100 km/h. The model output is an estimation of the accident frequency of road stretches of a 100 meter, based on the annual average daily traffic, the presence of an obstacle within a distance of 2 meters to the roadside, the presence of a road side barrier and the curvature (which is actually a visual interpretation of the curvature).

This model offers the possibility to identify roads or road stretches which are relatively unsafe, compared to other roads, even if accidents did not occur on a specific road stretch due to chance. Furthermore the APM gives insights in the correlation between the chance on an accident and the road characteristics obstacle distance, road side barrier and curvature.

An important factor in the slow pace in the development of APMs in the Netherlands is the scarcity of research data, especially that of road characteristics. This research has been affected by a scarcity of research data as well in the selection of model variables. It was, for example, impossible to create model variables of relevant road characteristics like the road with and shoulder with. An extension of the current model, or the development of APMs aimed at estimations of all or other accident types thus requires an extension of the research database on road characteristics. That's why research to new sources of data on road characteristics is so important.

A new source which offers good possibilities in building a new large scale research database of road characteristics is the development of spatial (or GIS) databases of the whole of the Netherlands, including the complete road network. This database is called the "Basisregistratie Grootchalige Topografie" (BGT) which means: large scale registration of principal topographies. This BGT is a currently under construction and is a development, driven by the central government. All (road) administrators are obliged to develop a GIS database in accordance to the BGT specifications of their district. The specifications of the principal topographics, however, do not contain all the spatial information needed for the development of a research database of road characteristics. The extra data that is needed on top of the BGT is called "Plus Topography" (plustopografie).

The Digital Topographies Database (DTB) of the province of Noord-Brabant is screened as an example of a GIS database based on Plus Topography. This database, which is still under construction, does indeed contain a considerable amount of the data which is needed to build a large scale research database of

road characteristics. The development of a GIS database based on Plus Topography, however, is voluntary. This means that the development of a large scale research database and the future of the development of APMS largely depends on the choices made by administrators to develop the GIS database of their district based on plus topography or solely based on BGT specifications. Therefore, it is recommended to close up on the development of the BGT and Plus Topography by administrator, to be able to influence the development of the databases.

## Inhoudsopgave

Voorwoord.....	5
Samenvatting.....	7
Summary.....	9
1 Inleiding.....	17
1.1 Introductie.....	17
1.2 Leeswijzer.....	18
2 Onderzoek naar de relatie tussen ongevallen en wegkenmerken.....	21
2.1 Relatieve onveiligheid van bubeko 80 wegen.....	21
2.1.1 Meten van verkeersonveiligheid.....	21
2.1.2 Ongevallenaandeel bubeko 80 wegen.....	23
2.1.3 Relatieve onveiligheid van bubeko 80 wegen.....	23
2.1.4 Verklaring voor verschillen in verkeersveiligheid van wegtypen.....	24
2.2 Ontwerprichtlijnen van bubeko 80 wegen.....	25
2.2.1 Elementen en maatvoeringen.....	26
2.2.2 Essentiële Herkenbaarheidskenmerken.....	29
2.3 Ontwerp vraagstukken voor de verbetering van de verkeersveiligheidssituatie op bubeko 80 wegen.....	30
2.3.1 Ontwerp van het dwarsprofiel en de indeling van de wegverharding.....	31
2.3.2 Ontwerp van het dwarsprofiel en de berminrichting.....	34
2.3.3 Onderlinge invloeden van de ontwerpelementen van het dwarsprofiel.....	34
2.3.4 Belang van verder onderzoek naar de effecten en een onderbouwing van verkeersveiligheidsmaatregelen uit de richtlijnen.....	35
2.4 Het gebruik van ongevalsvoorspellingsmodellen.....	35
2.5 Onderzoeksgegevens en afbakening.....	37
2.6 Conclusie.....	37
3 Analyse van bermongevallen.....	39
3.1 Analyse van bermongevallen.....	39
3.1.1 Bermongevallen als belangrijkste veiligheidsprobleem op bubeko 80 wegvakken.....	39
3.1.2 Daling in het aantal ongevallen.....	40
3.2 Karakteristieken van bermongevallen.....	41
3.2.1 Ongevalskenmerken.....	41
3.3 Ongevallenscenario's.....	45
3.3.1 Ongevalsscenario's.....	45
3.3.2 Mensfactor.....	46
3.4 Conclusie.....	47

4	Ongevalvoorspellingsmodellen van bermongevallen.....	49
4.1	Modelvorm.....	49
4.1.1	Algemene modelvorm .....	49
4.1.2	Modelvariabelen.....	50
4.1.3	De HSM-methode: Onderscheid naar basis model en modificatiefactoren.....	51
4.2	Modelontwikkeling .....	52
4.2.1	Toepassing van de juiste kansverdelingen.....	52
4.2.2	Schatting van de parameters met behulp van GLM .....	55
4.3	Modelvariabelen .....	56
4.3.1	Keuze van de variabelen.....	56
4.3.2	Parameterschatting en significantie toetsing.....	57
4.4	Model Fit.....	57
4.4.1	Likelihood ratio test.....	58
4.4.2	Vergelijking van modellen .....	58
4.4.3	Criterium voor het meest waarschijnlijke model.....	59
4.5	Conclusie en Discussie.....	60
4.5.1	Conclusie.....	60
4.5.2	Discussie .....	61
5	De onderzoeksdatabase.....	63
5.1	Ongevallengegevens en verkeergegevens .....	63
5.1.1	Ongevallengegevens.....	63
5.1.2	Verkeergegevens .....	65
5.2	De SWOV Onderzoeksdatabase Wegkenmerken.....	66
5.2.1	Inhoud en karakter van de database .....	66
5.2.2	Controle, correctie en aanvulling.....	67
5.3	Ruimtelijke Database wegkenmerken.....	69
5.3.1	Basisbegrippen.....	69
5.3.2	Basisregistratie Grootschalige Topografie .....	70
5.3.3	Digitaal Topografisch Bestand Noord-Brabant .....	72
5.3.4	Ontsluiting van impliciete ruimtelijke informatie.....	74
5.3.5	Hulpbronnen.....	75
5.3.6	Ontwikkelingsmogelijkheden voor een nieuwe onderzoeksdatabase wegkenmerken.....	77
5.4	Conclusie en discussie .....	78
5.4.1	Ongevallengegevens.....	78
5.4.2	Verkeergegevens .....	78
5.4.3	Wegkenmerken .....	78
6	Modelresultaten: kalibratie, validatie en interpretatie .....	81

6.1	Data-exploratie.....	81
6.1.1	Ongevalsekarakteristieken.....	81
6.1.2	Selectie van modelvariabelen .....	82
6.1.3	Parameterisering van de nominale variabelen .....	85
6.1.4	Expositie op basis van de gemiddelde etmaalintensiteit.....	85
6.2	Modelontwikkeling.....	88
6.2.1	Modellenreeks .....	88
6.2.2	Model fit scores .....	89
6.2.3	Datafilter op basis van wegtype.....	90
6.2.4	Modelontwikkelingsstappen.....	91
6.3	Het meest waarschijnlijke model .....	92
6.3.1	Model 10.....	92
6.3.2	Vergelijking van de resultaten .....	94
6.3.3	Visualisatie van de geschatte ongevallenfrequentie .....	95
6.3.4	Aggregatie voor vergelijking met RPS en RTR data.....	96
6.3.5	Validatie .....	96
6.3.6	OVM van ernstige ongevallen .....	97
6.4	Conclusies.....	97
7	Conclusie, discussie en vervolgstappen .....	99
7.1	Conclusies en resultaten .....	99
7.2	Discussie .....	102
7.2.1	Effecten van de ongevalsregistratie op OVM's.....	102
7.2.2	Wegvakindeling tussen twee kruispunten.....	102
7.3	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek databaseontwikkeling .....	103
7.4	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek modelontwikkeling.....	104
7.4.1	Model voor bermongevallen .....	104
7.4.2	Validatie .....	104
7.4.3	Verdere aanbevelingen.....	104
7.5	Afsluitend .....	105
	Literatuurlijst .....	107
	Begrippen en afkortingen .....	113
Bijlage A.	Aanvullende onderzoeksgegevens.....	115
A.1	Operationele criteria en eisen.....	115
A.2	Grafieken ter onderbouwing van de obstakelvrije zone. ....	115
A.3	Categorisering van ongevallen op basis van ongevalcijfers uit Cognos .....	117
A.4	HSM gegevens.....	118
A.5	Objectdatabase BGT.....	119

Bijlage B.	Onderzoeksgegevens diepteonderzoek bermongevallen in Zeeland en de regio Haaglanden en Hollands Midden.....	121
B.1	Dataset van diepte onderzoek naar bermongevallen.....	121
B.2	Algemene kenmerken bermongevallen.....	121
B.3	Opbouw van ongevalsscenario's.....	122
B.4	Ongevalsscenario's.....	123
Bijlage C.	Statistiek.....	127
C.1	Deviance en Pearson chi kwadraat.....	127
C.2	Maximum Likelihood estimation.....	127
Bijlage D.	Werkbezoeken.....	129
D.1	Cyclomedia.....	129
D.2	Fugro - Geospatial.....	135
D.3	Noord-Brabant.....	138
D.4	Zuid-Holland.....	146
D.5	Noord-Holland.....	148
D.6	Ruimtelijke bestanden.....	153
Bijlage E.	SODBW database kenmerken.....	155
E.1	Totaal overzicht van de SODBW attributen.....	155
E.2	Database voorbeeld.....	158
E.3	Foutrapportage dimensioneringsattributen.....	166
E.4	Wegtypen op basis van wegmarkeringstypen.....	167
E.5	Ongevallenstatistiek ingedeeld naar intensiteitsgroepen.....	168
Bijlage F.	Modelresultaten.....	169
F.1	Selectiefilter enkelvoudige ongevallen.....	169
F.2	SPSS problematiek.....	170
F.3	Parameteriseringstest van nomiale variabelen.....	171
F.4	Parameterschattingen.....	172

## Figurenlijst

Figuur 1	Onderzoeksfasering.....	18
Figuur 2	Het gemiddeld aantal ongevallen per jaar over de periode 1998-2002, per wegtype, ingedeeld naar de locatie en ernst van het ongeval. (Op basis van cijfers uit Wegman en Aarts, 2005).....	23
Figuur 3	Gebiedsontsluitingsweg Wegtype I en II (Bron: Globespotter; links N279 hm 71.8, rechts N296 hm 7.0).....	26
Figuur 4	Normaaldwarsprofiel bubeko 80 weg, wegtype II (CROW, 2002).....	26
Figuur 5	Dubbele asmarkering Wegtype II gebiedsontsluitingsweg (Bron: Globespotter; N267 hm 2.2). 27	
Figuur 6	Veilige geometrie voor een neergaand talud met een helling tussen de 1:3 en 1:7 binnen de obstakelvrije zone (CROW, 2002).....	28
Figuur 7	Veilige geometrie voor een opgaand talud binnen de obstakelvrije zone (CROW, 2004a).....	29

Figuur 8 Verschillen tussen de wegingdeling van een Wegtype II, normaal dwarsprofiel indeling (CROW 164c) en een EHK indeling (CROW 203. Bron figuren: CROW, 2004b) .....	30
Figuur 9 Een aantal mogelijke varianten van een dwarsprofiel bij een vaste verhardingsbreedte van 6,80 meter .....	33
Figuur 10 Het gemiddeld aantal dodelijke en ernstige geregistreerde ongevallen op bubeko 80 wegen voor heel Nederland over de periode 1998-2002, ingedeeld naar het type ongeval (op basis van BRON) .....	39
Figuur 11 Trendlijn ongevalcijfers van enkelvoudige ongevallen en de rest van de conflicten op bubeko 80 wegen (op basis van BRON) .....	40
Figuur 12 Index van het ongevalsrisico voor bochten met een bochtstraal $r = x$ , ten opzichte van $r = 1000$ m (Hedman, 1989) .....	44
Figuur 13 Rumble strips (Bronnen van links naar rechts: Moloco, U.S. Department of Transportation, Just Drive PA) .....	46
Figuur 14 Balises op de N201 (Bron: Google Streetview) .....	47
Figuur 15 Registratiegraad van dodelijke ongevallen (links) (Vis et al., 2011) en ernstige ongevallen (rechts) (M.C.B Reurings en Bos, 2011) .....	65
Figuur 16 Indeling telvakken .....	65
Figuur 17 Voorbeeld wegingdeling uit de Gegevenscatalogus BGT (2012) .....	71
Figuur 18 Kartering snelweg volgens de BGT (Geonovum, 2012) .....	72
Figuur 19 Kartering lokale weg volgens de BGT (Geonovum, 2012) .....	72
Figuur 20 Visualisatie van het DTB van de N289 ter hoogte van hectometerpaal 13.4 (Bron: DTB Provincie Noord-Brabant) .....	73
Figuur 21 Selectie provinciale wegen met (donkerblauw) en zonder (lichtblauw) geleiderailconstructie .....	74
Figuur 22 TIN triangulatie van object talud .....	75
Figuur 23 Een transparante uitsnede van het DTB met satellietbeelden van Microsoft op de achtergrond .....	76
Figuur 24 Cyclorama in globespotter - N639 HM 11.2-11.3 .....	77
Figuur 25 Luchtfoto in globespotter - N639 HM 11.2-11.3 .....	77
Figuur 26 Aantal enkelvoudige ongevallen per honderdmeter wegvak over de periode 2004-2008 .....	82
Figuur 27 Totaal aantal letselongevallen en enkelvoudige letselongevallen per honderd-meter wegvak uitgezet tegen de gemiddelde etmaalintensiteit .....	86
Figuur 28 Verdeling van de gemeten etmaalintensiteiten voor obstakel1=0 en obstakel1=1 .....	87
Figuur 29 Aantal honderd-meter wegvakken uitgezet tegen de jaargemiddelde etmaalintensiteit groepen .....	87
Figuur 30 Kaart van de ongevallendichtheid van de provincies Drenthe en Gelderland .....	95
Figuur 31 Een bermongevallen voorspellingsmodel voor de provincies Drenthe en Gelderland .....	99
Figuur 32 Boomongevallen ratio naar de breedte van de obstakelvrije zone voor enkelbaans provinciale wegen (Schoon en Bos, 1983) .....	115
Figuur 33 Cumelatieve zijdelingse verplaatsing van personenauto's op een vlakke horizontale grasberm bij een snelheid van 100 km/uur (Morgan en Hatton, 1981 in; CROW, 2004a) .....	116
Figuur 34 Een voorbeeld scenario, verwerkt in de schematische opbouw van een ongevalsscenario volgens Davidse (Davidse, 2011) .....	122
Figuur 35 Cyclorama in globespotter - N639 HM 11.2-11.3 .....	130
Figuur 36 Luchtfoto in globespotter - N639 HM 11.2-11.3 .....	130
Figuur 37 Visualisering attribuutinformatie en attribuentabelplaatje (Software Globespotter, Data DTB Noord-Brabant) .....	131
Figuur 38 Kartering van een puntobject (Bron: Globespotter 2.6 Manual) .....	132
Figuur 39 Luchtfotogrammetrie; Elk beeldpunt heeft overlap met een andere foto .....	142

## Tabellenlijst

Tabel 1 Duurzaam Veilig-principes(Wegman en Aarts, 2005) .....	17
Tabel 2 Kilometrage aandeel per wegcategorie en voertuigcategorie (Bewerking op: Brink et al., 2010)23	
Tabel 3 Afwijkende maatvoering voor normaal dwarsprofiel Wegtype II (Verzameling van gegevens uit; CROW, 2002) .....	29
Tabel 4 Ongevalseverloop van geanalyseerde ongevallen uit het onderzoek in Zeeland en de regio Haaglanden en Hollands Midden gesommeerd (bewerking van tabel 3.6 en 3.7 uit relatief Davidse, 2011; Davidse et al., 2011) .....	42
Tabel 5 De meest voorkomende ongevalskenmerken (Davidse et al., 2011) .....	43
Tabel 6 Obstakels die een rol hebben gespeeld in de ongevalsoorzaak en de letselernst. De aantallen betreffen het aantal betrokken voertuigen bij de 59 en 27 nader bestudeerde ongevallen van de onderzoeksregio's Zeeland en Haaglanden en Hollands Midden.....	45
Tabel 7 CMF "shoulder with" (Tabel 10-9; AASHTO, 2010) .....	52
Tabel 8 Objectindeling volgens de BGT standaard .....	72
Tabel 9 Overzicht modelvariabelen .....	84
Tabel 10 Overzicht modelvarianten .....	89
Tabel 11 Model fit statistieken .....	90
Tabel 12 effect de variabele wegtype op de parameterschattingen van de expositieparameters .....	91
Tabel 13 effect van de dataselectie van wegvakken zonder wegen met een snelheidslimiet van 60 km/uur op de parameterschatting van de expositieparameters .....	91
Tabel 14 effect van de intensiteitfactor op de model fit en parameter significantie.....	91
Tabel 15 Parameter schattingen van model 10.....	93
Tabel 16 Operationale eisen aan wegvakken van bubeko 80 wegen (CROW, 1997, 2002) .....	115
Tabel 17 Aggregatie van de manoeuvres uit Cognos .....	118
Tabel 18 Onderscheid naar basis wegtypen waarvoor een SPF is ontwikkeld in de HSM (Tabel C-1, HSM, 2010).....	118
Tabel 19 Objectdatabase BGT (verplichtte deel) (Programma BGT, 2012) .....	120
Tabel 20 Dataverzameling binnen het onderzoek in de provincie en de regio (Davidse, 2011; Davidse et al., 2011) .....	121
Tabel 21 Algemene kenmerken van bermongevallen van het totaal aantal ongevallen (* er is geen sprake oververtegenwoordiging in de desbetreffende studie).....	121



# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

De Nederlandse overheid heeft zich als doel gesteld om in de periode 2008-2020 het aantal dodelijke verkeersslachtoffers en gewonden terug te dringen met 25% naar 580 doden en 12500 gewonden (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008). Om deze doelstelling te behalen dient er op alle fronten te worden gewerkt aan de verbetering van de verkeersveiligheid. Hierbij vormen de verkeersveiligheidsprincipes van Duurzaam Veilig, zoals weergegeven in tabel 1, de basis.

Duurzaam Veilig-principe	Beschrijving
<b>Functionaliteit</b> van wegen	Monofunctionaliteit van wegen: 'stroomweg', 'gebiedsontsluitingsweg' of 'erftoegangsweg' in een hiërarchisch opgebouwd wegennet
<b>Homogeniteit</b> van massa's en/of snelheden en richting	Gelijkwaardigheid in snelheid, richting en massa bij matige en hoge snelheden
<b>Herkenbaarheid</b> van de vormgeving van de weg en voorspelbaarheid van wegverloop en van gedrag van weggebruikers	Omgeving en gedrag van andere weggebruikers die de verwachtingen van weggebruikers ondersteunen via consistentie en continuïteit van het wegontwerp
<b>Vergevingsgezindheid</b> van de omgeving en van weggebruikers onderling	Letselbeperking door een vergevingsgezinde omgeving en anticipatie van weggebruikers op gedrag van anderen
<b>Statusonderkenning</b> door de verkeersdeelnemer	Vermogen om taakbekwaamheid te kunnen inschatten

Tabel 1 Duurzaam Veilig-principes (Wegman en Aarts, 2005)

De werkvelden waarbinnen deze principes kunnen worden opgepakt zijn daarbij divers; voertuigveiligheid, intelligente transportsysteem, educatie, regelgeving en handhaving, snelheidsbeheersing en een veilige infrastructuur zijn een aantal belangrijke werkvelden.

Deze studie richt zich op de verbetering van de verkeersveiligheid vanuit het werkveld van een veilige infrastructuur, waarbij dit werkveld is ingekaderd tot (provinciale) wegen buiten de bebouwde kom (bubeko) met een snelheidslimiet van 80 kilometer per uur. Van alle dodelijke en ernstige ongevallen vindt respectievelijk ongeveer 50% en 30% op dit type wegen plaats. Dit type wegen vormt dus een belangrijke categorie in de verbetering van de verkeersveiligheid om de doelstellingen te kunnen halen.

De verbetering van de verkeersveiligheid van deze wegen is de verantwoordelijkheid van de wegbeheerders. Hiertoe hebben zij gereedschappen nodig om onveilige situaties te detecteren en de effecten van verkeersveiligheidsmaatregelen en ontwerpalternatieven van nieuwe wegen of wegaanpassingen te kunnen schatten. Ongevalvoorspellingsmodellen (OVM) kunnen een dergelijk gereedschap zijn.

OVM's kunnen verschillende functionaliteiten bieden, bijvoorbeeld:

- het bepalen van de relatieve veiligheid van wegen in een netwerk en het identificeren van relatief onveilige wegen
- het schatten van de effecten van verkeersveiligheidsmaatregelen
- het vergelijken van de relatieve veiligheid van wegontwerpen
- schatten van de ongevallenfrequentie in de toekomst op basis van wegkenmerken

Welke functionaliteiten kunnen worden toegekend aan een OVM hangt echter sterk samen met de beschikbare gegevens voor de ontwikkeling van het model. De verzameling van gegevens blijkt in de praktijk een groot obstakel voor de ontwikkeling van OVM's. Vaak wordt onderzoek afgebakend op

basis van beschikbare gegevens, zoals ook het geval is geweest in dit onderzoek. In dit geval is het onderzoek in een later stadium afgebakend naar het onderzoeken van bermongevallen op basis van het ontbreken van voldoende gegevens voor een breder modelonderzoek. Het hierbij geformuleerde onderzoeksdoel luidt: De ontwikkeling van een OVM van bermongevallen op bubeko 80 wegen op basis van bestaande of nieuwe data.

De oorspronkelijke doelstelling was echter breder en tweeledig. Het eerste doel was de ontwikkeling van een OVM van bubeko 80 wegen ter ondersteuning van het ontwerpproces van bubeko 80 wegen. En gezien het feit dat de gegevensverzameling vaak een bottleneck vormt in dit type onderzoek, betrof de tweede doelstelling: De ontwikkeling van een nieuwe onderzoeksdatabase op basis van nieuwe databronnen.

Uit deze doelstellingen zijn twee hoofdvragen geformuleerd:

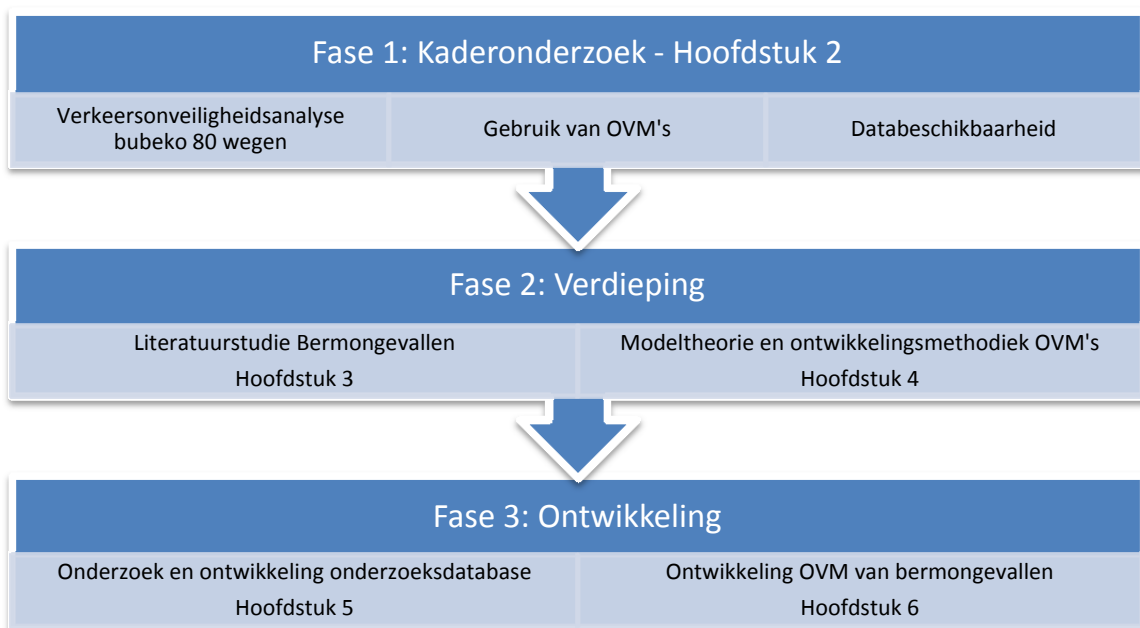
1. Op welke vragen ten aanzien van een verkeersveilig wegontwerp van bubeko 80 wegen dient het OVM antwoord te geven en wat is hiervan de haalbaarheid in de Nederlandse praktijk?
2. Wat zijn de mogelijkheden tot de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken, ongevalsdata en verkeersdata op basis van nieuwe databronnen?

Het uiteindelijke resultaat van dit onderzoek is de identificatie van potentieel waardevolle databronnen voor de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken en de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen op bubeko 80 wegen. Hoewel de oorspronkelijke doelstelling dus wellicht niet kon worden behaald, is met de ontwikkeling van een basis OVM van bermongevallen en de identificatie van nieuwe databronnen in dit onderzoek een stap gezet in de goede richting. Daarbij helpen de oorspronkelijke doelstelling en de identificatie van relevante ontwerp vragen in dit rapport, bij het aanduiden van de stappen die nog genomen moeten worden.

De structuur van het rapport staat kort beschreven in de leeswijzer.

## 1.2 Leeswijzer

De structuur van het rapport volgt de indeling van de onderzoeksfases, opgedeeld in drie fasen. Deze fasering is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Onderzoeksfasering

Hoofdstuk 2 beschrijft de eerste fase van dit onderzoek, het brede onderzoekskader, en verklaart de toespitsing van het verdere onderzoek op bermongevallen. Dit hoofdstuk behandelt de relatieve onveiligheid van bubeko 80 wegen en onzekerheden ten aanzien van de effecten op de verkeersveiligheid van de ontwerprichtlijnen van dit type wegen. Op basis van dit overzicht van relevante CROW ontwerprichtlijnen zijn 8 ontwerp vragen opgesteld, met betrekking tot de kwantitatieve effecten van de verschillende ontwerprichtlijnen. Vervolgens wordt het gebruik van OVM's geïntroduceerd in paragraaf 2.4. De daarvoor benodigde data en de beschikbaarheid daarvan in de praktijk komt aan bod in paragraaf 2.5. In de conclusie van hoofdstuk 2 in paragraaf 2.6, wordt het onderzoek verder afgebakend.

In het vervolg op de afbakening in hoofdstuk 2 biedt hoofdstuk 3 een verdiepende analyse van bermongevallen, het eerste onderdeel van fase 2. Daarbij wordt het aandeel bermongevallen vergeleken met andere typen ongevallen. De nadruk in hoofdstuk 3 ligt op de analyse van de ongevalstoe-dracht en de identificatie van wegkenmerken die het ontstaan van bermongevallen beïnvloeden. Daarmee vormt dit hoofdstuk de basis voor de selectie van wegkenmerken die relevant worden geacht als modelvariabele in een OVM.

Hoofdstuk 4 behandelt de modeltheorie en ontwikkelingsmethodiek van OVM'S en vormt het tweede onderdeel van de fase 2. Dit hoofdstuk vormt daarmee de basis voor de bespreking van de modelontwikkeling in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 4 wordt de algemene vorm van OVM's geïntroduceerd. Daarnaast wordt de methodiek voor de kalibratie uiteengezet en worden verschillende statistische toetsingscriteria verklaard.

Hoofdstuk 5 behandelt de inventarisatie van de benodigde onderzoeksgegevens. Daarbij komen zowel de ontwikkeling van een nieuwe onderzoeksdatabase van wegkenmerken als de gebruikte SWOV Onderzoeksdatabase Wegkenmerken (SODBW) aan bod.

De modelontwikkeling staat beschreven in hoofdstuk 6. Deze bestaat uit een beschrijving van de exploratie van de data en de bespreking van een selectie van modelresultaten. Het hoofdstuk eindigt met een aanzet tot discussie op basis van het ontwikkelingsproces en de gevonden resultaten.

Ten slotte geeft hoofdstuk 7 een nabeschuiving van het geheel. Hierbij wordt een terugkoppeling gemaakt naar de hoofdvragen en wordt een aanzet gegeven voor verdere discussie.



## 2 Onderzoek naar de relatie tussen ongevallen en wegkenmerken

De verkeersonveiligheid van bubeko 80 wegen is een belangrijk aandachtspunt in de verbetering van de verkeersveiligheid van Nederland (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008). Om de verkeersveiligheid van dit type wegen te verbeteren dienen bestaande wegen te worden getransformeerd en nieuwe wegontwerpen van een hoog veiligheidsniveau te zijn. De gewenste verbetering van de verkeersveiligheid van bubeko 80 wegen vormt de basis van het kader van dit onderzoek. Het doel van dit hoofdstuk is het neerzetten van het kader van dit onderzoek, waarbij antwoord wordt gegeven op een aantal kadervragen.

- Verkeersonveiligheid van bubeko 80 wegen (paragraaf 2.1)
  - Hoe wordt verkeersonveiligheid gemeten?
  - Wat is de relevantie van de extra aandacht naar de verkeersonveiligheid van bubeko 80 wegen?
  - Hoe zijn verschillen in verkeersveiligheid tussen verschillende wegtypen te verklaren?
- Ontwerprichtlijnen (paragraaf 2.2 en 2.3)
  - Wat zijn de relevante ontwerprichtlijnen voor een verkeersveilig wegontwerp? (paragraaf 2.2)
  - Welke kennis ontbreekt nog die relevant is voor een efficiënt verkeersveiligheidsbeleid van bubeko 80 wegen? (paragraaf 2.3)
- Het gebruik van ongevalvoorspellingsmodellen (OVM's) (paragraaf 2.4)
  - Wat wordt verstaan onder OVM's?
  - Wat is de rol van OVM's in een efficiënt verkeersveiligheidsbeleid?
- Onderzoeksgegevens (paragraaf 2.5)
  - Welke gegevens zijn relevant voor de ontwikkeling van een OVM?
  - Waar liggen de knelpunten in de onderzoeksgegevens?

### 2.1 Relatieve onveiligheid van bubeko 80 wegen

Dit onderzoek is gericht op de verkeersonveiligheid van het wegtype bubeko 80 wegen. Een belangrijke reden voor de focus op bubeko 80 wegen is de relatieve onveiligheid van dit type wegen. Deze relatieve onveiligheid wordt in deze paragraaf in beeld gebracht aan de hand van een vergelijking van aantallen (geregistreerde) dodelijke en ernstige ongevallen op verschillende typen wegen en de expositie op deze wegen. Snelheidsverschillen en verschillen in het ontwerp van de infrastructuur worden aan het eind van de paragraaf genoemd als verklarende factor voor de verschillen tussen de verschillende wegtypen in de aantallen ongevallen. De paragraaf start echter met een blik op het meten van verkeersveiligheid. Een introductie in verkeersveiligheidsmaten is wenselijk voor de interpretatie van de gepresenteerde gegevens.

#### 2.1.1 Meten van verkeersonveiligheid

##### Verschillende maten van verkeersonveiligheid

Er zijn verschillende mogelijkheden voor het meten en classificeren van de veiligheid van een weg. Afhankelijk van het doel waarvoor een veiligheidsmaat wordt ingezet, wordt deze in verschillende eenheden uitgedrukt (SWOV, 2009c):

- Absolute aantallen verkeersongevallen
- Verkeersongevallen per kilometer wegvak - ongevallendichtheid
- Verkeersongevallen per voertuigkilometer – ongevalsrisico
- Aantal ongevallen per eenheid van de tijd - ongevallenfrequentie

De meest simpele meetschaal is het meten in absolute aantallen van verkeersongevallen. Deze is vooral geschikt voor het volgen van een trend in ongevallen en kan een eerste indicatie aanduiden van een probleemgebied.

De tweede meetschaal, het aantal verkeersongevallen per kilometer wegvak, wordt ook wel de ongevallendichtheid genoemd. Dit indexcijfer biedt het nodige inzicht bij het voeren van verkeersveiligheidsbeleid wanneer wordt gezocht naar een effectieve inzet van beschikbare middelen. Er mag immers in algemene zin verwacht worden dat verkeersveiligheidsmaatregelen een groter effect hebben op wegen met een hoge ongevallendichtheid dan op wegen met een lage ongevallendichtheid.

Het aantal verkeersongevallen per voertuigkilometer ten slotte is een ratio cijfer en wordt ook wel het ongevalsrisico genoemd (SWOV, 2009a)<sup>1</sup>. Deze kan worden beschreven aan de hand van de onderstaande vergelijkingen.

**Vergelijking 1** (M. Reurings et al., 2006)

$$\text{ongevalsrisico} = \frac{\text{aantal ongevallen}}{\text{expositie}}$$

**Vergelijking 2**

$$\text{expositie} = \text{intensiteit} \left( \frac{\text{vtg}}{\text{tijdseenheid}} \right) \times \text{weglengte (km)}$$

Deze maat biedt van de drie bovengenoemde maten het meeste inzicht in het verkeersveiligheidsniveau van een weg. Er wordt hier immers zowel rekening gehouden met de lengte van de weg, als ook het aantal gebruikers. Deze maat is daarmee interessant voor de individuele gebruiker die een veilige route zoekt voor de verplaatsing van A naar B. Deze maat is echter minder geschikt voor het stellen van prioriteiten in verkeersveiligheidsbeleid. Daarbij wordt immers gezocht naar het efficiënt terug dringen van het aantal ongevallen. Een hoog ongevalsrisico zegt niets over het aantal ongevallen dat op een weg plaatsvindt. Indien de expositie laag zal is het aantal ongevallen immers ook laag zijn. Het ongevalsrisico biedt daarmee dus geen inzicht in het totale effect van een verkeersveiligheidsmaatregel op een weg.

OVM's geven als uitkomst de ongevallenfrequentie, wat staat voor het absoluut aantal ongevallen op een wegvak in een bepaalde tijdseenheid. De ongevallendichtheid en het ongevalsrisico zijn hieruit af te leiden door het ongevalsrisico te delen door de lengte, dan wel de expositie.

### **Metten in ongevallen in plaats van slachtoffers**

Binnen dit onderzoek wordt gekeken naar het aantal verkeersongevallen en niet het aantal verkeersslachtoffers. Het aantal slachtoffers is afhankelijk van het aantal inzittenden. Omdat verkeersveiligheidsmaatregelen geen invloed hebben op het aantal inzittenden, maar wel op het aantal ongevallen is het aantal verkeersongevallen de relevante ongevalsmaat.

De verwachte impact op het onderzoek van deze keuze is beperkt. In dit onderzoek wordt immers de relatie tussen ongevallen en wegkenmerken onderzocht. Het aantal inzittenden speelt daarin geen rol. Deze gegevens zijn pas van belang wanneer de sociale en economische impact wordt onderzocht en wanneer gedrag wordt meegenomen als ongevalsoorzaak. Daarbij kan in het eerste geval nog worden gewerkt met een gemiddeld aantal slachtoffers per ongeval om de impact te beschouwen.

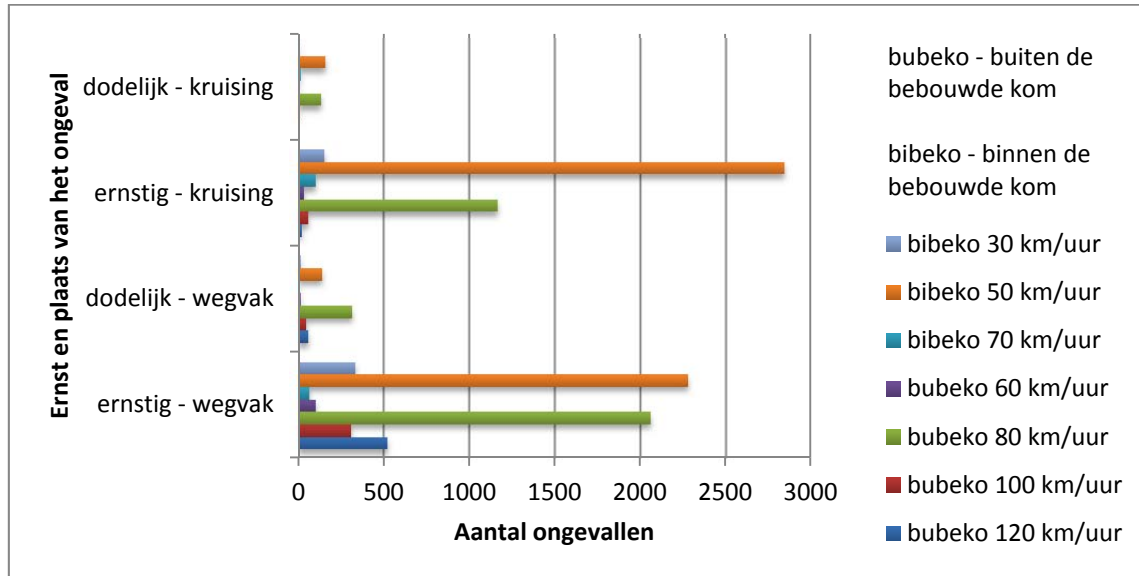
Ten slotte worden ongevallen ingedeeld in drie categorieën: dodelijke, ernstige en lichte ongevallen. Schadeongevallen (ongevallen zonder letsel) worden buiten beschouwing gelaten. Daarbij wordt onder ernstige ongevallen verstaan, een ongeval waarbij tenminste sprake is van een ernstig letsel met

<sup>1</sup> Het ongevalsrisico staat niet gelijk aan de kans op een ongeval.

ziekenhuisopname als gevolg. Een licht ongeval is een ongeval met enig letsel zonder dat sprake is van een ziekenhuisopname.

### 2.1.2 Ongevallenaandeel bubeko 80 wegen

Een groot aandeel van de dodelijke en ernstige ongevallen in Nederland vindt plaats op bubeko 80 wegen. Figuur 2 toont dit aantal ernstige en dodelijke ongevallen op bubeko 80 wegen ten opzichte van andere wegtypen.



Figuur 2 Het gemiddeld aantal ongevallen per jaar over de periode 1998-2002, per wegtype, ingedeeld naar de locatie en ernst van het ongeval. (Op basis van cijfers uit Wegman en Aarts, 2005)

De figuur toont grote verschillen in ernstige en dodelijke ongevallen tussen de verschillende wegtypen. Binnen deze studie zijn we vooral geïnteresseerd in ongevallen op wegvakken. Opvallend daarbij is het aandeel van bubeko 80 wegen binnen de categorie dodelijke ongevallen. Dit aandeel is groter dan alle dodelijke ongevallen op de andere wegtypen bij elkaar. Het verschil loopt daarbij op tot een factor 30 met bibeko 30 wegen.

Ook komt een groot aandeel van de ernstige slachtoffers voor rekening van bubeko 80 wegen. Het aandeel ernstige slachtoffers is alleen op bibeko 50 wegen nog hoger.

### 2.1.3 Relatieve onveiligheid van bubeko 80 wegen

Op basis van de verschillen in het aantal dodelijke en ernstige ongevallen komt een relatief onveilig beeld van bubeko 80 wegen naar voren. Om dit beeld te kunnen bekrachtigen dient de expositie te worden meegewogen. De expositie staat voor het aantal gereden voertuigkilometers. De verdeling die Goudappel heeft gemaakt op basis van cijfers uit het Nationaal Verkeersmodel (NVM) van 2004 geeft een indicatie van de expositie verdeeld over drie categorieën van type wegen (Brink et al., 2010). Tabel 2 toont de verdeling van de expositie, ingedeeld naar wegtypen en voertuigtype.

Aandeel Wegtype	Bibeko	Bubeko 60 en Bubeko 80	Bubeko 100 en bubeko 120	Totaal
Personenauto's	21%	36%	44%	100%
Bestelauto's	16%	32%	51%	100%
Vrachtauto's en trekkers	10%	20%	70%	100%

Tabel 2 Kilometrage aandeel per wegcategorie en voertuigcategorie (Bewerking op: Brink et al., 2010)

De verschillen in expositie tussen bibeko en bubeko 60 en 80 zijn klein in verhouding tot de verschillen in dodelijke ongevallen tussen deze typen wegen. Daar komt bovenop dat de expositie op bubeko 100 en 120 hoger ligt dan op bubeko 60 en 80 wegen, terwijl het aantal dodelijke ongevallen op bubeko 100 en 120 wegen ruim een factor 3 lager ligt. Dit bevestigt het beeld dat dat bubeko 80 wegen zowel absoluut als relatief onveilig zijn in vergelijking met andere typen wegen en dus een hoger ongevalsrisico van dodelijke en ernstige ongevallen hebben, dan andere wegtypen.

#### 2.1.4 Verklaring voor verschillen in verkeersveiligheid van wegtypen

De verschillen in het aantal ongevallen tussen de verschillende wegtypen, zijn op basis van de getoonde cijfers niet te verklaren uit verschillen in expositie. Het verschil in veiligheid tussen de verschillende wegen is een gevolg van de verschillen in snelheid, samenstelling van verkeer, uitwisseling en functie tussen de verschillende wegtypen.

##### Snelheidsverschillen

Snelheidsverschillen vormen een deel van de verklaring voor het verschil in dodelijke ongevallen tussen bibeko en bubeko 80 wegen. Dit is een gevolg van de impact van de snelheid op de letselernst van een ongeval.

In de periode 1998-2002 vonden er 17000 ongevallen meer plaats op bibeko wegen dan bubeko 80 wegen. Dit is een factor drie verschil (ongevalgegevens BRON). Van deze ongevallen betrof het merendeel echter lichte ongevallen<sup>2</sup>. Dat wil dus zeggen dat hoewel er meer ongevallen plaats vinden op bibeko wegen, de ongevallen op bubeko 80 wegen een relatief ernstige afloop hebben. Dit is het gevolg van de hogere snelheid op bubeko 80 wegen. Zo neemt de kans op een dodelijke afloop van een ongeval met een factor 20 toe, bij een botsnelheid van 80 km/uur in vergelijking met een botsnelheid van 30 km/uur (SWOV, 2009b).

De lagere snelheid op bibeko wegen maakt dus dat de kans op een dodelijke afloop van een ongeval ruim lager ligt.

##### Samenstelling verkeer

Ook de samenstelling van het verkeer heeft een belangrijke invloed op de verkeersveiligheid. Wanneer gemotoriseerd verkeer zich mengt met kwetsbare verkeersdeelnemers (fietsers en voetgangers), ontstaan potentieel gevaarlijke situaties. Dit komt veelvuldig voor op bibeko wegen en in mindere mate ook op bubeko wegen. Op snelwegen komt dit echter geheel niet voor.

Ook hangen cijfers van verkeersveiligheid sterk samen met de aan of afwezigheid van fietsverkeer. Uit recente cijfers blijkt dat ongeveer 50% van alle ernstig verkeersongevallen een fietser betreft (M.C.B. Reurings et al., 2012). Daarbij geldt dat het grootste aandeel fietsverkeer zich op bibeko wegen plaatsvindt, in mindere mate op bubeko wegen en in het geheel niet op snelwegen.

##### Functie

In Nederland worden drie hoofdtype wegen onderscheiden:

- Stroomwegen
- Gebiedsontsluitingswegen
- Erftoegangswegen

Stroomwegen zijn volledig gericht op de doorstroming van het verkeer. Stroomwegen zijn bubeko 100 en 120 wegen en bestaan voor het belangrijkste deel uit autosnelwegen. Deze zijn verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de totale verkeersprestatie van Nederland. En dat terwijl het aantal

<sup>2</sup> Ongevalscategorie; licht, met gewonden in BRON



kilometers snelweg slechts ongeveer 3,5% bedraagt van het totaal aantal kilometers aan wegen in Nederland.<sup>3</sup> Gezien de grootte verkeersprestatie die dit relatief kleine aandeel aan wegen levert, worden hogere functionele eisen gesteld aan het ontwerp van snelwegen om een goede doorstroming te garanderen. Deze functionele eisen komen zowel de doorstroming als de verkeersveiligheid ten goede.

Verschillen in de ontwerpeisen van wegvakken tussen snelwegen en bubeko 80 wegen zijn onder meer te vinden in de fysieke rijrichtingsscheiding, de boogstralen, de obstakelvrije afstand, de scheiding van langzaam verkeer en de berminrichting waaronder de bermverharding en de bermbeveiliging. Deze functionele eisen betreffen allemaal factoren die bijdragen aan het verkleinen van de kans op een ongeval en een slechte afloop daarvan. Het is daarom aannemelijk dat in het geval van autosnelwegen het ontwerp van de infrastructuur een belangrijke verklaring is voor het relatief lage aandeel dodelijk en ernstige ongevallen ten opzichte van bubeko 80 wegen

### **Uitwisseling en conflictsituaties**

In welke mate conflictsituaties voorkomen heeft te maken met de functie van de weg. Op stroomwegen is uitwisseling van verkeer op een wegvak niet toegestaan en enkel mogelijk op aansluitingen. Kruispunten, oversteken en erfaansluitingen komen hier niet voor. Dit minimaliseert het aantal conflictsituaties.

Erftoegangswegen, bibeko 30 en bubeko 60 wegen, zijn juist ingericht op uitwisseling van verkeer. Zo zijn bijvoorbeeld oversteken op wegvakken en erfaansluitingen toegestaan. Het aantal conflictsituaties is daardoor groot op dit type wegen. Dit heeft als gevolg dat de kans op een ongeval ook groter is. Doordat snelheden op dit type wegen laag zijn, is het aantal ernstige en dodelijke ongevallen in verhouding tot het totaal aantal ongevallen op dit type wegen echter toch relatief laag ten opzichte van bubeko 80 wegen.

## **2.2 Ontwerprichtlijnen van bubeko 80 wegen**

De richtlijnen voor het ontwerp van de weg worden in Nederland vastgelegd door het CROW. Deze vormen de basis van een veilig wegontwerp. Vanuit de ontwikkeling van de verkeersveiligheidsvisie Duurzaam Veilig zijn in 2002 nieuwe ontwerprichtlijnen ontwikkeld, ook voor bubeko 80 wegen (CROW 164c). Deze richtlijnen beschrijven de ontwerpelementen en maatvoering, waaruit de weg is opgebouwd.

Van de in deze paragraaf beschreven ontwerpelementen wordt een causaal verband verwacht tussen het element en de kans op een ongeval. Dat wil zeggen dat er wordt verwacht dat het vormgeven van de ontwerpelementen volgens de richtlijnen leidt tot een afname van de ongevalskans.

Inzicht in de correlatie tussen de vormgeving van ontwerpelementen en de ongevalskans is relevant in het ontwerpproces bij het maken van gewogen ontwerpkeuzes binnen de speelruimte van de ontwerprichtlijnen. De ontwerprichtlijnen geven echter onvoldoende inzicht in de correlatie tussen de ongevalskans en de ontwerpelementen uit het dwarsprofiel. Vraagstukken omtrent deze onduidelijkheden komen aan bod in paragraaf 2.3. Deze paragraaf (2.2) geeft een overzicht van relevant geachte richtlijnen ter voorbereiding op paragraaf 2.3.

Het eerste deel van deze paragraaf gaat in op de ontwerprichtlijnen zoals deze staan vermeld in CROW publicaties 164c en 202. Het tweede deel gaat in op de tussentijdse ontwerpoplossing voor het verbeteren van de herkenbaarheid van wegtypen zoals beschreven staat in de publicatie Richtlijn Essentiële Herkenbaarheidskenmerken van weginfrastructuur (EHK) (CROW publicatie 203).

<sup>3</sup> Berekend op basis van cijfers van de website <http://www.wegenwiki.nl/Nederland>

## 2.2.1 Elementen en maatvoeringen

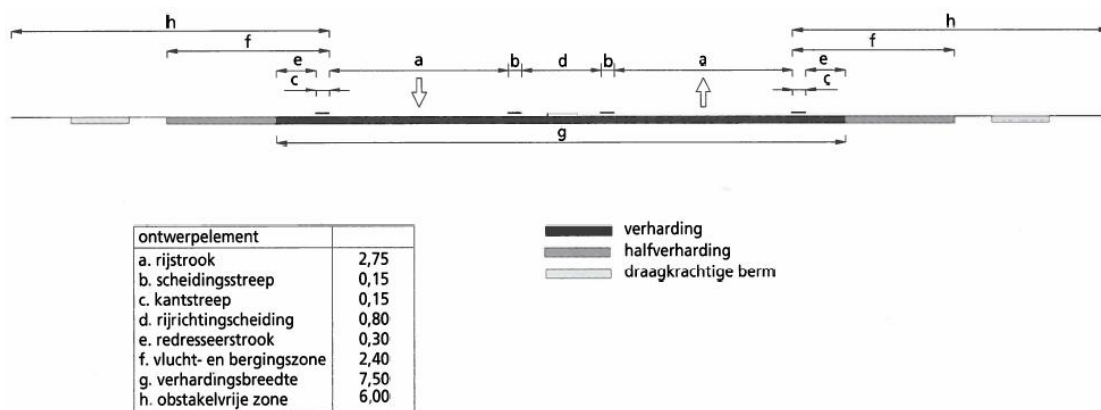
### Wegtype en normaal dwarsprofiel indeling

De ontwerprichtlijnen geven een duidelijke beschrijving van de elementen in het dwarsprofiel en de bijbehorende maatvoering<sup>4</sup>. Binnen deze richtlijnen worden twee wegtypen onderscheiden: Wegtype I, een 2 x 2 strooksweg met een fysiek gescheiden rijrichting en Wegtype II, een 1 x 2 strooksweg zonder fysieke rijrichtingsscheiding. De standaard dwarsprofielen zijn getoond in Figuur 3.



Figuur 3 Gebiedsontsluitingsweg Wegtype I en II (Bron: Globespotter; links N279 hm 71.8, rechts N296 hm 7.0)

Binnen dit onderzoek wordt alleen Wegtype II beschouwd, vanwege de grote totale weglengte van dit type bubeko 80 weg. Een schets van het normaal dwarsprofiel van een Wegtype II bubeko 80 weg is gegeven in Figuur 4. Dit betreft een schets van de basiselementen en maatvoering van een Wegtype II bubeko 80 weg.



Figuur 4 Normaal dwarsprofiel bubeko 80 weg, wegtype II (CROW, 2002)

### Rijrichtingsscheiding

Volgens de operationele eisen (CROW 116) van bubeko 80 wegen en de ontwerprichtlijnen (CROW 164c) dient de rijrichtingsscheiding van op bubeko 80 wegen van Wegtype II te worden vormgegeven als een dubbele asmarkering met een moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding. Deze moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding dient ongewenst inhaalgedrag te ontmoedigen, terwijl het nog altijd wel de mogelijkheid biedt aan hulpdiensten om passeerbewegingen te maken.

<sup>4</sup> De grondslag voor de verschillende elementen ligt in de operationele eisen vanuit Duurzaam Veilig. Zie Bijlage A voor de operationele eisen

Verschillende type moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheidingen zijn (Wegman en Aarts, 2005):

- Biggenruggen
- Flappen
- Richels
- Middenberm

De moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding is echter maar sporadisch toegepast in Nederland.<sup>5</sup> In veel gevallen is een rijrichtingsscheiding beperkt tot de dubbele asmarkering, zoals afgebeeld in Figuur 5.



**Figuur 5** Dubbele asmarkering Wegtype II gebiedsontsluitingsweg (Bron: Globespotter; N267 hm 2.2)

#### **Redresseerstrook**

De redresseerstrook heeft als doel om onbedoelde uitwijkingen van bestuurders op te vangen en deze de ruimte te geven om te corrigeren, zonder in de berm te belanden. De maximale maatvoering van de redresseerstrook in de richtlijnen is echter beperkt. De reden hiervoor is dat een te brede redresseerstrook hogere rij snelheden of ongewenst inhaalgedrag zou kunnen ontlokken bij bestuurders. (CROW, 2002)

#### **Vlucht- en bergingszone**

De vlucht- en bergingszone is bedoeld om veilig de auto tot stilstand te kunnen brengen in geval van nood. Daarbij dient voorkomen te worden dat een auto wegzakt, omdat dit tot onveilige situatie kan leiden. Daarom is het belangrijk om te voorzien in een vlucht- en bergingszone met voldoende draagkracht. Hiervoor kan een half-verharding worden aangelegd. Daarbij kan een half-verharding met voldoende draagkracht en wrijvingsweerstand tevens dienen als redresseerruimte, voor uit koers geraakte auto's. Hierbij geldt dat een gesloten verharding wordt gezien als ongewenst, in verband met het mogelijk ontlokken van snelheidsverhoging en ongewenst inhaalgedrag van bestuurders. (CROW, 2004a)

#### **Obstakelvrije zone**

De obstakelvrije zone is een gebied langs de rijstrook dat vrij dient te zijn van obstakels. Een obstakel kan worden omschreven als een voorwerp, beplantingselement of dwarsprofiелеlement dat bij aanrijding ernstige schade aan een voertuig en/of (dodelijk) letsel aan inzittenden kan toebrengen. Veel voorkomende obstakels zijn palen, lichtmasten, bomen, kasten, kunstwerken, geluidsschermen en abrupte hoogteverschillen. (CROW, 2004a)

<sup>5</sup> Op de onderzochte wegen kwam deze niet voor

Niet alle objecten in de berm worden gezien als obstakel. Dit betreffen botsveilige objecten die bij aanrijding een gering letselrisico opleveren. Er zijn bijvoorbeeld botsveilige objecten in de vorm van: Lichtmasten, verkeersborden, opsluitbanden en beplanting. Deze dienen dan wel te voldoen aan de eisen zoals beschreven in de norm NEN-EN 12767. (CROW, 2002)

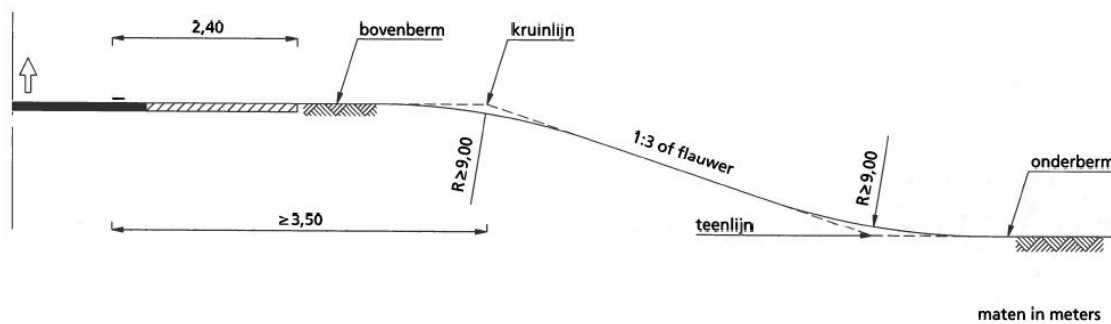
Het doel van de obstakelvrije zone is de reductie van het aantal ongevallen die het gevolg zijn van een botsing met een obstakel. Uit een studie van Schoon en Bos blijkt dat het aandeel boomongevallen op provinciale wegen afneemt van ongeveer 20% bij een obstakelafstand van 2,5 meter tot ongeveer 7,5% bij een obstakelafstand van 4,5 meter en ongeveer 5% bij een obstakelafstand van 6 meter<sup>6</sup> (zie Figuur 32, Bijlage B). (Schoon en Bos, 1983) Het CROW hanteert, gebaseerd op de resultaten van deze studie, 6,0 meter als gewenste richtlijn (ook wel de normaal breedte genoemd) en 4,5 meter als minimale richtlijn voor de breedte van de obstakelvrije zone.

Wanneer zich een obstakel binnen de gewenste obstakelvrije zone bevindt, dan wordt ook wel gesproken van een gevarezone. De gevarezone is een zone met obstakels die voor uit de koers geraakte voertuigen bij aanrijding ernstig letsel tot gevolg kunnen hebben. Parallele verkeersstructuren zoals een fietspad of een parallelweg vallen hier ook onder. (CROW, 2004a)

Taluds kunnen ook worden gezien als obstakel of gevarezone. Dit hangt af van de hellingshoek van het talud. Een steile helling vergroot het risico dat een auto over de kop slaat of zich met de neus in de grond boort of in het geval van een sloot in het water beland met de kans op verdrinking.

Een neerwaarts talud met een helling tussen de 1:7 en 1:10 wordt gezien als redelijk botsveilig. (CROW, 2004a) Dit type talud mag zich binnen de obstakelvrije zone bevinden. Het verdient dan wel de voorkeur een ruimere obstakelvrije zone toe te passen dan de normaalbreedte van 6,0 meter voor overige obstakels.

Van een talud met een hellingshoek tussen de 1:3 en de 1:7 dat zich binnen de obstakelvrije zone bevindt, zijn de lokale omstandigheden bepalend of deze tot gevarezone wordt gerekend of niet. (CROW, 2002) Figuur 6 beschrijft de geometrie van een relatief veilige bermrichting van deze situatie. Daarbij geldt dat een grotere obstakelvrije zone dan de normale maatvoering wenselijk is.

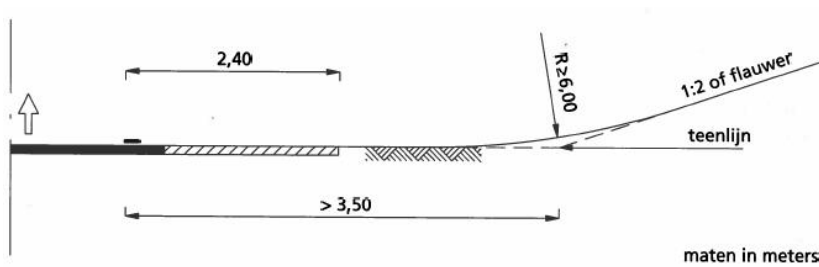


**Figuur 6** Veilige geometrie voor een neerwaarts talud met een helling tussen de 1:3 en 1:7 binnen de obstakelvrije zone (CROW, 2002)

Een neerwaarts talud met een helling steiler dan 1:3 wordt binnen de richtlijnen altijd gerekend tot obstakel. Dit dient dus niet voor te komen binnen de obstakelvrije zone. Hetzelfde geldt voor sloten of waterwegen met een steile helling en of waterdiepte van meer dan 1,0 meter.

<sup>6</sup> Dit verband was significant voor etmaalintensiteiten van meer dan 5000 mvt. Volgens een Amerikaanse studie uit 1981 die in CROW 202 wordt aangehaald, zou 80 – 90 % van de motorvoertuigen tot 10 meter de berm in rijden bij een snelheid van 100 km/uur met een reductie van 1,5 meter per 10 km/uur lagere rijsnelheid. Dit komt neer op een remweg van 7 meter. (zie Figuur 33, Bijlage B)

Voor opgaande taluds geldt dat deze binnen de richtlijnen worden gerekend tot obstakel wanneer de helling steiler is dan 1:2 of wanneer een onder-afronding ontbreekt. Een veilige geometrie van opgaande hellingen wordt gegeven in Figuur 7.



Figuur 7 Veilige geometrie voor een opgaand talud binnen de obstakelvrije zone (CROW, 2004a)

### Afwijkende maatvoering

De maatvoering in Figuur 4 betreft de volgens het CROW gehanteerde optimale, of gewenste maatvoering. Op een aantal elementen zijn afwijkende maten toegestaan. Deze mogelijkheden staan aangegeven in Tabel 3.

Ontwerpelement	Minimaal (m)	Gewenst (m)	Maximaal (m)
Verhardingsbreedte, g.	7,00	7,50	8,60
Rijstrookbreedte, a.		2,75	3,10 (bij meerdere rijstroken)
Rijrichtingsscheiding, d.	0,30	0,80	1,10
Redresseerstrook, e.	0,30	-	0,60
Obstakelvrije zone, h.	4,50	6,00	-

Tabel 3 Afwijkende maatvoering voor normaal dwarsprofiel Wegtype II (Verzameling van gegevens uit; CROW, 2002)

### Bochten

De berijdbaarheid van de boog staat in relatie tot de middelpuntvliedende kracht en het gewenst rijcomfort en is een functie van de ontwerpsnelheid, de verkanting en de zwaartekracht. De toegestane minimale boogstralen zijn toegespitst op deze bereikbaarheid. Het ontwerp van een veilige boog gaat echter verder en heeft een relatie met de detectie van de boog, het zicht in de boog, de overgang tussen rechtstand en boog, de opeenvolging van bogen, bochtverbreding en snelheidsverschillen tussen rechtstand en bogen. De richtlijnen voor het ontwerpen van bogen staan beschreven in CROW 164c.<sup>7</sup>

#### 2.2.2 Essentiële Herkenbaarheidskenmerken

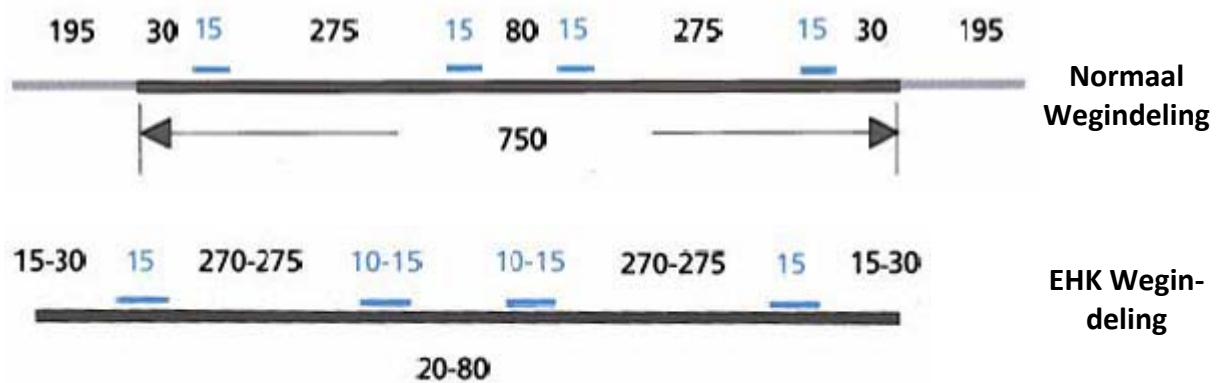
De visie Duurzaam Veilig heeft een duidelijk gevolg gekregen in de ontwerprichtlijnen, zoals vastgelegd in CROW 164c. Deze richtlijnen zijn echter bekritiseerd vanuit de vakwereld, waarbij de realiseerbaarheid en betaalbaarheid van het geheel in twijfel werden getrokken. (Wegman en Aarts, 2005, p. 86) In overleg met de vakwereld is daarom de EHK opgesteld als tussentijdse oplossing. Deze EHK heeft als doel het bevorderen van de herkenbaarheid van verschillende wegtypen om daarmee gewenst gedrag te stimuleren. (Wegman en Aarts, 2005)

De oplossing die de EHK biedt is een oplossing die realiseerbaar is op de korte termijn tegen lage kosten. De praktische basis van de EHK is een nieuwe wegindeling op basis van een nieuwe as- en kantmarkering en een versobering van de ontwerprichtlijnen van de rijbaan. De EHK geeft zelf echter al aan dat

<sup>7</sup> Indien wordt gesproken over bogen gaat het om bogen die de functie hebben om een gewenste hoekverdraaiing te bewerkstelligen. Bogen ter vervanging van rechtstanden met als functie het voorkomen van een te lage taakbelasting en het vasthouden van het attentieniveau van de bestuurder vallen hier niet onder en komen in de richtlijnen enkel voor bij het ontwerp van snelwegen.

deze gezien moet worden als een tussentijdse oplossing, die niet het niveau heeft van een Duurzaam Veilig wegontwerp (CROW, 2004b).

De belangrijkste versobering van de richtlijnen van het ontwerp van de rijbanen zijn de krappere dimensioneringsvoorschriften. Daarnaast zijn de moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding en de halfverharding niet in de EHK opgenomen. (CROW, 2004b) Verschillen tussen het normaal dwarsprofiel van Wegtype II en de EHK variant zijn in Figuur 8 aangegeven. Deze toont de verschillen tussen het normaal dwarsprofiel Wegtype II en de versoberde variant volgens de EHK.<sup>8</sup>



Figuur 8 Verschillen tussen de wegingdeling van een Wegtype II, normaal dwarsprofiel indeling (CROW 164c) en een EHK indeling (CROW 203. Bron figuren: CROW, 2004b)

In vergelijking met de genoemde afwijkingmogelijkheden (zie Tabel 3) suggereert de EHK een beperking van de breedte van de redresseerstrook, de rijstrook, de rijrichtingsscheiding en de belijning van de rijrichtingsscheiding. De minimale maat van het dwarsprofiel wordt daarmee teruggebracht naar 6,2 meter. Hoewel de EHK deze maatvoering suggereert als mogelijkheid, wordt daarbij het advies meegegeven de indeling niet volgens de minimale maten van alle afzonderlijke onderdelen uit te voeren.

Het effect op de verkeersveiligheid van de indeling van het dwarsprofiel volgens de EHK is niet bekend. Aangenomen mag worden dat deze minder veilig is dan het normaal dwarsprofiel, aangezien deze minder ruimte biedt voor fouten en correcties.

## 2.3 Ontwerp vraagstukken voor de verbetering van de verkeersveiligheidssituatie op bubeko 80 wegen

De ontwerprichtlijnen van de dwarsprofiel elementen zoals die besproken zijn in paragraaf 2.2 dienen de basis te vormen voor veilige bubeko 80 wegen. De gewenste verbetering van de verkeersveiligheid van de infrastructuur van bubeko 80 wegen zal voort moeten komen uit twee componenten: De transformaties van bestaande onveilige wegen en het veilig ontwerpen van nieuwe bubeko 80 wegen.

Het veilig ontwerpen van bubeko 80 wegen, is zowel van toepassing op het ontwerpen van nieuwe wegen als op herontwerpen van bestaande wegen. De ontwerprichtlijnen bieden de ontwerper een bepaalde mate van vrijheid bij het ontwerpen van het dwarsprofiel. Kennis over de correlatie tussen de dwarsprofiel elementen en het ongevalsrisico kunnen de wegontwerper helpen in het maken van een gewogen ontwerpkeuze ten aanzien van de verkeersveiligheid. De richtlijnen zijn echter onduidelijk in de effecten van deze keuzeruimte op de verkeersveiligheid.

<sup>8</sup> Ontbrekende elementen in het normaal dwarsprofiel Wegtype II in de figuur, blijven onveranderd en zijn daarom niet getoond.

Deze paragraaf behandelt een aantal ontwerpvragestukken die inhaken op hiaten in de kennis over het veilig ontwerp van bubeko 80 wegen. Deze vraagstukken raken veelal de richtlijnen van het ontwerp van bubeko 80 wegen (CROW 164c en 202) en de later opgestelde EHK (CROW 203), zoals aangegeven in de vorige paragraaf.

### 2.3.1 Ontwerp van het dwarsprofiel en de indeling van de wegverharding

De nieuwe ontwerprichtlijnen en de EHK schrijven een nieuwe indeling van de weg voor ten opzichte van oude situatie. Dit betekent dat de indeling van bestaande wegen moet worden herzien die niet aan deze nieuwe indeling voldoen. Deze herziening van de wegingdeling (en andere verkeersveiligheidsmaatregelen) is logischerwijs vaak onderdeel van het groot onderhoud of de reconstructie van een weg. Aanpassingen aan de wegverharding en aanpassingen aan de inrichting van de berm, met het oog op de verkeersveiligheid, kunnen dan worden gecombineerd met de benodigde onderhoudswerkzaamheden gericht op de kwaliteit van de wegen.

De herziening van de indeling van de wegverharding heeft betrekking op de volgende elementen uit het dwarsprofiel:

- Rijstrook
- Rijrichtingsscheiding
- Redresseerstrook
- Wegverharding

#### Variatie in de totale breedte van de wegverharding

De EHK vereisen een minimale verhardingsbreedte van slechts 6,2 meter. De standaard richtlijnen schrijven een minimale breedte voor van 7,0 meter, gewenste breedte van 7,5 meter en een maximale breedte van 8,6 meter (zie paragraaf 2.2). Daarbij zijn de onderbouwing van de dimensionering van het normaal dwarsprofiel en de effecten van alternatieve mogelijke maatvoeringen op de verkeersveiligheid slechts mager belicht in de richtlijnen. In veel gevallen ontbreken de kwantificering van beweerde effecten en literatuurverwijzingen ter onderbouwing. Het CROW biedt hiermee maar weinig houvast voor het maken van een afweging in de keuze van een aanpassing van breedte van de wegverharding.

De kosten van een kleine wegverbreding of versmalling zijn vrij hoog, als gevolg van aanwezige leidingen en benodigde wapening bij een geringe verbreding. Omdat deze kosten niet afgewogen kunnen worden tegen de effecten van een verbreding of versmalling op basis van de bestaande informatie vanuit het CROW, kiezen wegbeheerders veelal voor een herziening van de wegingdeling binnen de bestaande wegverharding. Daarbij valt ook niet te verwachten dat bij het ontwerp van nieuwe wegen strikt wordt vastgehouden aan de dimensies van het normaal dwarsprofiel.

Vraag 1 luidt daarom: Wat zijn de effecten op de verkeersveiligheid van een afwijking van de dimensionering van de wegverharding ten opzichte van het normaal dwarsprofiel?

#### Breedte van de verschillende elementen van de wegverharding

Binnen de richtlijnen van het CROW zijn verschillende dimensies mogelijk van de individuele elementen binnen de wegverharding. Een duidelijke onderbouwing van de dimensionering van deze verschillende elementen en de effecten van een afwijking daarvan ontbreekt echter.

Vraag 2 luidt daarom: Wat zijn de effecten van een afwijking van de dimensionering van de individuele elementen van de wegverharding uit het normaal dwarsprofiel?

### **Toepassing van de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding**

Binnen de verkeersveiligheidsvisie wordt de eis gesteld dat frontale conflicten op wegvakken met hoge snelheden en of intensiteiten dienen te worden uitgesloten (CROW, 1997). Vanwege de hoge snelheidslimiet is de kans op ernstig letsel is daardoor groot bij frontale ongevallen op bubeko 80 wegen.

Deze functionele eis is binnen de operationele eisen van Duurzaam Veilig vertaald naar een moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding voor dit wegtype (CROW, 1997). De moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding lijkt effectief te zijn in het ontmoedigen van ongewenst inhaalgedrag. In een Nederlandse studie naar de effecten op inhaalgedrag van strips en flexibele paaltjes (flappen) op bubeko 80 wegen, werd gedurende een meetperiode van 4 werkdagen niet meer ingehaald terwijl dit in de oude situatie met een dubbele asmarkering met tussenafstand van 90 cm nog 1 % van de voertuigen bedroeg (Pol en Janssen, 1998) . Het blijft echter fysiek wel mogelijk om van baan te wisselen. Baanwisseling kan plaatsvinden door een bestuurdersfout, externe factoren of opzettelijk. Frontale ongevallen kunnen dus niet worden uitgesloten, zoals wel het geval is bij een fysieke rijrichtingscheiding.

Naast beïnvloeding van het inhaalgedrag beïnvloedt de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding tevens andere vormen van het rijgedrag. Binnen hetzelfde onderzoek werd een reductie van 17% van de snelheidsovertredingen gemeten. Een mogelijke invloed op de laterale positie werd echter niet aangetoond ten opzichte van de dubbele asmarkering. Deze verandering in rijgedrag heeft ook gevolg voor andere typen ongevallen.

Ondanks dit resultaat wordt de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding maar sporadisch toegepast. Mogelijke factoren hierin zijn:

- Een te magere onderbouwing van het nut van de rijrichtingscheiding en het ontbreken van een verwijzing naar onderzoeken van de effecten van de rijrichtingscheiding
- Het ontbreken van een effectschatting op frontale ongevallen en andere ongevalstypen
- Het ontbreken van de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding in de EHK
- Onwil bij de wegbeheerders ten aanzien van een strikt regime op het inhaalverbod omdat zij willen dat inhaalmanoeuvres “vrij” mogelijk blijven voor hulpdiensten en het inhalen van langzaam verkeer<sup>9</sup> om stremmingen te voorkomen.
- Problemen ten aanzien van de dimensionering bij de inpassing in een bestaande verhardingsbreedte

Hieruit volgen de volgende vragen:

3. Wat is het effect van de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding op het aantal frontale ongevallen?
4. Wat is het effect van de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding op andere ongevalstypen?
5. Tot welke verhardingsbreedte is de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding in te passen met in achtneming van de minimale eisen aan de dimensionering ten aanzien van de overige verhardingselementen?

### **Onderlinge afweging van de dimensies van de elementen van de wegverharding**

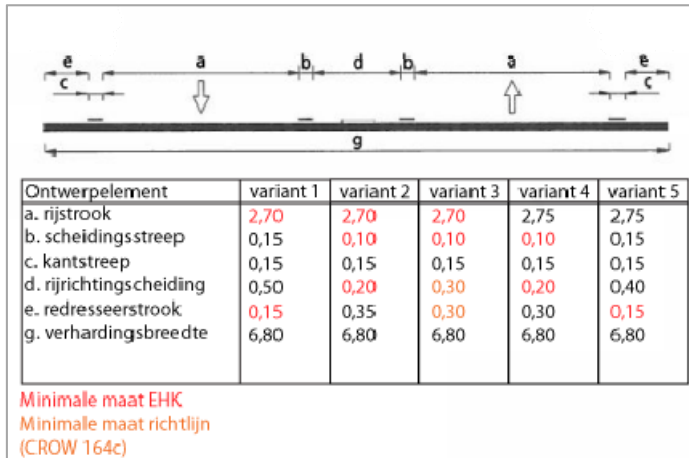
Wanneer de breedte van de wegverharding vastligt (zoals vaak het geval is bij de herziening van een bestaande weg) en deze krapper of ruimer is dan het normaal dwarsprofiel van 7,50 meter, dient een afweging te worden gemaakt ten aanzien van de variabele breedtes van de rijstrook, de rijrichtings-

<sup>9</sup> “Vrij” wil zeggen dat zonder fysieke problemen kan worden afgeweken van het regime. De hoogte is echter beperkt waardoor de moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding geen probleem vormt voor de hulpdiensten om verkeer te kunnen passeren.



scheiding en de redresseerstrook. De richtlijnen en de EHK bieden echter geen kader voor een dergelijke afweging met betrekking tot de effecten op de verkeersveiligheid.

Als voorbeeld toont Figuur 9 vijf dimensioneringsvarianten van een weg met een vaste verhardingsbreedte van 6,80 meter.



Figuur 9 Een aantal mogelijke varianten van een dwarsprofiel bij een vaste verhardingsbreedte van 6,80 meter

De verhardingsbreedte van 6,80 meter valt binnen de EHK, maar buiten de minimale dimensies van de ontwerprichtlijnen. De vijf varianten zijn gedimensioneerd op de volgende basis:

- Variant 1: Maximalisering van de rijrichtingscheiding bij een minimalisering van de rijstrookbreedte
- Variant 2: Maximalisering van de redresseerstrook bij een minimalisering van de rijstrookbreedte
- Variant 3: Minimalisering van de rijstrookbreedte
- Variant 4: Maximalisering van de redresseerstrook bij normale rijstrookbreedte
- Variant 5: Maximalisering van de rijrichtingscheiding bij normale rijstrookbreedte

De benodigde kennis ontbreekt om deze verschillende varianten op veiligheid te kunnen scoren. Niet alleen ontbreekt voldoende kennis over de individuele effecten van afwijkingen in de dimensies van de verschillende elementen, ook het effect van het totaal ontwerp van de wegverharding is onbekend. Wanneer bijvoorbeeld wordt aangenomen dat de uitvoering en dimensionering van de rijrichtingscheiding van invloed is op de laterale positie van de weggebruiker, heeft deze ook invloed op het effect van de redresseerstrook bij een gelijke dimensie. Wanneer de basispositie van de weggebruiker dichterbij de rand ligt, neemt de correctiemogelijkheid die wordt geboden door de redresseerstrook immers ook af.

Dit alles maakt het lastig voor ontwerpers om een verantwoording af te leggen aan een opdrachtgever die een onderbouwing vraagt van de verschillende ontwerpkeuzes.

Dit leidt tot vraag 6: Wat is het totaal effect op de verkeersveiligheid van de verschillende ontwerpkeuzes in het (her)ontwerp van de wegverharding?

### 2.3.2 Ontwerp van het dwarsprofiel en de berminrichting

De berminrichting wordt besproken in publicaties CROW 164c en 202. De EHK hebben hierop geen betrekking. Het ontwerp van de berm in het dwarsprofiel dient volgens de volgende principes worden vormgegeven (CROW, 2004a):

1. Voorkom dat een weggebruiker van de rijbaan raakt
2. Minimaliseer de kans op een ongeval bij het oprijden van de berm, zoals een botsing met een obstakel
3. Minimaliseer de kans op ernstig letsel

Hiertoe dient de berm een veilige zone te bieden om:

- Te kunnen redresseren of veilig in de berm tot stilstand te komen
- Een voertuig veilig te kunnen bergen in geval van pech en of nood

De volgende elementen dienen deze functie van de berm te waarborgen:

- Halfverharding: een duidelijk van de weg onderscheiden verharding die voldoende draagkracht en wrijving biedt om te kunnen redresseren of een voertuig veilig tot stilstand te brengen
- Draagkrachtige berm: een gestabiliseerde berm met voldoende draagkracht om insporing te voorkomen
- Obstakelvrije zone: zone vrij van bostgevaarlijke objecten
- Afschermingsconstructies: constructie die een veilige remvertraging garandeert, bedoeld om obstakels af te schermen en ernstig letsel als gevolg van een bermongeval te voorkomen

Dit leidt tot vraag 7: In welke mate dragen de verschillende elementen van de berminrichting bij aan het beperken van de kans op een ongeval en ernstig letsel?

### 2.3.3 Onderlinge invloeden van de ontwerpelementen van het dwarsprofiel

In de vorige twee sub-paragrafen zijn de wegingdeling en berminrichting apart behandeld. En hoewel deze beide een invloed op de verkeersveiligheid hebben, mag niet worden aangenomen dat de effecten van de variabelen uit deze twee groepen onafhankelijk van elkaar zijn.

De correlatie tussen deze twee groepen bestaat uit twee componenten:

- Aangepast rijgedrag aan de vormgeving van het dwarsprofiel
- Voorkomen van ongevallen en verlichten van letselernst

De volgende vraag is hiervan een voorbeeld: Is het effect van een obstakelvrije zone kleiner / gelijk / groter bij een wegverharding volgens de minimale EHK in vergelijking met het normaal dwarsprofiel?

Het meest aannemelijke antwoord is groter. De kans dat een bestuurder door een fout in de berm beland is immers groter wanneer de weg minder ruimte biedt voor een correctie van een stuurfout. Wanneer dit resulteert in een groter aantal weggebruikers dat de berm rijdt in vergelijking met het normaal dwarsprofiel, neemt het effect van de obstakelvrije zone dus toe.

Dit simpele voorbeeld maakt duidelijk dat het ontwerp van dwarsprofiel niet een optelsom is van individuele elementen maar een geheel.

De vraag die hieruit volgt is: Wat is het totale effect van de vormgeving van het dwarsprofiel op de verkeersveiligheid, rekening houdend met de onderlinge afhankelijkheid van afzonderlijke variabelen?

### 2.3.4 Belang van verder onderzoek naar de effecten en een onderbouwing van verkeersveiligheidsmaatregelen uit de richtlijnen

De waarborging en verbetering van de verkeersveiligheid is de taak van de wegbeheerder. Dit is geen eenvoudige taak. Wegbeheerders hebben veelal te maken met oude bestaande situaties, die niet aan de huidige richtlijnen voldoen. Transformaties van deze wegen zijn dan nodig om deze op te waarderen naar de nieuwe standaard. Het budget is daarbij echter veelal beperkt en ook zijn er omstandigheden waarbij het niet mogelijk of toegestaan is om de nodige ruimte vrij te maken om het wegprofiel te realiseren dat voldoet aan de richtlijnen.

Wegbeheerders zien zich daardoor vaak voor verschillende keuzes gesteld in te nemen maatregelen. Door een gebrekkige onderbouwing van veel van de richtlijnen en het ontbreken van inzicht in de effecten op de verkeersveiligheid van een transformatie is dit geen eenduidige en eenvoudige taak. De EHK lijkt daarbij de onduidelijkheid juist te verhogen, ook al is deze vooral bedoeld als tussentijdse oplossing voor het verbeteren van de herkenbaarheid van wegtypen. De EHK suggereert immers een beperking van de minimale dimensies van de richtlijnen voor een veilig ontwerp van de weg. De EHK lijkt daarmee de boodschap af te geven dat de richtlijnen ten aanzien van de dimensies van het normaal dwarsprofiel niet essentieel zijn voor een veilige weg. En hoewel de EHK wordt aangedragen als tussenoplossing, is het maar de vraag hoe hiermee omgegaan zal worden in de toekomst.

Verder onderzoek is dus belangrijk om een gewogen onderbouwing mogelijk te maken bij het maken van ontwerpkeuzes ten aanzien van de verkeersveiligheid. Zeker nu wordt gewerkt met één (krap) budget voor verkeer- en vervoerbeleid dat verdeeld dient te worden over verschillende posten, is inzicht in de effecten van verkeersveiligheidsmaatregelen belangrijk voor een verantwoording en of verruiming van het verkeersveiligheidsbudget.<sup>10</sup> Antwoorden op de in deze paragraaf gestelde ontwerp-vraagstukken kunnen leiden tot de benodigde inzichten in effecten van verkeersveiligheidsmaatregelen en ontwerprichtlijnen die de basis vormen voor een effectief verkeersveiligheidsbeleid.

## 2.4 Het gebruik van ongevalsvoorspellingsmodellen

Een OVM is een mathematische formule met de ongevallenfrequentie als afhankelijke variabele en een reeks onafhankelijke variabelen, waaronder wegkenmerken, gedragskenmerken en expositiekenmerken. Deze ongevallenfrequentie is het aantal ongevallen dat verwacht wordt binnen een gegeven periode op basis van de expositie op en kenmerken van een weg. Een OVM geeft daarmee inzicht in het veiligheidsniveau van een weg op basis van de toegepaste variabelen. Deze paragraaf schets een beeld van de toepassingsmogelijkheden van OVM's.

### Relatieve waardering van de verkeersveiligheidsprestatie van een weg of netwerk

Met een OVM kan de relatieve verkeersveiligheid van een wegvak worden bepaald. Twee relatieve veiligheidsindicatoren worden hier kort uitgelicht.

De eerste mogelijkheid betreft een vergelijking van de geschatte ongevallenfrequentie door het OVM van een weg met het werkelijk aantal ongevallen in dezelfde periode. Hiermee wordt de weg vergeleken met andere wegen met dezelfde kenmerken, gecorrigeerd voor de expositie.<sup>11</sup> De geschatte ongevallenfrequentie geeft in dat geval aan welk aantal ongevallen verwacht mag worden, gezien de expositie en de in het OVM verwerkte wegkenmerken. Een gelijk of lager aantal werkelijk aan ongevallen duid op een relatief veilige weg, gezien zijn expositie en wegkenmerken. Een hoger aantal ongeval-

<sup>10</sup> Sinds de invoering van de Wet Brede Doeluitkering (BDU) beschikken wegbeheerders over één door de overheid toegewezen budget voor de voorbereiding en uitvoer van een integraal verkeer en vervoerbeleid. Hieronder valt ook verkeersveiligheid, waar voorheen een apart budget voor werd toegewezen. Hoewel het er op lijkt dat hierdoor het bestede budget aan verkeersveiligheid is afgenomen, is niet gezegd dat daarmee de verkeersveiligheid afneemt. Een integrale aanpak biedt immers ook kansen voor verkeersveiligheid. (Goldenbeld et al., 2010)

<sup>11</sup> Dit betreft een impliciete vergelijking. De impliciete vergelijking volgt uit het kalibratieproces, waarbij de effecten van wegkenmerken op de verkeersveiligheid zijn geschat.

len duid op een relatief onveilige weg, wat niet uit de expositie en wegkenmerken is te verklaren. Daarmee wijst een hoger aantal werkelijke ongevallen dan de schatting van de ongevallenfrequentie op lokale omstandigheden die een hogere mate van onveiligheid tot gevolg hebben dan voor deze weg verwacht mag worden. In deze gevallen kunnen met behulp van een lokale veiligheidsanalyse de risicofactoren in kaart worden gebracht, die de basis kunnen vormen voor verkeersveiligheidsmaatregelen.

Een tweede mogelijkheid betreft een rangschikking van wegen op basis van de geschatte ongevallenfrequentie, de ongevallendichtheid en of het ongevalsrisico op basis van de geschatte ongevallenfrequentie. Een rangschikking van de wegen op basis van de ongevallendichtheid van een weg per wegvak kilometer kan een praktische basis vormen voor wegbeheerders voor het opstellen van een programma voor de verbetering van de verkeersveiligheid van hun wegennet. Van de inzet van financiële middelen voor de uitvoer van een bepaalde verkeersveiligheidsmaatregel wordt namelijk een groter effect verwacht op wegen met een hoge ongevallendichtheid.

Daarnaast kunnen vergelijkingen van wegen op basis van het ongevalsrisico en de ongevallendichtheid de veiligheid van wegen met een verschillend dwarsprofiel met elkaar worden vergeleken. Indien relevante modelvariabelen in het model zijn opgenomen, kunnen met behulp van OVM's de ontwerp-vraagstukken uit paragraaf 2.3 worden beantwoord.

De status van de cijfers uit het OVM als relatieve maat hangt samen met de kwaliteit de data. Onderzoek in Nederland heeft te maken met een daling van de ongevalsregistratie (dit wordt inhoudelijk besproken in hoofdstuk 5). Dat betekent dat slechts een deel van het werkelijk aantal ongevallen bekend is. Het gevolg hiervan is dat een gekalibreerd OVM niet een schatting geeft van het werkelijk aantal ongevallen, maar slechts van het geregistreerd aantal ongevallen. Een vergelijking van ongevals-schattingen van verschillende wegen geeft is dus een vergelijking van de geregistreerde ongevallen. Hoewel dit niet gelijk is aan het totaal aantal ongevallen is een relatieve vergelijking van het aantal ongevallen nog wel mogelijk, wanneer wordt aangenomen dat het effect van de onderregistratie van ongevallen gelijk is voor de verschillende wegen.

### **Veiligheidseffecten van dwarsprofiel-elementen**

Een OVM waarin dwarsprofiel-elementen expliciet als variabelen zijn opgenomen biedt inzicht in de effecten op de verkeersveiligheid van deze variabelen op basis van de parameterwaardes. De functie-vorm en de parameterwaarde geven samen aan hoe sterk de verkeersveiligheid van de weg verandert wanneer de variabele wordt aangepast en de andere variabelen gelijk blijven. Zo geeft een OVM waarin de bermbeveiliging expliciet is opgenomen dus aan hoe sterk het effect is van het aanbrengen van een bermbeveiliging op een weg, waar deze ontbreekt. Dit kan een waardevolle toepassing zijn in het ontwerpproces, waarbij inzicht in de effecten van een ontwerpkeuze gewenst is.

De bepaling van veiligheidseffecten van variabelen wordt verder inzichtelijk gemaakt in hoofdstuk 6, waar de modelresultaten van dit onderzoek worden besproken.

### **Voorspellend vermogen van een OVM**

Een OVM heeft ook de potentie om het aantal ongevallen in de toekomst te schatten. Dit is echter alleen mogelijk wanneer een model is gevalideerd voor het maken van voorspellingen. In de praktijk komt deze validatie maar zelden voor, waardoor dit type schattingen niet verantwoord is. (M. Reurings et al., 2006) Aangenomen wordt dat het ontbreken van validatie van de modellen een gevolg is van een tekort aan data voor een proces van model kalibratie en validatie.

## 2.5 Onderzoeksgegevens en afbakening

Om de ontwikkeling van een OVM mogelijk te maken zijn er in beginsel drie typen gegevens nodig:

- Gegevens van wegkenmerken: De karakteristieken van een weg, betreffende alle bovengrondse elementen en objecten in het dwarsprofiel inclusief attribuutwaardes zoals objecttype en dimensies
- Ongevallengegevens: Gegevens met betrekking tot het ongeval waaronder locatie, letselernst, aantal betrokkenen, type ongeval, tijdstip, weersomstandigheden, enzovoort
- Verkeersgegevens: intensiteiten, samenstelling verkeer, gereden snelheden, enzovoort

Om een statistische significante relatie tussen de ongevallenfrequentie en de verschillende variabelen te vinden, zijn voldoende betrouwbare gegevens benodigd. De verzameling van deze gegevens is echter een uitdaging voor dit type onderzoek. Uit een recent onderzoek naar de beschikbaarheid van gegevens voor dit type onderzoek bleek dat voor alle drie de typen gegevens geldt dat er problemen te verwachten zijn ten aanzien van de beschikbare hoeveelheid data, het detailniveau en de kwaliteit. (Schermers en Duivenvoorde, 2010). Daarom heeft een aanzienlijk deel van dit onderzoek gericht op de identificatie van databronnen en de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken. Dit onderzoek naar de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken staat beschreven in hoofdstuk 5.

Op basis van de binnen dit onderzoek uitgevoerde verkenning naar beschikbare gegevens bleek slechts een beperkte selectie aan wegkenmerken beschikbaar te zijn voor onderzoek. Op basis van de beschikbare gegevens is daarop besloten het onderzoek naar de ontwikkelingsmogelijkheden van OVM's toe te spitsen op bermongevallen.

Dit betekent dat directe antwoorden op de vragen ten aanzien van de ontwerprichtlijnen vooralsnog onbeantwoord blijven. Dit rapport zet echter wel de eerste stappen op een weg naar de beantwoording van deze vragen met het onderzoek naar de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken en het onderzoek naar de methodiek van de ontwikkeling van OVM's. Daarnaast levert een OVM gericht op bermongevallen inzicht in een van de belangrijkste ongevalstypen op bubeko 80 wegen.

## 2.6 Conclusie

Dit hoofdstuk is een weergave van het brede kader zoals dit in de eerste fase van het onderzoek is vormgegeven. Dit kader is opgebouwd uit de volgende facetten;

- Verkeersonveiligheid van bubeko 80 wegen (paragraaf 2.1)
- Ontwerprichtlijnen van bubeko 80 wegen (paragraaf 2.2 en 2.3)
- OVM's (paragraaf 2.4)
- Onderzoeksgegevens (paragraaf 2.5)

De analyse van de verkeersonveiligheid van bubeko 80 wegen wijst op de relatieve onveiligheid van dit type wegen. Deze relatieve onveiligheid duidt op het belang van extra aandacht voor dit wegtype in de verbetering van de verkeersveiligheid in Nederland.

Uit de bespreking van de ontwerprichtlijnen (paragraaf 2.2) komt naar voren van welke ontwerpelementen een causaal verband wordt verwacht met de ongevalskans:

- De dimensies en indeling van de wegverharding
- De rijrichtingsscheiding
- De redresseerstrook
- De vlucht- en bergingszone
- De obstakelvrije zone
- De vormgeving en aankondiging van bogen

De richtlijnen bieden echter onvoldoende inzicht in de effecten van de vormgeving van deze ontwerp-elementen in het ontwerp van een dwarsprofiel op de verkeersveiligheid. Hiaten in de kennis ten aanzien van de correlatie tussen het ontwerp van het dwarsprofiel en de ongevalskans zijn samengevat in de volgende ontwerp vragen:

1. Wat zijn de effecten op de verkeersveiligheid van een afwijking van de dimensionering van de wegverharding ten opzichte van het normaal dwarsprofiel?
2. Wat zijn de effecten van een afwijking van de dimensionering van de individuele elementen van de wegverharding uit het normaal dwarsprofiel?
3. Wat is het effect van de moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding op het aantal frontale ongevallen?
4. Wat is het effect van de moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding op andere ongevalstypen?
5. Tot welke verhardingsbreedte is de moeilijk overrijdbare rijrichtingsscheiding in te passen met in achtname van de minimale eisen aan de dimensionering ten aanzien van de overige verhardingselementen?
6. Wat is het totaal effect op de verkeersveiligheid van de verschillende ontwerpkeuzes in het (her)ontwerp van de wegverharding?
7. In welke mate dragen de verschillende elementen van de berminrichting bij aan het beperken van de kans op een ongeval en ernstig letsel?
8. Wat is het totale effect van de vormgeving van het dwarsprofiel op de verkeersveiligheid, rekening houdend met de onderlinge afhankelijkheid van afzonderlijke variabelen?

Antwoord op deze vragen is gewenst bij het stellen van prioriteiten in de transformatie van bestaande (onveilige) wegen en het maken van gewogen ontwerpkeuzes ten aanzien van de verkeersveiligheid. OVM's lijken een geschikt instrument voor het beantwoorden van deze vragen.

In de Nederlandse situatie kan met behulp van een OVM een schatting van het aantal geregistreerde ongevallen worden gemaakt, binnen een gegeven periode, op basis van de expositie en wegkenmerken. Daarmee kan de relatieve veiligheid van een weg worden bepaald, ten opzichte van andere wegen in een netwerk. Omdat de schatting wordt gebaseerd op basis van de expositie en wegkenmerken in plaats van ongevalslocaties, is het mogelijk een preventieve selectie te maken van relatief onveilige wegen. Daarnaast biedt het OVM inzicht in de correlatie tussen de ongevalskans en de modelvariabelen op basis van de parameterschattingen. Een OVM waarin de hierboven genoemde relevante ontwerp-elementen in zijn verwerkt kan daarmee de gevraagde inzichten bieden in de 8 gestelde ontwerp vragen.

De kwaliteit en kwantiteit van ongeval, verkeer en weggegevens bepalen echter in belangrijke mate het karakter en de mogelijkheden van het OVM. Op basis van een eerste analyse van de beschikbaarheid van deze drie gegevenstypen is aan het eind van de eerste fase van dit onderzoek geconcludeerd dat de ontwikkeling van een algemeen OVM van bubeko 80 wegen, dat de 8 gestelde ontwerp vragen zou kunnen beantwoorden, niet mogelijk was.

Van de berminrichting bleek de meeste gegevens van wegkenmerken beschikbaar. Daarom is besloten het vervolg van dit onderzoek, te richten op de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen en een onderzoek naar nieuwe databronnen om de mogelijkheden tot de ontwikkeling van een nieuwe onderzoeksdatabase van wegkenmerken in kaart te brengen.

Het eerste deel van de tweede fase van dit onderzoek, de verdieping, betreft een analyse van bermongevallen. Deze staat beschreven in het volgende hoofdstuk.

### 3 Analyse van bermongevallen

Dit hoofdstuk biedt een verdieping in de karakteristieken van bermongevallen op bubeko 80 wegen. Het doel van deze verdiepende analyse is om inzicht te verschaffen in de relevantie van de beschouwing van bermongevallen en het aanwijzen van wegkenmerken waarvan het redelijk is om aan te nemen dat deze een causale relatie hebben met bermongevallen. Daarvoor biedt paragraaf 1 een beschouwing van de statistieken van bermongevallen en de verhouding tot andere ongevalstypen. Paragraaf 2 beschrijft een analyse van ongevalskarakteristieken. En ten slotte geeft paragraaf 3 een analyse van bermongevallen aan de hand van ongevalsscenario's. Op basis hiervan worden in paragraaf 4 de wegkenmerken aangeduid die relevant worden geacht voor de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen.

#### 3.1 Analyse van bermongevallen

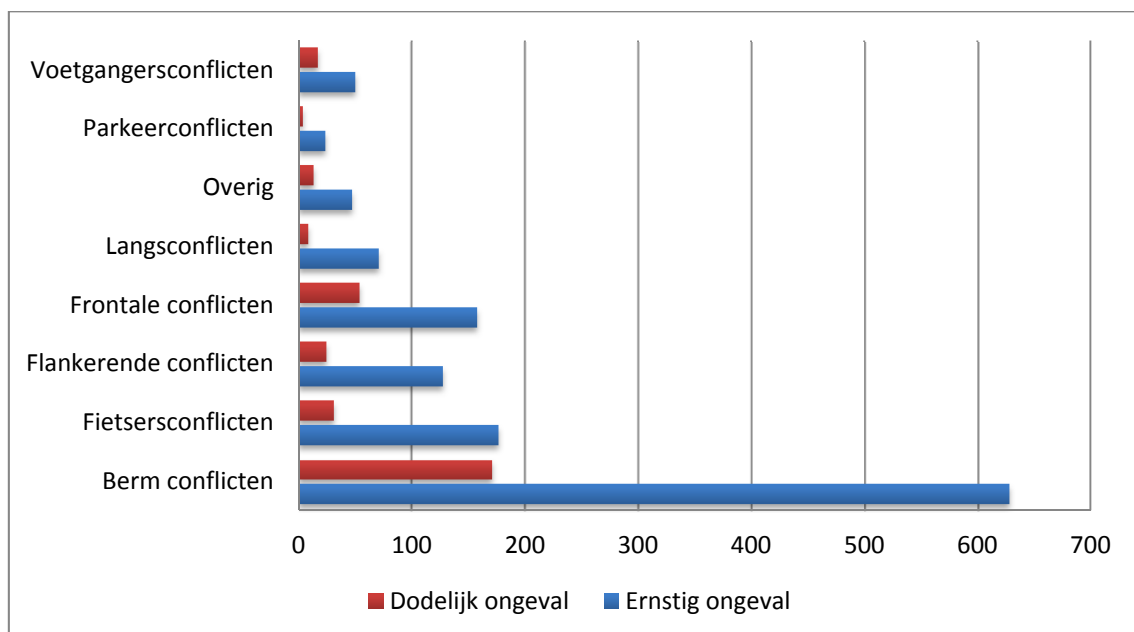
##### 3.1.1 Bermongevallen als belangrijkste veiligheidsprobleem op bubeko 80 wegvakken

###### Definitie Bermongevallen

Onder een bermongeval wordt verstaan een ongeval waarbij een voertuig in aanloop tot het ongeval van de weg en in de berm is geraakt. Binnen deze definitie is het niet van belang wat de eindpositie van het voertuig is (Davidse, 2011). Naast ongevallen die eindigen in de berm zoals een botsing met een obstakel, vallen aanrijdingen met een andere weggebruiker (we spreken dan van een meervoudig ongeval) ook onder deze definitie, indien deze zijn ontstaan doordat een voertuig terug komt uit een berm.

###### Ongevallencijfers

De analyse van ongeval cijfers ingedeeld naar conflicttypen leidt tot de overduidelijke conclusie dat bermongevallen het grootste veiligheidsprobleem vormen voor wegvakken van bubeko 80 wegen. Daarbij wordt berm conflicten in figuur 10 ongevallen bermongevallen bedoeld die eindigen in de berm.



Figuur 10 Het gemiddeld aantal dodelijke en ernstige geregistreerde ongevallen op bubeko 80 wegen voor heel Nederland over de periode 1998-2002, ingedeeld naar het type ongeval (op basis van BRON)

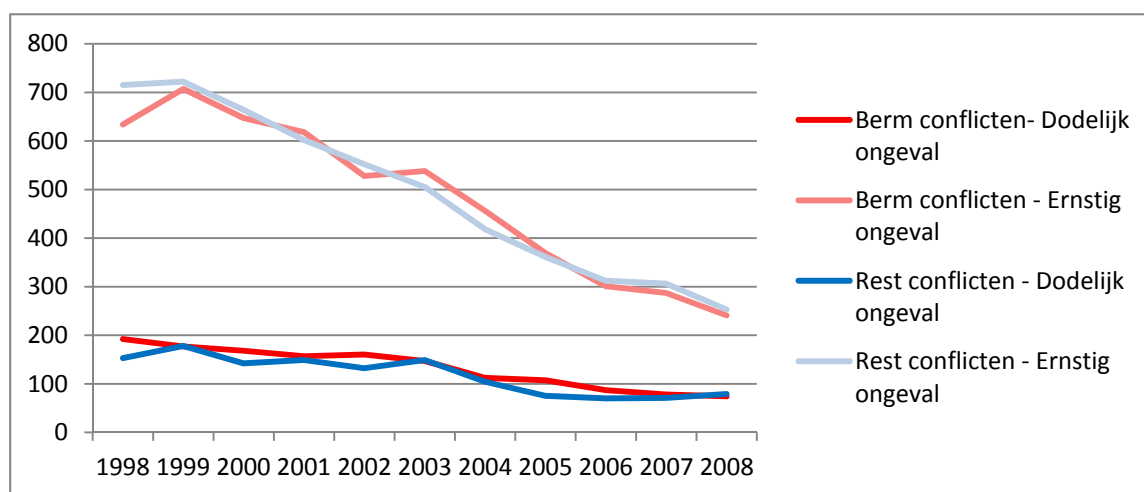
Op basis van de indeling naar conflicttypen in Figuur 10<sup>12</sup> is een top 4 van conflicttypen aan te duiden die samen goed is voor ongeveer 85% van alle ongevallen op wegvakken van bubeko 80 wegen:

- Berm conflicten - resp. 53% en 49% dodelijke en ernstige ongevallen
- Frontale conflicten - resp. 17% en 12% dodelijke en ernstige ongevallen
- Fietsers conflicten - resp. 10% en 14%
- Flankerende conflicten - resp. 8% en 10%

Het aandeel bermongevallen springt er daarbij duidelijk uit, met een aandeel van ongeveer 50% voor dodelijke en ernstige ongevallen. Daarmee vormen bermongevallen het meest urgente verkeersveiligheidsprobleem op bubeko 80 wegen.

### 3.1.2 Daling in het aantal ongevallen

Wat goed is om te constateren, is dat de verkeersveiligheid op bubeko 80 wegen de afgelopen jaren sterk is toegenomen. Dit is af te lezen uit de daling in het aantal ongevallen op bubeko 80 wegen.



Figuur 11 Trendlijn ongevalcijfers van enkelvoudige ongevallen en de rest van de conflicten op bubeko 80 wegen (op basis van BRON)

Figuur 11 toont de cijfers van dodelijke en ernstige ongevallen op bubeko 80 wegen over de periode 1998 – 2008. De bermongevallen zijn er daarbij uitgelicht. In deze periode is het aantal (geregistreerde) ongevallen<sup>13</sup>, van zowel dodelijke als ernstige ongevallen, meer dan gehalveerd ten opzichte van 1998. In deze periode is echter ook de registratiegraad van alle ernstige ongevallen gedaald van 73% naar 53% (M.C.B Reurings en Bos, 2011). De registratiegraad van dodelijke ongevallen daalde in diezelfde periode van 93% naar 90% (Vis et al., 2011). De daling van het werkelijk aantal enkelvoudige ongevallen kan dan veilig geschat worden op 1/3 voor ernstige ongevallen en ½ voor dodelijke ongevallen. Afgezet tegen een groeiende mobiliteit betekent dit dus nog altijd een flinke afname van het ongevalsrisico.

Wat verder opvalt, is dat voor zowel de dodelijke als de ernstige ongevallen de bermongevallen de helft van het totaal aantal ongevallen blijft bedragen. Daarmee blijven de bermongevallen door de periode heen duidelijk het grootste veiligheidsprobleem op de bubeko 80 wegen.

<sup>12</sup> De cijfers betreffen een bewerking op vanuit Cognos geëxporteerde geregistreerde ongevalcijfers. Dit betreffen BRON ongevalgegevens. De categorisering van de ongevalcijfers is opgenomen in bijlage A. Uit de selectie is af te leiden dat bermmanoeuvres die leiden tot een ander conflicttype hierin ontbreken. Het werkelijke aantal bermongevallen volgens de definitie is dus nog hoger. De overlap met andere conflicttypen is echter onbekend.

<sup>13</sup> De cijfers hebben betrekking op geregistreerde ongevallen. De registratiegraad schommelt echter over de periode. Dit betekent dat de cijfers geen absoluut beeld geven van het aantal ongevallen. Deze geven echter wel een goede indicatie van de trend, de daling die heeft plaatsgevonden en de verhouding tussen enkelvoudige ongevallen en andere conflicten.



## 3.2 Karakteristieken van bermongevallen

Om inzicht te verkrijgen in causale verbanden tussen het ontwerp van de weg en bermongevallen zijn ongevalskarakteristieken en het verloop van bermongevallen onderzocht. Deze identificatie van causale verbanden is de basis voor de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen, omdat de selectie van relevante wegkenmerken als variabelen van een OVM hierop wordt gebaseerd.

De beschrijving van de karakteristieken is voor een belangrijk deel gebaseerd op twee recente onderzoeken van de SWOV (Davidse, 2011; Davidse et al., 2011) naar bermongevallen in de provincie Zeeland en de regio Haaglanden en Hollands Midden, waarbinnen in totaal 86 ongevallen zijn geanalyseerd.<sup>14</sup> In beide onderzoeken is sprake geweest van een diepteonderzoek naar bermongevallen met eenzelfde opzet. Van de ongevallen die in de onderzoeksperiode hebben plaatsgevonden zijn gegevens verzameld van de situatie ter plekke via wegininspectie, van voertuigen via voertuiginspectie en van bestuurders en inzittenden op basis van interviews (zie Bijlage B voor een selectie van de onderzoeksgegevens betreffende de beide studies).

### 3.2.1 Ongevalskenmerken

#### Algemene kenmerken van bermongevallen

Een eerste belangrijke constatering ten aanzien van de beide dieptestudies naar bermongevallen van Davidse et al. is dat ruim 50% van de ongevallen plaats heeft gevonden op bukebo 80 wegen. De constateringen en conclusies binnen dit onderzoek zijn daarmee gebaseerd op een merendeel van ongevallen uit dezelfde categorie als de binnen dit onderzoek onderzochte ongevallen.

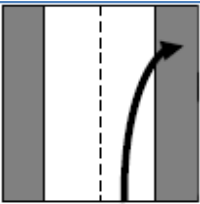
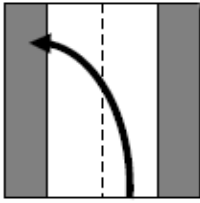
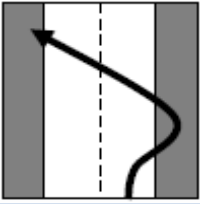
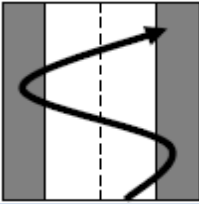

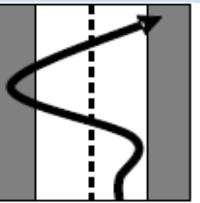
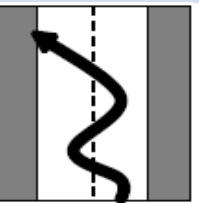
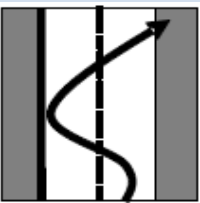

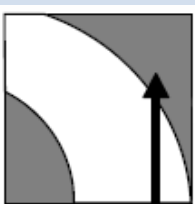
Een tweede belangrijke constatering ten opzichte van de algemene kenmerken is dat ongeveer de helft van de bermongevallen in bochten plaatsvindt. Ervan uitgaande dat het aantal kilometers aan bochten een aantal malen lager ligt dan rechtstanden, is de expositie in bochten ook een aantal malen lager dan op rechtstanden. De conclusie die daaruit kan worden getrokken is dat er relatief veel ongevallen in bochten plaatsvinden. Dit duidt op het belang om onderscheid te maken tussen rechtstanden en bochten in de ontwikkeling van een ongevalvoorspellingsmodel van bermongevallen.<sup>15</sup>

#### Manoeuvres tot de aanloop van een bermongeval

Om inzicht te verkrijgen in het verloop van een bermongeval zijn de voertuigmanoeuvres van bermongevallen uit het onderzoek in Zeeland en de regio Haaglanden en Hollands Midden geanalyseerd. Het resultaat hiervan is gepresenteerd in Tabel 4.

<sup>14</sup> De cijfers in deze paragraaf geven verschillende aantallen n. Deze verschillen zitten in de verschillen tussen aantal ongevallen, geanalyseerde ongevallen en betrokken voertuigen. Zie Bijlage B.

<sup>15</sup> Een tabel van de in de studie van Davidse et al. gevonden algemene kenmerken is beschikbaar in Bijlage B

Ongevalseverloop	Geanalyseerde bermongevallen (n=86)*
A. 	29 (34%)
B. 	13 (15%)
C.  D.  E. 	23 (27%)
F.  G.  H. 	6 (7%)
I. 	7 (8%)
J. 	3 (3%)
5 ongevallen (6%) vallen onder de categorie overig, waaronder een Y en T splitsing * n=86 betreft de sommatie van ongevallen uit beide onderzoeken van Davidse et al.	

Tabel 4 Ongevalseverloop van geanalyseerde ongevallen uit het onderzoek in Zeeland en de regio Haaglanden en Hollands Midden gesommeerd (bewerking van tabel 3.6 en 3.7 uit relatief Davidse, 2011; Davidse et al., 2011)

Hieruit is een aantal bevindingen op te maken welke belangrijk zijn voor de analyse van mogelijke maatregelen.

- In 60% van de gevallen beland de bestuurder rechtstreeks in de berm
- In 34% van de ongevallen vindt er een overcorrectie plaats alvorens de bestuurder in de berm eindigt of met een medeweggebruiker in botsing komt.

- In 11% van de ongevallen vindt het ongeval plaats doordat de bestuurder rechtdoor schoot in een bocht. Deze manoeuvre vindt twee keer vaker plaats in de binnenbocht dan in de buitenbocht.
- In 63% van de geanalyseerde bermongevallen kruist de bestuurder de baan van de tegengestelde rijrichting. Enkel bij ongevalsverloop type A en J is dit niet het geval.

Ondanks het hoge aandeel van kruisende bewegingen van de tegengestelde richting is het aandeel meervoudige ongevallen beperkt. Het aantal meervoudige ongevallen betreft slechts 8 van de totale set van 142, waarvan 5 met de tegengestelde rijrichting, 1 met dezelfde rijrichting en 2 met een voetganger of fietser langs de weg. Het aandeel ligt daarbij in Zeeland (4%) lager dan in de regio Haaglanden en Hollands Midden (11%). Dit kan te maken hebben met een lagere intensiteit op de wegen in Zeeland, waardoor de kans op een meervoudig conflict kleiner is. Dit duidt op regionale verschillen in het ongevalsrisico bij kruisende bewegingen.

### Ongevalsfactoren

Naast een onderscheid in het ongevalsverloop worden ongevalskennmerken onderscheiden die relatief vaak een rol spelen in het ontstaan en de afloop van het ongeval. Binnen de onderzoeksgebieden zijn de volgende ongevalskennmerken geïdentificeerd.

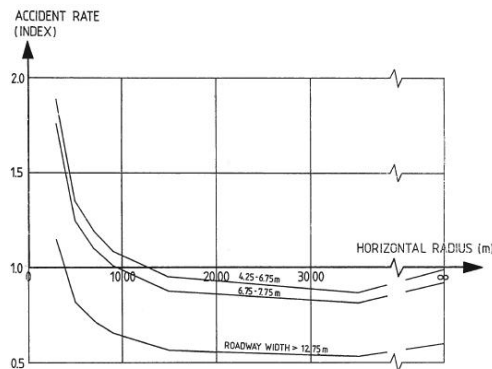
Kenmerken	Meest voorkomende ongevalskennmerken (% in totaal aantal van geanalyseerde ongevallen)*	
<b>Regio</b>	Zeeland (n=59)	Haaglanden en Hollands Midden(n=27)
<b>Algemene factoren</b>	Donker (7-19%)	Donker (4-11%)
	Nat wegdek (10-15%)	Nat wegdek (4-15%)
<b>Mensfactoren</b>	Afleiding (31-42%)	Afleiding (19-30%)
	Snelheid te hoog (27-47%) - te hard voor omstandigheden (10-25%) - bewust boven limiet (17-22%)	Snelheid te hoog (15-19%)
	Vermoeidheid (17-19%)	Vermoeidheid (7-19%)
	Alcohol (19-22%)	Alcohol (4%)**
	Beginnende bestuurder (10-15%)	Beginnende bestuurder (11%)
	<b>Voertuigfactoren</b>	Banden (2-7%)
<b>Wegfactoren</b>	Obstakelvrije zone te smal (41-42%)	Obstakelvrije zone te smal (44-52%)
	Talud te steil (34-37%)	Talud te steil (22-26%)
	Bocht: boogstraal te krap en/of niet (goed) aangekondigd (15-20%)	Bocht: boogstraal te krap en/of niet (goed) aangekondigd (11-15%)
	Snelheidslimiet te hoog voor categorie (14%)	-**
	Suggestiestrook / redresseerstrook te smal of niet aanwezig (10-14%)	Rijstrook en/of redresseerstrook te smal (11-26%)
	Semiverharding niet aanwezig of te smal (8-12%)*	Semiverharding niet aanwezig (19-26%)
* Het eerste getal tussen haken geldt voor die ongevallen waarvoor het (zeer) waarschijnlijk wordt geacht dat deze factor een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van het ongeval, het tweede getal voor alle ongevallen waarbij de betreffende factor een rol lijkt te hebben gespeeld, inclusief die waarover twijfel bestond tijdens de analyse van het ongeval.		
** Deze factor komt in de desbetreffende studie niet of niet vaak voor, wel in de andere studie.		

Tabel 5 De meest voorkomende ongevalskennmerken (Davidse et al., 2011)

De hier benoemde kenmerken kunnen dus worden aangeduid als relevante factoren in het ontstaan van een ongeval. Vaak is er echter geen sprake van één enkele oorzaak, maar is een ongeval een gevolg van een samenloop van omstandigheden. Deze worden besproken in paragraaf 3.3.

### Bochten

De studies van Davidse geven aan dat in 15-20 % van de gevallen een te krappe bocht de oorzaak was van het ongeval zie (Tabel 5). Bij welke bochtstraal dit het geval was wordt niet vermeld. Een Zweedse studie toont ook een sterke toename in het ongevalsrisico van bochten krappere dan 1000 meter, zoals zichtbaar in Figuur 12.<sup>16</sup> (Brüde et al., 1980; Hedman, 1989)



**Figuur 12** Index van het ongevalsrisico voor bochten met een bochtstraal  $r = x$ , ten opzichte van  $r = 1000$  m (Hedman, 1989)

Uit een onderzoek van Zegeer in de VS werd op basis van een inventarisatie van 10.900 bogen een vergelijkbaar verband gevonden tussen het ongevalsrisico, de verkeersintensiteit en boogstralen (Zegeer et al., 1990 in; Dijkstra, 1998). Uit beide onderzoeken volgt een verschil in het ongevalsrisico tussen bochten met een bochtstraal van 400 en 1000 meter van grofweg 40 % en bij krappere bochten loopt dit verschil sterk op. Hoewel de omstandigheden in Nederland anders zijn dan in beide beschouwde studies, is de orde van grote van dit verband mogelijk overeenkomstig. De minimale maat van 300 meter, zoals die staat opgenomen in de richtlijnen voor bubeko 80 wegen, lijkt dan relatief risicovol te zijn.

### Obstakels

Wanneer gekeken wordt naar de letselernst van de ongevallen blijkt de aanwezigheid van obstakels binnen de voorgeschreven obstakelvrije zone een belangrijke factor. Bij ruim 40% van de ongevallen was een te smalle obstakelvrijezone een belangrijke oorzaak in het ongeval. De dodelijke slachtoffers en ernstig gewonden (MAIS2+) waren in alle gevallen de oorzaak van een botsing met een obstakel binnen de obstakelvrije zone.

<sup>16</sup> In de studie is 35% van het hoofdwegennet geanalyseerd, waarvan 70% met een 90 km/uur snelheidslimiet.

Obstakel	Aantal en aandeel voertuigen van geanalyseerde ongevallen	
	Zeeland (n=60)	Haaglanden en Hollands Midden (n=30)
Boom	6 (10%)	7 (23%)
Sloot	14 (23%)	5 (17%)
Talud (zonder sloot)	5 ( 8%)	2 (7%)
Lichtmast	0 ( 0%)	1 (3%)
Totaal	25 (42%)	15 (50%)

Tabel 6 Obstakels die een rol hebben gespeeld in de ongevals oorzaak en de letselernst. De aantallen betreffen het aantal betrokken voertuigen bij de 59 en 27 nader bestudeerde ongevallen van de onderzoeksregio's Zeeland en Haaglanden en Hollands Midden

In welke mate dit verder een gevolg is van een te krappe boogstraal of andere factoren is niet eenduidig vast te stellen.

### Moment van de dag

Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat het ongevalsrisico verschilt voor het moment van de dag en de week. De relatie tussen de ongevalskans en de verkeersintensiteit over deze verschillende momenten van de dag en de week kan daardoor niet als constant kan worden aangenomen, zoals deze in veel OVM's is vormgegeven.

Uit statistisch onderzoek van Reurings en Janssen, naar de relatie tussen de verkeersintensiteit en het aantal verkeersongevallen, kwam naar voren dat de relatie tussen verkeersongevallen en verkeersintensiteit verschillend is voor de uren binnen en buiten de spits. Bij een gelijke weglengte en gelijke verkeersintensiteit voor vergelijkbare enkelbaans wegen werden op basis van een OVM 1,65 meer ongevallen binnen de spits voorspeld dan daarbuiten. (M.C.B. Reurings en Janssen, 2007b)

Schoon en Bos concluderen dat een onevenredig deel van de ongevallen tussen 21.00 en 07.00 plaatsvindt, gebaseerd op een hoog aandeel ongevallen en een geringe intensiteit binnen dit tijdsbestek. (Schoon en Bos, 1983). In een onderzoek naar enkelvoudige ongevallen bleek over de periode 2002-2006 36% van de enkelvoudige ongevallen in het weekend plaats te vinden en 46% tussen 19.00 en 7.00 (Kuiken et al., 2008).<sup>17</sup>

Davidse et al. constateerden dat in Zeeland respectievelijk 45% en 17% van de bermongevallen in de weekenden en de weekendnachten plaatsvond. En dat bij 20% van alle bermongevallen het feit dat het donker was en onverlicht een rol speelde. Bij deze ongevallen speelden ook vermoeidheid en of alcohol of drugsgebruik een rol (Davidse et al., 2011).

Uit deze onderzoeken blijkt dat de relatie tussen ongevallen en verkeersintensiteiten niet constant is over het moment van de dag en het moment van de week. Daarbij is het belangrijk om te constateren dat hier zowel algemene factoren, als mensfactoren als ook wegfactoren aan ten grondslag kunnen liggen.

## 3.3 Ongevallenscenario's

### 3.3.1 Ongevalscenario's

Het onderzoek van Davidse et al. legt de nadruk op de samenloop van omstandigheden die samen leiden tot het ongeval. Binnen het onderzoek worden deze aangeduid als ongevalsscenario's.

<sup>17</sup> Daarbij wordt aangenomen dat het overgrootte deel van de enkelvoudige ongevallen een bermongeval betreft

Het onderscheid naar scenario's kan helpen om een verband te leggen tussen de verschillende kenmerken die samen tot een verhoogd ongevalsrisico leiden. De ongevallenscenario's beschrijven onder meer karakteristieken van de bestuurder (bijv. geslacht en leeftijd), omstandigheden (bijv. weer, tijdstip, wegdek), de weg (bijv. bocht, rechtstand en berminrichting) en mensfactoren (bijv. te hoge snelheid, onder invloed en afgeleid). De onderscheiden scenariotypen van bermongevallen zijn als volgt benoemd:<sup>18</sup>

- Afleiding
- Tijdelijk niet in staat om te reageren
- Alcohol als belangrijkste aanleiding (alleen Zeeland)
- Risicovol rijgedrag
- Emotionele staat (alleen Zeeland)
- Weer- en wegconditie (alleen Zeeland)
- Uitwijken / Koers beïnvloed
- Verkeerde inschatting

### 3.3.2 Mensfactor

De scenario's wijzen erop dat een bermongeval een gevolg is van de som van lokale omstandigheden en wegkenmerken, tekortkomingen in het wegontwerp en menselijke factoren. Wat de scenario's laten zien is dat ongevallen met infrastructurele kenmerken zoals een krappe boogstraal, smalle obstakelvrije zone en of een smalle wegverharding voor het overgrote deel gepaard gaat met mensfactoren zoals vermoeidheid, afleiding en of onervarenheid. Een deel van deze ongevallen zou mogelijk voorkomen kunnen worden door een correctie van de menselijke fout. Het gaat daarbij in eerste instantie om het verhogen van het attentieniveau en het ruimte bieden aan correctie. (Davidse, 2011; SWOV, 2010)

Attentieverhogende wegkenmerken zijn bijvoorbeeld akoestische markering en rumble stroken zoals getoond in Figuur 13. Deze vormen van attentieverhogende maatregelen kunnen zowel in de kant, rijrichtingsscheiding of bochtaanduiding worden gebruikt.



**Figuur 13 Rumble strips (Bronnen van links naar rechts: Moloco, U.S. Department of Transportation, Just Drive PA)**

Ook kunnen bochten en het verloop ervan visueel worden aangekondigd met behulp van verlichting, bochtmarkering of met behulp van balises. Een voorbeeld van balises is gegeven in Figuur 14. De provincie Utrecht heeft met deze vorm van bochtmarkering positieve ervaring. (Lubbers, 2001)

<sup>18</sup> Zie bijlage B voor de beschrijving van de ongevalsfactoren per ongevalscenario. Een uitgebreide beschrijving van de scenario's is terug te vinden in de onderzoeksrapporten van Davidse et al. (Davidse, 2011; Davidse et al., 2011).



Figuur 14 Balises op de N201 (Bron: Google Streetview)

### 3.4 Conclusie

Resumerend kan nu gesteld worden dat bermongevallen het grootste verkeersveiligheidsprobleem op beboude 80 wegen vormen, gezien het ongevalaandeel van 50% van alle ongevallen met een dodelijke of ernstige afloop op dit wegtype.

Zowel de menselijke factor in ongevallen als het ongevalsverloop wijzen erop dat het bieden van correctieruimte en maatregelen die het attentieniveau verhogen, een positieve invloed kunnen hebben op de afloop of zelfs het voorkomen van een bermongeval. Uit de ongevallenscenario's blijkt immers dat een ongeval vaak ontstaat wanneer sprake is van een laag attentieniveau en of een onderschatting van de situatie. Daarnaast laat het ongevalsverloop zien dat in 34% van de gevallen een overcorrectie plaatsvindt vanuit de berm, voordat de manoeuvre in het daadwerkelijke ongeval eindigt.

Verder is gebleken dat de obstakelafstand een duidelijke factor is in het ontstaan en de afloop van bermongevallen. Uit het diepteonderzoek bleek immers dat in 40% van de bermongevallen een te kleine obstakelafstand één van de oorzaken was van het ontstaan van het ongeval. En dat in alle gevallen van een dodelijke of ernstige afloop een botsing met een obstakel daarvan de oorzaak was.

Ook lijkt het aandeel bermongevallen dat in een bocht plaatsvindt oververtegenwoordigd. In 11 tot 20% van de ongevallen lijkt een te krappe boogstraal of slechte aankondiging van de bocht een belangrijke factor te zijn.

De rijrichtingsscheiding lijkt daarentegen weinig relevant in het voorkomen van bermongevallen. Dit blijkt uit het lage aandeel bermongevallen waarbij een andere verkeersdeelnemer op dezelfde weg was betrokken (5 op de 142). Harde conclusies kunnen hier echter nog niet uit worden afgeleid omdat de provincie Zeeland waar het grootste deel van het onderzoek heeft plaatsgevonden wellicht niet representatief is voor andere provincies.

In relatie tot de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen betekent dit dat relevante modelvariabelen gerelateerd zijn aan wegkenmerken die betrekking hebben op:

- Correctieruimte: Een optelsom van de redresseerstrook, bermverharding en gevarezone (of obstakelvrije zone).
- Bochten
- attentieniveau verhoging en gevaar herkenning

Wegkenmerken die hierop betrekking hebben zijn onder meer:

- Wegbreedte en wegindeling
  - Rijstrookbreedte

- Redresseerstrookbreedte
- Bermverharding
- Obstakelvrije zone of obstakelafstand
- Boogstralen en bochtigheid
- Verlichting
- Attentiestroken zoals Rumble stroken

Van al deze wegkenmerken wordt verwacht dat zij een relevante invloed hebben op het ontstaan van ongevallen.



## 4 Ongevalvoorspellingsmodellen van bermongevallen

Dit hoofdstuk beschrijft het tweede onderdeel van fase 2 van dit onderzoek: Theorie en achtergronden van ongeval voorspellingsmodellen en een methodiek voor de ontwikkeling van een OVM. Het doel van dit onderdeel is de opzet van een format voor de kalibratie van OVM's en het vastleggen van toetsingscriteria voor het toetsen en waarborgen van de kwaliteit van het OVM. Daarvoor is op basis van literatuuronderzoek een algemeen geaccepteerde modelvorm geïdentificeerd. Deze staat beschreven in paragraaf 4.1, evenals de beschrijving van de HSM-methode; een praktische toepassingsvorm van OVM's. De basis van de kalibratie van OVM's wordt besproken in paragraaf 4.2, met de bespreking van het type data, de kansverdeling en de parameterschatting met behulp van de methode Generalized Linear Modeling. Paragraaf 4.3 en 4.4 beschrijven de criteria voor de kwaliteitscontrole en waarborging van het model. De methodiek voor de ontwikkeling van OVM's wordt samengevat in de conclusie in paragraaf 4.5.1. Omdat een algemene standaard voor de ontwikkeling van OVM's ontbreekt en er een aantal onzekerheden zijn geïdentificeerd, is in paragraaf 4.5.2 een aanzet gegeven voor discussie over de hier gepresenteerde benadering voor de ontwikkeling van OVM's.

### 4.1 Modelvorm

#### 4.1.1 Algemene modelvorm

In het verlengde van de in 2001 geformuleerde doelstelling van de halvering van het aantal dodelijke verkeersslachtoffers in Europa, is het RiPCORD-iSEREST<sup>19</sup> project opgestart. Binnen dit project is onder meer onderzoek gedaan naar OVM's als gereedschap voor het identificeren van het veiligheidsniveau van een weg en van het identificeren van variabelen die dit veiligheidsniveau beïnvloeden.<sup>20</sup>

Binnen het RiPCORD onderzoek is gezocht naar een algemene vorm voor OVM's. Uit een literatuurstudie met betrekking tot de theorie en een vergelijking van recente publicaties betreffende OVM's, komen zij tot de volgende vorm:

Vergelijking 3 - Algemene vorm OVM

$$E(\lambda) = \alpha Q^{\beta_q} L^{\beta_l} e^{\sum \beta_i x_i}$$

Daarin is  $E(\lambda)$  de verwachtingswaarde van het aantal ongevallen op een wegdeel in een bepaalde periode. Het effect van de intensiteit  $Q$  (meestal etmaalintensiteit)<sup>21</sup> en weglengte  $L$  worden daarbij gemodelleerd op basis van een te bepalen elasticiteitswaarde  $\beta$ . Ten slotte staat de som van de exponent voor een set van risicofactoren of wegkenmerken  $x_i$ , met een nader te bepalen parameterwaarde  $\beta_i$ . Deze factoren beschrijven het verband tussen de wegkenmerken en de ongevallenfrequentie, gecorrigeerd voor de invloed van de expositie. Dat wil zeggen dat wordt gekeken naar het effect van wegkenmerken op de ongevallenfrequentie, rekening houdend met het effect van de expositie op deze zelfde ongevallenfrequentie.

Verder geldt dat  $Q^\beta = e^{\ln(Q) \cdot \beta}$  en is te zien dat de vergelijking te schrijven is als:

Vergelijking 4 – OVM in de exponentiele vorm

$$E(\lambda) = e^{\sum \text{coefficienten} \cdot \text{variabelen}}$$

<sup>19</sup> Road Infrastructure Safety Protection – CoreResearch and Development for Road Safety in Europe; Increasing Safety and Reliability of Secondary Roads for a Sustainable Surface Transport. Dit is een breed gedragen onderzoek naar de effectiviteit van infrastructurele verkeersveiligheidsmaatregelen en het modelleren daarvan. Meerdere gerenommeerde onderzoeksinstituten op gebied van verkeersveiligheid uit verschillende landen hebben hieraan deelgenomen.

<sup>20</sup> Daarbij wordt op verschillende plekken benadrukt dat de gevonden relaties vaak niet als causaal verband kunnen worden aangenomen

<sup>21</sup> Daarbij is  $Q$  de gemiddelde etmaalintensiteit over een periode die gelijk is aan de beschouwde ongevalsperiode

De exponentiele vorm van dit algemene model volgt uit de aanname dat het aantal ongevallen op een weg een Poisson verdeling of Negatief Binomiale verdeling hebben. Dit zijn beide kansverdelingen uit de exponentiele familie, wat verder uitgediept zal worden in 4.2.

#### 4.1.2 Modelvariabelen

Studies naar de ontwikkeling van OVM's bevatten vaak data met veel verschillende wegkenmerken. In veel onderzoeken blijkt op basis van de data van de ruime set wegkenmerken, vaak maar een beperkt aantal kenmerken een statistisch significante relatie te vertonen met de ongevallenfrequentie. Ieder model bevat in elk geval een of twee variabelen voor de expositie. In elk geval bevat elk model de verkeersintensiteit en vaak ook de wegvaklengte als variabelen van de expositie (M. Reurings et al., 2006). Andere regelmatig terugkerende modelvariabelen zijn (zie bijvoorbeeld: Chin en Quddus, 2003; Lee en Mannering, 2002; M. Reurings et al., 2006):

- Aantal rijbanen of rijstroken
- Snelheidslimiet
- Wegbreedte of rijstrookbreedte
- Schouderbreedte en verhardingstype. De schouderbreedte is het beste te vergelijken met de redresseerstrook (harde schouder) en de semiverharde berm (softe schouder).
- Veiligheidsclassificatie van de berm
- Boog en Boogstraat
- Dichtheid toegangspunten
- Verlichting
- Rumble stroken

Daarbij wordt een model vaak toegespitst op een bepaald type weg en worden specifieke modellen ontwikkeld voor bogen (AASHTO, 2010; M. Reurings et al., 2006).

Dat de resultaten vaak lijken tegen te vallen ten aanzien van statistisch significante variabelen, kan onder meer een gevolg te zijn van:

- Te veel modelvariabelen en een te kleine dataset. Hoewel van de meeste hierboven genoemde variabelen een statistisch significant verband is gevonden in de kalibratie van een OVM met slechts enkele van deze variabelen, is dit niet gelukt voor een OVM waarin al deze variabelen binnen één model worden opgenomen. Er geldt: des te meer variabelen, des te groter de dataset dient te zijn (M. Reurings et al., 2006)
- Weinig variatie van de variabele binnen de dataset. In een dataset waarvan de wegen bij benadering even breed zijn zal geen verband tussen de breedte en de ongevallenfrequentie worden gevonden.
- Onderlinge afhankelijkheid van de variabelen binnen de dataset. Indien de breedte van de weg en de snelheidslimiet sterk met elkaar samen hangen (zoals veelal het geval), dan zijn deze niet geschikt om beide als variabele in het model op te nemen.
- Kleine wegvakken, met als gevolg een lage ongevals-kans en oververtegenwoordiging van nul-len in de database. (Lord et al., 2005)
- Lage registratiegraad van ongevallen

Daarmee rijst de vraag of de ontwikkeling van een OVM een praktische benadering is voor de evaluatie van de verkeersveiligheid van wegen en de effecten van verkeersveiligheidsmaatregelen. De Amerikanen hebben daarom een gecombineerde methode ontwikkeld, de HSM-methode, die in paragraaf 4.1.3 wordt behandeld.

### 4.1.3 De HSM-methode: Onderscheid naar basis model en modificatiefactoren

De toepassing van OVM's is het meest ver ontwikkeld in de VS. De Highway Safety Manual (HSM)<sup>22</sup> is het handboek van de HSM-methode voor wegbeheerders, met daarin een zeer uitgebreide beschrijving van de ontwikkeling en het gebruik van OVM's in de praktijk. Deze paragraaf geeft een kort overzicht van de HSM-methode, gebaseerd op de Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) en het Roadway Safety Design Workbook (Bonneson en Pratt, 2009).

Met behulp van de HSM-methode kunnen ongevallenfrequenties worden berekend waarmee de relatieve veiligheid van wegen, wegaanpassingen en nieuwe wegontwerpen kunnen worden bepaald. Kenmerkend van de HSM-methode is het onderscheid tussen een Safety Performance Function (SPF) en Crash Modification Factors (CMF). Een HSM-OVM heeft altijd de volgende vorm.

#### Vergelijking 5 – CPM in de HSM

$$N_{predicted} = N_{spf} \times (CMF_i \times \dots \times CMF_n) \times C$$

Waarin:

- $N_{predicted}$  = de voorspelling van de gemiddelde ongevallenfrequentie voor een specifiek jaar voor een weg(vak) van wegtype x,
- $N_{spf}$  = de voorspelling van de gemiddelde ongevallenfrequentie op basis van de basis (weg)kenmerken van de SPF ontwikkeld voor wegtype x
- $CMF_i$  = CMF van een specifiek kenmerk van de weg of verkeersregeling
- C = locatie specifieke kalibratiefactor

Binnen de HSM-methode worden verschillende wegtypen onderscheiden.<sup>23</sup> Het wegtype "rural two-lane, two-way road segments" heeft waarschijnlijk de meeste overeenkomsten met de hier beschouwde Nederlandse bubeko 80 wegen. Elk wegtype wordt gekenmerkt door:

- Een set basiscondities
- Een SPF die het effect van de ongevallenfrequentie en de verkeersintensiteit met de ongevallenfrequentie beschrijft voor wegen van het betreffende wegtype die voldoen aan de basiscondities. Deze SPF heeft dezelfde vorm als de in Vergelijking 3 beschreven algemene vorm van een OVM.
- Een lijst CMFs die de afwijking van de basiscondities voor het betreffende wegtype in rekening brengen bij het schatten van de ongevallenfrequentie.

De basiscondities van bijvoorbeeld het wegtype "rural two-lane, two-way road segments" zijn:

- |  |          |                                  |      |
|--|----------|----------------------------------|------|
| • Rijstrook breedte:                   | 12 feet  | • Vertical curvature:            | geen |
| (3,6 meter)                            |          | • Middenlijn rumble strook:      | geen |
| • Schouderbreedte:                     | 6 feet   | • Passeerstrook:                 | geen |
| (1,8 meter)                            |          | • Twee richtingen linksafstrook: | geen |
| • Schoudertype:                        | Verhard  | • Verlichting:                   | geen |
| • Wegkant gevaar rating:               | 3        | • Geautomatiseerde               |      |
| • Aansluitingen dichtheid:             | 5 / mile | snelheidshandhaving:             | geen |
| (8 / km)                               |          | • Verkanting                     | 0%   |
| • Horizontal curvature <sup>24</sup> : | geen     |                                  |      |

<sup>22</sup> Te weten: (AASHTO, 2010)

<sup>23</sup> Zie bijlage A.4 voor de in de HSM methode onderscheiden basis wegtypen. De rural two-lane, two-way roads met undivided segments komt het dichtste bij de bubeko 80 wegen die in dit onderzoek worden beschouwd

<sup>24</sup> Curvature is een variabele die staat voor de bochtigheid van een weg

Voor een weg van dit wegtype waarbij dezelfde basiscondities gelden, kan de ongevallenfrequentie worden bepaald op basis van de SPF. Alle CMFs hebben in dat geval de waarde 1. Een afwijking van deze basiscondities wordt echter niet op basis van modelvariabelen in rekening gebracht zoals eerder beschreven, maar wordt met behulp van de CMFs in rekening gebracht in het model van de HSM-Methode. De SPF van het wegtype “rural two-lane, two-way road segments” is bijvoorbeeld:

$$N_{spf} = ADDT \times L \times 365 \times 10^{-6} \times e^{-0,312}.$$

De CMFs betreffen dus geen echte modelvariabelen zoals de sommatie van  $\beta_i x_i$  uit de algemene vorm van het OVM (Vergelijking 3). Deze CMFs zijn afgeleid op basis van een synthese van publicaties, betreffende de effecten van een variatie van het beschouwde kenmerk (basisconditie) op de verkeersveiligheid. De CMF waarde van een basisconditie hangt daarbij af van de lokale omstandigheden. Dit kan het beste worden getoond aan de hand van een voorbeeld.

Shoulder Width	AADT (vehicles per day)		
	< 400	400 to 2000	> 2000
0 ft	1.10	$1.10 + 2.5 \times 10^{-4} (AADT - 400)$	1.50
2 ft	1.07	$1.07 + 1.43 \times 10^{-4} (AADT - 400)$	1.30
4 ft	1.02	$1.02 + 8.125 \times 10^{-5} (AADT - 400)$	1.15
6 ft	1.00	1.00	1.00
8 ft or more	0.98	$0.98 - 6.875 \times 10^{-5} (AADT - 400)$	0.87

Tabel 7 CMF “shoulder with” (Tabel 10-9; AASHTO, 2010)

Een voorbeeld van een CMF uit de HSM is gegeven in Tabel 7. Dit betreft de schouderbreedte, een wegkenmerk van Amerikaanse wegen die staat voor de breedte van de bermverharding inclusief de redresseerstrook. Uit de tabel is af te lezen dat de CMF een factor 1 bedraagt bij een breedte van 6 ft, de standaard breedte van dit wegtype. Voor andere dimensies is de CFM waarde te bepalen aan de hand van de dimensie en het AADT (Annual Average Daily Traffic – jaargemiddelde etmaalintensiteit).

De HSM-methode biedt daarmee niet zozeer een ‘state of the art’ OVM. Het OVM is eerder een basis OVM, waarbij de methode als geheel veel weg heeft van de VVR-GIS methode die door de SWOV is ontwikkeld. De waarde van de HSM lijkt eerder te vinden te zijn in de bundeling van kennis betreffende de verwachte effecten van variaties in wegkenmerken op de verkeersveiligheid en de praktische toepassingsvorm voor wegbeheerders, om op een relatief eenvoudige wijze een schatting van de ongevallenfrequentie te bepalen.

## 4.2 Modelontwikkeling

Een OVM dient te worden gekalibreerd op echte data om de ongevallenfrequentie  $E(Y)$  uit te kunnen drukken in een selectie van wegkenmerken en expositie  $x_i$  op basis van modelfactoren  $\beta_i$ . Daarvoor dient een regressie te worden uitgevoerd op basis van ongevallendata, welke de kenmerken van teldata heeft. Deze data wordt doorgaans benaderd op basis van de Poisson of Negatief Binomiale verdeling. De toegepaste techniek om de regressie uit te voeren is die van Generalized Linear Modelling (GLM). De kansverdeling wordt besproken in paragraaf 4.2.1, GLM wordt besproken in paragraaf 4.2.2.

### 4.2.1 Toepassing van de juiste kansverdelingen

Teldata, zoals ongevallendata, betreft een datatype waarin aantallen gebeurtenissen worden geteld, zonder dat er sprake is van een hiërarchie in de data. Deze vorm van data kan daarom per definitie geen negatieve waardes aannemen. Een kansverdeling geeft een beschrijving van de kans op een gebeurtenis. Van verkeersongevallen wordt dus vaak aangenomen dat de kans op een gebeurtenis te beschrijven is aan de hand van de Poissonverdeling, de Negatief Binomiale verdeling, of een variant op één van

deze. Dit zijn kansverdelingen afkomstig uit de exponentiele familie. De vorm van deze functie heeft de eigenschap dat deze altijd door de oorsprong gaat, wat past bij de eigenschappen van teldata.

### Poissonverdeling

De Poissonverdeling beschrijft de kans dat een  $k$  aantal gebeurtenissen plaatsvinden in een bepaald interval met een bepaalde tijd en of ruimte eenheid. Vertaald naar ongevalldata betekent dit dat op basis van de Poissonverdeling wordt gekeken naar de kans dat er  $k$  ongevallen plaats vinden op een wegvak in een bepaalde termijn van een aantal jaren.

De Poissonverdeling wordt gekenmerkt door de aanname dat de verwachtingswaarde en de variantie beide gelijk zijn aan het gemiddelde en dat deze gemiddelde waarde constant is.

Verwachtingswaarde	$E(\mathbf{Y}) = \mu$
Variatie	$Var(\mathbf{Y}) = \mu$

Daarin is  $\mathbf{Y}$  een vector is van het aantal ongevallen per wegvak, waarbij de vector is opgebouwd uit de componenten  $Y_1, \dots, Y_n$ , en  $\mathbf{y}$  een vector van gemeten waarden van  $\mathbf{Y}$ . Daarbij is  $\boldsymbol{\mu}$  een vector van gemiddelde waarden van vector  $\mathbf{Y}$ , opgebouwd uit de componenten  $\mu_1, \dots, \mu_n$ .

Modellen op basis van Poisson blijken echter veel last te ondervinden van overdispersie, met onbetrouwbare parameterschattingen als gevolg (Chin en Quddus, 2003; M. Reurings et al., 2006). Overdispersie wil zeggen dat de variantie veel groter is dan het gemiddelde. In de kalibratie van een OVM werkt dit zo uit dat indien sprake is van overdispersie het risico toeneemt dat een variabele onterecht als statistisch significant wordt aangemerkt. Toetsing van de statistische significantie van de modelparameters is daardoor in het geval van overdispersie minder betrouwbaar.<sup>25</sup>

### Negatief Binomiale verdeling

Wanneer een benadering van teldata op basis van de Poissonverdeling onderhevig is aan overdispersie, is de aanname van een constante variantie dus niet correct. In deze gevallen vormt de Negatief Binomiale verdeling een beter alternatief voor een benadering van de data.

De Negatief Binomiale verdeling beschouwt de kans dat een Bernoulli experiment<sup>26</sup>  $x$  keer faalt voordat een  $r$  aantal successen wordt behaald. Vertaald naar ongevalldata betekent dit dat er wordt gekeken naar de kans dat er  $x$  keer geen ongeval plaatsvindt op een wegvak voordat er  $r$  ongevallen hebben plaatsgevonden binnen de beschouwde ongevalsperiode.

De verwachtingswaarde is ook hier gelijk aan het gemiddelde. De variantie is dat echter niet. De verwachtingswaarde en het gemiddelde hebben de volgende kenmerken:

Verwachtingswaarde	$E(\mathbf{Y}) = \mu$
Variatie	$Var(\mathbf{Y}) = \sigma^2 = \frac{r \cdot (1-p)}{p^2} = \mu + \frac{1}{r} \cdot \mu^2$

### Poisson-Gamma verdeling

Een andere benadering leidt tot dezelfde functie. Deze benadering is als volgt: Op basis van de geconstateerde overdispersie wordt geconcludeerd dat de gemiddelde waarde  $\mu_i$  van een component  $y_i$  niet constant is. In plaats daarvan wordt aangenomen dat  $\mu_i$  een stochastische variabele is;  $\Lambda_i$ . Daarbij wordt aangenomen dat deze variabele te beschrijven is met behulp van de Gamma verdeling, waarbij

<sup>25</sup> De overdispersie van OVM's bleek uit de bestudering van verscheidene publicaties over OVM's op basis van de Poisson verdelingen. Prof.dr. J.J.F. Commandeur is geraadpleegd vanwege zijn expertise op gebied van statistisch onderzoeksmethodiek. Hij wees op de toenemende onbetrouwbaarheid van de statistische toetsing van de variabelen in geval van overdispersie.

<sup>26</sup> Een Bernoulli Experiment is een experiment met twee mogelijke uitkomsten, succes of falen. Waarbij de kans op falen gelijk is aan  $1-p$  met  $p$  de kans op succes en  $0 < p < 1$

$E(\Lambda_i) = \mu_i$  en  $\text{Var}(\Lambda_i) = v$ . Het resultaat van een uitwerking van de functiecombinatie van de poisson en gamma verdeling is de Negatief Binomiale verdeling met dezelfde verwachtingswaarde en variantie.

### Alternatieve kansverdelingsfuncties

Ongevallendata heeft de eigenschap dat het een significante hoeveelheid meer nulwaardes bevat, wegvakken zonder ongevallenregistratie, dan verwacht zou mogen worden op basis van het gemiddelde aantal ongevallen per wegvak binnen een bepaalde periode. Dit zou in het geval van modelfitting op basis van de Poisson en Negatief Binomiale verdeling kunnen leiden tot een onderschatting (Poisson) of een overschatting (NB) van het aantal nullen (Lord en Geedipally, 2011). Om dit op te vangen worden verschillende alternatieve kansverdelingen in de literatuur gepresenteerd. Deze zijn voornamelijk combinaties van de Poisson of Negatief Binomiale verdeling met een andere verdeling, waarbij combinaties met de Negatief Binomiale verdeling consequent beter scoren dan die met de Poisson verdeling. Verschillende varianten zijn onder meer; de random effect negatief binomiale (RENB) verdeling (beschreven in, Chin en Quddus, 2003), de “zero inflated” negatief binomiale (ZINB) verdeling (beschreven in, Lee en Mannering, 2002) en de Negatief Binomiale – Lindsey (NB-L) verdeling (beschreven in, Geedipally et al., 2012).

De RENB verdeling brengt een locatie specifieke factor  $\delta_i$  in rekening, vanuit de gedachte dat de invloed van wegkenmerken en intensiteit per locatie van elkaar verschillen op basis van factoren die niet in rekening gebracht (kunnen) worden. Daarvoor wordt  $\tilde{\mu}_i$  geïntroduceerd als locatiespecifieke verwachtingswaarde waarbij geldt dat  $\tilde{\mu}_i = \mu_i \delta_i$ . (Chin en Quddus, 2003) Zonder hier verder uitgebreid in te gaan op de functieverdeling is het verschil met de NB-verdeling dat er per locatie (of covariate groep) een random factor in rekening wordt gebracht. In de NB-verdeling wordt random factor in rekening gebracht die gelijk is voor alle locaties. De RENB verdeling zou een betere fit kunnen geven dan de NB-verdeling.

Het ZINB maakt gebruik van de aanname dat er twee staten bestaan waarin een wegvak zich kan begeven. Een normale staat en een veilige staat, waarin zo weinig of geen ongevallen plaats vinden in een bepaalde termijn dat deze als virtueel veilig worden beschouwd. Deze wegvakken worden beschouwd als zogenaamde ‘toegevoegde nullen’ aan de database. Deze methode geeft over het algemeen een betere fit van de data.

Er is echter kritiek op de methode omdat de empirische basis waarop de veilige staat wordt toegekend geen recht doet aan het daadwerkelijke proces dat zich afspeelt. Van een echte toegevoegde nul is bijvoorbeeld sprake in het geval dat de visvangst in een meer wordt gemodelleerd op basis van de variabele bezoekers. Een bezoeker die enkel komt zwemmen en nooit vist is een toegevoegde nul in dit experiment. De aanname dat wanneer er geen ongeval is gemeten op de weg in een bepaalde periode deze dus absoluut veilig is, lijkt theoretisch niet juist. Het kenmerk toegevoegde nul zou immers af te leiden moeten zijn uit de karakteristieken van de weg, waaruit zou blijken dat een ongeval niet mogelijk is.<sup>27</sup> In plaats daarvan wordt de ongevalskans als uitgangspunt genomen. (Lord et al., 2005) Gezien de zeer lage ongevalskans is het echter niet onwaarschijnlijk dat een wegvak een nul telt in een bepaalde periode. Lord et al. laten op basis van een simulatie zien dat een overschot aan nullen onder meer het resultaat kan zijn van wegvakken met zeer beperkte expositie, met als gevolg een zeer kleine kans op een ongevalsregistratie binnen de gestelde termijn. Hoewel modelkalibratie op basis van de ZINB-verdeling dus leidt tot een betere benadering van de ongevallendata (en dus een betere model fit) dan een kalibratie op basis van de NB-verdeling, leidt dit dus niet tot een beter model.

De NB-L verdeling is een zeer recent ontwikkelde verdeling voor het modelleren van teldata met een oververtegenwoordiging van nullen. In een vergelijk van Lord et al. lijkt de NB-L een betere fit te

<sup>27</sup> Zoals de bezoeker, die de eigenschap zwemmer heeft en de eigenschap visser mist.

bewerkstelligen dan de ZINB verdeling en dus ook de NB verdeling. Daarbij lijkt de NB-L verdeling geen theoretische problemen op te leveren zoals in het geval van de ZINB verdeling. De verdeling is echter nog volop in ontwikkeling en nog slechts een enkele keer toegepast. Er is dus nog maar weinig bekend over het toepassen van de verdeling in de praktijk en is ook nog niet geïmplementeerd in statistische software pakket zoals SPSS, SAS en R. (Geedipally et al., 2012; Lord en Geedipally, 2011)

### Conclusie

De Poisson verdeling en NB-verdeling worden beide veel toegepast in de kalibratie van modellen op basis van teldata. De Poisson verdeling is echter onderhevig aan overdispersie in het geval van teldata met een oververtegenwoordiging van nullen, waardoor een NB verdeling over het algemeen de te prefereren keuze is in het geval van de benadering van ongevalldata. Er zijn nieuwe verdelingen in ontwikkeling die een betere fit geven door op verschillende wijzen het probleem van een oververtegenwoordiging van nullen in de data aan te pakken. Van de RENB en NB-L verdeling zijn echter nog maar weinig toepassingen gedocumenteerd welke een handvat zouden kunnen bieden voor de opzet van modelfitting op basis van deze alternatieven. Deze hebben dan ook nog niet hun weg gevonden naar een implementatie in SAS of SPSS wat het testen van de verdelingen zou vergemakkelijken. De ZINB-verdeling die al wel is geïmplementeerd in R-statisticverdeling is echter ook niet bruikbaar in de kalibratie van OVM's. Hoewel een betere fit verkregen kan worden, neemt de verklaarbaarheid van de relatie tussen de ongevalskans en de modelvariabelen af, vanwege ongeldige theoretische aannames. Daarom wordt het model in dit onderzoek gekalibreerd op basis van de NB verdeling.

#### 4.2.2 Schatting van de parameters met behulp van GLM

Voor het schatten van de modelparameters van een OVM, wordt gebruik gemaakt van een Generalized Linear Model (GLM). GLM kan gezien worden als een generalisatie van het General Linear Model<sup>28</sup>, ontwikkeld voor niet-lineaire regressie, zoals de Poisson en Negatief Binomiale verdeling. Deze GLM bestaat uit drie onderdelen:

- Een lineaire voorspeller  $\eta_i = \sum x_{ij}\beta_j$  bestaande uit n verklarende variabelen  $x_{ij}$  en te schatten parameters  $\beta_j$
- Een link functie die het verband beschrijft tussen de verwachtingswaarde  $E(Y_i) = \mu_i$  en de lineaire voorspeller;  $g(\mu_i) = \eta_i$
- Een functie, afkomstig uit de exponentiele familie, die beschrijft hoe de variantie van Y afhangt van het gemiddelde  $\mu$ ;  $var(Y_i) = \phi \cdot V(\mu_i)$  waarin  $\phi$  staat voor de dispersie parameter.

Een GLM van de NB-verdeling heeft de volgende eigenschappen

- Lineaire voorspeller:  $\eta_i = \sum x_{ij}\beta_j$
- (canonical) Linkfunctie:  $g(\mu_i) = \eta_i = \log \frac{\mu_i}{\mu_i+k}$
- Variantie:  $Var(Y_i) = \mu_i + \frac{1}{k} \mu_i^2$

De kansverdelingsfunctie die wordt beschouwd, is de Poisson-Gamma verdeling, welke zoals eerder is aangegeven gelijk is aan de NB-verdeling.

Vergelijking 6 Poisson-Gamma kansfunctie

$$P(Y_i = y_i) = \frac{\Gamma(k + y_i)}{\Gamma(k)\Gamma(y_i!)} \left(\frac{k}{k + \mu_i}\right)^k \left(\frac{\mu_i}{k + \mu_i}\right)^{y_i}$$

<sup>28</sup> Wanneer GLM wordt gebruikt, wordt in dit rapport altijd verwezen naar Generalized Linear Model. General Linear Model wordt altijd voluit geschreven.

De parameters  $\beta_1, \dots, \beta_p$ , worden geschat op basis van maximum likelihood estimation (MLE). De maximum likelihood estimation is een methode om de parameters in een model te schatten, waarbij volgens een iteratief proces de modelparameterwaardes wordt gezocht waarbij de log likelihood,  $\ln \mathcal{L}$ , maximaal is. Met andere woorden: Met de MLE wordt gezocht naar die parameterwaardes van een model waarmee de beste mogelijke model fit wordt verkregen.<sup>29</sup> De log likelihood functie op basis van de Poisson-Gamma (of NB) verdeling is gegeven in Vergelijking 7.

Vergelijking 7 log likelihood functie van de Poisson-Gamma kansfunctie

$$\ln \mathcal{L}(\mu; \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n \ln f(\mathbf{y}_i; \mu_i) = \sum_{i=1}^n \ln \left( \frac{\Gamma(k + y_i)}{\Gamma(k) y_i!} \right) - (y_i + k) \ln \left( \frac{k + \mu_i}{k} \right) + y_i \ln \left( \frac{\mu_i}{k} \right)$$

SAS Enterprise wordt gebruikt voor de toepassing van de GLM-methode. Hierbij wordt gebruik gemaakt van GENMOD. Dit is de GLM functie van SAS.<sup>30</sup>

## 4.3 Modelvariabelen

### 4.3.1 Keuze van de variabelen

Een algemene vuistregel in de statistiek is dat een simpel model dat een goede beschrijving geeft van de data, de voorkeur verkrijgt boven dat van een gecompliceerd model (Dobson, 2002). Een gecompliceerd model is immers lastiger te interpreteren. Daarnaast neemt het risico op over fitting van de data en multicollineariteit toe met de toevoeging van variabelen aan het model. Daarom verdient het de aanbeveling om enkel die variabelen in een model op te nemen, waarvan op basis van literatuuronderzoek verwacht wordt dat deze een rol spelen in de ongevallenfrequentie.

Daarnaast is het van belang om rekening te houden met de verhouding tussen het aantal gebeurtenissen in de dataset en het aantal variabelen. Indien er verhoudingsgewijs te veel variabelen worden gebruikt is er een reële kans op onderschatting of overschatting van de parameterschatting van de variabelen. Bijleveld en Commandeur geven de aanbeveling van een minimale verhouding van 30:1 observaties (of eenheden) ten opzichte van variabelen in geval van logistische regressies (C. C. J. H. Bijleveld en Commandeur, 2009). Andere onderzoekers hanteren de vuistregel van een minimale verhouding van 10:1 gebeurtenissen (of registraties) ten opzichte van het aantal variabelen. (C.C.J.H. Bijleveld et al., in ontwikkeling) In hoeverre deze stelregels ook gelden voor niet-lineaire regressies is onzeker.

Ten derde verdient het de voorkeur om multicollineariteit<sup>31</sup> in het model zo veel mogelijk te voorkomen. Multicollineariteit staat voor het fenomeen dat de model variabelen een overlap hebben in de relatie met de afhankelijke, in dit geval de ongevallenfrequentie. Dit is bijvoorbeeld het geval met de wegbreedte en de rijstrookbreedte. De rijstrookbreedte is immers een onderdeel van de wegbreedte met waarbij deze ongeveer gelijk is aan de helft van de wegbreedte. Er is dus sprake van een sterk verband tussen de wegbreedte en de rijstrookbreedte. Wanneer deze zich beide in het model bevinden is niet na te gaan welk aandeel beide variabelen afzonderlijk hebben met de ongevallenfrequentie.

Het voorkomen van multicollineariteit kan op twee wijzen worden onderzocht. De eerste methode is het uitvoeren van een correlatieonderzoek. Daarbij worden twee variabelen tegen elkaar uitgezet en wordt onderzocht in welke mate de variabelen uit elkaar te voorspellen zijn. Deze werkwijze is echter enkel geschikt voor het vergelijken van continue variabelen of dummy variabelen. Deze verschillende

<sup>29</sup> In Bijlage C wordt de likelihood functie en MLE verder uitgelegd aan de hand van een voorbeeld.

<sup>30</sup> Andere statistische softwarepakketten zoals SPSS en R-statistics bieden vergelijkbare functiepakketten, zij het onder een andere naam

<sup>31</sup> Onderlinge afhankelijkheid van modelvariabelen



typen variabelen kunnen niet met elkaar worden vergeleken in een correlatieonderzoek. Ook is het niet mogelijk om nominale variabelen met elkaar te vergelijken. Omdat de onderzoeksdata veel nominale variabelen bevat wordt deze methode niet geschikt geacht voor dit onderzoek.

Een alternatieve methode is het stapsgewijs toevoegen van variabelen aan het model. Indien de parameterschatting en statistische significantie van de parameters in het model ongevoelig zijn voor het toevoegen van een nieuwe variabele kan worden gesteld dat variabelen in het model onafhankelijk van elkaar zijn. Deze werkwijze zal worden gehanteerd voor het toetsen op multicollineariteit in het model. Nadeel van deze methode is echter dat er geen toetsingswaarde is voor verandering in parameter en significantie waardes.

Het kan voorkomen dat twee variabelen die op basis van literatuuronderzoek zijn aangewezen als relevante variabelen een onderlinge afhankelijkheid vertonen. Het is dan aan de analist om een keuze te maken in het wel of niet toevoegen van de variabele.

### 4.3.2 Parameterschatting en significantie toetsing

Een eerste statistische toets die het model dient te doorstaan, is de toetsing op de statistische significantie van de variabelen. De toets op significantie is een toets die aangeeft of de gevonden relatie op toeval berust of niet. De nul hypothese  $H_0$  dat een variabele geen effect heeft maar op toeval berust, wordt verworpen wanneer de kans daarop afdoende klein wordt geacht. Toetsingswaardes voor significantie liggen tussen de 10% en 0,1% met bijbehorende p-waardes van 0,1 – 0,001. Indien de waarde lager ligt dan deze toetsingswaarde wordt de nul hypothese verworpen en kan de variabele als statistisch significant worden aangeduid. Daarbij schrijft de conventie een toetsingswaarde van 5% of lager voor te schrijven, voor het erkennen van een statistisch significant verband. De toetsingswaarde van 10% (of 0,1) wordt binnen de conventie gezien als een indicatief verband. Dit betekent dat het gevonden verband een indicatie is van het werkelijke verband, maar daar niet per se aan gelijk is. De significantie van variabelen kan ten slotte ook nog met sterren worden aangeduid waarbij één ster staat voor 5%, twee sterren voor 1% en drie sterren voor 0,1%. (bron: Wikipedia) De waardes kunnen worden bepaald met behulp van de Wald-statistics of Profile Likelihood.<sup>32</sup>

Daarnaast dient te worden gecontroleerd of de parameterschatting een logisch of verwacht verband aangeeft. Daarbij gaat het om het teken en de orde van grote van het geschatte verband. Indien een van beide niet aan de verwachting voldoet dient de dataset te worden gecontroleerd. Dit probleem kan bijvoorbeeld ontstaan wanneer het aantal observaties van de betreffende parameter te laag is. Een te laag aantal observaties van een parameter kan gemakkelijk leiden tot een min of meer toevallig verband met een over of onderschatting van de parameterwaarde als gevolg. Daarom verdient het opnieuw de aanbeveling om enkel die variabelen in een model op te nemen, waarvan op basis van literatuuronderzoek verwacht wordt dat deze een rol spelen in de ongevalsfrequentie en waarvan op voorhand een inschatting van het effect kan worden gemaakt.

## 4.4 Model Fit

De mate waarin het model de werkelijke data benaderd wordt getest op basis van de residuen, ofwel het verschil tussen de geschatte waarde op basis van het model en de gemeten waarden. Dit is de tweede statistische toets die het model dient te doorstaan. Op basis van de beschouwde literatuur kan worden gesteld dat daarbij de beschouwing van de model fit aan de hand van één enkel criterium niet volstaat, maar dat verschillende criteria dienen te worden beschouwd om tot een gewogen oordeel over de model fit te komen. De verschillende statistische toetsen voor de mate van de model fit van

<sup>32</sup> Profile Likelihood biedt in sommige situaties betrouwbaardere resultaten, maar vergt meer rekenkracht.

exponentieel verdeelde data die in dit onderzoek zijn beschouwd zijn de log likelihood ratio test en het Akaike's Information Criterion(AIC).<sup>33</sup>

#### 4.4.1 Likelihood ratio test

De eerste model fit test betreft de log likelihood ratio test. Daarbij wordt het verschil beschouwd tussen de log likelihood waarde van een nul model en het model onder beschouwing. Daarin is het nul model een model zonder variabelen en enkel één parameter, namelijk de intercept van het model ( $E(Y)=\beta$ ). Deze is dus in wezen het gemiddelde van de dataset. De likelihood ratio test geeft daarmee aan of het beschouwde model een beter benadering geeft van de data dan het gemiddelde.

De test waarde (C) van de likelihood ratio test wordt gevonden met behulp van de volgende vergelijking:

Vergelijking 8 likelihood ratio chi-kwadraat statistiek

$$C = -2(\ln \mathcal{L}_0 - \ln \mathcal{L}_i)$$

Er kan theoretisch worden aangetoond dat deze C waarde uit de  $\chi^2$  verdeling afkomstig is. Daarbij is het aantal vrijheidsgraden in deze test gelijk aan het aantal parameters in het beschouwde model min 1. Met het invullen van C en df in de chi-kwadraat verdeling kan de bijbehorende kanswaarde gevonden worden dat het beschouwde model op toeval berust. Indien deze waarde lager is dan 0,1 wordt in dit onderzoek aangenomen dat het model niet op toeval berust en er een statistisch significant verband bestaat tussen het model en de data.<sup>34</sup>

#### 4.4.2 Vergelijking van modellen

Naast het testen van de statistische waarde van het model ten opzichte van het nul model, dienen modellen ten opzichte van elkaar te worden vergeleken. Daartoe kunnen de log likelihood waardes van twee geneste modellen met elkaar worden vergeleken op dezelfde wijze als de vergelijking van een model met het nul model. In wezen betreft die test een bijzondere variant van de log likelihood ratio chi-kwadraat test. Algemeen geldt dus dat C  $\chi^2$  verdeeld is voor geneste modellen.

Van geneste modellen is sprake indien model  $M_1$  een model is bestaande uit p variabelen en  $M_2$  een model is bestaande uit p+q variabelen. Dan is  $M_1$  een model genest in  $M_2$ . In de test wordt C op dezelfde wijze bepaald als in de vergelijking van een model  $M_i$  met het nul model. Het aantal vrijheidsgraden in de test wordt gegeven door het verschil in parameters tussen de modellen.<sup>35</sup> Algemeen geldt in de vergelijking van geneste modellen dat indien de gevonden kanswaarde, behorende bij C en df, kleiner is dan 0.1, wordt aangenomen dat een betere model fit van het uitgebreide model niet op toeval berust.

De toepassing van deze methodiek vraagt een stapsgewijze opbouw van het model. Het basis model dat daarom als eerste is getest is een model met enkel de expositiekenmerken AADT en L als onafhankelijke modelvariabelen. Dit zijn immers volgens de theorie de belangrijkste variabelen in een OVM. Vervolgens zijn andere variabelen stapsgewijs toegevoegd en getest.

Let wel, deze methode is alleen van toepassing op geneste modellen. Een model bestaande uit variabelen  $x_1$ ,  $x_2$  en  $x_3$  kan niet op deze manier vergeleken worden met een model bestaande uit de variabelen  $x_1$ ,  $x_2$  en  $x_4$ .

<sup>33</sup> De bekende en veelgebruikte statistische toetsen Deviance en Pearson chi kwadraat test zijn bewust buiten beschouwing gelaten. Zie bijlage X voor een verklaring hiervoor.

<sup>34</sup> Hier gelden niet de gerapporteerde problemen voor de normale chi kwadraat test.

<sup>35</sup> Let op, dit is niet gelijk aan het verschil in variabelen.

### 4.4.3 Criterium voor het meest waarschijnlijke model

Het Akaike Information Criterium (AIC) is een maat voor het kiezen van dat model dat op basis van de beschikbare variabelen de 'beste' benadering vormt van de gemeten data. Dit beste model wordt niet gevonden door simpelweg alle variabelen op te nemen in het model die statistisch significant zijn. De toevoeging van variabelen brengt immers altijd het risico van overfitting met zich mee. Daarbij ontstaat de situatie dat het model de ruis in de data beschrijft in plaats van het verband met de werkelijkheid. Hoewel met de toevoeging van een variabele altijd een betere fit, ofwel hogere log likelihood waarde wordt gevonden, zegt dit dus niets over het verband met de werkelijkheid. Het AIC is een maat die de log likelihood ( $\mathcal{L}$ ) corrigeert voor het aantal parameters in het model. De AIC waarde wordt bepaald aan de hand van de volgende vergelijking:

Vergelijking 9 Akaike Information Criterium (AIC)<sup>36</sup>

$$AIC = -2 \ln \mathcal{L} + 2K$$

Daarin staat  $K$  voor het aantal parameters in het model en  $\mathcal{L}$  voor de log likelihood. In een serie van  $x$  modellen is het model met de kleinste AIC waarde het beste model. In een vergelijking van een serie van  $x$  modellen biedt het AIC dus een maat voor de toename van de waarschijnlijkheid<sup>37</sup>, gecorrigeerd voor de informatie die verloren gaat door de toevoeging van variabelen.

Voor kleine datasets is een tweede orde criterium opgesteld: Akaike Information Criterium corrected (AICc)

Vergelijking 10 AICc

$$AICc = -2 \ln \mathcal{L} + 2K + \frac{2K(K+1)}{(n-K-1)}$$

Daarbij gaat de tweede term naar nul indien de grootte van de dataset toeneemt.

De AIC (en AICc) waardes kunnen op twee simpele manieren worden vergeleken. De simpelste vorm is een absolute vergelijking tussen de AIC van een model  $M_i$  met het beste model.

Vergelijking 11  $\Delta AIC$

$$\Delta AIC = \Delta_i = AIC_i - \min AIC$$

Akaike weight ( $w_i$ ) is een relatieve maat die  $\Delta_i$  vergelijkt met de  $\Delta AIC$  van de hele serie van modellen.

Vergelijking 12 Akaike weight

$$w_i = \frac{e^{-2\Delta_i/2}}{\sum e^{-2\Delta_r/2}}$$

Daarbij staat  $w_i$  voor de kans dat model  $M_i$  het beste model is uit de serie. Ten slotte kunnen de  $w_i$  waardes ten opzichte van elkaar worden vergeleken met

Vergelijking 13 Evidence ratio

$$wr = \frac{w_j}{w_i}$$

Waarde  $wr$  geeft aan in welke mate model  $M_j$  waarschijnlijker is het juiste model te zijn dan model  $M_i$ . Daarmee is het bijvoorbeeld ook mogelijk om modellen met elkaar te vergelijken met of zonder een bepaalde variabele.

De beperking van het AIC is dat op zichzelf niks zegt over de absolute fit van het model. Deze geeft enkel aan welk model uit een serie modellen het beste scoort. Indien enkel slechte modellen worden beschouwd, geeft het AIC een relatieve ranking van het beste slechte model, tot het slechtste slechte model.

<sup>36</sup> AIC is een theoretisch afleiding van de Kullback-Leibler convergence, ook wel Kullback-Leibler information, door Akaike

<sup>37</sup> Een grotere log likelihood staat voor een grotere waarschijnlijkheid

## 4.5 Conclusie en Discussie

### 4.5.1 Conclusie

De standaardvorm van een OVM die uit recente publicaties naar voren komt is gegeven door de volgende vergelijking:

#### Algemene vorm OVM

$$E(\lambda) = \alpha Q^{\beta_q} L^{\beta_l} e^{\sum \beta_i x_i}$$

De exponentiele vorm van deze verdeling volgt uit de karakteristiek van ongevallendata. Ongevallendata is van het type teldata, welke doorgaans wordt benaderd met een kansfunctie uit de exponentiele familie. Omdat ongevalsgebeurtenissen in een database weinig voorkomen, bevat een ongevallendatabase een oververtegenwoordiging van nullen. Een benadering van ongevallendata met behulp van een Poisson kansverdeling leidt daardoor in de meeste gevallen tot overdispersie. Dit heeft tot gevolg dat de significantie toetsing van parameterschattingen op basis van een Poisson verdeling niet meer betrouwbaar zijn. Deze overdispersie is het resultaat van de onterechte aanname bij gebruik van de Poisson verdeling, dat de variantie constant en gelijk is aan het gemiddelde. Dit probleem komt te vervallen bij gebruik van de Negatief Binomiale kansverdeling, door middel van een functie van de variantie op basis van het gemiddelde en een dimensieloze variantieparameter. De Negatief Binomiale kansverdeling is daarom de aangewezen kansfunctie voor het benaderen van ongevallendata met een OVM.

De methode om een OVM te kalibreren is Generalized Linear Modelling. Dit is een methode om numeriek de modelparameters te schatten, op basis van een kansverdeling uit de exponentiele familie, met behulp van een maximum likelihood estimation proces. Statistische programma's zoals R-statistics en SAS bevatten specifieke GLM procedures voor de toepassing van de NB-verdeling.

Voor de waarborging van de kwaliteit van het model is het belangrijk de volgende handelwijze toe te passen bij de ontwikkeling en kalibratie van een OVM

- Een stapsgewijze opbouw van het model op basis van relevant geachte modelvariabelen. Dit houdt in dat een nieuw model wordt gekalibreerd voor elke toegevoegde modelvariabele. Dit vormt de basis voor de ontwikkeling van het meest waarschijnlijke model op basis van de beschikbare data en tevens voor het toetsen van de variabelen in het model op onderlinge afhankelijkheden. Tevens wordt hiermee in combinatie met het gebruik van het AIC voorkomen dat een onnodig gecompliceerd model wordt ontwikkeld.
- Toetsing op onderlinge afhankelijkheid van de variabelen op basis van controle van veranderingen in de parameterschattingen en statistische significantie waarden van de parameters bij toevoeging van een nieuwe variabele. Bij sterke veranderingen is sprake van een sterke mate van afhankelijkheid. Indien de waarden gelijk blijven of slechts beperkt veranderen mogen de variabelen als onafhankelijk ten opzichte van elkaar worden gezien.
- Toetsing van de model fit met behulp van de Log Likelihood ratiotest (LLRT). Hierbij wordt de likelihood van een model wordt vergeleken met de likelihood van het nulmodel (model met enkel een interceptparameter). De test geeft aan of het model een statistisch significant betere benadering geeft van de ongevallendata dan het gemiddeld aantal ongevallen per wegvak.
- Toetsing van de statistische significantie van de variabelen en modelparameters, op basis van Wald-statistics of Profile Likelihood. De algemeen gehanteerde conventie stelt dat een significantie van 0,05 of lager wijst op een statistisch significant verband en een waarde van 0,1 – 0,05 op een indicatief verband. Een goed model bevat enkel statistisch significante verbanden en eventueel indicatieve verbanden. Niet statistisch significante (of indicatieve) modelparameters representeren geen werkelijk verband en resulteren in een over fitting van de data.
- Selectie van het meest waarschijnlijke model met behulp van een rangschikking van de kwaliteit van de modellen op basis van het Akaike Information Criterion (AIC). Het AIC corrigeert

voor de ruis die ontstaat als gevolg van de toevoeging van een variabele. Daardoor is het model met de meeste variabelen en dus de hoogste likelihoodwaarde niet per definitie het meest waarschijnlijke model. Het meest waarschijnlijke model is het model met de hoogste AIC waarde. De score van dit model kan worden vergeleken met de overige modellen op basis van de evidence ratio (wr). Deze geeft aan in welke mate het model waarschijnlijker is dan de andere modellen.

Op basis van de onderzochte literatuur wordt aangenomen dat het volgen bovenstaande stappen leidt tot de ontwikkeling van een betrouwbaar model, mits de data hiertoe toereikend is.

#### 4.5.2 Discussie

Om de modelontwikkeling verder te verbeteren zijn verschillende andere stappen mogelijk die binnen dit onderzoek achterwege zijn gelaten. De impact en noodzaak hiervan worden hieronder beschreven als aanzet tot discussie.

##### **Validatie**

Iets wat niet of nauwelijks lijkt voor te komen in het gebied van de ontwikkeling van OVM's is de validatie van modellen. Validatie van een model betreft het testen van de geldigheid van een model buiten de dataset waarop deze gekalibreerd is. Dit vraagt om een opsplitsing van de dataset in twee delen, waarbij één deel wordt gebruikt voor de kalibratie van het model en het andere deel ter validatie van het gekalibreerde model. Een opsplitsing van de dataset in twee delen zorgt echter voor een drastische afname van het aantal ongevallen in de kalibratiedataset. Op voorhand werd verwacht dat het model niet met statistische significantie te kalibreren zou zijn op een gehalveerde dataset. Daarom is de validatie in dit onderzoek achterwege gelaten. Om algemene conclusies te kunnen trekken is een validatie echter een vereiste.

Toekomstige validatie kan mogelijk worden gemaakt door uitbreiding van de database en of onderzoek naar validatiemethodes op basis van kleinere subsets van de database. Belangrijk bij de validatie op kleinere subsets van de database is dat er voldoende zekerheid bestaat dat een validatiemethode en dataset voor validatie ook daadwerkelijk in staat is om discrepanties in het model aan te tonen. Een opsplitsing van de dataset van twee ongelijke delen is daarom alleen verantwoord indien dit afdoende hard gemaakt kan worden. Dit vraagt om een verdieping in methodes van validatie.

##### **Bepaling van de steekproefgrootte**

Om een schatting te kunnen maken van de grootte van een database die validatie mogelijk maakt, dient een methode te worden geïdentificeerd die een dergelijke schatting mogelijk maakt voor de kalibratie van een model bestaande uit een  $x$  aantal variabelen en bijbehorende parameters op basis van teldata uit de Negatief Binomiale verdeling. Standaardmethoden zoals die beschikbaar zijn voor het bepalen van de benodigde steekproefgrootte voor een model op basis van data uit een normale verdeling zijn hier niet van toepassing. Binnen dit onderzoek is de bepaling van de steekproefgrootte niet meer aan bod gekomen. Het verdient daarom de aanbeveling dit in een vervolgonderzoek verder uit te zoeken. Dit biedt namelijk inzicht in de benodigde hoeveelheid data voor het kalibreren en valideren van OVM's. Dit inzicht is belangrijk voor het maken van een realistische kijk op de ontwikkelingsmogelijkheden van OVM's in de toekomst, met het oog op de noodzakelijk te verzamelen van data.

##### **Toepassing van nieuwe kansverdeling methodieken**

De in paragraaf 4.2.1 benoemde alternatieve kansverdelingen RENB en NB-L zijn nog in ontwikkeling en er zullen nog meer alternatieve verdelingen in ontwikkeling zijn die niet binnen dit onderzoek zijn geïdentificeerd. Deze verdelingen zijn nog niet doorgedrongen tot standaard pakketten in SPSS, R of SAS. Het kunnen toepassen van deze verdelingen vraagt om doorgronding van de theorie en methodiek van deze verdelingen en het schrijven van een eigen GLM procedure, wat specialistisch werk betreft.

Toepassing van deze modellen behoorde daarom niet tot de mogelijkheden in dit onderzoek. Het verdient de aanbeveling deze modellen in de toekomst alsnog te testen op basis van eigen ontwikkeling van een GLM methodiek in SAS of zodra deze beschikbaar komen voor SPSS als optie in GENLIN.

#### **Ruimtelijke aggregatie van de database op basis van een nieuwe wegvakindeling**

In dit onderzoek is het model bepaald op basis van de hectometrering. Methodisch gezien heeft dit verschillende nadelen. Ten eerste is de variabele wegvaklengte niet opgenomen in dit onderzoek, terwijl deze in de literatuur wordt aangemerkt als belangrijk expositiekenmerk. Ten tweede zijn de beschouwde wegvakken dus kort, waardoor per wegvak het ongevalsrisico onherroepelijk ook erg klein is. Dit heeft nadelige gevolgen ten aanzien van de oververtegenwoordiging van '0 observaties' in de dataset. Een belangrijke vervolgstap is daarom om een wegvakindeling te maken op basis van continuïteit van wegkenmerken op basis hiervan een nieuw model te schatten.

## 5 De onderzoeksdatabase

De onderzoeksdatabase is de basis voor de analyse van het verband tussen wegkenmerken en ongevallen in dit onderzoek en betreft het eerste onderdeel van fase 3 van dit onderzoek. Zoals in paragraaf 2.5 staat aangegeven bestaat de onderzoeksdatabase uit drie typen gegevens.

- Gegevens van wegkenmerken: De karakteristieken van een weg, betreffende alle bovengrondse elementen en objecten in het dwarsprofiel inclusief attribuutwaardes zoals objecttype en dimensies
- Ongevalsegegevens: Gegevens met betrekking tot het ongeval; locatie, letselernt, aantal betrokkenen, type ongeval, tijdstip, weersomstandigheden, enzovoort
- Verkeersgegevens: intensiteiten, samenstelling verkeer, gereden snelheden, enzovoort

Het eerste doel van dit hoofdstuk is het verschaffen van inzicht in de gebruikte database en de werkzaamheden die daarin zijn verricht. Het tweede doel is het aanduiden van toekomstige mogelijkheid tot de ontwikkeling van een nieuwe grootschalige database van wegkenmerken op basis van de nationale ontwikkeling van de BGT en lokale inwinning van plustopografie.

Paragraaf 5.1 geeft een korte beschrijving van de gegevenstypen ongevallendata en verkeergegevens. Paragraaf 5.2 volgt met een korte beschrijving van de SWOV Onderzoeksdatabase Wegkenmerken (SODBW). Dit betreft de database van wegkenmerken die is gebruikt voor de modelontwikkeling van het OVM van bermongevallen zoals staat beschreven in hoofdstuk 6.

Het zwaartepunt van dit hoofdstuk ligt op het onderzoek naar een duurzame oplossing voor de verzameling van gegevens van wegkenmerken en de ontwikkeling van een algemene onderzoeksdatabase van wegkenmerken. Dit deel van het onderzoek staat beschreven in paragraaf 5.3 en Bijlage D. Bijlage D betreft een verslag van de bezoeken aan een aantal partijen die beschikken over verschillende bronnen met betrekking tot gegevens van wegkenmerken. Paragraaf 5.3 geeft een beschrijving van de bron met de meeste potentie; de ontwikkeling van de Basisregistratie Grootschalige Topografie. Dit betreft de ontwikkeling van een nationale GIS database van de topografie van heel Nederland. De paragraaf geeft een beschrijving van een aantal basisbegrippen van deze database en behandelt de ontwikkeling van het Digitaal Topografisch Bestand van de provincie Noord-Brabant dat aansluit bij deze ontwikkeling.

### 5.1 Ongevallengegevens en verkeergegevens

#### 5.1.1 Ongevallengegevens

Ongevallengegevens zijn afkomstig uit het Bestand geregistreerde Ongevallen in Nederland (BRON). Dit bestand komt tot stand op basis van gegevens die de politie verzamelt en aan de Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS) van Rijkswaterstaat aanlevert (Vis et al., 2011). Hierbij is geen gebruik gemaakt van de aanvullende MAIS<sup>38</sup> registratie, die met behulp van de Landelijke Medische Registratie (LMR) tot stand wordt gebracht.

#### Selectie van enkelvoudige ongevallen

Het bleek niet mogelijk om vanuit BRON een zuivere selectie van bermongevallen te maken. Voor enkelvoudige ongevallen bleek dit echter wel mogelijk. Daarbij zijn enkelvoudige ongevallen gedefinieerd zijnde: een ongeval waarbij slechts één motorvoertuig betrokken is en geen andere verkeersdeel-

---

<sup>38</sup> MAIS staat voor maximum abbreviated injury scale. Dit betreft een internationaal gebruikte schaalverdeling voor de indicatie van de letselernt van ongevallen in het algemeen

nemers. Van deze enkelvoudige ongevallen wordt aangenomen dat ze bijna altijd een bermongeval betreffen.

### **Koppeling met provinciale wegen**

De ongevalgegevens uit BRON zijn gekoppeld aan het Nationaal Wegenbestand (NWB). Het NWB is een GIS-bestand van het Nederlandse wegennet. Alle ongevallen in BRON zijn gekoppeld aan het NWB op basis van attributen in BRON, aan de hand waarvan de locatie kan worden geïdentificeerd.

Ongevallen die plaats vinden op provinciale wegen worden aan het NWB gekoppeld op basis van wegnummer en hectometernummer. Een ongeval krijgt het wegnummer en het dichtstbijzijnde hectometernummer als attribuutwaarde mee. Deze combinatie van gegevens is altijd uniek. Van een ongeval is dus niet de exacte locatie bekend. Onderscheid tussen kruispuntongevallen en wegvakongevallen is op basis van deze locatieaanduiding niet mogelijk. Of een ongeval een kruispuntongeval of wegvakongeval betreft wordt apart aangegeven in het BRON bestand.

### **Koppeling bij ontbrekende hectometernummers**

In de praktijk hebben niet alle ongevallen die op een provinciale weg hebben plaatsgevonden een hectometernummer meegekregen in het BRON bestand. Mogelijke redenen hiervoor zijn het vergeten van de hectometerregistratie of het ontbreken van een hectometerpaal langs de weg. Deze ongevallen worden gekoppeld aan het midden van een wegvak uit het NWB met dezelfde locatie-eigenschappen; gemeente, straatnaam en wegnummer. Op welke wijze de koppeling tot stand komt met een specifiek wegvak wanneer het NWB meerdere wegvakken met dezelfde locatie-eigenschappen bevat is onbekend.

De SODBW is ingedeeld op basis van de hectometrering. In ArcGis zijn daarom alle ongevallen die op een provinciale weg hebben plaatsgevonden en waarvan het hectometernummer ontbreekt gekoppeld aan het dichtstbijzijnde hectometernummer. Dit heeft als nadeel dat er ruimtelijke vervuiling kan optreden, als gevolg van een verkeerde hectometernummer toewijzing. Ongevallen zonder hectometernummer zijn namelijk gekoppeld aan het midden van een wegvak. En dit wegvak bestaat uit meerdere hectometernummers, waarvan het dwarsprofiel niet gelijk hoeft te zijn. Dit kan als gevolg hebben dat een ongeval wordt gerelateerd aan de verkeerde wegkenmerken. De kans hierop is echter onbekend en het aandeel ongevallen zonder hectometernummer is relatief groot. In Noord-Brabant betrof het aandeel enkelvoudige ongevallen zonder hectometernummer 1/3 van het totaal aantal ongevallen in de database. Omdat de hoeveelheid ongevalldata veelal een probleem oplevert in dit type onderzoek, is binnen dit onderzoek gekozen om deze koppeling toe te passen waar initieel een hectometernummer ontbrak.<sup>39</sup>

### **Indeling letselernst**

In de database van dit onderzoek zijn enkelvoudige ongevallen opgenomen. Deze zijn geselecteerd op basis van een selectie van eigenschappen van de attributen "aardongeval" en "1<sup>e</sup> botser" en "2<sup>e</sup> botser" (zie bijlage F.1). Naast het totaal aantal enkelvoudige ongevallen zijn het aantal dodelijke ongevallen, ongevallen met ziekenhuisopname en letselongevallen in de database opgenomen. Letselongevallen zijn alle ongevallen minus de ongevallen waarbij uitsluitend sprake is van materiele schade (UMS).

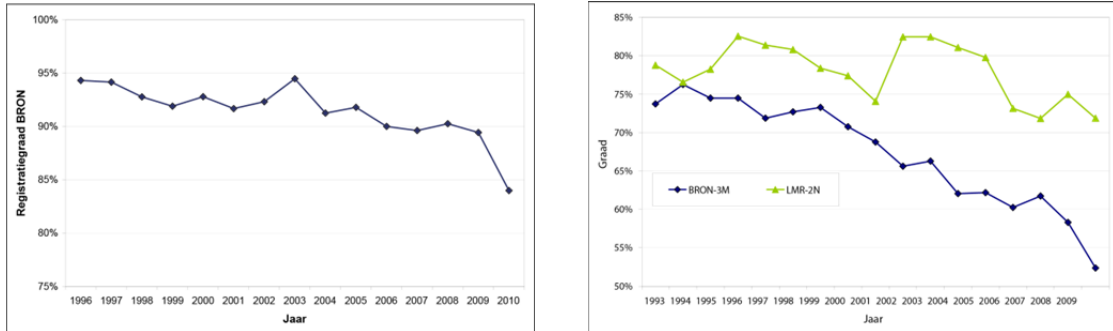
### **Daling van de registratiegraad**

Een probleem in de ontwikkeling van een OVM is de dalende registratiegraad van het aantal ongevallen in Nederland. Figuur 15 geeft de daling weer van de registratie van dodelijke en ernstige ongevallen<sup>40</sup>.

<sup>39</sup> De effecten op de model fit en statistische significantie van de ruimtelijke variabelen is niet onderzocht

<sup>40</sup> Met ernstige ongevallen wordt bedoeld ongevallen met een letselernst van MAIS2+ wat vergelijkbaar is met de Ziekenhuisopname volgens de politie. De MAIS registratie is een gecorrigeerde letselernstregistratie op basis van het LMR (Landelijke Medische Registratie) en bevat meer specifieke informatie over de letselernst dan de politieregistratie



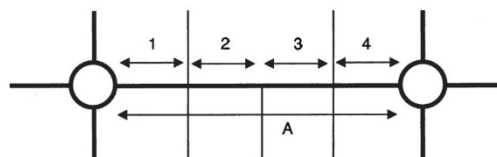


**Figuur 15** Registratiegraad van dodelijke ongevallen (links) (Vis et al., 2011) en ernstige ongevallen (rechts) (M.C.B Reurings en Bos, 2011)

Gevolg van deze daling is dat een OVM dat wordt ontwikkeld op basis van deze cijfers slechts een verwachtingswaarde van de ongevallenfrequentie van geregistreerde ongevallen geeft. Er bestaan schattingen van het werkelijk aantal ongevallen. Deze worden tot stand gebracht op basis van aanvullende gegevens uit het LMR. De gecorrigeerde cijfers bevatten echter geen locatiegegevens op hectometerniveau en zijn daarom onbruikbaar voor de kalibratie van een OVM. Omdat de ongevallenregistratie van 2004-2008 nog redelijk constant is gebleven is deze periode aangewezen voor de kalibraties van OVM's

### 5.1.2 Verkeergegevens

Verkeersgegevens worden over het algemeen verzameld door de wegbeheerder zelf.<sup>41</sup> De dichtheid van het aantal meetpunten in een netwerk, type gegevens, format van gegevens en database en gebruikte apparatuur verschilt per wegbeheerder en verandert door de jaren heen. Over het algemeen geldt dat van het HWN vrij goede gegevens beschikbaar zijn over een lange periode. Van het OVN zijn de verkeersgegevens beperkter. Van gemeentelijke wegen ontbreken structurele tellingen veelal (Amsterdam is hier bijvoorbeeld een uitzondering). Op provinciale wegen worden meer structurele tellingen uitgevoerd. Daar levert de lage dichtheid van telpunten echter onzekerheden op ten aanzien van de nauwkeurigheid van de gegevens. Dit wordt helder wanneer gekeken wordt naar de telvakindeling van Figuur 16.



**Figuur 16** Indeling telvakken

Telvak A is hier een telvak dat is gedefinieerd als zijnde een wegvak tussen twee knopen met wegen van dezelfde orde in de netwerkhiërarchie. De telling van telvak A wordt verricht met behulp van één telpunt op een willekeurig punt op dit wegvak. Binnen dit wegvak bevinden zich echter knopen met wegen van een lagere orde. Hier vindt een uitwisseling van stromen plaats. Omdat kruispunttellingen ontbreken, valt vervolgens niet te reconstrueren wat de verkeersintensiteiten waren op wegvak A.1 - A.4.

Andere bronnen voor verkeergegevens dan de wegbeheerders zelf zijn: de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW), floating car data op basis van gps signalen van navigatiesystemen en mobiele telefoons en verkeersmodellen. Deze bronnen bleken echter geen waarde te hebben voor dit onderzoek. Een recente analyse van deze verschillende bronnen is gemaakt door Voskamp (Voskamp, 2011).

<sup>41</sup> Twee alternatieve bronnen zijn floating car data op basis van gps

De verkeergegevens in de onderzoeksdatabase betreffen dus de gegevens van de wegbeheerders zelf. Daarbij is enkel gebruik gemaakt van jaargemiddelde etmaalintensiteiten over de hele week. Wegbeheerders beschikken echter vaak over meer gedetailleerde gegevens. Dit betreffen onder meer indeling naar week en weekenddagen, voertuigklasse indelingen en indelingen over het moment van de dag. Het detail niveau van de gegevens verschilt echter per wegbeheerder.

## 5.2 De SWOV Onderzoeksdatabase Wegkenmerken

### 5.2.1 Inhoud en karakter van de database

De SWOV Onderzoeksdatabase Wegkenmerken SODBW bestaat uit gegevens van provinciale wegen van de provincies Drenthe en Gelderland. De gegevens bestaan uit administratieve gegevens, wegkenmerken, verkeergegevens en ongevallengegevens. Elk individuele gegevenskenmerk in de database wordt een attribuut genoemd. In totaal bevinden zich 228 attributen in de database. Een totaaloverzicht van de attributen is gegeven in bijlage E.1. Hier is een overzicht gegeven van de attribuutgroepen waarnaar deze attributen zijn in te delen:

- Weggegevens
- Dimensionering
- Wegtype
- Gesloten verklaring
- Wegalignement
- Berminrichting
- Aansluiting
- Parkeerhaven
- Parallelstructuur
- Bermbeveiliging
- Belijning
- Rijrichtingsscheiding
- Kruispunt
- Verlichting
- Snelheidsremmers
- Snelheidslimiet
- Telpunt
- Intensiteiten
- Ongevallen
- Enkelvoudige ongevallen

De attributen zijn per wegvak vastgelegd. De database is ingedeeld in honderd meter wegvakken op basis van de hectometrering. Alle hierboven genoemde gegevens zijn dus vastgelegd en ingedeeld naar hectometerpaal, waarbij de locatieaanduiding bestaat uit het wegnummer en het hectometernummer. Het totaal aantal geregistreerde hectometerpalen in de database bedraagt 9441. De database bevat dus een totaal van 944 km weglengte, ingedeeld in 9441 wegvakken.

De verschillende attribuutgroepen zijn van verschillende datatypen. De weggegevens betreffen zogenaamde “string” of tekstdata en bestaan uit administratieve gegevens zoals het wegnummer, het hectometernummer en de straatnaam. De dimensionering is van het type continue data en betreft breedte maten van de wegingdeling. Ook de intensiteiten bestaan uit continue data en betreffen jaargemiddelde etmaalintensiteiten. Ongevalsattributen zijn van het type teldata en betreffen tellingen van het aantal ongevallen op een wegvak. Alle andere attributen betreffen nominale data. Dit betreffen deels gecategoriseerde data en deels dummy variabelen. Dummy variabelen geven aan of een bepaald attribuut aanwezig is. Gecategoriseerde data bevat in een aantal gevallen verschillende attribuuteigenschappen. Het overgrote deel van de gecategoriseerde data betreft echter afstandsklassen met de volgende codering:

1. Afstand 2 meter tot de kant wegverharding
2. Afstand 2 – 5 meter tot de kant wegverharding
3. Afstand 5 – 7 meter tot de kant wegverharding

Een uitsnede van de database is als voorbeeld gegeven in bijlage E.2. Gespecificeerde definities van attributen die in de modelontwikkeling zijn gebruikt zijn gegeven in paragraaf 6.1.2, Tabel 9.

De verkeergegevens zijn afkomstig van de inventarisaties van verkeergegevens van de provincies Drenthe en Gelderland. In de database zijn jaargemiddelde etmaalintensiteiten opgenomen van de jaren 1999-2008. De ongevalgegevens zijn afkomstig uit de BRON database. Daarbij is gebruik gemaakt van de politieregistratie. De database bevat zowel attributen van alle ongevallen als van enkelvoudige ongevallen. Daarnaast bevat de database verschillende attributen voor dodelijke ongevallen, ziekenhuisongevallen, lichte ongevallen en totaal aantal ongevallen.

Voor dit onderzoek zijn enkelvoudige ongevallen geselecteerd. De database bevat enkelvoudige ongevallen van de periode 1999 – 2008. Daarbij worden het ongevallen totaal, dodelijke ongevallen, ziekenhuisongevallen en lichte ongevallen onderscheiden, verder ingedeeld naar alle ongevallen en enkelvoudige ongevallen (zie bijlage E.1). In de modelontwikkeling zijn ongevallen uit de periode van 2004-2008 geselecteerd. Data na 2008 wordt als te onnauwkeurig beschouwd en is daarom niet in de database opgenomen.

### 5.2.2 Controle, correctie en aanvulling

De totstandkoming van de oorspronkelijke database is zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven niet zonder problemen verlopen. De inventarisatie van de gegevens is verricht in 2008 en staat beschreven in het rapport “Een SWOV-database Wegkenmerken” van Schermers en Duivenvoorden (2010). De wegkenmerken zijn in eerste instantie geïnventariseerd door middel van inventarisaties vanuit de auto. Omdat dit niet direct het gewenste resultaat opleverde zijn deze gegevens in een aantal rondes gecontroleerd en gecorrigeerd op basis van onder meer cyclorama’s van het bedrijf Cyclomedia, wegbeelden van de provincies zelf en CAD tekeningen.

Voorafgaand aan het onderzoek had de onderzoeksdatabase echter nog altijd geen bruikbare status. Daarom zijn controles, correcties en aanvullingen verricht om de database gereed te maken voor gebruik. Hierbij is gebruik gemaakt van Access, Excel en Arcgis.

De volgende handelingen zijn verricht om de database gereed te maken voor gebruik

- **Controle en definiëring van de wegkenmerkenattributen**  
De documentatie van de attributen was versnipperd en onvolledig. Gevolg was onduidelijkheid over de betekenis van de attributen. Als eerste stap zijn daarom de definities en codering van alle attributen getracht te achterhalen en gedocumenteerd.
  - **Bermverharding:** Ten aanzien van de bermverharding bleek er sprake te zijn van een kwantitatief tekort. De SODBW bevat twee attributen voor de aanwezigheid van gras-tegels links en rechts van de weg. Het aantal honderd meter wegvakken met grastegels betrof echter slechts 35 van de 9400. Dit is onvoldoende om een effect te kunnen meten. Daarnaast kunnen vraagtekens gezet worden bij het lage aantal. Het is goed mogelijk dat deze zijn gemist bij de visuele inventarisatie. Er groeit immers gras tussen de tegels waardoor de visuele herkenning lastig kan zijn
  - Een attribuut met betrekking tot attentiestroken ontbreekt in de SODBW
- **Aanvulling van de database met dimensioneringsattributen en controle**  
Tijdens de controle van de verschillende databestanden zijn de wegdimensioneringsinventarisaties achterhaald. Deze zijn aan de SODBW gekoppeld op basis van het wegnummer en de hectometrering. Tijdens de inventarisatie is met het oog op de continuïteit van wegen op slechts een beperkt aantal punten een meting verricht van de dimensionering van de wegen. Daarbij is er van uitgegaan dat de dimensionering van wegen over het lengteprofiel slechts beperkt wijzigen. Er is echter in de database niet aangegeven op welke wegvakken de geregistreerde metingen van toepassing zouden zijn. Omdat het aantal registraties van de dimensionering van de wegen echter veel te laag is om een model op te kunnen kalibreren, is getracht de leegte in de database op te vullen door de dimensionering van registratiepunt tot registra-

tiepunt uit te vullen. Met behulp van een aantal simpele tests is de betrouwbaarheid van deze uitvulling gecontroleerd. Test zijn verricht op basis van vergelijkingen van overlappende inventarisaties en vergelijkingen met wegkenmerken zoals deze in andere attributen zijn aangegeven. Deze bleken onvoldoende overeen te komen waardoor de dimensioneringsattributen zijn verworpen als bruikbare attributen. Daarom biedt de huidige SODBW geen geschikte attributen voor het modelleren van de effecten van de dimensionering van de weg op bermongevallen. Een voorbeeld toets is vermeld in bijlage E.3.

- **Controle van de dimensionering**  
De gerealiseerde dimensioneringsattributen zijn getoetst op basis van een vergelijking van overlappende inventarisaties en vergelijking met wegkenmerken zoals deze in andere attributen zijn aangegeven. Deze bleken onvoldoende overeen te komen waardoor de dimensioneringsattributen zijn verworpen als bruikbare attributen. Een voorbeeld toets is vermeld in bijlage E.3.
- **Ongeldigheidsverklaring en waarschuwingen van onzekere attributen**
  - Een reeks attributen bleek later toegevoegd te zijn aan de database. Hiervan was definitie en inventarisatie niet te achterhalen. Deze attributen zijn daarom ongeldig verklaard.
  - Ook een deel van de oorspronkelijk geïnventariseerde variabelen bleek deels onzeker en deels ongeldig. Zo komt bijvoorbeeld het attribuut VerlichtingL niet altijd overeen met LantaarnpaalL. Op verschillende wegvakken waar een LantaarnpaalL is geregistreerd ontbreekt de registratie van VerlichtingL. Een ander voorbeeld is ParkeerL. Hiervan kon niet met zekerheid worden gesteld of dit attribuut een telling van het aantal Parkeer/pech/ov havens binnen 100 meter betrof of een gecategoriseerd attribuut waarbij het nummer het type parkeerhaven aanduidt. Geconstateerde onzekerheden en ongeldigheden zijn gedocumenteerd.
- **Aanvulling van de database met ongevallen van 2007 en 2008**  
De oorspronkelijke database bevatte slechts ongevallen tot en met 2006. Deze zijn aangevuld met ongevallen uit 2007 en 2008
- **Aanvulling van de database met enkelvoudige ongevallen**  
De oorspronkelijke database bevatte slechts cijfers van alle ongevalstypen onder één noemer. De database is aangevuld met enkelvoudige ongevallen zoals aangegeven in paragraaf 2.1.1.
- **Controle en correctie van de ongevallencijfers**  
De ongevals cijfers zijn gecontroleerd op basis van een controle van de totalen van de verschillende ongevalsattributen. Uit de controle bleken de volgende fouten in de database te zitten:
  - Het attribuut letselongevallen bleek niet letselongevallen te betreffen, maar lichtgewonden. Dit bleek uit het geringe verschil tussen ziekenhuisongevallen en het letselongevallen. Dit is gecorrigeerd.
  - Het aantal enkelvoudige ongevallen bleek onvolledig. Op basis van de verschillen tussen het totaal aantal ongevallen en de enkelvoudige ongevallen bleek het aantal enkelvoudig ongevallen niet toereikend. Deze kwam niet in de buurt bij het aandeel bermongevallen zoals dit werd verwacht uit de analyse in paragraaf 3.1. Uit een nadere analyse van de ongevallen bleek dat een aanmerkelijk deel van de ongevallen geen hectometerregistratie had meekregen in BRON, zoals aangegeven in paragraaf 5.1.1. Dit is in ArcGis hersteld door het dichtstbijzijnde hectometernummer toe te kennen aan het ongeval, met behulp van een zogeheten spatial join.
- **Aanvulling van de database met van verkeergegevens van 2007 en 2008**  
De oorspronkelijke database bevatte enkel gemiddelde jaarintensiteiten tot 2007. Bij de aanvulling van de gegevens is gebruik gemaakt van recentere data die inmiddels aan de SWOV beschikbaar waren gesteld door de provincies.

- Opstellen van een attributentabel met attribuutdefinities, codering en controleopmerkingen. De SODBW database is beschikbaar in Excel. In dit Excelbestand is een tabblad toegevoegd waarin alle attributen zijn opgenomen, met een definitie, datatype en codering en controleopmerkingen. Dit bestand is beschikbaar voor iedereen die met de database aan de slag wil, zodat de bovengenoemde werkzaamheden niet opnieuw hoeven te worden verricht.

## 5.3 Ruimtelijke Database wegkenmerken

### 5.3.1 Basisbegrippen

#### GIS

Een GIS is een instrument voor het verzamelen, opslaan, weergeven, bewerken, analyseren, interpreteren en presenteren van ruimtelijke gegevens. Alle denkbare gegevens met een ruimtelijke component kunnen in een GIS in kaarten worden weergegeven. Deze kaarten zijn in wezen modellen van de ruimtelijke werkelijkheid.

#### Ruimtelijke objecten

Een GIS database is opgebouwd uit ruimtelijke objecten. Met deze ruimtelijke objecten worden bedoeld; objecten met een vorm, locatie en bepaalde karakteristieken of eigenschappen. De ruimtelijke informatie van het object betreffen de vorm en locatie. De karakteristieken en eigenschappen van een ruimtelijk object worden beschreven in de attribuutinformatie van een ruimtelijk object. Een dergelijk ruimtelijk object kan van alles zijn. Bijvoorbeeld een land of een stad waarvan de vorm en ligging wordt bepaald door de grenzen en de attribuutinformatie kan bestaan uit de bijvoorbeeld naam, het aantal inwoners of het gemiddeld inkomen. Of een weg waarvan de dimensies zijn opgetekend met behulp van vectordata<sup>42</sup> en de attribuutdata kan bestaan uit bijvoorbeeld het wegnummer, wegtype, snelheidslimiet en wegverharding.

#### Vectordata

De hierboven genoemde vectordata is een ruimtelijke datastructuur, bestaande uit punten, lijnen en polygonen.<sup>43</sup> Elk punt bevat een x, y en eventuele z coördinaat in een coördinatenstelsel, zoals het Nederlandse Rijksdriehoekstelsel.<sup>44</sup> Deze coördinaten duiden de exacte locatie van een punt aan in de werkelijkheid.<sup>45</sup>

#### GIS versus CAD

Zowel een CAD (computer aided design) als een GIS kan worden opgebouwd uit vectoren. Wat een GIS onderscheid van een CAD is de data achter de ruimtelijke component van een GIS. In een GIS kunnen aan ruimtelijk objecten allerlei eigenschappen worden toegekend op basis van attribuutinformatie. Deze informatie ontbreekt in een CAD. Een CAD bevat slechts visuele informatie. Een lijn in een CAD is altijd slechts een lijn. Interpretatie van de lijn is enkel mogelijk op basis van de meegegeven visuele eigenschappen. Omdat de vectordata in een CAD bestand op zichzelf dus geen betekenis heeft wordt ook wel gesproken van spaghetti data. Een van de grootste voordelen van een GIS ten opzichte van een CAD is dan ook dat objecten kunnen worden geselecteerd op basis van hun kenmerken en dat relevante informatie kan worden opgevraagd van geselecteerde objecten.

Wel bevat een CAD bestand de informatie van de visualisatie van de data, zoals het gebruikte lijntype, de dikte en of kleur. Dit is niet het geval in een GIS. In een GIS wordt de visualisering van bijvoorbeeld

<sup>42</sup> GIS systemen kennen twee ruimtelijke datastructuren; rasterdata en vectordata. Rasterdata wordt hier voor het gemak buiten beschouwing gelaten.

<sup>43</sup> Er wordt aangenomen dat de lezer bekend is met de verschillen en overeenkomsten tussen punten, lijnen en polygonen.

<sup>44</sup> Ook wel Amersfoort coördinaten of Amersfoort New genoemd, omdat oorspronkelijk het nulpunt (de oorsprong) in Amersfoort lag. Deze oorsprong is echter verplaatst.

<sup>45</sup> Dit is vergelijkbaar met GPS, waarbij de positie wordt bepaald op basis van GPS coördinaten.

een lijn gekoppeld aan de attribuut informatie. Deze instellingen worden onthouden in de map, maar niet in de database zelf. Om GIS database met dezelfde visualisatie te kunnen openen in een andere map dient een layer-file te worden aangemaakt om de visualisatie van de data te onthouden.

Deze verschillen zorgen ervoor dat GIS en CAD bestanden niet eenvoudig inwisselbaar zijn. Wel zijn er ontwikkelingen gaande om ook in een CAD omgeving object georiënteerd tekenen mogelijk te maken.

### **Fotogrammetrie**

Fotogrammetrie is een techniek waarmee foto's kunnen worden geprojecteerd in een coördinatenstelsel. Daarmee wordt ruimtelijke informatie aan de foto's toegevoegd. Afhankelijk van de gebruikte techniek kunnen x, y of x-, y-, z-coördinaten op basis van fotogrammetrie uit het beeldmateriaal worden uitgelezen. Daarmee wordt de mogelijkheid gecreëerd om metingen in foto's te verrichten. Alles wat zichtbaar is kan met behulp van fotogrammetrie in een foto worden opgemeten. Binnen een GIS kan op basis van dit beeldmateriaal van achter het bureau worden gekarteerd, in plaats van op locatie.

Om de foto goed in te meten wordt in traditionele fotogrammetrie technieken gebruik gemaakt van zogenaamde paspunten. Dit zijn in het veld aangebrachte - of natuurlijke – oriëntatiepunten die duidelijk te herkennen zijn op de foto. Een meer recente techniek is het zogeheten Direct Georeferencing. Deze techniek maakt gebruik van een nauwkeurige registratie van de plaatsbepaling en oriëntatie van de camera, evenals de kalibratie van de lens waardoor de beeldhoeken of vectoren van het licht op de foto bekend worden geacht (deze techniek wordt ook gebruikt bij Globespotter en Drive-Map).

Daarnaast wordt onderscheid gemaakt in terrestrische fotogrammetrie en luchtfotogrammetrie. De eerste betreft beelden die vanaf het land zijn gemaakt. De tweede betreft beelden vanuit de lucht. Beide hebben zo hun voordelen en nadelen.

- Lucht – Een luchtfoto is een plat vlak en is daardoor makkelijker uit te lezen en makkelijker in gebruik bij kartering
- Land - Op terrestrische foto's is meer te zien van de weg en de omgeving. De foto's hebben een hoger detailniveau, en objecten zijn beter herkenbaar. Karteren in perspectief is echter lastiger, en de techniek is complexer en duurder

### **5.3.2 Basisregistratie Groot-schalige Topografie**

De Basisregistratie Groot-schalige Topografie (BGT) is een digitale kaart in ontwikkeling van heel Nederland in een GIS. Van heel Nederland worden daarin op een eenduidige manier ruimtelijke objecten zoals gebouwen, wegen, water, spoorlijnen en groen vastgelegd. De schaal waarop de BGT dient te functioneren is 1:500 tot 1:5000.

Met de ontwikkeling van een eenduidige basiskaart, verkrijgen alle overheden toegang tot dezelfde basisgegevens met betrekking tot de topografie van Nederland. Het doel is een eenmalige inwinning en een meervoudig gebruik van informatie over topografie. Bij het gebruik kan gedacht worden aan beheerprocessen en informatie uitwisseling over ruimtelijke ontwikkelingen. Daarbij kan op een aantal punten winst worden gemaakt, waaronder:

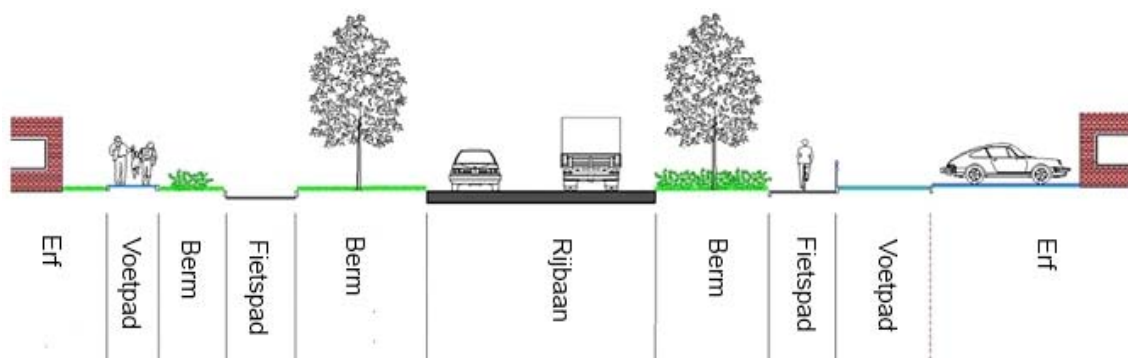
- Een betere dienstverlening aan burgers en bedrijven door het bieden van eenduidige, actuele en betrouwbare gegevens
- Betere samenwerking tussen overheden op basis van eenduidige gegevens
- Tijdsbesparing op de aanlevering van ruimtelijke gegevens
- Kostenbesparing op (dubbele) inwinning en vergaren van gegevens

De BGT wordt tot stand gebracht door alle gebiedsbeheerders in Nederland. Gebiedsbeheerders zijn de beheerders van bepaalde grondgebieden zoals, Rijkswaterstaat, provincies, gemeenten en waterschap-

pen. Elke bronhouder is verantwoordelijk voor de realisatie van de BGT binnen zijn of haar gebiedsgrenzen. Daartoe hebben zij de tijd tot eind 2015, waarna zij tevens de plicht hebben om de BGT actueel te houden.<sup>46</sup>

De BGT omvat een selectie van topografische basis objecten, gebaseerd op de gezamenlijke informatiebehoefte van verschillende gebruikers. De objecten staan gedefinieerd in het informatiemodel BGT (IMBGT), zoals staat beschreven in de Gegevenscatalogus BGT (zie bijlage A.5). Dit IMBGT betreft een subgroep uit de objectdatabase van het informatiemodel geografie (IMGeo). Het deel in IMGeo dat niet onder het IMBGT valt is optioneel. Deze is bedoeld als nationale standaard voor het opslaan en uitwisselen van beheer- en plustopografie welke niet wordt opgenomen in de BGT maar wel wordt verzameld door de bronhouder.

Een voorbeeld wegingdeling met daarin de objecten die in de BGT zijn opgenomen is gegeven in Figuur 17.



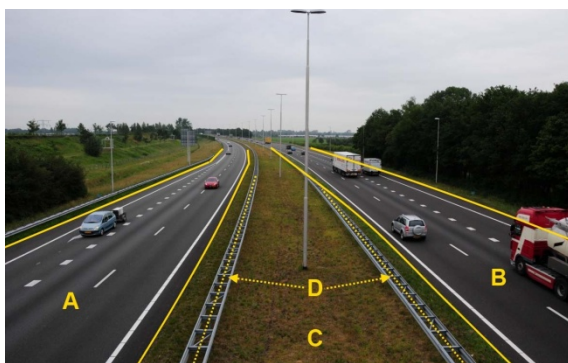
Figuur 17 Voorbeeld wegingdeling uit de Gegevenscatalogus BGT (2012)

Half-verhardingen zoals grasklinkers worden daarbij gerekend tot de berm en niet tot het wegdeel of rijbaan.<sup>47</sup> Daarentegen worden (mol)goten wel gerekend tot de rijbaan, ook wanneer deze van een ander verhardingstype zijn. (Programma BGT, 2012)

Het Objecthandboek (Geonovum, 2012) biedt aan de hand van foto's een aantal voorbeelden van ruimtelijke objecten zoals die in de BGT worden opgenomen. Een voorbeeld hiervan is opgenomen in Figuur 18 en Figuur 19

<sup>46</sup> De richtlijnen voor de actualiteit van het BGT staan nog ter discussie. Het voorstel voor wegdelen buiten de bebouwde kom is een actualiteit van 4 maanden. Het voorstel voor ondersteunende wegdelen en dergelijke buiten de bebouwde kom is 18 maanden. (Programma BGT, 2012)

<sup>47</sup> Rijbaan: de complete verhardingsbreedte. Een weg kan uit meerdere rijbanen bestaan wanneer de verhardingsbreedte door tussenbermen is geschieden.



Figuur 18 Kartering snelweg volgens de BGT (Geonovum, 2012)



Figuur 19 Kartering lokale weg volgens de BGT (Geonovum, 2012)

De gesloten lijnen duiden op de grenzen van een vlakobject. De stippellijnen duiden op een lijnobject. Tabel 8 geeft de objectindeling en de attribuutwaarde van de gekarteerde objecten, welke met letters zijn aangeduid in de figuren.

Label	Objectgroep Figuur 18	Attribuutwaarden snelweg Figuur 18	Objectgroep Figuur 19	Attribuutwaarden lokale weg Figuur 19
A	Wegdeel	Rijbaan: Autosnelweg	Wegdeel	Rijbaan: lokale weg
B	Wegdeel	Rijbaan: Autosnelweg	Wegdeel	Inrit
C	Ondersteunend Wegdeel	Berm begroeid	Ondersteunend Wegdeel	Berm begroeid
D	Weginrichtingselement	Geleideconstructie (onderdeel van plustopografie IMGeo, geen onderdeel BGT)	Begroeid terreindeel	Grasland agrarisch

Tabel 8 Objectindeling volgens de BGT standaard

De meest interessante data voor de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken is echter niet afkomstig uit de BGT zelf. Deze moet komen van gebiedsbeheerders die meer uit de ontwikkeling van een ruimtelijke database willen halen en een meer gedetailleerde objectdatabase hanteren. Alle ruimtelijke objecten die niet tot de BGT behoren vallen onder de noemer plustopografie. Deze plustopografie is van groot belang in de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken. De objectdatabase van de BGT is te klein voor een complete set van relevante wegkenmerken. Zo ontbreken onder meer interessante objecten zoals de belijning, bermverharding, puntobjecten zoals bomen, fietsstroken op gedeelde rijbanen. Het hanteren van IMGeo als nationale standaard voor het inventariseren van plustopografie is een randvoorwaarde voor het koppelen van ruimtelijke bestanden van verschillende gebiedsbeheerders in één grote onderzoeksdatabase van wegkenmerken.

In het kader van dit onderzoek is de ruimtelijke database van de provincie Noord-Brabant onderzocht, als basis voor een nieuwe onderzoeksdatabase van wegkenmerken. Deze staat als voorbeeld van een ruimtelijke database met plustopografie beschreven in paragraaf 5.3.3.

### 5.3.3 Digitaal Topografisch Bestand Noord-Brabant

De ontwikkeling van de BGT is voor een aantal provincies, waaronder de provincie Noord-Brabant en Noord-Holland, de aanleiding geweest om een start te maken met de ontwikkeling van een ruimtelijke database van de topografie van de provincie, waaronder alle wegen in beheer van de provincie. In Noord-Brabant betreft dit het Digitaal Topografisch Bestand (DTB), in de provincie Noord-Holland betreft dit de Grootschalige Topografie Provincie Noord-Holland (GTPNH). Deze paragraaf beschrijft het DTB als voorbeeld van de potentie van de BGT en plustopografie voor de opzet van een grootschalige database van wegkenmerken in de toekomst. Een verslag van een bezoek aan de provincie Noord-Holland en bespreking van de Grootschalige Topografie van de provincie staat opgetekend in bijlage D.5.



## Het DTB

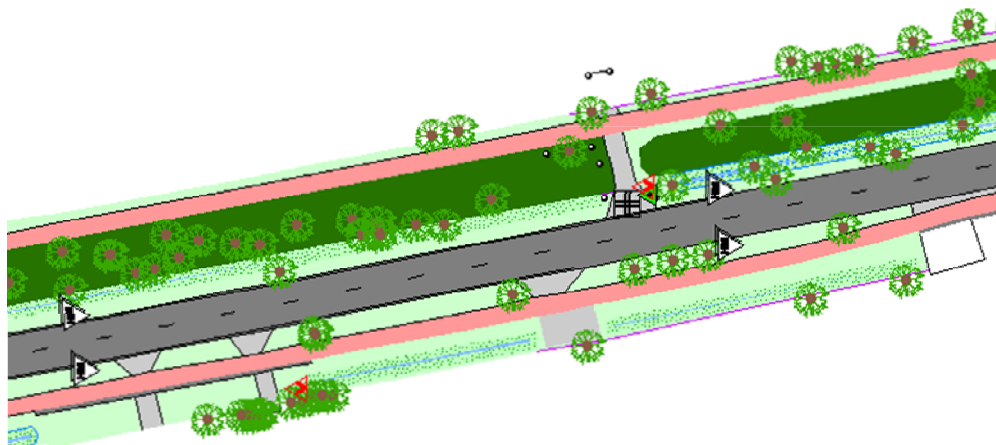
Het doel van het DTB is de ontwikkeling van één ruimtelijke database, voor alle afdelingen binnen de provincie die werken met ruimtelijke gegevens. Dit is vergelijkbaar met de doelstelling van de BGT. Verschillende beheertaken vanuit wegbeheer en groenbeheer vragen echter een hoger detailniveau van de data, dan geleverd kan worden op basis van de BGT standaard. Dit is de aanleiding geweest om een ruimere objectdatabase op te zetten dan wordt gehanteerd in de BGT.

Objecten die in de objectdatabase van het DTB zijn opgenomen en in de BGT ontbreken zijn bijvoorbeeld:<sup>48</sup>

- Wegbelijning
- Verhardingstypen
- Bermbeveiliging
- Bomen (en andere gewassen als puntobjecten)
- Lantaarnpalen
- Verkeerslichten
- Talud
- Hectometrering

Effectief beheer van deze en andere objecten is niet mogelijk op basis van de BGT. Gebiedsbeheerders die een ruimtelijke database willen gebruiken als basis van beheer en onderhoud dienen extra stappen te zetten in de ontwikkeling van de ruimtelijke database.

Eén van de kernpunten van een GIS is de visualisatiemogelijkheden van de informatie uit de GIS database. Figuur 20 geeft een duidelijke visualisatie van de N289 uit het DTB.



**Figuur 20 Visualisatie van het DTB van de N289 ter hoogte van hectometerpaal 13.4 (Bron: DTB Provincie Noord-Brabant)<sup>49</sup>**

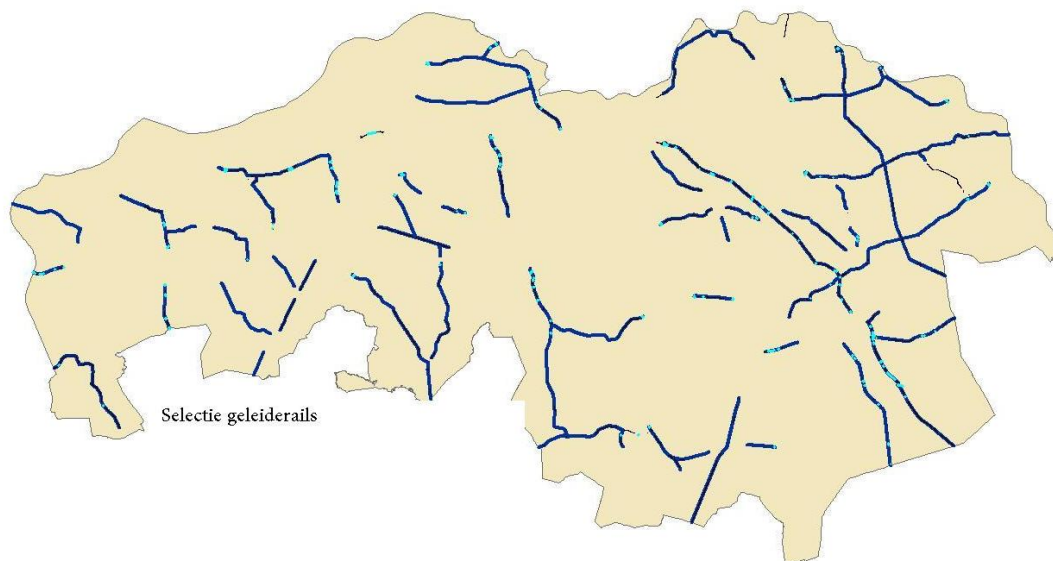
De figuur geeft een beeld van de N289 en de omgeving. Zichtbaar zijn bijvoorbeeld de verschillende opritten, de bomen, de berm, sloten en fietspaden.

Elk object in de figuur op een map is eenvoudig te benaderen. Indien iemand geïnteresseerd is in de specifieke eigenschappen van één of meerdere gevisualiseerde objecten, kunnen deze eenvoudig worden opgevraagd door deze te selecteren. Zo zijn de hectometrering en het wegnummer opgevraagd uit de hectometerpaal, die door de witte driehoeken wordt gesymboliseerd.

<sup>48</sup> De objectdatabase is niet in dit rapport opgenomen.

<sup>49</sup> De complete legenda is te groot om hier weer te geven en de visualisatie is redelijk duidelijk van zichzelf. Daarom is de legenda hier achterwege gelaten

Indien iemand geïnteresseerd is in alle wegen uit de database met een geleiderail kan op basis van het opvragen van alle geleiderail objecten op eenvoudige wijze een overzichtskaart worden gemaakt van wegen met en zonder geleiderail, zoals in Figuur 21 is getoond.



**Figuur 21** Selectie provinciale wegen met (donkerblauw) en zonder (lichtblauw) geleiderailconstructie

Het DTB bevat echter niet expliciet alle relevante gegevens voor een onderzoeksdatabase voor wegkenmerken. Een deel van de gewenste informatie wordt verzameld in de objectadministratie, een ander deel is impliciet aanwezig in de geometrie van het DTB en dient met behulp van GIS software te worden bepaald.

#### **Objectadministratie**

In de opzet van de GIS database heeft de provincie gekozen voor een splitsing tussen het DTB waarin de geometrie is vastgelegd en de objectadministratie welke allerlei extra informatie bevat over de ruimtelijke objecten.

Ruimtelijke objecten in het DTB bevatten een beperkte selectie aan attributen die het object typeren. De objectadministratie bevat allerlei extra gegevens over de objecten die belangrijk zijn voor onder meer beheer en onderhoud. Hierbij dient gedacht te worden aan objecttyperingen als het type wegverharding en de kwaliteit van het wegdek. Maar ook aan planningsaspecten, zoals de laatste keer dat klein onderhoud heeft plaatsgevonden en de datum waarop groot onderhoud gepland is.

Deze gegevens zijn relevant voor een wegkenmerkendatabase.

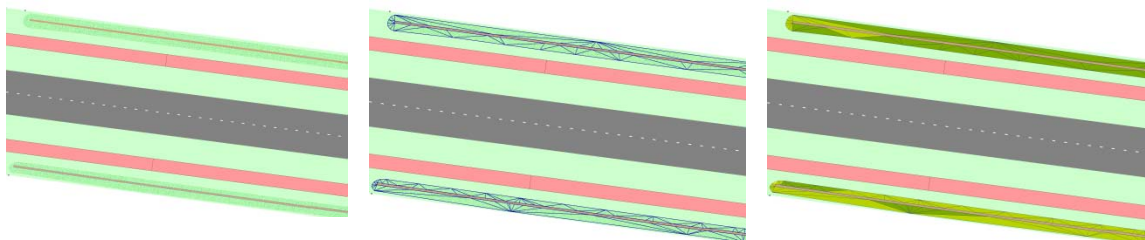
#### **5.3.4 Ontsluiting van impliciete ruimtelijke informatie**

Van elk object in de database zijn vorm, locatie en type bekend. Veel wegkenmerken zoals de wegbreedte, obstakelafstand, helling talud en boogstralen of bochtigheid zijn niet expliciet in de database aanwezig. Deze bevinden zich impliciet in de database en dienen op basis van ruimtelijke analyses expliciet gemaakt te worden. Dit is één van de sterke punten van een GIS. GIS softwarepakketten zoals ArcGIS bieden een scala aan ruimtelijke analysemogelijkheden van ruimtelijke objecten. Door handig gebruik te maken van de beschikbare gereedschappen in ArcGis kunnen veel van de hierboven genoemde wegkenmerken worden bepaald en toegevoegd als attribuut aan bijvoorbeeld de hectometring.

Het bepalen van de obstakelafstand van obstakels zoals een boom is relatief eenvoudig. Van elk object is door een zogeheten spatial join eenvoudig de kortste afstand tot de weg aan het obstakel toe te kennen.

De bepaling van andere kenmerken, zoals de bepaling van de wegbreedte, de boogstraal van een bocht of de bepaling van de helling van een talud is gecompliceerder. Dit is wellicht contra-intuïtief. De geometrie van de weg bijvoorbeeld is immers exact bekend, zoals is op te maken uit Figuur 20. Toch kan de breedte (behalve door een handmatige meting) niet direct worden bepaald. Dit is het gevolg van het gebruik van vrije vormen. Alle wegen in het DTB zijn opgebouwd uit kleine vlakken, van de halve rijbaanbreedte en een variërende lengte. De vlakken zijn getekend als polygonen welke zijn opgebouwd uit een willekeurig aantal punten, zogeheten vertices. Deze vlakken hebben dus een vrije vorm. En hoewel het menselijk brein direct kan herkennen wat de breedte- en lengterichting van een weg is, kunnen computers dit niet. Dit maakt de bepaling van de breedte geen eenvoudige taak.

Om wegkenmerken uit de geometrie te bepalen zijn een aantal extra stappen noodzakelijk. De bepaling van de gemiddelde helling van een talud wordt hier als voorbeeld gegeven. De bepaling van de hellingshoek geschied op basis van het creëren van een TIN (Triangular Irregular Network).



Figuur 22 TIN triangulatie van object talud

Het eerste plaatje uit de figuur toont een wegdeel met aan weerszijden een talud. Bij het creëren van een TIN van het talud worden de polygonen van het talud opgedeeld in driehoeken, zoals getoond in het tweede plaatje. Van al de driehoeken van de TIN zijn de coördinaten van de driehoekspunten bekend, op basis waarvan de helling van elke driehoek wordt bepaald. De helling van elke driehoek is gevisualiseerd in het derde plaatje<sup>50</sup>. Om deze te kunnen koppelen aan het oorspronkelijke talud object is een tussenstap nodig. Bij deze stap wordt de TIN geconverteerd naar polygonen, waarbij van elke driehoek uit de TIN een aparte polygoon wordt gecreëerd. Ten slotte wordt een 'spatial join' uitgevoerd, waarbij het gemiddelde van de numerieke attribuutwaarden van de driehoeken die binnen het polygoon van het talud liggen, worden toegevoegd aan de attribuutinformatie van het polygoon. Daarmee is uiteindelijk de gemiddelde hellingshoek van het talud bepaald.

### 5.3.5 Hulpbronnen

Bij het werken met ruimtelijke bestanden zoals de BGT en het DTB zijn verschillende hulpmiddelen voorhanden om de kwaliteit van de database te kunnen controleren, of eventueel zelfs aan te vullen.

#### Achtergronden

Achtergronden kunnen gebruikt worden om een beeld te vormen van de omgeving van de objecten en ter controle van de kwaliteit van de kartering. Hiervoor kunnen zowel kaarten als satellietbeelden worden gebruikt. ArcGis biedt hiertoe verschillende mogelijkheden op basis van plug-ins. In Figuur 23 is een voorbeeld gegeven van het DTB met als achtergrond satellietbeelden van Microsoft.

<sup>50</sup> De legenda is achterwege gelaten. De verschillende kleuren tonen een verschil in de hellingshoek.



**Figuur 23 Een transparante uitsnede van het DTB met satellietbeelden van Microsoft op de achtergrond**  
 De figuur toont een transparante projectie met satellietbeelden als achtergrond. De beelden tonen dat de kartering van de weg en omgeving binnen de beheergrenzen van de provincie nauwkeurig is verricht.

Wat Figuur 23 ook toont is bijvoorbeeld het ontbreken van de watergang in het DTB. Dit is het logische gevolg van beheergrenzen die elkaar raken. De watergang valt niet onder beheer van de provincie Noord-Brabant en is daarom ook niet opgenomen in het DTB. Hoewel dit logisch is vanuit het perspectief van de provincie, is dit een probleem bij de opbouw van een database van wegkenmerken op basis van het DTB in de huidige situatie.

Met de komst van de BGT zal echter van heel Nederland een vergelijkbare ruimtelijke database worden ontwikkeld. Door de BGT als basis te nemen en deze te koppelen met ruimtelijke database zoals het DTB zal dit soort problemen in de toekomst worden voorkomen.

### **Wegbeelden**

Veel wegbeheerders beschikken over wegbeelden welke bestaan uit foto's van de weg in één richting, zo ook de provincie Noord-Brabant. De locatie van deze foto's is meestal aangegeven in de bestandsnaam met wegnummer en hectometernummer. De wegbeelden worden door wegbeheerders gebruikt voor een visuele controle van de staat van het wegdek en de omgeving.

De foto's zijn echter beperkt voor de bruikbaarheid van een inventarisatie van wegkenmerken, omdat deze dimensieloos zijn. Bepaling van dimensies en afstanden is niet mogelijk op basis van deze bron. Discrete inventarisaties zoals het vastleggen van het type weg en rijrichtingsscheiding zijn echter wel mogelijk. Ook kan bijvoorbeeld worden bepaald of de weg binnen of buiten de bebouwde kom ligt. Visuele blokkades door verkeer en objecten kunnen de waarnemingen echter verstoren.

### **Globespotter**

Een andere hulpbron is de applicatie Globespotter van het bedrijf Cyclomedia. Dit bedrijf legt cyclorama's vast van het complete wegennet van Nederland. Deze applicatie biedt met de wegbeelden twee bijzondere mogelijkheden. Allereerst is het op basis van fotogrammetrie mogelijk gemaakt om van alles wat zichtbaar is op de beelden de gps coördinaten en de afmetingen te bepalen. Daarnaast biedt de applicatie de mogelijkheid om een ruimtelijke database zoals het DTB in te laden. Dit biedt een extra mogelijkheid om een visuele te controleren of objecten fout zijn gekarteerd, of dat deze missen.

Een voorbeeld van een projectie van een selectie van objecten uit het DTB is gegeven in Figuur 24 en Figuur 25. De figuren tonen een projectie van het DTB in een cyclorama en satellietbeeld in het programma Globespotter. De blauwe stippen duiden op alle opnamelocaties van cyclorama's met een verschillende kleur voor de verschillende jaren waarin de opnames zijn gemaakt. De groene en gele blokjes duiden op een gekarteerd puntobject in het DTB. De vlakken spreken verder voor zichzelf.



Figuur 24 Cyclorama in globespotter - N639 HM 11.2-11.3



Figuur 25 Luchtfoto in globespotter - N639 HM 11.2-11.3

### 5.3.6 Ontwikkelingsmogelijkheden voor een nieuwe onderzoeksdatabase wegkenmerken

Veel gebiedsbeheerders staan nog aan het begin van de ontwikkeling van digitale ruimtelijke databases. En hoewel de BGT voor een belangrijk deel al vast ligt, staat het gebiedsbeheerders vrij om zelf keuzes te maken in wat zij extra inwinnen aan data (plustopografie). Daarbij biedt IMGeo een standaard om wat er ingewonnen wordt, volgens een nationale standaard te karteren / vast te leggen. Dit is een basis voor uitwisselbare databases. Tevens zijn de Geo-afdelingen, die verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling van de ruimtelijke databases, geïnteresseerd in nieuwe toepassingsmogelijkheden van de te ontwikkelen database. Nieuwe toepassingsmogelijkheden verhogen immers het draagvlak voor de ontwikkeling van de databases.

Een ander nog onbesproken belangrijk aspect aan de ontwikkeling van digitale ruimtelijke bestanden op basis van de BGT en plustopografie, is de continuïteit. Indien gebiedsbeheerders hun beheer op basis van een GIS willen vormgeven zullen zij ook genoodzaakt zijn deze database actueel te houden. Dat betekent dat de onderzoeksdatabase zich continue zal kunnen ontwikkelen en een historie kan aanleggen. Dit biedt een toekomstige basis voor het gebruik van langere jaarreeksen van ongevalenstatistiek en het uitvoeren van voor/ na analyses op grote schaal.<sup>51</sup>

Indien gebiedsbeheerders de waarde van plustopografie inzien, kan verkeersveiligheidsonderzoek hier dus van profiteren. Een betere mogelijkheid in de toekomst voor de inventarisatie van wegkenmerken met een hoog detailniveau op grote schaal en continuïteit en actualiteit is er niet.

<sup>51</sup> Dit is iets wat vaak ontbreekt bij andere bronnen, zoals de SWOV onderzoeksdatabase zelf en het Europese project Eurorap waarvoor ook een incidentele database wordt ontwikkeld.

## 5.4 Conclusie en discussie

### 5.4.1 Ongevallengegevens

Binnen dit onderzoek zijn de ongevallengegevens van de SODBW gecontroleerd, gecorrigeerd en aangevuld. De gegevens zijn aangevuld met enkelvoudige ongevallen en met ongevallen zonder hectometerregistratie die wel op een provinciale weg hebben plaatsgevonden. Daarnaast zijn de letsel categorieën gecorrigeerd.

Door de manier waarop locatie van ongevallen wordt geregistreerd is echter onzeker hoe nauwkeurig de plaatsbepaling op hectometerniveau is, waar deze in BRON ontbreekt. Om dit probleem op te lossen zou de locatie beter moeten worden geregistreerd in de toekomst, of zou de wegkenmerkendatabase naar wegvakken gelijk aan het NWB kunnen worden geaggregeerd. De eerste oplossing is enkel relevant voor de toekomst, de tweede oplossing kan ook op historische data worden toegepast.

De belangrijkste bottleneck ten aanzien van de ongevallengegevens betreft echter de kwaliteit van de ongevallenregistratie. Deze neemt de laatste jaren steeds verder af. Daardoor lijken recente gegevens ongeschikt voor andere analyses dan trendonderzoeken, die kunnen worden gecorrigeerd met behulp van de Ziekenhuisregistratie. Voor locatiegebaseerd onderzoek zoals de ontwikkeling van OVM's is dit echter niet mogelijk. De vraag is dan wat de impact hiervan is op OVM's. Waar ligt de ondergrens van de kwaliteit van ongevallengegevens voor een kalibratie van OVM's? En op welke manier dient een OVM te worden geïnterpreteerd op basis van de kwaliteit van ongevallengegevens? In ieder geval is de uitkomst van een OVM enkel een frequentieschatting van geregistreeerde ongevallen, maar is deze ook niet te sterk aan het toeval onderhevig indien de ongevalsregistratie zo laag is? Wat zeggen de parameterschattingen van wegkenmerken in het model nog over de impact op veiligheid? Vormen de geregistreeerde ongevallen een representatieve steekproef uit de totale populatie om een zinnige betekenis aan de parameterschattingen te kunnen geven? Dit zijn vragen die vooralsnog onbeantwoord blijven, maar waar antwoord op gewenst is zodat ongevallengegevens van recentere data op juiste wijze kunnen worden gebruikt in de ontwikkeling van OVM's.

### 5.4.2 Verkeergegevens

Vanwege de behoefte om een model te ontwikkelen op basis van ongevalscijfers van 2004-2008 is gezocht naar aanvullende verkeersgegevens, omdat de database enkel jaargemiddelde etmaalintensiteiten tot 2007 bevatte. Op basis van recent ter beschikking gestelde verkeergegevens is de SODBW binnen dit onderzoek aangevuld met jaargemiddelde etmaalintensiteiten van het jaar 2007 en 2008.

### 5.4.3 Wegkenmerken

Het SODBW is binnen dit onderzoek ook op het gebied van wegkenmerken gecontroleerd, gecorrigeerd en aangevuld daar waar nodig om deze klaar te maken voor de ontwikkeling van OVM's van bermongevallen. Gezien de hoeveelheid werk die het heeft gekost (voor en tijdens dit onderzoek) om deze database tot het huidige niveau te ontwikkelen is het aan te bevelen om in de toekomst een andere werkwijze te hanteren. Een databaseontwikkeling waarbij de kwaliteit van de data wordt gewaarborgd door de bronhouder, zoals bij de ontwikkeling van de BGT en plustopografie het geval is, wordt daarom sterk aanbevolen.

Ten aanzien van de ontwikkeling van een database van wegkenmerken liggen er duidelijk nieuwe kansen. In vergelijking met eerdere onderzoeken naar databronnen zijn nieuwe bronnen geïdentificeerd en in kaart gebracht voor de ontwikkeling van een onderzoeksdatabase van wegkenmerken. De ontwikkeling van de BGT en plustopografie bij gebiedsbeheerders biedt een basis voor de ontwikkeling van een database van wegkenmerken op grote schaal. Deze bronnen (en daarbij geïdentificeerde hulpbronnen) zijn eerder niet geïdentificeerd binnen recente onderzoeken van het KPVV (Stemerding et al., 2011) en de SWOV (Schermer en Duivenvoorde, 2010) naar de inventarisatie van wegkenmerken.

De ruimtelijke databases van de provincies Noord-Brabant met het Wegen Informatiesysteem (WIS) en het Digitaal Topografisch Bestand (DTB) en Noord-Holland met de Grootschalige Topografie Provincie Noord-Holland (GTPNH), dienen daarbij als illustratief voorbeeld van de potentie van deze bronnen. En hoewel het binnen dit onderzoek niet gelukt is om een complete database van wegkenmerken op te bouwen, moet dit in de toekomst wel mogelijk zijn met de ontwikkeling van een aantal standaard procedures om wegkenmerken zoals de wegbreedte en bochtigheid te bepalen uit de geometrie van dit type database.

Om de kansen die er liggen in de toekomst te kunnen verzilveren dient er wel nu een aanzet te worden gemaakt om met gebiedsbeheerders in overleg te gaan over de inventarisatie van de gewenste plustopografie. Denk daarbij aan de inventarisatie van type wegverharding, snelheidsregimes, belijning, bermverharding, rumble stroken enzovoort. Dit is slechts een selectie van relevante wegkenmerken die niet in de BGT zijn opgenomen. En niet alleen de selectie van objecten is relevant, ook de wijze waarop deze worden vastgelegd is van groot belang. Voor verkeersveiligheidsonderzoek is het immers belangrijk dat bestanden van gebiedsbeheerders uitwisselbaar zijn. Afspraken tussen gebiedsbeheerders over het format waarin objecten worden vastgelegd is daarvoor een randvoorwaarde. Dit is niet iets wat altijd direct van belang is voor de individuele bronhouder die zich richt op beheer van zijn eigen gebied en zal dus niet vanzelf gaan. Toch zal ook een bronhouder vermoedelijk tegen beperkingen aanlopen van de toepassingsmogelijkheden van zijn ruimtelijke database, daar waar de grenzen lopen met andere wegbeheerders wanneer er geen overeenstemming wordt gezocht met andere gebiedsbeheerders over de kartering en objectdatabase. Een dialoog is daarom waardevol voor zowel de gebiedsbeheerders zelf als externe belanghebbenden.

Er zal echter wel enige tijd verstrijken totdat de vruchten van de ontwikkeling van digitale ruimtelijke databases geplukt kunnen worden. Volgens het tijdschema van de ontwikkeling zullen gebiedsbeheerders eind 2015 hun deel van de BGT dienen aan te leveren. Vervolgens zullen eventueel beschikbaar gestelde databases met plustopografie kwaliteitstesten moeten doorstaan en dient de impliciete informatie met betrekking tot wegkenmerken uit de databases te worden ontsloten. Snellere oplevering zou voor dit type verkeersveiligheidsonderzoek echter maar beperkt voordeel opleveren zolang de registratie van ongevallen niet aanzienlijk verbeterd. Indien deze niet wordt verbeterd zal deze bottleneck immers gewoon blijven bestaan. De potentie van een wegkenmerkendatabase blijft in dat geval beperkt.





## 6 Modelresultaten: kalibratie, validatie en interpretatie

De voorgaande hoofdstukken vormen de aanzet en de basis van de modelontwikkeling van bermongevallen die in dit hoofdstuk is gepresenteerd. Relevante wegkenmerken waarvan een causaal verband wordt verwacht met het risico op bermongevallen zijn geïdentificeerd op basis van een analyse van de verkeersonveiligheid van bubeko 80 wegen en van bermongevallen (hoofdstuk 2 en 3). De kalibratiemethode inclusief de selectie van valide toetsingscriteria van de in dit hoofdstuk gepresenteerde modellen is gebaseerd op een studie naar OVM's en statistiek (hoofdstuk 4). En als laatste voorbereiding op de ontwikkeling van het model is de SWOV Onderzoeksdatabase gecontroleerd, gecorrigeerd en aangevuld daar waar nodig (hoofdstuk 5).

De SODBW (SWOV Onderzoeksdatabase Wegkenmerken) is gebruikt om een reeks modellen te kalibreren op basis van de NB (Negatief Binomiale) verdeling met gebruik van de GLM (Generalized Linear Modelling) procedure GENMOD in SAS Enterprise.<sup>52</sup> De uiteindelijke selectie van de modelvariabelen is gebaseerd op zowel de ontwerprichtlijnen en de ondervindingen uit de ongevalsanalyse beschreven in hoofdstuk 2 en 3, als ook een aantal beperkingen ten aanzien van de beschikbare data op basis van een dataexploratie die aan het begin van dit hoofdstuk staat beschreven.

De modellen zijn getoetst op basis van de model fit criteria LLRT (Log Likelihood Ratio Test) en AIC (Akaike Information Criterium), zoals staat beschreven in hoofdstuk 4. Daarbij zijn de parameters getoetst op hun schattingswaardes en statistische significantie. Een selectie van de resultaten wordt besproken in paragraaf 6.2

Het meest waarschijnlijke model wordt besproken in paragraaf 6.3. Dit OVM geeft een schatting van de ongevallenfrequentie per honderd meter wegvak, voor een periode van 5 jaar, voor provinciale wegen met een snelheidslimiet van 80 of 100 km/uur, op basis van de etmaalintensiteit, obstakelzone van 0-2 meter, bermbeveiliging en bochtigheid<sup>53</sup>. Validatie van het model evenals een modelkalibratie op basis van ernstige ongevallen bleek daarbij niet mogelijk. Dit wordt besproken in paragraaf 6.3.5 en 6.3.6.

Een aanzet tot discussie over de resultaten en methode evenals een aantal conclusies is opgenomen in paragraaf 6.4.

### 6.1 Data-exploratie

#### 6.1.1 Ongevalskarakteristieken

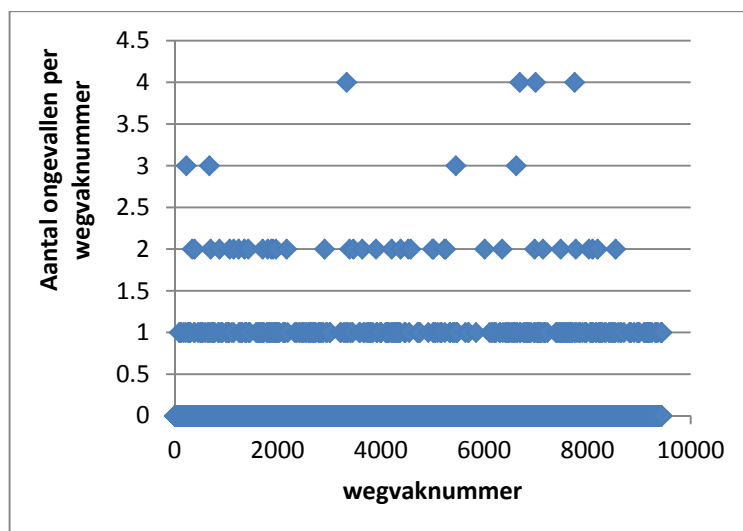
De SODBW bestaat uit 9441 honderd-meter wegvakken. De inventarisatie van de gegevens is zoals eerder aangegeven verricht in 2008. De ongevalsperiode die wordt beschouwd bedraagt een termijn van vijf jaar van 2004-2008.<sup>54</sup> Hierbij zijn ongevalgegevens van na 2008 buiten beschouwing gelaten vanwege de afname van de registratiegraad in latere jaren. Omdat gegevens over groot onderhoud en structurele veranderingen niet beschikbaar zijn, is de historie van ongevalgegevens beperkt tot 5 jaar om onzekerheden ten aanzien van veranderingen in het dwarsprofiel beperkt te houden.

Het totaal aantal enkelvoudige letselongevallen in de onderzoeksperiode 2004-2008 bedraagt 434. Figuur 26 toont het aantal ongevallen per wegvak.

<sup>52</sup> GENMOD is de numerieke procedure in het softwarepakket SAS enterprise die gebruikt is voor de kalibratie van de modellen

<sup>53</sup> De inventarisatie van bochtigheid betreft een visuele interpretatie van het aantal bochten in een weg.

<sup>54</sup> Als vuistregel voor het onderzoeken van verkeersongevallen (op basis van de AVOC-methode) wordt vaak een onderzoekstermijn tenminste drie tot vijf jaar gehanteerd (CROW, 1992).



**Figuur 26** Aantal enkelvoudige ongevallen per honderdmeter wegvak over de periode 2004-2008

Het gemiddelde en de variantie van het aantal ongevallen per wegvak bedraagt:

Gemiddelde	0,046
Variantie	0,060

Zoals verwacht is het gemiddelde (en dus de frequentie) aanzienlijk lager dan 1. Dit bevestigt het uitgangspunt uit paragraaf 4.4 om de deviance en Pearsons chi kwadraat test buiten beschouwing te laten. Daarnaast wordt hiermee ook het de juistheid van het uitgangspunt om de modellen te kalibreren op de NB-verdeling bevestigd. De variantie is immers groter dan het gemiddelde (een factor 1,3), wat een aanwijzing is voor overdispersie.

### 6.1.2 Selectie van modelvariabelen

In de conclusie van hoofdstuk 3 zijn de wegkenmerken aangegeven die relevant zijn voor de vormgeving van het OVM van bermongevallen. Dit betreffen:

- Wegindeling en Wegbreedte
  - Rijstrookbreedte
  - Redresseerstrookbreedte
- Bermverharding
- Obstakelvrije zone of obstakelafstand
- Boogstralen en bochtigheid
- Verlichting
- Attentiestroken zoals Rumble stroken

De SODBW bevat 50 originele wegkenmerken attributen (zie bijlage E.1). Hieruit zijn 29 relevante attributen te selecteren. Op de verwachting dat deze attributen niet geschikt zouden zijn als losse modelvariabelen vanwege een tekort aan data, is geanticipeerd door aggregaties uit te voeren van de originele wegkenmerken attributen. Ook zijn ongevals- en verkeersintensiteitsattributen bewerkt tot nieuwe attributen. Dit heeft geleid tot een set van 26 attributen die in verschillende configuraties als modelvariabelen zijn getest. De set van attributen inclusief de definities en codering is weergegeven in Tabel 9.

Naam	Definitie	Waarden	Opmerking
som_Eongletsel_20042008	Som van enkelvoudige letsel ongevallen van motorvoertuigen behalve tractoren, over de periode 2004 t/m 2008.	telvariabele	
som_Eernstig_20042009	Som van enkelvoudige ernstige ongevallen van motorvoertuigen behalve tractoren, over de periode 2004 t/m 2008.	telvariabele	
gem_int_LN	Het natuurlijk logaritme van de jaargemiddelde etmaalintensiteit, gemiddeld over de periode 2004 t/m 2008	continue variabele	
gem_int_factor	Jaargemiddelde etmaal intensiteit / 1000	gem_int_LN/1000	
gem_int_LN_groep	Het natuurlijk logaritme van de jaargemiddelde etmaalintensiteit, gemiddeld over de periode 2004 t/m 2008, ingedeeld in 21 groepen.	0 750 2250 3750 5250 6750 8250 9750 11250 12750 14250 15750 17250 18750 20250 21750 23250 24750 26250 27750 29250	De variabele neemt de waarde aan van de groeps waarde die het dichtst bij de jaargemiddelde etmaalintensiteit ligt.
gem_int_factor_groep	Jaargemiddelde etmaalintensiteit / 1000	gem_int_LN_groep/1000	
ObstakelL	Minimale obstakelafstand links van de kant wegverharding	1: kleiner dan 2 meter 2: tussen de 2 en 5 meter 3: tussen de 5 en 7,5 meter	Obstakels kunnen een boom, sloot, wal of talud zijn
ObstakelR	Minimale obstakelafstand rechts van de kant wegverharding	1: kleiner dan 2 meter 2: tussen de 2 en 5 meter 3: tussen de 5 en 7,5 meter	
ObstakelL1	Obstakelafstand van 0 - 2 meter links van de kant wegverharding	dummy variabele	
ObstakelL2	Obstakelafstand van 2 - 5 meter links van de kant wegverharding	dummy variabele	
ObstakelL3	Obstakelafstand van 5 - 7,5 meter links van de kant wegverharding	dummy variabele	
ObstakelR1	Obstakelafstand van 0 - 2 meter rechts van de kant wegverharding	dummy variabele	

Naam	Definitie	Waarden	Opmerking
ObstakelR2	Obstakelafstand van 2 - 5 meter rechts van de kant wegverharding	dummy variabele	
ObstakelR3	Obstakelafstand van 5 - 7,5 meter rechts van de kant wegverharding	dummy variabele	
Obstakel	Minimale obstakelafstand vanaf de kant wegverharding aan één of beide zijden van de weg	1: kleiner dan 2 meter 2: tussen de 2 en 5 meter 3: tussen de 5 en 7,5 meter	
Obstakel1	Obstakelafstand van 0 - 2 meter van de kant wegverharding aan één of beide zijden van de weg	dummy variabele	
Obstakel2	Obstakelafstand van 2 - 5 meter van de kant wegverharding aan één of beide zijden van de weg	dummy variabele	
Obstakel3	Obstakelafstand van 5 - 7,5 meter van de kant wegverharding aan één of beide zijden van de weg	dummy variabele	
Obstakel5m	Obstakelafstand van 0 - 5 meter van de kant wegverharding aan één of beide zijden van de weg	dummy variabele	
BermbeveiligingL	Bermbeveiliging links van de weg, zijnde een vangrail of betonnen barrier	dummy variabele	
BermbeveiligingR	Bermbeveiliging rechts van de weg, zijnde een vangrail of betonnen barrier	dummy variabele	
Bermbeveiliging	Bermbeveiliging aan een of beide zijden van de weg, zijnde een vangrail of betonnen barrier	dummy variabele	
Verlichting_Aggr	Aanwezigheid van verlichting	dummy variabele	
Bochtigheid	Bochtigheid van de weg	1: Recht 2: Matig Bochtig 3: Zeer Bochtig	Betreft een visuele interpretatie van het aantal bochten per kilometer
Heuvelachtigheid	Heuvelachtigheid	1: Vlak 2: Heuvelachtig 3: Bergachtig	
Wegtypen2	Typering van het wegtype op basis van de oude en nieuwe wegmarkeringstypen	1: Oude markeringstypen 80 & 100 km/uur 2: Nieuwe markeringstypen 80 km/uur 3: Nieuwe markeringstypen 100 km/uur 4: Nieuwe en oude markeringstypen 60 km/uur	Zie plaatjes van profieltypen in bijlage E.4 1: C of D 2: E of F 3: A of B 4: G of H

Tabel 9 Overzicht modelvariabelen

Zoals uit de set modelvariabelen is af te lezen ontbreken variabelen met betrekking tot attentiestroken, bermverharding en de dimensionering. Met als simpele reden dat gegevens van deze kenmerken ontbraken of van slechte kwaliteit waren (zie hoofdstuk 5).

De aggregaties met betrekking tot de obstakelafstand berusten op de aanname dat niet de som van obstakels maar de afstand tot het dichtstbijzijnde obstakel maatgevend is. Daarnaast is geanticipeerd

op een beperkt aantal ongevallen in de database door extra attributen aan te maken waarin de obstakelafstand links en rechts van de weg zijn geaggregeerd naar 1 attribuut.

Ook de bermbeveiliging en verlichting zijn geaggregeerd. Deze zijn geaggregeerd tot dummy variabelen die de aan of afwezigheid van het wegkenmerk aangeven.

#### **Wegindeling op basis van markering**

De SODBW bevat een attribuut wegtype dat onderscheid maakt tussen wegtype op basis onderscheid tussen markeringstypen (zie bijlage E.4). Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen; de oude markering en nieuwe EHK markering, snelheidslimieten van 60/80/100 km/uur en onderbroken en doorgetrokken asmarkeringen. Van wegen met de oude markering zijn wegen met een snelheidslimiet van 80 en 100 km/uur echter niet onderscheiden in de SODBW. Daarnaast is het voor bermongevallen naar verwachting niet relevant of sprake is van een doorgetrokken of onderbroken asmarkering. Daarom is het attribuut geaggregeerd naar de variabele wegtype 2 met de volgende indeling:

1. wegvak met de oude wegmarkering met een snelheidslimiet van 80 of 100 km/uur
2. wegvak met de EHK wegmarkering met een snelheidslimiet van 80 km/uur
3. wegvak met de EHK wegmarkering met een snelheidslimiet van 100 km/uur
4. wegvak met de oude of nieuwe EHK wegmarkering met een snelheidslimiet van 60 km/uur

#### **6.1.3 Parameterisering van de nominale variabelen**

De gebruikte originele wegkenmerkattributen uit de database zijn allemaal in de vorm van nominale variabelen. De waarden van een nominale variabele geven groep of categorie aan. Deze waardes kennen verder geen ranking of meetschaal.

Zo zijn de attributen met betrekking tot de obstakelafstand gecodeerd met

0. Attribuut is niet aangetroffen
1. Afstand tot de kant weg is minder dan 2,5 meter
2. Afstand tot de kant van de weg ligt tussen de 2,5 en 5 meter
3. Afstand tot de kant van de weg is groter dan 5 meter

Deze nominale variabelen worden geparameteriseerd om aan de verschillende categorieën een correlatie met de ongevallenfrequentie te kunnen toekennen. De parameterisering van een nominale variabele bestaat altijd uit  $n-1$  dummy variabelen,<sup>55</sup> waarbij  $n$  staat voor het aantal categorieën van de nominale variabele. Dit volgt uit het feit dat de  $n^{\text{de}}$  variabele altijd is af te leiden uit de waardes van de andere variabelen. Er moet immers gelden  $X_1 + X_2 + \dots + X_n = 1$ , waarbij slechts 1 van de dummyvariabelen de waarde 1 kan aannemen. Daarom is de parameterisering van een nominale variabele altijd relatief. Dat wil zeggen dat de parameterwaardes voor de  $n-1$  parameters relatief ten opzichte van de niet geparameteriseerde categorie worden geschat. Een parameterisering van de obstakelafstand kan bijvoorbeeld relatief ten opzichte van het ontbreken van obstakels worden uitgevoerd. In dat geval wordt voor de categorieën 1, 2 en 3 elk een dummyvariabele aangemaakt met een bijbehorende parameter. De parameterwaarde geeft dan aan hoeveel onveiliger een specifieke obstakelafstandscategorie is ten opzichte van het ontbreken van obstakels.<sup>56</sup>

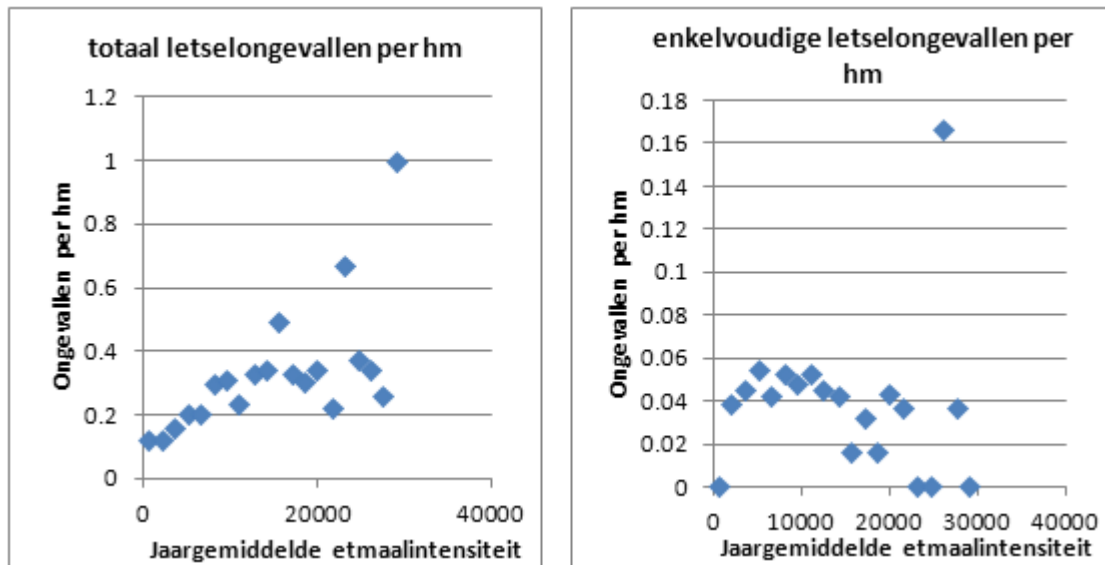
#### **6.1.4 Expositie op basis van de gemiddelde etmaalintensiteit**

Alle recente gepubliceerde OVM's bevatten ten minste de gemiddelde etmaalintensiteit als maat van de expositie. Dit is de belangrijkste variabele in het model en de enige continue variabele. Vanwege het belang van de variabele is deze nader onderzocht.

<sup>55</sup> Een dummyvariabele is een speciale vorm van de nominale variabele. Dit betreft een dichotome variabele die enkel de waarde 0 of 1 kan aannemen.

<sup>56</sup> Een test van de parameterisering in SAS is beschreven in bijlage F.3

De algemene vorm van OVM's schrijft een machtsfunctie  $Q^\beta$  van de etmaalintensiteit voor om de expositie in rekening te brengen in de voorspelling van de ongevallenfrequentie. Dit is af te leiden uit Figuur 27. Deze toont duidelijk dat de relatie tussen het aantal ongevallen en de expositie niet lineair is, zoals reeds algemeen bekend is (Hakkert en Braimaister, 2002). Een nadere bestudering van de data lijkt echter tot de conclusie dat algemene OVM functievorm hier niet passend is in het geval van enkelvoudige ongevallen.



Figuur 27 Totaal aantal letselongevallen en enkelvoudige letselongevallen per honderd-meter wegvak uitgezet tegen de gemiddelde etmaalintensiteit<sup>57</sup>

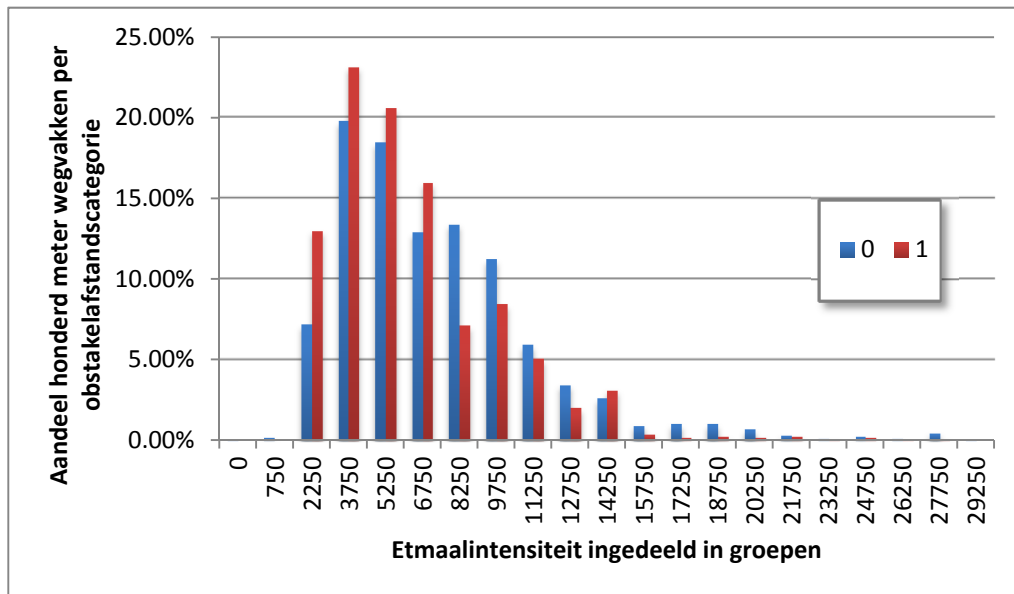
In tegenstelling tot de plot van het totaal aantal letselongevallen uitgezet tegen de etmaalintensiteit is het niet mogelijk om de plot van enkelvoudige letselongevallen te benaderen door middel van een enkele machtsfunctie. De rechter plot toont een daling van het aantal letselongevallen per hm bij een toename van de etmaalintensiteit vanaf een etmaalintensiteit van ongeveer 15000 voertuigen.

Er zijn verschillende hypothesen mogelijk voor dit geconstateerde fenomeen, zoals hier gesteld:

1. Wegen met een hogere etmaalintensiteit zijn veiliger ontworpen dan wel veiliger gemaakt in het verleden, juist vanwege de hoge expositie
2. Hogere intensiteiten leiden tot een hogere mate van interactie, wat weer kan leiden tot een hoger attentieniveau bij de bestuurder. Van dit laatste is bekend dat het een belangrijke factor is in het ontstaan van ongevallen (zie hoofdstuk 3).
3. Hogere etmaalintensiteiten zijn ondervertegenwoordigd in de database. Als gevolg van toeval leidt dit tot een afname van het aantal ongevallen per hm bij een stijging van de etmaalintensiteit in de database (er is sprake van een bias).
4. Het ontstaan van een ongeval is vaak het gevolg van een fout van de bestuurder. Indien de etmaalintensiteit toeneemt, neemt ook de kans toe dat indien een ongeval plaatsvindt dit een meervoudig ongeval is in plaats van een enkelvoudig ongeval.
5. Congestie komt vaker voor naarmate de etmaalintensiteit toeneemt. Vanwege de verschillen in verkeersgedrag en rijnsnelheden zijn effecten te verwachten van congestie en dus een toenevende etmaalintensiteit op de verkeersveiligheid.

<sup>57</sup> Voor het maken van de plots zijn de intensiteiten gegroepeerd in 21 groepen. De groepen indeling en ongevallenstatistiek is gedeeld naar etmaalintensiteitsgroep is

Voor de eerste bewering kijken we naar de verdeling van de etmaalintensiteiten per wegvak met (obstakel1=1) en zonder (obstakel1=0) een obstakelafstand van 0-2 meter; zie Figuur 28.

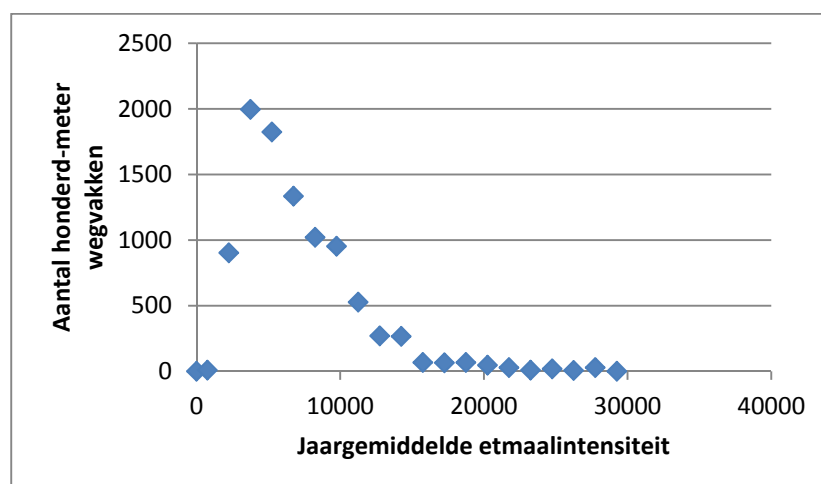


Figuur 28 Verdeling van de gemeten etmaalintensiteiten voor obstakel1=0 en obstakel1=1

De figuur laat zien dat wegvakken met een obstakel binnen de 0-2 meter een lager aandeel wegvakken met een intensiteit boven de 8250 bevatten dan wegvakken zonder obstakel binnen een afstand van 0-2 meter. Dit zou suggereren dat er een verband bestaat tussen de etmaalintensiteit en de inrichting van de berm.

Voor de tweede bewering kunnen geen ondersteunende cijfers worden aangereikt op basis van de binnen dit onderzoek beschikbare data.

De derde bewering is gebaseerd op een plot van het aantal honderd-meter wegvakken uitgezet tegen de etmaalintensiteit; zie Figuur 29.



Figuur 29 Aantal honderd-meter wegvakken uitgezet tegen de jaargemiddelde etmaalintensiteit groepen

De figuur toont een laag aantal registraties van honderd-meter wegvakken van etmaalintensiteiten van boven de 15000. Daarmee is de populatie voor het vaststellen van een verband tussen de etmaalintensiteit en enkelvoudige ongevallen voor hogere intensiteiten ook klein. Dit brengt het risico met zich mee dat de dalende lijn onderhevig is aan het toeval. Dit kan echter niet worden hardgemaakt.

De vierde bewering kan worden onderbouwd op basis van de twee plots uit Figuur 27. De plot van het totaal aantal letselongevallen laat geen daling zien van het aantal ongevallen op wegvakken met een hogere etmaalintensiteit. Het aandeel enkelvoudige ongevallen neemt dus af ten opzichte van het totaal aantal ongevallen bij een toenemende etmaalintensiteit. In welke mate dit verder van invloed is op het aandeel bermongevallen ten opzichte van het totaal aantal ongevallen is onzeker. Vermoedelijk groeien zowel het aandeel meervoudige bermongevallen als de andere ongevalstypen zoals frontale en flankerende ongevallen ten opzichte van enkelvoudige ongevallen. Op basis van de beschouwde cijfers is de verhouding tussen deze echter niet te duiden.

De vijfde bewering kan niet eenduidig worden onderbouwd. Marchesini en Weijermars bieden aan de hand van een literatuurstudie inzicht in verschillende veiligheidseffecten van congestie, maar concluderen zelf dat een totaaleffect nog niet kon worden bepaald (Marchesini en Weijermars, 2010). Zij vonden dat verschillende onderzoeken wijzen op een afname van ongevallen met hoge letselernst tijdens congestie.<sup>58</sup> Een eenduidige conclusie met betrekking tot de relatie tussen het ongevalsrisico en de intensiteit konden zij echter niet trekken, vanwege tegenstrijdige conclusies in verschillende artikelen waarbij een af of juist een toename van het ongevalsrisico werd gevonden. Tegelijkertijd kwam uit de studie ook naar voren dat het aandeel kop staartbotsingen toe neemt tijdens de transitiefase tussen een vrije doorstroom en congestie. Een eenduidige conclusie over het totaal effect van congestie en toenemende intensiteiten op de verkeersveiligheid is daardoor niet te trekken. Wel kwam er meer eenduidig uit de studie naar voren dat de het aantal ernstige ongevallen afneemt tijdens congestie en het aandeel kop-staart botsingen .

In welke mate de verschillende beweringen de daling in het aantal enkelvoudige ongevallen bij een hogere intensiteit het beste verklaren is echter niet te zeggen. De functievorm van de intensiteit dient in ieder geval te worden aangepast om vorm te kunnen geven aan dit fenomeen in het modelleren van enkelvoudige ongevallen. Hiervoor wordt een extra intensiteit correctiefactor in rekening gebracht, zoals deze ook is vormgegeven door Reurings en Janssen (2007a): De etmaalintensiteit / 1000. Het deel van het model dat verklaard wordt door de intensiteit wordt dan:

**Vergelijking 14 OVM functievorm intensiteitsaandeel**

$$Q^{\beta_q} \times e^{Q/1000 \cdot \beta_{qf}}$$

Ook te schrijven als

$$\beta_q \cdot \ln Q + \beta_{qf} \cdot Q/1000$$

Het effect van de toevoeging van de intensiteit correctiefactor wordt beschreven in paragraaf 6.2

## 6.2 Modelontwikkeling

In de ontwikkeling van het OVM zijn verschillende dataselecties en combinaties van variabelen getest. Het OVM is opgebouwd vanaf het Null-model door een stapsgewijze toevoeging van de variabelen. Bij elke stap is gekeken naar de LLRT<sup>59</sup> en het AIC<sup>60</sup> voor het toetsen van de model fit ten opzichte van het null-model en de verbetering ten opzichte van de vorige modelstap. Daarnaast is bij elke stap van elke parameterschatting van de toegevoegde variabele beoordeeld of de parameterschatting overeenkomstig is met de verwachting en of deze statistisch significant is.

### 6.2.1 Modellenreeks

Tabel 10 geeft een overzicht van de reeks geteste modelvarianten. De kruisjes geven aan welke variabelen uit welke variabelen het model is opgebouwd. Daarbij is model 10 gemarkeerd als zijnde het model met de beste model fit en zijn de eerste twee variabelen gemarkeerd als zijnde de afhankelijke variabelen. Verder zijn modellen E, I en II anders genummerd omdat deze op een andere dataselectie zijn gefit. Model E is op ongevalldata van ernstige ongevallen gefit. Modellen I en II zijn wel op

<sup>58</sup> Dit geldt niet voor de transitiefase, of onstabiele fase, tussen de vrije verkeersstroom en congestie.

<sup>59</sup> LLRT: de test die aangeeft of het model een statistisch significant betere schatting van de ongevallenfrequentie geeft dan het gemiddelde

<sup>60</sup> AIC: De test die een relatieve score geeft aan een model ten opzichte van de andere modellen uit de reeks



letselongevallen gefit, maar bevatten alle wegtypen, dus inclusief wegtypen met een snelheidslimiet van 60 km/uur, in tegenstelling tot de modellen 0 – 11.

Modelnr	som_Eongletsel_20042008	som_Eernstig_20042009	gem_int_LN	gem_int_factor	gem_int_LN_groep	gem_int_factor_groep	ObstakelL	ObstakelR	ObstakelL1	ObstakelL2	ObstakelL3	ObstakelR1	ObstakelR2	ObstakelR3	Obstakel	Obstakel1	Obstakel2	Obstakel3	Obstakel5m	BermbeveiligingL	BermbeveiligingR	Bermbeveiliging	Verlichting_Aggr	Bochtigheid	Heuvelachtigheid	Wegtypen2	
0	x																										
1	x		x																								
2	x		x	x																							
3	x		x	x			x	x																			
4	x		x	x					x	x	x	x	x	x													
5	x		x	x			x	x												x	x						
6	x		x	x										x									x				
7	x		x	x											x								x				
8	x		x	x											x								x	x			
9	x		x	x											x								x		x	x	
10	x		x	x											x								x		x		
11	x		x	x															x				x		x		
12	x		x	x											x												
E		x	x	x											x								x		x		
I	x		x	x											x								x		x		
II	x		x	x											x								x		x		x

Tabel 10 Overzicht modelvarianten

### 6.2.2 Model fit scores

De model fits scores staan weergegeven in Tabel 11. Model 10 is daarbij opnieuw gemarkeerd als zijnde het model met de hoogste model fit score. Model E en model I en II zijn gekalibreerd op andere data, waardoor de karakteristieken niet direct te vergelijken zijn. Daarom ontbreken bij deze modellen ook de Akaike testwaarden.

Model		Vrijheidsgraden (DF)	Log Likelihood	Log Likelihood ratio test LLRT (null model)	Akaike information criterium (AIC )	ΔAIC	Akaike weight (wi)	evidence ratio (er)
0	DF Value p	7346.000	-1299.735		2664.127	15.268	0.000	2067.509
1	DF Value p	7345.000	-1299.548	1.000 0.375 0.540	2665.752	16.893	0.000	4658.739
2	DF Value p	7344.000	-1296.982	2.000 5.506 0.064	2662.622	13.762	0.001	973.794
3	DF Value p	7338.000	-1288.157	8.000 23.156 0.003	2656.972	8.113	0.009	57.760
4	DF Value p	7338.000	-1288.157	8.000 23.156 0.003	2656.972	8.113	0.009	57.760
5	DF Value p	7336.000	-1286.359	10.000 26.753 0.003	2657.374	8.515	0.007	70.640
6	DF Value p	7340.000	-1289.416	6.000 20.639 0.002	2655.489	6.630	0.018	27.517
7	DF Value p	7342.000	-1290.062	4.000 19.346 0.001	2652.781	3.922	0.070	7.107
8	DF Value p	error: hessiaan is singulier						
9	DF Value p	7338.000	-1286.035	8.000 27.400 0.001	2652.727	3.868	0.072	6.917
10	DF Value p	7340.000	-1286.101	6.000 27.268 0.000	2648.859	0.000	0.496	1.000
11	DF Value p	7340.000	-1289.051	6.000 21.369 0.002	2654.758	5.899	0.026	19.099
E	DF Value p	7340.000	-916.678	6.000 21.020 0.002				
I	DF Value p	8904.000	-1588.298	6.000 27.405 0.000				
II	DF Value p	8901.000	-1584.535	9.000 34.930 0.000				

Tabel 11 Model fit statistieken<sup>61</sup>

De parameterschattingen van alle modellen zijn gegeven in bijlage F.4. Een aantal resultaten van de modelontwikkeling worden hier verder uitgelicht.

### 6.2.3 Datafilter op basis van wegtype

De eerste geteste modelreeks betreft modellen op basis van alle wegtypen. De laatste twee modellen uit die reeks betreffen modellen I en II uit Tabel 10. Op basis van de toevoeging van de variabele wegtype, bleek er enige onderlinge afhankelijkheid te bestaan tussen de variabele wegtype en de intensiteit. Dit bleek uit de verandering van de parameterwaardes en statistische significantie, zoals is weergegeven in Tabel 12.

<sup>61</sup> Model 12 ontbreekt in de model fit statistieken omdat deze later toegevoegd is om de onafhankelijkheid van de modelvariabele bermbeveiliging en Obstacle1 aan te tonen. Dit is op basis van de parameterschattingen, de model fit is daarbij buiten beschouwing gebleven.

	Exponent	Parameterschatting	p-waarde
<b>Model I gem_int_In</b>	1.97	0.68	0.046
<b>Model I gem_int_factor</b>	0.92	-0.08	0.089
<b>Model II gem_int_In</b>	2.67	0.98	0.007
<b>Model II gem_int_factor</b>	0.90	-0.10	0.036

Tabel 12 effect de variabele wegtype op de parameterschattingen van de expositieparameters

Model I betreft het model zonder de variabele wegtype2, model II betreft de het model inclusief de variabele wegtype2.

Zowel de exponent van de parameterschatting als de significantie veranderen onder de invloed van de toevoeging van de variabele wegtype2. Daarbij bleek echter enkel de parameterschatting van de categorie wegtypen met een snelheidslimiet van 60 km/uur statistisch significant. Op basis daarvan is een aangepaste dataselectie uit de SODBW gemaakt, met een filter voor wegen met een snelheidslimiet van 60 km/uur. Model 10 is een model bestaande uit dezelfde variabelen als Model I, maar gekalibreerd op basis van de aangepaste dataselectie. Het resultaat van de nieuwe dataselectie is een verbetering van de model fit, een verandering van de parameterschattingen en een toename van de statistische significantie van de expositie parameters, wat is getoond in Tabel 13.

	Exponent	p-waarde
<b>Model 10 gem_int_In</b>	2.85	0.0194
<b>Model 10 gem_int_factor</b>	0.89	0.0487

Tabel 13 effect van de dataselectie van wegvakken zonder wegen met een snelheidslimiet van 60 km/uur op de parameterschatting van de expositieparameters

#### 6.2.4 Modelontwikkelingsstappen

##### Effect van de intensiteit correctiefactor

Het belang van de functievorm van de expositie in het OVM zoals aangegeven in paragraaf 6.1.4, kan worden bevestigd door de LLRT en de significantie van de expositieparameter van Model 1 en 2 te vergelijken.

	LLRT p - waarde	gem_int_In p-waarde
<b>Model 1</b>	0.540	0.540
<b>Model 2</b>	0.064	0.026

Tabel 14 effect van de intensiteitfactor op de model fit en parameter significantie

Uit de LLRT waarde van Model 1 is af te leiden dat een functievorm van de expositie op basis van de algemene OVM modelvorm (Vergelijking 3, paragraaf 4.1.1) geen waarde heeft voor het schatten van de ongevallenfrequentie. De functievorm van de expositie zoals vormgegeven in Vergelijking 14 heeft wel een duidelijk toegevoegde waarde in het schatten van de ongevallenfrequentie. De LLRT waarde ligt ver onder grenswaarde van 0,1 waarboven het model aan het toeval zou worden toegekend. Daarbij zijn de parameterwaardes zelf duidelijk statistisch significant. Daarnaast verbetert de LLRT verder bij toevoeging van modelvariabelen met betrekking tot wegkenmerken.

##### Aggregatie en filtering van de obstakelafstand en bermbeveiliging

In de reeks modellen 3, 5, 6, 7 en 12 zijn verschillende modelvarianten getest op basis van verschillende modelvariabelen met betrekking tot de obstakelafstand en bermbeveiliging.

De kalibratie van model 3 leidt tot vreemde parameterschattingen. De parameterschattingen van de obstakels links en rechts van de weg zijn sterk verschillend, evenals de significantie. Een obstakel links van de weg op een afstand tussen de 5-7 meter zou tot een hoger aantal ongevallen leiden dan een

obstakel links van de weg op een afstand kleiner dan 2 meter. In werkelijkheid is dit echter andersom. Daarnaast zijn enkel alleen de parameterschattingen  $\text{ObstakelL} = 1$  en  $\text{ObstakelL} = 3$  statistisch significant. De conclusie hiervan is dan ook dat dit model geen goede beschrijving kan geven van de werkelijke correlaties, omdat de parameters niet statistisch significant zijn en de parameterschattingen irreëel.

Model 5 is gekalibreerd om te zien of de resultaten van model 3 het gevolg waren van een correlatie tussen de bermbeveiliging en de obstakelafstand. Dit is niet het geval. De resultaten van de parameterschattingen van model 5 zijn overeenkomstig met die van model 3. Tevens is er een groot verschil tussen de statistische significantie van de bermbeveiliging en obstakelafstand aan de linkerkant van de weg. Dit is de reden geweest om  $\text{ObstakelL}$ ,  $\text{ObstakelR}$ ,  $\text{BermbeveiligingL}$  en  $\text{BermbeveiligingR}$  te aggregeren tot  $\text{Obstakel}$  en  $\text{Bermbeveiliging}$ , waarbij de kleinste obstakelafstand en aanwezigheid van een bermbeveiliging aan één van beide zijden van de weg als maatgevend is genomen.

Model 6 geeft een beter resultaat. Het evidence ratio wijst op een factor twee verschil in verklaarbaarheid tussen model 6 en model 3 en 5. En daarnaast neemt de statistische significantie sterk toe met een p-waarde van 0,0046 voor  $\text{obstakel} = 1$  en een p-waarde van 0,0839 voor bermbeveiliging.

Omdat de parameterschattingen van  $\text{obstakel} = 2$  en  $\text{obstakel} = 3$  echter uit model 6 een p-waarde hebben van 0,3 en 0,7 zijn deze geschrapt. Daarom is model 7 gekalibreerd waarbij  $\text{Obstakel1}$  een dummyvariabele is van een obstakel binnen een afstand van 2 meter aan een van beide zijden van de weg. Dit model is, gebaseerd op het evidence ratio, ongeveer een factor 4 waarschijnlijker dan model 6. Daarnaast is er een niet noemenswaardige verbetering zichtbaar in de statistische significantie van de modelparameters.

De onafhankelijkheid van de bermbeveiliging ten opzichte van de andere onafhankelijke variabelen is later getest met de kalibratie van model 12. Gezien de kleine verschillen tussen de parameterschattingen van de onafhankelijke variabele is geconcludeerd dat de variabelen onafhankelijk zijn.

### **Verlichting, bochtigheid en heuvelachtigheid**

In model 8 is de verlichting getest als modelvariabele. De modelkalibratie kon echter niet worden voltooid, gegeven de waarschuwing dat er problemen waren met de kalibratie van de hessiaan. Op basis hiervan is het resultaat genegeerd.<sup>62</sup>

De bochtigheid en heuvelachtigheid zijn getest in model 9. Omdat de heuvelachtigheid niet statistisch significant was als modelvariabele is deze geschrapt.

## **6.3 Het meest waarschijnlijke model**

### **6.3.1 Model 10**

Het best presterende of meest waarschijnlijke model is geselecteerd op basis van het AIC criterium. Op basis van dit criterium komt model 10 als beste uit de reeks. Volgens het evidence ratio criterium presteert het model 7 keer beter dan het op een na beste model en 1000 keer beter dan het model dat enkel de expositie in rekening brengt. Dit wijst op het belang van de ontwikkeling van OVM's op basis van meer dan enkel de expositie.

<sup>62</sup> Mocht het resultaat technisch gezien wel betrouwbaar zijn geweest dan was de verlichting als modelvariabele verworpen op basis van de parameterwaarde. De exponent geeft namelijk met een waarde van 1,23 aan dat wegen met verlichting gevaarlijker zijn dan zonder verlichting. Dit is alleen logisch wanneer de verlichting vooral op gevaarlijke punten is aangebracht. Verlichting is in dat geval een indicator van een onveilige weg. Er is dan dus nog altijd geen sprake van een causale verband waarbij verlichting leidt tot een onveilige situatie.

De functie van de ongevallenfrequentie, te weten het aantal ongevallen per 5 jaar op een honderd-meterwegvak, van het best presterende model is:

#### Vergelijking 15 Functie van het best presterende model

$$\hat{\mu}_i = 7,79 \cdot 10^{-6} \cdot JGEI^{1,05} \times e^{\frac{JGEI}{1000} - 0,11 + Obst \cdot 0,41 + Bermb \cdot -0,74 + SBocht \cdot 1,07 + MBocht \cdot 0,20}$$

#### Vergelijking 16 Functie van het natuurlijk logaritme van het best presterende model

$$\ln \hat{\mu}_i = -11,76 + 1,05 \cdot \ln JGEI - 0,11 \cdot \frac{JGEI}{1000} + Obst \cdot 0,41 + Bermb \cdot -0,74 + SBocht \cdot 1,07 + MBocht \cdot 0,20$$

De parameterschatting van dit model zijn weergegeven in Tabel 15

Model 10	Exponent	Parameterschatting	p-waarde
<b>Intercept</b>	7.8 E-06	-11,76	0,001
<b>Ln JGEI</b>	-	1,05	0,019
<b>JGEI/1000</b>	0,89	-0,11	0,049
<b>Obst</b>	1,51	0,41	0,001
<b>Bermb</b>	0,48	-0,74	0,092
<b>Sbocht</b>	2,93	1,07	0.008
<b>Mbocht</b>	1.23	0.20	0.108

Tabel 15 Parameter schattingen van model 10

Daarbij gelden de volgende definities:

Parameter	Definitie
$\hat{\mu}_i$	Ongevallenfrequentie, in dit geval het aantal ongevallen op een wegvak i in een periode van 5 jaar
<b>Ln JGEI</b>	Natuurlijk logaritme van de JaarGemiddelde EtmaalIntensiteit (JGEI)
<b>JGEI/1000</b>	Correctiefactor op de functievorm van de JGEI
<b>Obst</b>	Dummyvariabele voor de aanwezigheid van een obstakel langs één of beide wegzijden binnen een afstand van 2 meter
<b>Bermb</b>	Dummyvariabele voor de aanwezigheid van bermbeveiling langs een van beide wegzijden.
<b>Sbocht</b>	Parameter voor een sterke bochtigheid (relatief veel bochten per km), afgezet tegen een rechte weg
<b>Mbocht</b>	Parameter voor een matige bochtigheid (relatief weinig bochten per km), afgezet tegen een rechte weg

Op basis van de significantie dient te worden gesteld dat parameterschatting van de bermbeveiliging en matige bochtigheid indicatieve parameterschattingen betreffen. De andere parameters zijn allemaal statistisch significant op een zekerheid van 95%.

Het verband tussen de ongevallenfrequentie en wegkenmerken, gecorrigeerd voor de expositie op basis van de jaargemiddelde etmaalintensiteit is af te lezen aan de hand van de exponenten. Deze wijzen op het volgende:

- Wegvakken waar zich een obstakel bevindt binnen een afstand van 2 meter zijn 1,5 keer onveiliger dan andere wegvakken

- Wegvakken met de aanwezigheid van een bermbeveiliging zijn een stuk veiliger. De parameterschatting geeft een indicatie van een half zo klein aantal enkelvoudige letselongevallen dan op andere wegen het geval is.
- Op sterk bochtige wegen is de ongevallenfrequentie ongeveer drie keer zo hoog dan op rechte wegen
- Matig bochtige wegen zijn onveiliger dan rechte wegen. De parameterschatting geeft een indicatie van 20% meer ongevallen op matig bochtige wegen in vergelijking tot rechte wegen.

### 6.3.2 Vergelijking van de resultaten

Het is niet eenvoudig het ontwikkelde model direct met andere modellen te vergelijken omdat het hier specifiek om een OVM van bermongevallen betreft en deze qua functievorm afwijkt van de algemene OVM vorm (Vergelijking 3). Het best is deze te vergelijken met een OVM van enkelbaanswegen buiten de bebouwde kom in de regio Haaglanden.<sup>63</sup> Dit model is gekalibreerd op alle letselongevallen (dus niet alleen enkelvoudige ongevallen), maar heeft dezelfde toch dezelfde vormfunctie als het hier ontwikkelde OVM.

#### Vergelijking 17 OVM van de regio Haaglanden (M.C.B. Reurings en Janssen, 2007a)

$$\hat{\mu}_i = 7,52 \cdot 10^{-9} \cdot JGEI^{1,54} \times L_i^{0,96} \times e^{\frac{JGEI}{1000} - 0,09}$$

De parameterschattingen van de intensiteit en intensiteit correctiefactor van het Haaglanden en bermongevallen OVM zijn qua teken en orde grootte vergelijkbaar. Natuurlijk is er wel een duidelijk verschil in de interceptwaarde, aangezien het Haaglanden model anders is opgebouwd.

Wat betreft de modelvariabelen met betrekking tot de wegkenmerken zijn er geen vergelijkbare modellen voor de Nederlandse situatie waardoor een directe vergelijking niet mogelijk is. Deze kunnen daarom beter worden vergeleken met andere effectstudies naar wegkenmerken.

Zoals in paragraaf 3.2.1 staat aangegeven wijzen een Zweeds en Amerikaans onderzoek beide op een verschil in het ongevalsrisico van 40% tussen bochten met een boogstraal van 400 of 1000 meter (Hedman, 1989; Zegeer et al., 1990). Dit wijst op een verhoogd ongevalsrisico bij de toepassing van bogen met de volgens de CROW ontwerprichtlijnen toegestane minimale boogstraal van 300 meter (CROW, 2002). Daarnaast wees het diepteonderzoek van Davidse et al erop dat bij ongeveer 20% van alle bermongevallen een te krappe bocht mede de oorzaak was van het ongeval (Davidse, 2011), wat het verhoogd ongevalsrisico in bochten verder bevestigt. Ten slotte geeft Lamm in zijn naslagwerk over veilig wegontwerp aan dat de bochtigheid een grote invloed heeft op het ongevalsrisico en dat dit afhankelijk van de mate van bochtigheid zo een factor 2 kan schelen (Lamm et al., 1999, pp., 9.27-29.33). Al deze bevindingen liggen in lijn met de parameterschattingen die zijn gevonden bij de modelvariabele bochtigheid.

Met betrekking tot de obstakelafstand geeft Lamm in zijn naslagwerk tevens aan dat bij een obstakelafstand van 2,5 meter ten opzichte van een obstakelafstand van 6,25 meter een factor 1,4 hoger ongevalsrisico verwacht mag worden (Lamm et al., 1999, pp., 25.39-25.41). Ook deze bevinding ligt in lijn met de gevonden parameterschatting van de modelvariabelen.

Ten aanzien van de bermbeveiliging ten slotte geeft een rapport van de SWOV aan dat er over de effecten van bermbeveiligingsconstructies relatief weinig kwantitatief bekend is (Wijnen et al., 2010). Wel wordt in dit rapport aangegeven dat de SWOV het effect van een WICON (een speciaal type bermbeveiliging waarbij terugkaatsing wordt voorkomen), raamt op een reductie van 75% op ernstige

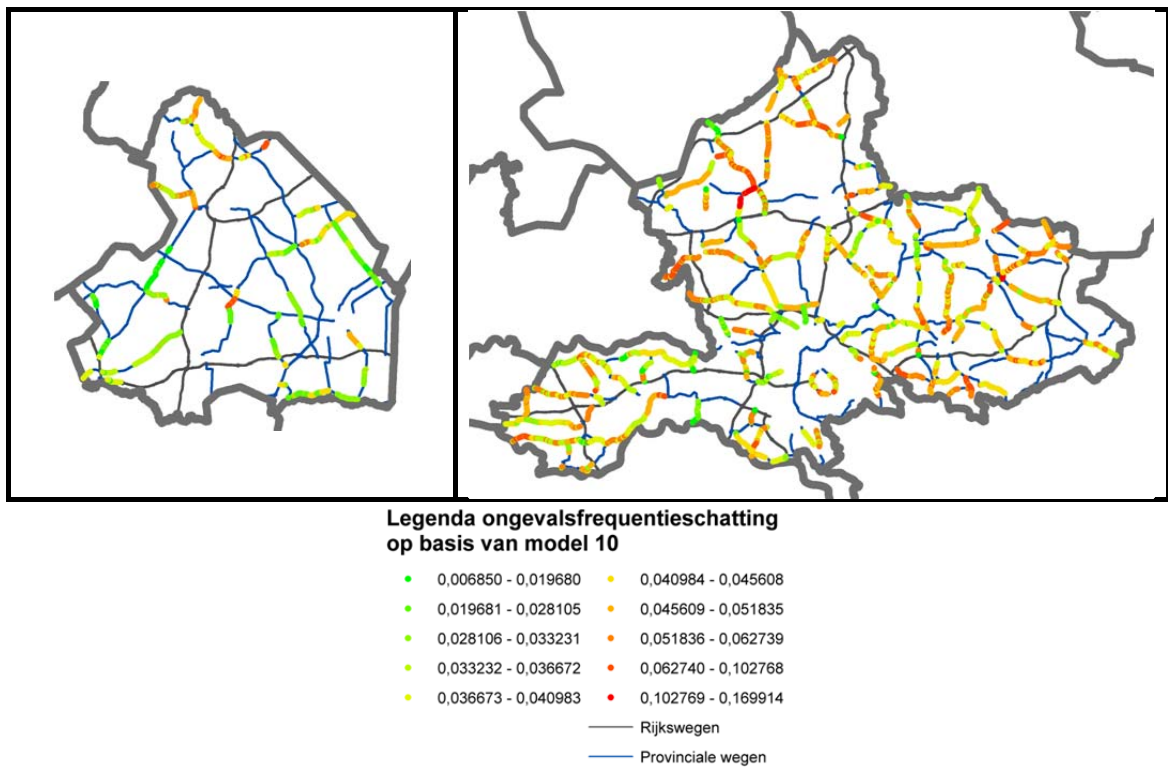
<sup>63</sup> Andere modellen die zijn ontwikkeld voor de Nederlandse situatie maken gebruik van de standaardvorm en zijn daardoor niet vergelijkbaar.

bermongevallen. De parameterschatting van de bermbeveiliging geeft echter een factor 0,5 aan voor het aantal letselongevallen. En hoewel dit geen WICON betreft, zou de factor ongeveer 0,25 moeten zijn volgens de raming. Het betreft hier namelijk enkelvoudige ongevallen, waarbij terugkaatsing dus geen meervoudig ongeval tot gevolg heeft. Dit zou er op kunnen wijzen dat de raming van de SWOV een overschatting van het effect van de WICON geeft. Het zou echter ook kunnen dat de bermbeveiliging minder effect heeft op het aantal licht gewonden. Hoewel een bermbeveiliging namelijk in principe veilig moet zijn en daarom niet wordt gezien als obstakel, kan het in de praktijk wel voorkomen dat er een risico blijft bestaan op letsel bij een aanrijding met een geleiderail als gevolg van bijvoorbeeld een verkeerde plaatsing of uitvoering van een geleiderail, of letsel opgelopen door een uitslaande airback of verkeerd gordelgebruik.

Alles bij elkaar geeft het model geen vreemde onverklaarbare resultaten en lijkt deze daarom valide.

### 6.3.3 Visualisatie van de geschatte ongevallenfrequentie

De uitkomst van het model is een schatting van het te verwachten aantal ongevallen op een hectometer wegvak, in een periode van 5 jaar, op provinciale bebeko 80/100 wegen, van de provincies Drenthe en Gelderland. Op basis van het ontwikkelde model is met behulp van Arcgis eenvoudig een visualisatie van de schatting van de ongevallendichtheid van deze provinciale wegen te maken.



**Figuur 30 Kaart van de ongevallendichtheid van de provincies Drenthe en Gelderland**

Middels het model en de SODBW is op basis van het verkeersaanbod en de kenmerken van de weg van alle wegvakken in de database de verwachte ongevallenfrequentie geschat. Deze toepassingsvorm van OVM's biedt wegbeheerders inzicht in het relatieve veiligheidsniveau van wegen. Met behulp van de kaarten zoals getoond in Figuur 30, zijn eenvoudig die wegen aan te wijzen waar relatief veel bermongevallen verwacht worden.<sup>64</sup> Dit is iets wat onmogelijk is op basis van traditionele analyses van de ongevalslocaties. Daarmee maakt het gebruik van OVM's als schattingsmethode van de verkeersveiligheid een preventief in plaats van een reactief beleid mogelijk.

<sup>64</sup> Daar waar de geschatte ongevallenfrequentie (en dus de ongevallendichtheid) het hoogst is, kleurt de weg donkerrood. Daar waar deze het laagst is, kleurt de weg groen.

### 6.3.4 Aggregatie voor vergelijking met RPS en RTR data

Twee alternatieve databronnen die binnen een vervolgonderzoek op korte termijn gekoppeld zouden kunnen worden met de SODBW zijn data uit het project Ranking the Roads (RTR) van Zuid-Holland en data uit het Europese project Eurorap. In beide projecten wordt een selectie van wegkenmerken verzameld voor het waarden van het veiligheidsniveau van wegen. Voor beide databronnen geldt dat deze een ander format hebben en een andere selectie van wegkenmerken. Het is echter de verwachting dat het goed mogelijk moet zijn de data te combineren op het detailniveau van het hier ontwikkelde model.

In vergelijking met de modelvariabelen ontbreekt in te RTR database een attribuut voor bochtigheid. In de Eurorap database is deze wel aanwezig. In beide database zijn ook attributen aanwezig voor de obstakelafstand en de bermbeveiliging. De gemeten obstakelafstand in RTR is een obstakel binnen een afstand van 0-4,5 meter, in de Eurorap database is dit een obstakelafstand binnen de 0-5 meter.

Om deze databases met de SODBW database te kunnen koppelen, dient de obstakelafstand te worden geaggregeerd naar het niveau van een obstakel binnen een afstand van 0-5 meter. Dit is mogelijk binnen de SODBW database. Op basis van deze aggregatie is Model 11 ontwikkeld.

Model 11 neemt de derde plaats in van de model reeks op basis van het AIC criterium. Daarnaast zijn de verschillende variabelen statistisch significant. In vergelijking met model 10 neemt de statistische significantie slechts beperkt af. Tevens neemt de exponentwaarde van de obstakelvariabele af van 1,5 naar 1,3. Dit is volgens de verwachting aangezien obstakels op een afstand van 2-5 m minder gevaar opleveren dan obstakels op een afstand van 0-2 meter. De lagere impact van de variabele is daarom volgens verwachting.

De aggregatie levert dus geen problemen ten aanzien van de parameterschattingen en statistische significantie. Ten aanzien van de beschouwde modelvariabelen in model 10 en 11 zal een koppeling met de Eurorap database geen problemen opleveren. Bij de koppeling met de RPS database gaat echter de bochtigheid als variabele verloren. Omdat dit een belangrijke variabele in het model is het aan te bevelen de koppeling te maken met de Eurorap database waarin deze variabele ook is opgenomen.

### 6.3.5 Validatie

Om te kunnen beoordelen of de resultaten algemene geldigheid hebben, of dat het model enkel een fit is op de onderzoeksdatabase, is een proces van kalibratie en validatie noodzakelijk. Om dit mogelijk te maken zou de onderzoeksdatabase moeten worden opgesplitst in twee samples. De onderzochte methode is een willekeurige opdeling van de dataset in twee gelijke delen waarbij het eerste deel bedoeld is voor kalibratie en het tweede deel voor validatie. Indien het gekalibreerde model representatief is voor de data uit de tweede sample set mag worden gesteld dat er geen sprake is van database specifieke over fitting en het model een bepaalde mate van algemene geldigheid heeft.

Validatie van het model op basis van de SODBW bleek echter niet mogelijk op basis van een random opdeling van de database in twee gelijke delen. Een poging om het model te kalibreren op basis van een sample set, bestaande uit de halve database, resulteerde in een singuliere hessiaan wat direct leidt tot de verwerping van de geschatte modelparameters.

Een singuliere hessiaan zou in normale omstandigheden duiden op een afhankelijkheid van modelparameters. Omdat echter al is geconstateerd dat de modelparameters niet sterk afhankelijk zijn moet er iets anders aan de hand zijn. Mogelijk is speelt er een numeriek probleem. Numerieke algoritmes kunnen in bepaalde situaties slecht omgaan met getallen die nul benaderen. Omdat de interceptwaarde in deze modellen inderdaad nul benaderen, zouden hier de problemen vandaan kunnen komen.



Eén oplossingsrichting om validatie mogelijk te maken ligt in onderzoek naar methodieken waarbij een grotere subset gebruikt kan worden voor kalibratie en een kleinere subset voor validatie. Belangrijk daarbij is dat de subset voor validatie geschikt is voor het identificeren van onjuistheden in het model. Een andere oplossingsrichting is de koppeling met andere databases zoals gesuggereerd in paragraaf 6.3.3. Hiermee kan de dataset verder worden vergroot, waarbij verwacht wordt dat met een grotere dataset de numerieke problemen niet opspelen.

### 6.3.6 OVM van ernstige ongevallen

Omdat in de beoordeling van de verkeersveiligheid vaak de nadruk wordt gelegd op het aandeel ongevallen met dodelijke of ernstige afloop, is er ook getracht om op basis van deze letselernst-groep een model te kalibreren. De combinatie van deze groep wordt hier ernstige ongevallen genoemd. Het aandeel van ernstige ongevallen ten opzichte van de letselongevallen is 60% in de SODBW. Het gekalibreerde model op deze groep ongevallen betreft Model E. De expositievariabelen van model E zijn echter niet statistisch significant. Op basis daarvan kan worden geconcludeerd dat de SODBW te weinig data bevat om een model van enkelvoudige ongevallen op basis van ernstige ongevallen te kunnen ontwikkelen.

Om een ontwikkeling van een OVM van enkelvoudige ongevallen op basis van ernstige ongevallen mogelijk te maken dient de database te worden uitgebreid. Hoeveel data extra nodig is, kan niet direct worden aangegeven.

## 6.4 Conclusies

Het resultaat van de modelontwikkeling is een OVM van enkelvoudige ongevallen op bubeko 80/100 wegen met één rijbaan, op basis van de SODBW. Dit model bestaat uit de volgende variabelen:

- Etmaalintensiteit – statistisch significant op 95%
- Obstakels op een obstakelafstand van 0-2 meter – statistisch significant op 95%
- De aanwezigheid van een bermbeveiliging – statistisch indicatief op 95%
- Een matige bochtigheid – statistisch indicatief op 90%
- Een sterke bochtigheid – statistisch significant op 95%

Omdat de etmaalintensiteit expliciet is opgenomen als verklarende variabele in het model, kunnen de exponenten van de parameterschattingen van wegkenmerkvariabelen worden afgelezen als een veiligheidseffect van het kenmerk, gecorrigeerd voor de expositie. Op basis hiervan kunnen de volgende conclusies worden getrokken:<sup>65</sup>

- De kans op een enkelvoudig ongeval is 1,5 keer zo groot op wegen met een obstakelafstand tussen de 0 en 2 meter, ten opzichte van andere wegen
- De parameterschatting van de bermbeveiliging geeft de indicatie dat de toepassing van een bermbeveiliging in de vorm van een geleiderail of barrier het aantal enkelvoudig ongeval met 50% kan reduceren.
- Uit de parameterschattingen van de modelvariabele bochtigheid is duidelijk te concluderen dat het aantal bochten per kilometer wegvak een grote impact heeft op het aantal enkelvoudige ongevallen en dus de veiligheid van de weg.
  - Sterke bochtigheid (wegen met relatief veel bochten) heeft een grote negatieve impact op de verkeersveiligheid. Op wegen met een sterke bochtigheid vinden namelijk 3 keer zoveel enkelvoudige ongevallen plaats als op rechte wegen.

<sup>65</sup> Alle conclusies hebben betrekking op het effect op het aantal letselongevallen

- De parameterschatting van matig bochtige wegen geeft een indicatie van 20% meer enkelvoudige ongevallen op wegen met een matige bochtigheid in vergelijking met rechte wegen.

Aangenomen wordt dat de effecten bij benadering gelijk zullen zijn aan dat van een model op alle bermongevallen. Daarbij wordt verwacht dat de interceptwaarde toe zal nemen omdat het totaal aantal bermongevallen groter is. Ook zal vermoedelijk de parameterschatting van factor JGEI/1000 wijzigen, omdat Figuur 27 een verschil toont tussen meervoudige en enkelvoudige ongevallen in het verband van de jaargemiddelde intensiteit.

De resultaten wijzen erop dat OVM's een bijdrage kunnen leveren in de beoordeling van de veiligheids-effecten van wegkenmerken. Daarbij toont de visualisatie van het model in paragraaf 6.3.3 hoe OVM's gebruikt kunnen worden om een relatieve veiligheidsinschatting van alle wegvakken te maken. Ook van wegen waarop in de beschouwde periode geen ongevallen hebben plaatsgevonden, maar waarvan op basis van het verkeersaanbod en de wegkenmerken wel een relatief hoge ongevallenfrequentie verwacht wordt. Wel zijn voor de doorontwikkeling van de toepasbaarheid van OVM's (van bermongevallen) in Nederland nog een aantal vervolgstappen gewenst:

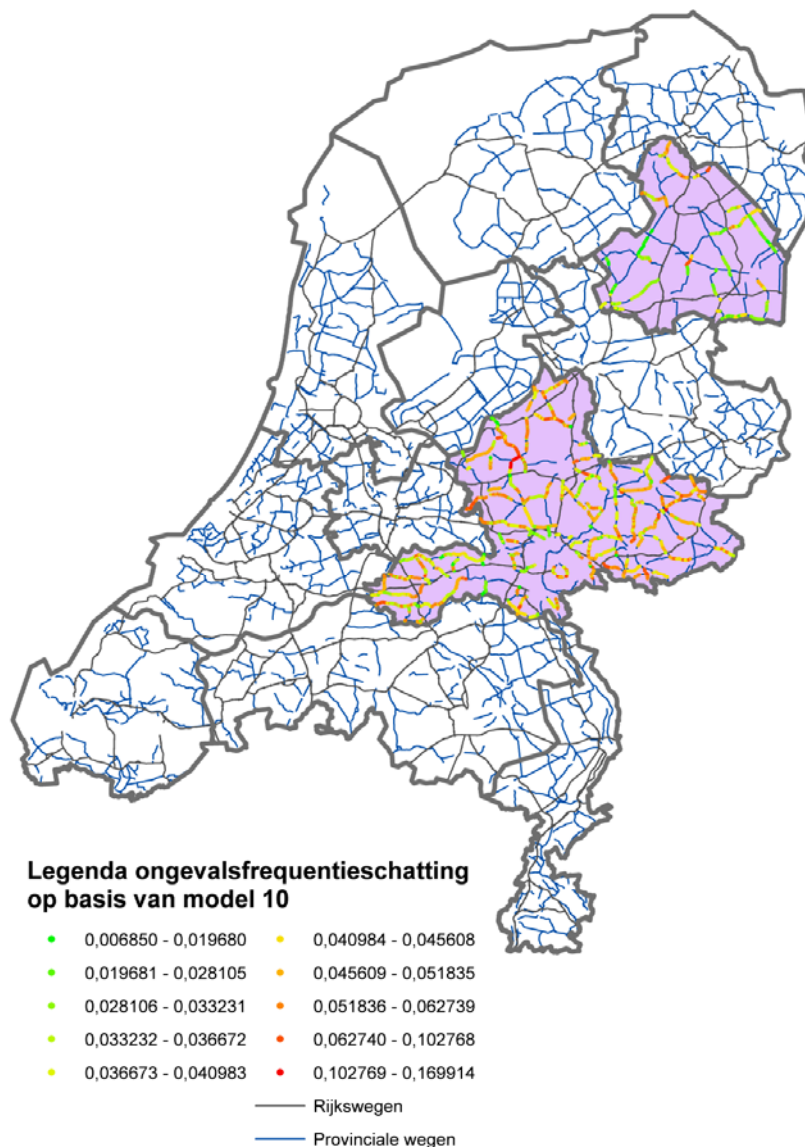
- Om meer kenmerken te kunnen betrekken in het model, zoals de wegbreedte, de wegingdeling en de redresseerstrook, dient er meer data te worden verzameld.
- Om de effecten van toegepaste boogstralen te kunnen bepalen, dienen de boogstralen dan wel de bochtigheid in de eenheid van hoekverdraaiing te worden opgenomen in de database.
- Om iets over de algemene geldigheid van de gevonden effecten te kunnen zeggen dient het model te worden gevalideerd, ook hiervoor is meer data vereist.
- Om de effecten van een wegkenmerk op het totaal van alle ongevallen op een wegvak te kunnen beoordelen, dienen ofwel algemene modellen te worden ontwikkeld, of extra modellen gericht op andere ongevalstypen zoals een OVM van frontale ongevallen op bubeko 80 wegen.
- Om specifiek iets te zeggen over ernstige ongevallen in plaats van letselongevallen is meer data vereist. Hiervoor dient te worden onderzocht wat de effecten zijn op de betrouwbaarheid van modellen bij gebruik van ongevalldata van 2009 en later en of de database dient uitgebreid te worden met nieuwe wegen.

## 7 Conclusie, discussie en vervolgstappen

### 7.1 Conclusies en resultaten

Het doel van dit onderzoek is geweest: de ontwikkeling van een ongevallenvoorspellingsmodel van bermongevallen van wegvakken buien de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 80 km/uur op basis van bestaande of nieuwe data.

Het resultaat is de ontwikkeling van een ongevallenvoorspellingsmodel (OVM) van bermongevallen van wegvakken van bubeko 80/100 wegen met één enkele rijbaan, op basis van verkeersgegevens en wegkenmerken. Dit is een nieuwe stap in de ontwikkeling van OVM's in Nederland, ter ondersteuning van een preventief verkeersveiligheidsbeleid door wegbeheerders. Een ontwikkeling die kan helpen bij het identificeren van relatief gevaarlijke wegen, bij het maken van ontwerpkeuzes en het nemen van beslissingen in de toepassing van verkeersveiligheidsmaatregelen in Nederland. Van dit eerste resultaat is een toepassing gevisualiseerd in Figuur 31. Deze geeft een schatting weer van de ongevalsfrequentie voor provinciale wegen van de provincies Drenthe en Gelderland.



Figuur 31 Een bermongevallen voorspellingsmodel voor de provincies Drenthe en Gelderland

Daarnaast is dit onderzoek geslaagd in het identificeren van nieuwe databronnen die de potentie hebben om een grootschalige onderzoeksdatabase van wegkenmerken mogelijk te maken in de toekomst. Dit betreffen de ontwikkelingen van de BGT (Basisregistratie Grootschalige Topografie) en plustopografie (de naam voor alle ruimtelijke of topografische gegevens die niet onder de BGT specificatie vallen) bij wegbeheerders, zoals het Digitaal Topografisch Bestand van de provincie Noord-Brabant en de Grootschalige Topografie van de provincie Noord-Holland. Daarbij zijn hulpbronnen geïdentificeerd die ingezet kunnen worden ter verificatie en kleinschalige aanvullingen, zoals Globespotter van Cyclomedia, Drive-Map van Fugro en eigen wegbeelden van wegbeheerders.

De oorspronkelijke doelstelling kond echter niet behaald worden. Dit betrof de ontwikkeling van één OVM voor alle ongevalstypen op bubeko 80 wegen op basis van een nieuw op te zetten onderzoeksdatabase. Een tekort aan onderzoeksgegevens en dan met name van wegkenmerken bleek ook in dit onderzoek een knelpunt in de ontwikkelingsmogelijkheden van OVM's. Vanwege een vroege constatering van dit probleem in het onderzoek is al snel de focus verlegd naar de ontwikkeling van een OVM van bermongevallen en het onderzoeken van nieuwe mogelijkheden tot de ontwikkeling van een nieuwe grootschalige onderzoeksdatabase.

De reden dat meer detail ontbreekt in het model, is dus het gevolg van een tekort aan geschikte data. Een grotere database is benodigd voor de verdere ontwikkeling van het OVM van bermongevallen, omdat een aantal relevant geachte kenmerken (zoals deze zijn geïdentificeerd in hoofdstuk 3) nu nog ontbreken. Hetzelfde geldt voor de ontwikkeling van een OVM van andere of alle ongevalstypen zoals oorspronkelijk in het onderzoek ten doel was gesteld. De huidige beperkingen in de ontwikkelingsmogelijkheden van OVM's op basis van een te kort aan onderzoeksdata duid op de noodzaak tot de ontwikkeling van een nieuwe grootschalige onderzoeksdatabase en identificatie van geschikte databronnen.

Het onderzoek naar nieuwe databronnen, zoals is gerapporteerd in hoofdstuk 5, wijst op de kansen die er liggen ten aanzien van de ontwikkeling van een database van wegkenmerken op grote schaal in de toekomst. De door de centrale overheid aangedreven ontwikkeling van de BGT kan een aanleiding zijn voor gebiedsbeheerders, zoals provincies en gemeenten, om hun eigen ruimtelijke database een niveau hoger te tillen met behulp van een meer gedetailleerde objectdatabase van ruimtelijke objecten. De directe winst voor gebiedsbeheerders ligt in het bijeenbrengen van ruimtelijke informatie in één centrale database en een verdere automatisering van beheer en onderhoud voor verschillende diensten zoals wegbeheer en groenbeheer. Verkeersveiligheidsonderzoek kan op deze ontwikkelingen meeliften.

De opkomst van GIS databases met plustopografie bij gebieds- of wegbeheerders biedt daarmee kans op een goed werkbare mogelijkheid op een robuuste ontwikkeling van een wegkenmerkendatabase op grote schaal. Tevens biedt dit de kans op een continue doorontwikkeling van een database met historie over de veranderingen in het wegbeeld. Dit biedt een basis van de ontwikkelingen van nieuwe OVM's in Nederland, waarmee inzichten in de relatie tussen het ontwerp van de weg en de kans op een ongeval verder kan worden vergroot.

Het meest tastbare resultaat van dit onderzoek is het ontwikkelde OVM van bermongevallen op bubeko 80 wegen. Dit model biedt een statistisch bepaalde effectschatting van verkeer en wegkenmerken op de verkeersveiligheid.

#### OVM – Bermongevallen

$$\hat{\mu}_i = 7,79 \cdot 10^{-6} \cdot JGEI^{1,05} \times e^{\frac{JGEI}{1000} \cdot -0,11 + Obst \cdot 0,41 + Bermb \cdot -0,74 + SBocht \cdot 1,07 + MBocht \cdot 0,20}$$

Model 10		Exponent	Parameterschatting	p-waarde
$\hat{\mu}_i$	Ongevallenfrequentie op een wegvak			
<b>Intercept</b>		7.8 E-06	-11,76	0,001
<b>JGEI</b>	Jaargemiddelde etmaalintensiteit	-	1,05	0,019
<b>JGEI/1000</b>	Intensiteit correctiefactor	0,89	-0,11	0,049
<b>Obst</b>	Obstakelafstand 0-2 meter	1,51	0,41	0,001
<b>Bermb</b>	Bermbeveiliging zijnde een betonnen barrier of standaard vangrail	0,48	-0,74	0,092
<b>Sbocht</b>	Sterk bochtig; visuele interpretatie van het aantal bochten per km	2,93	1,07	0.008
<b>Mbocht</b>	Matig bochtig; visuele interpretatie van het aantal bochten per km	1.23	0.20	0.108

Het model geeft een schatting van de verwachte ongevallenfrequentie (aantal ongevallen per vijf jaar) van enkelvoudige letselongevallen van honderd meter wegvakken in de provincies Drenthe en Gelderland, op basis van de hierboven aangegeven parameterschattingen. De jaargemiddelde etmaalintensiteit is daarin een belangrijke component. Het aantal ongevallen op een weg of netwerk hangt namelijk sterk samen met de hoeveelheid verkeer, zoals in dit onderzoek opnieuw is aangetoond.

Omdat het model expliciet de expositie in rekening brengt, kunnen de andere parameters worden afgelezen als het effect op de verkeersveiligheid, gecorrigeerd voor de expositie. Omdat deze zich in een e-macht bevinden dient daarvoor gekeken te worden naar de exponentwaarden van de parameters. Daarbij is geen onderlinge afhankelijkheid geconstateerd tussen de hierboven genoemde wegkenmerken. Daarmee vertelt het model ons dat op wegvakken met een obstakelafstand van 0-2 meter een factor 1,5 meer bermongevallen plaatsvinden dan op andere wegvakken en geeft het een indicatie dat op wegen met een bermbeveiliging een factor 2 minder bermongevallen plaatsvindt dan op wegen zonder bermbeveiliging. En ten slotte maakt het model duidelijk dat bochten gevaarlijke elementen zijn in het wegontwerp, met een factor 3 meer ongevallen op wegen met relatief veel bochten per kilometer.<sup>66</sup>

Een vergelijking van het bermongevallen OVM met een OVM van de regio Haaglanden met dezelfde functievorm toont vergelijkbare parameterschattingen voor de jaargemiddelde etmaalintensiteit en de intensiteit correctie factor. Daarnaast liggen de parameterschattingen van de wegkenmerken in lijn met studies van bijvoorbeeld Davidse, Hedman, Lamm en Zegeer zoals is aangegeven in paragraaf 6.3.2. Daarmee is de validiteit van het model verder aannemelijk gemaakt.

Hiermee biedt het model statistisch onderbouwde adviezen omtrent de sanering van de gevarenczones. Het model wijst erop dat een sanering van gevarenczones met obstakels binnen een afstand van 2 meter tot de weg al een reductie van 50% van het aantal bermongevallen met letselschade worden behaald. Dit biedt een stevige basis voor het maken van kosten / baten afwegingen om tot besluit van een sanering van de gevarenczone te komen.

Meer data is vereist om het verband te leggen met obstakelafstandscategorieën 2-5 meter en 5-7 meter. Een ander model uit de serie geteste modellen toont wel aan dat een sanering van de gevarenczone van alle obstakels binnen een afstand van 5 meter een reductie van 30% van het aantal bermongevallen met letselschade zou kunnen opleveren.

<sup>66</sup> Hierbij wordt aangenomen dat de parameterschattingen op basis van enkelvoudige ongevallen representatief zijn voor alle bermongevallen. Strikt genomen heeft het model betrekking op enkelvoudige ongevallen.

Indien besloten wordt niet tot de sanering van de gevarenzone over te gaan, biedt het model een statistische onderbouwing van het advies voor de toepassing van een bermbeveiliging voor situaties waar sanering niet haalbaar is. Ten slotte lijkt een herziening van de richtlijnen met betrekking tot het ontwerp van bochten aan te bevelen, gezien dit resultaat en de in de beschouwde literatuur aangekaarte risico-effectschattingen bij de toepassing van bochten met krappe boogstralen. Daarbij zou gedacht kunnen worden aan een aanpassing van de minimale boogstraal, sanering van de obstakelvrije zones ter plaatse van bochten, toepassing van de Wicon en een duidelijke aankondiging van krappere bochten met visuele bochtmarkeringen en of attentiestroken.

## 7.2 Discussie

### 7.2.1 Effecten van de ongevalsregistratie op OVM's

In paragraaf 5.1.1 is de daling van de ongevallenregistratie aangekaart. Figuur 15 laat na 2008 een sterke daling zien van zowel de dodelijke als ernstige ongevallen. De registratiegraad van minder lichte (minder ernstige) ongevallen is buitengewoon laag (20%). Aangezien het OVM is gekalibreerd op letselongevallen (waar lichte ongevallen ook toe behoren), betekent dit dat het OVM is gekalibreerd op slechts een klein deel van alle ongevallen. Dit zou kunnen leiden tot een bias.

Dit betekent in ieder geval dat de ongevallenfrequentie die met het OVM kan worden geschat enkel een schatting van het geregistreerd aantal ongevallen betreft. Hoewel het dus niet mogelijk is een absolute schatting te geven van het aantal ongevallen, kan wel de relatieve veiligheid worden bepaald op basis van deze cijfers. De vraag die hierbij gesteld kan worden is of de geregistreerde ongevallen een representatieve steekproef vormen voor de totale populatie van ongevallen. De vraag die hieruit volgt is of aangenomen mag worden dat de parameterschattingen van dit model, gekalibreerd op deze ongevallensteekproef, representatief zijn voor de totale populatie van enkelvoudige bermongevallen.

Het geven van een hard antwoord op deze vraag is lastig. Wat echter voor validiteit van het ontwikkelde model pleit, is dat de parameterschattingen van de modelvariabelen in lijn liggen met effectschattingen in relevante studies naar de effecten van de betreffende wegkenmerken op de verkeersveiligheid.

### 7.2.2 Wegvakindeling tussen twee kruispunten

De huidige versie van het SODBW is zoals aangegeven ingedeeld in honderdmeterwegvakken op basis van de hectometrering. Er zijn echter redenen denkbaar om een herindeling te maken van de database op basis van wegvakken tussen twee kruispunten.

Een indeling van wegvakken tussen twee kruispunten kan een betere aansluiting vinden bij de wegbeheerders. Niet alleen zijn wegvakken in het NWB ook op deze wijze ingedeeld, ook is slechts een beperkt deel van het wegennet ingedeeld naar hectometers. Dit geldt ook voor veel van de bubeko 80 wegen, waarvan slechts een beperkt deel onderdeel is van het provinciale wegennet.

Een wegindeling op basis van wegvakken tussen twee kruispunten maakt dus een indeling op basis van NWB wegvakken mogelijk. Wegvakken zijn dan op twee wijzen te identificeren: op basis van het wegvakidentificatienummer in het NWB en op basis van het wegnummer en of de straatnaam van de weg zelf en het wegnummer en of de straatnaam van aansluitende wegen. Daarmee kan de database ook worden aangevuld met bubeko 80 wegen zonder hectometernummer. Daarbij dient echter wel rekening gehouden te worden met een slechtere registratie van verkeergegevens bij gemeentelijke wegbeheerders.

Daarnaast worden ongevallen tevens gekoppeld aan het NWB wegvakidentificatienummer in plaats van de hectometrering. Daar waar ongevallen een hectometernummer bevatten gaat er informatie

verloren. Daar waar ongevallen echter geen hectometernummer bevatten wordt een schijnnaauwkeurigheid door een koppeling aan het dichtstbijzijnde hectometernummer voorkomen.

Ook kan een modelvariabele worden opgesteld van de discontinuïteit van het wegbeeld binnen het wegvak. Een continu wegbeeld is een Duurzaam Veilig-principe van een veilige infrastructuur. Met een dergelijke modelvariabele zou getest kunnen worden of het effect van discontinuïteit in het wegbeeld met behulp van OVM's in beeld kan worden gebracht.

Ten slotte is een wegingdeling van wegvakken op basis van wegvakken tussen twee kruispunten methodisch gezien ook interessant om te onderzoeken. Daarmee nemen de wegvaklengtes immers toe waarmee het aantal nul registraties in de database worden teruggedrongen, wat een betere model fit op moet leveren. Daarnaast dient de lengte van de wegvakken expliciet als expositievariabele in het model worden opgenomen, wat het model dichter bij de standaard vorm brengt van OVM's en daardoor beter vergelijkbaar met andere OVM's.

Dit vergt wel onderzoek naar een nieuwe definiëring van de modelvariabelen. Binnen een wegvak kunnen zich verschillen voordoen in de vormgeving van het dwarsprofiel. Zo kan het voorkomen dat zich binnen één wegvak verschillende obstakelafstanden en wegbreedtes voordoen. Daarnaast kunnen deze binnen een wegvak ook nog in verschillende combinaties voorkomen. De huidige modelvariabelen zijn niet geschikt om deze verschillen in rekening te brengen. Hoe dit het beste kan worden vormgegeven en wat hiervan de effecten zijn op de ontwikkeling van het OVM is onderwerp voor een vervolgonderzoek.

### 7.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek databaseontwikkeling

Binnen dit onderzoek is de SODBW verder ontwikkeld en zijn nieuwe databronnen geïdentificeerd voor de ontwikkeling van een grootschalige database van wegkenmerken te gebruiken voor verkeersveiligheidsonderzoek. Voor de doorontwikkeling van de SODBW en een nieuwe grootschalige database van wegkenmerken worden hier een aantal aanbevelingen gegeven.

De volgende aanbevelingen kunnen op de korte termijn een doorontwikkeling van de SODBW mogelijk maken:

- Maak een herindeling van de SODBW op basis van de wegvakindeling van het NWB van wegvakken tussen twee kruispunten.
- Onderzoek de mogelijkheid tot het maken van een aanvulling van de SODBW op basis van de Eurorap en Ranking the Roads database.
- Continueer onderzoek naar de ontsluiting van het DTB voor het maken van een aanvulling van de SODBW wegen van de provincie Noord-Brabant
- Onderzoek de mogelijkheid tot een aanvulling van de SODBW op basis van de nieuwste versie van de Grootschalige Topografie van de provincie Noord-Holland

Voor de langere termijn is het belangrijk om nu een basis te leggen voor de ontwikkeling van een grootschalige database van wegkenmerken. Daarom wordt aanbevolen aansluiting te zoeken bij de ontwikkeling van de BGT en plustopografie bij gebiedsbeheerders. Daarbij wordt aanbevolen deze aansluiting te zoeken vanuit een overleg tussen verkeersveiligheidsonderzoekers, adviseurs/ontwerpers en wegbeheerders, waarbij de gezamenlijke belangen worden geïdentificeerd. Het identificeren van een gezamenlijk belang zal mogelijkheden kunnen scheppen om invloed te kunnen uitoefenen op de registratie van wegkenmerken vanuit het perspectief van verkeersveiligheidsonderzoek. Daartussen bevinden zich namelijk kenmerken die niet in de BGT-objectdatabase staan vastgelegd en niet direct van belang zijn voor de ontwikkeling van een beheerdatabase, maar wel van belang zijn voor verkeersveiligheidsonderzoek.

Indien er wordt doorgezet op de ontwikkeling van een wegkenmerkendatabase op basis van ruimtelijke bestanden, wordt er tevens geadviseerd om in te zetten op gebruik van GIS applicaties waarin ruimtelijke beelden beschikbaar zijn. Deze applicaties bieden de mogelijkheid om bestanden in echte beelden te projecteren. Dit kan helpen bij de visuele interpretatie en eventuele controle en aanvullingen van dit type bestanden.

## 7.4 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek modelontwikkeling

### 7.4.1 Model voor bermongevallen

Binnen het modelonderzoek is de groep geregistreerde enkelvoudige ongevallen als representatieve groep gebruikt voor het modelleren van bermongevallen. De categorie enkelvoudige bermongevallen betreft echter niet de totale populatie van bermongevallen.

De berminrichting kan ook een rol spelen in ongevallen waarbij sprake is van een aanrijding met een medeweggebruiker. Als gevolg van een aanrijding met een medeweggebruiker kan een automobilist tegen een boom rijden of in de sloot belanden. Ook kan een slechte berminrichting een rol spelen bij een aanrijding met een medeweggebruiker door verkeerd terugsturen uit de berm of terugkaatsing als gevolg van een foutief geplaatste geleiderail. In dit soort gevallen is sprake van een meervoudig bermongeval.

De politieregistratie geeft over meervoudige ongevallen echter geen volledig beeld van bermongevallen. Een ongeval dat is geregistreerd als frontaal of flankerend ongeval kan ook een bermongeval zijn indien deze het gevolg is van verkeer terugsturen uit de berm. Dit is echter in BRON niet te achterhalen.

De politie registratie van het ongevalsverloop zoals deze is opgenomen in BRON, biedt echter wel de mogelijkheid om een categorie berm conflicten te definiëren als een ongeval dat eindigt in de berm (zie bijlage A.3). Een selectie van ongevallen op deze basis bevat zowel enkelvoudige als meervoudige berm conflicten en dus bermongevallen, hoewel deze dus niet de totale populatie van bermongevallen bevat.

Er wordt aanbevolen om een OVM te kalibreren op basis van een selectie van ongevallen van het type berm conflict. Deze populatie ongevallen is groter dan de populatie enkelvoudige bermongevallen. De ontwikkeling van dit OVM zal een aanduiding kunnen geven van de effecten van de berminrichting op de kans op een meervoudig bermongeval.

### 7.4.2 Validatie

Het proces van validatie van het model, na kalibratie, is belangrijk voor een aantal zaken:

- Bepalen van geldigheid buiten de gebiedsgrenzen van de kalibratie
- Uitsluiten van over fitting van de dataset
- Bepalen van de geldigheid van het model in een andere periode dan de periode waarover is gekalibreerd

Met de huidige dataset bleek een tweedeling van de dataset voor kalibratie en validatie echter niet mogelijk. Omdat uitbreiding van de dataset ook gericht is op de mogelijkheid om meer variabelen bij het model te betrekken wordt aanbevolen om onderzoek te doen naar methoden die een selectie van een beperkte sample set voor validatie en een grotere set voor kalibratie mogelijk maken. De methode moet daarbij in staat zijn om voldoende zekerheid te bieden dat met de set voor validatie onzekerheden in het model aangetoond kunnen worden.

### 7.4.3 Verdere aanbevelingen

Op grond van wat is aangekaart in paragraaf 7.2 worden tot slot ook nog de volgende aanbevelingen voor vervolgonderzoek meegegeven:



- Onderzoek de effecten van het gebruik van ongevalgegevens van recentere data met een lagere ongevalsregistratie op de ontwikkeling van OVM's
- Onderzoek de effecten van een herindeling van de wegvakken (naar wegvakken tussen twee kruispunten) in het SODBW op de ontwikkeling en toepasbaarheid van OVM's

## 7.5 Afsluitend

Zoals aangegeven aan het begin van dit hoofdstuk heeft dit onderzoek de primeur in de ontwikkeling van een OVM met expliciet wegkenmerken daarin verwerkt in Nederland, met het ontwikkelde bermongevallenvoorspellingsmodel van bubeko 80/100 wegen. De ontwikkeling en het gereed maken van OVM's voor praktisch gebruik in Nederland staat echter nog in de kinderschoenen. Daarbij zijn zowel bedreigingen als kansen aangeduid voor de doorontwikkeling van OVM's. De afsluitende aanbeveling is daarom om nu in te haken op de ontwikkelingen van de BGT en plustopografie voor de ontwikkeling van een grootschalige database van wegkenmerken voor het creëren van kansen van een doorontwikkeling van OVM's in de toekomst.



## Literatuurlijst

- AASHTO. (2010). Highway Safety Manual (first edition). An introduction to the Highway Safety Manual + Volumes 1, 2 and 3: Washington, D.C., American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO, 2010, 1500 p., ref.; HSM-1 - ISBN 1-56051-477-0 (Three-volume-set).
- Bijleveld, C. C. J. H., & Commandeur, J. J. F. (2009). Multivariate analyse: Een inleiding voor criminologen en andere sociale wetenschappers. Den Haag: Boom Juridische uitgevers.
- Bijleveld, C. C. J. H., Geest, V. R. v. d., Ruiter, S., & Weijer, S. G. M. v. d. (in ontwikkeling). Analysetechnieken voor Niet Experimentele Gegevens: Boom Juridische uitgevers.
- Bonneson, J. A., & Pratt, M. P. (2009). Roadway safety design workbook. Austin: Texas Department of Transportation.
- Brink, R. v. d., Brederode, L., & Wagenaar, M. (2010). Onderzoek naar de wegtypeverdeling en samenstelling van het wegverkeer. Deventer: Goudappel Coffeng.
- Brüde, U., Larsson, J., & Thulin, H. (1980). Trafikolyckors samband med linjeföring (VTI Meddelande No. 235). Linköping: Statens Väg- och trafik institut VTI.
- Chin, H. C., & Quddus, M. A. (2003). Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections. Accident Analysis & Prevention, 35(2), 253-259.
- CROW. (1992). Handleiding Aanpak Gevaarlijke situaties. Band D: Aanpak gevaarlijke locaties (AVOC): Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek C.R.O.W.
- CROW. (1997). Handboek categorisering wegen op duurzaam veilige basis. Deel 1: (voorlopige) functionele en operationele eisen (116). Ede: Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek C.R.O.W.
- CROW. (2002). Handboek wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom : gebiedsontsluitingswegen (164c). Ede: C.R.O.W kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur.
- CROW. (2004a). Handboek veilige inrichting van bermten : niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom (202). Ede: C.R.O.W kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur.

- CROW. (2004b). Richtlijn essentiële herkenbaarheidkenmerken van weginfrastructuur : wegwijzer voor implementatie (203). Ede: C.R.O.W kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur.
- Davidse, R. J. (2011). Bermongevallen: karakteristieken ongevalsscenario's en mogelijke interventies (R-2011-24). Leidschendam: SWOV - Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.
- Davidse, R. J., Doumen, M. J. A., Duivenvoorde, K. v., & Louwse, W. J. R. (2011). Bermongevallen in Zeeland: karakteristieken en oplossingsrichtingen (R-2011-20). Leidschendam: SWOV.
- Dijkstra, A. (1998). Oriëntatie op kwantitatieve relaties tussen elementen van het wegontwerp en indicatoren voor verkeersonveiligheid : literatuurstudie buitenlands onderzoek. (R-98-49). Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Dobson, A. J. (2002). An introduction to generalized linear models: second edition: Chapman & Hall / CRC Press Company.
- Geedipally, S. R., Lord, D., & Dhavala, S. S. (2012). The negative binomial-Lindley generalized linear model: Characteristics and application using crash data. *Accident Analysis & Prevention*, 45(0), 258-265.
- Geonovum, A. I. S. e. (2012). Basisregistratie Grootchalige Topografie: Objectenhandboek 1.0: Geonovum.
- Goldenbeld, C., Wijnen, W., Bax, C. A., Jong, J. d., & Oosterhout, M. J. P. v. (2010). Veranderingen in verkeersveiligheids-financiering en -beleid sinds de invoering van de Wet BDU : casusstudie van de situatie in 2002 en 2007 bij provincies, stadsregio's en gemeenten (R-2010-36). Leidschendam: SWOV
- Hakkert, A. S., & Braimaister, L. (2002). The uses of exposure and risk in road safety studies (R-2002-12). Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research
- Hedman, K.-O. (1989). Road design and safety. In *Proceedings of Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents in Gothenburg, Sweden*, 27-29 September, 1989 (pp. 225-238). Linköping: VTI
- Kuiken, M., Bolle, M., & Nägele, R. (2008). Analyse enkelvoudige ongevallen Amersfoort: DHV Advies- en ingenieursbureau.

- Lamm, R., Psarianos, B., & Mailaender, T. (1999). Highway design and traffic safety engineering handbook. New York: McGraw-Hill.
- Lee, J., & Mannering, F. (2002). Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 34(2), 149-161.
- Lord, D., & Geedipally, S. R. (2011). The negative binomial–Lindley distribution as a tool for analyzing crash data characterized by a large amount of zeros. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1738-1742.
- Lord, D., Washington, S. P., & Ivan, J. N. (2005). Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. *Accident Analysis & Prevention*, 37(1), 35-46.
- Lubbers, M. M. A. G. (2001). Balises : een vorm van bermbebakening. Utrecht: Dienst Wegen, Verkeer en Vervoer WVV, Provincie Utrecht.
- Marchesini, P., & Weijermars, W. A. M. (2010). The relationship between road safety and congestion on motorways : a literature review of potential effects (R-2010-12). Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models: Second Edition*. Suffolk: Chapman & Hall / St Edmundsbury Press.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2008). Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020 : van, voor en door iedereen. 's-Gravenhage: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Morgan, R. D., & Hatton, J. H. (1981). The clear roadside concept. A perspective. Paper presented at the International Highway Safety Conference.
- Pol, W. H. M. v. d., & Janssen, S. T. M. C. (1998). Scheiding rijrichtingen op rondweg Oostburg : een onderzoek naar de invloed van strips en flexibele paaltjes op het inhaalgedrag. In opdracht van Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer AVV (R-98-21). Leidschendam: SWOV.
- Programma BGT, A. I. S. (2012). Basisregistratie Grootchalige Topografie: Gegevenscatalogus BGT 1.0: Geonovum.
- Reurings, M., Janssen, T., Eenink, R., Elvik, R., Cardoso, J., & Stefan, C. (2006). Accident prediction models and road safety impact assessment : a state-of-the-art. Brussels: European Commission, Directorate-General for Transport and Energy (TREN)].

- Reurings, M. C. B., & Bos, N. M. (2011). Ernstig Verkeersgewonden in de periode 1993-2009 (R-2011-5). Leidschendam: SWOV.
- Reurings, M. C. B., & Janssen, S. T. M. C. (2007a). Accident prediction models for urban and rural carriageways : based on data from The Hague region Haaglanden: Leidschendam, SWOV Institute for Road Safety Research, 2007, 81 p., 12 ref.; R-2006-14.
- Reurings, M. C. B., & Janssen, S. T. M. C. (2007b). De relatie tussen verkeersintensiteit en het aantal verkeersongevallen voor verschillende wegtypen : een overzicht van verkeersmodellen op basis van wegen in het stadsgewest Haaglanden en de provincies Gelderland en Noord-Holland (R-2006-22). Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Reurings, M. C. B., Vlakveld, W. P., Twisk, D. A. M., Dijkstra, A., & Wijnen, W. (2012). Van fietsongeval naar maatregelen : kennis en hiaten (R-2012-8). Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Schermers, G., & Duivenvoorde, C. W. A. E. (2010). Een SWOV-Database Wegkenmerken. Leidschendam: SWOV.
- Schoon, C. C., & Bos, J. M. J. (1983). Boomongevallen : een verkennend onderzoek naar de frequentie en ernst van botsingen tegen obstakels in relatie tot de breedte van de obstakelvrije zone (R-83-23). Leidschendam: SWOV.
- Stemerding, M., Hoek, P. v., Schermers, G., & Moning, H. (2011). Effecten van fysieke verkeersveiligheidsmaatregelen op 80 en 100 km/h wegen: Kennisplatform Verkeer en Vervoer.
- SWOV. (2009a). Risico in het verkeer. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- SWOV. (2009b). SWOV-Factsheet: De relatie tussen snelheid en ongevallen. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- SWOV. (2009c). SWOV-Factsheet: Het meten van de (on)veiligheid van wegen. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- SWOV. (2010). SWOV-Factsheet: Veilige Wegbermen. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Vis, M. A., Reurings, M. C. B., Bos, N. M., Stipdonk, H. L., & Wegman, F. C. M. (2011). De registratie van verkeersdoden in Nederland : beschrijving en beoordeling van het registratieproces (R-2011-10). Leidschendam: SWOV.

- Voskamp, H. A. W. (2011). Verzamelen van verkeersintensiteiten voor de bepaling van ongevalsrisicocijfers op provinciale wegen (Stagerapport). Leidschendam: SWOV.
- Wegman, F., & Aarts, L. (2005). Door met Duurzaam Veilig. Leidschendam: SWOV.
- Wijnen, W., Mesken, J., & Vis, M. A. (2010). Effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen (R-2010-9). Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Zegeer, C., Reinfurt, D., Neuman, T., Stewart, R., & Council, F. (1990). Safety improvements on horizontal curves for two-lane rural roads : informational guide. Chapel Hill: University of North Carolina UNC, Highway Safety Research Center HSRC.





## Begrippen en afkortingen

Begrippen en afkortingen	Definitie
<b>AHN</b>	Actueel Hoogtebestand Nederland
<b>APM</b>	Accident Prediction Model
<b>BDU</b>	Wet Brede Doeluitkering verkeer en vervoer
<b>BGT</b>	Basisregistratie Grootchalige Topografie
<b>Bibeko</b>	Binnen de bouwde kom
<b>BRT</b>	Basisregistratie Topografie
<b>Bubeko</b>	Buiten de bebouwde kom
<b>Dodelijk ongeval</b>	Ongeval waarbij het slachtoffer komt te overleiden als gevolg van het ongeval
<b>EHK</b>	Essentiele Herkenbaarheidskenmerken
<b>Ernstig ongeval</b>	Ongeval waarbij sprake is van letsel van ten minste de categorie MAIS 2
<b>Expositie</b>	Een maat van de blootstelling aan gevaar; in dit onderzoek een functie van de intensiteit en weglengte
<b>GBKN</b>	Grootchalige Basiskaart Nederland
<b>Kilometrage</b>	Het aantal gereden voertuigkilometers – Weglengte x Voertuigen
<b>NDW</b>	Nationale Databank Wegverkeergegevens (National Data Warehouse)
<b>NWB</b>	Nationaal Wegenbestand
<b>OVM</b>	Ongeval Voorspellingsmodel – vertaling van de internationale term; accident prediction model (APM) of crash prediction model (CPM)
<b>Gevarezone</b>	De gevarezone is een zone met obstakels die voor uit de koers geraakte voertuigen bij aanrijding ernstig letsel tot gevolg kunnen hebben.
<b>Richtlijnen</b>	Met richtlijnen wordt verwezen naar de ontwerp-richtlijnen zoals deze zijn opgegeven in de CROW publicatie CROW 164c
<b>SODBW</b>	SWOV onderzoeksdatabase wegkenmerken
<b>NB-verdeling</b>	Negatief Binomiale verdeling
<b>ZINB-verdeling</b>	Zero Inflated Negatief Binomiale verdeling
<b>HSM-methode</b>	Highway Safety Manual methode
<b>SPF</b>	Safety performance function
<b>CMF</b>	Crash modification factor
<b>LLRT</b>	Log Likelihood ratio test
<b>AIC</b>	Akaike's informatie criterium
<b>DTB</b>	Digitaal Topografisch Bestand
<b>GIS</b>	Geografisch Informatiesysteem
<b>Hm</b>	Hectometer
<b>WIS</b>	Wegen Informatie Systeem
<b>GTPNH</b>	Grootchalige Topografie Provincie Noord-Holland



## Bijlage A. Aanvullende onderzoeksgegevens

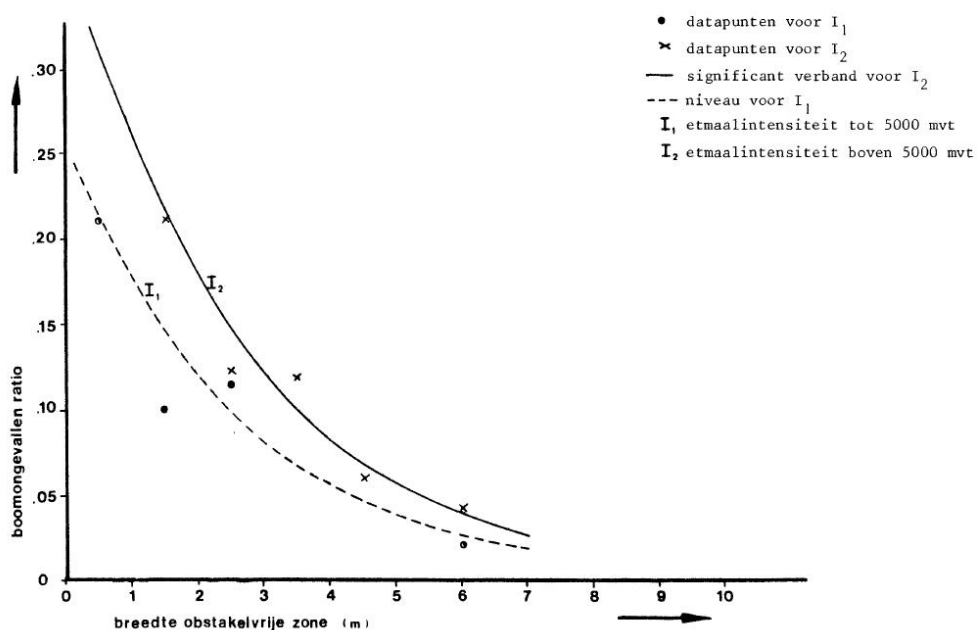
### A.1 Operationele criteria en eisen

In het kader van Duurzaam Veilig zijn operationele voor alle onderscheiden wegtypen opgesteld. Deze operationele eisen zijn de basisaanbevelingen voor de vorm- en regelgeving van het ontwerp van de weg en vormen daarmee de grondslag voor de ontwerprichtlijnen. De verschillen tussen de operationele eisen tussen de verschillende wegcategorieën dienen de herkenbaarheid van de wegsituatie voor de weggebruiker te verhogen, en daarmee het gewenst gedrag behorende bij de categorie te beïnvloeden. Daarnaast zijn de basis veiligheidsprincipes vanuit Duurzaam Veilig naar deze operationele eisen vertaald (CROW, 1997). De operationele eisen voor bubeko 80 wegen zijn weergegeven in Tabel 16

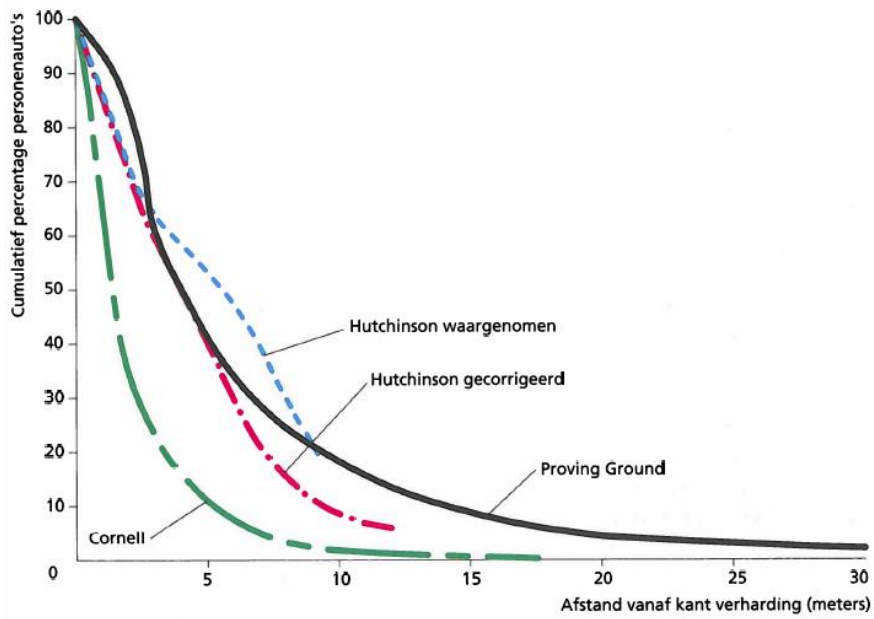
Operationele criteria	Operationele eisen
Markering in lengterichting	Gedeeltelijk (onderbroken kantstreep)
Rijrichtingscheiding	Moeilijk overrijdbaar
Verharding	Gesloten
Erfaansluitingen	Nee
Oversteken	Ongelijkvloers of bij kruispunten
Openbaarvervoerhaltes	Niet op de rijbaan / In havens
Parkeren	Nee, niet aanliggend
Pechvoorzieningen	In de buitenberm of pechhavens
Obstakelafstand	Middel (4,5 m – 6 m)
Fietsers	Gescheiden
Bromfietzers	Gescheiden
Langzaam gemotoriseerd verkeer	Gescheiden
Snelheidsbeperkende maatregelen	Gepaste maatregelen

Tabel 16 Operationele eisen aan wegvakken van bubeko 80 wegen (CROW, 1997, 2002)

### A.2 Grafieken ter onderbouwing van de obstakelvrije zone.



Figuur 32 Boomongevallen ratio naar de breedte van de obstakelvrije zone voor enkelbaans provinciale wegen (Schoon en Bos, 1983)



Figuur 33 Cumelatieve zijdelingse verplaatsing van personenauto's op een vlakke horizontale grasberm bij een snelheid van 100 km/uur (Morgan en Hatton, 1981 in; CROW, 2004a)

### A.3 Categorisering van ongevallen op basis van ongevalcijfers uit Cognos

In de probleemanalyse is gebruik gemaakt van Cognos<sup>67</sup> voor de toegang tot ongeval gegevens uit BRON.

Voor de analyse zijn de volgende gegevens geselecteerd

- Betrokkenheid fietsers
- Provincie
- Manoeuvre
- Snelheidslimiet: 80 km/uur
- Buiten de bebouwde kom
- Wegvak
- Ernst ongeval

Deze gegevens zijn als volgt geaggregeerd naar ongevalstypen per provincie:

<b>Berm conflicten</b>	Te water niet van de weg overig eenzijdig Overstekende dieren Botsing met boom en overige vaste voorwerpen Botsing met lichtmast Botsing met overig wegmeubilair Botsing met los voorwerp
<b>Frontale conflicten</b>	Frontaal met foutief in- / uitvoegen Frontaal met veranderen van rijstrook van 1 voertuig Frontaal met veranderen van rijstrook van beide voertuigen Frontaal zonder rijstrookverandering Overige ongevallen met tegemoetkomend verkeer zonder afslaan
<b>Flankerende conflicten</b>	Kopstaart met afslaan naar rechts Kopstaart met afslaan naar links Rechter flank met afslaan naar rechts Linker flank met afslaan naar rechts Linker flank met afslaan naar links Rechterflank met afslaan naar links Linker flank met omkerend voertuig naar links Rechter flank met omkerend voertuig naar links Rechter flank met overstekend voertuig Twee rechts afslaande voertuigen Twee links afslaande voertuigen Schampen Overige flankongevallen

<sup>67</sup> Cognos is een internetapplicatie waarin de ongevalgegevens uit BRON beschikbaar zijn gesteld voor onderzoek. De applicatie is benaderbaar via <http://www.swov.nl/cognos/cgi-bin/ppdscgi.exe>

<b>Langsconflicten</b>	Kopstaart met foutief inhalen Kopstaart met foutief in- / uitvoegen Kopstaart zonder afslaan Kopstaart met stilstaand voertuig Kopstaart met veranderen van rijstrook links Kopstaart met veranderen van rijstrook rechts Overige ongevallen met verkeer in dezelfde richting zonder afslaan
<b>Voetgangers conflicten</b>	Voetganger op overweg Voetganger op VOP Voetganger op andere oversteekplaats Voetganger bij bus of tramhalte Voetganger op rijbaan Voetganger op fietspad/fietsstrook Voetganger op trottoir of in berm Voetganger die fout oversteekt Overige botsing met voetganger
<b>Fietsers conflicten</b>	Geen 1of meer
<b>Parkeerconflicten</b>	Geparkeerd voertuig van achteren* Geparkeerd voertuig van voren* Overig met geparkeerd*
<b>Overig</b>	Op overweg met trein van links of rechts Overige met trein of tram Op kruising flank botsing Op kruising flank botsing met stilstaand voertuig Op kruising flank botsing met rijstrook verandering Overige

Tabel 17 Aggregatie van de manoeuvres uit Cognos

## A.4 HSM gegevens

De in de HSM onderscheiden basis wegtypen staan weergegeven in de onderstaande tabel

HSM Chapter/ Facility Type	Undivided Roadway Segments	Divided Roadway Segments	Intersections			
			Stop Control on Minor Leg(s)		Signalized	
			3-Leg	4-Leg	3-Leg	4-Leg
10—Rural Two-Lane, Two-Way Roads	✓	—	✓	✓	—	✓
11—Rural Multilane Highways	✓	✓	✓	✓	—	✓
12—Urban and Suburban Arterials	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabel 18 Onderscheid naar basis wegtypen waarvoor een SPF is ontwikkeld in de HSM (Tabel C-1, HSM, 2010)

## A.5 Objectdatabase BGT

<b>Hoofdgroep / subgroep</b>	<b>Classificatie</b>	<b>Geometrie</b>
<b>Transport</b>		
<b>Wegdeel</b>	<i>Functie:</i>	
kruinlijn: lijn	OV-baan	Vlak
op talud: ja/nee	Overweg	Vlak
	Spoorbaan	Vlak
	Baan voor vliegverkeer	Vlak
	Rijbaan: autosnelweg	Vlak
	Rijbaan: autoweg	Vlak
	Rijbaan: regionale weg	Vlak
	Rijbaan: lokale weg	Vlak
	Fietspad	Vlak
	Voetpad	Vlak
	Voetpad op trap	Vlak
	Ruiterpad	Vlak
	Parkeervlak	Vlak
	Voetgangersgebied	Vlak
	Inrit	Vlak
	Woonerf	Vlak
	<i>Fysiek voorkomen:</i>	
	Gesloten verharding	Vlak
	Open verharding	Vlak
	Half verhard	Vlak
	Onverhard	Vlak
<b>Ondersteunend wegdeel</b>	<i>Functie:</i>	
kruinlijn: lijn	Verkeerseiland	Vlak
op talud: ja/nee	Berm verhard	Vlak
	Berm begroeid	Vlak
<b>Spoor</b>	<i>Functie</i>	
	Trein	Lijn
	Sneltram	Lijn
	Tram	Lijn
<b>Terrein</b>		
<b>Onbegroeid terreindeel</b>	<i>Fysiek voorkomen:</i>	
kruinlijn: lijn	Erf	Vlak
op talud: ja/nee	Gesloten verharding	Vlak
	Open verharding	Vlak
	Half verhard	Vlak
	Onverhard	Vlak
	Zand	Vlak
<b>Begroeid terreindeel</b>	<i>Fysiek voorkomen:</i>	
kruinlijn: lijn	Loofbos	Vlak
op talud: ja/nee	Gemengd bos	Vlak
	Naaldbos	Vlak
	Heide	Vlak
	Struiken	Vlak
	Houtwal	Vlak
	Duin	Vlak
	Moeras	Vlak
	Rietland	Vlak
	Kwelder	Vlak
	Fruitteelt	Vlak
	Boomteelt	Vlak
	Bouwland	Vlak
	Grasland agrarisch	Vlak
	Grasland overig	Vlak

	Groenvoorziening	Vlak
<b>Water</b>		
<b>Waterdeel</b>	<i>Type</i>	
	Zee	Vlak
	Waterloop	Vlak
	Watervlakte	Vlak
	Greppel/Droge sloot	Vlak
<b>Ondersteunend waterdeel</b>	<i>Type</i>	
	Oever/Slootkant	Vlak
	Slik	Vlak
<b>Bouwwerk</b>		
<b>Pand</b>	Grondvlaksituatie van BAG-pand	Multivlak
<b>Overig bouwwerk</b>	<i>Type</i>	
	Overkapping	Multivlak
	Open loods	Vlak
	Opslagtank	Vlak
	Bezinkbak	Vlak
	Windturbine	Vlak
	Lage trafo	Vlak
	Bassin	Vlak
<b>Kunstwerk</b>		
<b>Overbruggingsdeel</b>	Overbruggingsdeel	Vlak
<b>Tunneldeel</b>	Tunneldeel	Vlak
<b>Overig Kunstwerkdeel</b>	<i>Type</i>	
	Hoogspanningsmast	Vlak
	Gemaal	Vlak
	Perron	Vlak
	Sluis	Vlak
	Strekdam	Vlak
	Steiger	Vlak
	Stuw	Lijn of Vlak
<b>Scheiding</b>	<i>Type</i>	
	Muur	Lijn of vlak
	Kademuur	Lijn of vlak
	Damwand	Lijn
	Geluidsscherm	Lijn
	Walbescherming	Lijn
	Hek	Lijn
<b>Ongeclassificeerd object</b>	Ongeclassificeerd Object	Vlak
<b>Functioneel Gebied</b>	Kering	Vlak

Tabel 19 Objectdatabase BGT (verplichtte deel) (Programma BGT, 2012)



## Bijlage B. Onderzoeksgegevens diepteonderzoek bermongevallen in Zeeland en de regio Haaglanden en Hollands Midden

### B.1 Dataset van diepte onderzoek naar bermongevallen

Kenmerk	Zeeland	Haaglanden en Hollands Midden
Periode	1-3-2009 t/m 31-10-2010	1-9-2009 t/m 31-10-2010
Aantal bermongevallen	115	28
Aantal in detail bestudeerde ongevallen	59	27
Aantal betrokken voertuigen	60	30
Aantal ongevallen waarbij interviews met bestuurders en of inzittenden hebben plaatsgevonden	51	10
Aantal enkelvoudige ongevallen	110	25
Dodelijk ongeval	2% van de inzittenden (2 van de 91)	8% van de inzittenden (4 van de 52)
Letselernst MAIS2+	22% van de inzittenden (20 van de 91)	15% van de inzittenden (8 van de 52)

Tabel 20 Dataverzameling binnen het onderzoek in de provincie en de regio (Davidse, 2011; Davidse et al., 2011)

Belangrijk is de vaststelling dat in de studie in Zeeland het diepteonderzoek in de meeste gevallen is gekoppeld aan interviews met de bestuurder en of inzittenden. Dat betekent dat binnen die groep meer informatie beschikbaar is over de menselijke factoren die een rol hebben gespeeld in het ongeval (zoals bijvoorbeeld lichamelijke en mentale toestand, afleiding, ervaring en risicogedrag).

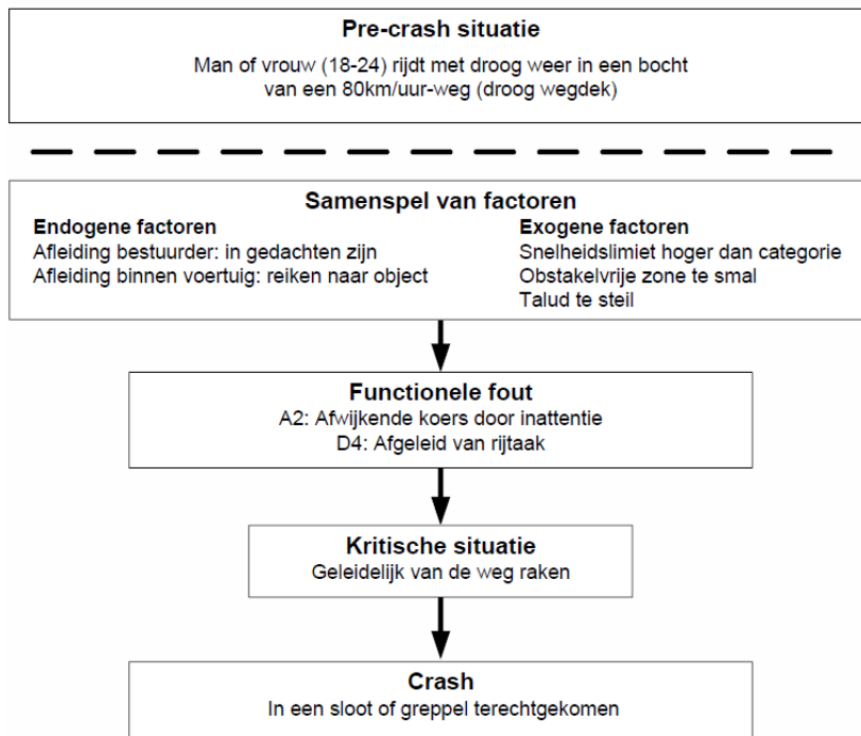
### B.2 Algemene kenmerken bermongevallen

Kenmerk	Procentuele aandeel in het aantal bermongevallen	
	Zeeland (N=115)	Andere Nederlandse regio(N=28)
Regio		
Man	74%	79%
18- t/m 24-jarigen	34%	21%
30- t/m 39-jarigen	17%*	29%
Jonge mannen	27%	21%
Weekend	45%	57%
Weekendnachten	17%	14%*
Wegtype: 80km/uur-wegen	53%	54%
Wegsituatie: bochten	47%	48%

Tabel 21 Algemene kenmerken van bermongevallen van het totaal aantal ongevallen (\* er is geen sprake oververtegenwoordiging in de desbetreffende studie)

### B.3 Opbouw van ongevalsscenario's

Figuur 34 geeft een voorbeeld van een ongevalsscenario, verwerkt in de schematische opbouw van de elementen waaruit een ongevalsscenario.



Figuur 34 Een voorbeeld scenario, verwerkt in de schematische opbouw van een ongevalsscenario volgens Davidse (Davidse, 2011)

De opbouw van de ongevalsscenario's volgen de werkwijze het Europese project TRACE (Traffic Accident Causation in Europe), ten aanzien van de ongevalsfactoren en de functionele fouten.

1. Pre-Crash situatie: Beschrijft de verkeerssituatie van vlak voor het ongeval. Deze omvat karakteristieken van de bestuurder en het voertuig, de manoeuvre of taak en de omstandigheden waarin dit plaats vond.
2. Samenspel van factoren: Betreft een opsomming van factoren die hebben geleid tot het ongeval. Deze zijn ingedeeld in endogene (menselijke) factoren en endogene factoren (algemene, voertuig en wegfactoren).
3. Functionele fout: De functionele fout van een bestuurder is een actie die volgt uit het informatieverwerkingsproces van de bestuurder, welke leidt tot de kritische situatie. In dit voorbeeld is de functionele fout het uit koers geraken en het afgeleid zijn van de rijtaak. Dit is echter een gevolg van gebrek aan ervaring (zie leeftijd) een combinatie van de in stap twee genoemde factoren.
4. Kritische situatie: De kritische situatie is de verstoorde verkeerssituatie die is ontstaan als gevolg van de functionele fout.
5. Crash: De crash is een beschrijving van de botsfase
6. Letsel: Het ontstane letsel als gevolg van het ongeval
7. Letselfactoren: Factoren die de mate van letsel beïnvloeden. Hierin is veel overlap het exogene ongevalsfactoren. Een obstakel heeft namelijk zowel invloed op het ontstaan van het ongeval als op het ontstane letsel.

## B.4 Ongevalsscenario's

Zeeland (n=59)	Haaglanden en Hollands Midden (n=27)
<p>Afleiding (subtype 1) (n=14; 24%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jonge mannen en vrouwen (43%)</li> <li>- 80km/uur-weg (71%)</li> <li>- Bocht (64%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afleiding (86-100%)</li> <li>- Limiet &gt; categorie (36%)</li> <li>- Obstakelvrije zone te smal (64%)</li> <li>- Talud te steil (43-50%)</li> </ul>	<p>Afleiding (subtype 3) (n=2; 7%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannen van 40-59 jaar</li> <li>- Overdag (100%)</li> <li>- Rechte weg (100%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afleiding (50-100%)</li> </ul>
<p>Tijdelijk niet in staat om te reageren (subtype 2) (n=5; 8%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jonger dan 30 en 50+</li> <li>- Doordeweeks (100%)</li> <li>- Daglicht (100%)</li> <li>- 80km/uur-weg (60%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vermoeid (60%)</li> <li>- Medische conditie (60-80%)</li> <li>- Obstakelvrije zone te smal (40%)</li> <li>- Talud te steil (40%)</li> </ul>	<p>Tijdelijk niet in staat om te reageren (subtype 2) (n=7; 26%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannen van 25 tot 40 jaar en 65+</li> <li>- Weekend (71%)</li> <li>- Daglicht (86%)</li> <li>- 80km/uur-weg (71%)</li> <li>- Bocht (43%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vermoeidheid (29-57%)</li> <li>- Black-out (29-57%)</li> <li>- Rijstrook te smal (0-43%)</li> <li>- Obstakelvrije zone te smal (43-57%)</li> </ul>
<p>Alcohol als belangrijkste aanleiding (subtype 3) (n=5; 8%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannen (100%)</li> <li>- Weekend (80%)</li> <li>- Donker (60%)</li> <li>- 80km/uur-weg (60%)</li> <li>- Bocht (80%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcohol (100%)</li> <li>- Te hoge snelheid (60%)</li> <li>- Bocht niet goed aangekondigd (20-40%)</li> </ul>	<p>Risicovol rijgedrag (subtype 1) (n=7; 26%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jonge mannen (57%)</li> <li>- Weekend (71%)</li> <li>- Donker (71%)</li> <li>- Bocht (57%)</li> <li>- Limiet lager dan 80 km/uur</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebrek aan ervaring (57-71%)</li> <li>- Rijsnelheid te hoog (57-71%)</li> <li>- Bocht slecht aangekondigd (43-57%)</li> <li>- Obstakelvrije zone te smal (57%)</li> </ul>

<p>Emotionele staat (subtype 4) (n=4; 7%)</p> <p>-</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle leeftijden</li> <li>- Doordeweeks (75%)</li> <li>- Donker (75%)</li> <li>- In een bocht (100%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emotioneel (100%)</li> <li>- Vermoeid/afgeleid (50%)</li> <li>- Te hoge snelheid (50-75%)</li> <li>- Geen wegverlichting (50-75%)</li> <li>- Obstakelvrije zone te smal (50%)</li> <li>- Talud te steil (75%)</li> </ul>	-
<p>Weer- en wegconditie (subtype 5) (n=12; 20%)</p> <p>-</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vrouwen (42%)</li> <li>- Alle leeftijden</li> <li>- Doordeweeks (75%)</li> <li>- 60km/uur-weg (50%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Te hoge snelheid voor omstandigh. (42-67%)</li> <li>- Weersomstandigheden (58%)</li> <li>- Wegdek (vuil of gaten) (67%)</li> <li>- Obst.vrije zone te smal (33-42%)</li> <li>- Talud te steil (50-58%)</li> </ul>	-
<p>Uitwijken (subtype 6) (n=8; 14%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannen en vrouwen tot 30 jaar (75%)</li> <li>- Daglicht (88%)</li> <li>- Bocht (63%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medeweggebruiker/dier (63-100%)</li> <li>- Te hoge snelheid voor omstandigheden (0-50%)</li> <li>- Nieuw/ander voertuig (0-38%)</li> <li>- Berm niet vergevingsgezind (63%)</li> </ul>	<p>Koers beïnvloed (subtype 4) (n=5; 19%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannen en vrouwen tot 40 jaar</li> <li>- Rechte weg (60%)</li> <li>- 80km/uur-weg (80%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mensfactoren onbekend (60%)</li> <li>- Andere weggebruiker (20-80%)</li> <li>- Verblinding (0-40%)</li> <li>- Band (20-40%)</li> </ul>

<p>Verkeerde inschatting (subtype 7) (n=6; 10%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannen tot 40 jr (83%)</li> <li>- 18-24 jaar (67%)</li> <li>- Weekend (67%)</li> <li>- In een bocht (67%)</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beginnersrijbewijs (33-67%)</li> <li>- Nieuw/ander voertuig (33-50%)</li> <li>- Te hoge snelheid (33-50%)</li> <li>- Krappe boogstraal (33%)</li> </ul>	<p>Risicovol rijgedrag (subtype 1) (n=7; 26%)</p> <p>Doelgroepen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jonge mannen (57%)</li> <li>- Weekend (71%)</li> <li>- Donker (71%)</li> <li>- Bocht (57%)</li> <li>- Limiet lager dan 80 km/uur</li> </ul> <p>Factoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebrek aan ervaring (57-71%)</li> <li>- Rijsnelheid te hoog (57-71%)</li> <li>- Bocht slecht aangekondigd (43-57%)</li> <li>- Obstakelvrije zone te smal (57%)</li> </ul>
---	--



## Bijlage C. Statistiek

### C.1 Deviance en Pearson chi kwadraat

De deviance en pearsons chi-kwadraat test zijn bekende en veelgebruikte model fit karakteristieken om de kwaliteit van het model en de aannames te testen. Deze twee worden echter beide binnen dit onderzoek buiten beschouwing gelaten vanwege twee redenen.

Ten eerste geven zowel Dobsen als McCullagh en Nelder aan dat deze statistische testparameters niet betrouwbaar zijn indien bij lage gemeten frequenties (2002, pp. 124-127; 1989, pp. 120-122).

Algemeen lijkt te worden aangenomen dat problemen kunnen ontstaan indien de frequentiewaardes lager liggen dan 5. Volgens Dobsen is de kans op falen van de testen in ieder geval groot indien deze lager liggen dan 1 gaat het al snel fout.

De tweede reden ligt in de karakteristiek van de NB verdeling. In het geval van de poissonverdeling kan de dispersie worden geschat op basis van pearson's chi-kwadraat waarde gedeeld door het aantal vrijheidsgraden. In het geval van de NB verdeling gaat deze schattingswaarde echter naar 1, omdat de NB verdeling immers corrigeert voor over- of onderdispersie. Dat betekent dat pearsons chi-kwadraat waarde en het aantal vrijheidsgraden bij benadering aan elkaar gelijk zijn. Dit maakt de test nutteloos voor het testen van de statistische significantie van het model.

### C.2 Maximum Likelihood estimation

De letterlijke vertaling van likelihood is waarschijnlijkheid. Dit is niet hetzelfde als de kans. Het begrip likelihood en het verschil tussen de likelihoodfunctie en kansfunctie kan het beste worden getoond aan de hand van de analytische functieverschillen van het binomiale model en een simpel voorbeeld.

De kansfunctie van het binomiale model is gegeven door

**Vergelijking 18 Binomiale kansfunctie** 
$$f(k; n, p) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

De likelihood functie van het binomiale model is gegeven door

**Vergelijking 19 Binomiale likelihoodfunctie** 
$$\mathcal{L} = f(p; n, k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

Het verschil tussen de twee functies is subtiel in karakters, maar groot in betekenis. De variabele in de kansfunctie is het aantal keer succes uit een bernoulli experiment, met een vaste/gegeven  $p$  als parameter. De variabele in de likelihoodfunctie is daarentegen de parameter  $p$ , met een vaststaand aantal successen  $k$  uit een set van  $n$  bernoulli experimenten.

Een bekend voorbeeld is het opwerpen van een munt met twee mogelijke uitkomsten; kop of munt. De kansfunctie beschouwd dan de kans dat uit een set van  $n$  worpen,  $k$  keer kop wordt geworpen een aangenomen parameter  $p$  van 0,5. De likelihoodfunctie beschouwd de waarschijnlijkheid van een uitkomst van  $k$  keer kop in een set van  $n$  worpen, afhankelijk van de parameter  $p$ .

Voorbeeld: Beschouw een set van een  $n$  aantal worpen en een realisatie van een  $k$  aantal keer kop, waarbij  $n=11$  en  $k=7$ . Van de munt is onbekend wat de kans is op kop bij één worp; parameter  $p$ . We willen weten wat gegeven de zet de meest waarschijnlijke waarde van  $p$  is. Dit kan worden geschat met behulp van de maximum likelihood estimation. Invullen van de likelihoodfunctie voor verschillende  $p$  waarden geeft:

Parameter p	likelihood
0,3	0,017
0,4	0,070
0,5	0,161
0,6	0,236
0,7	0,220
0,8	0,111

De likelihood is maximaal wanneer p gelijk is aan 0,6. Op basis van de data en de gevonden likelihood-waardes kan p daarom geschat worden op 0,6.

In de praktijk wordt vaak de log likelihood met het natuurlijk logaritme toegepast ( $\ln \mathcal{L}$ ) in plaats van de likelihood, vanwege de wiskundige eigenschappen van het logaritme:

$$\begin{aligned}\ln a \cdot b &= \ln a + \ln b \\ \ln b^a &= a \cdot \ln b \\ \ln \frac{a}{b} &= \ln a - \ln b\end{aligned}$$

Door van beide kanten van de kansfunctie het natuurlijk logaritme te nemen, kunnen niet lineaire vergelijkingen worden gelineariseerd .

Het OVM kan ook op die manier worden gelineariseerd.

$$E(y) = \alpha Q^\beta e^{\sum y_i x_i}$$

wordt

$$\ln E(y) = \ln \alpha + \beta \ln Q + \sum \beta_i x_i$$

En een linearisatie van de negatief binomiale kansfunctie

$$P(Y_i = y_i) = \frac{\Gamma(k + y_i)}{\Gamma(k) y_i!} \left( \frac{k}{k + \mu_i} \right)^k \left( \frac{\mu_i}{k + \mu_i} \right)^{y_i}$$

wordt na omschrijving

$$\ln \mathcal{L}(\mu; \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n \ln f(y_i; \mu_i) = \sum_{i=1}^n \ln \left( \frac{\Gamma(k + y_i)}{\Gamma(k) y_i!} \right) - (y_i + k) \ln \left( \frac{k + \mu_i}{k} \right) + y_i \ln \left( \frac{\mu_i}{k} \right)$$

De MLE van de ongevaldataset betreft dus een maximalisatie van  $\ln \mathcal{L}$  op basis van een schatting van de model parameters  $\beta$  en variantieparameter  $k$  door een iteratief proces.



## Bijlage D. Werkbezoeken

Voor het onderzoek naar beschikbare bronnen voor de ontwikkeling van de onderzoeksdatabase zijn een aantal verschillende partijen en instanties benaderd en bezocht. Deze bijlage geeft een samenvatting van de bevindingen van de verschillende bezoeken die zijn afgelegd.

De volgende commerciële partijen zijn benaderd en bezocht.

- Cyclomedia
- Fugro – Afdeling Geospatial

Naast deze commerciële partijen zijn de volgende overheidsinstanties benaderd

- Provincie Noord-Brabant
  - Bureau Verkeersmanagement (Directie Economie en Mobiliteit)
  - Bureau Geodesie en documentaire informatievoorziening (Directie Middelen)
- Provincie Noord-Holland – Directie Beheer en Uitvoer
- Provincie Zuid-Holland – Dienst Beheer Infrastructuur (Directie Ruimte en Mobiliteit)

### D.1 Cyclomedia

#### Inleiding

CycloMedia is gespecialiseerd in het grootschalig en systematisch in beeld brengen van de weg en zijn omgeving op basis van Cyclorama's (360 graden panoramafoto's) en luchtfoto's. Van elke opname worden locatie, oriëntatie en tijdstip geregistreerd. Deze opnames worden op basis van fotogrammetrie verwerkt en aan elkaar gerekend, wat het mogelijk om metingen in de foto's uit te voeren. Deze beelden en karteringsmogelijkheden zijn onder andere beschikbaar gesteld in Globespotter, de online-applicatie van Cyclomedia.

Het bezoek is afgelegd met als doel een beeld te krijgen van de mogelijkheden van globespotter voor de ontwikkeling van de onderzoeksdatabase van wegkenmerken. De samenvatting geeft een korte beschrijving van de inhoudelijke punten die in het gesprek aan de orde zijn gekomen en de bevindingen van werkzaamheden die later met het product zijn uitgevoerd.

#### Samenvatting

Gesprek met: Bart Beers – Directeur R&D

Datum: 22 november 2011

Resultaat: Beschikking over Globespotter voor de termijn van het afstuderen

#### Fysieke weggegevens Cyclomedia

CycloMedia is gespecialiseerd in het grootschalig en systematisch in beeld brengen van de omgeving (van de weg) op basis van Cyclorama's (360 graden panoramafoto's) en luchtfoto's. Het bedrijf is daarbij specifiek gericht op het verzamelen en beschikbaar stellen van (beeld)gegevens, maar doet verder zelf geen analyses aan de hand van de data. Wel voeren zij op verzoek van overheden inventarisaties uit waarbij zij objecten en gegevens vastleggen aan de hand van het beeldmateriaal.

Er zijn verschillende bedrijven die losse inventarisaties uitvoeren. Een aangeleverd product bestaat in dat geval vaak uit een bestand met bijvoorbeeld alleen lantarenpalen. Het verschil met cyclomedia is dat cyclomedia het bron materiaal aanlevert waaruit alle zichtbare objecten zijn te inventariseren.

### Kwaliteitscontrole geodata

Een belangrijke toepassing van Globespotter is de controle van ruimtelijke gegevens van opdrachtgevers (vaak overheden). Cyclomedia maakt “quick scans” van de data om een beoordeling van de kwaliteit van de data te kunnen maken. Dat betekent dat de bestaande data steekproefgewijs wordt gecontroleerd op fouten. Daarbij blijken objecten vaak te missen of zijn deze fout gekarteerd. Vaak is de fout 20%. Soms minder en soms richting de 50%. Controle vindt daarbij plaats op basis van een visuele overlay van het ruimtelijke bestand op cycloramabeelden. Dit is mogelijk omdat de beelden metrisch correct zijn. Objecten krijgen voor zover mogelijk standaard symbolen mee. Deze zijn vervolgens visueel te controleren.

### Dataprojectie

In Globespotter is het mogelijk om ruimtelijke gegevens zoals een shape-file te projecteren op zowel de cyclorma's als de luchtfoto's. Dit is mogelijk door de gegevens aan te bieden via een web map server (wms) of een web file server (wfs) standaard.

Een wms biedt de mogelijkheid om ruimtelijke rasterdata te publiceren. Een wfs biedt de mogelijkheid om ruimtelijke vectordata te publiceren. Hier is Geoserver gebruikt als wfs server.

Een voorbeeld van dataprojectie is gegevens in Figuur 35 en Figuur 36.



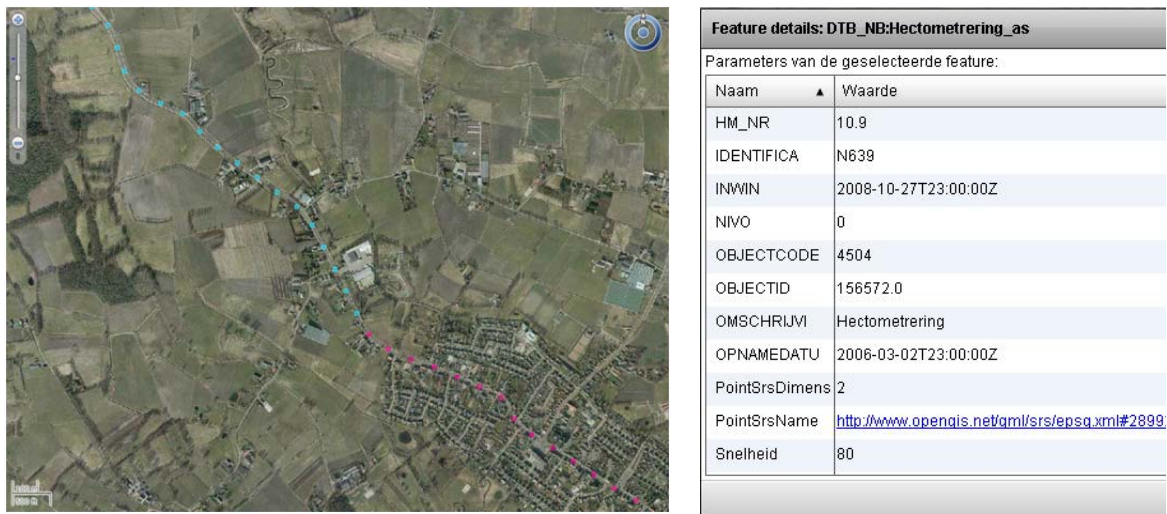
Figuur 35 Cyclorama in globespotter - N639 HM 11.2-11.3



Figuur 36 Luchtfoto in globespotter - N639 HM 11.2-11.3

De figuren betreffen een cyclorama en een luchtfoto van dezelfde locatie van een provinciale weg in de provincie Noord-Brabant. Hier is een overlay geprojecteerd van een selectie van ruimtelijke objecten uit het DTB van de provincie. Wat zichtbaar is op de beelden zijn een projectie van het fietspad, de weg, in en uit ritten, bomen, lantaarnpalen, taluds en sloten. De blauwe cirkels betreffen de locaties van de cyclorama's. Op de luchtfoto is te zien welk cyclorama is geselecteerd en wat de huidige kijkhoek is. Uit de projectie is af te leiden dat deze weg nauwkeurig is gekarteerd in het DTB.

Naast het projecteren van objecten is het ook mogelijk om attribuutinformatie op te roepen. Dit kan op twee manieren: Allereerst kan van elk object een attribuentabel worden opgeroepen. Daarnaast is het mogelijk om met behulp van filters attribuutinformatie te visualiseren, zoals beide te zien is in Figuur 37



**Figuur 37** Visualisering attribuutinformatie en attribuentabelplaatje (Software Globespotter, Data DTB Noord-Brabant)

Op de luchtfoto is de hectometrerig op de as van de weg geprojecteerd. Deze is in twee kleuren geprojecteerd met behulp van een filter op het objectattribuut snelheid. Hectometerpunten zijn cyaan indien de snelheidslimiet 80 km/uur bedraagt en magenta in alle andere gevallen. Op deze wijze is dus een visualiseren van attribuutkenmerken mogelijk. Daarnaast kan van elk object de bijbehorende attribuuttabel worden opgeroepen, zoals de “Feature details” tabel laat zien.

### Metten

Naast het visualiseren en controleren van ruimtelijke bestanden kan globespotter worden gebruikt om objecten te karteren in cyclorama's en luchtfoto's. In de cyclorama's kan elk punt met een minimale nauwkeurigheid van 10 centimeter worden bepaald. Elk punt op de foto komt in de camera binnen als een lichtstraal met een vector. Deze vector is van elk punt bekend. Door twee vectoren te kruisen kan de coördinaat worden bepaald.

Op deze wijze is het mogelijk om met behulp van minimaal twee cycloramas elk punt te karteren door in beide beelden hetzelfde punt te selecteren. Kartering vanuit drie cycloramas levert een hogere meetnauwkeurigheid op. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 38 op de volgende bladzijde.



**Figuur 38** Kartering van een puntobject (Bron: Globespotter 2.6 Manual)

Figuur 38 toont de softwareinterface van globespotter bij het karteren. Bij het karteren is altijd een venster geopend met luchtfoto's en één of meerdere venster voor de verschillende cyclorama's waarin wordt gekarteerd. In dit geval is gekarteerd op basis van drie cyclorama's. Welke cyclorama's dit zijn is zichtbaar op de luchtfoto, evenals de kijkhoek van de cycloramas. Om een punt te karteren wordt achtereenvolgens in de verschillende cycloramas hetzelfde punt aangeklikt. Met het aanklikken van een punt in de cyclorama wordt een vector gecreëerd die wordt geprojecteerd in de andere cyclorama's. De projectie van deze vector helpt bij het aanklikken van hetzelfde punt in de andere cyclorama's. Wanneer in elke cyclorama hetzelfde punt is aangeklikt bepaalt globespotter het punt in x,y,z coördinaten waar de vectoren elkaar snijden. Dit is het punt wat wordt vastgelegd in de database. Een venster links onderin toont de eigenschappen van de kartering en de meetzekerheid van de kartering.

Op deze manier kunnen puntobjecten in cycloramas worden gekarteerd. Naast het karteren van puntobjecten kunnen ook lijnen vlakken en blokken worden gekarteerd en kunnen metingen worden verricht.

Absoluut gezien is de fout van een puntkartering ongeveer 10 cm  
 Relatief gezien is de fout van een lijnmeting ongeveer 1 cm

De software geeft aan hoe nauwkeurig de meting is. Deze is afhankelijk van de hoek van de vector. Om het aanwijzen van een pixel op de foto zit een vlak van onnauwkeurigheid. Afhankelijk van de hoek waarmee vectoren elkaar snijden wordt dit vlak groter of kleiner.

De standaard voor nauwkeurigheid van de BGT in een stedelijke omgeving is zo'n 28 centimeter, daarbuiten is deze nog ruimer. Daarmee voldoet de methode ruim aan de BGT standaard.

### Historie

Binnen cyclomedia zijn beelden van verscheidene jaren beschikbaar. Vanaf 2009 zijn de beelden echter pas landsdekkend. Daar komt bij dat de projectie voor 2008 nog niet goed was, waardoor deze niet geschikt is voor kartering. Een tijdlijn kan worden opgeroepen welke laat zien van welke jaren cycloramas beschikbaar zijn. Daarnaast kan ook gekozen worden uit luchtfoto's van verschillende jaren.

### 3d cyclorama's op basis van laserdata

Proefproject dieptecyclorama's is een project waarbij van iedere cyclorama de  $x,y,z$  coördinaten van elke pixel direct bekend zijn. De coördinaten worden van elk beeldpunt bepaald met behulp van een laserscanner. De laserscanner scant de omgeving met een zeer hoge resolutie, waarmee een 3d puntenwolk wordt vastgelegd van de omgeving. Door deze op pixelniveau te koppelen aan de cyclorama's kunnen 3d coördinaten aan de pixels van de cyclorama's worden toegekend. Daardoor is vanuit elke cyclorama direct van elk punt de  $x,y,z$  coördinaat te bepalen. Alle metingen worden daarmee een stuk eenvoudiger.

In de nieuwe situatie kan in een puntobject met een klik worden vastgelegd, kan in één beeld een lijn langs de weg worden getekend en kan met een functie de afstand van een object tot die lijn worden bepaald. In de huidige situatie dient een veelvoud aan handelingen te worden uitgevoerd om deze gegevens te bepalen.

Ook is binnen de nieuwe applicatie een functie aanwezig waarmee automatisch een dwarsdoorsnede wordt gegenereerd ter plaatse van een aangegeven lijn.

Daarnaast werkt Cyclomedia aan een landelijke 3d pilot van Rijkswaterstaat voor de ontwikkeling van een 3d versie van de BGT.

De 3d applicatie is echter nog in ontwikkeling en dus niet beschikbaar ten tijde van het afstudeerwerk. Het is echter wel op voorhand duidelijk dat het ruim meer dan een factor 2 scheelt in de werkbelasting van karteren ten opzichte van de huidige applicatie. (dit geldt enkel voor karteren en niet voor een visuele controle van een bestand)

### Conclusie

Cyclomedia biedt met globespotter een applicatie waarmee de weg en de omgeving van heel Nederland compleet in beeld kan worden gebracht, achter het bureau. Het aangeboden beeldmateriaal betreft luchtfoto's en cyclorama's die elk jaar opnieuw worden vastgelegd. Op basis van fotogrammetrie is aan het beeldmateriaal een ruimtelijke component toegevoegd, waardoor van elk beeldpunt de  $x,y,z$  coördinaten zijn te bepalen.

In globespotter kan het beeldmateriaal van cyclomedia worden gekoppeld met ruimtelijke bestanden (GIS data, zoals het DTB). Uit quick scans die cyclomedia uitvoert op ruimtelijke bestanden blijkt dat veel van deze bestanden een fout van 20 tot 50% bevatten in de kartering. Globespotter biedt de mogelijkheid om ruimtelijke bestanden van provincies te controleren op kwaliteit en dekkingsgraad. Daartoe kunnen ruimtelijke bestanden worden geprojecteerd in de luchtfoto's en cyclorama's binnen het programma. Hierbij gelden een aantal beperkingen.

- Projectie is pas mogelijk met beelden vanaf 2009, vanwege projectiefouten met eerdere beelden
- Door hoogte verschillen in de werkelijkheid kan de projectie in de beelden verschuiven wanneer de  $z$  coördinaat ontbreekt in het te controleren bestand. Dit maakt visuele controle lastiger.
- Beelden van voor 2009 zijn niet landsdekkend

Daarnaast biedt Globespotter de mogelijkheid om een inventarisatie of karteringen uit te voeren. Dit wordt echter afgeraden voor dit onderzoeksproject in verband met de grote hoeveelheid werk die dit met zich mee brengt. Een grootschalige inventarisatie is qua tijd niet mogelijk binnen de termijn van het afstuderen.

In de toekomst worden naast cyclorama's ook laserscans gemaakt van de omgeving. Daarmee kunnen van de cylcorama's 3d modellen worden gebouwd. In de nieuwe situatie is het daarmee mogelijk om metingen en inventarisaties uit te voeren in een enkele cyclorama, in plaats van twee of drie. Daarmee wordt het aantal handelingen meer dan gehalveerd. Ook neemt de nauwkeurigheid van metingen toe.

## D.2 Fugro - Geospatial

### Inleiding

Drive-Map is een applicatie die als doel heeft het vast leggen en actueel houden van Geo-Informatie van de weg en de omgeving. Hierbij wordt gebruik gemaakt van geogerefererde panoramafoto's, metrische foto's en laserscandata. De koppelingen tussen deze verschillende data maakt het mogelijk om in de beelden in 3d coördinaten te meten. Hiervoor is software ontwikkeld dat aan een GIS applicatie kan worden gekoppeld.

Het bezoek is afgelegd met als doel een beeld te krijgen van de mogelijkheden van Drive-Map en het bespreken van alternatieve mogelijkheden voor de ontwikkeling van de onderzoeksdatabase van wegkenmerken. De samenvatting geeft een korte beschrijving van de inhoudelijke punten die in het gesprek aan de orde zijn gekomen.

### Samenvatting

Gesprek met: Pim Voogd – Projectmanager Geo Services

Datum: 24 november 2011

Pim Voogd is projectmanager bij Fugro Geo Services en werkzaam op de Geo-Spatial divisie bij de groep kaartvervaardiging. Hij werkt daarbij onder andere aan de ontwikkeling en exploitatie van Drive-Map.

De Fugro is gespecialiseerd in het meten, verzamelen en interpreteren van gegevens van de aarde in de diepte, ondiepe ondergrond en het oppervlakte van de aarde. De afdeling Geo-Spatial houdt zich vooral bezig met meting van en boven het aardoppervlak.

#### Drive-Map

Drive-Map is een van de producten die is ontwikkeld voor het in kaart brengen van het aardoppervlak. Het product bestaat uit gegevens inwinning en een softwarepakket dat de gegevens toegankelijk maakt voor bijvoorbeeld kartering.

De gegevens worden ingewonnen met een daarvoor uitgeruste Drive-Map auto. Deze auto is uitgerust met metrische fotocamera's, een panoramacamera en een laserscanner voor het vastleggen van het wegbeeld en de omgeving. Daarbij wordt van elk beeld de oriëntatie en een nauwkeurige plaatsbepaling vastgelegd.

Vervolgens worden de fotobeelden gekoppeld aan de laserdata. Deze data wordt toegankelijk gemaakt in de softwareapplicatie van Drive-Map. Daarin kan een 3d puntenwolk worden geprojecteerd over de fotobeelden. Elk punt is daarbij te selecteren en heeft een positie op alle drie de assen. Op basis daarvan kunnen binnen de fotobeelden punten, lijnen, vlakken en objecten worden gekarteerd.

Daarbij kan een absolute meetnauwkeurigheid van 2-5 centimeter en relatief nauwkeurigheid van beter dan een centimeter worden behaald. Daarnaast heeft elk laserpunt behalve een positie in de x, de y en de z as ook een intensiteit, mate van reflectie en kleureigenschappen.

Verder kan de software worden gekoppeld aan door de klant gebruikte applicaties, zoals een GIS of een CAD programma.

Ten slotte wordt de data in veel gevallen via een server ter beschikking aan de klant gesteld. Het is ook mogelijk om deze lokaal ter beschikking te stellen. Maar dit is vanwege de grootte van de databases van dit materiaal niet altijd werkbaar en wenselijk voor de klant.

De twee belangrijkste toepassingen van Drive-Map zijn

- Kartering / landmeetkunde en dan voornamelijk de opbouw van grootschalige basiskaarten
- Het assetmanagement: In kaart brengen en registreren van objecten in de buitenruimte
  - Positie – wordt centimeter nauwkeurigheid gevraagd
  - Kwalitatieve eigenschappen – objectinformatie; wat is het en wat is de staat

### **Database Drive-Map**

De database van Drive-Map bevat slechts enkele tientallen kilometers aan beboude 80 wegen over het hele land verspreid. Dit heeft er mee te maken data Drive-Map wordt ingezet op opdrachtbasis. Er wordt dus niet zoals bij Cyclomedia het gehele wegennet in beeld gebracht.

### **Objectgeoriënteerd karteren**

De wijze waarop kartering plaatsvindt is aan de opdrachtgever. De opdrachtgever is zelf verantwoordelijk voor het vaststellen van de kwaliteitseisen en de objectdatabase (de te karteren objecten).

Daarnaast heeft hij de mogelijkheid om te karteren in een cad- of gisomgeving.

Drive-Map biedt de mogelijkheid om objectgeoriënteerd te karteren in een gisomgeving. Dat wil zeggen dat van objecten in de ruimte zowel de geometrie als de (zichtbare) objecteigenschappen worden vastgelegd, zogeheten attribuutwaarden. Op basis hiervan wordt een geodatabase opgebouwd. Dit resulteert in een belangrijk verschil met CAD data. Ruimtelijke objecten zijn in een geodatabase namelijk toegankelijk en opvraagbaar vanuit de in de database vastgelegde attribuutwaarden van een object, in plaats van enkele geometrische eigenschappen. Dit biedt onder meer voordelen voor het vervaardigen van thematische kaarten, de koppeling van andere data aan geometrie en het beheer van ruimtelijke objecten.

Er zijn reeds verschillende (overheids) instanties die bezig zijn met de ontwikkeling van een ruimtelijk bestand (GIS) voor kartering van hun areaal en voor het beheer en onderhoud van het wegennet. Zoals de provincie Noord-Holland die gebruik maakt van DG-Dialog. Veel instanties zijn echter nog niet zover en werken nog met cad bestanden. De ontwikkeling van GIS systemen wordt echter steeds meer gestimuleerd door de centrale overheid, onder meer door de ontwikkeling van de BGT (Basisregistratie Grootschalige Topografie) die ook objectgeoriënteerd wordt gekarteerd.

De provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Noord-Brabant werken aan een ruimtelijk bestand van het provinciale wegennet. Daarbij hanteren de provincies een eigen objectdatabase waarin is vastgelegd welke objecten zij karteren en bijhouden in het ruimtelijk bestand. Dit heet zogeheten plus-topografie. Deze bestanden zijn niet allemaal 100% actueel, maar bieden wel een representatieve dataset.

### **Mutaties**

Dat een ruimtelijk bestand van een provincie niet 100% correct of actueel is kan verschillende oorzaken hebben. Er kunnen fouten zijn gemaakt in de kartering. Er kunnen in de tussentijd veranderingen in de ruimte hebben plaatsgevonden die nog niet zijn gekarteerd. Of de ontwikkeling van het ruimtelijk bestand is nog niet zo ver dat het areaal volledig goed is gekarteerd.

Dit heeft impact op de nauwkeurigheid van het te ontwikkelen model. Wanneer er meerdere jaren ongevallen worden geanalyseerd is het belangrijk om er van bewust te zijn dat er mutaties kunnen plaats vinden in de ruimte. Wanneer de dataset groter is, dan is de impact van een mutatie in het bestand wat betreft de onnauwkeurigheid minder groot. (significantie van de impact is kleiner)

### **Kartering**

Binnen Drive-Map is het mogelijk om alles wat zichtbaar is op beeld te karteren. Dat betekent dus ook dat het product de beperking kent dat verborgen elementen niet gekarteerd kunnen worden. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer het beeld geblokkeerd wordt door een visueel obstakel zoals een auto of een container.



De daadwerkelijke kartering binnen Drive-Map is erg arbeidsintensief. Voor de kartering van een paar honderd kilometer dient wel een aantal fte te worden uitgetrokken. Daarom heeft de Fugro een afdeling in China die wordt ingezet voor de kartering vanwege het lagere arbeidsloon daar.

Automatisering van dit proces is nog maar zeer beperkt mogelijk. Beeldherkenning is nog altijd te onnauwkeurig voor het vervaardigen van kaarten. De fouten die dit oplevert zijn gemiste objecten, zogeheten 'valse positieven' en fouten in de objecteigenschappen. Het aantal fouten dat automatische objectherkenning oplevert is nog altijd zo groot dat dit geen voordelen oplevert in de kartering.

Er zijn enkele vorderingen bij het vervaardigen van verkeersborden bestanden. Maar ook van deze bestanden is nog een uitgebreide foutcontrole noodzakelijk.

De stand van zaken bij de Fugro is momenteel als volgt. Op basis van het selecteren van één of meerdere punten uit de 3d puntenwolk is de software in staat een suggestie te geven van de geometrie van het beoogde object en het objecttype. Deze suggestie dient vervolgens te worden gecontroleerd en te worden goedgekeurd of afgekeurd, al dan niet na enige aanpassingen van de geometrie en de gesuggereerde attribuutwaarden van het object.

### **Adviezen**

Het advies van de heer Voogd is om binnen het afstudeeronderzoek geen eigen inventarisatie uit gaan voeren omdat een uitgebreide inventarisatie niet haalbaar zal zijn binnen de termijn van het afstuderen.

Het advies is om zo veel mogelijk te richten op beschikbare ruimtelijke databases bij provincies. De provincies Noord Holland, Zuid Holland en Noord-Brabant vormen daarbij een goed uitgangspunt.

Daarnaast is het wellicht ook een optie om te kijken naar Weggeg. Weggeg is een bestand van rijkswaterstaat. Dit is een asci bestand op basis van hectometrering. Daarin zitten alle objecten langs de snelweg gecodeerd per hectometerpaal. Naast ASW beheert RWS echter ook een deel bubeko 80 wegen.

### **Conclusie**

De applicatie Drive-Map is zeer geschikt voor object georiënteerd karteren in een GIS omgeving. Dit type ruimtelijke bestanden lijkt daarbij een veelbelovende bron voor de inventarisatie van wegkenmerken voor dit onderzoek. De provincies Noord-Brabant, Noord-Holland en Zuid-Holland kunnen hiervoor worden benaderd. Zij zijn volgens de heer Voogd goed op weg met de ontwikkeling van GIS georiënteerd karteren. Het advies is daarbij om op dit type bestanden te richten en geen inventarisaties binnen dit onderzoek te verrichten.

Drive-Map is net als Globespotter geschikt voor controleren van ruimtelijke bestanden en voor kartering. Daarbij loopt Drive-Map momenteel voor op Globespotter wat betreft het gebruik van laserscanners en daarmee ook de benodigde uren werk voor het karteren. Drive-Map zelf is echter niet geschikt voor dit onderzoek. Dit heeft er mee te maken dat Drive-Map een on demand service betreft. Dat wil zeggen dat beeldmateriaal enkel wordt ingewonnen op aanvraag. In tegenstelling tot Globespotter is het beeldbestand van Drive-Map dus niet land dekkend. De database bevat daardoor te weinig bubeko 80 wegen en is daarom niet geschikt voor dit onderzoek.

## D.3 Noord-Brabant

### Inleiding

De provincie Noord-Brabant beheert ongeveer 550 km aan provinciale wegen. Veel van deze wegen betreffen bukeko 80 wegen. De provincie is benaderd met het oog op het vergaren van data aangaande verkeersgegevens en weggegevens. Bij de provincie Noord-Brabant is daarbij specifiek gericht op het ruimtelijk (geografisch bestand). Hiertoe zijn twee bezoeken afgelegd. In deze paragraaf wordt van beide bezoeken een samenvatting gegeven.

### Samenvatting eerste gesprek

#### Aanwezig:

Egmond van Coillie

Terry van Helvert

Datum: 23 november 2011

De heer van Coillie is verkeerskundige en werkzaam op de afdeling verkeersmanagement. De heer van Helvert is onderdeel van het civiel technische team en houdt zich bezig met civiel technisch beheer van wegen en kunstwerken. Daarnaast is hij verantwoordelijk voor het opzetten van het wegen informatie-systeem (WIS) in samenwerking met de afdeling databeheer.

#### Digitaal topografisch bestand

De provincie is bezig met de ontwikkeling van een WIS voor beheer en onderhoud van het hele areaal. Dit systeem bestaat uit drie lagen

- DTB – Digitaal Topografisch bestand; Een geografisch bestand waarin is aangegeven wat waar ligt
- Administratie & Beheerinformatie - Een systeem waarin de kenmerken van objecten zijn aangegeven
- Documentinformatiesysteem - Een documentinformatiesysteem waarin bijvoorbeeld tekeningen en rapportages te vinden zijn van een object

Het DTB is 3d model van het areaal van de provincie, zonder link naar verkeerskundige data of wegtypering. In het bestand is de geometrie en locatie van wegen en de directe omgeving opgenomen. Ook objecten als bomen en lantarenpalen zijn hierin opgenomen. Ook bevinden zich in het bestand de beheergrenzen en de hectometrering.

Aan niet alle DTB-objecten is Administratie & Beheerinformatie gekoppeld. Wat bijvoorbeeld ontbreekt is het type bermverharding. Ook het type verkeersbord en snelheidslimieten ontbreken.

Alle objecten die zich in het bestand bevinden hebben een specifieke code. Deze objectdatabase is opvraagbaar.

De objectdatabase is volgens de heer van Helvert voor 98% accuraat en actueel. Ieder jaar worden van ongeveer de helft van het areaal luchtfoto's genomen, op basis waarvan wordt gekarteerd. Bij het maken van de opnames wordt rekening gehouden met opgeleverde projecten. Daarnaast worden in veel gevallen grondmetingen gedaan kort voor de oplevering van een project.

Elke twee jaar wordt daarmee het hele areaal in beeld gebracht en wordt de actualiteit van het DTB gecontroleerd.

### **Verkeersgegevens**

Met betrekking tot de verkeersgegevens zijn cijfers per dag beschikbaar van intensiteiten en gereden snelheden, ingedeeld naar voertuig categorieën indien gewenst. Deze zijn aan te leveren op basis van de hectometrering of in een shapefile.

Het is daarbij mogelijk om indien gewenst aan te geven waar sprake is van gegevens op basis van periodieke en permanente tellingen. Op permanente telpunten wordt alle dagen van het jaar geteld. Op periodieke telpunten wordt één in de twee jaar voor een periode van twee maanden geteld. Daarbij wordt zoveel mogelijk getracht om in de bepaling van de cijfers rekening te houden met werk in uitvoering.

Periodieke tellingen worden opgehoogd ten opzichte van permanente punten waar het aan gekoppeld is. Binnen de bebouwde kom wordt dit niet structureel gedaan.

Aanlevering van gegevens is waarschijnlijk wel mogelijk in een shapefile.

### **Wegkenmerken +**

Wegkenmerken + is een initiatief geweest van Rijkswaterstaat. De strategie van de ontwikkeling van wegkenmerken+ was de opzet van een data voor data contract. Rijkswaterstaat zou in het vervolg geld vragen voor data van ongevalgegevens, tenzij een intentieverklaring werd getekend voor deelname aan wegkenmerken+. Veel partijen hebben daarop een intentieverklaring gegeven, waaronder ook de provincie Noord-Brabant. Omdat het echter slechts een intentieverklaring betrof en geen verdere voorwaarden gesteld waren hebben veel van deze partijen hier verder niks meer mee gedaan. Zo ook de provincie Noord-Brabant.

### **Vervolg**

Om meer zicht te krijgen op het DTB is een tweede afspraak gemaakt met Stefan van Gerwen van de afdeling Geodesie.

## **Samenvatting tweede gesprek**

Gesprek met: Stefan van Gerwen - Geodetisch analist

Datum: 29 november 2011

De heer van Gerwen is Geodetisch analist bij de provincie Noord-Brabant. Daar werkt hij aan de ontwikkeling van een GIS voor de provincie waarin het digitaal topografisch bestand van de provincie wordt gekoppeld aan een beheersysteem voor wegbeheerders en een viewer voor andere diensten. Het gesprek heeft geleid tot inzicht in de ontwikkeling van het systeem en de beschikbaar stelling van het dtb voor dit onderzoek. Het vervolg van de paragraaf is gewijd aan de beschrijving van het DTB

## **DTB – Digitaal topografisch bestand**

### **Databeheer - opzet van de GIS**

De GIS database van de provincie Noord-Brabant bestaat uit 3 hoofdcomponenten

Geometrie / DTB ↔ Objectadministratie / Beheer → Datawarehouse / viewer van thematische datasets

Het DTB bevat de geometrie van de objecten en een beperkte selectie aan attribuut informatie die de objecten typeren. Meer gedetailleerde informatie inzake de objecten bevindt zich in de objectadministratie.

Elk object heeft een unieke objectcode. Op basis van deze objectcode vindt een koppeling plaats tussen het DTB en de objectadministratie, ofwel de beheer-laag. Deze objectadministratie wordt gebruikt voor het beheer en onderhoud van objecten. Daarvoor wordt in de objectadministratie allerlei extra objectinformatie aan de objecten toegevoegd. Hierbij kan gedacht worden aan zaken als het verhardingstype of de boomsoort, maar ook informatie inzake de planning zoals de laatste datum van klein en of groot onderhoud en een geplande datum voor volgend onderhoud. Daarnaast hangt aan de objectadministratie een documentinformatiesysteem. Hierin zijn alle rapportages over de objecten te vinden.

De laatste component betreft het datawarehouse. Deze wordt gevoed met zowel data uit het DTB en de objectadministratie, als ook andere ruimtelijke databases zoals bevolkingsgegevens en verkeergegevens. Het datawarehouse is een database enkel bedoeld voor informatievoorziening. De data in deze database kan dus enkel worden bevraagd en niet worden bewerkt. Op basis van het datawarehouse kunnen thematische kaarten worden vervaardigd.

### **DTB**

Het DTB staat voor digitaal topografisch bestand en is onderdeel van een uitgebreide GIS van de provincie Noord-Brabant. Het DTB is in feite de kaart en omvat een uitgebreide objectdatabase met de geometrie en de basis karakteristieken van de objecten. Deze objectdatabase bestaat uit de volgende onderdelen.

- objectomschrijving
- objectcode
- objectid - elk object krijgt een uniek identificatie nummer die communiceert met het beheer-pakket
- sleutel – soort object id die wordt aangemaakt wanneer het object voor het eerst wordt ingevoerd
- datum van opname in het bestand
- wijze opname
- Geometrie (x,y,z)

### **Objecten**

De objectdatabase is een zeer uitgebreide set van objecten, waarin objecten vanaf het niveau benzinstation tot aan 'kant vlakbegrenzing puntstuk' zijn opgenomen.

Alle objecten die binnen de beheergrenzen van de provincie liggen worden opgenomen als vlak. Objecten buiten de beheergrenzen worden deels opgenomen als punt of lijn.

### **Attributen**

Binnen het beheersysteem krijgt elk object attribuutwaardes toegekend. Voor een verharding kan dit bijvoorbeeld zoab of cementbeton zijn.

Het is de bedoeling dat binnen een jaar de attributen vanuit het beheersysteem volgens de BGT eisen worden gekoppeld aan de objecten binnen het DTB

Opmerkingen bij een paar relevante objecten:

Ook markeringen worden meegenomen als object. Maar wel in een lijn definitie. Dubbele belijning zijn voorlopig als twee losse lijnen naast elkaar opgenomen.

Een parallelweg of fietspad wordt niet opgenomen als object als deze buiten de beheergrens valt. In dat geval geven lijnen de kant verharding aan. Er hangt dus echter geen uitgebreide objectdatabase aan. [het is onduidelijk of deze kant verharding ook de definitie van bijvoorbeeld fietspad heeft)

In de toekomst komt ook het type bermverharding in het bermbeheer.

In het DTB zijn grasklinkers mogelijk opgenomen als rabatstrook

In het dtb en beheersysteem worden kruispunten niet herkent. Wel worden rotondebannen herkent. Daarnaast zijn er voor ongelijkvloerse kruisingen verbindingswegen gedefinieerd. Aan de hand daarvan kan een ongelijkvloerse kruising worden gedefinieerd.

In het dtb zijn alle objecten opgenomen. Dus ook de individuele hectometerpaaltes. Bij de hectometrering wordt in principe in de omschrijving opgenomen welk paaltje dit is.

In het beheersysteem is een hectometreringas opgenomen.

### **Beheersysteem**

Alle gegevens uit het DTB worden doorgegeven aan het beheersysteem. In dit systeem worden attribuut gegevens aan de objecten toegekend. Dit kunnen gegevens zijn die het object beschrijven, zoals het type verharding van een rijbaan, maar ook administratieve gegevens zoals de laatste keer dat onderhoud is verricht aan bomen.

De koppeling geschiedt via een unieke id (een guid) dat aan elk object wordt toegekend. Daarmee kunnen attribuutwaardes uit het beheersysteem worden gekoppeld met het DTB.

Het beheersysteem maakt het mogelijk voor beheerders om zelf de specificaties van het object en de status van onderhoud in het systeem aan te geven. Daarnaast kunnen zij objecten muteren (toevoegen / verplaatsen / verwijderen) in het systeem.

Van een weg kunnen beheerders bijvoorbeeld aangeven welk wegtype het betreft(rijksweg/prov weg/enz.), de wegsoort (rijbaan/rijstrook/enz) de verhardingstype en soort. Maar ook wanneer de laatste keer groot onderhoud heeft plaats gevonden.

Omdat de beheerders zelf (en niet de geodeten) de juiste kennis hebben van de objecten, zijn zij zelf verantwoordelijk voor de actualisering van het beheersysteem.

### **Mutaties**

De interactie tussen DTB en beheer volgt uit de mutaties die in beide bestanden kunnen plaatsvinden. Voor het DTB is dat hoofdzakelijk de kartering van nieuwe werken. Voor het wegbeheer is dit naast nieuwe werken tevens verplaatsingen of verwijdering van objecten. Het is de bedoeling dat met een aantal weken via xml en gml bestanden mutaties tussen de systemen automatisch zullen verlopen door vrijgegeven autorisaties. Deze gelden niet voor vlakken.

Voor vlakken blijft voorlopig gelden dat de afdeling geodesie de mutaties hiervan in het dtb door voert. Een mutatie van een vlak heeft immers effect op de aangrenzende vlakken. Bij de wijziging van een vlak in het beheersysteem komt hiervan een melding in het DTB, waarop de beheerder van het DTB de wijziging in het DTB kan verwerken.

### *Verantwoordelijkheid*

De beheerder is dus verantwoordelijk voor de actualiteit van de kaart. Naast de verantwoordelijkheid om zelf mutaties door te voeren hebben zij ook de verantwoordelijkheid om de geoafdeling tijdig op de hoogte te stellen van werkzaamheden die gekarteerd moeten gaan worden.

### **3D Technologie**

De opbouw van de kaart geschied op basis van metingen in het veld en tachymetrie, plus kartering van achter het bureau. De kartering binnen vindt plaats op basis van stereo fotogrammetrie van luchtfoto's, inclusief de z component. Daarmee wordt het DTB in 3d opgebouwd.<sup>68</sup>

Foto's worden vanuit de lucht genomen vanuit een vliegtuig. Deze beelden worden zo genomen dat ze verschuiven ten opzichte van elkaar en tegelijkertijd een overlap hebben. Met behulp van triangulatie worden deze foto's aan elkaar gerekend.



**Figuur 39** Luchtfotogrammetrie; Elk beeldpunt heeft overlap met een andere foto

Door deze beelden apart aan het linker en rechter oog te tonen wordt er een 3d beeld gecreëerd. Dit wordt gedaan met behulp van software, een speciaal filterscherm en een speciale bril.

In dit 3d beeld is het mogelijk om een aanwijzer te verplaatsen in de x, de y en de z richting. Daarmee is het mogelijk om met deze aanwijzer een object in al deze drie de assen aan te wijzen. Vanwege het aan elkaar rekenen van de foto's met behulp van triangulatie kan er vanuit elk beeld worden gemeten en is het niet nodig om vanuit twee verschillende beelden een punt te meten.

Het verschil met cyclorama's is dat dit terrestrische fotobeelden betreffen, gemaakt vanuit een fisheye lens. Een triangulatie van de cyclorama's is complex en niet compleet doorgevoerd. Daardoor moet in globespotter de positie in een cyclorama worden bepaald vanuit twee beelden aan de hand van een richtingsvector. De triangulatie is theoretisch mogelijk, maar erg lastig vanwege de perspectieven van de cycloramafoto's. De luchtbeelden in cyclomedia zijn wel getrianguleerd.

### **Objectinventarisatie met behulp van luchtfoto's**

In principe wordt het areaal in bladloos seizoen ingevlogen. Er zijn echter altijd wel onderdelen die niet gekarteerd zijn. Daarom wordt altijd na de kartering in het veld nagekeken of de kartering klopt. Indien nodig komen er dan nametingen. Dit wordt nu met behulp van tablets gedaan.

Deze naverkenning blijft in de toekomst ook noodzakelijk bij blijvend gebruik van de fotogrammetrie aan de hand van de luchtfoto's. Het blijft belangrijk om een naverkenning te doen om te kijken of de kartering correct is verricht.

In het DTB staat de opname datum. Deze wordt een paar maanden later naverkend. Dan is de kaart weer actueel. In de toekomst zal ook naverkenning plaats blijven vinden.

<sup>68</sup> Omdat objecten wel een hoogte meekrijgen maar geen volume, wordt eigenlijk gesproken van 2,5d.

## Historie

Er wordt enkel aan de dtb kant gearhiveerd. Aan de beheerskant wordt er niet gearhiveerd. Mogelijk is dit nog te achterhalen via het teruglezen van periodieke backups van de beheerdatabase. Dit is mede afhankelijk van hoe lang backups worden bewaard.

De archivering is vanaf 2008. In dat jaar is het archief geleegd. Dit heeft te maken gehad met de overstap van een esri interface naar oracle spatial.

Verschillende stappen zijn geweest:

- File based
- 2006 database – esri sde
- 2008 object database – oracle spatial (oa vlakobjecten).

Voor 2008 werd dus gewerkt met punten en lijnen zonder objectinformatie.

Gearchiveerde data betreft echter andere data.

Vanaf 2008 wordt de historie opgebouwd in het DTB.

## Ontwikkeling van de geodatabase

De ontwikkeling van dit geosysteem is een groeiproces. Dat geldt intern en nog sterker in de interactie tussen verschillende beheerders.

Intern zal nu in de nabije toekomst ook door bijvoorbeeld de verkeersafdeling gebruik worden gemaakt van dit geosysteem. Dit gebruik moet echter nog groeien.

Voor het nemen van verkeersbesluiten is bijvoorbeeld kennis gewenst van aansluitende wegen, die echter in veel gevallen onder een andere beheerder vallen. Daarbij is het ambitieniveau van de verschillende beheerders heel verschillend.

De geoafdeling is momenteel de beheerkant aan het invullen met attributen, omdat er daar behoefte aan is.

Er zal in de toekomst een conversie plaats vinden van het DTB naar een BGT IMGEO. Daarbij zal het DTB worden aangevuld met de benodigde attribuutgegevens uit de beheerdatabase. Daarvoor hebben de beheerders de verantwoordelijkheid om de juiste attribuutwaardes aan de objecten toe te kennen. Deze verantwoording ligt dus expliciet niet bij de geo-afdeling.

## IMGEO

De provincie beheert een eigen objectdatabase, met eigen definities van de objecten. De ontwikkeling van imgeo is op moment van schrijven nog volop in ontwikkeling en IMgeo 2.0 is ook nog niet vastgesteld. Er vinden op dit moment nog te veel veranderingen plaats om hier mee te gaan werken. Wanneer er een stabiele versie is vastgesteld, zal er een vertaling naar het IMGEO worden gemaakt. .

In IMGEO ontbreken vooralsnog veel object identificaties. Zo wordt momenteel nog geen onderscheid gemaakt naar bijvoorbeeld banen/stroken/enz en fietspaden, carpoolplaatsen, middenberm enz.

De eerste versie, IMGeo 1.0 is opgezet door een aantal grote gemeentes waarbij o.a. provincies Prorail en RWS als klankbord hebben gediend. Er zullen hoogst waarschijnlijk nog verschillende zaken in de praktijk (vooral vanuit beheer en gebruikerskant) naar voren komen die ontbreken in IMGEO en beter/handiger kunnen. IMGEO is dus voorlopig nog niet uitontwikkeld. Binnenkort komt 2.0 uit, maar een snelle opvolger, versie 2.1, is niet ondenkbaar.

Hoewel dit voor de provincie te dynamisch is momenteel om bij aan te sluiten, vormt dit voor de BGT (subset van het IMGEO) een minder groot probleem. De objectdatabase van de BGT is immers veel kleiner. Veranderingen in het IMGEO zullen waarschijnlijk weinig tot geen effect hebben op het geaggregeerde niveau van de BGT.

### **BGT**

De BGT heeft een detail eis van 28 cm. De bronhouder zelf is echter verantwoordelijk voor de aangeleverde data. Wanneer hij/zij zelf geïnteresseerd is in een nauwkeuriger data, dan kan hij ervoor kiezen om dit in te winnen en aan te leveren. Het detailniveau hangt dan dus nog altijd af van de interesse van de bronhouder.

Daarnaast is de vulling van objecten die binnen de BGT worden geïnventariseerd gestandaardiseerd. De codering van IMGEO wordt daarbij gevolgd. Echter is het aantal objecten dat in de BGT wordt gekarteerd beperkt. Dit vertaalt zich onder andere in de manier waarop wegen en bermen worden gekarteerd.

Het staat de toeleverende partij echter vrij om zelf voor eigen gebruik op hoger detail niveau en met een uitgebreidere objectdatabase vast te stellen. Dit dient vervolgens wel te worden geaggregeerd naar de BGT standaard bij uitlevering naar BGT.

### **Plustopografie**

Onder Plustopografie kan worden verstaan; alle objecten en informatie aanvullend op de BGT. IMGEO is in ontwikkeling om ook voor plustopografie een nationale standaard te ontwikkelen.

### **Mutatiedetectie**

Voor de analyse van veranderingen van het wegbeeld in de tijd bestaat er een techniek met behulp van luchtfotografie om veranderingen vast te stellen.

Op basis van een overlay met behulp van fotogrammetrie kunnen de pixels van overlappende historische foto's met elkaar worden vergeleken. Er zijn bedrijven die op basis daarvan mutatiedetecties kunnen uitvoeren, met andere woorden een verandering kunnen vaststellen van een object of zijn omgeving. Dit is bijvoorbeeld een bedrijf als Geosensus.

De provincie voert nu zelf handmatig controles uit op mutaties op basis van de luchtbeelden. Elk jaar wordt 300 km wegvak ingevlogen in overleg met de afdeling civiele werken van Terry van Helvert. Die geven van te voren aan waar mutaties hebben plaatsgevonden.

Deze werkwijze gaat steeds efficiënter, maar kost toch nog ongeveer een klein fte op jaarbasis aan manuren om dit te inventariseren en te verwerken. In de toekomst zijn beheerders zelf verantwoordelijk voor het doorgeven/doorvoeren van mutaties in het beheersysteem. Dit geeft een melding van een wijziging van de geometrie van een geografisch object. Alle gemelde geografisch gewijzigde objecten worden daarop opnieuw ingemeten.

## **Gebruik van Geodata**

Uit verschillende richtingen groeit de behoefte om dit soort kaarten met objectinformatie te gaan gebruiken. Dit is ook waar de geowereld op zit te wachten. Door deze groei in behoefte aan kaarten en informatievoorziening groeien ook de mogelijkheden binnen de geowereld om geodatabases door te ontwikkelen. Veel instanties en bedrijven leveren immers op aanvraag. En door de ontstane vraag naar digitaal kaartmateriaal wordt het dus mogelijk om dit soort geosystemen op te zetten.

De geowereld heeft nu nog te maken met een gebrek aan standaardisatie. Veel bedrijven en instanties winnen meerdere keren (min of meer) dezelfde geografische en topografische data in. Wanneer



gestandaardiseerd kan worden bij inwinning en opslag kan veel geld en tijd bespaard worden op inwinnen van gegevens, ook bij wetenschappelijk onderzoek.

Om algemeen gestandaardiseerde geodata te kunnen ontwikkelen moet er dus regelgeving komen om alle ruimtelijke informatie gestandaardiseerd te inventariseren. En daarbij hoort dan ook regelgeving dat partijen (beheers of wie dan ook) die de ruimte aanpassen, verplicht deze aanpassingen dienen door te geven. Een boetesysteem wanneer een partij in gebreke blijft zou daar onderdeel van kunnen uitmaken. Dan wordt het mogelijk voor vele partijen om op basis van de informatie allerlei analyses uit te voeren zonder dat opnieuw veel tijd verloren gaat met het opnieuw inwinnen van dezelfde informatie.

Vertaald naar ongeval-analyses dient er nu zo veel voorwerk gedaan te worden om een goede dataset te verkrijgen, dat er maar weinig tijd en geld over blijft voor de eigenlijke analyse. Deze data zou uit een andere bron moeten komen. Een waarin de ruimtelijke informatie die nodig is reeds is vastgelegd. Dit is mogelijk met bestaande technieken. Er zijn dus enkel wil en initiatieven nodig die er voor zorgen dat deze informatie gestandaardiseerd wordt vastgelegd.

Dit soort ontwikkelingen zijn nu heel actueel. Bij de provincie NB (en ook andere partijen) is dit een ontwikkeling van de laatste jaren.

### Conclusie

De provincie Noord-Brabant biedt toegang tot zowel verkeersgegevens als het DTB. Daarnaast beschikt de provincie tevens over wegbeelden van Ramboll. Deze kunnen mogelijk ook ter beschikking worden gesteld. Wat duidelijk nog ontbreekt is de inventarisatie van wegkenmerken voor ongevalanalyses. Ondanks de ondertekening van een intentieverklaring is nooit begonnen met de inventarisatie van wegkenmerken+. Dit maakt een mogelijke toepassing van het DTB op dit gebied enkel interessanter.

De provincie Noord-Brabant maakt als enige provincie gebruik van 3d luchtfotogrammetrie voor de kartering van zijn areaal. Dit heeft er toe geleid dat de provincie een hoge kwaliteit kan behalen in de kartering, kan karteren met x, y en z coördinaten. Andere provincies voeren metingen nog veelal conventioneel uit, waarvan de kwaliteit lager is dan die van de provincie Noord-Brabant. Tevens loopt de provincie Noord-Brabant voor op andere provincies in de ontwikkeling van object georiënteerd karteren in een GIS omgeving. Dat de provincie hiermee voorloopt op de kwaliteit en fase van de ruimtelijke database komt door verschillen tussen provincies in beleidsvoering en keuzes die in het verleden zijn gemaakt.

In de huidige staat lijkt het DTB reeds een waardevolle bron voor de inventarisatie van wegkenmerken. Hiervoor zal het bestand echter wel dienen te worden geanalyseerd en gecontroleerd. Ook is er nog geen standaard format voor de verschillende provincies, wat kan betekenen dat de data in het DTB van de provincie Noord-Brabant niet direct compatible is met data van andere provincies. Dit dient te worden onderzocht.

## D.4 Zuid-Holland

### Inleiding

Gesprek met: Mirza Milosevic

Datum: 1 december 2011

De provincie Zuid-Holland beheert ongeveer 535 km aan provinciale wegen (RtR). Veel van deze wegen betreffen bubeko 80 wegen. De provincie is benaderd met het oog op het ontsluiten data aangaande verkeersgegevens en weggegevens. Bij de provincie Noord-Holland is daarbij specifiek gericht op bestanden van de methode Ranking the Roads. Hiertoe is één bezoek afgelegd. In deze paragraaf wordt hiervan een samenvatting gegeven.

### Samenvatting

#### Fysieke rijrichtingsscheiding

De provincie gaat bij dubbel baans wegen uit van een fysieke rijrichtingsscheiding en bij enkelbaanswegen van een rijrichtingsscheiding door belijning.

Semi overrijdbare rijrichtingsscheidingen komen maar weinig voor. Hulpdiensten zouden hier nadelen van ondervinden bij het keren en inhalen van auto's. In het geval van een fysieke rijrichtingsscheiding is vaak te weinig ruimte aanwezig om in te halen. Tenzij een vluchtstrook wordt aangelegd, wat resulteert in de noodzaak tot een ruime verbreding van de weg.

#### Ranking the Roads

Ranking the roads is een project waarbij een wegtraject wordt beoordeeld op de veiligheid van de infrastructuur. De methodiek heeft als doel (mogelijk) onveilige situaties in het provinciale wegennetwerk systematisch en preventief weg te werken. Daarvoor wordt getoetst in welke mate een traject voldoet uit het profiel van het handboek wegontwerp.

- Het wegbestand van de provincie is opgedeeld in 120 trajecten. Per traject wordt een rtr beoordeling uitgevoerd.
- Nog niet op alle trajecten heeft een studie plaatsgevonden. Op ongeveer  $\frac{3}{4}$  heeft een studie plaatsgevonden.
- In deze trajectstudies zijn 20 kenmerken opgenomen. Daarin is aangegeven of een wegvak afwijkt van een kenmerk.
- De gegevens zijn gekoppeld aan hectometrerings → per honderd meter worden de afwijking aangegeven
- Er wordt enkel gekeken naar de actuele situatie. Niet naar de historie. Deze is onbekend.
- De RtR evaluaties van wegtrajecten zijn onderdeel van integrale trajectstudies voor groot onderhoud en beoordeling van mobiliteitsprestaties.

#### Trajectstudies

Sinds 2005 geschiedt het beheer en onderhoud planmatig, integraal en trajectmatig. Ten behoeve van het grootschalig onderhoud wordt een wegtraject integraal, binnen de beheergrenzen (dus inclusief fietspaden, vluchtstroken en bushaltes), in een zogenaamde trajectstudie bestudeerd wat betreft het huidige kwaliteitsniveau van de aspecten doorstroming, verkeersveiligheid en omgevingskwaliteit.

Het wegbestand van de provincie is opgedeeld in 120 trajecten. Per jaar vinden er 20 trajectstudies plaats. Binnen de trajectstudies worden maatregelen voorgesteld. Realisatie van de maatregelen worden binnen drie jaar gerealiseerd. Sommigen realisaties van de maatregelen lopen een jaar voor of achter. De eerste maatregelenpakketen vanuit de trajectstudies zijn uitgevoerd in 2007 en 2008.

Na zes jaar, als alle trajectstudies zijn gedaan komen de eerste evaluaties op gang. Daarin wordt gecontroleerd of de maatregelen ook daadwerkelijk zijn uitgevoerd. De eerste fase is echter nog niet doorlopen. Dus deze evaluatie is ook nog niet gestart (waarschijnlijk vindt de eerste over een jaar of twee plaats). Dit betekent dat niet is gedocumenteerd welke maatregelen daadwerkelijk zijn uitgevoerd.

### **Inventarisatie**

Inventarisatie van de status van een traject vindt voornamelijk plaats door buiten te kijken in combinatie met bestekstekeningen. Daarnaast worden dwarsprofielmetingen gedaan, welke worden vastgelegd in tekeningen van het dwarsprofiel in een pdf met de maten, die door een extern bureau worden aangeleverd. Ten slotte wordt ook in mindere mate gebruik gemaakt van streetview en cyclomedia-beelden.

Het dwarsprofiel van de verharding wordt gecontroleerd aan de hand van bestekstekeningen. Op basis daarvan wordt vastgesteld of deze voldoet aan de handboekprofielen. Daarnaast wordt dan gekeken naar de inrichting van de berm.

Lantaarn palen en verkeersborden worden niet in RTR mee genomen. Alleen vaste objecten. Bebording en dergelijke worden niet gezien als vaste objecten.

Wanneer er één object in de obstakelvrije ruimte aanwezig is (over een afstand van 100 meter), wordt deze aangevinkt als afwijkend.

### **Status van de weg**

In de afgelopen 10 jaar is de minimale obstakelvrije ruimte in de provincie aangebracht op de meeste locaties. Op locaties waar dit niet mogelijk was is in veel gevallen geleiderail aangebracht. Op enkele stukken waar bomen een natuurhistorische waarde hebben, zijn deze blijven staan. (het gaat hier dus om een obstakelvrije ruimte van 4,5 meter)

Veel wegen zijn zo goed als mogelijk reeds vormgegeven naar duurzaam veilig. [dan wel naar eigen handboek wegontwerp van de provincie]

Dat dit in veel gevallen al is gerealiseerd heeft ermee te maken dat de provincie relatief weinig natuur heeft en relatief veel stedelijk gebied. Dit zorgt voor een ruimtelijk verschil met andere provincies.

De eerste trajectstudies zijn verricht in 2005, met groot onderhoud van 2008 op het oog. Eerdere projectplanningen voor maatregelen in de tussenliggende periode zijn echter ook doorgevoerd. Dit maakt het totaalplaatje van de tussenliggende periode onzeker en in mindere mate ook de uiteindelijk gerealiseerde situatie.

### **Eurorap**

Er is een Eurorap studie door een extern bureau uitgevoerd ergens tussen 2000 - 2005. Hierbij is gebruik gemaakt van Eurorap 1.0. Deze was meer toegespitst op snelwegen. Daarnaast hebben veel verbeteringen in het licht van DV plaatsgevonden na deze periode. Daardoor zijn gegevens uit dit project niet representatief voor de huidige situatie.

### **Digitale ruimtelijke database**

Ook bij de provincie Zuid-Holland is een digitale database in ontwikkeling. Deze is echter op een aantal trajecten nog niet actueel. Daarbij weet de heer Milosevic niet aan te geven of bekend is van welke trajecten er een actuele situatie bestaat en welke niet.

Actualiteit van het bestand hangt af van de overdracht van projecten. Dit loopt nog niet allemaal even gestroomlijnd. Sommige trajecten die in 2008 zijn aangelegd, zijn nog niet verwerkt in het systeem. Dit hangt samen met interne overdrachtmomenten en de vorm waarin de informatie is aangeleverd.

De afdeling geoadvies beheert de database en is verantwoordelijk voor het actualiseren en het doorvoeren van mutaties in het GIS bestand. Hiervoor krijgen zij per project tekeningen en input aangeleverd. De aanlevering is daarbij niet altijd even goed verlopen. Daarvoor vinden nu inhaalslagen plaats.

Er zit tevens nog een beperkt aantal objecten in de database. Wel bevinden zich bijvoorbeeld de bebording, vaste objecten en taluds in de database. Maar niet alle objecten zijn hierin terug te vinden. Bermverharding is er bijvoorbeeld niet in aangegeven.

Het is daarnaast ook nog niet mogelijk om een dwarsprofiel uit te lezen op basis van een wegvak.

## Conclusie

De provincie Zuid-Holland stelt verkeergegevens en gegevens uit RtR ter beschikking voor dit onderzoek. Naar zeggen van de heer Milosevic bevindt de ontwikkeling van de digitale ruimtelijke database zich nog in een dermate vroeg stadium dat deze geen toevoeging biedt op dit onderzoek. Een afspraak met de afdeling geoadvies zou een beter beeld kunnen geven van de huidige situatie van de GIS database. Daarnaast beschikt de provincie over wegbeelden van cyclomedia. Over andere wegbeelden zou de provincie geen beschikking hebben.

Het project RtR als onderdeel van trajectstudies biedt een beperkte analyse van de weg van een deel van het wegbestand van de provincie. Een nadere analyse van de bestanden zal dienen uit te wijzen of dit bruikbare data voor het onderzoek oplevert. Het is daarbij wellicht interessant dat bekend is welke maatregelen worden voorgesteld. Een aantal van deze maatregelen zijn reeds uitgevoerd. Daarmee is van een beperkt deel van het wegbestand van de provincie een voor en na situatie te achterhalen. Het is echter de vraag in hoeverre dit waardevol is, aangezien vanaf 2008 a 2009 de registratie van ongevallen is verslechterd.

Het onderzoek wat is uitgevoerd voor het project Eurorap blijkt niet geschikt te zijn voor dit onderzoek. Dit komt doordat bij deze studie Eurorap 1.0 is gebruikt die vooral was toegespitst op snelwegen.

Een nadere analyse van de gegevens van RtR zal dus moeten nagaan of deze een waardevolle toevoeging te bieden hebben voor de te ontwikkelen onderzoeksdatabase.

## D.5 Noord-Holland

### Inleiding

De provincie Noord-Holland beheert ongeveer 600 km aan provinciale wegen (Wegenwiki). Veel van deze wegen betreffen bebouwd 80 wegen. De provincie is benaderd met het oog op het vergaren van data aangaande verkeersgegevens en weggegevens. Bij de provincie Noord-Holland is daarbij specifiek gekeken naar het ruimtelijk (geografisch) bestand. Hiertoe is één bezoek afgelegd. In deze paragraaf wordt hiervan een samenvatting gegeven.

### Samenvatting

Aanwezig:

Remko Jansen (Coördinerend adviseur geodesie)

Ruud van Koten (adviseur ongevallenanalyse & verkeersmonitoring)

Niels Hoffmann (ontwikkelaar GIS)

Datum: 12 december 2011

## **Gegevens**

### ***Viastat***

RK De provincie NH beschikt over het systeem van VIAstat dat voortborduurde op wegkenmerken+. Een initiatief van Rijkswaterstaat om wegkenmerken vast te leggen. Per wegvak kunnen daarbij kenmerken worden vastgelegd die een DV score bepalen. Dit bestand is echter niet goed bijgehouden. Ook lijken er verschillende fouten in te zitten. Zo bleek bij het eerste voorbeeld al de weg als bibeko te worden aangegeven terwijl die bubeko is.

Een bijkomend probleem is dat bij een verandering van het netwerk de data soms verdwijnt. Wanneer een correctie op de ligging van de weg plaatsvindt zou wellicht de attribuutdata ook kunnen verdwijnen.

Verder is bij de provincie niet bekend van welke wegen in het systeem welke kenmerken zijn vastgelegd. Per weg is niet bekend welke kenmerken zijn beschouwd. Dat wil zeggen dat wanneer kenmerk y is gescoord, dat niet bekend is van kenmerk x of deze niet van toepassing is (of afwezig is) of dat de weg nog niet is geëvalueerd op kenmerk x. Voorbeeld is een weg waarvan is aangegeven of deze zich binnen of buiten de bebouwde kom bevindt waarbij niet is aangegeven of er sprake is van een verharde berm. Dit kan betekenen dat er geen verharde berm is, maar ook dat de weg nog niet is gecontroleerd op bermverharding.

Wel geeft de heer van Koten aan dat anderhalf jaar terug het wegennet in dit systeem is bijgewerkt ten aanzien van de EHK (Essentiele herkenbaarheidskenmerken). In hoeverre dit compleet is, is onbekend. Daarbij komt dat daarna al weer aanpassingen hebben plaatsgevonden, die echter niet in het systeem zijn bijgewerkt.

De persoon die hieraan heeft gewerkt is niet meer werkzaam bij de provincie. Deze persoon heeft daarbij ook geen rapportage achter gelaten in welke mate zijn inventarisatie compleet is geweest. Van dit bestand zouden dus de wegen moeten worden gecontroleerd op vulling met de gewenste informatie. Daarnaast moet de kwaliteit worden gecontroleerd. Ten slotte dient nog te worden bekeken wanneer de actualisatie heeft plaats gevonden. Inmiddels is het bestand in april 2012 bijgewerkt met de gegevens die de DV-score bepalen. Dit wordt jaarlijks in april gedaan. Het betreft de gegevens van: huidige verkeersfunctie, rijrichtingscheiding, parallelvoorzieningen, parkeren, verharding, aantal drempels, gesloten verklaring, huidige snelheidslimiet.

De gegevens uit VIAstat zijn wel in een shapefile uit te leveren.

### ***Risicocijfers***

De heer van Koten bereken zelf risicocijfers op basis van voertuigkilometers en ongevallencijfers voor langere trajecten. Deze berekeningen voert hij doorgaans uit op basis van gemiddelden van 3 jaar. De AVO criteria voor ongevalanalyses is 3 tot 5 jaar.

### ***Ongevalregistratie***

Tot 2004 is de registratie op orde. Tot 2009 neemt die af. Daarna is de registratie volgens de heer van Koten ronduit slecht.

*Advies: Werk met cijfers voor 2009. Wanneer ongevalcijfers worden geplot dan is namelijk in 2009 een onverklaarbare sprong in de ongevallenaantallen waar te nemen.*

In het kader van de Investeringsstrategie wordt momenteel een afwegingsmodel ontwikkeld voor de prioritering van verkeersveiligheidsprojecten. In dit afwegingsmodel, VOT (Verkeersveiligheid op

Trajectniveau), zal gebruik gemaakt gaan worden van een combinatie van indicatoren die het verkeersveiligheidsniveau van een traject bepaalt.

### **Verkeergegevens**

De inventarisatie van verkeersgegevens is opgedeeld in twee delen. Het Zuidelijk deel is ondergebracht bij het NDW en het Noordelijk deel is bij de provincie zelf in beheer. Hiervoor is gekozen in verband met de kosten voor NDW deelname. In het noorden zijn met het oog op de kosten ook meer periodieke telpunten te vinden en trajecten zonder telpunt.

### **Snelheden**

Snelheden in het Zuidelijke deel worden gemeten op basis van trajectmetingen met camera's. Dit zijn dus gemiddelde trajectnelheden. Deze wegvakken zijn niet gesloten, maar kunnen aansluitingen bevatten op bijvoorbeeld op en afritten. Hierdoor kunnen er grote lokale snelheidsverschillen optreden, wanneer bijvoorbeeld een stremming op een deel van het traject optreed bij een op of afrit.

De snelheidslimieten zijn per wegvak per hectometerpaal in een excel bestand aangegeven. Dit is een actueel bestand zonder historie.

Er is geen historie van verkeergegevens direct beschikbaar buiten de jaren die in dit bestand zijn aangegeven.

### **Intensiteiten**

Tellingen worden met lussen gemeten.

Er wordt op basis van uurintensiteiten gemeten op de permanente telpunten.

Uiteindelijk worden voor alle wegvakken gemiddelde jaarintensiteiten bepaald voor werkdagen. Daarvoor worden feestdagen en dergelijke uit gefilterd.

Er zijn excelbestanden beschikbaar waarin de verkeersintensiteiten per hectometerpaal zijn aangegeven.

Er is ook een shape-file beschikbaar van intensiteiten van 2009.

In het bestand wordt aangegeven op basis van welk telpunt de verkeersintensiteiten zijn bepaald. Daarbij ontbreekt echter wat voor type telpunt het betreft.

### **Ramboll**

Elk jaar worden foto's gemaakt van de weg in 1 richting van het hele provinciale wegennet. In de bestandsnaam staat het wegnummer en de hectometerpaal. Daarnaast staat ook de datum aangegeven.

Een jaar aan foto's bedraagt ongeveer 60.000 foto's. Het volume is ongeveer 8-10 gb. Tot 2006 is gemakkelijk te verkrijgen. Oudere foto's bevinden zich waarschijnlijk in digitale archieven of op dvd.

Later zijn ook foto's gemaakt van busbanen en fietspaden.

De provincie maakt gebruik van Ramboll vanaf 2006. Daarvoor zijn er foto's gemaakt door KOAC(-NPC).

In deze foto's is niet te meten. De foto's worden vooral gebruikt voor het bekijken van de staat van het wegdek.

Indien gewenst kan er gevraagd worden of het beeldmateriaal ter beschikking mag worden gesteld.

## **Grootschalige Topografie**

### ***Ontwikkelingen***

Het op structurele wijze inwinnen en verwerken van georelateerde data in een GIS brengt meer mogelijkheden voort in gebruik van deze data. De provincie is daarom bezig om deze processen te structureren en daarmee de kwaliteit van de data te verhogen. De toepassingsmogelijkheden die een GIS biedt groeit daarbij uit de praktijk. Het is daarom goed wanneer er vanuit de kennisinstututen mogelijkheden worden gevonden om aansluiting te vinden bij de ontwikkelingen die nu bij de provincie gaande zijn. Onderzoek naar de mogelijkheden van GIS systemen voor verkeersveiligheidsanalyses kan nuttige aanbevelingen opleveren voor de verdere doorontwikkeling van de Geodesie en GIS-systemen voor de toekomst.

### ***Systemen***

Voor de opbouw van de GIS worden twee systemen gebruikt:

- DG-Dialog: Een applicatie waarin het grootschalig topografisch basisbestand (GTPNH) wordt opgebouwd, beheerd en gestructureerd (intern: BU-topo)  
<https://software.grontmij.nl/producten/Pages/Info-Topografie.aspx>
- GIS-Datamodel in ArcGIS: Een objectenmodel waarin gegevens aan objecten worden toegekend

In het grootschalig topografisch basisbestand worden objecten gekarteerd met een aantal basis gegevens. Bijvoorbeeld de geometrie, datum van inwinning en verhardingscategorie.

In het datamodel (intern: BU-data) worden daarbij allerlei attribuutwaarden aan de objecten toegekend, zoals bijvoorbeeld de weg categorie en het type verharding. Het datamodel bevat dus allerlei data dat belangrijk is voor beheer. Daarbij loopt er een project om alle wegvakonderdelen uit de grootschalige topografie (GTPNH) te koppelen aan de administratieve gegevens die in ViaView (beheerpakket van KOAC-NPC) staan.

Er wordt nog gekeken naar een beheerpakket. Maar de laatste aanbesteding is niet doorgegaan. Daarom is nu in eerste instantie het datamodel ontwikkeld dat via arcgis is ontsloten.

Het is de bedoeling een integraal beheer systeem op te zetten en het wegennet in trajecten op te delen. Daarmee wordt overzicht gecreëerd in het beheer en de planning wat het mogelijk maakt om grootschalig onderhoud uit te voeren waarbij trajecten eens in de 12 jaar bij wijze geheel worden aangepakt. (ook beheersfacetten met een kortere onderhoudscyclus kunnen worden samengevoegd). Daarmee wordt versnippering van het onderhoud van de verschillende facetten van beheer in de toekomst voorkomen.

- Er wordt gewerkt aan één beheerderssysteem waarin alle informatie voor de verschillende facetten van het areaal beschikbaar zijn
- Er wordt gewerkt aan integraal trajectonderhoud
- Processen worden ingericht om de kwaliteit en de actualiteit van de bestanden te waarborgen.

### ***Areaal***

Het areaal van de provincie is opgedeeld in zowel vaarwegtrajecten als wegtrajecten.

### ***Database***

Wegvakonderdelen zijn in de database ingedeeld naar honderd meter wegvakken per rijstrook. In de huidige database van de grootschalige topografie zijn wegtypekenmerken nog niet opgenomen, hier

wordt wel aan gewerkt. Belijning is niet in de GTPHN aanwezig. Op cad tekeningen van de wegen staat deze wel.

Verder worden busbanen en fietspaden vaak als apart wegvakonderdeel aangegeven wanneer die binnen de beheergrenzen van de provincie vallen.

Het areaal wordt daarbij tot 10 meter buiten de beheergrenzen ingemeten. (vooralsnog tenminste, e.e.a. is afhankelijk van toekomstige BGT-richtlijnen m.b.t. afspraken tussen aanliggende gebiedsbeheerders)

### **Hoogte**

In het bestand wordt gewerkt met relatieve hoogte niveaus. Er zijn 5 hoogteniveaus conform de BGT. Het maaiveld wordt met niveau 0 aangegeven. Onder en boven maaiveldniveau wordt met -1, -2, 1 en 2 aangegeven.

### **Attributentabel**

Een aantal objecten hebben verschillende geometrische vormen. Een heg is bijvoorbeeld soms een lijn en soms een vlak. In deze gevallen is er een aparte attributen tabel waar de objecten naar verwijzen.

### **Belijning**

Belijning is niet in het bestand aanwezig.

### **Inwinning**

Inwinning van de topografie vindt grotendeels nog conventioneel plaats. Dat wil zeggen met gps en total stations in het veld.

De nauwkeurigheid van de BGT is 28 centimeter voor stedelijk gebied. Voor landelijk is dat al het dubbele. De basis bestanden hiervoor zijn beelden uit ingevlogen luchtfotografie.

De provincie handhaaft echter nauwkeuriger specificaties dan de voor de BGT gestelde minimale vereisten. Deze staat beschreven in het specificatierapport; productspecificatie GTPNH.

De conversie van het tot 2009 gehandhaafde lijnenbestand (bestand in een CAD-omgeving) naar een objectgeoriënteerd bestand (in een GIS-omgeving) van het complete provinciale areaal heeft ongeveer een jaar geduurd. Hiervoor zijn een aantal extra fte ingezet, waaronder ondersteuning vanuit de Grontmij.

Het bestand was nog niet geoptimaliseerd. Dit heeft te maken met achter blijven van de BGT standaard, die eveneens nog niet definitief was vastgesteld.

Als nadeel van het werken met een Gis programma wordt aangegeven, de tijd die het kost om te converteren vanuit CAD naar GIS.

### **Actualiteit**

Het bestand is ongeveer voor 75% actueel. Dit is een schatting. Sommige wegen, vooral in het noorden, zijn al te lang niet nagelopen. Binnenkort komt er een uitvraag om een controle uit te voeren op de actualiteit van het gehele bestand. Daarbij gaat het voornamelijk om puntobjecten. Kant wegverharding zal daarbij bijvoorbeeld niet worden meegenomen.

De actualiteit is na te lezen vanuit de object begin tijd. Dit is niet de datum waarop het object is gewijzigd, maar de datum waarop het object in het bestand is opgenomen. Daarbij wordt ook geen laatste controledatum toegevoegd.



### **Mutaties**

Voor het bijhouden van mutaties worden processen ontwikkeld waarbij projectleiders en objectbeheerders verplicht worden bij de afdeling geodesie langs te gaan om mutaties door te geven. Dit gebeurde voorheen te weinig maar hierin zijn nu verbeteringen zichtbaar. Dit gaat meer gestuurd worden, onder andere door middel van verplichtingen.

Ook met het onderhoud lopen de processen van melding en mutatie nog niet goed. Dit heeft tot gevolg dat deze mutaties niet worden verwerkt zo lang wegen niet in het veld worden nagelopen op mutaties. Ook dat moet in de toekomst met vernieuwingen van interne processen gaan verbeteren.

### **Beheer**

Beheer vindt plaats in VIAView. Er wordt momenteel gewerkt om een koppeling aan te brengen tussen VIAView en de objectdatabase van het GIS-Datamodel. In de VIAView database van de beheerders staan nog weer meer gegevens van de weg aangegeven.

Er zijn echter momenteel nog een aantal moeilijkheden om een eenduidige koppeling aan te brengen tussen deze systemen.

### **Stand van zaken bij overheden**

Tussen verschillende instanties zijn grote verschillen in de mate waarin zij bezig zijn met object georiënteerd karteren en in welk stadium van deze ontwikkeling zij zich bevinden. Provincies zoals NB, NH, ZH en ook Friesland zijn daar al wat verder in gevorderd. Een provincie als Groningen echter staat nog aan het begin met het keuzeproces voor een geschikt softwarepakket.

Bij gemeenten zijn de verschillen nog groter. De gemeente Amsterdam is daarbij voorloper en voorbeeld. Zij waren de eerste in Nederland die met DG-Dialog aan de slag zijn gegaan. Vooral kleinere gemeenten hebben hier moeite mee of zien niet het nut om hiermee aan de slag te gaan. Dit hangt samen met het aantal mensen dat daar met dergelijke systemen werkt en het ontbreken van budgetten om een GIS op te zetten.

### **Conclusie**

De provincie stelt verkeergegevens, een ruimtelijk bestand en de gegevens vanuit viastat beschikbaar. Hoewel de provincie dus beschikt over een inventarisatie van wegkenmerken, die lijkt op de wegkenmerken+ inventarisiestandaard, is het bestand onbruikbaar vanwege de onzekerheden die over het bestand bestaan, tenzij het hele bestand wordt gecontroleerd. De grootschalige topografie, zoals de provincie deze noemt, is veelbelovend en lijkt de meest bruikbare bron voor de ontwikkeling van een database van wegkenmerken.

## **D.6 Ruimtelijke bestanden**

Vanuit de afgelegde bezoeken lijken ruimtelijke bestanden de meest waardevolle bron te kunnen vormen voor de inventarisatie van wegkenmerken. Door de manier waarop objecten in een GIS worden opgeslagen zijn deze met behulp van de juiste commando's op te vragen. Daarmee is het mogelijk om in een relatief kort tijdsbestek de karakteristieke wegkenmerken van een wegstuk op te vragen vanuit een GIS. De randvoorwaarde is echter wel dat de GIS de juiste gegevens bevat om een onderzoeksdatabase mee op te bouwen. Wanneer dit het geval is bieden deze echter veel voordelen boven het handmatig inventariseren en vaststellen van de karakteristieken.

De toepassingsmogelijkheden voor verkeersveiligheidsonderzoek worden dus bepaald door de gegevens die in de GIS worden vastgelegd. Het is daarbij belangrijk te beseffen dat deze ruimtelijke bestanden hier niet in eerste instantie voor worden ontwikkeld. Dat kan dus betekenen dat bepaalde informatie die gewenst is niet wordt opgeslagen of verwerkt. De ontwikkelingen van deze ruimtelijke

bestanden en de beheersystemen en werkprocessen zijn hiervoor echter volop gaande. Het gaat daarbij zowel om het vaststellen van de te inventariseren ruimtelijke objecten als om de processen en de formats voor het inwinnen en vastleggen van ruimtelijke gegevens. De formats daarvoor worden nu ontwikkeld. Dit vindt centraal plaats met de ontwikkeling van IMGeo en de BGT en meer decentraal bij de verschillende provincies en lagere overheden. Daar de ontwikkeling nu gaande is, is nu het moment om in gesprek te gaan over wat en hoe gegevens als historie en wegkenmerken worden vastgelegd. Dit kan waardevolle resultaten opleveren voor toekomstige mogelijkheden wat betreft ongeval analyses.

## Bijlage E. SODBW database kenmerken

### E.1 Totaal overzicht van de SODBW attributen

Administratieve gegevens
wegpaal
Team
Provincie
Wegvaknummer
WegvakNr_tussen2kruispunten
Datum
Uur
Nummer
Afstand
Straatnaam
Zijweg_begin
Zijweg_eind
alternatieve_hecto_begin
Wegtype
Reflectorpalen
Geslotenverklaring
Verharding
Kleur
Verticale_alignement
Horizontale_alignement
Rijafstand
RijafstandNieuw
Hectometer_begin
Hectometer_eind

Dimensionering gegevens: Ongeldig
Links
Fietspad_links
Provinciaalse_weg_links
Berm_links
Rijstrook_links_2
Rijstrook_links_1
Midden
Rijstrook_rechts_1
Rijstrook_rechts_2
Berm_Rechts
Provinciaalse_weg_rechts
Fietspad_rechts
Rechts
Totaal
Extra_notities_Marieke
dimensionering_nr1
Registratiepun1
Breedte_links
Breedte_Midden
Breedte_rechts
Breedte_totaal
_K_HP_ligt_bij_kruispunt
dimensionering_nr2
registratiepunt2

Wegkenmerken origineel
GrasL
GrastegelsL
SlootL
WalOmhoogL
TaludNaarBenedenL
BomenL
LantaarnpaalL
BordenL
OverigL
VangrailL
BarrierL
ZijwegL
ToegangParallelL
ErfaansluitingL
ZandGrindwegL
ToegangWeidelL
InUitritL
ParkeerL
FietspadL
VoetgangersL
ParallelwegL
KruispuntM
SlechtwegdekM
VerlichtingL
VerlichtingM
VerlichtingR
MiddenbermbeveiligingM
BelijningM
SnelheidsremmersM
GrasR
GrastegelsR
SlootR
WalOmhoogR
TaludNaarBenedenR
BomenR
LantaarnpaalR
BordenR
OverigR
VangrailR
BarrierR
ZijwegR
ToegangParallelR
ErfaansluitingR
ZandGrindwegR
ToegangWeideR
InUitritR
ParkeerR
FietspadR
VoetgangersR
ParallelwegR

Wegkenmerken aggregaties: Ongeldig verklaard
asmarkering
kantmarkering
TypeBermL
TypeBermR
SemiverhardeBermL
SemiverhardeBermR
GeleiderailL
GeleiderailR
ObstakelvrijeAfstandL
ObstakelvrijeAfstandR
BegrenzerL
BegrenzerR
Rijrichtingscheiding
FietsOpWeg
Geslotenverklaring2
AantalAansluitingen
InUitL
InUitR
Verlichting

Verkeersgegevens
gem_intensiteit_20042008
gem_int_LN
gem_int_factor
gem_intensiteit_20042008_groep
gem_int_LN_groep
gem_int_factor_groep
Telpunt
Intensiteit1999
Intensiteit2000
Intensiteit2001
Intensiteit2002
Intensiteit2003
Intensiteit2004
Intensiteit2005
Intensiteit2006
Intensiteit2007
Intensiteit2008

Aggregatie wegkenmerken: modelvariabelen
ObjectL
ObjectR
Object
ObstakelL
ObstakelR
OverigObjL
OverigObjR
ObstakelL1
ObstakelL2
ObstakelL3
ObstakelR1
ObstakelR2
ObstakelR3
Obstakel
Obstakel1
Obstakel2
Obstakel3
Obstakel5m
ObstakelL_inc999
ObstakelR_inc999
BermbeveiligingL
BermbeveiligingR
Bermbeveiliging
Verlichting_Aggr
Lpaal_L
Lpaal_R
VerlichtingM2
vert_al
hor_al
Wegtype2
Vmax2
Vmax2010

Ongevalgegevens
Ong1999_Sum
Ong2000_Sum
Ong2001_Sum
Ong2002_Sum
Ong2003_Sum
Ong2004_Sum
Ong2005_Sum
Ong2006_Sum
Ong2007_Sum
Ong2008_Sum
OngDood1999_Sum
OngDood2000_Sum
OngDood2001_Sum
OngDood2002_Sum
OngDood2003_Sum
OngDood2004_Sum
OngDood2005_Sum
OngDood2006_Sum
OngDood2007_Sum
OngDood2008_Sum
OngZHS1999_Sum
OngZHS2000_Sum
OngZHS2001_Sum
OngZHS2002_Sum
OngZHS2003_Sum
OngZHS2004_Sum
OngZHS2005_Sum
OngZHS2006_Sum
OngZHS2007_Sum
OngZHS2008_Sum
LichtOng1999_Sum
LichtOng2000_Sum
LichtOng2001_Sum
LichtOng2002_Sum
LichtOng2003_Sum
LichtOng2004_Sum
LichtOng2005_Sum
LichtOng2006_Sum
LichtOng2007_Sum
LichtOng2008_Sum
E Ong1999_Sum
E Ong2000_Sum
E Ong2001_Sum
E Ong2002_Sum
E Ong2003_Sum
E Ong2004_Sum
E Ong2005_Sum
E Ong2006_Sum
E Ong2007_Sum
E Ong2008_Sum

E OngDood1999_Sum
E OngDood2000_Sum
E OngDood2001_Sum
E OngDood2002_Sum
E OngDood2003_Sum
E OngDood2004_Sum
E OngDood2005_Sum
E OngDood2006_Sum
E OngDood2007_Sum
E OngDood2008_Sum
E OngZHS1999_Sum
E OngZHS2000_Sum
E OngZHS2001_Sum
E OngZHS2002_Sum
E OngZHS2003_Sum
E OngZHS2004_Sum
E OngZHS2005_Sum
E OngZHS2006_Sum
E OngZHS2007_Sum
E OngZHS2008_Sum
E LichtOng1999_Sum
E LichtOng2000_Sum
E LichtOng2001_Sum
E LichtOng2002_Sum
E LichtOng2003_Sum
E LichtOng2004_Sum
E LichtOng2005_Sum
E LichtOng2006_Sum
E LichtOng2007_Sum
E LichtOng2008_Sum

Aggregatie ongevalgegevens
som_Eong_20042008
som_Eongdood_20042008
som_Eongzhs_20042008
som_Eonglicht_20042008
som_Eongletsel_20042008
som_Eernstig_20042009

Dit betreffen alle attributen uit de SODBW database. De attributen die zijn gebruikt in de modelontwikkeling in hoofdstuk 6 staan daar gedefinieerd. Een totaaloverzicht van alle attribuutdefinities plus opmerkingen bij toetsing van de attributen is niet opgenomen in dit rapport. Dit is wel een onderdeel van de SODBW database. Bijlage E.2 is een uitsnede van de SODBW ter illustratie van de databaseopzet.

## E.2 Een uitsnede van de SODBW als voorbeeld

wegpaal	Team	Provincie	Wegvaknummer	WegvakNr_tussen2kruispunten	Datum	Uur	Nummer	Afstand	Straatnaam	Zijweg_begin	Zijweg_eind	alternatieve_hecto_begin	Wegtype	Reflectorpalen	Geslotenverklaring
N224_0382	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.3	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0383	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.4	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0380	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.1	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0381	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.2	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0384	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.5	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0385	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.6	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0386	Team.B	Gelderland	580	1	21-dec-07	12	N224	1.7	.	999	N304 Apeldoornseweg		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0388	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0	.		Op/afrit A12 Noord	38.4	D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0389	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.1	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0390	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.2	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0391	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.3	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0392	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.4	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0393	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.5	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0394	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.6	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0395	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.7	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0396	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.8	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0397	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	0.9	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden
N224_0398	Team.B	Gelderland	582	1	21-dec-07	13	N224	1	.		Op/afrit A12 Noord		D	Beide zijden	Geen borden met verboden

Verharding		Kleur	Verticale_alignement	Horizontale_alignement	Rijafstand	RijafstandNieuw	Hectometer_begin	Hectometer_eind	Links	Fietspad_links	Provinciaalse_weg_links	Berm_links	Rijstrook_links_2	Rijstrook_links_1	Midden	Rijstrook_rechts_1	Rijstrook_rechts_2	Berm_Rechts	Provinciaalse_weg_rechts	Fietspad_rechts	Rechts	Totaal	Extra_notities_Marieke	dimensionering_nr1	Registratiepun1	Breedte_links
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.3 - 1.4	38.2 - 38.3	38.2	38.3	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.4 - 1.5	38.3 - 38.4	38.3	38.4	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.1 - 1.2	38 - 38.1	38	38.1	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.2 - 1.3	38.1 - 38.2	38.1	38.2	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.5 - 1.6	38.4 - 38.5	38.4	38.5	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.6 - 1.7	38.5 - 38.6	38.5	38.6	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Vlak	1.7 - 1.8	38.6 - 38.7	38.6	38.7	2.3	2.8	0	4.7	0	3.9	0	3.9	0	4.8	0	2	2.4	26.8	0	126	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0 - 0.1	38.8 - 38.9	38.8	38.9	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	1	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.1 - 0.2	38.9 - 39	38.9	39	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.2 - 0.3	39 - 39.1	39	39.1	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.3 - 0.4	39.1 - 39.2	39.1	39.2	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.4 - 0.5	39.2 - 39.3	39.2	39.3	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.5 - 0.6	39.3 - 39.4	39.3	39.4	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.6 - 0.7	39.4 - 39.5	39.4	39.5	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.7 - 0.8	39.5 - 39.6	39.5	39.6	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.8 - 0.9	39.6 - 39.7	39.6	39.7	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	0.9 - 1	39.7 - 39.8	39.7	39.8	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	
Asfalt	Normaal	Recht	Heuvelachtig	1 - 1.1	39.8 - 39.9	39.8	39.9	1.6	2.2	0	7.8	8.1	8.1	6.6	4	4	9.8	0	2.2	0	54.4	0	127	0	18.6	

Breedte_Midden		Breedte_rechts		Breedte_totaal		nr_181_nrij_kruispunt		dimensionering_nr2		registratiepunt2		GrasL	GrastegelsL	SlootL	WalOmhoogL	TaludNaarBenedenL	BomenL	Lantaarnpaail	BordenL	OverigL	Vangraill	BarrierL	ZijwegL	ToegangParallell	ErfaansluitingL	ZandGrindwegL	ToegangWeidel	InUitritL	ParkeerL	FietspadL	VoetgangersL	ParallelwegL	KruispuntM	SlechtwegdekM	VerlichtingL	VerlichtingM	VerlichtingR	MiddenbermbeveiligingM	BelijningM	SnelheidsremmersM	GrasR	GrastegelsR	
14	11.6	44.2	0	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	11.6	44.2	0	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11.6	44.2	0	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11.6	44.2	0	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	11.6	44.2	0	513	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



SlootR	WalOmhoogR	TaludNaarBenedenR	BomenR	LantaarnpaalR	BordenR	OverigR	VangrailR	BarrierR	ZijwegR	ToegangParallelR	ErfaansluitingR	ZandGrindwegR	ToegangWeideR	InUitritR	ParkeerR	FietspadR	VoetgangersR	ParallelwegR	asmarkering	kantmarkering	TypeBermL	TypeBermR	SemiverhardeBermL	SemiverhardeBermR	GeleiderailL	GeleiderailR	ObstakelvrijeAfstandL	ObstakelvrijeAfstandR	BegrenzerL	BegrenzerR	Rijrichtingscheiding	FietsOpWeg	Geslotenverklaring2	AantalAansluitingen	InUitL	InUitR		
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0		
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0	
0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	999	2	999	999	999	1	1	999	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	999	999	999	999	999	1	1	999	1	1	0	
0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	999	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0
0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	999	999	999	999	1	1	999	0	0	0

Verlichting	ObjectL	ObjectR	Object	ObstakelL	ObstakelR	OverigObjL	OverigObjR	ObstakelL1	ObstakelL2	ObstakelL3	ObstakelR1	ObstakelR2	ObstakelR3	Obstakel	Obstakel1	Obstakel2	Obstakel3	Obstakel5m	ObstakelL_inc999	ObstakelR_inc999	BermbeveiligingL	BermbeveiligingR	Bermbeveiliging	Verlichting_Aggr	Lpaal_L	Lpaal_R	VerlichtingM2	vert_al	hor_al	Wegtype2	Vmax2	Vmax2010	som_Eong_20042008	som_Eongdood_20042008	
0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	KMH_80	0	0	
0	2	1	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	KMH_80	0	0
0	1	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	KMH_80	0	0	
0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	KMH_80	3	0	
0	2	2	2	2	2	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	KMH_80	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	KMH_80	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	KMH_80	0	0	
1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	1	4	KMH_50	2	0	
1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	1	4	KMH_50	0	0	
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2	1	4	KMH_50	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		
0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		
0	3	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0	
0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		
0	3	1	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		
0	1	3	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		
0	1	1	1	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	KMH_80	0	0		

som_Eongzhs_20042008				som_Eonglicht_20042008				som_Eongletsel_20042008				som_Eernstig_20042009				gem_intensiteit_20042008				gem_int_LN				gem_int_factor				gem_intensiteit_20042008_groep				gem_int_LN_groep				gem_int_factor_groep				Telpunt				Intensiteit1999				Instensiteit2000				Intensiteit2001				Intensiteit2002				Intensiteit2003				Intensiteit2004				Intensiteit2005				Intensiteit2006				Intensiteit2007				Intensiteit2008			
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	13956	9.543664802	13.956	14250	9.564512186	14.25	N224-9	20110	19400	19970	20050	20650	16790	12300	12960	13400	14330																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															
0	0	0	0	10014	9.211739393	10.014	9750	9.185022564	9.75	N224-10	16700	17370	17610	16260	16390	13320	9140	9430	8980	9200																																																															

Ong1999_Sum	Ong2000_Sum	Ong2001_Sum	Ong2002_Sum	Ong2003_Sum	Ong2004_Sum	Ong2005_Sum	Ong2006_Sum	Ong2007_Sum	Ong2008_Sum	OngDood1999_Sum	OngDood2000_Sum	OngDood2001_Sum	OngDood2002_Sum	OngDood2003_Sum	OngDood2004_Sum	OngDood2005_Sum	OngDood2006_Sum	OngDood2007_Sum	OngDood2008_Sum	OngZHS1999_Sum	OngZHS2000_Sum	OngZHS2001_Sum	OngZHS2002_Sum	OngZHS2003_Sum	OngZHS2004_Sum	OngZHS2005_Sum	OngZHS2006_Sum	OngZHS2007_Sum	OngZHS2008_Sum	LichtOng1999_Sum	LichtOng2000_Sum	LichtOng2001_Sum	LichtOng2002_Sum	LichtOng2003_Sum	LichtOng2004_Sum	LichtOng2005_Sum	LichtOng2006_Sum	LichtOng2007_Sum				
	1	1			2																																					
4	1	1				4																																				
2		4	1	5		1	1	5	4							1																										
15	6	5	9	9	4	7	5	2	2										1	1																						
		1		1																																						
1		1	1			1	1													1																						
	1			2																																						
	1		1	1	1																					1																



### E.3 Foutrapportage dimensioneringsattributen

- Het wegbestand van de provincie Gelderland bestaat uit 124 wegnummers.
- De lengte bedraagt ongeveer 920 km
- Het wegbestand bevat dus ongeveer 9200 hectometerpunten
- Het aantal meetpunten van de dimensionering bedraagt 265

Over de meetpunten van de dimensionering bestaan grote onzekerheden. Per wegnummer zouden er een tenminste een begin, midden en eindpuntmeting verricht moeten zijn. Daarnaast zou bij een 'visueel duidelijke' verandering in het dwarsprofiel één of twee extra metingen moeten worden verricht. Uitgaande van 124 wegnummers bedraagt het minimum aantal meetpunten dus 372. Terwijl er meer verwacht mogen worden, bedraagt het totaal echter slechts 265 meetpunten.

Op grond van de aanname dat de dimensionering weinig veranderd over de lengte (en bij wijze van simplificatie), zijn de dimensioneringsattributen van een hectometerpunt gevuld met de dimensioneringsattributen van het vorige hectometerpunt, tot aan het volgende meetpunt.

Hierbij zijn een aantal fouttesten uitgevoerd. Fietspad\_links heeft een absolute waarde in meters. FietspadL is een attribuut waarbij de waarde 0 staat voor geen fietspad aan de linker wegzijde.

- $\text{Fietspad\_links} > 0$  en  $\text{Fietspad\_rechts} > 0 \rightarrow 2478$  hm registraties
- $\text{Fietspad\_links} > 0$  en  $\text{Fietspad\_rechts} > 0$  en  $\text{FietspadL} = 0 \rightarrow 795$  (32%) registraties
- $\text{Fietspad\_links} > 0$  en  $\text{Fietspad\_rechts} > 0$  en  $\text{FietspadL} = 0$  en  $\text{FietspadR} = 0 \rightarrow 409$  (17%) registraties
- $\text{Fietspad\_links} > 0$  en  $\text{Fietspad\_rechts} > 0$  en  $\text{FietspadR} = 0 \rightarrow 570$  (23%) registraties
- Totaal van 956 foute registraties, oftewel 39%
- $(\text{Fietspad links} > 0 \text{ en } \text{fietspad rechts} = 0)$  of  $(\text{Fietspad links} = 0 \text{ en } \text{fietspad rechts} > 0) \rightarrow 2083$  registraties
- $(\text{Fietspad links} > 0 \text{ en } \text{fietspad rechts} = 0 \text{ en } \text{FietspadL} = 0 \text{ en } \text{FietspadR} = 0)$  of  $(\text{Fietspad links} = 0 \text{ en } \text{fietspad rechts} > 0 \text{ en } \text{FietspadL} = 0 \text{ en } \text{FietspadR} = 0) \rightarrow 333$  foute registraties, oftewel 16%








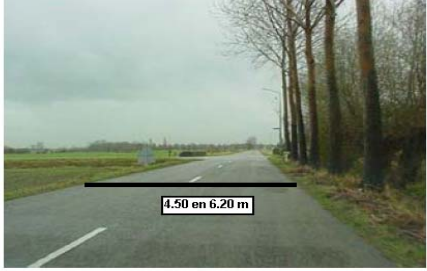
Deze werkwijze is op grond van deze foutmeting dus niet betrouwbaar.

Maar ook op basis van de puntregistraties gaat het fout. Op 98 van de 265 meetpunten (in het bronbestand van de dimensionering) bevindt zich een fietspad aan beide zijden van de weg volgens  $\text{Fietspad\_links}$  en  $\text{Fietspad\_rechts}$ . In 13 gevallen bevindt zich in de fietspadregistratie  $\text{FietspadL}$  en  $\text{FietspadR}$  slechts aan een of geen van beide kanten een fietspad.

Op grond hiervan kan gesteld worden dat de metingen niet geheel betrouwbaar zijn. Een volgende controle stap zou zijn om controleren of de dimensionering en de wegkenmerkenvariabelen enkele hectometerpunten voor of na de fout wel overeenkomen. Het is mogelijk dat de verandering van een enkele variabele van de wegkenmerken niet aan een later of eerder hectometerpunt is toegewezen. Dit is vanwege de tijd nog niet gedaan

Deze test van logische fouten zegt niets over de meetnauwkeurigheid van de verrichte puntmeting.

## E.4 Wegtypen op basis van wegmarkeringstypen

<p>Project 183: inventarisatie wegkenmerken Drenthe en Gelderland</p>  <p>Type A: 100 km, nieuwe stijl, doorgetrokken lijn</p> 	 <p>Type B: 100 km, nieuwe stijl, onderbroken lijn</p> 
 <p>6,20 - 7,5 m</p> <p>Type D: 80/100km, oude stijl, onderbroken lijn</p>	 <p>6,20 - 7,5 m</p> <p>Type D: 80/100km, oude stijl, onderbroken lijn</p>
 <p>Type E: 80 km, nieuwe stijl, doorgetrokken lijn</p> 	 <p>Type F: 80 km, nieuwe stijl, onderbroken lijn</p> 
 <p>Type G: 60 km, nieuwe stijl</p> <p>Erftoegangsweg type I</p> 	 <p>4.50 en 6.20 m</p> <p>Type H: 60 km, oude stijl</p>

## E.5 Ongevallenstatistiek ingedeeld naar intensiteitsgroepen

Voor een visuele evaluatie van de ongevallen uitgezet tegen de etmaalintensiteit zijn de intensiteiten ingedeeld in 21 groepen. Intensiteiten zijn ingedeeld naar de dichtstbijzijnde groepswaarde. De onderstaande tabel geeft de aantallen honderd-meter wegvakken en ongevallenstatistiek per intensiteitsgroep.

Rijlabels	Aantal van gem_intensiteit_2004 -2008_groep	Expositie (vlg x hm)	Som letselongevallen 2004-2008	Som enkelvoudige letselongevallen 2004-2008	letselongevallen per hm per intensiteits- groep	enkelvoudig letselongevallen per hm per intensiteits- groep	letsel risico per intensiteitsgroep	enkelvoudig letselrisico per intensiteitsgroep
0	1		0	0				
750	9	6750	1	0	0.111	0.000	0.148	0.000
2250	903	2031750	105	34	0.116	0.038	0.052	0.017
3750	1996	7485000	302	89	0.151	0.045	0.040	0.012
5250	1824	9576000	368	99	0.202	0.054	0.038	0.010
6750	1335	9011250	269	55	0.201	0.041	0.030	0.006
8250	1021	8423250	294	53	0.288	0.052	0.035	0.006
9750	953	9291750	289	45	0.303	0.047	0.031	0.005
11250	527	5928750	123	27	0.233	0.051	0.021	0.005
12750	270	3442500	86	12	0.319	0.044	0.025	0.003
14250	266	3790500	90	11	0.338	0.041	0.024	0.003
15750	67	1055250	33	1	0.493	0.015	0.031	0.001
17250	65	1121250	21	2	0.323	0.031	0.019	0.002
18750	67	1256250	20	1	0.299	0.015	0.016	0.001
20250	47	951750	16	2	0.340	0.043	0.017	0.002
21750	28	609000	6	1	0.214	0.036	0.010	0.002
23250	9	209250	6	0	0.667	0.000	0.029	0.000
24750	19	470250	7	0	0.368	0.000	0.015	0.000
26250	6	157500	2	1	0.333	0.167	0.013	0.006
27750	28	777000	7	1	0.250	0.036	0.009	0.001
29250	1	29250	1	0	1.000	0.000	0.034	0.000
<b>Eindtotaal</b>	9441		2046	434				



## Bijlage F. Modelresultaten

### F.1 Selectiefilter enkelvoudige ongevallen

De ongevalgegevens zijn afkomstig uit BRON. De enkelvoudige ongevallen zijn geselecteerd op basis van attributen in de database met betrekking tot betrokken voertuigen. De betreffende attributen zijn de attributen "aardongeval" en "ote-a - 1<sup>e</sup> botser" en "ote-b - 2<sup>e</sup> botser"

#### aardong - Aard ongeval

---

*Toelichting:* H

Code	Label	Uk
1	Voetganger	Pedestrian
2	Geparkeerd	Parked
3	Dier	Animal
4	Vast voorwerp	Fixed object
5	Los voorwerp	Loose object
6	Frontaal	Frontal
7	Flank	Lateral
8	Kop/staart, kettingbotsing	Rear-end, multiple collision
9	Eenzijdig	Single vehicle
<a href="#">32760</a>	Onbekend	Unknown

#### Ote\_a - 1e botser

---

*Toelichting:*

Code	Label	Uk
1	Personenauto	Car
11	Bestelauto	Delivery van
21	Vrachtauto	Lorry
22	Trekker	Truck
23	Trekker met oplegger	Truck with trailer
24	Bus	Bus
31	Motor	Motorcycle
41	Landbouwvoertuig	Agricultural vehicle
51	Trein/tram	Train/tram
61	Bromfiets	Moped
62	Snorfiets	Light moped
63	Brommobiel	Moped car
64	Fiets	Bicycle
65	Scootmobiel	Three-wheeled mobility scooter

71	Voetganger	Pedestrian
81	Boom	Tree
82	Lichtmast	Lamppost
83	Overig vast object	Other fixed objects
84	Los voorwerp	Non fixed objects
85	Overig wegmeubilair	Other infrastructural objects
91	Dier	Animal
94	Anders	Other
95	Onbekend voertuig i.g.v. bestuurder	Unknown vehicle
999	Niet te bepalen	Undeterminable
<a href="#">32760</a>	Onbekend	Unknown
<a href="#">32761</a>	N.v.t.	Not applicable

De attributen voor de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> botser hebben dezelfde coderingen voor het type botser.

Het volgende filter in SQL code is gebruikt:

```
(
(
(aardong = 4 or aardong=5 or aardong=9)
AND
(ote_a>=1 and ote_a<=31) and (ote_b>=81 and ote_b<>95)
)
OR
(
(aardong = 4 or aardong=5 or aardong=9)
AND
(ote_b>=1 and ote_b<=31) and (ote_a>=81 and ote_a<>95)
)
)
```

## F.2 SPSS problematiek

In eerste instantie is getracht het model te fitten met behulp van SPSS's GENLIN procedure. Hierbij werden echter twee problemen geconstateerd.

Het eerste probleem betreft de standaard instelling van de NB verdeling. SPSS set de dispersieparameter van de negatief binomiale verdeling standaard op 1. Dit is gek omdat de keuze voor de toepassing van de NB verdeling vaak berust op de constatering dat de variantie niet gelijk is aan het gemiddelde en niet constant is. De GLM vorm van de NB verdeling brengt dit in rekening op basis van de dispersieparameter. Deze keuze van SPSS is daarom merkwaardig en zelfs laakbaar te noemen, te meer omdat hier verder geen melding van wordt gemaakt bij de toepassing van de procedure.

Het eerste probleem kan verholpen worden door het maken van een kleine aanpassing in de syntax.

```
DATASET ACTIVATE DataSet1.
```

\* Generalized Linear Models.

```
GENLIN som_Eongletsel_20042008
```

```
/MODEL INTERCEPT=YES
```

```
DISTRIBUTION=NEGBIN(1) LINK=LOG
```

```
/CRITERIA METHOD=FISHER(1) SCALE=1 COVB=MODEL MAXITERATIONS=100 MAXSTEPHALVING=5
```

```
PCONVERGE=1E-006(ABSOLUTE) SINGULAR=1E-012 ANALYSISTYPE=3(LR) CILEVEL=90
```

```
CITYPE=PROFILE(.0001)
```

```
LIKELIHOOD=FULL
```

```
/MISSING CLASSMISSING=EXCLUDE
```

```
/PRINT CPS DESCRIPTIVES MODELINFO FIT SUMMARY SOLUTION (EXPONENTIATED) LAGRANGE.
```

Door NEGBIN(1) te veranderen in NEGBIN(MLE) wordt de dispersieparameter geschat met behulp van een maximum likelihood schatting. Dit bracht het tweede probleem naar voren. Deze procedure bleek namelijk niet om te kunnen gaan met de database. SPSS gaf de melding dat de hessiaan van de matrix van dispersiefactor singulier was. Dat houdt ongeveer in dat deze een volledige colineariteit vertoont met de database. Indien dit het geval is zijn alle resultaten waardeloos, omdat de verbanden immers niet meer als onafhankelijke verbanden afgelezen kunnen worden. De GENMOD procedure van SAS is echter met de zelfde dataset wel in staat een schatting te geven van de dispersieparameter van de NB verdeling.

Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de GENLIN procedure vooralsnog niet geschikt is voor het kalibreren van modellen met een NB verdeling, op basis van de SODBW. Daarnaast is deze ook nog niet betrouwbaar voor meer algemeen gebruik, gezien het ontbreken van meldingen betreffende de standaard instelling van de NB verdeling en het ontbreken van instructie om deze aan te passen. Gebruik van de GENLIN procedure dient dus extra kritisch te worden beoordeeld.

### F.3 Parameteriseringstest van nominale variabelen

Model 4 is wiskundig gezien hetzelfde model als model 3. In plaats van nominale gecategoriseerde variabelen voor ObstaleL en ObstakelR is model 4 echter opgebouwd uit losse dummyvariabelen, met voor elke categorie, behalve 0 (attribuut niet aangetroffen), een aparte dummyvariabele.

De modelresultaten zijn exact hetzelfde. De parameterisering in SAS werkt dus zoals verwacht.

## F.4 Parameterschattingen

### model 0

#### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
					Limits	Limits		
Intercept	1	1.06375	-3.1151	0.0618	-3.2167	-3.0136	2543.94	<.0001
Dispersion	1	3.017112	5.4892	1.1043	3.9428	7.6422		

### model 1

#### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
					Limits	Limits		
Intercept	1	3.090398	-3.8047	1.1283	-5.6606	-1.9487	11.37	0.0007
gem_int_LN	1	1.136212	0.0782	0.1277	-0.1318	0.2882	0.38	0.5403
Dispersion	1	3.013795	5.4825	1.1032	3.9377	7.6334		

### Model 2

#### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
					Limits	Limits		
Intercept	1	32.62569	-10.8565	3.4851	-16.589	-5.124	9.7	0.0018
gem_int_LN	1	1.553639	0.981	0.4406	0.2563	1.7056	4.96	0.026
gem_int_factor	1	1.058338	-0.1207	0.0567	-0.2139	-0.0274	4.53	0.0333
Dispersion	1	2.963882	5.3806	1.0865	3.8599	7.5004		

### Model 3

#### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	
					Limits	Limits			
Intercept	1	5.14E-06	-12.1785	3.5377	-17.9974	-6.3595	11.85	0.0006	
gem_int_LN	1	3.058731	1.118	0.4471	0.3827	1.8534	6.25	0.0124	
gem_int_factor	1	0.880381	-0.1274	0.0575	-0.2219	-0.0329	4.91	0.0266	
ObstakeL	3	1	1.92418	0.6545	0.2901	0.1773	1.1317	5.09	0.0241
ObstakeL	2	1	1.04676	0.0457	0.2556	-0.3747	0.4661	0.03	0.8581
ObstakeL	1	1	1.465066	0.3819	0.1534	0.1296	0.6343	6.2	0.0128
ObstakeL	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakeR	3	1	0.648236	-0.4335	0.3477	-1.0053	0.1384	1.55	0.2124
ObstakeR	2	1	0.76399	-0.2692	0.2274	-0.6433	0.1049	1.4	0.2366
ObstakeR	1	1	1.155577	0.1446	0.1529	-0.1069	0.3961	0.89	0.3443
ObstakeR	0	0	1	0	0	0	.	.	

Dispersion	1	153.546	5.034	1.0307	3.5946	7.0499
------------	---	---------	-------	--------	--------	--------

**Model 4**

**Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates**

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	
Intercept	1	5.14E-06	-12.1785	3.5377	-17.9974	-6.3595	11.85	0.0006	
gem_int_LN	1	3.058731	1.118	0.4471	0.3827	1.8534	6.25	0.0124	
gem_int_factor	1	0.880381	-0.1274	0.0575	-0.2219	-0.0329	4.91	0.0266	
ObstakelL1	1	1	1.465066	0.3819	0.1534	0.1296	6.2	0.0128	
ObstakelL1	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakelL2	1	1	1.04676	0.0457	0.2556	-0.3747	0.4661	0.03	0.8581
ObstakelL2	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakelL3	1	1	1.92418	0.6545	0.2901	0.1773	1.1317	5.09	0.0241
ObstakelL3	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakelR1	1	1	1.155577	0.1446	0.1529	-0.1069	0.3961	0.89	0.3443
ObstakelR1	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakelR2	1	1	0.76399	-0.2692	0.2274	-0.6433	0.1049	1.4	0.2366
ObstakelR2	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakelR3	1	1	0.648236	-0.4335	0.3477	-1.0053	0.1384	1.55	0.2124
ObstakelR3	0	0	1	0	0	0	.	.	
Dispersion	1	153.546	5.034	1.0307	3.5946	7.0499			

**Model 5**

**Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates**

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	
Intercept	1	7.97E-06	-11.7397	3.5824	-17.6323	-5.8471	10.74	0.001	
gem_int_LN	1	2.895043	1.063	0.453	0.3178	1.8082	5.5	0.019	
gem_int_factor	1	0.889585	-0.117	0.0587	-0.2136	-0.0205	3.97	0.0462	
ObstakelL	3	1	1.880993	0.6318	0.2898	0.1551	1.1085	4.75	0.0293
ObstakelL	2	1	1.02511	0.0248	0.2556	-0.3956	0.4453	0.01	0.9226
ObstakelL	1	1	1.453246	0.3738	0.1535	0.1213	0.6264	5.93	0.0149
ObstakelL	0	0	1	0	0	0	.	.	
ObstakelR	3	1	0.645907	-0.4371	0.347	-1.0079	0.1337	1.59	0.2078
ObstakelR	2	1	0.755633	-0.2802	0.2272	-0.6539	0.0935	1.52	0.2175
ObstakelR	1	1	1.138031	0.1293	0.1531	-0.1226	0.3811	0.71	0.3985
ObstakelR	0	0	1	0	0	0	.	.	
BermbeveiligingL	1	1	0.827455	-0.1894	0.5175	-1.0407	0.6619	0.13	0.7144
BermbeveiligingL	0	0	1	0	0	0	.	.	
BermbeveiligingR	1	1	0.405636	-0.9023	0.6503	-1.972	0.1674	1.93	0.1653
BermbeveiligingR	0	0	1	0	0	0	.	.	
Dispersion	1	144.171	4.971	1.0203	3.5466	6.9673			

## Model 6

### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	1.42E-05	-11.1591	3.5507	-16.9996 -5.3187	9.88	0.0017
gem_int_LN	1	2.688545	0.989	0.449	0.2504 1.7275	4.85	0.0276
gem_int_factor	1	0.894849	-0.1111	0.0582	-0.2068 -0.0153	3.64	0.0563
Obstakel	3	1	1.322601	0.2796	0.2738 -0.1708 0.7301	1.04	0.3072
Obstakel	2	1	0.932674	-0.0697	0.2077 -0.4114 0.272	0.11	0.7372
Obstakel	1	1	1.484236	0.3949	0.1395 0.1654 0.6244	8.01	0.0046
Obstakel	0	0	1	0	0 0	.	.
Bermbeveiliging	1	1	0.474023	-0.7465	0.4369 -1.4651 -0.028	2.92	0.0875
Bermbeveiliging	0	0	1	0	0 0	.	.
Dispersion	1	162.8615	5.0929	1.0396	3.6404 7.1249		

## Model 7

### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	1.23E-05	-11.302	3.5536	-17.1471 -5.4569	10.12	0.0015
gem_int_LN	1	2.744777	1.0097	0.4489	0.2713 1.7481	5.06	0.0245
gem_int_factor	1	0.891723	-0.1146	0.0582	-0.2102 -0.0189	3.88	0.0488
Obstakel1	1	1	1.463894	0.3811	0.1251 0.1753 0.5869	9.28	0.0023
Obstakel1	0	0	1	0	0 0	.	.
Bermbeveiliging	1	1	0.470857	-0.7532	0.4358 -1.47 -0.0363	2.99	0.0839
Bermbeveiliging	0	0	1	0	0 0	.	.
Dispersion	1	166.3843	5.1143	1.0432	3.6566 7.1531		

## Model 8

### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	8.77E-06	-11.644	3.3038	-17.0783 -6.2097	12.42	0.0004
gem_int_LN	1	2.858223	1.0502	0.4179	0.3629 1.7376	6.32	0.012
gem_int_factor	1	0.881703	-0.1259	0.055	-0.2164 -0.0354	5.23	0.0222
Obstakel1	1	1	1.487058	0.3968	0.1126 0.2116 0.5819	12.42	0.0004
Obstakel1	0	0	1	0	0 0	.	.
Bermbeveiliging	1	1	0.472461	-0.7498	0.4142 -1.4311 -0.0686	3.28	0.0702
Bermbeveiliging	0	0	1	0	0 0	.	.
Verlichting_Aggr	1	1	1.232568	0.2091	0.1222 0.0081 0.4101	2.93	0.0871
Verlichting_Aggr	0	0	1	0	0 0	.	.
Dispersion	1	1	0	0	0 0.0005		

**Model 9**

**Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates**

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	9.06E-06	-11.6118	3.5762	-17.4941	-5.7295	10.54	0.0012
gem_int_LN	1	2.794351	1.0276	0.4523	0.2837	1.7716	5.16	0.0231
gem_int_factor	1	0.893955	-0.1121	0.0583	-0.2081	-0.0162	3.69	0.0546
Obstakel1	1	1.503206	0.4076	0.1267	0.1992	0.6161	10.34	0.0013
Obstakel1	0	1	0	0	0	0	.	.
Bermbeveiliging	1	0.47578	-0.7428	0.4375	-1.4624	-0.0232	2.88	0.0895
Bermbeveiliging	0	1	0	0	0	0	.	.
vert_al	3	2.889548	1.0611	0.4073	0.3911	1.7312	6.79	0.0092
vert_al	2	1.233925	0.2102	0.1299	-0.0035	0.4239	2.62	0.1057
vert_al	1	1	0	0	0	0	.	.
hor_al	3	1.090133	0.0863	0.6633	-1.0047	1.1772	0.02	0.8965
hor_al	2	1.073367	0.0708	0.2065	-0.2689	0.4105	0.12	0.7317
hor_al	1	1	0	0	0	0	.	.
Dispersion	1	145.4453	4.9798	1.02	3.5554	6.9748		

**Model 10**

**Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates**

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	7.79E-06	-11.7624	3.5466	-17.5961	-5.9287	11	0.0009
gem_int_LN	1	2.850516	1.0475	0.4482	0.3103	1.7847	5.46	0.0194
gem_int_factor	1	0.89199	-0.1143	0.058	-0.2097	-0.0189	3.89	0.0487
Obstakel1	1	1.509231	0.4116	0.1263	0.2038	0.6193	10.62	0.0011
Obstakel1	0	1	0	0	0	0	.	.
Bermbeveiliging	1	0.47893	-0.7362	0.4368	-1.4546	-0.0178	2.84	0.0919
Bermbeveiliging	0	1	0	0	0	0	.	.
vert_al	3	2.926772	1.0739	0.4054	0.4071	1.7408	7.02	0.0081
vert_al	2	1.226666	0.2043	0.1272	-0.005	0.4135	2.58	0.1083
vert_al	1	1	0	0	0	0	.	.
Dispersion	1	145.8531	4.9826	1.0205	3.5575	6.9785		

## Model 11

### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	
Intercept	1	1.48E-05	-11.1209	3.5297	-16.9268	-5.315	9.93	0.0016	
gem_int_LN	1	2.646929	0.9734	0.4464	0.2391	1.7077	4.75	0.0292	
gem_int_factor	1	0.897358	-0.1083	0.0578	-0.2034	-0.0132	3.51	0.0611	
Obstakel5m	1	1.316267	0.2748	0.1278	0.0646	0.485	4.62	0.0315	
Obstakel5m	0	1	0	0	0	0	.	.	
Bermbeveiliging	1	0.47265	-0.7494	0.4373	-1.4687	-0.0301	2.94	0.0866	
Bermbeveiliging	0	1	0	0	0	0	.	.	
vert_al	3	1	2.872837	1.0553	0.4063	0.387	1.7236	6.75	0.0094
vert_al	2	1	1.20611	0.1874	0.1273	-0.022	0.3967	2.17	0.141
vert_al	1	0	1	0	0	0	.	.	
Dispersion	1	161.0315	5.0816	1.0375	3.6321	7.1096			

## Model E

### Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates

Parameter	DF	Exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	
Intercept	1	2.8E-05	-10.4835	4.1749	-17.3507	-3.6164	6.31	0.012	
gem_int_LN	1	2.274136	0.8216	0.5274	-0.0459	1.6891	2.43	0.1193	
gem_int_factor	1	0.920996	-0.0823	0.0679	-0.1939	0.0293	1.47	0.2251	
Obstakel1	1	1.500803	0.406	0.1509	0.1578	0.6543	7.24	0.0071	
Obstakel1	0	1	0	0	0	0	.	.	
Bermbeveiliging	1	0.245883	-1.4029	0.7236	-2.593	-0.2127	3.76	0.0525	
Bermbeveiliging	0	1	0	0	0	0	.	.	
vert_al	3	1	2.346207	0.8528	0.5085	0.0163	1.6892	2.81	0.0936
vert_al	2	1	1.304605	0.2659	0.1518	0.0162	0.5156	3.07	0.0799
vert_al	1	0	1	0	0	0	.	.	
Dispersion	1	47.93759	3.8699	1.3648	2.1665	6.9125			



**Model I**

**Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates**

Parameter		DF	Exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept		1	0.000177	-8.6415	2.6635	-13.0226	-4.2605	10.53	0.0012
gem_int_LN		1	1.972694	0.6794	0.3416	0.1175	1.2413	3.96	0.0467
gem_int_factor		1	0.920351	-0.083	0.0488	-0.1633	-0.0027	2.89	0.0893
Obstakel1	1	1	1.399199	0.3359	0.1142	0.1482	0.5237	8.66	0.0033
Obstakel1	0	0	1	0	0	0	0	.	.
Bermbeveiliging	1	1	0.38274	-0.9604	0.4032	-1.6236	-0.2972	5.67	0.0172
Bermbeveiliging	0	0	1	0	0	0	0	.	.
vert_al	3	1	2.47119	0.9047	0.4091	0.2317	1.5776	4.89	0.027
vert_al	2	1	1.199854	0.1822	0.1148	-0.0066	0.3709	2.52	0.1124
vert_al	1	0	1	0	0	0	0	.	.
Dispersion		1	380.5814	5.9417	0.9938	4.5126	7.8234		

**Model II**

**Analysis Of Maximum Likelihood Parameter Estimates**

Parameter		DF	Exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept		1	1.45E-05	-11.1405	2.8489	-15.8265	-6.4546	15.29	<.0001
gem_int_LN		1	2.670057	0.9821	0.3622	0.3863	1.578	7.35	0.0067
gem_int_factor		1	0.900955	-0.1043	0.0496	-0.186	-0.0226	4.41	0.0356
Obstakel1	1	1	1.354863	0.3037	0.1152	0.1141	0.4933	6.94	0.0084
Obstakel1	0	0	1	0	0	0	0	.	.
Bermbeveiliging	1	1	0.363891	-1.0109	0.4052	-1.6774	-0.3443	6.22	0.0126
Bermbeveiliging	0	0	1	0	0	0	0	.	.
vert_al	3	1	2.704454	0.9949	0.4111	0.3186	1.6711	5.86	0.0155
vert_al	2	1	1.202016	0.184	0.1161	-0.007	0.375	2.51	0.113
vert_al	1	0	1	0	0	0	0	.	.
Wegtype2	4	1	1.432899	0.3597	0.167	0.0851	0.6343	4.64	0.0312
Wegtype2	3	1	0.464358	-0.7671	1.0634	-2.5162	0.982	0.52	0.4707
Wegtype2	2	1	0.865195	-0.1448	0.1364	-0.3691	0.0796	1.13	0.2886
Wegtype2	1	0	1	0	0	0	0	.	.
Dispersion		1	330.9608	5.802	0.9752	4.4006	7.6498		

**Model 12**

Parameter		DF	Exponent	Estimate	Standard Error	Wald 90% Confidence Limits		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept		1	7,71 <sup>E</sup> -06	-11.7728	3.5249	-17.5706	-5.9749	11.16	0.0008
gem_int_LN		1	2.91	1.0680	0.4450	0.3361	1.8000	5.76	0.0164
gem_int_factor		1	0.88	-0.1244	0.0572	-0.2186	-0.0303	4.73	0.0297
Obstakel1	1	1	1.49	0.4008	0.1248	0.1955	0.6062	10.31	0.0013
Obstakel1	0	0	1.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Dispersion		1	177.22	5.1774	1.0536	3.7046	7.2358		