

Het verkeerskundig
laboratorium
voor studenten

ITS | EDU | LAB

Onderzoek naar de identificatie van kwetsbare wegvakken

Rudi Kraaijeveld

Oktober 2008



Rijkswaterstaat

TU Delft

Onderzoek naar de identificatie van kwetsbare wegvakken

Onderzoek naar de bepaling van kwetsbaarheid van wegvakken op basis van empirische gegevens

Afstudeeropdracht Civiele Techniek
Technische Universiteit Delft
Oktober 2008

Colofon

Uitgegeven door:	ITS Edulab	
Informatie:	Henk Taale	
E-mail:	henk.taale@rws.nl	
Auteur:	Rudi Kraaijeveld	
E-mail:	rudi.kraaijeveld@planet.nl	
Afstudeercommissie:	Prof. Dr. Ir. S.P. Hoogendoorn	TU Delft
	Dr. Ir. W. Daamen	TU Delft
	Ir. P.B.L. Wiggenraad	TU Delft
	Ir. H. Taale	DVS
	Y. de Vries	DVS
Datum:	Oktober 2008	
Status:	Definitief	

Samenvatting

Het zal niemand ontgaan zijn dat het aantal files in Nederland op het hoofdwegennet alleen maar toeneemt. Vanwege de negatieve effecten van files, zoals reistijdverliezen, overlast en ergernis probeert het rijk, tezamen met gemeenten en provincies, de files in Nederland te bestrijden. Naast de structurele files die ontstaan tijdens de ochtend- en avondspits, zijn ongevallen de voornaamste oorzaak van files in Zuid-Holland. Om op een effectieve en efficiënte wijze zowel de doorstroming als de veiligheid op het hoofdwegennet te kunnen verbeteren is het van belang dat de meest kwetsbare wegvakken binnen een netwerk geïdentificeerd kunnen worden. Het doel van dit onderzoek is daarom dan ook om de twee methoden aanwezig bij Rijkswaterstaat om kwetsbare wegvakken te lokaliseren te verbeteren.

Alvorens de methoden aangepast konden worden, zijn op basis van empirische gegevens de twee aspecten die bepalend zijn voor de kwetsbaarheid van een wegvak geanalyseerd: de kans op een ongeval en de gevolgen voor het verkeer in het netwerk. Vervolgens zijn de twee methoden van Rijkswaterstaat, de robuustheidsscanner en de 'analyse doorstromingsknelpunten', getoetst aan deze analyse.

De kans op ongevallen op het hoofdwegennet is onderzocht door voor iedere kilometer van het hoofdwegennet van Zuid-Holland het aantal ongevallen voor de jaren 2005-2007 te sommeren en te analyseren. Hieruit is gebleken dat de kans op een ongeval onder meer afhangt van de geometrische eigenschappen van de weg. Ongevallen treden voornamelijk op bij in- en uitvoegstroken, bij wegversmallingen en bij weefvakken. De eerste drie locaties zijn nader onderzocht en daaruit konden twee algemene conclusies getrokken worden: er waren geen files voorafgaand aan het ongeval waardoor de snelheden hoog waren en de ongevallen zijn voorafgegaan door een hoge verkeersintensiteit. Nader onderzoek naar deze hoge (kritische) intensiteit heeft opgeleverd dat uitvoegstroken onveilig worden wanneer stroomopwaarts de intensiteit de capaciteit nadert. Wegversmalling bleken onveilig te worden wanneer de intensiteit stroomopwaarts groter werd dan de capaciteit van de bottleneck. Weggedeeltes stroomopwaarts aan invoegstroken worden meer onveilig doordat de hoge dichtheid van voertuigen terugslaat. Hierdoor blijft er minder ruimte over om te anticiperen op kleine remacties van andere bestuurders.

De gevolgen van een ongeval zijn geanalyseerd door de verkeerssituatie rond ongevallen op diverse locaties te onderzoeken. Hierbij is de verkeerssituatie ten tijde van een blokkade vergeleken met de situatie zonder blokkade. Uit meerdere analyses is gebleken dat er vrijwel geen bestuurders (0-3%) gebruik maken van alternatieve routes tijdens een blokkade door een ongeval. Om deze conclusie kracht bij te zetten is de verkeerssituatie rond een locatie onderzocht waar goede alternatieve routes aanwezig waren en waar een zeer lange (15 km) en langdurige file (1,5 uur) heeft gestaan. Uit dit extreme scenario bleek dat slechts 7% van het verkeer gekozen had voor een andere route.

Op basis van de resultaten van de analyse zijn de twee methoden bij Rijkswaterstaat getoetst op hun werkwijze en de correctheid van hun uitkomsten. Uit de toetsing bleek dat de robuustheidsscanner de kans op een ongeval foutief genereert en dat de herverdeling van het verkeer ten tijde van een ongeval incorrect wordt bepaald. De robuustheidsscanner genereert daarom onjuiste uitkomsten bij de bepaling van kwetsbare wegvakken. De kans op een ongeval zou bepaald moeten worden door middel van een dynamische toedeling van het verkeer over het netwerk en aangeraden wordt om aan te nemen dat al het verkeer zijn initiële route behoudt. Ook wordt geadviseerd om de gevolgen van een ongeval uit te drukken in het verschil tussen de intensiteit en de restcapaciteit.

De werkwijze en de resultaten van de methode 'analyse doorstromingknelpunten' blijken correct te zijn. Nader onderzoek heeft uitgewezen dat een toevoeging aan de methode van het aantal ongevallen uit de BLIK database (ongevalsdatabase) waardevolle inzichten geeft in het bepalen van kwetsbare wegvakken. Aangeraden wordt om de absolute kostenbepaling van files te laten vallen, aangezien deze kostenbepaling waarschijnlijk niet overeenkomt met de werkelijkheid. Door het onder meer weglaten van deze berekening kan de methode meer efficiënt worden uitgevoerd, zonder een verlies van nauwkeurigheid.

De voornaamste aanbeveling tot nader onderzoek is het meer nauwkeurig bepalen van de kritische intensiteiten met behulp van microsimulatiemodellen. Ook wordt aangeraden om onderzoek te verrichten naar ongevallen op weefvakken, aangezien ongevallen hier veelvuldig voorkomen.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek zijn er tevens enkele aanbevelingen gedaan om ongevallen op het hoofdwegennet te verminderen. Zo zouden bestuurders die een wegversmalling naderen gewaarschuwd moeten worden voor een mogelijk onveilige situatie in het geval dat er een hoge intensiteit stroomopwaarts aan de wegversmalling gemeten wordt. Belangrijk hierbij is dat er geen permanente waarschuwing gegeven wordt, maar dat de waarschuwing alleen ten tijde van een mogelijk gevaarlijke situatie gegeven wordt. Verder zou toeritdosering toegepast moeten worden op locaties waar als gevolg van een hoge dichtheid stroomopwaarts aan de toerit ongevallen plaatsvinden. Ongevallen op en voor uitvoegstroken zouden verminderd kunnen worden door te voorkomen dat de dichtheid op de uitvoegstrook te groot wordt. Een extra uitvoegstrook, meer opstelruimte of een betere afwikkeling van het verkeer aan het einde van de afrit zouden maatregelen kunnen zijn om ongevallen bij uitvoegstroken te voorkomen.

Al met al wordt aangeraden om het onderzoek naar de bepaling van kwetsbare wegvakken voort te zetten, zodat naast de doorstroming ook de veiligheid op het Nederlandse hoofdwegennet op een meer effectieve en efficiënte wijze verbeterd kan worden.

Summary

The motorway network in the Netherlands still has to cope with a lot of congestion. Due to the negative effects such as loss of time, bad air quality and frustration, the government is continuously searching for measures to reduce the number of traffic jams. In spite of the daily congestion, which occurs most of the time during rush hour, the primary cause of congestion are accidents.

To improve this situation in an effective and efficient way it is important to identify the most vulnerable links in a network correctly. Useful measures on those links will not only improve the flow on the network, but will also contribute to road safety.

Because of the above statements the aim of this thesis is to correct two methods present at Rijkswaterstaat, which try to locate vulnerable links.

Before testing and correcting both methods, the two main components to classify vulnerability are analyzed with empirical data: the chance of an accident and the impact.

The chance of accidents is analyzed by adding the number of accidents for every single kilometer of a chosen network (South-Holland), for a time span of three years. The results of this study show that accidents are not equally spread over the network, but that they occur on specific places: near exits, bottlenecks and onramps. Investigation of several accidents on these locations led to two general conclusions: the traffic state was not congested in time of the accidents (high speed) and before the accident occurred there was a high traffic demand present.

Research of this high intensity of vehicles led to the result that accidents near exits occur during a traffic demand of 2500 vehicles per hour for all (present) lanes. The explanation of this value has to be found in a high density of vehicles, while those vehicles maintain a high speed (due to the non-congested traffic state). In this situation there is not a lot of space to anticipate at small driver errors, which are likely to occur because of lane changing that happens previous to the exit.

Accidents near bottlenecks tend to occur when the total traffic demand on the upstream section exceeds the capacity of the bottleneck. In 65% of the cases congestion did not precede the accident. Therefore the first explanation for accidents before bottlenecks is that drivers are forced to change lane, while there isn't any space because of the high density. Because of the high speed and probably human errors, accidents occur frequently in this situation.

The other 35% of accidents happens when a downstream traffic jam reaches the bottleneck. This unsafe situation comes forth from a required lane change in combination with a sudden speed reduction due to the traffic jam.

As mentioned before a high intensity and a free-flow traffic state are also found near onramps. But the high density of vehicles was not only measured after the onramp, but also before. It looks as if there is spillback of high density without the presence of congestion. Note that the accidents on the motorway occurred a few hundred meters previous to the onramp. The explanation of accidents in this situation is that because of a high density of vehicles after the onramp, the drivers upstream will also get a closer headway. Here, also a lack of space seems to be the cause of the accidents, because drivers can't anticipate in time (and space) on human driving errors.

The impact of accidents is examined by comparing the traffic situation during an obstruction by an accident with the traffic situation without an accident. The main aim of this analysis is to see if drivers change their route while confronted with a traffic jam due to an accident. Studies performed on several motorways showed similar results: almost no drivers change their route in case of an accident. Study of a long during obstruction (1,5 hour) in combination with a long traffic jam (15 km) and good alternative routes confirmed this conclusion: only 7% of the drivers changed their route in this extreme situation.

Explanation of this result has to be found in the fact that accidents mostly occur during rush hour, because of the high intensity. In this situation alternative routes are also likely to be congested. A reduction in travel time is probably not possible by adapting the route. Another reason for drivers maintaining their initial route is that the accident suddenly occurs. Most drivers are on their way and can't decide to change their route anymore.

With the gained results the two methods present at Rijkswaterstaat are improved. The most important one is called the robustness scanner. Recommendations are not applicable to this model only, but also to other models that try to locate vulnerable links. First of all it's necessary to classify exits, bottlenecks and onramps in the (modeled) network. These locations only have a high accident chance in case the traffic demand reaches or exceeds the capacity. The problem with assigning the traffic statically is that the critical intensities can not be assigned to these locations. Therefore the chance of an accident has to be obtained by using a dynamic traffic assignment. A brief study showed that the chance of accidents near exits, bottlenecks and onramps are five times higher than on other road sections. So the recommendation is made to give the identified road sections a five times higher chance of an accident if the critical intensity is exceeded.

The next suggestion is to imply that all drivers will maintain their initial route when confronted with a traffic jam caused by an accident. Because the number of vehicles passing an accident isn't a unit to express the impact of an obstruction very well, it is recommended to express the impact in the difference between the intensity and the remaining capacity.

Some suggestions for further research are to perform a micro simulation study to identify the critical intensity more accurate for the mentioned road sections. Also future research of accidents near weave sections can be useful because the results also showed that accidents happen frequently on these sections.

There have also been done some recommendations to reduce the number of accidents and thereby the number of traffic jams in the road network. The first one is to take measures at specific locations instead of campaigns to improve road safety in general. It is also suggested to warn for possible unsafe situations only when the traffic situation is tend to be unsafe. The placing of traffic signs will not have any influence, because the signs loose their effectiveness in situations with a low intensity. That is probably the reason for drivers to ignore the signs also when the critical intensity and therefore an unsafe situation is present.

Because road networks are becoming more and more congested it is stated that further research of vulnerable road sections is useful to take measures at the right locations, so that not only the traffic flow, but also the road safety can be improved in an effective and efficient way.

Voorwoord

Vijf minuten voor het overleg om mijn afstudeeronderwerp vast te stellen, kwam er een mailtje binnen bij één van de begeleiders vanuit Rijkswaterstaat. Hij printte dit nog snel uit, omdat het 'misschien nog van pas zou kunnen komen'. Nadat ik vervolgens bij het gesprek mijn ideeën over een mogelijk afstudeeronderwerp had gemeld, kwam er een lach van verbazing op het gezicht van één van de aanwezigen. Het mailtje dat zojuist was binnengekomen bevatte namelijk precies de vraag, waar ik graag het antwoord op wilde geven door middel van een onderzoek.

Zodoende was mijn afstudeeronderwerp om mijn Master Civiele Techniek aan de Technische Universiteit in Delft te behalen, een feit.

Dit afstudeeronderzoek is voortgekomen uit een samenwerkingsverband tussen de TU Delft en Rijkswaterstaat. Deze samenwerking heeft de oprichting van het ITS Edulab tot gevolg gehad en daarmee ook het rapport dat voor u ligt.

Graag wil ik naast mijn overige commissieleden, in het bijzonder Winnie Daamen bedanken voor haar rol als dagelijks begeleidster. Afgezien van het feit dat ze mij begeleidde met zinvolle adviezen, heeft haar vrolijke karakter er aan bijgedragen de wekelijkse gesprekken vlot en plezierig te laten verlopen.

Ook wil ik Roos Meilink bedanken voor haar hulp bij het opzetten van de onderzoeksvraag vanuit Rijkswaterstaat en haar begeleiding in de eerste fase van dit project. Deze begeleiding heeft de verkenningsfase vereenvoudigd en zeker ook een stuk gezelliger gemaakt.

Als laatste wil ik mijn collega's van het Edulab bedanken. Naast een geweldige werksfeer konden we elkaar ook echt helpen wanneer één van ons voor een bepaalde uitdaging kwam te staan. In het bijzonder wil ik hiervoor Arnold bedanken en hem succes wensen met het voltooien van zijn afstudeeronderzoek.

Rudi Kraaijeveld

1. INTRODUCTIE	1
1.1 INLEIDING	1
1.2 PROBLEEMBESCHRIJVING	1
1.3 DOELSTELLING & HOOFDVRAGEN	2
1.4 WERKWIJZE	2
1.5 LEESWIJZER	3
2. BESCHRIJVING ALGEMEEN PROCES ROND EEN ONGEVAL	5
2.1 INLEIDING	5
2.2 OPTREDEN VAN EEN ONGEVAL	5
2.2.1. Ongevalsdatabase BLIK	5
2.2.2. Ongevalsoorzaken	6
2.3 REGELING VERKEERSCENTRALE NEDERLAND	7
2.4 ONTSTAAN VAN EEN FILE	7
2.5 NETWERKEFFECTEN	8
2.5.1. Hinder voor verkeer op andere routes	8
2.5.2. Rerouting	8
2.5.3. Verschil routekeuzegedrag ochtend- en avondspits	9
2.6 OPLOSSEN VAN EEN FILE	9
3. ONDERZOEK BESTAANDE METHODEN	11
3.1 INLEIDING	11
3.2 LITERATUURONDERZOEK ONGEVALSKANS	12
3.3 LITERATUURONDERZOEK BESTAANDE METHODEN	14
3.3.1. Bepaling kwetsbaarheid heden vs. de toekomst	16
3.4 RWS METHODE 1: DE ROBUUSTHEIDSCANNER	17
3.4.1. Werkwijze	17
3.4.2. Voordelen	19
3.4.3. Nadelen	20
3.4.4. Nader onderzoek	21
3.5 RWS METHODE 2: ANALYSE DOORSTROMINGSKNELPUNTEN	22
3.5.1. Analyse databronnen	22
3.5.2. Werkwijze	24
3.5.3. Voordelen	26
3.5.4. Nadelen	27
3.5.5. Slachtofferkosten komen te vervallen	28
3.5.6. Nader onderzoek	28
4. ANALYSE ASPECTEN KWETSBAARHEID	31
4.1 INLEIDING	31
4.2 NETWERKSELECTIE	31
4.3 ANALYSE ONGEVALSKANS	33
4.3.1. Analyse locaties kop-staartbotsingen	34
4.3.2. Analyse locaties fout inhalen / snijden	35
4.3.3. Resultaten	37
4.4 NADER ONDERZOEK LOCATIES KOP-STAARTBOTSINGEN	38
4.4.1. Inleiding	38
4.4.2. Geselecteerde uitvoegstrook	39
4.4.3. Geselecteerde wegversmalling	42

4.4.4.	Geselecteerde invoegstrook	45
4.4.5.	Bepaling kritische intensiteit.....	47
4.4.6.	Bepaling verhoogde ongevalskans	48
4.5	ANALYSE OMRIJGEDRAG	49
4.5.1.	Werkwijze.....	49
4.5.2.	Onderzoeksrichting.....	49
4.5.3.	Resultaten.....	50
4.5.4.	Conclusie omrijgedrag.....	57
4.6	SAMENVATTING EN CONCLUSIE VAN DE GEHELE ANALYSE	57
5.	TOETSING METHODEN RWS AAN ANALYSE.....	59
5.1	INLEIDING	59
5.2	RWS METHODE 1: DE ROBUUSTHEIDSCANNER.....	59
5.2.1.	Toetsing 1: ongevalskans.....	59
5.2.2.	Toetsing 2: omrijgedrag.....	62
5.2.3.	Toetsing 3: uitkomsten.....	62
5.2.4.	Conclusie robuustheidscanner	63
5.3	RWS METHODE 2: ANALYSE DOORSTROMINGSKNELPUNTEN	64
5.3.1.	Toetsing 1: uitkomsten.....	64
5.3.2.	Toetsing 2: invloed van structurele files.....	67
5.3.3.	Conclusie analyse doorstromingsknelpunten.....	68
5.4	SAMENVATTING CONCLUSIES RWS METHODEN	68
6.	VOORGESTELDE AANPASSINGEN ROBUUSTHEIDSCANNER.....	69
6.1	INLEIDING	69
6.2	BEPALING ONGEVALSKANS	69
6.3	OMRIJGEDRAG	70
6.4	BEPALING GEVOLGEN	70
6.5	SAMENVATTING AANPASSINGEN ROBUUSTHEIDSCANNER	71
7.	VOORGESTELDE AANPASSINGEN 'ADK'	73
7.1	AANPASSING INTEGRATIE DATA BLIK.....	73
7.2	VERVALLEN KOSTENBEREKENING	74
7.3	AUTOMATISEREN VAN METHODE	75
7.4	SAMENVATTING AANPASSINGEN 'ADK'	75
8.	CONCLUSIES.....	77
9.	AANBEVELINGEN.....	79
9.1	NADER ONDERZOEK	79
9.2	FILEBESTRIJDING	80
	LITERATUURLIJST	81
	BIJLAGEN.....	83

Figuren

Figuur 2.1 : Ontstaan van een kop-staartbotsing	6
Figuur 2.2 : Terugslag file kan verkeer op andere routes hinderen	8
Figuur 2.3 : Schokgolftheorie	9
Figuur 3.1 : Definitie kwetsbare wegvakken	12
Figuur 3.2 : Relevantie ongevalskans	12
Figuur 3.3 : Stroomschema Robuustheidsscanner	17
Figuur 3.4 : Voorbeeld uitkomsten Robuustheidsscanner; analyse Nederland	18
Figuur 3.5 : Grafische mogelijkheden robuustheidsscanner	19
Figuur 3.6 : Stroomschema analyse doorstromingsknelpunten	24
Figuur 4.1 : Geselecteerd netwerk: Zuid-Holland.....	32
Figuur 4.2 : Relevantie ongevalskans	33
Figuur 4.3 : Resultaten km-analyse en identificatie van pieken, A4	34
Figuur 4.4 : Locatie hm 11.5, A4	35
Figuur 4.5 : Locatie hm 28.8, A4	35
Figuur 4.6 : Resultaten km-analyse en identificatie van pieken, A4	35
Figuur 4.7 : Locatie hm 46.7, A4	36
Figuur 4.8 : Locatie hm 17.8, A4	36
Figuur 4.9 : Locatie afslag Sliedrecht West, A15.....	39
Figuur 4.10: Overzicht van de geselecteerde uitvoegstrook.....	39
Figuur 4.11: Hoge intensiteit vb.1, A15.....	40
Figuur 4.12: Hoge intensiteit vb.2, A15.....	40
Figuur 4.13: Situatie drukke uitvoegstrook	40
Figuur 4.14: Overzicht uitvoegstrook Leidschendam	41
Figuur 4.15: Hoge intensiteit, A4.....	41
Figuur 4.16: Locatie wegversmalling Zoeterwoude, A4	42
Figuur 4.17: Overzicht geselecteerde wegversmalling.....	42
Figuur 4.18: Hoge intensiteit, A4.....	44
Figuur 4.19: Hoge intensiteit, A12.....	44
Figuur 4.20: Fileterugslag vb.1, A4	44
Figuur 4.21: Fileterugslag vb.1, A12	44
Figuur 4.22: Locatie invoegstrook Den Haag, A12	45
Figuur 4.23: Overzicht geselecteerde invoegstrook	45
Figuur 4.24: Hoge intensiteit, A12.....	45
Figuur 4.25: Hoge intensiteit vb.1, A20.....	46
Figuur 4.26: Hoge intensiteit vb.2, A20.....	46
Figuur 4.27: Relevantie gevolgen van een ongeval.....	49
Figuur 4.28: File tijdens ongeval, analyse 1.....	50
Figuur 4.29: File tijdens ongeval, analyse 2.....	51
Figuur 4.30: File tijdens ongeval, analyse 3.....	52
Figuur 4.31: Mogelijk alternatieve routes, blokkade A12.....	53
Figuur 4.32: Grote en langdurige file a.g.v. ongeval op de A12	53
Figuur 4.33: Locaties gebruikte meetlussen voor analyse 4, ongeval A12.....	54
Figuur 4.34: Ongeval A12 avondspits, analyse 5.....	56
Figuur 5.1 : 1 ^e vergelijking filekosten met en zonder spitsuren.....	67
Figuur 5.2 : 2 ^e vergelijking filekosten met en zonder spitsuren	67
Figuur 7.1 : Relevantie integratie aantal ongevallen, voorbeeld traject	74

Tabellen

Tabel 2.1: Ongevalsoorzaken 2005-2007	6
Tabel 3.1 : Informatie databronnen	22
Tabel 3.2 : Slachtofferkosten.....	25
Tabel 4.1 : Actuele wegenlijst geselecteerd netwerk	32
Tabel 4.2 : Analyse kop-staartbotsingen op hm-niveau, A4.....	34
Tabel 4.3 : Analyse fout inhalen/snijden op hm-niveau, A4.....	36
Tabel 4.4 : Resultaten locaties kop-staartbotsingen	37
Tabel 4.5 : Resultaten locaties fout inhalen / snijden	37
Tabel 4.6 : Resultaten analyse wegversmalling A4.....	43
Tabel 4.7 : Bepaling kritische intensiteit.....	47
Tabel 4.8 : Bepaling verhoogde kans bij uitvoegstroken.....	48
Tabel 4.9 : Bepaling verhoogde kans bij wegversmallingen.....	48
Tabel 4.10: Bepaling verhoogde kans bij invoegstroken	48
Tabel 4.11: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 1	50
Tabel 4.12: Vergelijking percentage voertuigen, analyse 1	51
Tabel 4.13: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 2	51
Tabel 4.14: Vergelijking percentage voertuigen, analyse 2	52
Tabel 4.15: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 4	52
Tabel 4.16: Berekening percentage richting N11	54
Tabel 4.17: Minder voertuigen oprit Gouda.....	55
Tabel 4.18: Berekening percentage richting A20	55
Tabel 4.19: Resultaten analyse 4	55
Tabel 4.20: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 5	56
Tabel 4.21: Vergelijking percentage voertuigen, analyse 5	56
Tabel 5.1 : Onderzochte wegvakken.....	60
Tabel 5.2 : Rangschikking naar ongevalskans, op basis van rbs.....	60
Tabel 5.3 : Rangschikking naar ongevalskans, op basis van BLIK.....	60
Tabel 5.4 : Vergelijking indexcijfers ongevalskans.....	61
Tabel 5.5 : Vergelijking percentages omrijgedrag	62
Tabel 5.6 : Toetsing uitkomsten robuustheidscanner	63
Tabel 5.7 : Toetsing uitkomsten adk	64
Tabel 5.8 : Analyse wegvakken 8 en 10	65
Tabel 5.9 : Vergelijking aantal registraties alle wegvakken	66

1. Introductie

1.1 Inleiding

Het zal niemand ontgaan zijn dat het aantal files in Nederland op het hoofdwegennet alleen maar toeneemt. Vanwege de negatieve effecten van files, zoals reistijdverliezen, overlast en ergernis zijn gemeenten, provincies en het rijk aan het werk om de files in Nederland te bestrijden.

Naast de structurele files die ontstaan tijdens de ochtend- en avondspits, wordt een groot aantal files veroorzaakt door ongevallen. Uit onderzoek van Rijkswaterstaat (AVV 2006) blijkt dat 13% van het totaal aantal files op het Nederlandse hoofdwegennet ontstaat door ongevallen. Kouwenhoven et al. (2006) menen dat het totaal aantal voertuigverliesuren als gevolg van ongevallen in het jaar 2000 voor het totale Nederlandse hoofdwegennet 21% bedroeg. Tevens concluderen zij dat wanneer er geen maatregelen getroffen worden, dit percentage in 2020 gestegen is tot 25%, vanwege een toenemende verkeersdruk.

Een probleem van filebestrijding is dat er weinig eenvoudige, goedkope en op korte termijn uitvoerbare maatregelen voorhanden zijn. Naast het feit dat uitbreiding van het hoofdwegennet hoge kosten met zich meebrengt, is deze oplossing op veel plaatsen in Nederland vanwege ruimtegebrek niet mogelijk. De toepassing van beprijzen en van intelligent transport systems zijn reeds in ontwikkeling om een betere doorstroming te krijgen, zonder uitbreiding van het wegennet. Toch is er meer onderzoek nodig voordat deze geïmplementeerd kunnen worden.

De gedachte achter dit onderzoek is om op korte termijn een bijdrage te leveren aan het bestrijden van files in Nederland door een methode te presenteren waarmee kwetsbare wegvakken correct geïdentificeerd kunnen worden. Door het treffen van maatregelen op de meest kwetsbare wegvakken wordt zowel de doorstroming als de veiligheid op het Nederlandse hoofdwegennet verbeterd.

1.2 Probleembeschrijving

Voordat files als gevolg van ongevallen efficiënt en effectief aangepakt kunnen worden, is het noodzakelijk om de meest kwetsbare locaties te identificeren. Hierbij gaat het niet alleen om locaties waar vaak ongevallen plaatsvinden, maar ook om locaties waar ongevallen voor grote verkeershinder zorgen voor verkeer in het netwerk.

Het is aannemelijk dat de overheid het beschikbare budget voor het bestrijden van files zo efficiënt mogelijk wil besteden. Hiervoor is het noodzakelijk dat de kwetsbaarheid van wegvakken objectief bepaald kan worden. Het probleem is dat er geen algemeen aanvaarde en objectieve methode is om de kwetsbaarheid van verschillende wegvakken met elkaar te vergelijken. Hierdoor is de locatiekeuze voor het treffen van maatregelen om files als gevolg van ongevallen te bestrijden, niet te onderbouwen.

1.3 Doelstelling & hoofdvragen

Momenteel maakt Rijkswaterstaat gebruik van de robuustheidsscanner om kwetsbare wegvakken te bepalen en met elkaar te vergelijken. Deze applicatie genereert aan de hand van verkeersintensiteiten de kans op een ongeval en gaat uit van een herverdeling van het verkeer ten tijde van het ongeval. Verder is er onlangs een twee methode om kwetsbare wegvakken op te sporen geïntroduceerd door RWS Noord-Brabant. Hierin worden de geregistreerde files als gevolg van ongevallen gesommeerd per wegvak, zodat inzichtelijk wordt gemaakt op welk wegvak zich de meeste filekosten hebben ontwikkeld. Op beide methoden zijn een aantal zaken aan te merken, waardoor er niet met zekerheid gezegd kan worden dat de uitkomsten betrouwbaar zijn. Vandaar dat het doel van dit onderzoek is:

Het in kaart brengen van de relevante aspecten om de kwetsbaarheid van wegvakken te kwantificeren, zodat de methoden van Rijkswaterstaat verbeterd kunnen worden.

De hoofdvraag die dit onderzoek beantwoordt luidt als volgt:

- Op welke wijze kunnen empirische gegevens bijdragen aan het verbeteren van de huidige methoden aanwezig bij Rijkswaterstaat om kwetsbare wegvakken op te sporen?

Benadrukt wordt dat het onderzoek naar de identificatie van kwetsbare wegvakken gericht is op de verbetering van de doorstroming op het hoofdwegennet.

1.4 Werkwijze

Zonder kennis over de aspecten die de kwetsbaarheid van wegvakken bepalen, is het niet eenvoudig om een geschikte methode te vinden om deze wegvakken in kaart te brengen. Daarom zal in eerste instantie het algemene proces rond een ongeval nader onderzocht worden.

De meest relevante aspecten van deze procesbeschrijving voor de bepaling van kwetsbare wegvakken worden getoetst aan empirische gegevens. Zo wordt inzicht verkregen in de aspecten die werkelijk de kwetsbaarheid van een wegvak bepalen.

Vervolgens worden de twee methoden van Rijkswaterstaat getoetst aan de uitkomsten van de voorgaande analyse.

Uit deze toetsingen blijkt in hoeverre de werkwijze en de uitkomsten van de huidige methoden van Rijkswaterstaat correct zijn. Vervolgens zullen verbeteringen voor beide methoden worden voorgesteld.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport gaat in **hoofdstuk 2** verder met een beschrijving van het algemeen proces rond een ongeval. Dit heeft als reden om meer inzicht te verkrijgen in het proces voor, tijdens en na een ongeval.

Vervolgens wordt in **hoofdstuk 3** een literatuuronderzoek verricht, dat onder andere gericht is op de bestaande methoden om kwetsbare wegvakken te identificeren. Hier worden ook de methoden die aanwezig zijn bij Rijkswaterstaat uiteengezet. Als derde punt wordt de bepaling van de ongevalskans nageslagen in de bestaande literatuur.

Hoofdstuk 4 richt zich op de analyse van het algemene proces zoals beschreven in hoofdstuk 2. De twee aspecten die de kwetsbaarheid van een wegvak bepalen, de kans op een ongeval en de gevolgen hiervan, worden geanalyseerd. Deze analyse vindt plaats op basis van gegevens uit een ongevalsdatabase en minuutgegevens afkomstig van meetlussen in het wegennet.

In **hoofdstuk 5** worden relevante aspecten van de twee methoden van Rijkswaterstaat om kwetsbare wegvakken te identificeren getoetst aan de uitkomsten van de analyse uit hoofdstuk 4. Op basis van deze toetsingen wordt een conclusie getrokken over de correctheid van de werkwijzen en uitkomsten van deze methoden.

De aanpassingen van de robuustheidscanner worden in **hoofdstuk 6** voorgesteld. Overige relevante bevindingen voor verkeerssimulatiemodellen die kwetsbare wegvakken proberen op te sporen worden hier tevens vermeld.

In **hoofdstuk 7** worden de aanpassingen voorgesteld voor de methode 'analyse doorstromingsknelpunten'. Ook wordt hier aangegeven hoe de methode meer efficiënt kan worden uitgevoerd.

De conclusies van dit onderzoek worden samengevat in **hoofdstuk 8** en de aanbevelingen voor zowel nader onderzoek als voor de bestrijding van files als gevolg van ongevallen worden in **hoofdstuk 9** gedaan.

2. Beschrijving algemeen proces rond een ongeval

2.1 Inleiding

De verkeerssituaties voor, tijdens en na een ongeval zijn complex te noemen. Om hier meer inzicht in te verkrijgen, worden de verschillende stadia die relevant zijn voor dit onderzoek toegelicht.

Allereerst worden in paragraaf 2.2 de voornaamste ongevalsoorzaken op het hoofdwegennet van Zuid-Holland beschreven. Voor de twee voornaamste oorzaken wordt een verklaring gezocht. Deze worden in hoofdstuk 4 getoetst aan empirische gegevens, om hun juistheid te verifiëren.

In paragraaf 2.3 wordt uiteengezet welke rol de verkeerscentrale speelt en welke maatregelen deze doorgaans treffen ten tijde van een ongeval.

Hoe na het optreden van een ongeval een file zich uitbreidt wordt beschreven in paragraaf 2.4.

Verkeer dat gebruik wil maken van de weg waar het ongeval heeft plaatsgevonden, zal hinder ondervinden in de vorm van reistijdverlies. Ook zal verkeer dat andere routes neemt om de plaats van het ongeval te vermijden hinder ondervinden. Deze netwerkaspecten komen onder andere aan bod in paragraaf 2.5.

Wanneer de blokkade op de weg is opgeheven, zal de file geleidelijk oplossen en zal het oorspronkelijke verkeersbeeld zich op het betreffende wegvak herstellen. Deze situatie zal door middel van de schokgolftheorie verduidelijk worden in paragraaf 2.6.

De overige zaken rondom een ongeval, zoals bijvoorbeeld het incident management worden verder buiten beschouwing gelaten, omdat deze niet tot de kernzaken van dit onderzoek behoren.

2.2 Optreden van een ongeval

2.2.1. Ongeveldatabase BLIK

Voor de analyse van de ongevalsoorzaken is gebruik gemaakt van de BLIK database. BLIK staat voor Blackspots In Kaart. Deze database is beschikbaar bij Rijkswaterstaat en bevat gedetailleerde informatie over ongevallen, zoals rijrichting, hectometrering, datum, de toedracht van het ongeval en de aard van de botsing (kop-staart, flank, vangrail etc.). Wanneer een ongeval geregistreerd staat, zijn de gegevens betrouwbaar. Een nadeel van de database is dat deze niet compleet is, doordat sommige ongevallen niet geregistreerd worden. Dit kan enerzijds komen doordat ongevallen slechts een kleine impact hebben gehad, of door een communicatiestoornis waardoor de melding zonder opzet niet geregistreerd wordt. De analyse van de provincie Zuid-Holland is gedaan voor de jaren 2005-2007 en is gebaseerd op 10432 ongevalsregistraties.

2.2.2. Ongevalsoorzaken

De eerste gebeurtenis in het algemene proces is dat er zich een onveilige situatie voordoet waardoor een ongeval plaatsvindt. Om meer inzicht te verkrijgen in het ontstaan van ongevallen, wordt er naar de ongevalsoorzaken gekeken. Deze ongevallen hebben uiteenlopende oorzaken. Ter illustratie worden de meest voorkomende ongevalsoorzaken in de provincie Zuid-Holland in Tabel 2.1 weergegeven.

Oorzaak	%
Onvoldoende afstand	43
Fout inhalen/snijden	17
Slippen	8
Macht over stuur verliezen	7
Fout in-/uitvoegen	5
Verlies lading	3
Overig	17
Totaal	100

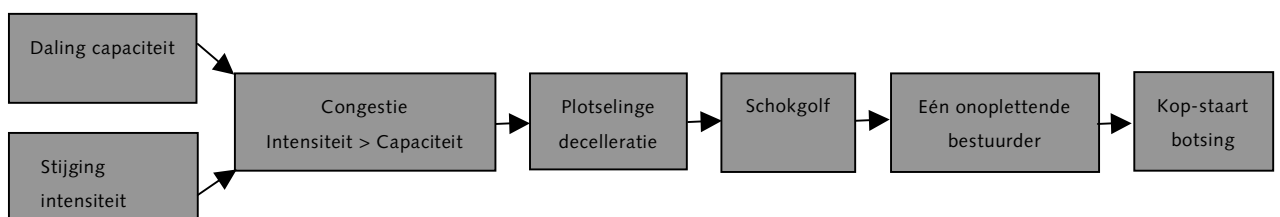
Tabel 2.1: Ongevalsoorzaken 2005-2007

Op het hoofdwegennet in Zuid-Holland blijkt dat een ongeval in 43% van de gevallen ontstaat door het onvoldoende afstand houden tot de voorganger. Dit resulteert in vrijwel alle gevallen (98%) in een kop-staartbotsing.

Het ontstaan van een kop-staartbotsing kan vanuit twee kanten benaderd worden: of de voorganger remt plotseling hard of de achteropkomende bestuurder rijdt te hard. Echter, in 0,3% van de gevallen is een te hoge snelheid de oorzaak geweest van een ongeval. Een kop-staartbotsing zal dus voornamelijk ontstaan door het plotseling remmen van de voorganger. Wanneer de achteropkomende bestuurder hier niet tijdig op anticipeert, zal de remweg te kort zijn om een botsing te vermijden.

Wanneer deze bestuurder echter nog net een botsing kan vermijden, is het de vraag of de bestuurder daarachter dit ook kan. Deze schokgolf aan remreacties zorgt dat er een grote kans ontstaat dat vroeg of laat één bestuurder te laat reageert.

De initiële oorzaak van de kop-staartbotsing houdt verband met de oorzaak waardoor het eerste voertuig plotseling vaart moet verminderen. Snelheidsvermindering op snelwegen vindt voornamelijk plaats wanneer er congestie ontstaat. Congestie ontstaat enerzijds doordat de verkeersvraag op een bepaald weggedeelte sterk stijgt, of dat bij een gelijkblijvende vraag de capaciteit daalt. Naast een fysieke reductie van de capaciteit zoals bij een wegversmalling, kan deze ook dalen door bepaalde geometrische aspecten van de weg, zoals een brugovergang of een scherpe bocht. Ook kunnen factoren zoals slechte weersomstandigheden van invloed zijn op de capaciteit van een weg. Het waarschijnlijke proces van het ontstaan van een kop-staartbotsing is in Figuur 2.1 weergegeven.



Figuur 2.1: Ontstaan van een kop-staartbotsing

De tweede hoofdoorzaak van ongevallen op het hoofdwegennet van de provincie Zuid-Holland is het fout inhalen of snijden van voertuigen. Aangezien het fout in- en uitvoegen een aparte oorzaakcode heeft (zie Tabel 2.1), kan gesteld worden dat het foutief inhalen van voertuigen niet plaatsvindt op in- en uitvoegstroken. In 64% van de gevallen van fout inhalen en snijden is de aard van het ongeval dat een voertuig aan de zijkant geraakt is. In 23% van de gevallen is er een kop-staartbotsing ontstaan.

Een mogelijke verklaring voor dit soort ongevallen is dat deze waarschijnlijk plaatsvinden op weefvakken. Vanwege het relatief grote aantal strookwisselingen, in tegenstelling tot een rijbaan zonder weefvakken, zal de kans dat een voertuig een ander voertuig snijdt en aan de zijkant raakt, groot zijn.

Wanneer er op één van de hoofdrijbanen congestie optreedt, is de mogelijkheid er dat ook op het betreffende gedeelte van het weefvak congestie optreedt. Op het andere deel van het weefvak kan het verkeer doorgaans vrij afstromen. De grote snelheidsverschillen zorgen ervoor dat verkeer dat wil invoegen in de file dit met een redelijk groot risico moet doen. Hier kunnen foute inhaalacties leiden tot kop-staart ongevallen.

2.3 Regeling Verkeerscentrale Nederland

Een ongeval kan er toe leiden dat meerdere rijstroken of wellicht de gehele rijbaan geblokkeerd raakt. Deze blokkade kan op een aantal manieren bekend worden bij de Verkeerscentrale Nederland (VCNL). Dit kan enerzijds gebeuren doordat het voorval gezien is op een monitoringscamera van de VCNL of dat andere weggebruikers het ongeval melden bij de politie, welke vervolgens de VCNL inlichten. Wanneer de melding binnen is, wordt het nodige aantal rijstroken afgekruid tot 2 of 3 matrixsignaleringsborden stroomopwaarts van het ongeval. Indien de afsluiting meer rijstroken betreft, zal het verkeer meermalen moeten ritsen. Dit zal tot gevolg hebben dat rijstroken voor grotere afstanden worden afgekruid.

2.4 Ontstaan van een file

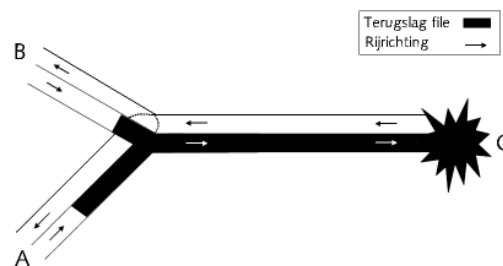
Op wegvakken waar de intensiteit dicht bij de capaciteit van de rijbaan ligt, zal een ongeval onvermijdelijk een file tot gevolg hebben. De capaciteit van het weggedeelte neemt namelijk sterk af door een aantal zaken. In de eerste plaats wordt de capaciteit fysiek gereduceerd door een afname van het aantal rijstroken. Ten tweede zal het verkeer langzamer rijden dan mogelijk vanwege een grotere voorzichtigheid en vanwege het kijkgedrag van bestuurders wanneer deze het voorval passeren. Hierdoor daalt de oorspronkelijke capaciteit van 2200 vtg/u van een rijstrook naar de afrijcapaciteit. Uit onderzoek van AVV in 1998 blijkt dat de afrijcapaciteit 1500 vtg/u bedraagt. Deze waarde is gebaseerd op metingen op een tweetal locaties. Voigt et al. (2007) hebben in 2006 een praktijkproef opgezet om de afrijcapaciteit te meten. Bij het ritsen van twee naar één strook hebben zij een waarde gemeten van 1300 vtg/u. Wanneer de intensiteit hoog blijft, zal vanwege de verschillende oorzaken van de capaciteitsvermindering een file ontstaan stroomopwaarts van het ongeval.

2.5 Netwerkeffecten

Nadat een file als gevolg van een ongeval is ontstaan, vinden er een aantal zaken in het netwerk plaats, welke in deze paragraaf worden behandeld. In de eerste plaats kunnen er netwerkeffecten optreden vanwege de terugslag van een file. De opties die bestuurders op dat moment hebben worden toegelicht. Hierna wordt behandeld of er een mogelijk verschil is tussen het routekeuzegedrag tijdens de ochtend- en de avondspits.

2.5.1. Hinder voor verkeer op andere routes

Een file veroorzaakt door een ongeval hoeft niet alleen negatieve gevolgen te hebben voor verkeer dat in de file terechtkomt. Naarmate de filelengte toeneemt, wordt de kans groter dat het overige verkeer in het netwerk ook hinder ondervindt. Zo kan de terugslag van een file ervoor zorgen dat een afrit op een eerder gelegen deel van het weggedeelte niet meer vrij begaanbaar is. Ook kan de file terugslaan tot voorbij een knooppunt zodat verkeer op andere routes hierdoor vertraging oploopt. Dit laatste wordt aan de hand van Figuur 2.2 geïllustreerd. Het ongeval blokkeert de weg richting C, maar verkeer dat van A naar B wil zal hinder ondervinden van de file veroorzaakt door het ongeval.



Figuur 2.2: Terugslag file kan verkeer op andere routes hinderen

2.5.2. Rerouting

Een volgend netwerkaspect is dat automobilisten gebruik kunnen maken van een andere route wanneer op hun geplande route een ongeval heeft plaatsgevonden. In het eerste stadium van het ongeval is bij de weggebruikers nog niet bekend dat een weggedeelte geblokkeerd is geraakt. Automobilisten behouden gedurende deze periode hun oorspronkelijke route en zullen in de file terechtkomen of deze mede veroorzaken. Na verloop van tijd is de plaats van het ongeval en de hierbij optredende file bekend bij een groot deel van de automobilisten via radio of navigatiesysteem. De automobilist kan zich nu afvragen of er een alternatieve route beschikbaar is, zodat de file te vermijden is. Wanneer dit alternatief aanwezig is, rijst de vraag of de automobilist eerder op zijn bestemming arriveert als hij voor deze route kiest. Naast de waarschijnlijkheid dat de alternatieve route langer is dan de oorspronkelijke route, kan op deze route ook congestie voorkomen. Tevens kan op deze route de kans op congestie toenemen, doordat een groot deel van de automobilisten er voor kiest om van dit alternatief gebruik te maken. Het voorgaande kan tot gevolg hebben dat het aanpassen van de route geen kortere reistijd oplevert en dat achteraan aansluiten in de file misschien wel de kortste reistijd met zich meebrengt. Dit zou betekenen dat andere wegen in het netwerk wellicht niet significant zwaarder belast worden, wanneer op een andere link een ongeval heeft plaatsgevonden.

2.5.3. Verschil routekeuzegedrag ochtend- en avondspits

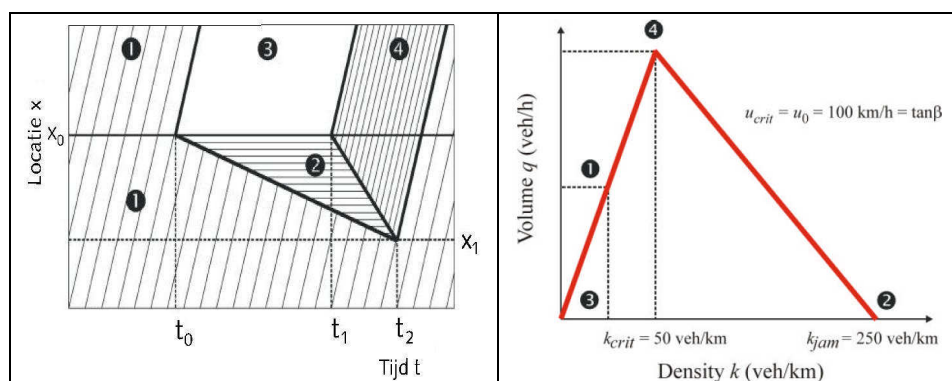
Er is een mogelijk verschil denkbaar in het gebruik maken van alternatieve routes tijdens de ochtendspits en tijdens de avondspits. In de eerste plaats is het waarschijnlijk dat verkeer in de ochtendspits geen keuze heeft om eerder of later van huis te vertrekken. Elke werknemer wordt meestal rond dezelfde tijd verwacht op het werk. Vanwege het feit dat er op bepaalde trajecten vrijwel iedere werkdag file staat, zal het verkeer tijdens de ochtendspits niet snel geneigd zijn een andere route kiezen ten tijde van een file. Verder is het twijfelachtig of automobilisten 's ochtends vroeg voor vertrek het filenieuws bekijken of beluisteren en hierop hun routekeuze baseren.

In de avondspits liggen een aantal zaken echter anders. In de eerste plaats kan er op het werk meer de tijd genomen worden om file-informatie via het internet te verkrijgen. In tegenstelling tot 's ochtends vroeg kan dit in 'de baas z'n tijd' gedaan worden. Stel dat bekend is dat er als gevolg van een ongeval een lange file staat op de geplande route van de automobilist, dan heeft deze een aantal mogelijkheden. In de eerste plaats kan hij bekijken of er een alternatieve route beschikbaar is en of het nemen van deze route een kortere reistijd oplevert. Ook kan hij besluiten om zijn vertrek uit te stellen in de hoop om op een later tijdstip minder hinder van het ongeval te ondervinden. Verder kan de automobilist ook besluiten om noch zijn vertrektijd, noch zijn route aan te passen en achteraan in de file aan te sluiten.

Wanneer verkeer andere routes neemt als gevolg van een ongeval zal dit waarschijnlijk niet plaatsvinden tijdens de ochtendspits. Ook is tijdens de avondspits te betwijfelen of het nemen van andere routes een kortere reistijd oplevert. Tijdens de spits zijn staat er op meer plaatsen file, dus het aantal alternatieve routes dat een reistijdwinst oplevert zal niet groot zijn.

2.6 Oplossen van een file

Nadat de blokkade is verwijderd door de betreffende hulpdienst, zal het volledig aantal rijstroken weer beschikbaar zijn voor de verkeersafwikkeling. Wanneer de totale afrijcapaciteit groter is dan de intensiteit zal de file geleidelijk korter oplossen. Dit zal vanaf de kop van de file gebeuren tot uiteindelijk de staart van de file bereikt is en de file in zijn geheel verdwenen is. In Figuur 2.3 is te zien dat de gevolgen van het ongeval zich langer voordoen dan de duur van de blokkade. De blokkade is immers opgeheven op tijdstip t_1 , maar de gevolgen zijn pas verdwenen op tijdstip t_2 . De file is dan het langst en is teruggeslagen tot de locatie x_1 .



Figuur 2.3: Schokgolftheorie

t_0 = tijdstip voorval, blokkade rijstrook, begin file.

t_1 = tijdstip opheffing blokkade.

t_2 = einde file.

x_0 = locatie ongeval

x_1 = terugslag file tot dit punt

3. Onderzoek bestaande methoden

3.1 Inleiding

De problematiek rond het identificeren van kwetsbare schakels in een netwerk is geen onbekend fenomeen. Berdica (2002) heeft een uitgebreide samenvatting gegeven over welke onderzoeken er reeds hebben plaatsgevonden op dit gebied en nog belangrijker, wat in de toekomst gedaan zou moeten worden om kwetsbare schakels in een netwerk meer correct te kunnen identificeren. Ze geeft aan dat de onderzoeken die zijn uitgevoerd als nadeel hebben dat deze, afgezien van enkele specifieke vragen, niet het grotere algemene vraagstuk oplossen: een algemeen aanvaarde methode om de kwetsbaarheid van een netwerk in kaart te brengen. Ze benadrukt dat wanneer niemand een eis aan deze methoden stelt, verder onderzoek uiteindelijk zinloos is, omdat de gevonden methoden door niemand gebruikt zullen worden.

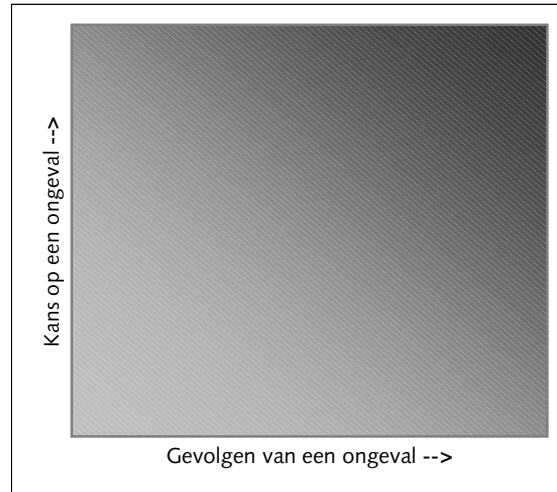
Naast de methoden die beschreven worden in het rapport van Berdica (2002) beschikt Rijkswaterstaat zelf over twee methoden om kwetsbare schakels binnen een netwerk op te sporen. De eerste betreft een model genaamd de robuustheidsscanner. De tweede heeft als naam 'analyse van doorstromingsknelpunten als gevolg van incidenten', welke gebaseerd is op filemeldingen van de Verkeerscentrale Nederland.

Doel van dit hoofdstuk is om inzicht te krijgen in de bestaande methoden en de problemen rond het identificeren van kwetsbare schakels in kaart te brengen.

Dit vangt aan in paragraaf 3.2 met onderzoek naar de bepaling van de ongevalskans in de huidige methoden. Vervolgens komen in paragraaf 3.3 de verschillende onderzoeken die hebben plaatsgevonden naar de bepaling van kwetsbare wegvakken aan bod. Tevens wordt hier het verschil behandeld tussen methoden met en zonder voorspellend karakter. De twee methoden van Rijkswaterstaat worden behandeld in paragraaf 3.4 en 3.5. Op basis van de uiteenzetting van hun werkwijze worden punten geselecteerd die getoetst zouden moeten worden. Ook wordt vermeld op welke wijze deze toetsingen dienen te geschieden.

3.2 Literatuuronderzoek ongevalskans

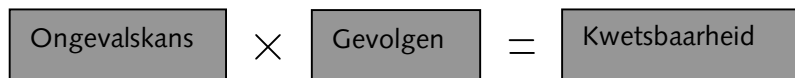
Kwetsbare schakels in een netwerk worden gedefinieerd als schakels waar een daling in de capaciteit grote nadelige effecten voor het netwerk heeft, en waar de kans op een ongeval groot is. Deze schakels worden weergegeven door het donkere gebied in Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Definitie kwetsbare wegvakken

Het kan voorkomen dat er grote nadelige gevolgen voor het totale netwerk optreden als een bepaalde schakel uitvalt. Als echter blijkt dat een ongeval op deze schakel zelden voorkomt, dan wordt de link toch niet als kwetsbaar gezien. Anderzijds kunnen er op bepaalde wegvakken veel ongevallen plaatsvinden, waarvan de nadelige gevolgen niet groot zijn.

Om de kwetsbaarheid van schakels met elkaar te kunnen vergelijken, zodat hier investeringskeuzes voor maatregelen op gebaseerd kunnen worden, is de bepaling van de ongevalskans ten minste even belangrijk als een juiste bepaling van de gevolgen van een ongeval. (Figuur 3.2)



Figuur 3.2: Relevantie ongevalskans

Het bepalen van de ongevalskans voor wegvakken brengt een aantal moeilijkheden met zich mee. In de eerste plaats is er weinig onderzoek gedaan naar de bepaling van deze kans. De onderzoeken die hebben plaatsgevonden concluderen dat de ongevalskans van veel verschillende factoren afhankelijk is, en dat daarom een realistische bepaling vrijwel onmogelijk is.

Hierom hebben Tamminga et al. (2008) alleen gebruik gemaakt van variabelen die kwantificeerbaar en relatief eenvoudig te implementeren zijn in hun verkeersmodel, de robuustheidsscanner. De berekening van de ongevalskans is gebaseerd op de formule bepaald door de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV):

$$\text{Kans op ongeval} = \alpha \times \text{Intensiteit} \times \text{Lengte}$$

(autosnelweg $\alpha = 0,06$ N-weg $\alpha = 0,18$)

De formule gebruikt de intensiteit op een wegvak als één van de twee parameters om de ongevalskans te bepalen. Deze veronderstelling hebben Tampère et al. (2007) ook gemaakt om hun automatisch gegenereerde lijst met kwetsbare schakels in te korten. Er wordt echter geen rekening gehouden met de capaciteit van de weg. Een hoge intensiteit hoeft namelijk niet te leiden tot meer ongevallen. 4000 voertuigen per uur op een 4-strooks weg zullen minder gevaar met zich meebrengen dan dezelfde hoeveelheid voertuigen op een 2-strooks weg. Het is dus van belang dat wanneer de intensiteit als parameter gebruikt wordt, er ook rekening wordt gehouden met de capaciteit van het weggedeelte.

De tweede invoerparameter in de formule van de SWOV is de weglengte. Deze lijkt op een juiste manier toegepast te zijn. Wanneer de blootstelling namelijk twee maal zo lang duurt, zal de kans op een ongeval ook verdubbelen. De blootstelling is echter geen absolute maat om de kans op een ongeval te bepalen. Wegvakken met een kleinere lengte krijgen op deze manier van berekenen nooit een hoge ongevalskans toegekend. Dit terwijl er op een kort weggedeelte best veel ongevallen kunnen plaatsvinden door een discontinuïteit in de rijbaan. Wanneer de wegvaklengte dus weinig invloed heeft op de werkelijke ongevalskans, blijft alleen de intensiteit op het wegvak over als indicatie van deze kans. Deze berekening is alleen geldig wanneer ongevallen willekeurig plaatsvinden en wanneer deze niet veroorzaakt worden door een discontinuïteit van de rijbaan. Belangrijke aspecten zoals de aanwezigheid van aansluitingen, wegversmallingen, de capaciteit van de weg en het aantal stroken worden in deze formule niet meegenomen.

Een andere opmerking over de formule is dat er gebruik wordt gemaakt van een factor voor autosnelwegen en voor N-wegen. Deze twee factoren zijn gebaseerd op incomplete ongevalsgegevens. Er is namelijk alleen gebruik gemaakt van ongevalsgegevens waar slachtoffers zijn gevallen. Ongevallen op snelwegen resulteren echter voor 85% (BLIK 2005-2007) in uitsluitend materiele schade. Voor een juiste bepaling van de factoren hadden deze ongevallen ook meegenomen moeten worden.

Zowel Tamminga et al. (2008) als Tampère et al. (2007) geven aan dat de ongevalskans van veel factoren afhankelijk is. Tampère et al. (2007) geven ook nog aan dat de ongevalskans vanwege de tijdsdruk op een zeer eenvoudige manier bepaald is. Toch hebben beide gekozen om gebruik te maken van de formule bepaald door de SWOV.

Het voorgaande benadrukt dat er nog geen algemeen aanvaarde en theoretisch onderbouwde methode bestaat om de ongevalskans op snelwegen te bepalen. Toch blijkt dat een juiste bepaling van de ongevalskans essentieel is in het identificeren van kwetsbare wegvakken. Tijdens de algemene procesbeschrijving is naar voren gekomen dat ongevallen op snelwegen voornamelijk plaatsvinden door onvoldoende afstand houden en foutief inhalen en/of snijden. Dit zijn aspecten die in de huidige modellen niet bekeken zijn en wellicht een verklaring kunnen zijn voor de werkelijk optredende ongevalskans. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de oorzaak van de twee ongevalsoorten achterhaald kan worden en of dit samengevat kan worden in een algemeen geldende regel.

3.3 Literatuuronderzoek bestaande methoden

Er zijn twee typen methoden beschikbaar om kwetsbare netwerkschakels te identificeren. Zo wordt in de eerste plaats gebruik gemaakt van verkeerssimulatiemodellen. Hierbij is een voor de hand liggende methode om op elke schakel van het netwerk een ongeval te simuleren en te bekijken welke gevolgen dit voor het netwerk heeft. Vanwege de aanzienlijke rekentijd die dit met zich meebrengt, is deze methode nog niet toegepast (Tampère et al. 2007). Deze methode is echter wel toepasbaar wanneer er gebruik wordt gemaakt van een statische toedeling van het verkeer. Een nadeel hiervan is dat congestieverschijnselen en de op- en afbouw van files niet gerepresenteerd worden. Knoop et al. (2007) concluderen dat kwetsbare links niet geïdentificeerd kunnen worden met een simulator zonder terugslag. Slechts 35% van de variaties van gevolgen van een blokkade in een simulator met terugslag zouden gegenereerd kunnen worden door een simulator zonder terugslag.

Vanwege de grote rekeninspanning van dynamische modellen en de onnauwkeurigheid van statische modellen, hebben Tampère et al. (2007) gezocht naar een oplossing voor dit probleem. Voordat ongevallen gesimuleerd werden, is een lijst opgesteld met mogelijk kwetsbare schakels. De eerste reden om een link op te nemen in deze lijst is als de intensiteit op de link dicht tegen de maximale capaciteit aan zit. De lijst wordt verder uitgebreid met schakels waar terugslag naar de stroomopwaarts gelegen schakels relatief snel plaatsvindt. Als laatste worden schakels toegevoegd die het oplossen van een file aanzienlijk vertragen vanwege hun lage capaciteit. Dit automatische proces heeft als gevolg dat er een lange lijst ontstaat met mogelijk kwetsbare schakels. Om simulaties mogelijk te maken moet deze lijst worden uitgedund tot een kleiner aantal schakels. Hiervoor wordt gekeken naar aspecten zoals de kans van het optreden van een ongeval, de topologie van het netwerk en de mogelijkheid om door een aangepaste routekeuze de ongevalslocatie te vermijden. Zoals Tampère et al. (2007) aangeven heeft dit als nadeel dat het een nogal subjectief proces betreft, waarbij de tussenkomst van verkeersexperts onvermijdelijk is. Tevens heeft dit als nadeel dat het proces veel tijd in beslag neemt, omdat handmatige selectie nodig is.

Het grootste nadeel van gebruik van verkeerssimulatiemodellen is dat er geen werkelijke data van de herverdeling van het verkeer beschikbaar is. Deze data is echter wel noodzakelijk om de modellen te kalibreren en te valideren (Berdica, 2002). Voor het verder ontwikkelen van theoretische modellen is het van groot belang dat er meer kennis vergaard wordt over het routekeuzegedrag van weggebruikers ten tijde van een verstoring op de weg (Small et al., 1995).

In tegenstelling tot het voorspellend karakter van verkeerssimulatiemodellen, kan er ook gebruik worden gemaakt van methoden om kwetsbare schakels identificeren op basis van empirische gegevens. Naast de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' heeft er ook ander onderzoek plaatsgevonden op basis van empirische gegevens. Kouwenhoven et al. (2006) hebben getracht om een inschatting te maken van de invloed van ongevallen op de bereikbaarheid. Zij hebben op 81 verschillende trajecten gekeken naar de voertuigverliesuren die zijn opgetreden als gevolg van files ontstaan door ongevallen. Op basis van de resultaten is een schatting gemaakt van het totaal aantal voertuigverliesuren als gevolg van ongevallen op het Nederlandse hoofdwegenet. Deze schatting heeft plaatsgevonden op basis van de uitkomsten van het Landelijk Model Systeem (LMS).

Een nadeel van dit onderzoek is dat er gebruik is gemaakt van een incomplete database met ongevalsgegevens. Ongevallen met uitsluitend materiële schade komen slechts in 15% van de gevallen voor in de database. Dit zijn echter de ongevallen die het meeste voorkomen op het hoofdwegennet. Ook zorgen de ongevallen met ernstige afloop meestal voor langere files omdat een weggedeelte om verschillende redenen langer geblokkeerd blijft. Beide aspecten zorgen voor een vertekend beeld van de daadwerkelijk opgetreden filezwaarte.

Verder merken Kouwenhoven et al. (2006) op dat de distributies van snelheden en intensiteiten zoals in de Monica data (meetlussen wegdek) is waargenomen en zoals die door het LMS worden berekend, van elkaar verschillen. Er wordt echter niet aangegeven hoe groot deze afwijking is. Toch is deze opmerking waardevol om mee te nemen wanneer er gekeken wordt naar bestaande verkeersmodellen, omdat hier mee de juistheid van de input van sommige verkeersmodellen, waaronder de robuustheidsscanner, te betwijfelen valt. Ondanks bovenstaande nadelen blijft een sterke punt van deze methode dat hij gebaseerd is op empirische data. Hoewel de data wat betreft ongevallen niet compleet is, is het gebruik van data voor de intensiteitberekening uit monicalussen meer nauwkeurig dan de intensiteiten afkomstig uit het LMS.

Hieruit blijkt dat de input voor welke methode dan ook, van essentieel belang is voor de uitkomsten van de methode. Goede en betrouwbare input zorgt samen met een juiste methode voor waardevolle uitkomsten. Wanneer één van de twee echter ontbreekt worden de uitkomsten discutabel.

Een minder sterk punt van de methode van Kouwenhoven et al. (2006) is dat de voertuigverliesuren alleen berekend zijn voor het verkeer op de onderzochte schakel en niet voor verkeer dat alternatieve routes neemt. Ook zijn terugslageffecten op stroomafwaarts gelegen delen, op kruisende snelwegen en op het onderliggende wegennet niet nader onderzocht.

Een ander belangrijk aspect dat niet meegenomen is in de methode, is in hoeverre structurele files van invloed zijn geweest op de files ontstaan door ongevallen. De voertuigverliesuren worden namelijk voor de hele ontstane file bepaald en toegekend aan het ongeval, terwijl er wellicht ook een file zou zijn ontstaan zonder dat er een ongeval had plaatsgevonden. Het weglaten van dit aspect geeft een vertekend beeld van het daadwerkelijke aantal voertuigverliesuren dat is opgetreden als gevolg van ongevallen.

3.3.1. Bepaling kwetsbaarheid heden vs. de toekomst

Er is een verschil te onderkennen tussen de verschillende methoden om kwetsbare wegvakken te identificeren. Zo zijn er enerzijds methoden gericht op de bepaling van kwetsbare wegvakken in de huidige situatie. Andere methoden trachten echter een voorspelling te geven van kwetsbare wegvakken in de toekomstige situatie.

De twee methoden om kwetsbare wegvakken te bepalen, welke aanwezig zijn bij Rijkswaterstaat, vertegenwoordigen beide soorten methoden. De robuustheidsscanner tracht een voorspelling te geven van de kwetsbaarheid, waar de analyse doorstromingsknelpunten inzicht probeert te geven in de huidige situatie.

De beide soorten methoden hebben gemeen dat ze gebaseerd moeten zijn op een juiste definitie van kwetsbaarheid.

De indicatoren om tot juiste resultaten te komen zullen echter wel verschillend zijn. Voorspellende methoden zullen gebruik moeten maken van een juiste bepaling van de ongevalskans en ook van een juiste berekening van de gevolgen van een ongeval. Methodes om huidige kwetsbare wegvakken te identificeren moeten daarentegen gebruik maken van betrouwbare databronnen, welke relevante informatie voor de bepaling van de kwetsbaarheid bevatten.

De analyse in hoofdstuk 4 zal voornamelijk gericht zijn op een verbetering van voorspellende methoden. De analyse doorstromingsknelpunten zal echter net als de robuustheidsscanner behandeld, getoetst en indien nodig verbeterd worden.

Zo worden er twee methoden gepresenteerd zodat zowel in de huidige als in de toekomstige situatie, kwetsbare wegvakken geïdentificeerd kunnen worden.

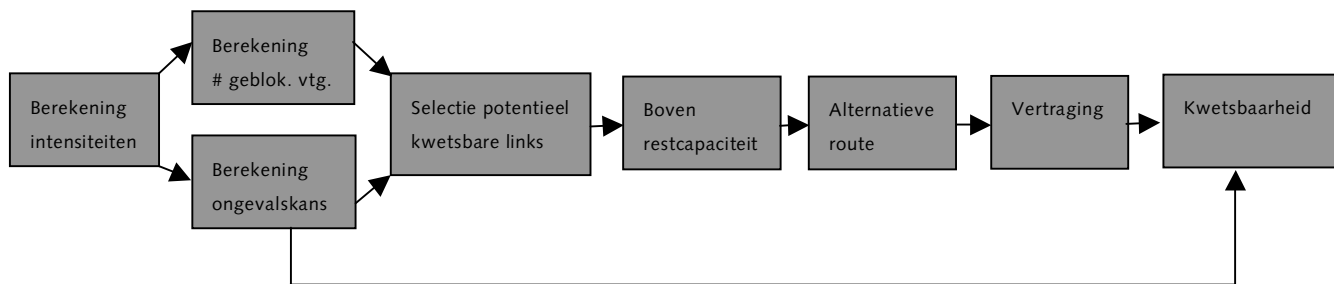
3.4 RWS methode 1: De robuustheidsscanner

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat heeft in samenwerking met de Grontmij een methode ontwikkeld om de kwetsbaarheid van verschillende wegvakken binnen een netwerk te bepalen: de robuustheidsscanner.

Deze kwetsbare wegvakken worden gedefinieerd als wegvakken waar een daling van de capaciteit leidt tot een grote toename in reistijd voor het verkeer in het netwerk. Deze toename van de reistijd wordt gevonden door de extra reistijden te berekenen voor verkeer dat omrijdt over het hoofd- en/of onderliggend wegennet ten gevolge van het ongeval. Om de kans van een ongeval te bepalen wordt de aanname gedaan dat deze afhankelijk is van het wegtype, de wegvaklengte en het afgelegde aantal voertuigkilometers op het wegvak. Er is namelijk uitsluitend gebruik gemaakt van variabelen die kwantificeerbaar zijn en relatief eenvoudig te implementeren zijn in het verkeersmodel (Schreuder et al., 2008). De combinatie van kans op een ongeval en de gevolgen ervan wordt gezien als de kwetsbaarheid van een wegvak. De robuustheidsscanner maakt vervolgens een rangschikking van de meest kwetsbare wegvakken binnen een netwerk.

3.4.1. Werkwijze

In Figuur 3.3 is de werkwijze van de robuustheidsscanner samengevat.



Figuur 3.3: Stroomschema Robuustheidsscanner

De robuustheidsscanner baseert zijn berekeningen op aangeleverde intensiteiten voor het netwerk. Omdat de scanner geïmplementeerd is in het Landelijk Model Systeem (LMS) en ook in het Nieuwe Regionale Model (NRM) kan de benodigde data hieruit gehaald worden. Het NRM berekent de verkeersstromen tijdens de spits (7:00-9:00 en 16:00-18:00) en gebruikt hiervoor de Volume Averaging methode om een gebruikersevenwicht te verwezenlijken. De distributies van snelheden en intensiteiten van het LMS verschillen echter van empirische data (Kouwenhoven et al., 2006). Dit zou als oorzaak kunnen hebben dat zowel het LMS als het NRM gebruik maken van een statisch verkeersmodel.

Vanwege het feit dat een nauwkeurige analyse van iedere link in het netwerk te veel rekentijd in beslag neemt, wordt eerst een grove selectie gemaakt van potentieel kwetsbare wegvakken. Deze selectie vindt plaats op basis van link-karakteristieken. In de eerste plaats wordt de ongevalskans berekend door gebruik te maken van de formule bepaald door de SWOV:

$$\text{Kans op ongeval} = \alpha \times \text{Intensiteit} \times \text{Lengte}$$

(autosnelweg $\alpha = 0,06$ N-weg $\alpha = 0,18$)

Naast de bepaling van de ongevalskans wordt het aantal geblokkeerde voertuigen als gevolg van de capaciteitsbeperking berekend. Dit aantal is al het verkeer dat na het afkruisen van rijstroken niet meer afgewikkeld kan worden op de resterende rijstroken. Het aantal rijstroken dat geblokkeerd raakt kan ingesteld worden door de gebruiker, zodat verschillende scenario's onderzocht kunnen worden. Ook kan de gebruiker instellen hoe hoog de restcapaciteit van de niet afgekruiste rijstroken is. Door de berekende ongevalskans te vermenigvuldigen met het aantal geblokkeerde voertuigen wordt een eerste grove selectie gemaakt van potentieel kwetsbare wegvakken (Schreuder et al., 2008).

Nadat de eerste selectie heeft plaatsgevonden worden deze wegvakken nader onderzocht op de effecten die het ongeval heeft op het netwerk. De gebruiker stelt het aantal links in dat nader onderzocht wordt. Dit aantal loopt uiteen van 100 tot 500 links afhankelijk van de grootte van het netwerk en de voorkeur van de gebruiker.

De robuustheidsscanner gaat er vanuit dat al het verkeer dat niet meer afgewikkeld kan worden op de resterende rijstroken omgeleid wordt via een andere route. Dit gebeurt door deze fractie van het verkeer opnieuw toe te delen aan het netwerk. De link die gedeeltelijk geblokkeerd is geraakt wordt nu volledig afgesloten zodat het verkeer gedwongen wordt alternatieve routes te nemen. Ook wordt er aangenomen dat vrachtverkeer zijn oorspronkelijke route behoudt omdat alternatieve routes vaak lokale wegen betreffen. Het geblokkeerde en omgeleide verkeer bevat dus uitsluitend personenauto's (Kraan M.E. en J.C. Zee 2006).

De afsluiting van de betreffende link zal tot gevolg hebben dat de intensiteiten op andere links veranderen. Daarom worden de reistijden en snelheden op deze links herberekend. Met deze informatie wordt de totale reistijd in het netwerk voor alle voertuigen bepaald in de situatie met en zonder ongeval. Zo wordt voor iedere nader onderzochte link bekend wat de extra reistijd in het netwerk is, indien de link geblokkeerd raakt. De kans op een ongeval vermenigvuldigd met deze extra reistijd geeft de kwetsbaarheid van het betreffende wegvak (Schreuder et al. 2008).

Figuur 3.4 is toegevoegd om een indruk te geven van de uitkomsten van de robuustheidsscanner (Kraan M.E. en J.C. Zee 2006).

Rang-orde	Wegvak	Wegvak-lengte (km)	Intensiteit (mvt)	Kans op incident [=SWOV- oef *a*b] (index)	Geblokkeerd verkeer (pae)	Potentiele kwetsbaarheid [=c*d] (rang-orde)	Extra reistijd (index)	Kwetsbaarheid-score [=c*f] (index)
		a	b	c	d	e	f	g
1	A1 Muiden - Diemen	3.28	8111	100	3855 (46%)	4	100	100
2	A1 Muidenberg - Muiderslot A16 Klaverpolder - 's Gravendeel	2.42	8191	75	3932 (47%)	9	118	88
3	(Moerdijkbrug)	7.76	5008	125	2853 (49%)	5	62	78
4	A4 Burgerveen - Hoofddorp	5.99	7981	174	2930 (35%)	2	44	76
5	A12 Zoetermeer - Nootdorp	4.49	5855	100	3007 (50%)	7	65	66

Figuur 3.4: Voorbeeld uitkomsten Robuustheidsscanner; analyse Nederland

3.4.2. Voordelen

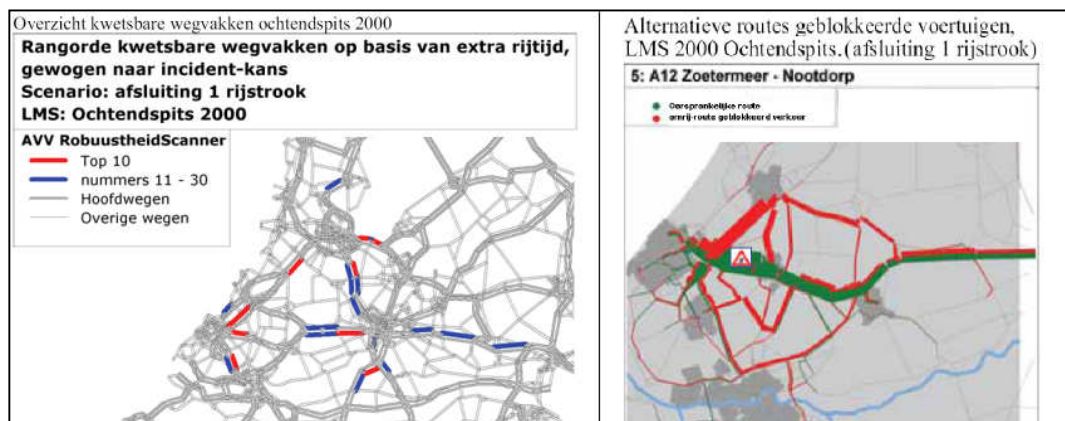
De voordelen van de robuustheidsscanner worden in eerste instantie puntsgewijs weergegeven. Hierna zullen deze verder toelicht worden. De voordelen van de robuustheidsscanner zijn als volgt:

- Mogelijk om een groot netwerk snel te onderzoeken.
- Mogelijkheid tot verandering parameters, zodat verschillende scenario's eenvoudig zijn door te rekenen.
- Resultaten snel inzichtelijk via grafische mogelijkheden.
- Voorspellend karakter, wat inzicht biedt in toekomstig kwetsbare wegvakken.

De robuustheidsscanner heeft als voordeel dat een groot netwerk in korte tijd onderzocht kan worden op kwetsbare wegvakken. Doordat de methode gebaseerd is op het Nationaal Regionaal Model is de benodigde data beschikbaar voor elke provincie van Nederland. Kwetsbare links van verschillende provincies kunnen op deze manier eenvoudig met elkaar vergeleken worden.

Naast het feit dat de user-interface van de applicatie gebruiksvriendelijk is, stelt deze de gebruiker in staat om diverse parameters te veranderen, zoals het aantal geblokkeerde rijstroken, de restcapaciteit van de beschikbare stroken en de hoeveelheid nader te onderzoeken links. Hierdoor is het mogelijk om verschillende scenario's voor hetzelfde netwerk eenvoudig door te rekenen en met elkaar te vergelijken (Kraan M.E. en J.C. Zee 2006).

De robuustheidsscanner biedt tevens de mogelijkheid om de resultaten inzichtelijk te maken via kaarten van het netwerk. In deze kaarten kunnen naast de kwetsbare wegvakken ook de alternatieve routes getoond worden voor iedere onderzochte link (Figuur 3.5).



Figuur 3.5: Grafische mogelijkheden robuustheidsscanner

Aangezien de intensiteiten voor het jaar 2020 berekend zijn in het NRM, kan op basis van deze data een voorspelling gedaan worden van de meest kwetsbare wegvakken in het jaar 2020. Deze uitkomsten stellen gemeentes, provincies en de overheid in staat om kwetsbare wegvakken die in de toekomst zullen ontstaan, op dit moment aan te pakken, zodat negatieve effecten van deze wegvakken voorkomen kunnen worden.

3.4.3. Nadelen

De nadelen van de robuustheidsscanner, welke vervolgens toegelicht zullen worden, zijn de volgende:

- Het betreft een statisch model.
- Een foutieve bepaling van de ongevalskans.
- Een incorrecte bepaling van het geblokkeerde aantal voertuigen.
- Er worden geen reistijdverliezen toegekend aan verkeer dat hun oorspronkelijke route behoudt.
- De dubieuze aanname dat al het verkeer boven de restcapaciteit een andere route neemt.
- De aanname dat alleen vrachtverkeer zijn oorspronkelijke route behoudt, is te betwijfelen.

Vanwege de lange rekentijd en de complexiteit van dynamische modellen is de methode gebaseerd op een statisch model. Het gebruik van een statisch model is volgens Tampère et al. (2007) de enige manier om voor iedere link na te gaan wat de netwerkeffecten zijn ten tijde van een capaciteitsbeperking. Het gebruik hiervan heeft onder andere als nadeel dat de terugslag van files niet gesimuleerd wordt. Volgens Knoop en Hoogendoorn (2007) is een simulator zonder terugslag niet in staat om kwetsbare schakels in kaart te brengen. Tevens worden netwerkeffecten, zoals het geblokkeerd raken van afslagen of andere wegen niet gesimuleerd in de robuustheidsscanner. Dit is echter wel een cruciaal aspect wanneer getracht wordt de gevolgen van files als gevolg van ongevallen in kaart te brengen.

Een ander minder sterk punt van de methode is de bepaling van de ongevalskans op basis van de formule opgesteld door de SWOV. Uit paragraaf 3.2 is gebleken dat de bepaling van deze kans waarschijnlijk niet juist is. Deze gegenereerde ongevalskans is niet alleen bepalend voor de eerste grove selectie van wegvakken, maar is ook van groot belang bij de uiteindelijke bepaling van de mate van kwetsbaarheid.

Een volgende opmerking betreft de toedeling van voertuigen aan het netwerk ten tijde van de simulatie van de capaciteitsbeperking van een link. Wanneer al het geblokkeerde verkeer omgeleid wordt en de intensiteit op de link daarmee gelijk wordt aan de gereduceerde capaciteit, dan zal dat tot gevolg hebben dat er geen reistijdverliezen toegekend worden aan het verkeer dat zijn oorspronkelijke route behoudt. Dit komt echter niet overeen met de werkelijkheid, omdat er vrijwel altijd een file ontstaat wanneer een ongeval plaatsvindt op het hoofdwegennet tijdens de spits

De veronderstelling dat al het verkeer dat boven de gereduceerde capaciteit uitkomt een andere route neemt is ook twijfelachtig. Het verkeer wordt opnieuw toegedeeld aan het netwerk, maar nu zonder de link waar het ongeval gesimuleerd is. Er wordt verondersteld dat automobilisten voor de aanvang van hun rit al weten dat er een ongeval op een bepaalde link plaatsvindt. In werkelijkheid is dit vaak niet het geval, omdat automobilisten pas gedurende hun rit een melding van het ongeval binnen krijgen. De bestuurder is er dan reeds van uitgegaan dat de betreffende link beschikbaar is en heeft dit laten meespelen in zijn routekeuze. Wanneer de melding van het ongeval de automobilist bereikt, is het te betwijfelen of er op dat moment nog gelegenheid is tot het nemen van een alternatieve route. Bij de herverdeling van het verkeer wordt de routekeuze gemaakt op basis van de kortste route. Het verkeer wordt daarom vaak over lokale wegen gestuurd (Figuur 3.5). Het is meer

realistisch dat het verkeer op het hoofdwegennet blijft in plaats van gebruik te maken van lokale wegen.

Een volgende twijfelachtige aanname is dat alleen het vrachtverkeer zijn oorspronkelijke route behoudt en dat uitsluitend het personenverkeer een andere route kiest. De verklaring die hiervoor gegeven wordt is dat vrachtverkeer niet snel geneigd is om gebruik te maken van alternatieve routes, die soms over lokale wegen gaan. Wanneer deze route echter over provinciale wegen gaat, is het aannemelijk dat vrachtverkeer ook van deze route gebruik zal maken. Verder rijst de vraag in hoeverre personenverkeer gebruik maakt van alternatieve routes over lokale wegen. De alternatieve route wordt veelal gekozen om de reistijd te minimaliseren. Of het alternatief zorgt voor een kortere reistijd is te betwijfelen. Misschien kan het wel blijken dat achteraan aansluiten in de file een kortere reistijd oplevert dan wanneer gekozen wordt voor de alternatieve route.

3.4.4. Nader onderzoek

Het eerste belangrijke aspect dat getoetst dient te worden is in hoeverre de gebruikte ongevalskans in de robuustheidscanner overeenkomt met de werkelijke ongevalskans. De ongevalskans in de robuustheidscanner wordt berekend door de formule van de SWOV. Voor een aantal wegvakken wordt deze gegenereerde kans vergeleken met het werkelijk aantal opgetreden ongevallen. Deze worden verkregen aan de hand van de ongevalsdatabase BLIK. De resultaten van deze toetsingen geven inzicht in hoeverre de formule van de SWOV de juiste ongevalskans bepaald.

Het tweede aspect dat getoetst moet worden is of het omrijgedrag van voertuigen tijdens een ongeval correct gesimuleerd wordt door de robuustheidscanner. Een schatting van het werkelijk aantal voertuigen dat een alternatieve route heeft gekozen, wordt gemaakt op basis van gegevens uit meetlussen in de weg. Dit percentage wordt vervolgens vergeleken met het percentage voertuigen dat volgens de robuustheidscanner voor een alternatieve route heeft gekozen.

3.5 RWS methode 2: Analyse doorstromingsknelpunten

In het kader van het filebestrijdingsplan heeft Rijkswaterstaat Noord-Brabant een methode ontwikkeld om files als gevolg van ongevallen in kaart te brengen. Deze methode heeft de naam gekregen 'Analyse doorstromingsknelpunten als gevolg van incidenten' en is verder uitgewerkt door Adviesbureau Advin.

Het doel van de methode is het opsporen van wegvakken waar veel files als gevolg van ongevallen zijn ontstaan. Dit vindt plaats door op basis van de gemeten filezwaarte (File2 database) een inschatting te maken van de opgetreden reistijdverliezen van voertuigen die in files als gevolg van ongevallen terechtgekomen zijn. Deze verliestijden worden door middel van de reistijdwaardering voor zowel vrachtverkeer als personenverkeer vertaald naar de opgetreden kosten van een file. De meest kwetsbare wegvakken worden in kaart gebracht door voor één of meerdere jaren de opgetreden kosten voor ieder wegvak in een netwerk te sommeren. Het tweede deel van de methode richt zich op de bepaling van slachtofferkosten als gevolg van ongevallen. De ernst van letsel dat opgetreden is bij ongevallen wordt achterhaald door gebruik te maken van een database (BLIK: Black Spots In Kaart). De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid heeft voor iedere letsel-categorie (zoals vermeld in BLIK) de totale maatschappelijke kosten als gevolg van dat letsel bepaald. Op basis van deze gegevens kunnen de opgetreden slachtofferkosten van een ongeval geschat worden. Vervolgens worden deze kosten per wegvak voor één of meerdere jaren gesommeerd zodat inzichtelijk wordt gemaakt waar op het hoofdwegennet de meeste slachtofferkosten zijn veroorzaakt.

De uitkomsten van de analyse zijn dat per wegvak zowel de filekosten als de slachtofferkosten als gevolg van ongevallen bekend zijn. Deze kunnen indien wenselijk gesommeerd dan wel apart van elkaar bekeken worden. De meest kwetsbare wegvakken zijn de wegvakken waar de hoogste filekosten zijn veroorzaakt.

3.5.1. Analyse databronnen

De verschillende databronnen worden in Tabel 3.1 geanalyseerd. Per bron wordt aangegeven hoe betrouwbaar de gegevens zijn en in hoeverre de geraadpleegde bronnen compleet zijn. Vervolgens worden een aantal van deze bronnen toegelicht.

Tabel 3.1: Informatie databronnen

Benodigde data	Programma / bestand	Opgesteld door	Jaar	Betrouwbaarheid (van -- tot ++)	Compleetheid (van -- tot ++)
Filegegevens	File2	VCNL	Huidig	++	++
Ongevalgegevens	BLIK	VCNL	Huidig	++	-
Aantal rijstroken	WegGeg	RWS DVS	Huidig	++	++
Afrijcapaciteit	Kengetallen	RWS DVS	1996	++	++
Verliestijd	Kengetallen	RWS DVS	1996	-	-
Percentage vrachtverkeer	Telgegevens	RWS DVS	2006	+ (meetgegevens)	- (inschatting)
Bezettingsgraad	Kengetallen	RWS DVS	Huidig	++	++
Reistijdwaardering	Kengetallen	RWS DVS	Huidig	++	++
Kosten verkeersslachtoffers	Kengetallen	SWOV en DVS	2003	+/-	+

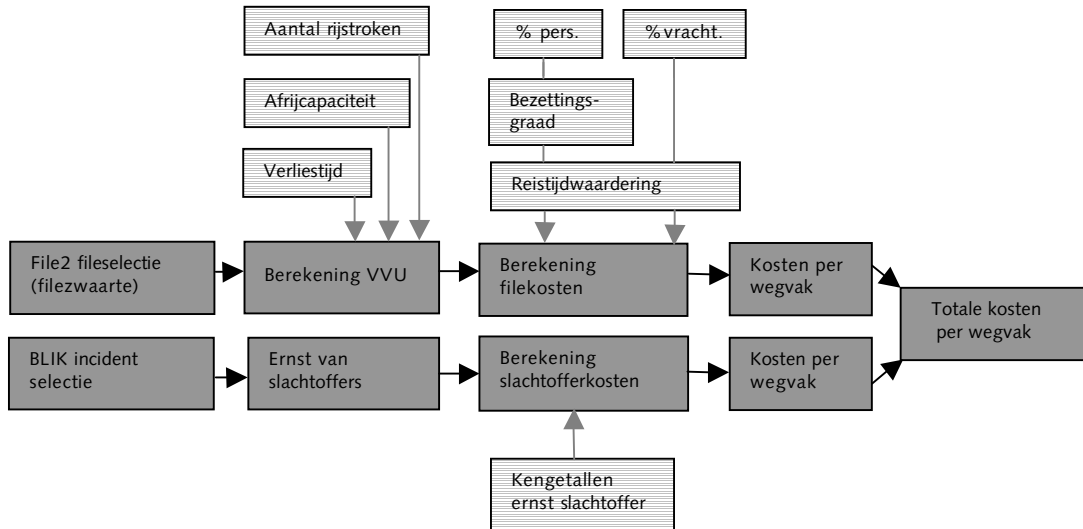
Indien een ongeval geregistreerd staat in BLIK blijkt dat de informatie over het ongeval zeer gedetailleerd is. De database is daarentegen incompleet wanneer de ernst van het letsel afneemt. Kouwenhoven et al. (2006) stellen dat ongevallen met dodelijke afloop voor meer dan 90% opgenomen zijn in de database, waar ongevallen met uitsluitend materiele schade slechts voor 15% aanwezig zijn. De vraag is echter hoe compleet de database is voor de categorie licht en zwaar letsel. Indien het compleetheidspercentage afhankelijk is van de ernst van het slachtoffer en dit als lineair verband wordt beschouwd, zullen de percentages van ongevallen opgenomen in de database voor licht en zwaar opgetreden letsel respectievelijk 40% en 65% zijn. De factor tussen de kosten voor licht en zwaar letsel is echter 25 en tussen een verkeersdode en zwaar letsel nog eens een factor 10. Hiermee wordt duidelijk dat wanneer de kosten in kaart gebracht worden, de kosten voor een ongeval met zwaar letsel en die met een dodelijke afloop de enige relevante gegevens zijn. Hoewel de database dus niet compleet is, kunnen de relevante gegevens hieruit wel gebruikt worden om slachtofferkosten te bepalen. Verder is de BLIK database de meest uitgebreide database die beschikbaar is, op het gebied van verkeersongevallen. Vandaar dat het identificeren van slachtofferkosten het beste kan plaatsvinden met gebruik van deze database.

Hoewel de berekende afrijcapaciteit uit 1996 dateert (AVV, 1998), is uit een praktijkproef uit 2006 (Voigt et al. 2007) gebleken dat de gehanteerde waarde van 1500 vtg/h overeenkomt met de werkelijkheid. Uit de proef bleek echter ook dat wanneer er geritst diende te worden de strookcapaciteit daalde naar 1300 vtg/h. Het is niet ondenkbaar dat deze capaciteit verder daalt wanneer het specifiek files als gevolg van ongevallen betreft.

Het aantal verloren minuten per km file, de verliestijd, is als kengetal beschikbaar bij Rijkswaterstaat DVS. De berekening van deze verliestijd dateert echter uit 1996. Verder blijkt uit de bijlage van de rapportage Filekosten op het Nederlandse hoofdwegennet, dat de berekening gebaseerd is op slechts drie metingen: bij de Coentunnel, de Van Brienoordbrug en de Oude Lekbrug. Het rapport geeft verder aan dat de metingen grote verschillen vertoonden, maar dat de gemiddelde verliestijd uitkwam op 4 min per strekkende kilometer. Deze verliestijd zal echter in het geval van een ongeval sterk oplopen. Het betreft dan meestal geen rijdende file, maar een compleet stilstaande. De gebruikte 4 min per kilometer komt dus waarschijnlijk niet overeen met de werkelijk opgetreden verliestijden.

3.5.2. Werkwijze

Voor de beschrijving van de werkwijze van de methode is gebruik gemaakt van de eindrapportage (Advin 2007a) en de onderzoeksmethode en evaluatie (Advin 2007b) van de 'analyse doorstromingsknelpunten'. In Figuur 3.6 is de werkwijze van de methode inzichtelijk gemaakt door middel van een stroomschema.



Figuur 3.6: Stroomschema analyse doorstromingsknelpunten

De berekening van de filekosten wordt beschreven door de volgende vier stappen:

1. Selecteren van filegegevens als gevolg van een ongeval.

In File2 worden de files geselecteerd die veroorzaakt zijn door ongevallen. Naast de datum, het wegnummer en de rijrichting zijn de filezwaarte en de plaats van de kop van de file de belangrijkste gegevens die gebruikt wordt voor de verdere berekening.

2. Bepaling van het aantal voertuigverliesuren.

Met behulp van onderstaande formule, aangeleverd door Rijkswaterstaat DVS, wordt het aantal voertuigverliesuren bepaald.

$$VVU = (\text{Filezwaarte}/60) * \text{aantal rijstroken} * \text{afrijcapaciteit (vtg/uur/rijstrook)} * (\text{verliestijd} /60)$$

Filezwaarte	: km * min
Aantal rijstroken	: totaal aantal
Afrijcapaciteit	: vtg / uur / rijstrook
Verliestijd	: min / km

3. Verhouding personenvervoer/goederenvervoer.

Vanwege het gegeven dat goederenvervoer een vier maal zo hoge reistijdwaardering heeft als personenvervoer, wordt het percentage vrachtverkeer berekend dat zich op een wegvak bevindt.

4. Berekening kosten

De filekosten worden berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\text{Filekosten} = \text{vvu per wegvak} * (\text{percentage pv} * \text{bezettingsgraad} * \text{reistijdwaardering pv}) + \text{vvu per wegvak} * (\text{percentage gv} * \text{reistijdwaardering gv}).$$

De berekening van de slachtofferkosten is weergegeven in stap 5 en 6:

5. Selectie van ongevallen

Uit de ongevallen database BLIK worden de ongevallen geselecteerd die hebben plaatsgevonden op het netwerk dat wordt onderzocht. De belangrijkste gegevens zijn de plaats van ongeval en de letselernt.

6. Berekening van de kosten voor slachtoffers

Op basis van kengetallen opgesteld door de SWOV en DVS worden de slachtofferkosten voor ieder ongeval (uit stap 5) berekend en gesommeerd per wegvak. De gebruikte kengetallen zijn als volgt (SWOV 2007):

Tabel 3.2: Slachtofferkosten

Kosten naar letselernt	Euro (jaar 2003)
Verkeersdode	2.500.000
Ziekenhuisslachtoffer	250.000
Slachtoffer spoedeisende hulp	8.000
Licht letsel slachtoffer	4.500

7. Eventuele koppeling

Nu zowel de filekosten als de slachtofferkosten per wegvak bekend zijn, kunnen deze indien wenselijk gesommeerd worden. Wanneer deze kosten echter gescheiden van elkaar gepresenteerd worden, blijft de oorzaak van eventuele hoge kosten op een wegvak inzichtelijk.

Onderstaand voorbeeld is weergegeven om de werkwijze van de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' inzichtelijk te maken.

Voorbeeld

De volgende gegevens over een ongeval zijn bekend:

De drie betrokken personen zijn allemaal gewond geraakt. De bestuurder is drie weken opgenomen in het ziekenhuis en de rijder moest direct naar de eerste hulp worden gebracht. De bestuurder van het andere voertuig had slechts twee dagen last van flinke hoofdpijn.

Tevens is door het ongeval een file ontstaan met een filezwaarte van 1000 km-min. De verhouding vrachtverkeer/personenverkeer op het betreffende wegvak is 1:4 (20:80%) en het wegvak bestaat uit 3 rijstroken.

Wat zijn de kosten geweest als gevolg van dit ongeval?

Slachtofferkosten

1 x 250.000
1 x 8.000
1 x 4.500

€ 262.500

Filekosten

$$VVU = (1000/60) * 3 \text{ rijstroken} * 1500 \text{ vtg/uur/rijstrook} * (4/60) = 5000$$

$$\text{Filekosten} = (5000 * 0,8 * 1,14 * 8,48) + (5000 * 0,2 * 41,16)$$

$$\text{Filekosten} = € 38.000 + € 41.000 = € 79.000$$

De totale kosten als gevolg van het incident zijn € 262.500 + € 79.000 = € 341.500.

3.5.3. Voordelen

De voordelen van de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' worden in deze paragraaf toegelicht. In eerste instantie worden de voordelen puntsgewijs genoemd:

- Gebaseerd op daadwerkelijk gemeten filezwaarte.
- Goede mogelijkheid tot automatisering.
- Eventuele trend op wegvakken waarneembaar door de methode voor meerdere jaren uit te voeren. Ook zijn hierdoor eventuele effecten van maatregelen waarneembaar.
- Blokkering van afslagen wordt meegenomen in de methode doordat dit zich vertaalt in een grotere filezwaarte.

De methode 'analyse doorstromingsknelpunten' identificeert wegvakken waar hoge kosten daadwerkelijk zijn opgetreden ten gevolge van ongevallen. Deze informatie creëert draagvlak voor het treffen van maatregelen ter bestrijding van files.

Voordeel van de methode is dat deze gebaseerd is op nauwkeurige filegegevens. De detectie van files vindt op twee manieren plaats. De voornaamste betreft de detectie door meetlussen in de weg. Een file wordt automatisch gedetecteerd wanneer er bij meerdere opeenvolgende meetlussen een snelheid van onder de 50 km/h gemeten wordt. Het systeem is zo ingesteld dat een file pas geregistreerd wordt als voor een afstand van 2 km een snelheid van onder de 50 km/h gemeten wordt (AVV 2007). De medewerker bij de verkeerscentrale moet echter wel de oorzaakcode van de file handmatig invoeren. Naast de automatische detectie worden files gemeld door bergers, verkeersinspecteurs van Rijkswaterstaat en de politie, wat bijdraagt aan de volledigheid van de database.

Verder is de methode te automatiseren is, zodat analyses snel en eenvoudig gedaan kunnen worden. Wanneer de analyse voor een aantal jaren uitgevoerd wordt, is een eventuele trend in de filekosten op een wegvak waarneembaar. Ook is door een meerjarige analyse te zien of wegvakken incidenteel hoge kosten met zich mee hebben gebracht en dat het nemen van maatregelen wellicht niet noodzakelijk is.

De methode maakt het tevens mogelijk dat genomen maatregelen beoordeeld kunnen worden op hun effectiviteit. Nadat een maatregel op een bepaald wegvak is genomen, kan in de analyse van het volgende jaar bekeken worden of de kosten op dat wegvak ook daadwerkelijk gedaald zijn. Hierbij is wel van belang dat deze uitkomsten gecorrigeerd worden voor een veranderende verkeersvraag.

Een netwerkeffect dat in de methode opgenomen wordt, is het geblokkeerd raken van afslagen. Het verkeer dat gebruik wil maken van de afslag ondervindt namelijk hinder van de terugslag van een file. Daardoor zal dit verkeer ook in de file terechtkomen. Dit komt in de methode terug in de vorm van een grotere gemeten filezwaarte.

3.5.4. Nadelen

De minder sterke punten van de methode worden hieronder vermeld en vervolgens toegelicht.

- Voorspelling alleen mogelijk op oude resultaten. Ook is het hierdoor niet mogelijk op eventuele nieuwe wegvakken te beoordeling op hun kwetsbaarheid.
- Menselijke factor voor invoer van de file database.
- Wellichte onder- of overregistratie van files in geval dat matrixsignalering ontbreekt.
- Aanwezigheid structurele files mogelijk van invloed op resultaten.
- Kosten alleen berekend voor verkeer in file direct achter het ongeval. Er wordt geen rekening gehouden met mogelijk verkeer dat andere routes neemt.
- Geen correcte berekening van absolute kosten.

In de eerste plaats heeft de methode geen voorspellend karakter, omdat er alleen gekeken wordt naar historische gegevens. Hierdoor kan er alleen voor het toekomstige jaar met een redelijke zekerheid gezegd worden dat een wegvak kwetsbaar zal zijn. Wegvakken die over 5 jaar hoge filekosten met zich meebrengen kunnen niet geïdentificeerd worden. Verder heeft het gebruik van historische gegevens als nadeel dat nieuwe wegvakken niet in de analyse meegenomen kunnen worden.

Een tweede punt van aandacht is dat uit de analyse uitgevoerd voor het Brabantse wegennet blijkt dat de aanwezigheid van matrixsignalering belangrijk zou kunnen zijn voor de methode. 34% van het Brabantse wegennet is uitgerust met matrixsignalering. Dit gedeelte heeft echter voor 81% van de totale filekosten gezorgd. Dit kan door meerdere oorzaken verklaard worden. Zo worden voornamelijk wegen waar de intensiteit dicht tegen de capaciteit zit, uitgerust met signalering. Op deze locaties zullen naar verwachting meer ongevallen plaatsvinden dan op minder drukke weggedeeltes. Vanwege de hoge intensiteit zullen er als gevolg van ongevallen ook lange files ontstaan die vervolgens gemeten worden door het detectiesysteem. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het feit dat er op wegvakken met signalering hoge filekosten geregistreerd worden. De vraag blijft echter hoe volledig de fileregistratie is voor netwerken waar matrixsignalering ontbreekt en of de methode ook voor die netwerken betrouwbare uitkomsten geeft.

Een volgend nadeel heeft betrekking op de filezwaarte die wordt toegekend aan een file in de File2 database. Een ongeval kan namelijk plaatsvinden op een punt waar regulier ook al file gestaan zou hebben. Indien dit het geval is, wordt de oorzaakcode 'file door ongeval' toegekend aan de totale filelengte. De kosten worden dan ook voor deze gehele file berekend en toegekend aan het wegvak waar het ongeval heeft plaatsgevonden. Wanneer we het vorige punt van de aan- of afwezigheid van matrixsignalering hierin meenemen, kan gesteld worden dat de uitkomsten van de methode voornamelijk wegvakken aanduiden met een hoge intensiteit en waar structureel file staat. Het is daarom twijfelachtig of de methode de meest kwetsbare wegvakken identificeert.

Met verkeer dat andere routes neemt ten tijde van het ongeval wordt geen rekening gehouden. De methode houdt alleen rekening met de voertuigverliesuren van voertuigen die in de file direct achter het ongeval staan. Of dit een aanname is die overeenkomt met de werkelijkheid is in dit stadium van het onderzoek niet met zekerheid te zeggen.

De laatste punten houden niet direct verband met de methodiek, maar meer met de uitvoering. Deze zaken zijn echter pas van belang wanneer blijkt dat de gebruikte methodiek juist is. Zo zijn de gebruikte afrijcapaciteit en verliestijd waarschijnlijk niet correct, waardoor het aantal voertuigverliesuren niet op een juiste manier berekend wordt. Deze foutieve berekening wordt echter bij elk wegvak gemaakt en zorgt in zoverre niet voor een verschil in relatieve uitkomsten. Aan de absolute filekostenberekening zijn daarentegen weinig conclusies te verbinden. Een laatste minpunt van de methode is dat er gebruikt wordt gemaakt van verschillende type databronnen. Adviesbureau Advin heeft aangegeven dat er een aantal zaken handmatig ingevoerd of aangepast moesten worden. Dit werk heeft veel tijd en daarmee geld gekost. Indien de methode juist blijkt, is het wenselijk dat er een oplossing wordt gevonden om de invoerdata minder versnipperd aan te leveren, zodat handmatige invoer van de data voorkomen wordt.

3.5.5. Slachtofferkosten komen te vervallen

De berekening van de slachtofferkosten gebeurt op basis van kengetallen. Getracht is om de kosten van slachtoffers in kaart te brengen, om een sommatie van kosten op wegvakniveau mogelijk te maken. Ongeacht of er een sommatie plaatsvindt, geeft de berekening van slachtofferkosten per wegvak een vertekend beeld van de werkelijke situatie. Dodelijke slachtoffers en zwaar gewonden brengen namelijk veel hogere kosten met zich mee dan lichtere vormen van letsel. Verder komen dit soort slachtofferkosten incidenteel voor en op basis van de uitkomsten zijn weinig tot geen conclusies te trekken wat betreft het nemen van maatregelen ter bevordering van de verkeersveiligheid. De onveiligheid van een weg wordt doorgaans uitgedrukt in het aantal ongevallen en niet de kosten van de slachtoffers. Wanneer voor meerdere jaren een analyse uitgevoerd wordt met als eenheid het aantal ongevallen, zouden wegvakken waar structureel veel ongevallen optreden in kaart gebracht kunnen worden.

De berekening van slachtofferkosten is echter niet gerelateerd aan de onderzoeksrichting van dit rapport, de identificatie van kwetsbare wegvakken. Daarom zal de totstandkoming van slachtofferkosten zoals toegepast in de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' in dit rapport niet verder onderzocht worden.

3.5.6. Nader onderzoek

Het is van belang dat met behulp van de methode daadwerkelijk kwetsbare wegvakken worden geïdentificeerd. Daarom moeten de resultaten van de methode nader bekeken worden op hun juistheid. Een belangrijk aspect dat getoetst moet worden is of de netwerkeffecten correct meegenomen worden. De netwerkeffecten worden getoetst door het netwerk op strategisch gekozen punten te onderzoeken. Er worden voor deze punten meerdere ongevallen opgezocht in de database. Vervolgens wordt gekeken op mogelijke alternatieve routes of de intensiteit hier incidenteel zeer gestegen is, als gevolg van het ongeval. Indien dit het geval is, wordt er bepaald hoe groot het aandeel van de voertuigverliesuren is voor verkeer dat alternatieve routes heeft genomen. Wanneer deze analyse voor meerdere wegvakken plaatsvindt, kan een uitspraak gedaan worden over de betrouwbaarheid van de methode wat betreft dit netwerkaspect.

Naast bovenstaande toetsing zou er ook gekeken moeten worden naar situaties nabij knooppunten. Files op deze locaties kunnen namelijk nadelige effecten hebben voor het overige verkeer in het netwerk. Deze toetsing wijst tevens uit hoe groot het aandeel is van deze netwerkeffecten en hoe relevant deze zijn voor het opsporen van de meest kwetsbare schakel.

Het tweede aspect dat getoetst dient te worden is of structurele files een groot aandeel in de kostengeneratie hebben. Wanneer dit zorgt voor foutieve uitkomsten, dient gezocht te worden naar een mogelijkheid om de files als gevolg van ongevallen te scheiden van deze structurele files. Dit kan gebeuren door in de File2 database te zoeken naar locaties waar structurele files voorkomen. Het tijdstip, de lengte en de duur van deze files worden geanalyseerd. Als eerste stap worden de gegevens uit File2 geverifieerd met MoniGraph om de nauwkeurigheid van File2 vast te stellen. Vervolgens worden ongevallen opgezocht in de BLIK database die hebben plaatsgevonden tijdens een reguliere file. De file wordt geanalyseerd door middel van File2 en MoniGraph. Uitkomsten van deze toetsing maken in de eerste plaats duidelijk of de aanwezigheid van structurele files een vertekend beeld geeft van de uitkomsten van de analyse. Indien dit zo is geeft deze toetsing ook inzicht in hoe de structurele files gescheiden kunnen worden van incidentele files.

Een volgende aspect betreft de aan- of afwezigheid van matrixsignalering. De aanwezigheid hiervan kan essentieel zijn om tot betrouwbare uitkomsten te komen en dient daarom getoetst te worden. Onderzoek moet uitwijzen hoezeer de methode afhankelijk is van een nauwkeurige en volledige registratie van files en in hoeverre de methode betrouwbaar is voor netwerken waar signalering ontbreekt. De toetsing zou dienen te geschieden door wegvakken zonder signalering te analyseren. Ongevallen op dit weggedeelte worden in de BLIK database opgezocht en in File2 wordt gekeken of er files zijn ontstaan als gevolg van het ongeval. Dit kan echter niet controleert worden met MoniGraph omdat lussen in het weggedeelte ontbreken. De aanname dat ongevallen tijdens de spits een file hebben veroorzaakt zou de basis vormen van deze toetsing.

Er zijn ook een aantal zaken, die van minder groot belang zijn dan voorgaande aspecten. Naarmate het onderzoek vorderde, bleek dat deze zaken minder relevant waren dan de voorgaande. Daarom zijn deze zaken niet getoetst, maar worden hieronder wel vermeld.

De berekening van het aantal voertuigverliesuren zou nader bekeken kunnen worden. De formule voor deze berekening is verouderd en aangeleverd door Rijkswaterstaat DVS. Deze formule is opgesteld omdat het aantal voertuigverliesuren nog niet rechtstreeks uit meetgegevens gehaald kan worden. Onderzoek zou gedaan kunnen worden naar de juistheid van deze formule.

Indien de methode betrouwbaar en nauwkeurig blijkt, kan onderzocht worden in hoeverre de nationale databank wegverkeersgegevens een rol kan spelen in het minder versnipperd aanleveren van de invoerdata voor de methode. Hierdoor zou de methode meer efficiënt kunnen worden uitgevoerd en zou de invoerdata meer nauwkeurig zijn. De voorgaande zaken dienen echter pas getoetst te worden indien de werkwijze van de methode correct blijkt te zijn.

4. Analyse aspecten kwetsbaarheid

4.1 Inleiding

Uit de literatuurstudie in hoofdstuk 3 blijkt dat de kwetsbaarheid afhangt van de kans op een ongeval en de gevolgen hiervan (Figuur 3.1). Deze twee aspecten zijn reeds beschreven tijdens de algemene procesbeschrijving rond een ongeval in hoofdstuk 2. Om tot een meer correcte bepaling van kwetsbare wegvakken te komen, worden deze twee aspecten nader onderzocht.

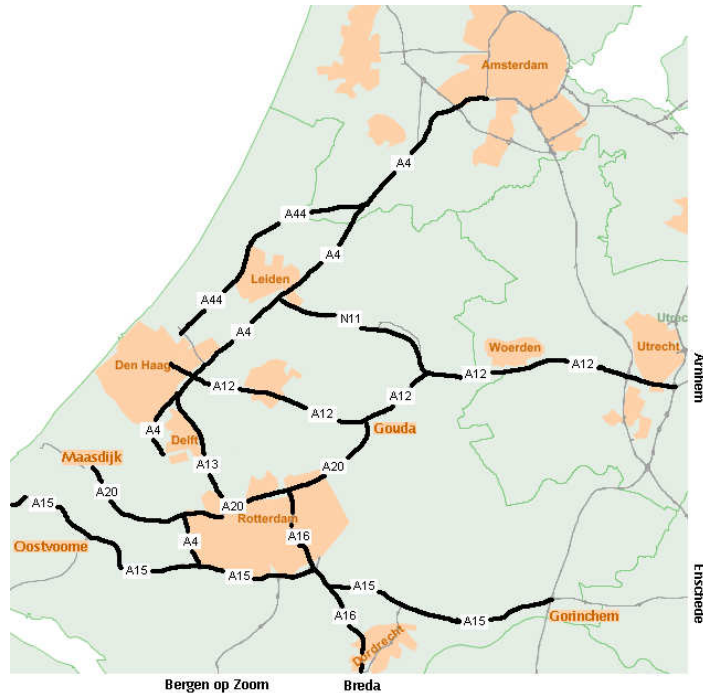
Het hoofdstuk begint met het selecteren van een geschikt netwerk. De ongevalskans wordt nader onderzocht door te bepalen op wat voor soort locaties de meeste ongevallen plaatsvinden. Aangezien de kopstaartbotsingen het meest voorkomen in het netwerk, zullen de drie locaties waar deze het vaakst voorkomen nader uitgewerkt worden. Op deze manier wordt getracht inzicht te verkrijgen in de wijze waarop dit soort botsingen juist op die locaties voorkomt. Vervolgens worden de effecten voor verkeer binnen het netwerk ten tijde van een blokkade geanalyseerd. Een vijftal testen worden uitgevoerd om te bepalen in hoeverre verkeer geneigd is alternatieve routes te nemen, wanneer hun oorspronkelijke route geblokkeerd is geraakt. Het hoofdstuk sluit af met een samenvatting van de resultaten en de conclusie van de analyse.

4.2 Netwerkselectie

Het netwerk dient te voldoen aan de volgende aspecten:

- Er moet zich veel verkeer op bevinden.
 - De kans is groot dat wanneer er veel verkeer gebruikt maakt van het netwerk, het aantal ongevallen in dat netwerk hoog is. Om een goede analyse te kunnen uitvoeren en betrouwbare resultaten te verkrijgen, is het van belang dat er veel ongevallen binnen het netwerk plaatsvinden.
- Aanwezigheid realistische alternatieve routes.
 - Onderzoek naar mogelijk omrijgedrag ten tijde van een ongeval kan alleen plaatsvinden indien er in het netwerk realistische alternatieve routes aanwezig zijn.
- Aanwezigheid van monica-meetlussen.
 - Hierdoor kan gedetailleerde data verkregen worden over snelheden en intensiteiten van het verkeer binnen het netwerk.

Op basis van de gestelde eisen is het hoofdwegennet van Zuid-Holland geselecteerd. In Figuur 4.1 zijn de geselecteerde wegen dikgedrukt. Met uitzondering van de A44 is het gehele netwerk voorzien van monica-meetlussen.



Figuur 4.1: Geselecteerd netwerk: Zuid-Holland

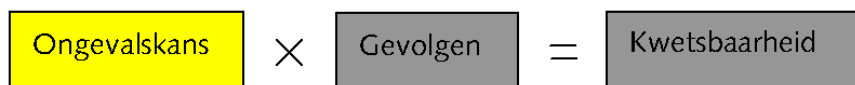
In Tabel 4.1 worden de officiële benamingen van de wegen gegeven met de hectometrering (Actuele Wegenlijst, 2008).

Tabel 4.1: Actuele wegenlijst geselecteerd netwerk

		hect-begin	hect-eind
RW 4	Amsterdam - Den Haag - Rotterdam - Bergen op Zoom - België		
	'KP De Nieuwe Meer' - Haarlemmermeer - Roelofarendsveen	0,0	21,7
	Roelofarendsveen - 'KP Prins Clausplein' - Delft Zuid	21,7	56,7
	'KP Kethelplein' - 'KP Benelux' - Rijksweg 15	69,6	77,3
RW 11	Leiden - Alphen a/d Rijn - Bodegraven		
	Rijksweg 4 - Alphen a/d Rijn - N207 - Rijksweg 12	0,0	21,5
RW 12	Den Haag - Utrecht - Arnhem - Duitsland		
	Den Haag - 'KP Prins Clausplein' - 'KP Gouwe' - Woerden	3,3	40,5
	Woerden - Bunnik	40,5	66,0
RW 13	Den Haag - Rotterdam		
	'KP Ypenburg' - Berkel en Rodenrijs	3,0	14,6
	Berkel en Rodenrijs - 'KP Kleinpolderplein'	14,6	19,8
RW 15	Oostvoorne - R'dam - Bemmel - Babberich - Doetinchem - Enschede		
	Steenen Baakplein - Calandbrug - Rozenburg	25,0	39,7
	Rozenburg - Spijkenisse - 'KP Benelux' - 'KP Ridderkerk'	39,7	66,7
	Ridderkerk - Tunnel 'De Noord'	70,0	71,9
	Tunnel 'De Noord' - Gorinchem	71,9	95,0
RW 16	Rotterdam - Dordrecht - Breda - België		
	'KP Terbrugseplein' - Van Brieneoordbrug - 'KP Ridderkerk Noord'	16,0	24,8
	'KP Ridderkerk Noord' - 'KP Ridderkerk Zuid'	24,8	28,6
	'KP Ridderkerk Zuid' - Dordrecht Centrum	28,6	35,2
	Dordrecht Centrum - Moerdijkbrug	35,2	41,0
RW 20	Maasdijk - Rotterdam - Gouda		
	Naaldwijk - Nieuwerkerk a/d IJssel - 'KP Gouwe'	10,1	49,0
RW 44	Burgerveen - Wassenaar - Den Haag		
	'KP Burgerveen' - Brug o/d Ringvaart	0,1	7,7
	Brug o/d Ringvaart - Wassenaar	7,7	21,6
	Wassenaar - Den Haag	21,6	27,9

4.3 Analyse ongevalskans

In herinnering wordt gebracht dat de kans op een ongeval nader onderzocht wordt, omdat hiermee de kwetsbaarheid van een schakel bepaald kan worden. (Figuur 4.2)



Figuur 4.2: Relevantie ongevalskans

De twee voornaamste oorzaken van ongevallen worden nader onderzocht:

1. **43%**: ongevallen als gevolg van onvoldoende afstand houden, welke resulteren in kop-staartbotsingen.
2. **17%**: ongevallen als gevolg van fout inhalen of snijden, welke in 64% van de gevallen resulteren in een botsing aan de zijkant van het voertuig en in 23% resulteren in een kop-staartbotsing.

De volgende trajecten zijn in beide richtingen nader onderzocht:

- A4 : Amsterdam - Den Haag
- A12: Den Haag - Utrecht
- A15: Oostvoorne - Gorinchem
- A20: Rotterdam - Gouda

De A13 is niet geselecteerd vanwege de korte lengte en de aanwezigheid van een 80 km zone. De korte lengte zorgt er voor dat intensiteiten niet eenvoudig te bepalen zijn, omdat de file soms terugslaat tot aan de A4. De aanwezigheid van de 80 km zone heeft als nadeel dat hier rekening gehouden moet worden met andere omstandigheden, dan op doorgaans andere snelwegen binnen het netwerk. Bevindingen bij de A13 zouden dan wellicht niet geldig zijn voor andere situaties.

De A16 is niet verder uitgewerkt omdat deze, met uitzondering van het eerste gedeelte, buiten het onderzoeksgebied valt. De A44 is niet nader onderzocht omdat meetlussen hier ontbreken.

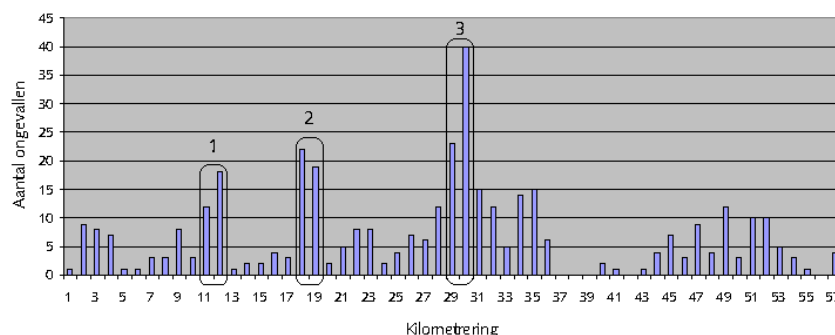
De werkwijze voor de analyse van de ongevalskans is als volgt:

1. Genereren van grafieken op basis van de BLIK database, waar het aantal ongevallen per km inzichtelijk wordt gemaakt.
2. Identificatie van pieken, onderzoek op hectometerniveau.
3. Naast een beschrijving van de verkeerssituatie zijn ook de geometrische kenmerken van de gevonden locaties geanalyseerd.

Ter indicatie volgen er voor beide ongevalsoorzaken twee voorbeelden. Hierna worden in paragraaf 4.3.3 de resultaten van de gehele analyse weergegeven en worden hieruit conclusies getrokken.

4.3.1. Analyse locaties kop-staartbotsingen

In Figuur 4.3 zijn de resultaten weergegeven van stap 1 van de werkwijze voor kop-staartongevallen voor het traject A4, Amsterdam richting Den Haag. Hieruit blijkt dat het aantal ongevallen op drie locaties aanzienlijk hoger is dan op de rest van het traject.



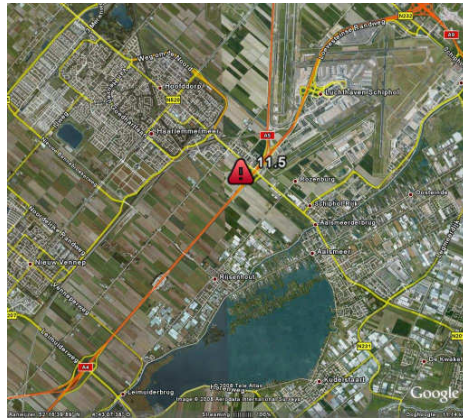
Figuur 4.3: Resultaten km-analyse en identificatie van pieken, A4

De drie locaties worden nader onderzocht in stap 2 van de werkwijze. Hieruit blijkt dat de ongevallen optreden bij een specifieke hectometrering. In Tabel 4.2 is bijvoorbeeld te zien dat van de 23 ongevallen tussen km 28 en 29, er 20 hebben plaatsgevonden tussen hectometer 28.5 en 28.8.

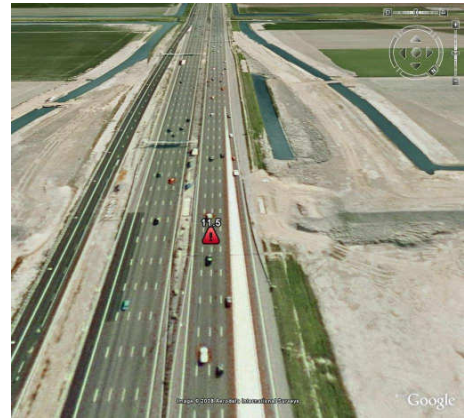
Tabel 4.2: Analyse kop-staartbotsingen op hm-niveau, A4

A4 Amsterdam richting Den Haag				
piek	stap 1		stap 2	
	hm	aantal	hm	aantal
1	10.0 - 11.0	12	10.9	6
	11.0 - 12.0	18	11.5	9
2	17.0 - 18.0	22	17.4 - 17.5	9
	18.0 - 19.0	19	18.2 - 18.3	8
3	28.0 - 29.0	23	28.5 - 28.8	20
	29.0 - 30.0	40	29.1	7
			29.4	9

Als voorbeeld zijn de uitwerkingen van locaties 11.5 en 25.5-25.8 weergegeven. Hectometer 11.5 is ter hoogte van Hoofddorp, zoals te zien is in Figuur 4.4a. Uit Figuur 4.4b blijkt dat de rijbaan hier vier stroken breed is en dat het punt zich 200m voor een invoegstrook bevindt. Verkeer vanuit Hoofddorp en vanuit Aalsmeer voegt hier in vanaf de provinciale weg, de N201.

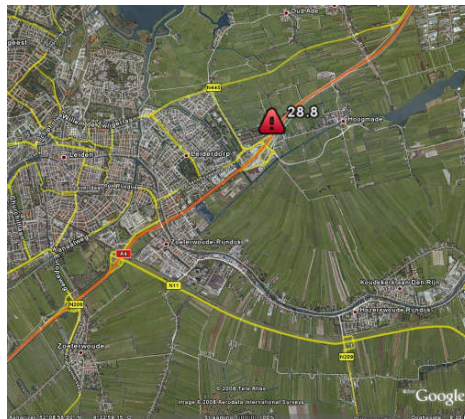


Figuur 4.4a: Locatie hm 11.5, A4

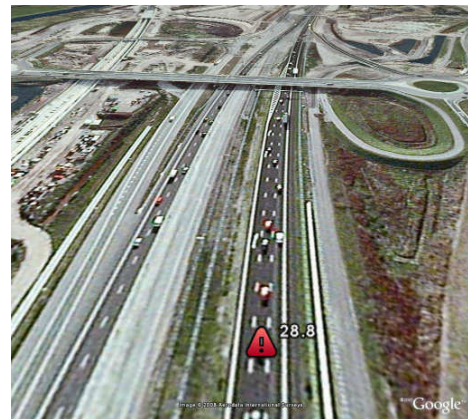


Figuur 4.4b: Weggeometrie, hm 11.5, A4

De locatie van het weggedeelte van hectometer 28.5 tot 28.8 is weergegeven in Figuur 4.5a en bevindt zich vlak voor Leiderdorp. De rijbaan versmalt hier van drie naar twee rijstroken (Figuur 4.5b).



Figuur 4.5a: Locatie hm 28.8, A4

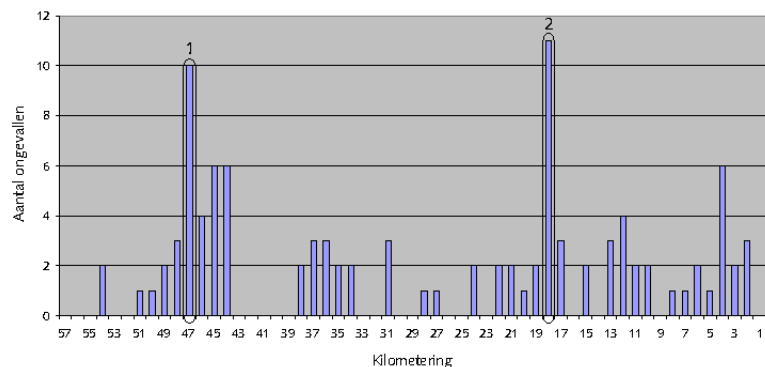


Figuur 4.5b: Weggeometrie, hm 28.8, A4

4.3.2. Analyse locaties fout inhalen / snijden

Wanneer de ongevallen per kilometer met als ongevalsoorzaak fout inhalen/snijden worden gesommeerd, blijkt dat deze ongevallen ook optreden bij specifieke locaties. In Figuur 4.6 zijn de resultaten voor de A4 van Den Haag richting Amsterdam weergegeven.

Hoewel het aantal ongevallen in absolute zin lager ligt dan bij de kopstaartbotsingen is ook hier te zien dat het grootste aandeel van de ongevallen bij een bepaalde hectometreering optreedt (Tabel 4.3).



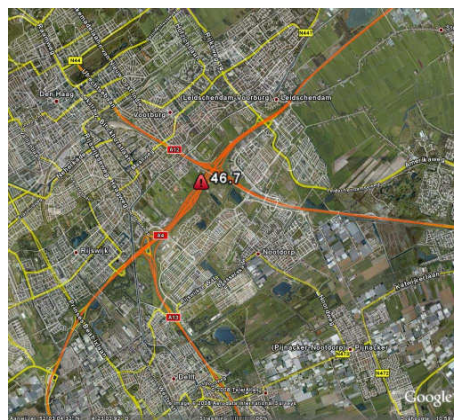
Figuur 4.6: Resultaten km-analyse en identificatie van pieken, A4

Tabel 4.3: Analyse fout inhalen/snijden op hm-niveau, A4

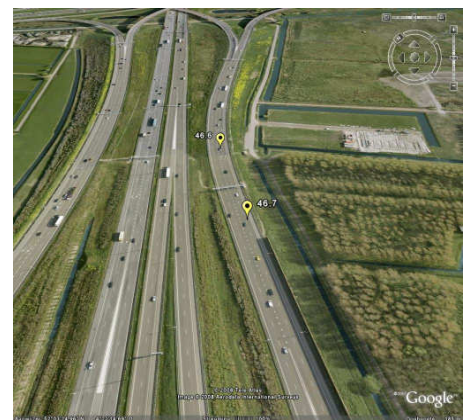
A4 Den Haag -> Amsterdam				
	stap 1		stap 2	
piek	hm	aantal	hm	aantal
1	46.0 - 47.0	10	46.6 - 46.7	6
2	17.0 - 18.0	11	17.7 - 17.8	6

De twee locaties die gevonden zijn in stap 2 van de werkwijze zijn ter illustratie verder uitgewerkt.

De eerste locatie (hm 46.6 - 46.7) bevindt zich vlak voor het Prins Clausplein (Figuur 4.7a). Het verkeer afkomstig vanaf de A13 richting Den Haag Centrum weeft hier met het verkeer dat vanaf de A4 richting Zoetermeer (A12) rijdt. Het betreft hier dus een weefvak (Figuur 4.7b).

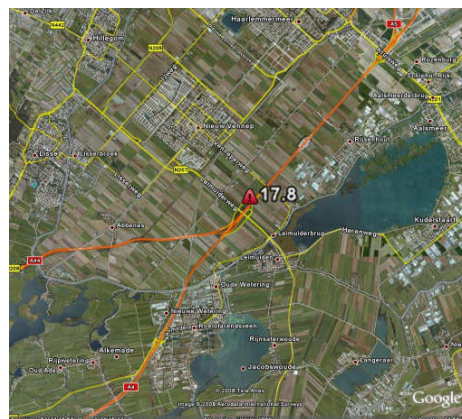


Figuur 4.7a: Locatie hm 46.7, A4



Figuur 4.7b: Weggeometrie hm 46.7, A4

De locatie aangeduid met hectometrering 17.7 - 17.8 bevindt zich bij het knooppunt Burgerveen (Figuur 4.8a). Het verkeer afkomstig van de A44 voegt hier in op de A4 richting Amsterdam. De ongevallen vinden ongeveer 300m na de samenvoeging tussen de A4 en de toerit plaats wat te zien is in Figuur 4.8b.



Figuur 4.8a: Locatie hm 17.8, A4



Figuur 4.8b: Weggeometrie hm 17.8, A4

4.3.3. Resultaten

Uit de analyse van het totale netwerk is te concluderen dat ongevallen voornamelijk bij discontinuïteiten optreden en niet uniform verdeeld zijn over het wegennet. In Tabel 4.4 zijn de resultaten weergegeven van de locaties waar kop-staartbotsingen plaatsvinden. Hieruit blijkt dat kop-staartbotsingen voornamelijk rond uitvoegstroken, wegversmallingen, invoegstroken en weefvakken plaatsvinden. De totstandkoming van deze resultaten is te vinden in bijlage 1.

Tabel 4.4: Resultaten locaties kop-staartbotsingen

Kop-staartbotsingen			
Soort locatie	aantal locaties	aantal ongevallen	
op of voor een uitvoegstrook	11	81	nader onderzoek
voor een wegversmalling	8	79	nader onderzoek
op of voor een invoegstrook	8	71	nader onderzoek
op of voor een weefvak	5	62	
voor een tunnel	2	18	
na een invoegstrook	2	17	
knik in wegprofiel	1	7	

Uit Tabel 4.5 blijkt dat ongevallen als gevolg van fout inhalen en snijden veelvuldig plaatsvinden bij weefvakken en kort na invoegstroken. Dat dit soort ongevallen voornamelijk optreedt bij weefvakken is te verklaren door het vele strookwisselen dat hier plaatsvindt. De verklaring van ongevallen na invoegstroken is dat verkeer dat zojuist is ingevoegd zijn positie op de rijbaan zal proberen te verbeteren. Hierdoor vinden er na invoegstroken waarschijnlijk meer strookwisselingen plaats dan op overige delen van het wegennet. Op beide locaties is er dus een verhoogde kans dat er een ongeval ontstaat doordat voertuigen elkaar snijden of verkeerd inhalen.

Tabel 4.5: Resultaten locaties fout inhalen / snijden

Fout inhalen / snijden		
Soort locatie	aantal locaties	aantal ongevallen
weefvak	5	63
na een invoegstrook	4	27
voor een invoegstrook	2	21
scherpe bocht	1	16
uitvoegstrook	1	3

Om meer inzicht te krijgen in het ontstaan van ongevallen worden een aantal soorten locaties nader onderzocht. Besloten is om de drie soorten locaties te onderzoeken waar kop-staartbotsingen het meeste voor komen. Deze keuze is gebaseerd op het gegeven dat onvoldoende afstand houden (dat resulteert in kop-staartbotsingen) de voornaamste oorzaak van ongevallen is binnen het netwerk. Ook is deze keuze gemaakt omdat het onbekend is waarom juist ongevallen op deze locaties plaatsvinden. Vanwege de waarschijnlijk juiste verklaring voor het optreden van ongevallen bij weefvakken (Tabel 4.5) is besloten om geen verdere studie te verrichten naar ongevallen op deze locatie.

4.4 Nader onderzoek locaties kop-staartbotsingen

4.4.1. Inleiding

De drie locaties waar kop-staartbotsingen vaak voorkomen worden nader onderzocht om te achterhalen waardoor dit soort ongevallen juist op deze locaties plaatsvindt.

De werkwijze is als volgt:

1. Het selecteren van een uitvoegstrook, wegversmalling en invoegstrook waar veel kop-staartbotsingen hebben plaatsgevonden.
2. In de filedatabase File2 worden files geselecteerd welke ontstaan zijn door een ongeval op de geselecteerde locaties.
3. De verkeerssituaties ten tijde van de ongevallen worden gevisualiseerd door middel van het programma MoniGraph.
4. Op basis van het onderzoek wordt een conclusie getrokken over de oorzaak van ongevallen op dit soort locaties.
5. Deze conclusies worden gevalideerd door het analyseren van ongevallen rond een andere uitvoegstrook, wegversmalling en invoegstrook.

MoniGraph

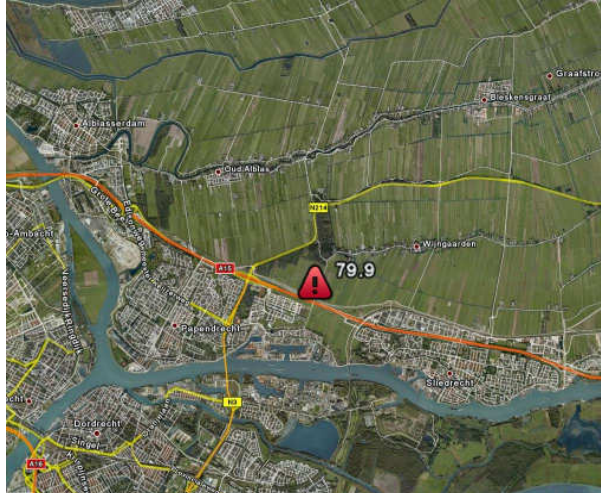
Dit computerprogramma is een instrument om data afkomstig uit meetlussen in de weg te verwerken en te visualiseren. Voor dit onderzoek relevante figuren zijn de contourplots van de snelheden en intensiteiten voor de geselecteerde trajecten voor zowel voor, tijdens als na het optreden van een blokkade door een ongeval.

Figuurweergave

In de hier volgende figuren, afkomstig uit Google Earth, is de specifieke locatie waar veel ongevallen optreden aangegeven met een rode driehoek. De hectometring van relevante meetlussen zijn aangegeven door middel van gele druppels.

4.4.2. Geselecteerde uitvoegstrook

De geselecteerde uitvoegstrook waar veel kop-staartbotsingen plaatsvinden bevindt zich op de A15 Oostvoorne richting Gorinchem. De uitvoegstrook is de afslag naar Sliedrecht West en de meeste ongevallen vinden plaats bij hectometrering 79.9 (Figuur 4.9).



Figuur 4.9: Locatie afslag Sliedrecht West, A15

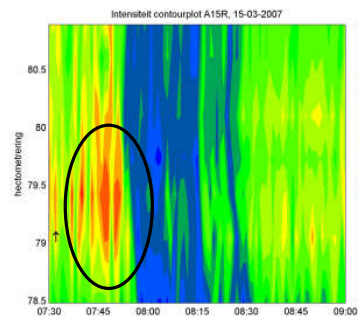
In Figuur 4.10 is te zien dat de rijbaan twee stroken breed is. De uitvoegstrook begint bij hectometrering 80.10. De rijrichting van het verkeer en de locatie van meetlussen zijn in de figuur aangegeven.



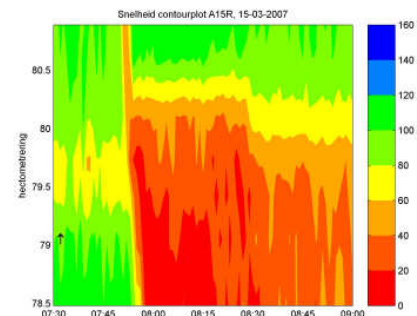
Figuur 4.10: Overzicht van de geselecteerde uitvoegstrook

In totaal zijn er 11 ongevallen uit de File2 database geselecteerd om te achterhalen wat de oorzaak geweest is van de ongevallen op deze locatie. Aan de contourplots van de snelheden en intensiteiten is te zien dat in 9 van de 11 gevallen er een zelfde verkeerssituatie vooraf ging aan het ongeval.

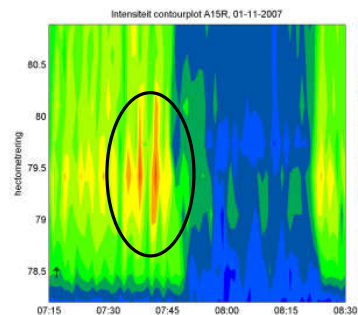
Ter indicatie zijn hieronder twee voorbeelden weergegeven. Deze zijn samen met de overige 7 voorbeelden te vinden in bijlage 1.



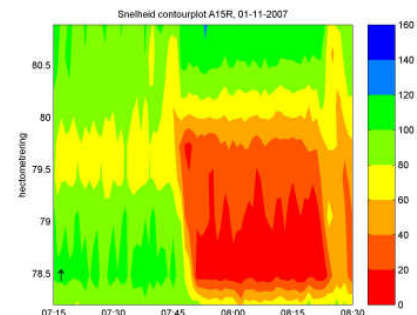
Figuur 4.11a: Hoge intensiteit vb.1, A15



Figuur 4.11b: Geen congestie vooraf vb.1, A15



Figuur 4.12a: Hoge intensiteit vb.2, A15



Figuur 4.12b: Geen congestie vooraf vb.2, A15

Uit de figuren 4.11b en 4.12b blijkt dat er voorafgaand aan het ongeval geen congestie was. Dit blijkt uit de snelheden stroomopwaarts en stroomafwaarts voorafgaand aan het ongeval.

Een tweede aspect is dat de intensiteit voorafgaand aan het ongeval hoog is geweest. Dit is te zien aan de rode gebieden in de contourplots van de intensiteit (Figuren 4.11a en 4.12a).

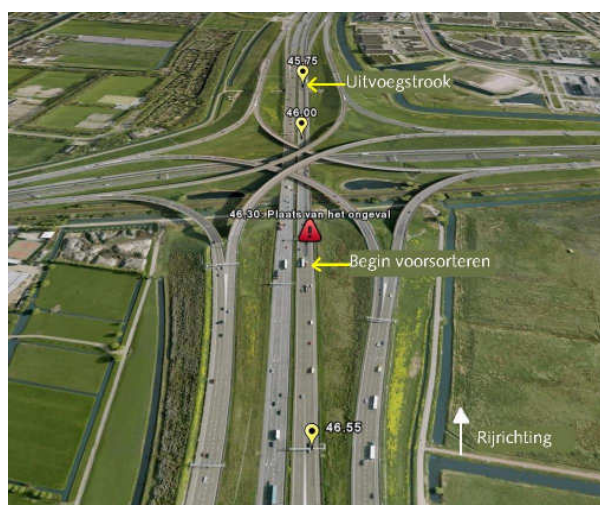
Op basis van deze twee aspecten kan een verklaring gezocht worden voor het ontstaan van kop-startbotsingen op uitvoegstroken. De hoge intensiteit voorafgaand aan het ongeval geeft aan dat er een hoge dichtheid van voertuigen aanwezig is op het betreffende weggedeelte. Uit de contourplots van de snelheden blijkt echter dat de snelheden op dat moment nog hoog zijn. Vanwege een toenemende drukte zal de afslag het grote aantal voertuigen niet meer kunnen verwerken. In dit stadium zal er weinig ruimte beschikbaar zijn voor bestuurders om gebruik te maken van de afslag (Figuur 4.13).



Figuur 4.13: Situatie drukke uitvoegstrook

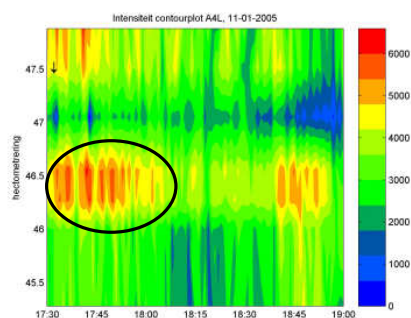
Complicaties ontstaan waarschijnlijk door twee aspecten. De eerste is dat plotselinge remacties van voertuigen op de uitvoegstrook niet tijdig genoeg worden opgevolgd door achteropkomend verkeer. Een andere mogelijke verklaring is dat bestuurders op de linker rijstrook blijven rijden en op het laatste moment van de afslag gebruik willen maken. Vanwege de hoge dichtheid van het verkeer zal dit bij het uitvoegen een gevaarlijke situatie opleveren. In het geval dat er geen ruimte is om in te voegen zal het verkeer op de linker rijstrook plots snelheid moeten minderen.

Ter validatie is de uitvoegstrook op de A4 bij Leidschendam onderzocht. Op deze manier kan bekeken worden of de aspecten die gevonden zijn bij de uitvoegstrook van de A15 ook op deze locatie zijn terug te vinden. Een overzicht van de tweede uitvoegstrook is weergegeven in Figuur 4.14.

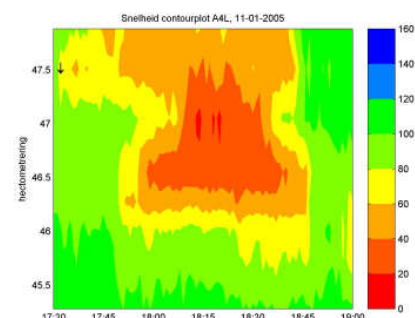


Figuur 4.14: Overzicht uitvoegstrook Leidschendam

Zowel een hoge intensiteit als de afwezigheid van congestie voorafgaand aan het ongeval is ook bij deze uitvoegstrook terug te vinden. Dit blijkt uit onderstaande contourplots van de intensiteiten en snelheden.



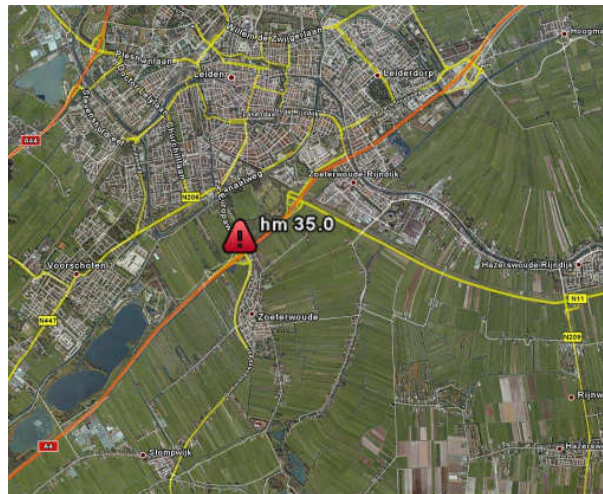
Figuur 4.15a: Hoge intensiteit, A4



Figuur 4.15b: Geen congestie vooraf, A4

4.4.3. Geselecteerde wegversmalling

Om de nadere analyse van de verkeerssituatie rond wegversmallingen ten tijde van een ongeval uit te voeren, is de wegversmalling op de A4 bij Zoeterwoude geselecteerd (Figuur 4.16).



Figuur 4.16: Locatie wegversmalling Zoeterwoude, A4

De meeste ongevallen vinden plaats bij hectometrering 35.0. Hier bevindt zich tevens de wegversmalling. Een overzicht van de wegversmalling met relevante meetlussen zijn weergegeven in Figuur 4.17.



Figuur 4.17: Overzicht geselecteerde wegversmalling

At random zijn er 29 ongevallen geselecteerd uit de File2 database. In de contourplots van de intensiteiten en snelheden zijn verschillende aspecten te identificeren omtrent de situatie rond ongevallen bij wegversmallingen.

De resultaten van de analyse zijn in te delen in vijf categorieën. Deze zijn in Tabel 4.6 samengevat. In de rechter kolom is het aantal voorbeelden per categorie weergegeven. De contourplots zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 4.6: Resultaten analyse wegversmalling A4

Categorie	Kenmerken	Aantal
1	Ongeval bij hm 35.0 Hoge intensiteit voor ongeval Geen file voorafgaand aan ongeval	15
2	Ongeval bij hm 35.0 Hoge intensiteit voor ongeval File slaat terug tot aan wegversmalling	5
3	Ongeval bij hm 35.0 File slaat terug tot aan wegversmalling	3
4	Ongeval vindt niet plaats ter hoogte van de wegversmalling maar in de staart van de file	3
5	Registratiefout Niet te interpreteren resultaten	3
	Totaal onderzocht	29

De onderstaande constatering zijn gebaseerd op de ongevallen die ter hoogte van de wegversmalling hebben plaatsgevonden. De categorieën 4 en 5 zijn hier buiten gelaten. De constatering zijn als volgt:

- In 20 van de 23 gevallen (87%) is het ongeval voorafgegaan door een hoge intensiteit stroomopwaarts van de wegversmalling (Figuur 4.18a).
- In 15 van de 23 gevallen (65%) was er geen file aanwezig voorafgaand aan het ongeval (Figuur 4.18b).
- In 8 van de 23 gevallen (35%) slaat een file stroomafwaarts terug tot aan de wegversmalling waar vervolgens het ongeval ontstaat (Figuren 4.20a en 4.20b).

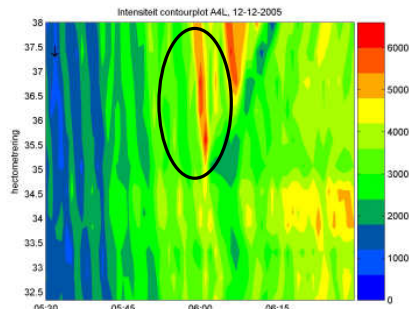
De bovenstaande constatering leiden tot een verklaring van ongevallen bij wegversmallingen. Het eerste aspect dat uit de analyse blijkt, is dat een hoge intensiteit voorafgaat aan het ongeval. Doordat een groot aantal voertuigen de wegversmalling wil passeren, wordt de kans op een onveilige situatie groter. Er is vanwege een grotere dichtheid minder ruimte om in te voegen en er is minder ruimte om te anticiperen op kleine remacties van voorgangers.

In 65% van de gevallen was er geen file aanwezig voorafgaand aan het ongeval. De gerealiseerde hoge snelheden maken de situatie meer complex omdat er met hoge snelheid ingevoegd moet worden. Wanneer de dichtheid van het verkeer hoog is, zal het invoegen met hoge snelheid meer complex, en daarmee meer gevaarlijk zijn.

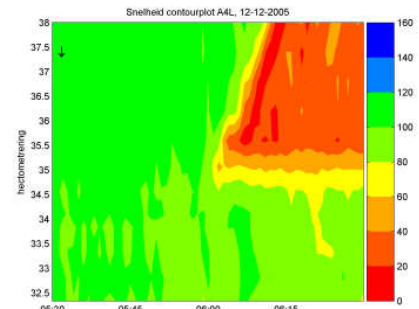
In 35% van de gevallen slaat een file stroomafwaarts terug tot aan de wegversmalling. Uit een aantal contourplots van de snelheden is te zien dat de file tot net voorbij de wegversmalling terugslaat. Dit omdat de capaciteit hier nog relatief groot is vergeleken met het gedeelte stroomafwaarts. Wanneer een file terugslaat tot aan de wegversmalling zal het verkeer niet alleen met hoge snelheid moeten invoegen, maar ook plotseling veel vaart moeten minderen. Dit levert een onveilige situatie op, wat leidt tot ongevallen.

Validatie hoge intensiteit, geen file voorafgaand

Een voorbeeld van een ongeval dat voldoet aan de kenmerken van categorie 1 voor de A4, is hieronder weergegeven.

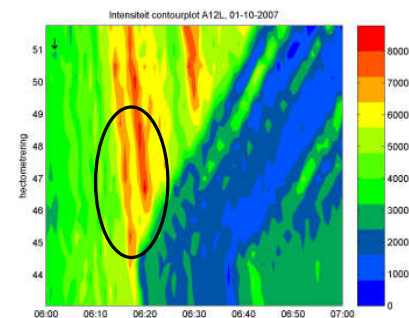


Figuur 4.18a: Hoge intensiteit, A4

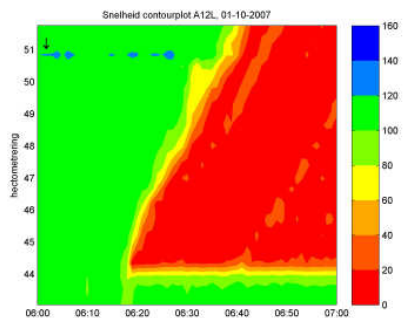


Figuur 4.18b: Geen congestie vooraf, A4

De kenmerken, zoals een hoge intensiteit en geen file voorafgaand aan het ongeval, zijn ook te zien in een ongeval voor de wegversmalling bij de A12, Utrecht richting Den Haag, nabij Woerden, hm 44.2.



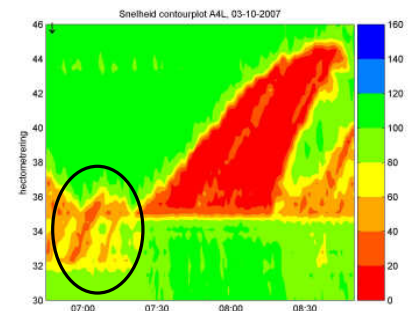
Figuur 4.19a: Hoge intensiteit, A12



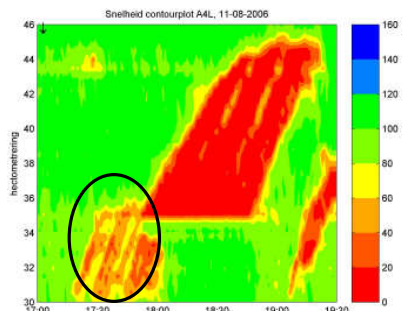
Figuur 4.19b: Geen congestie vooraf, A12

Validatie fileterugslag tot aan wegversmalling

Twee ongevallen veroorzaakt door de terugslag van een file stroomafwaarts aan de wegversmalling zijn hieronder weergegeven voor de A4 bij Zoeterwoude.

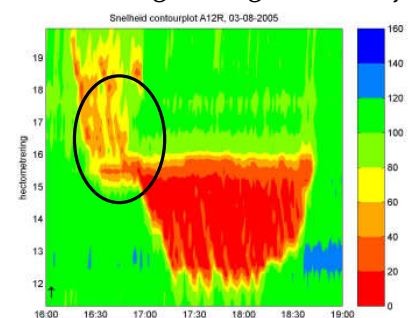


Figuur 4.20a: Fileterugslag vb.1, A4

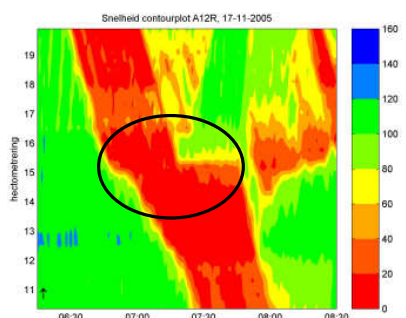


Figuur 4.20b: Fileterugslag vb.2, A4

Deze situatie is ook terug te vinden bij de wegversmalling op de A12 van Den Haag richting Utrecht, bij Zoetermeer, hm 15.8.



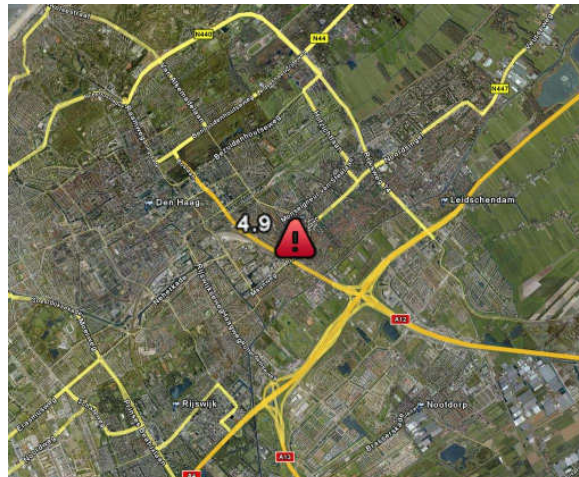
Figuur 4.21a: Fileterugslag vb.1, A12



Figuur 4.21b: Fileterugslag vb.2, A12

4.4.4. Geselecteerde invoegstrook

De invoegstrook die geselecteerd is om de analyse uit te voeren bevindt zich op de A12 Den Haag richting Utrecht (Figuur 4.22).



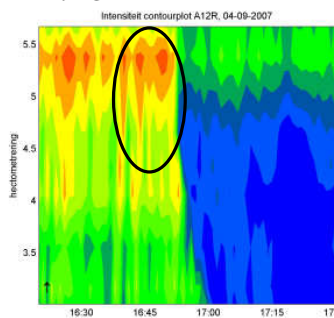
Figuur 4.22: Locatie invoegstrook Den Haag, A12

Verkeer vanuit de Binckhorst voegt hier in op de A12 om hun reis richting Utrecht, Rotterdam of Amsterdam voort te zetten. Hoewel de invoegstrook bij hectometring 5.2 samenkomt met de rijbaan, vinden de ongevallen 200-300m stroomopwaarts plaats, bij hm 4.9 en 5.0 (Figuur 4.23).

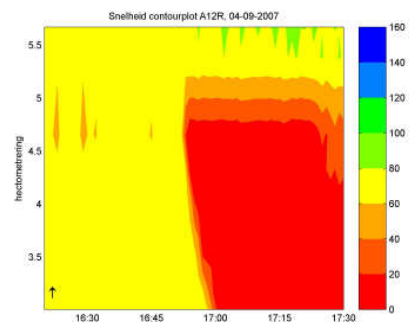


Figuur 4.23: Overzicht geselecteerde invoegstrook

De analyse is uitgevoerd voor 8 filemeldingen uit File2. Uit de contourplots van de intensiteiten en snelheden bleek dat de verkeerssituatie voor het ongeval in 7 gevallen gelijkenissen vertoonde. Ter indicatie zijn de figuren 4.24a en 4.24b weergegeven. De andere 6 gevallen zijn weergegeven in bijlage 3.



Figuur 4.24a: Hoge intensiteit, A12



Figuur 4.24b: Geen congestie vooraf, A12

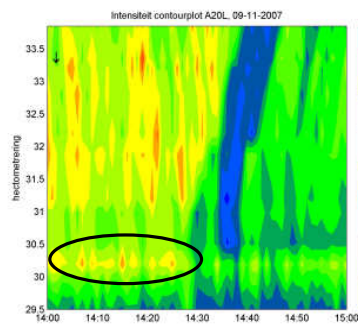
Op basis van de contourplots van de intensiteiten en de snelheden worden de volgende constatering gedaan:

- De intensiteit op de hoofdrijbaan wordt hoog doordat er veel verkeer via de invoegstrook wordt aangevoerd (Figuur 4.24a).
- De hoge intensiteit heeft geen congestie op de hoofdrijbaan tot gevolg (Figuur 4.24b).
- De hoge intensiteit en een hoge dichtheid voor het verkeer wordt niet alleen ter hoogte van de samenvoeging met de hoofdrijbaan gevonden, maar ook enkele 100en meters daarvoor (Figuur 4.24a). De resultaten duiden er op dat de hoge dichtheid van voertuigen terugslaat, zonder dat er file ontstaat.

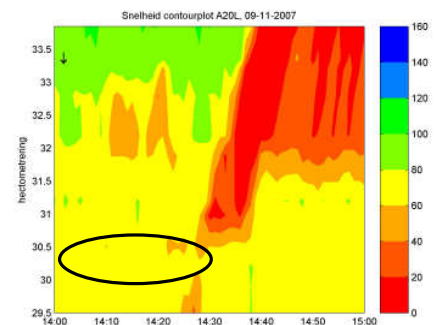
De verklaring voor het optreden van ongevallen enkele honderden meters voor de samenvoeging met de invoegstrook is, dat vanwege een toename van de intensiteit de dichtheid van het verkeer stroomopwaarts aan de invoegstrook hoger wordt. Vanwege de afwezigheid van file is de snelheid van het verkeer hoog. De hoge dichtheid heeft als gevolg dat er minder ruimte tussen de voertuigen is om kleine remacties (en onoplettendheden) te corrigeren. Hierdoor zullen fouten van bestuurders sneller resulteren in een kop-staartbotsing.

Validatie

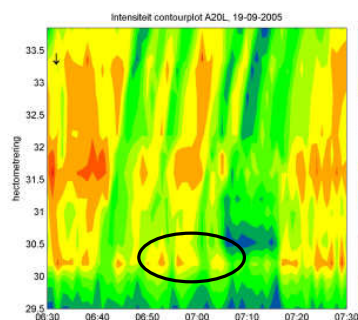
Dat de bovenstaande aspecten ook bij invoegstroken op andere locaties te constateren zijn, blijkt uit de volgende grafieken van ongevallen bij de invoegstrook op de A20 Gorinchem richting Oostvoorne, bij hm 30.4.



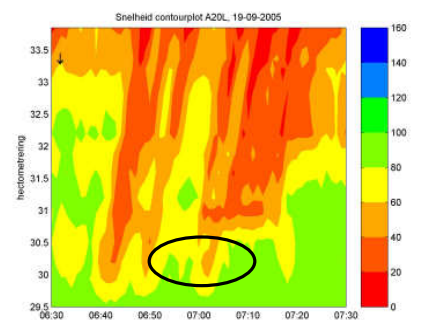
Figuur 4.25a: Hoge intensiteit vb.1, A20



Figuur 4.25b: Geen congestie vooraf vb.1, A20



Figuur 4.26a: Hoge intensiteit vb.2, A20



Figuur 4.26b: Geen congestie vooraf, vb.2, A20

4.4.5. Bepaling kritische intensiteit

Uit de voorgaande analyses is gebleken dat ongevallen bij uitvoegstroken, wegversmallingen en invoegstroken voornamelijk optreden bij een hoge intensiteit. De bepaling van deze kritische intensiteit kan een bijdrage zijn in het correct schatten van de ongevalskans in simulatiemodellen, die kwetsbare wegvakken voor de toekomst in kaart proberen te brengen.

Voor de geanalyseerde weggedeelten worden de intensiteiten bepaald aan de hand van de grafieken uit MoniGraph. Deze zijn terug te vinden in bijlage 2, 3 en 4. De resultaten van de berekening van de kritische intensiteiten zijn weergegeven in Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Bepaling kritische intensiteit

Grafiek-nummer	Strookintensiteit		
	Stroomopwaarts wegversmalling A4 (Figuur 4.17)	Stroomopwaarts uitvoegstrook A15 (Figuur 4.10)	Stroomafwaarts invoegstrook A12 (Figuur 4.23)
1	1667	2375	1800
2	1933	2400	1600
3	1833	2375	1475
4	2267	2500	1725
5	2067	2650	1875
6	1833	2550	1800
7	2067	2450	1725
8	2000	2500	
9	1583	2950	
10	2167		
11	1800		
12	1733		
13	2067		
14	2067		
15	1767		
Kritische intensiteit	1900	2500	1700

De kritische intensiteit van 1900 vtg/h bij de wegversmalling is te verklaren doordat de intensiteit de capaciteit van de bottleneck nadert. Drie stroken, elk met 1900 vtg/h, leveren een intensiteit van 5700 vtg/h. Wanneer deze voertuigen de wegversmalling met twee rijstroken moeten passeren moet elke strook 2850 voertuigen verwerken. Deze te hoge intensiteit en het verplicht wisselen van rijstrook leveren een onveilige situatie op.

De kritische intensiteit van 2500 vtg/h bij de uitvoegstrook op de A15 is te verklaren doordat de intensiteit de capaciteit nadert. De dichtheid van het aantal voertuigen zal op dat moment zeer hoog zijn. Complicaties die kunnen optreden tijdens het uitvoegen zullen in deze situatie er toe leiden dat er een verhoogde kans op een ongeval aanwezig is.

De kritische intensiteit van 1700 vtg/h bij de invoegstrook op de A12 is in vergelijking met de andere gevonden kritische intensiteiten laag. De verklaring hiervoor is dat de situatie ter plaatse met een relatief lage intensiteit al complex is. Dit wordt veroorzaakt doordat rijstrook 4 overgaat in een uitvoegstrook richting Rotterdam en rijstrook 3 richting Amsterdam. Verkeer richting Utrecht kan alleen gebruik maken van de rijstroken 1 en 2. Het wisselgedrag dat hier plaatsvindt, veroorzaakt dat bij een strookintensiteit van 1700 vtg/h de dichtheid van voertuigen begint terug te slaan. Dit geeft vervolgens een verhoogde kans op een ongeval.

4.4.6. Bepaling verhoogde ongevalskans

Nu de kritische intensiteit bepaald is voor de locaties waar kop-staartbotsingen veelvuldig optreden, wordt er gekeken naar de verhoogde kans op een ongeval in verhouding tot overige weggedeeltes.

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden aan de hand van het aantal kop-staartbotsingen afkomstig uit de BLIK database. Voor iedere soort locatie is het aantal ongevallen bepaald. Op basis hiervan is per snelweg en locatiesoort een piekgemiddelde bepaald. De waarden van de gemiddelden buiten deze pieken om is geschat op basis van de grafieken in bijlage 5.

Wanneer de piek-gemiddelden gedeeld worden door de gemiddelden van overige locaties, wordt de verhoogde kans op een ongeval verkregen voor elke locatiesoort.

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in onderstaande tabellen. Hieruit blijkt dat de kop-staartbotsingen gemiddeld 5x meer frequent voorkomen bij dit soort locaties dan op overige locaties.

Tabel 4.8: Bepaling verhoogde kans bij uitvoegstroken

Uitvoegstrook			
	piek-gem	overig-gem	verhoogde kans
A4	22	5	4
A12	17	4	4
A15	24	4	6
A20	40	4	10
			6

Tabel 4.9: Bepaling verhoogde kans bij wegversmallingen

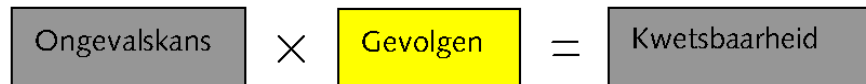
Wegversmalling			
	piek-gem	overig-gem	verhoogde kans
A4	23	5	5
A12	12	3	4
A15	14	4	4
A20	28	4	7
			5

Tabel 4.10: Bepaling verhoogde kans bij invoegstroken

Invoegstrook			
	piek-gem	overig-gem	verhoogde kans
A4	35	5	7
A12	18	4	5
A15	11	3	4
A20	26	4	7
			5

4.5 Analyse omrijgedrag

Berdica (2002) meldt dat er geen data beschikbaar is over de herverdeling van verkeer tijdens verstoringen door ongevallen. Aangezien dit een belangrijk aspect is om kwetsbare schakels te identificeren (Figuur 4.27), zal in deze paragraaf onderzoek worden verricht naar de gevolgen van blokkades voor verkeer in het netwerk.



Figuur 4.27: Relevantie gevolgen van een ongeval

4.5.1. Werkwijze

Om het omrijgedrag van verkeer over het netwerk tijdens ongevallen in kaart te brengen worden er in de eerste plaats snelwegen geselecteerd waar het onderzoek gaat plaatsvinden. Vervolgens is er voor deze wegen een file opgespoord die ontstaan is door een ongeval. Hierna wordt de gemiddelde intensiteit op het betreffende weggedeelte bepaald voor de tijdsperiode tijdens en na de blokkade. Deze gemiddelde intensiteit is gebaseerd op de intensiteit van vier data: 14 en 7 dagen voor het ongeval en 7 en 14 dagen na het ongeval. Als laatste stap wordt bekeken wat de intensiteit tijdens en na de blokkade op het betreffende weggedeelte is geweest. De resultaten van dit onderzoek geven een indicatie van het percentage bestuurders dat gekozen heeft voor een andere route, als gevolg van een blokkade door een ongeval.

4.5.2. Onderzoeksrichting

Op basis van resultaten van vijf analyses worden een tweetal aspecten van het omrijgedrag nader onderzocht. Het eerste aspect richt zich op de vraag of meer bestuurders een andere route nemen in het geval er meer en betere beschikbare alternatieven aanwezig zijn binnen het netwerk. Verder wordt onderzocht of er verschil in omrijgedrag is tijdens de ochtend- en de avondspits.

Voor het onderzoek zijn de situaties rond de volgende ongevallen geanalyseerd:

	Traject	Richting	Hm	Datum
1	A4	Den Haag -> Amsterdam	35.0	12-12-2005
2	A4	Den Haag ->Amsterdam	35.0	22-11-2006
3	A13	Den Haag -> Rotterdam	16.8	28-03-2006
4	A12	Utrecht -> Den Haag	10.0	12-06-2006
5	A12	Utrecht -> Den Haag	12.7	15-01-2007

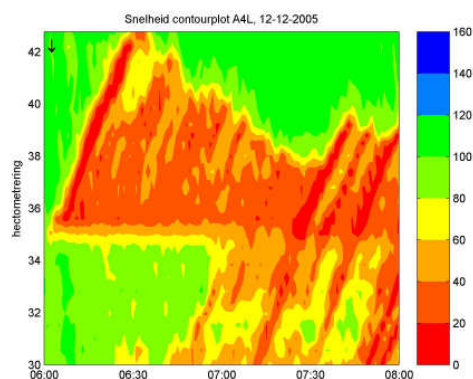
In eerste instantie zullen de uitkomsten van de verschillende analyses gepresenteerd worden met enkele korte opmerkingen. Pas aan het eind van de vijf analyses worden hieruit conclusies getrokken.

4.5.3. Resultaten

Analyse 1: A4, Den Haag richting Amsterdam, hm 35.0.

In Figuur 4.28 is de contourplot van de snelheid weergegeven tijdens en na de blokkade van de rijbaan door het ongeval op 12 december 2005. Het ongeval heeft plaatsgevonden bij hm 35.0 en heeft van 6:00-7:00 een gedeelte van de rijbaan geblokkeerd.

Nadat het verkeer weer vrij kan afstromen is de file niet direct verdwenen. Wel is te zien dat de file korter wordt tot aan het tijdstip 7:30. Vanaf dit tijdstip neemt de filelengte weer toe, als gevolg van de terugslag van congestie stroomafwaarts aan het ongeval. Dit heeft echter geen nadelige gevolgen voor de analyse.



Figuur 4.28: File tijdens ongeval, analyse 1

De gemiddelde intensiteit wordt berekend aan de hand van drie referentiedata. De vierde datum (26-12-2005) is komen te vervallen omdat deze in de kerstvakantie van dat jaar valt en de intensiteiten aanzienlijk lager waren.

Om meer inzicht te krijgen in de herverdeling van verkeer tijdens en na het ongeval zijn de intensiteiten gesommeerd in twee blokken. Hieruit kan afgeleid worden of de intensiteiten alleen tijdens of na, of gedurende de hele periode zijn veranderd. De intensiteiten zijn gemeten bij hectometer 42.78 en weergegeven in Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 1

Aantal voertuigen			
	6:00-7:00	7:01-8:00	6:00-8:00
28-11-2005	3659	2949	6608
05-12-2005	3853	3067	6920
19-12-2005	3602	2908	6510
gemiddelde	3705	2975	6679
ongeval	3918	3154	7072

In de rechterkolom is te zien dat het aantal voertuigen dat tussen 6:00 en 8:00 hectometer 42.78 passeren redelijk met elkaar overeenkomen. De waarneembare verschillen worden verklaard door het optreden van wekelijkse fluctuaties. Ook is te zien dat voor de beide uren apart, de intensiteiten van de verschillende data niet veel van elkaar verschillen. Hieruit wordt geconcludeerd dat de referentie-intensiteiten betrouwbaar zijn.

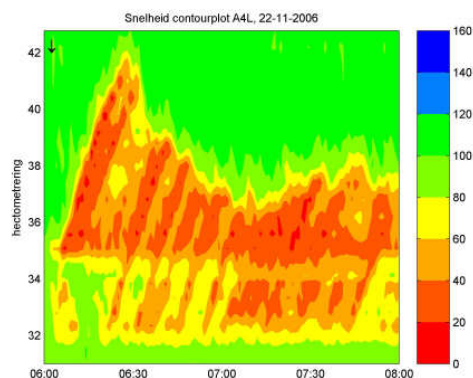
Het aantal voertuigen op de dag van het ongeval, tijdens de betreffende tijdsperiode is tevens in Tabel 4.11 vermeld. Hoewel het aantal voertuigen groter is dan het gemiddelde, is de intensiteit niet bijzonder hoger dan op 05-12-2005. Interessanter om te zien is dat de verdeling van verkeer tijdens de blokkade en daarna hetzelfde zijn gebleven. Dit wordt inzichtelijk gemaakt door het aantal voertuigen voor beide uren in percentages van het totaal aantal gepasseerde voertuigen uit te drukken. Deze resultaten worden weergegeven in Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Vergelijking percentage voertuigen, analyse 1

Aantal voertuigen			
	6:00-7:00	7:01-8:00	6:00-8:00
gemiddelde	3705	2975	6679
ongeval	3918	3154	7072
% gemiddelde	55,5	44,5	100
% ongeval	55,4	44,6	100

Analyse 2: A4, Den Haag richting Amsterdam, hm 35.0.

De tweede analyse betreft wederom een file op de A4, bij hectometer 35.0. Deze analyse is uitgevoerd om de resultaten van de voorgaande analyse te verifiëren. Wederom is in de contourplot van de snelheid (Figuur 4.29) waar te nemen wanneer en voor welk tijdspan het ongeval de rijbaan gedeeltelijk geblokkeerd heeft.



Figuur 4.29: File tijdens ongeval, analyse 2

De resultaten zijn op een zelfde manier als bij analyse 1 weergegeven in Tabel 4.13 en Tabel 4.14

Tabel 4.13: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 2

Aantal voertuigen			
	6:00-6:25	6:26-8:00	6:00-8:00
08-11-2006	2105	5639	7744
15-11-2006	2050	5694	7744
29-11-2006	2014	5388	7402
06-12-2006	2038	5084	7122
gemiddelde	2052	5451	7503
ongeval	2029	5330	7359

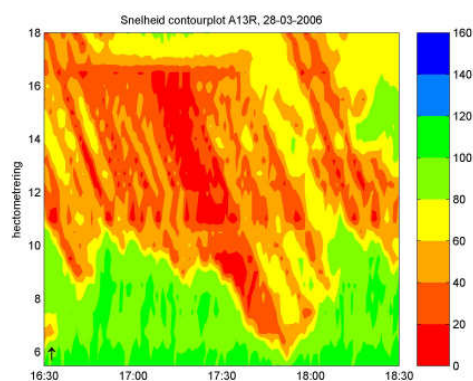
Tabel 4.14: Vergelijking percentage voertuigen, analyse 2

Aantal voertuigen			
	6:00-6:25	6:26-8:00	6:00-8:00
gemiddelde	2052	5451	7503
ongeval	2029	5330	7359
% gemiddelde	27,3	72,7	100
% ongeval	27,6	72,4	100

Uit deze tweede analyse blijkt dat het aantal voertuigen dat hectometer 42.78 passeert vrijwel gelijk is aan het gemiddelde. Gedurende de blokkade passeren er 23 voertuigen minder dan gemiddeld en na het ongeval 121. Stel dat de vermindering van 121 voertuigen veroorzaakt is door het ongeval en niet door de wekelijkse fluctuatie van de intensiteit, dan beslaat dit aantal een percentage van 2%.

Analyse 3: A13, Den Haag richting Rotterdam, hm 16.8.

De derde analyse is uitgevoerd ten tijde van een ongeval op de A13. Het ongeval heeft plaatsgevonden bij hectometer 16.8 op 28-03-2006. In Figuur 4.30 is te zien dat de blokkade ontstaan is op tijdstip 16:45 en dat deze is opgeheven bij 17:40.



Figuur 4.30: File tijdens ongeval, analyse 3

De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.15. De aantallen zijn gebaseerd op meetgegevens verkregen bij hectometer 6.73.

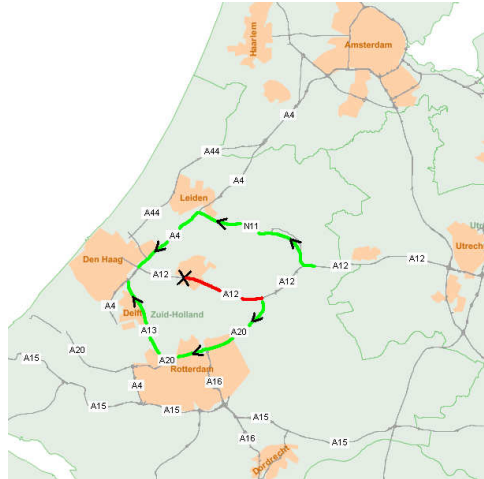
Tabel 4.15: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 4

Aantal voertuigen			
	16:45-17:40	17:41-18:30	16:45-18:30
14-03-2006	4998	4890	9888
21-03-2006	5201	5027	10228
04-04-2006	5218	5043	10261
11-04-2006	4641	4685	9326
gemiddelde	5015	4911	9926
ongeval	4954	4646	9600

Gedurende de blokkade passeren er 61 voertuigen minder hm 6.73. Na het ongeval is er te zien dat ten hoogste 265 bestuurders minder de meetlussen passeren. Dit percentage komt uit op $326 / 9926 = 3,3\%$

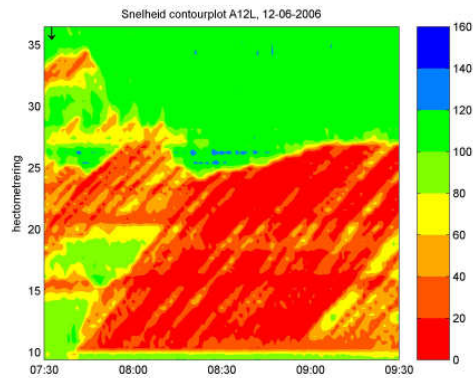
Analyse 4: A12, Utrecht richting Den Haag, hm 10.0

De vierde locatie is gekozen met een bijzondere reden. Er is namelijk gezocht naar een locatie in het netwerk waar goede alternatieve routes beschikbaar zijn. De locatie voor het ongeval en de mogelijke alternatieve routes zijn weergegeven in Figuur 4.31. Het betreft een ongeval op de A12, en het verkeer dat vanuit de richting Utrecht naar Den Haag wil, zal door het ongeval gehinderd worden. De alternatieve routes gaan over de N11 en de A4, en over de A20 en A13.



Figuur 4.31: Mogelijk alternatieve routes, blokkade A12

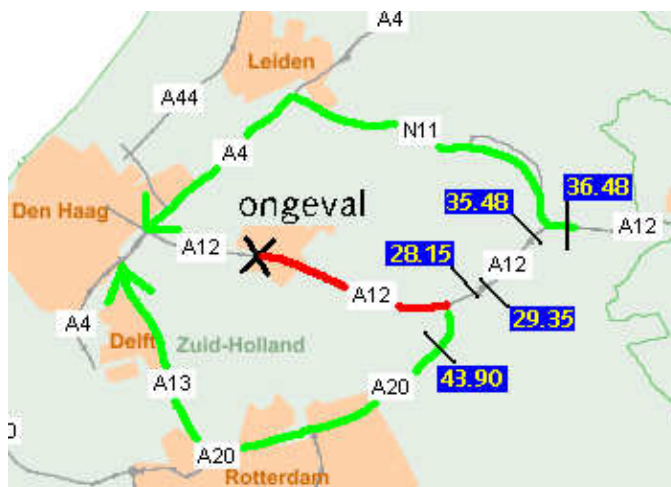
Om de analyse interessanter te maken is er tevens gekozen voor een ongeval dat een lange en langdurige file heeft veroorzaakt. De contourplot van de snelheden is weergegeven in Figuur 4.32.



Figuur 4.32: Grote en langdurige file a.g.v. ongeval op de A12

De bepaling van het aantal voertuigen dat ondanks de file toch de A12 op is gegaan, kon niet op een zelfde wijze geschieden als in voorgaande analyses. De file was namelijk teruggeslagen tot voorbij het knooppunt Gouwe, bij Gouda. Hier begint de A20 richting Rotterdam. Uit de intensiteitmetingen voor dit punt kan echter niet gezegd worden welke voertuigen de A12 zijn opgegaan, en welke voertuigen de A20. Tevens was het niet mogelijk om de intensiteit op de N11 te meten. Daarom is dit opgelost door een meting voor de afslag (hm 36.48) van de A12 naar de N11 te vergelijken met een meting na de afslag. (hm 35.48)

Figuur 4.33 laat de hectometrering van de locaties zien waar metingen zijn verricht om het omrijgedrag van verkeer ten tijde van het ongeval in kaart te brengen.



Figuur 4.33: Locaties gebruikte meetlussen voor analyse 4, ongeval A12

De week voor het ongeval waren de meetlussen niet in orde, dus deze datum is niet meegenomen in de verdere analyse. Het ongeval heeft plaatsgevonden op 12-06-2006 en de intensiteiten zijn gemeten voor de tijdsperiode van 7:30 tot 9:30.

Als eerst wordt er gekeken naar het aantal voertuigen dat gemeten is bij hm 36.48 en 35.48. Uit de drie referentiedagen kan bepaald worden wat het gemiddelde percentage van voertuigen vanaf de A12 uit Utrecht is, dat normaalgesproken gebruikt maakt van de N11. De berekening van dit gemiddelde percentage is te vinden in Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Berekening percentage richting N11

	Aantal voertuigen		Percentage	
	A12	A12	A12	A12
	hm 36.48	hm 35.48	hm 36.48	hm 35.48
29-05-2006	9821	7295	100	74,3
19-06-2006	9793	7313	100	74,7
26-06-2006	10526	7888	100	74,9
				74,6

Op de dag van het ongeval zijn er tussen 7:30 en 9:30, 9870 voertuigen gemeten bij hm 36.48.

Op basis van het gemiddelde percentage (74,6%) zouden dan $9870 \times 0,746 = 7363$ voertuigen hun weg vervolgd hebben op de A12.

Op de betreffende dag is het gemeten aantal voertuigen bij hm 35.48 echter 7209.

Dit duidt er op dat er $7363 - 7209 = 154$ minder bestuurders gekozen hebben hun weg te vervolgen op de A12.

Aangenomen wordt dat deze groep hun oorspronkelijke route gewijzigd heeft, door gebruik te maken van de alternatieve route over de N11.

Voordat gekeken wordt naar het percentage voertuigen dat de route over de A20 kiest, wordt de afslag bij Gouda nader bekeken. In Tabel 4.17 is te zien dat tijdens het ongeval $767 - 555 = 212$ voertuigen minder de A12 via de oprit bij Gouda zijn opgegaan. Verondersteld wordt dat dit verkeer een route over lokale wegen heeft gekozen, in plaats van hun oorspronkelijke route over de A12 te behouden.

Tabel 4.17: Minder voertuigen oprit Gouda

	Aantal voertuigen		
	A12	A12	Verschil
	hm 29.35	hm 28.15	
29-05-2006	8038	8809	771
19-06-2006	7888	8680	792
26-06-2006	8614	9351	737
			767
ongeval	7991	8546	555

De tweede alternatieve route is die over de A20 en de A13. Meetgegevens zijn verzameld op de A20 bij hm 43.90. Deze zijn uitgedrukt in het percentage voertuigen dat gemeten is na de oprit Gouda, bij hm 28.15. In Tabel 4.18 is te zien dat het percentage voertuigen dat vanaf de A12 de A20 op gaat, voor de drie referentiedagen redelijk overeenkomt. Het gemiddelde percentage is weergegeven in de groene cel.

Tabel 4.18: Berekening percentage richting A20

	Aantal voertuigen		Percentage	
	A12	A20	A12	A20
	hm 28.15	hm 43.9	hm 28.15	hm 43.9
29-05-2006	8809	6611	100	75,0
19-06-2006	8680	6630	100	76,4
26-06-2006	9351	6952	100	74,3
				75,3

Op de datum van het ongeval, 12-06-2006 zijn er bij hm 28.15, tussen 7:30 en 9:30, 8546 voertuigen gemeten. Gebruikmakend van het gemiddelde percentage zouden $8546 \times 0,753 = 6435$ voertuigen de A20 zijn opgegaan. Op de dag van het ongeval zijn hier echter 6804 voertuigen gemeten. Verondersteld wordt dat het verschil tussen de twee waarden het aantal voertuigen is dat gekozen heeft voor een alternatieve route. Dit aantal bedraagt $6804 - 6435 = 369$.

Samenvatting resultaten, 7% neemt andere route

In Tabel 4.19 zijn de resultaten samengevat en is het totaal aantal voertuigen dat een andere route heeft genomen als gevolg van het ongeval weergegeven.

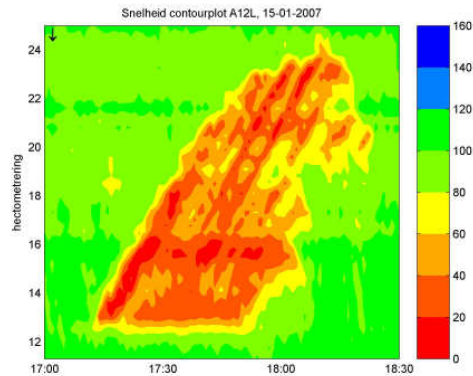
Tabel 4.19: Resultaten analyse 4

A12 vermeden via	aantal
N11	154
Lokaal	212
A20	369
	735

Om het aantal van 735 voertuigen uit te drukken in een percentage wordt dit gedeeld op het totaal aantal voertuigen dat de mogelijkheid had om een andere route te nemen. Dit totaal wordt gezien als de voertuigen gemeten bij hm 36.48 en de voertuigen die normaliter bij 28.15 de A12 zouden zijn opgegaan. De aantallen zijn respectievelijk 9870 en 767. Het totaal aantal komt hiermee op 10637. Hiervan hebben er 735 een andere route gekozen, wat neerkomt op een percentage van 7%.

Analyse 5: A12, Utrecht richting Den Haag, hm 12.7.

De laatste analyse betreft dezelfde locatie als analyse 4, een ongeval op de A12. Nu echter met het verschil dat het ongeval in de avondspits heeft plaatsgevonden. De contourplot van de snelheden is te zien in Figuur 4.34. De file is ontstaan op tijdstip 17:15 en duurt tot 17:50. De analyse is uitgevoerd tot het tijdstip 18:30 en de gebruikte intensiteiten zijn afkomstig van de meetlussen bij hectometer 26.25.



Figuur 4.34: Ongeval A12 avondspits, analyse 5

Twee weken voor het ongeval was het 1 januari. De metingen van deze dag zijn niet gebruikt als referentie. De intensiteiten op 8 januari zijn lager dan de twee referentiedagen na het ongeval, welke vrijwel aan elkaar gelijk zijn. Toch is de meting van 8 januari meegenomen omdat vermoed wordt dat de intensiteit op 15 januari groter is geweest zijn dan op 8 januari, maar niet zo hoog als op de 22^e en 29^e. De bepaling van de referentie-intensiteit en de intensiteiten gedurende het ongeval zijn weergegeven in Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Bepaling referentie-intensiteit, analyse 5

Aantal voertuigen			
	17:15-17:50	17:51-18:30	17:15-18:30
08-01-2007	1630	1521	3151
22-01-2007	1854	1699	3553
29-01-2007	1857	1692	3549
gemiddelde	1780	1637	3418
ongeval	1803	1651	3454

Uit de metingen blijkt dat de totale intensiteit gedurende het ongeval iets hoger was dan de referentie-intensiteit. Ook zijn de percentages van voertuigen over de twee tijdsperioden bijna gelijk (Tabel 4.21). Beide tabellen duiden er op dat er vrijwel geen verkeer gekozen heeft voor een alternatieve route.

Tabel 4.21: Vergelijking percentage voertuigen, analyse 5

Aantal voertuigen			
	17:15-17:50	17:51-18:30	17:15-18:30
gemiddelde	1780	1637	3418
ongeval	1803	1651	3454
% gemiddelde	52,1	47,9	100
% ongeval	52,2	47,8	100

4.5.4. Conclusie omrijgedrag

De conclusies zijn voornamelijk gebaseerd op analyse 4 vanwege de aanwezigheid van de lange en langdurige file en de goede mogelijkheid tot het nemen van alternatieve routes. De overige analyses worden gebruikt ter ondersteuning van de conclusies.

De uitkomsten van analyse 4 wijzen er op dat niet meer dan 7% van de voertuigen een andere route verkiest boven zijn oorspronkelijke route. Dit heeft waarschijnlijk de volgende oorzaken. In de eerste plaats kan het zijn dat bestuurders 's ochtends vroeg niet de tijd nemen om zich over de verkeerssituatie op de weg te laten informeren, via radio, tv of internet. Als tweede reden wordt aangedragen dat er op de alternatieve routes ook een grote kans aanwezig is dat hier vertraging opgelopen gaat worden.

Het percentage bestuurders dat kiest voor een andere route zal in veel gevallen, wanneer het ongeval kleinere gevolgen heeft of wanneer er geen goede alternatieven zijn, nog veel lager uitvallen dan 7%. Dit blijkt uit de overige analyses waar weinig tot geen verkeer van route is veranderd. De uitkomsten doen lijken alsof de beschikbaarheid van alternatieve routes niet relevant is voor de herverdeling van verkeer ten tijde van een blokkade door een ongeval.

Uit de analyses 3 en 5 kan geconcludeerd worden dat ook in de avondspits er maar weinig bestuurders gebruik maken van andere routes ten tijde van een ongeval. Hoewel bestuurders 's middags waarschijnlijk beter geïnformeerd zijn, lijkt dit voor hun routekeuze niet uit te maken. Waarschijnlijk komt dit doordat de alternatieve routes tijdens de spits ook druk zijn en dat er weinig tot geen reistijdwinst te behalen valt, indien gekozen wordt voor een alternatieve route.

4.6 Samenvatting en conclusie van de gehele analyse

In het eerste deel van de analyse is onderzocht op welke locaties binnen het gekozen netwerk de meeste ongevallen plaatsvinden. Dit is gedaan op basis van de twee voornaamste ongevalsoorzaken: het onvoldoende afstand houden tot de voorligger (43%) en het fout inhalen of snijden van andere voertuigen (17%). De overige ongevalsoorzaken zijn niet verder bekeken vanwege het kleine aantal geregistreerde ongevallen. Getrokken conclusies zouden dan niet goed onderbouwd kunnen worden en het voorkomen van dit soort ongevallen zal niet veel invloed hebben op een verbetering van de doorstroming en de veiligheid.

Uit de analyse blijkt dat ongevallen niet uniform verdeeld zijn, maar dat deze optreden bij specifieke locaties. Verder onderzoek is verricht naar de drie locaties waar kop-staartbotsingen veelvuldig plaatsvinden. Dit onderzoek heeft een aantal constatering opgeleverd waar conclusies op gebaseerd konden worden. Deze worden hieronder per soort locatie weergegeven:

1. Uitvoegstroken

Geconstateerd is dat ongevallen bij uitvoegstroken voorafgaan door een hoge intensiteit. De kritische strookintensiteit ligt gemiddeld op 2500 vtg/h. Ook is gebleken dat de ongevallen niet vooraf zijn gegaan door congestie. De snelheden ten tijde ongevallen ligt dus hoog. De verklaring van ongevallen op deze locaties moet gezocht worden in de aanwezigheid van een hoge dichtheid van voertuigen. In deze situatie is er vrijwel geen ruimte om op kleine complicaties die optreden bij het uitvoegen te kunnen anticiperen.

2. Wegversmallingen

Geconstateerd is dat ongevallen bij wegversmallingen in 87% van de gevallen voorafgaan door een hoge intensiteit. De gemiddelde kritische strookintensiteit waar ongevallen bij een wegversmalling van drie naar twee rijstroken plaatsvinden is 1900 vtg/h. Drie stroken met deze intensiteit stroomopwaarts zorgen er voor dat de capaciteit van de wegversmalling wordt overschreden. De hoge snelheden maken de situatie extra onveilig.

Een andere constatering is dat 35% van de ongevallen heeft plaatsgevonden op het moment dat een file stroomafwaarts is teruggeslagen tot aan de wegversmalling. De verklaring hiervoor is dat het verplicht wisselen van rijstrook en het plotseling remmen voor een terugslaan file voor een onveilige situatie zorgt.

3. Invoegstroken

Een constatering die gedaan is bij ongevallen bij invoegstroken is dat er een hoge intensiteit aan het ongeval vooraf is gegaan. Opmerkelijk is dat deze hoge intensiteit niet alleen stroomafwaarts geconstateerd is, maar ook stroomopwaarts aan de invoegstrook. Tevens bleek dat er op het moment van het ongeval geen congestie heeft opgetreden. De verklaring van ongevallen bij invoegstroken is dat de hoge dichtheid van voertuigen weinig ruimte over laat om op kleine remacties te kunnen anticiperen. Hierdoor ontstaat een gevaarlijke situatie vooral op de locatie waar bestuurders deze niet verwachten, enkele 100en meters voor de invoegstrook.

Vanwege het grote aantal ongevallen dat plaatsvindt op weefvakken wordt dit soort locaties ook meegenomen als één van de vier locaties waar een verhoogde kans op een ongeval aanwezig is. Vanwege een waarschijnlijk juiste verklaring van het optreden van ongevallen op dit soort locaties, is hier geen verder onderzoek naar verricht.

Paragraaf 4.5 besloeg het onderzoek naar de herverdeling van voertuigen over het netwerk tijdens en na een gedeeltelijke blokkade van de rijbaan. Uit deze analyse blijkt dat er tijdens de spits vrijwel niet gekozen wordt voor alternatieve routes om hinder van een ongeval te vermijden. Een analyse is uitgevoerd voor een ongeval met ernstige gevolgen voor het verkeer. Als gevolg van het ongeval is een file van meer dan 15 km ontstaan. De blokkade zelf heeft meer dan 1,5 uur geduurd. Ondanks dat er goede alternatieve routes beschikbaar waren heeft naar schatting slechts 7% van het totaal aan bestuurders gekozen voor een alternatieve route. Overige analyses zijn uitgevoerd voor blokkades van kortere duur en voor trajecten met minder goede alternatieve routes. Hieruit bleek dat het percentage bestuurders dat voor een andere route heeft gekozen ten tijde van een blokkade door een ongeval tussen de 0 en 3% ligt. De mogelijke verklaringen voor dit lage percentage is beschreven in par. 2.5.2 en 2.5.3.

5. Toetsing methoden RWS aan analyse

5.1 Inleiding

In de paragrafen 3.4 en 3.5 zijn de twee methoden van Rijkswaterstaat om kwetsbare wegvakken te identificeren uiteengezet. Uit een eerste kwalitatieve beoordeling zijn een aantal aspecten opgesteld die van belang zijn om getoetst te worden. Door de analyse in hoofdstuk 4 is er meer inzicht verkregen in de bepaling van kwetsbare wegvakken. Hierdoor zijn een aantal vooropgestelde toetsingen van de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' komen te vervallen, omdat deze niet meer relevant bleken te zijn.

Als eerste wordt in paragraaf 5.2 de robuustheidsscanner getoetst. De gegenereerde ongevalskans wordt vergeleken met de werkelijke ongevalskans bepaald aan de hand van de BLIK database. Hierna wordt het veronderstelde omrijgedrag van voertuigen ten tijde van een blokkade getoetst aan de uitkomsten van de analyse uit paragraaf 4.4.5. Op basis van deze toetsingen worden conclusies getrokken over de juistheid van de uitkomsten van de robuustheidsscanner.

In paragraaf 5.3 wordt vervolgens de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' getoetst. In de eerste plaats wordt bekeken of de uitkomsten van de methode inzicht geven in de bepaling van kwetsbare wegvakken. Het tweede aspect dat onderzocht wordt is of de aanwezigheid en registratie van structurele files een negatieve invloed heeft op de uitkomsten van de methode.

Het hoofdstuk wordt in paragraaf 5.4 afgesloten met een samenvatting van de resultaten en een conclusie over de correctheid van de werkwijze en de uitkomsten van de twee methoden.

5.2 RWS methode 1: de robuustheidsscanner

5.2.1. Toetsing 1: ongevalskans

De gegenereerde kans van de robuustheidsscanner wordt getoetst door deze kans voor 10 wegvakken in het netwerk te vergelijken met het aantal werkelijk opgetreden ongevallen op die wegvakken. Omdat de kans uit de robuustheidsscanner voornamelijk gebaseerd is op de intensiteit (paragraaf 3.2) wordt verwacht dat de rangschikking naar onveiligheid van wegvakken op basis van de robuustheidsscanner niet overeenkomt met de rangschikking op basis van het werkelijk opgetreden aantal ongevallen.

De 10 wegvakken zijn nader onderzocht omdat deze voorkomen in de top 30 van meest kwetsbare wegvakken in Nederland in het jaar 2000, bepaald door de robuustheidsscanner (Kraan M.E. en J.C. Zee, 2006) en in het onderzochte netwerk van Zuid-Holland. De betreffende wegvakken zijn weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Onderzochte wegvakken

Wegvak	hm-begin	hm-eind	weglengte (km)
A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	35	44,25	9,25
A4 Burgerveen - Hoofddorp	11	16,99	5,99
A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	35,4	40,39	4,99
A12 Nieuwerbrug - Woerden	40,4	44,93	4,53
A12 Woerden - de Meern	45,6	53,77	8,17
A12 Zoetermeer - Nootdorp	7,9	12,39	4,49
A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	35,4	40,41	5,01
A12 Woerden - Nieuwerbrug	40,4	44,89	4,49
A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	10,5	15,37	4,87
A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	10,5	15,37	4,87

Voor elk wegvak is de ongevals-kans berekend volgens de methode van de robuustheidsscanner. Deze kans is uitgedrukt als indexcijfers ten opzichte van het wegvak met de grootste kans op een ongeval (Tabel 5.2). Uit deze indexcijfers is bijvoorbeeld af te leiden dat op traject 1 de kans op een ongeval tweemaal zo groot is als op traject 8. De robuustheidsscanner rekent alleen met een relatieve ongevalskans en niet met een absolute kans op ongevallen.

Tabel 5.2: Rangschikking naar ongevalskans, op basis van robuustheidsscanner

nr.	Wegvak	weglengte	intensiteit	index
1	A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	9,25	5441	100
2	A4 Burgerveen - Hoofddorp	5,99	7981	95
3	A12 Woerden - de Meern	8,17	5259	85
4	A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	4,86	5600	54
5	A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	4,99	5355	53
6	A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	4,87	5483	53
7	A12 Zoetermeer - Nootdorp	4,49	5855	52
8	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	5,01	5157	51
9	A12 Nieuwerbrug - Woerden	4,53	5106	46
10	A12 Woerden - Nieuwerbrug	4,49	5054	45

Vervolgens is voor ieder wegvak bekeken wat het werkelijk aantal geregistreerde ongevallen is geweest. Het aantal ongevallen van de jaren 2005-2007 is gesommeerd voor ieder traject en op basis van deze getallen is een rangschikking gemaakt van meest onveilige wegvakken. Het aantal ongevallen dat heeft plaatsgevonden en de bijbehorende indexcijfers zijn weergegeven in Tabel 5.3.

Tabel 5.3: Rangschikking naar ongevalskans, op basis van de BLIK-database

nr.	Wegvak	aantal ongevallen	index
1	A4 Burgerveen - Hoofddorp	121	100
2	A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	82	68
3	A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	76	63
4	A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	49	40
5	A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	48	40
6	A12 Zoetermeer - Nootdorp	44	36
7	A12 Woerden - de Meern	43	36
8	A12 Woerden - Nieuwerbrug	37	31
9	A12 Nieuwerbrug - Woerden	25	21
10	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	20	17

In Tabel 5.4 worden de indexcijfers van de uitkomsten van de robuustheidsscanner vergeleken met de indexcijfers uit de database.

Tabel 5.4: Vergelijking indexcijfers ongevalskans

nr.	Wegvak	index data	index rbs	verschil
1	A4 Burgerveen - Hoofddorp	100	100	0
2	A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	68	56	-12
3	A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	63	105	42
4	A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	40	56	15
5	A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	40	57	17
6	A12 Zoetermeer - Nootdorp	36	55	18
7	A12 Woerden - de Meern	36	89	54
8	A12 Woerden - Nieuwerbrug	31	47	17
9	A12 Nieuwerbrug - Woerden	21	48	28
10	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	17	54	37

Uit de tabel blijkt dat wegvak 3 als meest onveilig bestempeld wordt door de robuustheidsscanner (index rbs 105). Uit de database blijkt echter dat op dit wegvak slechts 63% van het aantal ongevallen plaatsvindt, vergeleken met het meest onveilige wegvak volgens de database. Ook wordt wegvak nummer 7 als onveilig beschouwd terwijl dit in werkelijkheid niet zo is. Op het meest veilige wegvak volgens de database vindt slechts 17% van het aantal ongevallen plaats, vergeleken met wegvak nummer 1. De robuustheidsscanner geeft echter een waarde van 54.

Uit Tabel 5.4 blijkt dat de robuustheidsscanner de kans op een ongeval voornamelijk overschat en dat de kansen tussen verschillende wegvakken ongeveer gelijk zijn (veel rond de 55). De oorzaak hiervoor is dat voor de meeste wegvakken de intensiteit en de lengte niet veel van elkaar verschillen (Tabel 5.2). De top drie van meest onveilige wegvakken bepaald door de robuustheidsscanner, komt tot stand door of een grote weglengte (9,25 en 8,17 km) of een hoge intensiteit (7981 vtg/2h) en uit de resultaten blijkt dat deze parameters de werkelijkheid niet goed in kaart brengen.

De methode tracht kwetsbare wegvakken met elkaar te vergelijken door gebruik te maken van een gegenereerde ongevalskans. Indien de kans systematisch te hoog of te laag zou worden geschat, dan zou dat voor een relatieve afweging niet van invloed zijn. Wat echter uit deze toetsing blijkt is dat de robuustheidsscanner kansen genereert die in de eerste plaats niet overeenkomen met de werkelijkheid, maar nog veel belangrijker, onderling veel van elkaar verschillen.

5.2.2. Toetsing 2: omrijgedrag

De robuustheidsscanner deelt al het verkeer dat boven de restcapaciteit uitkomt toe aan een alternatieve route. Voor de 10 geselecteerde wegvakken uit de vorige paragraaf wordt het percentage voertuigen dat aan een andere route wordt toebedeeld weergegeven in Tabel 5.5.

Tabel 5.5: Vergelijking percentages omrijgedrag

Wegvak	% alternatieve route
A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	50
A4 Burgerveen - Hoofddorp	65
A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	51
A12 Nieuwerbrug - Woerden	53
A12 Woerden - de Meern	52
A12 Zoetermeer - Nootdorp	50
A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	53
A12 Woerden - Nieuwerbrug	54
A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	50
A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	49
Gemiddeld percentage	53

Uit de conclusie van het onderzoek naar omrijgedrag in paragraaf 4.5.4 blijkt dat er vrijwel geen verkeer gebruik maakt van alternatieve routes ten tijde van een blokkade door een ongeval. De twee uitgevoerde analyses voor de A4 geven aan dat ten hoogste 2% van het verkeer op de A4 gebruikt maakt van alternatieve routes. De analyse van de A12 leverde op dat in het meest extreme geval op een locatie met goede alternatieven slechts 7% van het verkeer omrijgedrag vertoonde. Een analyse van de A13 gaf aan dat iets meer dan 3% van het verkeer in de avondspits een andere route gekozen heeft.

Hoewel de uitgevoerde analyses voor andere delen van de snelwegen zijn uitgevoerd is toch met zekerheid te zeggen dat de robuustheidsscanner het percentage voertuigen dat andere routes neemt ten tijde van een ongeval te hoog schat. Dit percentage zou hoogstens 7% mogen zijn, maar zoals uit de verschillende analyses blijkt, neigt dit percentage meer naar 0.

5.2.3. Toetsing 3: uitkomsten

In de laatste stap van de robuustheidsscanner wordt de reistijd berekend van verkeer dat andere routes neemt. Op basis van deze reistijd worden de gevolgen van een blokkade op verschillende wegvakken gewogen. In werkelijkheid speelt dit omrijgedrag nauwelijks een rol bij de bepaling van de gevolgen van een file. Daarom dient een afweging van de gevolgen niet op een dergelijke manier plaats te vinden.

Op basis van de voorgaande toetsingen is te verwachten dat de uitkomsten van de robuustheidsscanner, wat betreft de identificatie van kwetsbare wegvakken, niet overeenkomt met de werkelijk kwetsbare wegvakken.

Om dit verschil aan te tonen wordt de rangschikking op basis van de resultaten van de analyse uit hoofdstuk 4 (ongevalskans BLIK x totale intensiteit) vergeleken met de rangschikking op basis van de robuustheidsscanner.

De mate van kwetsbaarheid wordt inzichtelijk gemaakt door deze weer te geven als index ten opzichte van het meest kwetsbare wegvak. De resultaten van de toetsing van de uitkomsten zijn weergegeven in Tabel 5.6.

Tabel 5.6: Toetsing uitkomsten robuustheidsscanner

nr.	Wegvak	analyse	rbs	verschil
1	A4 Burgerveen - Hoofddorp	100	100	0
2	A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	47	37	10
3	A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	43	84	-41
4	A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	28	53	-25
5	A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	27	43	-16
6	A12 Zoetermeer - Nootdorp	27	87	-60
7	A12 Woerden - de Meern	23	67	-44
8	A12 Woerden - Nieuwerbrug	19	33	-14
9	A12 Nieuwerbrug - Woerden	13	30	-17
10	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	11	47	-37

Uit de tabel blijkt dat de robuustheidsscanner het meest kwetsbare wegvak correct geïdentificeerd heeft. Wanneer de overige resultaten echter bekeken worden, moet geconstateerd worden dat dit door toeval gebeurd is. De robuustheidsscanner veronderstelt dat de index van het tweede meest kwetsbare wegvak 87 is, terwijl uit de data blijkt dat dit maar 27 is. Ook het 3^e en 4^e wegvak worden ten onrechte als kwetsbaar geïdentificeerd door de robuustheidsscanner.

Wanneer de top 4 volgens de robuustheidsscanner geanalyseerd wordt, blijkt dat deze rangschikking eenvoudig te verklaren is. De intensiteit op het eerste wegvak is zeer hoog. Daarom wordt de kans op een ongeval de één na hoogste van de totale analyse van 30 wegvakken. Met een bovengemiddelde lengte van 6km wordt dit wegvak geïdentificeerd als het meest kwetsbare. De bepaling van het 2^e meest kwetsbare wegvak wordt tevens veroorzaakt door een hoge intensiteit. De nummers 3 en 4 hebben als oorzaak van hun hoge rangschikking hun zeer bovengemiddelde lengte (9,25 en 8,17 km).

5.2.4. Conclusie robuustheidsscanner

Uit de eerste toetsing is gebleken dat de bepaling van de ongevalskans zowel absoluut als relatief niet nauwkeurig genoeg is, om als uitgangspunt te dienen voor verdere berekeningen.

Tevens bleek dat het veronderstelde omrijgedrag van verkeer ten tijde van een blokkade ruim overschat wordt.

Uit de toetsing van de uitkomsten moest geconcludeerd worden dat de rangschikking van kwetsbare wegvakken volgens de robuustheidsscanner niet nauwkeurig genoeg is om kwetsbare wegvakken correct met elkaar te kunnen vergelijken.

In hoofdstuk 6 wordt gekeken of de bepaling van de ongevalskans en het omrijgedrag aan te passen zijn, zodat de werkwijze en daarmee de resultaten van de robuustheidsscanner meer realistisch worden.

5.3 RWS methode 2: Analyse doorstromingsknelpunten

In paragraaf 3.5.6 zijn de toetsingen van de 'analyse doorstromingsknelpunten' te vinden. De meest relevante worden in deze paragraaf getoetst.

In de eerste toetsing worden de uitkomsten van de methode vergeleken met de rangschikking van kwetsbare wegvakken zoals bepaald in Tabel 5.6. Omdat de methode handmatig moet worden uitgevoerd is deze analyse verricht voor de 10 geselecteerde wegvakken uit de vorige paragraaf (Tabel 5.1). Eventuele verschillen of overeenkomsten worden geanalyseerd. Hieruit moet blijken in hoeverre de uitkomsten van de methode correct zijn.

Op locaties waar structureel file staat zal als gevolg van een ongeval een lange file ontstaan. De vraag is of deze filelengte in zijn totaliteit is toe te schrijven aan het ongeval. In hoeverre de uitkomsten van de analyse doorstromingsknelpunten onjuist beïnvloed wordt door de aanwezigheid van structurele files moet blijken uit de tweede toetsing.

De toetsing zal geschieden door de analyse doorstromingsknelpunten uit te voeren voor de beide richtingen van de A4. Hierna wordt de analyse voor een tweede maal uitgevoerd, maar nu worden alle registraties van files tijdens de spitsuren niet meegenomen. De twee uitkomsten worden met elkaar vergeleken zodat inzichtelijk wordt gemaakt welke invloed structurele files op de uitkomsten van de analyse hebben.

5.3.1. Toetsing 1: uitkomsten

De uitkomsten van de analyse doorstromingsknelpunten worden vergeleken met de rangschikking op basis van de resultaten van de analyse uit hoofdstuk 4. De filekosten als gevolg van ongevallen zijn voor ieder wegvak bepaald. Tevens zijn de filekosten uitgedrukt in indexcijfers ten opzichte van het wegvak A4 Burgerveen – Hoofddorp. Het resultaat van de toetsing is te zien in Tabel 5.7.

Tabel 5.7: Toetsing uitkomsten adk

nr.	Wegvak	index analyse	kosten adk	index kosten
1	A4 Burgerveen - Hoofddorp	100	€ 1.574.002	100
2	A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	47	€ 1.454.698	92
3	A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	43	€ 1.492.692	95
4	A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	28	€ 543.259	35
5	A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	27	€ 876.667	56
6	A12 Zoetermeer - Nootdorp	27	€ 900.080	57
7	A12 Woerden - de Meern	23	(buiten provincie)	-
8	A12 Woerden - Nieuwerbrug	19	€ 1.116.029	71
9	A12 Nieuwerbrug - Woerden	13	€ 1.427.243	91
10	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	11	€ 2.267.347	144

Een kwalitatieve beoordeling van de resultaten is niet eenvoudig uit te voeren. Uit de tabel blijken immers een aantal aspecten die juist lijken, maar ook enkele die er op wijzen dat de methode kwetsbare wegvakken niet juist identificeert.

De verhouding tussen de uitkomsten van wegvak 2, 3, 5 en 6 komt goed overeen met de uitkomsten van de analyse. Dat wegvak 1 meer kwetsbaar is dan deze wegvakken blijkt ook uit de resultaten. De verhouding blijkt hier echter niet te kloppen.

Waarden die niet eenvoudig te herleiden zijn worden gevonden bij wegvak 1, 8, 9 en 10. Op basis van de analyse doorstromingsknelpunten zijn deze wegvakken vele malen meer kwetsbaar dan blijkt uit Tabel 5.6. Een opvallende constatering is dat wegvak 10 het minst kwetsbaar is volgens de analyse uit hoofdstuk 4, maar dat dit wegvak volgens de analyse doorstromingsknelpunten het meest kwetsbaar is.

De locaties 1, 8 en 10 worden nader onderzocht op hun veronderstelde afwijkende waarde. Uit een nadere analyse van de locaties moet blijken of dit verschil veroorzaakt wordt doordat de methode niet correct is, of dat de afwijking een andere oorzaak heeft.

Analyse afwijkende waarden

Een nadere analyse van de wegvakken 8 en 10 (Tabel 5.7) kan uitwijzen waarom er bij locatie 10 zeer hoge kosten geconstateerd worden in tegenstelling tot locatie 8.

De wegvakken zijn beide drie rijstroken breed en hebben een vergelijkbare lengte (5 en 4,5 km). Het zijn naastliggende wegvakken en daarom is er vrijwel geen verschil tussen de intensiteiten tijdens de ochtendspits (5054 en 5157).

In eerste instantie wordt het aantal ongevallen op de twee wegvakken in kaart gebracht. Een ongeval hoeft echter niet tot een file te leiden. Daarom kan het voorkomen dat er meer ongevallen in BLIK geregistreerd staan dan het aantal files dat voorkomt in File2.

Tabel 5.8: Analyse wegvakken 8 en 10

nr.	Wegvak	kosten adk	Aantal registraties		gemiddelde filezwaarte (km*min)
			BLIK	File2	
8	A12 Woerden - Nieuwerbrug	€ 1.116.029	37	35	495
10	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	€ 2.267.347	20	73	485

Uit Tabel 5.8 blijkt dat op wegvak 10 bijna 4x zo veel files als gevolg van ongevallen geregistreerd worden in File2, dan dat er ongevallen in BLIK worden opgenomen. Vanwege het feit dat files in File2 automatisch gedetecteerd worden, kan het voorkomen dat de File2 database onderhevig is aan dubbelregistraties. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen doordat een file opbreekt in twee gedeeltes en dat deze stukken als een aparte file beschouwd worden terwijl deze beide door hetzelfde ongeval ontstaan zijn. Uit een analyse van de filezwaarte per registratie blijkt echter dat dubbele registraties niet de oorzaak kunnen zijn van een hoog aantal registraties op wegvak 10. Per ongeval zou dan immers een veel lagere filezwaarte gemeten moeten worden.

Een andere mogelijke verklaring is dat ongevallen niet altijd in de BLIK database worden opgenomen. Het aantal registraties op wegvak 8 lijkt overeen te komen met aantal files gedetecteerd in File2. Om meer inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van BLIK wordt voor de 10 geselecteerde wegvakken het aantal registraties in de BLIK database vergeleken met het aantal registraties in File2. Ook hier wordt rekening gehouden met de gemiddelde filezwaarte (Tabel 5.9).

Tabel 5.9: Vergelijking aantal registraties alle wegvakken

nr.	Wegvak	aantal registraties		gem filezwaarte (km*min)
		BLIK	File2	
1	A4 Burgerveen - Hoofddorp	121	37	500
2	A13 Delft Zuid - Berkel-Rodenrijs	82	73	310
3	A4 Zoeterwoude - Pr. Clausplein	76	53	380
4	A12 Bodegraven - Nieuwerbrug	49	28	305
5	A13 Berkel-Rodenrijs - Delft Zuid	48	79	175
6	A12 Zoetermeer - Nootdorp	44	67	250
7	A12 Woerden - de Meern	43	-	-
8	A12 Woerden - Nieuwerbrug	37	35	495
9	A12 Nieuwerbrug - Woerden	25	59	370
10	A12 Nieuwerbrug - Bodegraven	20	73	485

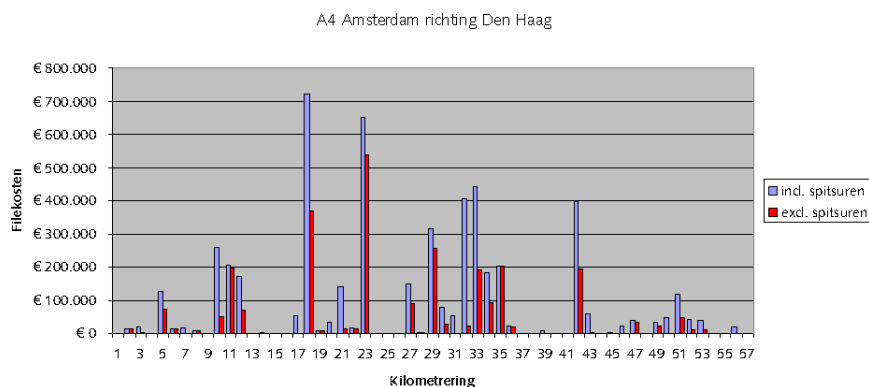
Uit de tabel blijkt dat de er relatief weinig files als gevolg van ongevallen op traject 1 worden gemeten, terwijl hier toch veel ongevallen voorkomen volgens de BLIK database. De verklaring hiervoor is het groot aantal rijstroken dat op dit traject beschikbaar is. Vanwege een absolute hoge intensiteit en het voorkomen van veel ongevallen, wordt dit wegvak volgens de analyse uit hoofdstuk 4 als zeer kwetsbaar beschouwd. Wanneer de intensiteit over de 5 rijstroken wordt verdeeld, dan blijkt deze intensiteit één van de laagste te zijn van de geselecteerde wegvakken. Wanneer een ongeval op dit traject één of twee rijstroken blokkeert, is de kans groot dat het verkeer afgewikkeld kan worden op de resterende rijstroken. Daarom ontstaan er op dit traject als gevolg van ongevallen minder snel files dan op wegvakken met 2 of 3 rijstroken. Uit de gemiddelde filezwaarte van traject 1 is op te maken dat wanneer er een file als gevolg van een ongeval ontstaan, dit ook een zeer lange en langdurige file betreft.

Naast een aantal locaties waar meer ongevallen in BLIK geregistreerd staan dan in File2, zijn er ook enkele locaties waar het aantal registraties in File2 juist hoger is. De verschillende uitkomsten van de analyse uit hoofdstuk 4 en die van de analyse doorstromingsknelpunten zijn hierdoor te verklaren. De kwetsbaarheid in hoofdstuk 4 is bepaald op basis van de veronderstelling dat het aantal registraties in BLIK redelijk overeenkomt met de werkelijkheid. Voor sommige locaties blijkt echter een onderregistratie in het aantal ongevallen. Daardoor worden deze locaties volgens de analyse niet als kwetsbaar beschouwd terwijl in werkelijkheid op deze wegvakken veel files als gevolg van ongevallen geconstateerd worden. Het verschil in uitkomsten wordt daarom toegeschreven aan een incomplete registratie van ongevallen in de BLIK database.

Uit het voorgaande wordt geconcludeerd dat de uitkomsten van de analyse doorstromingsknelpunten goed overeenkomen met de werkelijkheid, ondanks dat deze op sommige punten afwijken van de gestelde rangschikking van kwetsbare wegvakken.

5.3.2. Toetsing 2: invloed van structurele files

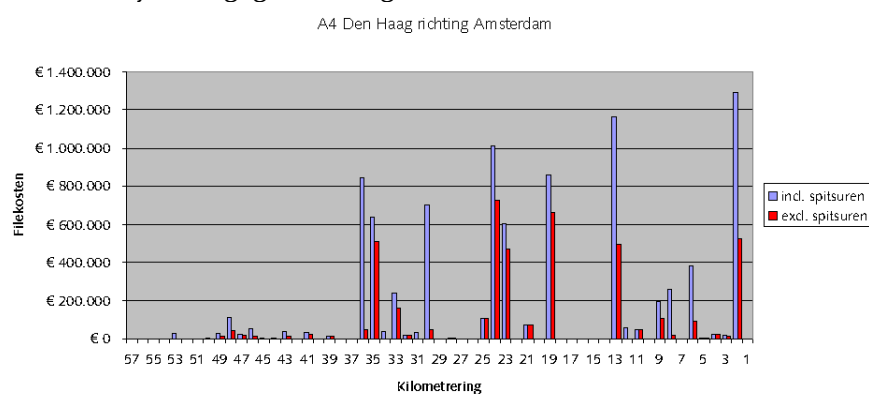
In eerste instantie is de toetsing uitgevoerd voor het traject Amsterdam richting Den Haag. Per kilometer zijn zowel de totale filekosten als gevolg van ongevallen weergegeven, als de filekosten van files die buiten de spits zijn ontstaan (Figuur 5.1). De files die ontstaan zijn tussen 7:00-9:00 en 16:00-18:00 zijn niet meegenomen in de tweede analyse.



Figuur 5.1: 1^e vergelijking filekosten met en zonder spitsuren

Geconstateerd wordt dat wegvakken die in de eerste analyse als kwetsbaar worden beschouwd, ook met het weglaten van files tijdens de spitsuren als kwetsbaar geïdentificeerd worden. Hieruit blijkt dat op deze locaties files als gevolg van ongevallen niet alleen tijdens de spits ontstaan, maar ook voor een groot deel daarbuiten. Dat files als gevolg van ongevallen voor een groot deel plaatsvinden tijdens de spits, is te verklaren doordat er tijdens de spits meer ongevallen plaatsvinden en dat er tijdens de spits sneller een file ontstaat als gevolg van een hoge intensiteit. De analyse doorstromingsknelpunten wordt echter niet incorrect beïnvloed door de aanwezigheid van structurele files, omdat de geïdentificeerde wegvakken ook buiten de spitsuren kwetsbaar blijken te zijn.

De analyse van het traject in andere richting is ook uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 5.2.



Figuur 5.2: 2^e vergelijking filekosten met en zonder spitsuren

Ook uit deze analyse blijkt dat wegvakken ook op basis van files buiten de spits juist als kwetsbaar worden beschouwd. Opvallend zijn de twee gedeeltes bij km 30 en 36. Hier ontstaan files als gevolg van ongevallen vrijwel uitsluitend tijdens de spitsuren. De locatie bij km 36 is geanalyseerd in paragraaf 4.4.3. Hieruit bleek dat de wegversmalling vooral bij hoge intensiteiten een gevaarlijke situatie oplevert. Vandaar dat op deze locatie

vooral tijdens de spits ongevallen ontstaan met files als gevolg. Buiten de spits levert de wegversmalling vrijwel geen gevaarlijke situatie op.

De locatie bij km 30 bevindt zich voor en na de afslag Hoogmade. De rijbaan is hier twee stroken breed en de bebouwing staat hier dicht langs de rijbaan. Deze twee aspecten kunnen er voor zorgen dat tijdens een hoge intensiteit er een druk wegbeeld ontstaat, waardoor er meer ongevallen ontstaan dan tijdens minder drukke perioden. Ook leiden ongevallen op deze locatie tot een grote reductie van de beschikbare capaciteit. Een ongeval leidt hier namelijk al snel tot een totale blokkering van de rijbaan. Dit in combinatie met een hoge verkeersvraag zorgt er voor dat files als gevolg van ongevallen zeer lang zijn op deze locatie.

5.3.3. Conclusie analyse doorstromingsknelpunten

Uit de resultaten van de toetsing van de uitkomsten is gebleken dat de gemeten files als gevolg van ongevallen een correcte indicatie geven van de kwetsbare wegvakken. Ook bleek dat een hoge intensiteit op een wegvak niet per definitie tot lange files hoeft te leiden wanneer er op het betreffende wegvak een ongeval plaatsvindt. Het aantal rijstroken speelt namelijk een belangrijke rol in de gevolgen van een ongeval. Op het traject Burgerveen- Hoofddorp werd namelijk verwacht dat de hoge intensiteit het wegvak zeer kwetsbaar zou maken, maar door het groot aantal rijstroken was dit wegvak niet zo kwetsbaar als verwacht. De verklaring hiervoor is dat er tijdens een ongeval in de meeste gevallen voldoende restcapaciteit is om de intensiteit af te wikkelen.

De resultaten van de tweede toetsing hebben uitgewezen dat de uitkomsten van de analyse niet onjuist beïnvloed worden door de aanwezigheid van structurele files. Wanneer files als gevolg van ongevallen tijdens de spitsuren zijn weggelaten werden de meeste wegvakken namelijk nog steeds als kwetsbaar geïdentificeerd.

5.4 Samenvatting conclusies RWS methoden

Op basis van de toetsingen van de twee methoden is het antwoord op de 1^e hoofdvraag uit paragraaf 1.3 te beantwoorden.

De conclusies omtrent de **robustheidsscanner** zijn als volgt:

- De gegenereerde ongevalskans is zowel absoluut als relatief gezien niet nauwkeurig genoeg om als uitgangspunt te dienen voor verdere berekeningen binnen de robustheidsscanner.
- Het percentage voertuigen dat gebruik maakt van alternatieve routes tijdens een blokkade door een ongeval wordt ruim overschat (53% in plaats van 0-3%).
- Op basis van de robustheidsscanner kunnen wegvakken niet juist op hun kwetsbaarheid beoordeeld worden en daarom is een vergelijking van wegvakken wat betreft kwetsbaarheid op dit moment niet mogelijk met de robustheidsscanner.

De conclusies omtrent de '**analyse doorstromingsknelpunten**' zijn:

- De uitkomsten van de methode geven een correcte identificatie van kwetsbare wegvakken.
- De resultaten worden niet onjuist beïnvloed door de aanwezigheid van structurele files.

6. Voorgestelde aanpassingen robuustheidscanner

6.1 Inleiding

De uitkomsten van de uitgevoerde analyses in voorgaande hoofdstukken geven aanleiding tot het voorstellen van enkele verbeteringen ten aanzien van de robuustheidscanner. Deze aanbevelingen zijn in wezen ook toepasbaar op andere verkeerssimulatiemodellen die kwetsbare wegvakken in kaart proberen te brengen.

Zoals behandeld is de kwetsbaarheid van wegvakken afhankelijk van de kans op een ongeval op dat wegvak vermenigvuldigd met de gevolgen van een ongeval op dat wegvak. Om een voorspelling te kunnen doen over de meest kwetsbare wegvakken is het van belang dat beide aspecten op een juiste manier berekend worden.

In paragraaf 6.2 worden de factoren om tot een juiste bepaling van de ongevalskans te komen beschreven en toegelicht. Belangrijk aspect hierbij is dat de kans op een ongeval in grote mate afhangt van de geometrische eigenschappen van de weg in combinatie met een hoge intensiteit.

Aanpassingen van het veronderstelde omrijgedrag van voertuigen in de robuustheidscanner ten tijde van een blokkade, zijn in paragraaf 6.3 vermeld.

De laatste aanpassing betreft het op een juiste manier in kaart brengen van de gevolgen van een ongeval. Een belangrijk aspect dat hier behandeld wordt, is dat het aantal voertuigen dat een ongeval passeert niet evenredig is met de gevolgen van een ongeval. Hoe dit aangepast dient te worden, komt in paragraaf 6.4 aan de orde

Het hoofdstuk wordt afgesloten in paragraaf 6.5 met een samenvatting van de voorgestelde aanpassingen van de robuustheidscanner.

6.2 Bepaling ongevalskans

Uit dit onderzoek is gebleken dat de kans op een ongeval incorrect bepaald wordt door de intensiteit te vermenigvuldigen met de lengte van het wegvak. Daarom wordt voorgesteld om deze kans afhankelijk te maken van de geometrische eigenschappen van de weg en de intensiteit in relatie tot de capaciteit.

Uit paragraaf 4.3.3 is gebleken dat locaties zoals uitvoegstroken, wegversmallingen, invoegstroken en weefvakken zeer onveilig zijn. Daarom wordt voorgesteld om deze geometrische kenmerken te identificeren in het netwerk van de robuustheidscanner. In paragraaf 4.4.5 is de kritische intensiteit bepaald waarbij de bovenstaande eerste drie locaties onveilig worden. De verhoogde ongevalskans (paragraaf 4.6) ten tijde van een overschrijding van de kritische intensiteit, moet aan deze locaties worden toebedeeld. Aangezien het een relatieve vergelijking van de kwetsbaarheid van wegvakken beslaat, kan volstaan worden met een relatieve verhoging van de ongevalskans.

Vanwege het vele aantal ongevallen dat plaatsvindt op weefvakken, wordt ondanks dat hier geen nader onderzoek naar heeft plaatsgevonden, voorgesteld om dit soort locaties permanent een verhoogde ongevalsrisico mee te geven.

Een volgende aanpassing betreft het toedielingsmodel dat door de robuustheidsscanner gebruikt wordt. Het bereiken van de kritische intensiteit zal namelijk niet in de simulatie voorkomen aangezien het verkeer volgens een (statische) evenwichtstoedeling aan het netwerk wordt toebedeeld. Een wegvak met een wegversmalling zal nooit meer verkeer toebedeeld krijgen dan dat door de bottleneck van de wegversmalling verwerkt kan worden. Een gevaarlijke situatie, waarin meer voertuigen de wegversmalling willen passeren dan mogelijk, kan dus niet gedetecteerd worden door het model. Ook het overschrijden van de capaciteit bij uitvoegstroken zal niet gesimuleerd worden met behulp van het statisch model. Daarom wordt voorgesteld om gebruik te maken van een dynamische evenwichtstoedeling. Er is verder geen aanleiding om de macroscopische eigenschap van het model te veranderen. Wel zou een microscopische simulatiestudie extra inzicht kunnen geven in de validatie van de bepaalde kritische intensiteiten.

6.3 Omrijgedrag

Uit de analyse is gebleken dat er vrijwel geen omrijgedrag plaatsvindt ten tijde van een blokkade. De aanname dat al het verkeer dat boven de restcapaciteit uitkomt een andere route neemt, is dus niet geldig gebleken. Er kan verondersteld worden dat het verkeer zijn oorspronkelijke route behoudt en dat de intensiteit op een wegvak een goede maatstaf is voor het aantal voertuigen dat een ongeval wil passeren. Deze aanpassing zorgt er voor, dat de berekening van de extra reistijd als gevolg van een andere herverdeling van het verkeer, komt te vervallen.

6.4 Bepaling gevolgen

Een ongeval op een weg met één rijstrook zal meer hinder voor het verkeer opleveren dan een ongeval op een weg met vijf rijstroken, wanneer de intensiteit op beide wegen gelijk is. In het eerste geval wordt namelijk al het verkeer tegengehouden door de blokkade, waar in het tweede geval het nog maar de vraag is of een blokkade van één rijstrook tot een file zal leiden.

De gevolgen van een ongeval zouden daarom niet uitgedrukt moeten worden in het aantal voertuigen dat een ongeval passeert, maar in het aantal bestuurders dat in de file veroorzaakt door het ongeval terechtkomt. De bepaling of een file zal optreden en wat de ernst daarvan is, moet plaatsvinden op basis van de restcapaciteit van de weg na het optreden van het ongeval en de intensiteit op dat wegvak.

Met de robuustheidsscanner is het mogelijk om verschillende scenario's door te rekenen. Ook houdt dit in dat ingesteld kan worden hoeveel rijstroken geblokkeerd raken en wat de resterende capaciteit van de rijbaan is. De gevolgen van een ongeval kunnen met deze gegevens uitgedrukt worden in het aantal voertuigen dat in een file terechtkomt. Dit zou een correcte maatstaf zijn om de gevolgen van ongevallen op verschillende locaties met elkaar te vergelijken.

6.5 Samenvatting aanpassingen robuustheidscanner

Hieronder volgt een samenvatting van de voorgestelde aanpassingen van de robuustheidscanner, zoals beschreven in dit hoofdstuk:

- Het identificeren van de locaties van uitvoegstroken, wegversmallingen, invoegstroken en weefvakken.
- De statische toedeling van het verkeer aan het netwerk vervangen door een dynamische toedeling.
- Het door middel van de dynamische toedeling opsporen van overschrijdingen van de kritische intensiteit op de potentieel gevaarlijke locaties.
- De locaties waar de kritische intensiteit overschreden wordt toedelen met een 5x zo hoge ongevalskans.
- Instellen dat al het verkeer zijn oorspronkelijke route behoudt
- De gevolgen uitdrukken in het verschil tussen de restcapaciteit en de intensiteit.

7. Voorgestelde aanpassingen 'adk'

In dit hoofdstuk worden enkele voorstellen gedaan om de methode 'analyse doorstromingsknelpunten' te verbeteren en de uitvoering van de methode meer efficiënt te maken.

Zo wordt in paragraaf 7.1 beargumenteerd hoe de integratie van gegevens uit de BLIK database de methode kan versterken.

In paragraaf 7.2 wordt uiteengezet waarom een berekening van de absolute filekosten tot op het huidige moment nog beter niet kan geschieden. Ook wordt voorgesteld om het onderscheid in vracht- en personenverkeer vanwege de kleine relevantie en een verhoogde efficiëntie in de uitvoering van de methode achterwege te laten.

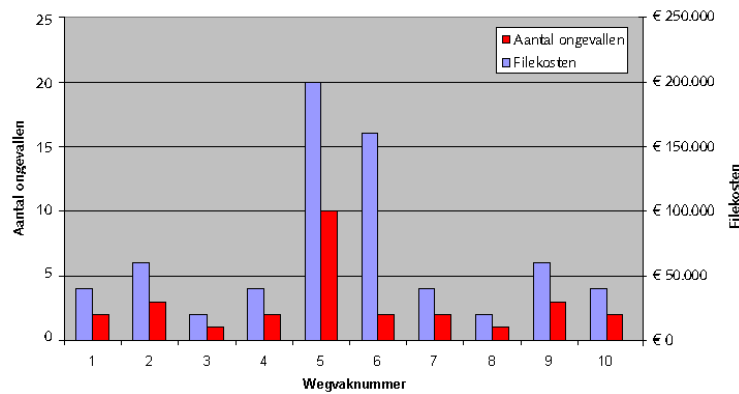
Het voorstel om de methode te automatiseren wordt behandeld in paragraaf 7.3.

De voorgestelde aanpassingen van de 'analyse doorstromingsknelpunten' worden vervolgens in paragraaf 7.4 samengevat.

7.1 Aanpassing integratie data BLIK

De analyse doorstromingsknelpunten maakt gebruik van de ongevalgegevens uit BLIK, om naast de filekosten, ook de slachtofferkosten op wegvakken in kaart te brengen. De twee databases (BLIK en File2) verschillen echter aanzienlijk van elkaar en daarom is niet mogelijk om voor een zelfde ongeval uit beide databases informatie te halen. Tevens hoeft een ongeval niet tot een file te leiden en daardoor kan een ongeval wel in BLIK geregistreerd staan, maar niet in File2. In paragraaf 3.5.5 is beschreven dat de slachtofferkosten geen deel uitmaken van de studie naar kwetsbare wegvakken, omdat de doorstroming hier centraal staat en niet de veiligheid. Daarom wordt hier nogmaals afgeraden om de kosten van slachtoffers mee te nemen in de analyse.

Toch kunnen de ongevalslocaties uit BLIK een waardevolle toevoeging zijn aan de analyse, wanneer deze op een andere manier worden geïmplementeerd. Dit heeft te maken met het feit dat de uitkomsten van de analyse doorstromingsknelpunten absolute waarden zijn van kwetsbaarheid. Het meest kwetsbare wegvak is immers het wegvak waar de meeste kosten (op basis van filezwaarte) worden gemeten. Wanneer echter het aantal ongevallen per wegvak uit de BLIK database wordt meegenomen, wordt inzicht verkregen in de gevolgen van een ongeval op een bepaalde locatie. Het voorgaande wordt inzichtelijk gemaakt aan de hand van Figuur 7.1.



Figuur 7.1: Relevantie integratie aantal ongevallen, voorbeeld traject

Op basis van de resultaten van het voorbeeld is wegvak 5 het meest kwetsbaar. Hier vinden de meeste ongevallen plaats en de totale gevolgen zijn hier ook het grootst. De gevolgen per ongeval zijn echter op wegvak 6 groter. Hierdoor ontstaan er mogelijkheden tot het voeren van verschillende soorten beleid. Wanneer er puur naar de doorstroming van het netwerk wordt gekeken, zal het verminderen van ongevallen geprefereerd worden bij wegvak 6. Wanneer hier namelijk één ongeval voorkomen wordt, zullen de gevolgen voor de doorstroming met € 80.000 afnemen. Wanneer echter één ongeval bij wegvak 5 wordt voorkomen, zullen de gevolgen op die locatie slechts met € 20.000 afnemen.

De andere beleidsvorm combineert een verbetering van de doorstroming met een verbetering van de veiligheid. Dit zal waarschijnlijk in de praktijk de meest realistische beleidsvorm zijn. Hieruit zal naar voren komen dat wegvak 5 het meest kwetsbaar is. Wanneer namelijk een (theoretische) maatregel alle ongevallen en gevolgen daarvan zou voorkomen, dan zou deze maatregel het beste toegepast kunnen worden bij wegvak 5.

7.2 Vervallen kostenberekening

Een volgende aanpassing aan de methode is het laten vervallen van de berekening van de kosten van een file. Deze berekening is opgezet om de kosten te kunnen vergelijken met de kosten van slachtoffers. De berekening van de absolute filekosten is echter niet nauwkeurig en voegt door het vervallen van de slachtofferkosten weinig toe aan de methode. De vertaalslag van filezwaarte naar filekosten vindt plaats op basis van een veronderstelde verliestijd in een file en afrijcapaciteit stroomafwaarts van een file. De gebruikte waarden zijn echter gebaseerd op metingen in 'normale' file-omstandigheden en niet op metingen tijdens een file als gevolg van een ongeval. Hoogstwaarschijnlijk liggen de verliestijden in zo'n file hoger en is de afrijcapaciteit ten tijde van een blokkade door een ongeval lager dan de gebruikelijk afrijcapaciteit (Adams 2008).

Tijdens het genereren van uitkomsten van de analyse doorstromingsknelpunten is gebleken dat het percentage vrachtverkeer op het hoofdwegennet in Zuid-Holland niet veel van elkaar verschilt (9-20%). Tevens is te betwijfelen of deze rekenstap van waarde is, aangezien de berekening van de verliestijden waarschijnlijk niet op een correcte wijze plaatsvindt. Vanwege voorgaande argumenten en een meer efficiënte uitvoering van de analyse wordt aangeraden om geen onderscheid te maken tussen vracht- en personenverkeer.

7.3 Automatiseren van methode

De methode kan geautomatiseerd worden door een computerprogramma te ontwikkelen. Hierbij kunnen veel verschillende analyses uitgevoerd worden, wanneer de mogelijkheid tot het invoeren van verschillende criteria geïmplementeerd wordt. Hierbij is te denken aan het instellen van een tijdsperiode (bepaalde week of maand) of het uur van de dag. Ook maakt een computerprogramma het mogelijk om de data uit File2 en BLIK automatisch in te voeren. Zo kunnen de gegevens waarmee kwetsbare wegvakken geïdentificeerd worden up-to-date gehouden worden.

7.4 Samenvatting aanpassingen 'adk'

De voorgestelde aanpassingen van de methode zijn:

- Toevoeging van aantal ongevallen per wegvak op basis van de gegevens uit de BLIK database.
- Weglaten van de berekening van slachtofferkosten.
- Weglaten van de berekening van (absolute) filekosten.
- Geen onderscheid maken tussen vracht- en personenverkeer totdat de berekening van de verliestijden meer nauwkeurig is.
- Automatiseren van de methode.

8. Conclusies

Voor een beschrijving van zowel de werkwijze als de resultaten van dit onderzoek wordt verwezen naar de samenvatting op pagina 3 van dit rapport.

De getrokken conclusies en de gedane bevindingen tijdens de analyse, de toetsingen en het aanpassen van de methoden, worden hieronder puntsgewijs weergegeven. De punten zijn voorzien van paragraaf- en paginanummer zodat gedetailleerde informatie over de totstandkoming van de conclusie of bevinding eenvoudig na te slaan is.

1. Op het hoofdwegennet van Zuid-Holland vindt 43% van het aantal ongevallen plaats vanwege het onvoldoende afstand houden. 17% wordt veroorzaakt door het foutief inhalen of snijden van andere voertuigen (§2.2.2, p.6).
2. Kop-staartbotsingen als gevolg van het onvoldoende afstand houden vinden op het hoofdwegennet voornamelijk plaats op drie soorten locaties: op en voor uitvoegstroken, op en voor invoegstroken en voor wegversmallingen (§4.3.1, p.34).
3. De oorzaak van deze ongevallen blijkt een hoge intensiteit te zijn in combinatie met een vrije doorstroming van het verkeer. In deze situatie worden namelijk hoge snelheden gerealiseerd (§4.6, p.57).
4. De kans op ongevallen bij uitvoegstroken, wegversmallingen en invoegstroken blijkt 5x zo hoog te zijn als op overige weggedeeltes. (§4.4.6, p. 48).
5. Uitvoegstroken blijken onveilig te worden wanneer de maximale strookintensiteit stroomopwaarts aan de uitvoegstrook over het volledige aantal rijstroken bereikt wordt (§4.4.2, p.39).
6. De kritische intensiteit, waarbij wegversmallingen onveilig worden, wordt bereikt wanneer de intensiteit stroomopwaarts groter wordt dan de capaciteit van de wegversmalling (§4.4.3, p. 42).
7. Invoegstroken worden onveilig wanneer stroomafwaarts een capaciteit van 1700 vtg/h of meer wordt gemeten. Hierbij blijkt dat een hoge dichtheid van voertuigen terugslaat tot enkele honderden meters voor de invoegstrook, waar de meeste ongevallen plaatsvinden. (§4.4.4, p. 45).
8. Vanwege de constatering dat de snelheden voor een ongeval hoog waren, kan gesteld worden dat de matrixsignalering geen rol speelt bij het voorkomen van kop-staartbotsingen op de eerder genoemde locaties. (§4.6, p.57).

-
9. Ongevallen veroorzaakt door foutief inhalen en snijden vinden voornamelijk plaats op weefvakken. Tevens vinden hier ook veel ongevallen plaats door het onvoldoende afstand houden tot de voorligger (§4.3.2, p.35).
 10. Tijdens de spits maken weinig tot geen bestuurders gebruik van alternatieve routes om de hinder van een ongeval te vermijden. Bij een zeer lange en langdurige file en bij goede alternatieven nam slechts 7% van het aantal bestuurders een andere route. In andere gevallen was dit percentage vrijwel gelijk aan 0 (§4.5, p.49).
 11. De robuustheidsscanner is niet geschikt om kwetsbare wegvakken te identificeren. Een foutief gegenereerde ongevalskans en een incorrecte herverdeling van het verkeer ten tijde van een blokkade zorgen er voor dat de uitkomsten niet juist zijn (§5.2, p.59).
 12. Voordat de robuustheidsscanner gebruikt wordt om kwetsbare wegvakken te identificeren, moet deze eerst aangepast worden op een aantal aspecten. De voornaamste verandering is dat de statische evenwichtstoedeling veranderd moet worden in een dynamische zodat een juiste schatting van de ongevalskans kan geschieden. De overige noodzakelijke aanpassingen van de robuustheidsscanner zijn vermeld in §6.5, p. 71.
 13. De methode 'analyse doorstromingknelpunten' blijkt correcte uitkomsten te geven bij de identificatie van kwetsbare wegvakken (§5.3, p.64).
 14. De toevoeging van de locatiegegevens van ongevallen uit de BLIK database kunnen de methode versterken, omdat dit meer inzicht in de verkregen resultaten geeft (§7.1, p.73).
 15. Verder wordt voorgesteld om de bepaling van slachtofferkosten te laten vallen, zoals beargumenteerd is in §3.5.5 op p.28. Ook kan de methode meer efficiënt worden uitgevoerd, zonder dat de nauwkeurigheid van de uitkomsten verslechtert, door de berekening van filekosten en het onderscheid in vracht- en personenverkeer achterwege te laten (§7.2, p.74).

9. Aanbevelingen

Gedurende het onderzoek is er getracht relevante aspecten van de identificatie naar kwetsbare schakels te onderzoeken. Onvermijdelijk zijn er ook een aantal aspecten te noemen waar aanvullend onderzoek nuttig zou zijn. Deze zaken komen aan de orde in paragraaf 9.1.

Hoewel het buiten dit onderzoek ligt, zijn er op basis van de resultaten tevens een aantal aanbevelingen te doen omtrent de bestrijding van files veroorzaakt door ongevallen. Deze zaken worden in paragraaf 9.2 vermeld.

9.1 Nader onderzoek

Kritische intensiteit

Uit de analyse is gebleken dat wegvakken met in- en uitvoegstroken en wegversmallingen bij een bepaalde kritische intensiteit gevoelig worden voor ongevallen. Meer onderzoek naar de kritieke waarden van deze intensiteiten zou wenselijk zijn. Studies op basis van microscopische dynamische modellen zouden hier wellicht meer inzicht in kunnen geven.

Initiële oorzaak ongevallen weefvakken

De vele ongevallen op weefvakken zijn te verklaren doordat hier veel van rijstrook gewisseld wordt. Nader onderzoek naar de initiële oorzaak van dit soort ongevallen kan er toe bijdragen om oplossingen aan te dragen waardoor de verkeerssituatie op weefvakken veiliger gemaakt kan worden.

Gevolgen van een ongeval

De vertraging van voertuigen in een file veroorzaakt door een ongeval zouden onderzocht moeten worden om de absolute filekosten juist te bepalen in de methode 'analyse doorstromingsknelpunten'. Verschil in het aantal geblokkeerde rijstroken en de duur hiervan, de resterende afrijcapaciteit en de intensiteit zouden hier belangrijke parameters kunnen zijn.

NDW kan 'analyse doorstromingsknelpunten' versterken

Aanbevolen wordt om de rol die de Nationale Databank Wegverkeersgegevens kan spelen als leverancier van data voor de methode 'analyse doorstromingsknelpunten', nader te onderzoeken. Wanneer de verkeersgegevens namelijk op een systematische wijze op dezelfde plaats en op een zelfde manier worden opgeslagen, kan de versnippering van de databronnen verholpen worden. Dit zal er aan bijdragen dat de methode efficiënter kan worden uitgevoerd.

9.2 Filebestrijding

Zonder verdere uitwerking zullen in deze paragraaf een aantal aanbevelingen om files als gevolg van ongevallen te bestrijden worden genoemd en toegelicht. Ook worden er enkele aanbevelingen gedaan over het beleid dat hierbij gevoerd zou moeten worden.

Voorkomen is beter dan genezen

Hoewel het verbeteren van het incident management beleid er aan bijdraagt om de gevolgen van ongevallen te beperken, zal de voorkeur uitgaan naar het voorkomen van ongevallen. Dit beleid verbetert niet alleen de doorstroming, maar ook de veiligheid op het hoofdwegennet.

Maatregelen treffen op specifieke locaties

Naast grootschalige campagnes om de veiligheid in het verkeer te vergroten, zou er aan ongevalsgevoelige locaties extra aandacht besteed moeten worden. Wanneer de bestuurders zich er van bewust zijn dat ze in een onveilige verkeerssituatie terecht gaan komen, zullen ze vooral op deze (onveilige) locatie dubbel zo goed opletten. Deze bewustwording bij bestuurders is waarschijnlijk de meest geschikte manier om ongevallen te voorkomen.

Preventief waarschuwen bij wegversmallingen

Wanneer er enkele kilometers voor een wegversmalling een hoge intensiteit gemeten wordt in combinatie met hoge snelheden, zouden er maatregelen genomen moeten worden om de veiligheid te vergroten. Dit kan gebeuren door het waarschuwen van het verkeer door middel van matrixsignalering of via drips. Ook zou het toepassen van dynamische snelheidslimieten op deze locaties een groot deel van de ongevallen kunnen verminderen. Het is van belang dat de waarschuwing alleen plaatsvindt wanneer de situatie ook daadwerkelijk gevaarlijk dreigt te worden. Het plaatsen van een bord voor een wegversmalling met een waarschuwing zal zijn uitwerking missen, omdat vele bestuurders ten tijde van een lage intensiteit de waarschuwing niet ter harte nemen, omdat er geen gevaarlijke situatie is opgetreden. In het geval van een hoge intensiteit zullen bestuurders dit bord dan ook negeren.

Toeritdosering kan ongevallen voorkomen

In de huidige situatie wordt toeritdosering toegepast bij locaties waar een hoge intensiteit op de toerit voor filevorming zorgt. Uit de analyse blijkt echter dat toeritten met hoge intensiteiten ongevallen tot gevolg hebben. Deze locaties worden echter niet gekenmerkt door het ontstaan van files ten gevolge van de hoge intensiteit op de toerit, maar door de vele ongevallen die stroomopwaarts van de toerit plaatsvinden. Toeritdosering zou op dit soort locaties de intensiteit op het wegvak kunnen verlagen, waardoor er minder ongevallen ontstaan. Tevens is dit een argument om verliestijden aan het verkeer op het onderliggend wegennet toe te delen, in plaats van aan verkeer op het hoofdwegennet.

Betere doorstroming uitvoegstrook

Ongevallen op en voor uitvoegstroken kunnen voorkomen worden door er voor te zorgen dat er geen gevaarlijk hoge dichtheid van voertuigen op de uitvoegstrook ontstaat. Maatregelen zijn het aanleggen van een extra uitvoegstrook of het creëren van een betere afwikkeling van het verkeer aan het einde van de afrit. Ook kan het vergroten van de opstelruimte aan het einde van de uitvoegstrook ongevallen voorkomen.

Literatuurlijst

.....

Adams, K., Veiligheid en doorstroming rond incidenten, ITS Edulab, 2008.

Adviesdienst Verkeer & Vervoer, Aanpassing berekening filekosten, Deelproject 1: Aanpassing berekening voertuigverliesuren, Rijswijk, 1998

Adviesdienst Verkeer & Vervoer, Actuele Wegenlijst, 2008

Adviesdienst Verkeer & Vervoer, Bereikbaarheidsmonitor Hoofdwegennet 2006, 2007.

Advin Adviesbureau, Analyse doorstromingsknelpunten: Eindrapportage, Analyse van doorstromingsknelpunten als gevolg van incidenten op het Brabantse hoofdwegennet, NB 6215, 2007.

Advin Adviesbureau, Analyse doorstromingsknelpunten: Onderzoeksmethode en evaluatie, Analyse van doorstromingsknelpunten als gevolg van incidenten op het Brabantse hoofdwegennet, NB 6215, 2007

Berdica, K., An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done, Department of Infrastructure, Stockholm, Sweden, 2002.

Braimaister, L., Risico's onderscheiden naar wegtypen: methodiek van berekenen en voorbereiding; Deelrapportage in het kencijfer-project uit het Onderzoeksjaarplan 1995. R-96-66A. SWOV, Leidschendam, 1996.

Govaarts W., Doorstromingsknelpunten als gevolg van incidenten, Plan van aanpak: methode, Rijkswaterstaat Noord-Brabant, 2006.

Knoop V., S.P. Hoogendoorn, The need of spillback simulation in assessing robustness: concepts and a case study with dynamic route choice, Delft University of Technology, Transport & Planning, 2007.

Kouwenhoven M., H. Siemonsma, R. van Grol, Voertuigverliesuren door incidenten, Hoeveel kan incidentmanagement bijdragen aan de vermindering van files?, Rand Europe, 2006.

Kraan M.E., J.C. Zee, Verkenning van de robuustheid van het hoofdwegennet, Grontmij Nederland bv, 2006.

Poppe F. (1997). Risico's onderscheiden naar wegtypen: eindrapportage van het kencijfer-project uit het Onderzoeksjaarplan 1995

Schreuder M.A., G.F. Tamminga, M.E. Kraan, Vulnerability of a national road network, AVV Transport Research Centre & Grontmij Infrastructure and Environment, 2008.

Small. K.A., Noland, R.B., Koskenoja, P., Socio-economic attributes and impacts of travel Reliability: A stated preference Approach. MOU-117 Final report, UCB-ITS-PRR-95-36, University of California, Irvine, US.

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, SWOV-Factsheet: De relatie tussen snelheid en ongevallen. Leidschendam, 2007.

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Verkeersgewonden in het ziekenhuis, ontwikkeling in omvang, letselernst en verpleegduur sinds 1984, Leidschendam 2007

Tampère C., J. Stada, B. Immers, Een methodiek voor het vaststellen van de kwetsbare wegvakken in een wegennetwerk, Katholieke Universiteit Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, 2007.

Verkeerskunde, Meer grip op het IJsselmeergebied, vaktijdschrift over verkeer en vervoer, 2007.

Voigt G., Molenkamp L., de Mos M., Per rijstrook uit de file, Rijkswaterstaat, 2007

Bijlage 1a: Analyse kop-staartbotsingen

Bijlage 1b: Analyse botsingen fout inhalen / snijden

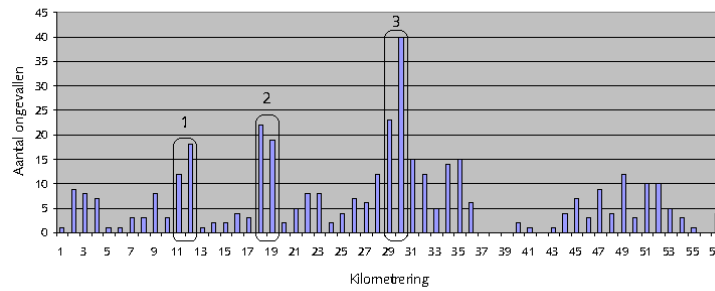
Bijlage 2 : Analyse van ongevallen bij uitvoegstrook A15

Bijlage 3 : Analyse van ongevallen bij wegversmalling A4

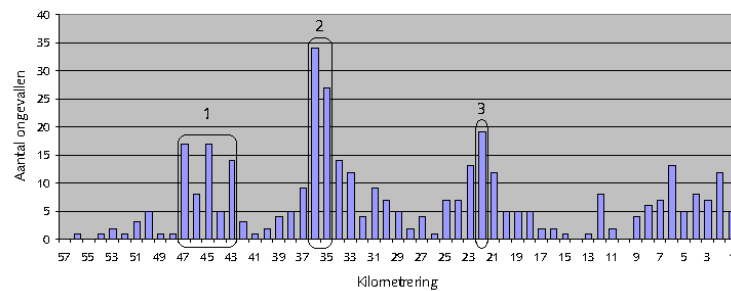
Bijlage 4 : Analyse van ongevallen bij invoegstrook A12

Bijlage 1a: Analyse kop-staartbotsingen

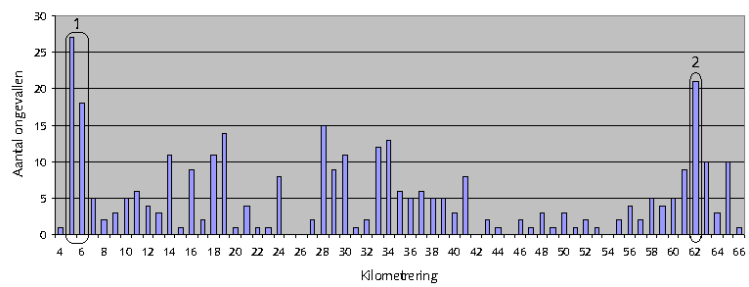
Kop-staartbotsingen A4
Amsterdam -> Den Haag



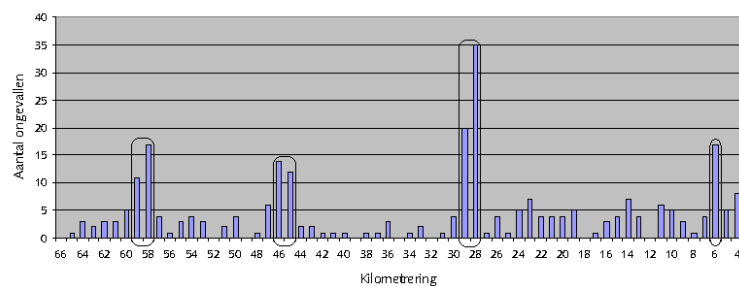
Kop-staartbotsingen A4
Den Haag -> Amsterdam



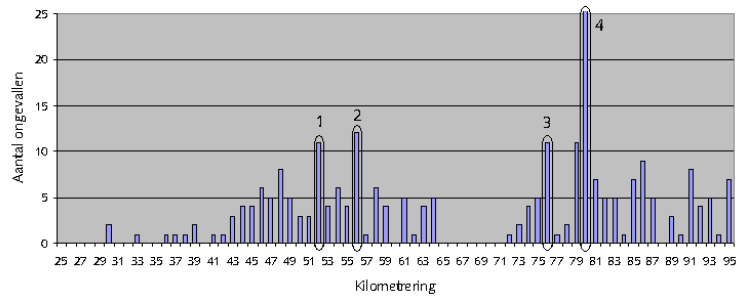
Kop-staartbotsingen A12
Den Haag -> Utrecht



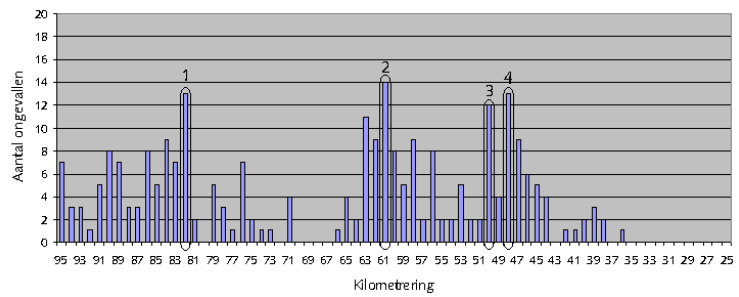
Kop/staartbotsingen A12
Utrecht -> Den Haag



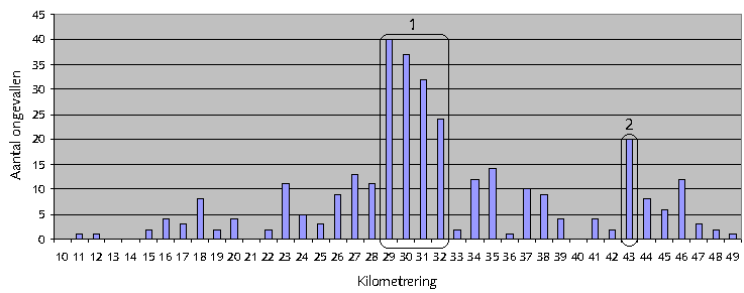
Kop-staartbotsingen A15
Oostvoorne -> Gorinchem



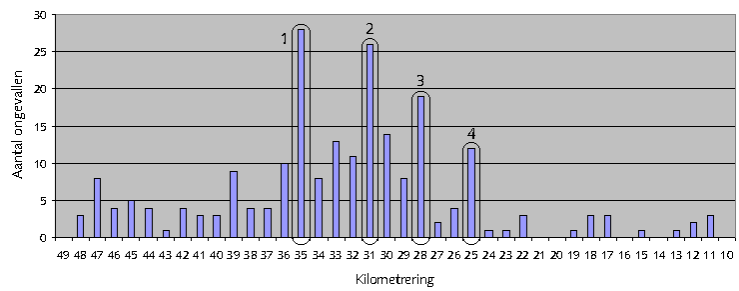
Kop-staartbotsingen A15
Gorinchem -> Oostvoorne



Kop-staartbotsingen A20
Rotterdam -> Gouda



Kop-staartbotsingen A20
Gouda -> Rotterdam



A4 Amsterdam -> Den Haag					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	10.0 - 11.0	12	10.9	6	invoegstrook
	11.0 - 12.0	18	11.5	9	200m voor invoegstrook
2	17.0 - 18.0	22	17.4 - 17.5	9	begin weefvak
	18.0 - 19.0	19	18.2 - 18.3	8	400m voor wegversmalling
3	28.0 - 29.0	23	28.5 - 28.8	20	300m voor wegversmalling
	29.0 - 30.0	40	29.1	7	300m voor invoegstrook
			29.4	9	invoegstrook

A4 Den Haag -> Amsterdam					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	46.0 - 47.0	17	46.0 - 46.3	9	begin uitvoegstrook
	44.0 - 45.0	17	uniform	-	uitvoegstrook en weefvak
	42.0 - 43.0	14	42.6	6	300m voor wegversmalling
2	35.0 - 36.0	34	35.0 - 35.2	15	150m voor wegversmalling
	34.0 - 35.0	27	34.4 - 34.6	13	uitvoegstrook
3	21.0 - 22.0	19	21.6 - 21.7	10	ringvaart aquaduct

A12 Den Haag -> Utrecht					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	4.0 - 5.0	27	4.4	6	geen bijzonderheden
			4.9	6	250m voor invoegstrook
	5.0 - 6.0	18	5.0	6	250m voor invoegstrook
2	61.0 - 62.0	21	61.1 - 61.2	12	begin uitvoegstrook

A12 Utrecht -> Den Haag					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	58.0 - 59.0	11	58.9	5	begin uitvoegstrook
	57.0 - 58.0	17	57.1	9	500m voor invoegstrook
2	45.0 - 46.0	14	45.8 - 45.9	6	300m voor invoegstrook
	44.0 - 45.0	12	44.2 - 44.3	6	100m voor wegversmalling
3	28.0 - 29.0	20	28.5 - 28.6	7	invoegstrook
			28.2 - 28.3	7	begin uitvoegstrook
	27.0 - 28.0	35	27.3 - 27.5	20	weefvak
4	5.0 - 6.0	17	5.4	6	uitvoegstrook

A15 Oostvoorne -> Gorinchem					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	51.0 - 52.0	11	51.7 - 51.8	5	begin weefvak
2	55.0 - 56.0	12	55.4 - 55.5	6	500m na invoegstrook
3	75.0 - 76.0	11	75.6 - 75.8	7	300m voor invoegstrook
4	79.0 - 80.0	35	79.9	12	200m voor uitvoegstrook

A15 Gorinchem -> Oostvoorne					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	81.0 - 82.0	13	81.5 - 81.7	7	uitvoegstrook
2	60.0 - 61.0	14	60.6 - 60.7	6	300m voor wegversmalling
3	49.0 - 50.0	12	49.6 - 49.7	7	knik in wegprofiel
4	47.0 - 48.0	13	47.3 - 47.5	8	400m voor de Botlektunnel

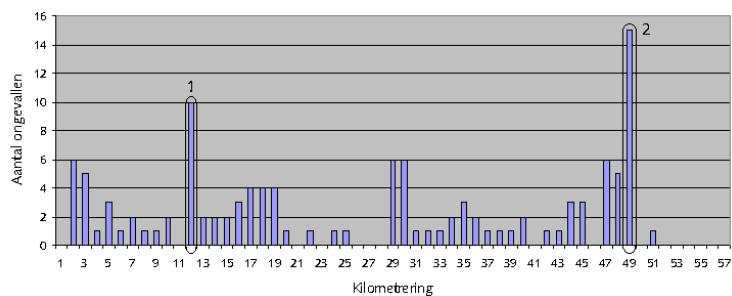
A20 Rotterdam -> Gouda					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	28.0 - 29.0	40	28.6	10	begin uitvoegstrook
	29.0 - 30.0	37	29.7 - 29.8	16	weefvak
	30.0 - 31.0	32	30.0 - 30.2	12	weefvak
	31.0 - 32.0	24	31.2 - 31.3	11	100m na invoegstrook
2	42.0 - 43.0	20	42.6 - 42.7	10	uitvoegstrook en wegversmalling

A20 Gouda -> Rotterdam					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	34.0 - 35.0	28	34.5 - 34.6	10	400m voor wegversmalling
2	30.0 - 31.0	26	30.6	7	250m voor invoegstrook
3	27.0 - 28.0	19	27.4	17	voor scherpe bocht

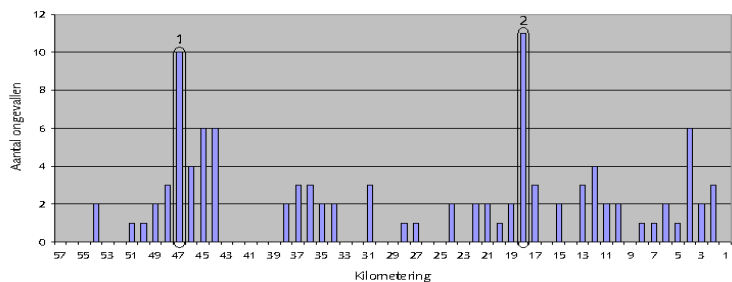
Kop-staartbotsingen		
Soort locatie	aantal locaties	aantal ongevallen
op of voor een uitvoegstrook	11	81
voor een wegversmalling	8	79
op of voor een invoegstrook	8	71
op of voor een weefvak	5	62
voor een tunnel	2	18
na een invoegstrook	2	17
knik in wegprofiel	1	7

Bijlage 1b: Analyse botsingen fout inhalen / snijden

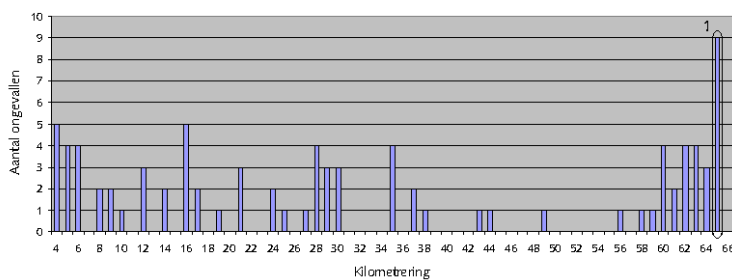
Fout inhalen / snijden A4
Amsterdam -> Den Haag



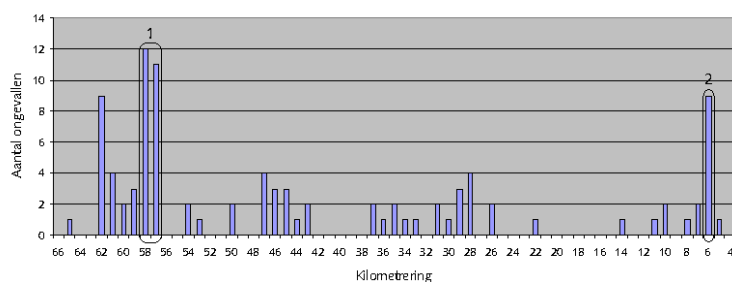
Fout inhalen / snijden A4
Den Haag -> Amsterdam



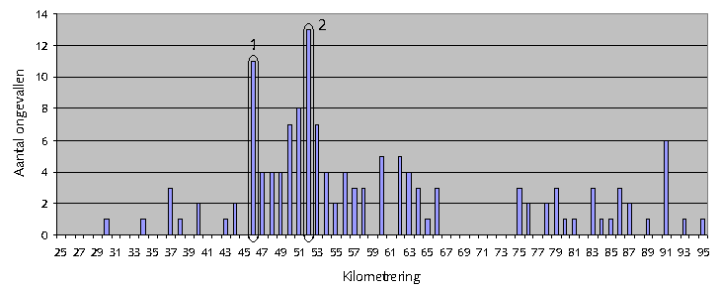
Fout inhalen / snijden A12
Den Haag -> Utrecht



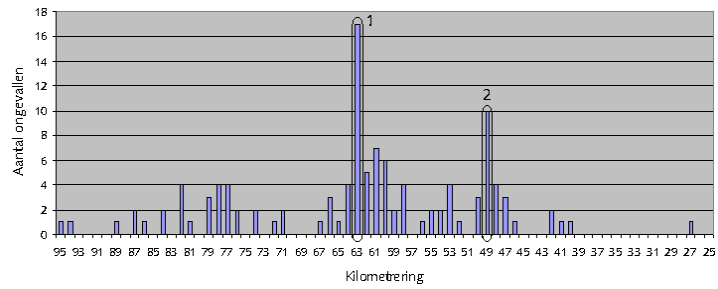
Fout inhalen / snijden A12
Utrecht -> Den Haag



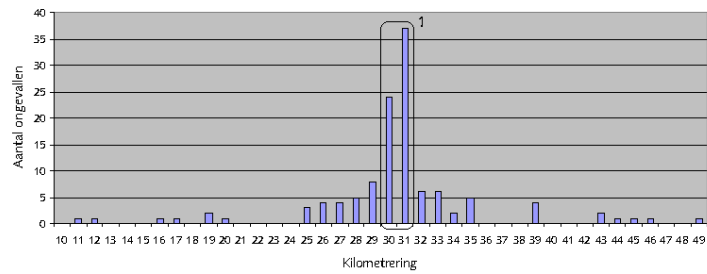
Fout inhalen / snijden A15
Oostvoorne -> Gorinchem



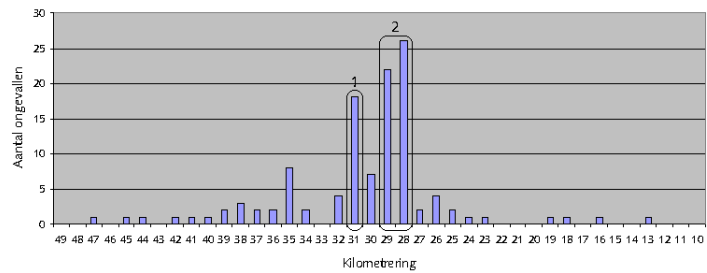
Fout inhalen / snijden A15
Gorinchem -> Oostvoorne



Fout inhalen / snijden A20
Maasdijk -> Gouda



Fout inhalen / snijden A20
Gouda -> Maasdijk



A4 Amsterdam -> Den Haag					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	11.0 - 12.0	10	11.4 - 11.5	7	200m voor invoegstrook
2	48.0 - 49.0	15	48.9	5	weefvak

A4 Den Haag -> Amsterdam					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	46.0 - 47.0	10	46.6 - 46.7	6	weefvak
2	17.0 - 18.0	11	17.7 - 17.8	6	300m na invoegstrook

A12 Den Haag -> Utrecht					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	64.0 - 65.0	9	64.4	5	geen bijzonderheden

A12 Utrecht -> Den Haag					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	57.0 - 58.0	12	57.1	9 (2005)	400m voor invoegstrook
	56.0 - 57.0	11	56.9	5	400m voor invoegstrook
2	5.0 - 6.0	9	5.3	3	uitvoegstrook

A15 Oostvoorne -> Gorinchem					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	45.0 - 46.0	11	45.6 - 45.7	5	250m na invoegstrook
2	51.0 - 52.0	13	51.7 - 51.8	6	weefvak

A15 Gorinchem -> Oostvoorne					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	62.0 - 63.0	17	62.7 - 62.8	11	weefvak
2	48.0 - 49.0	10	48.6	5	200m na invoegstrook

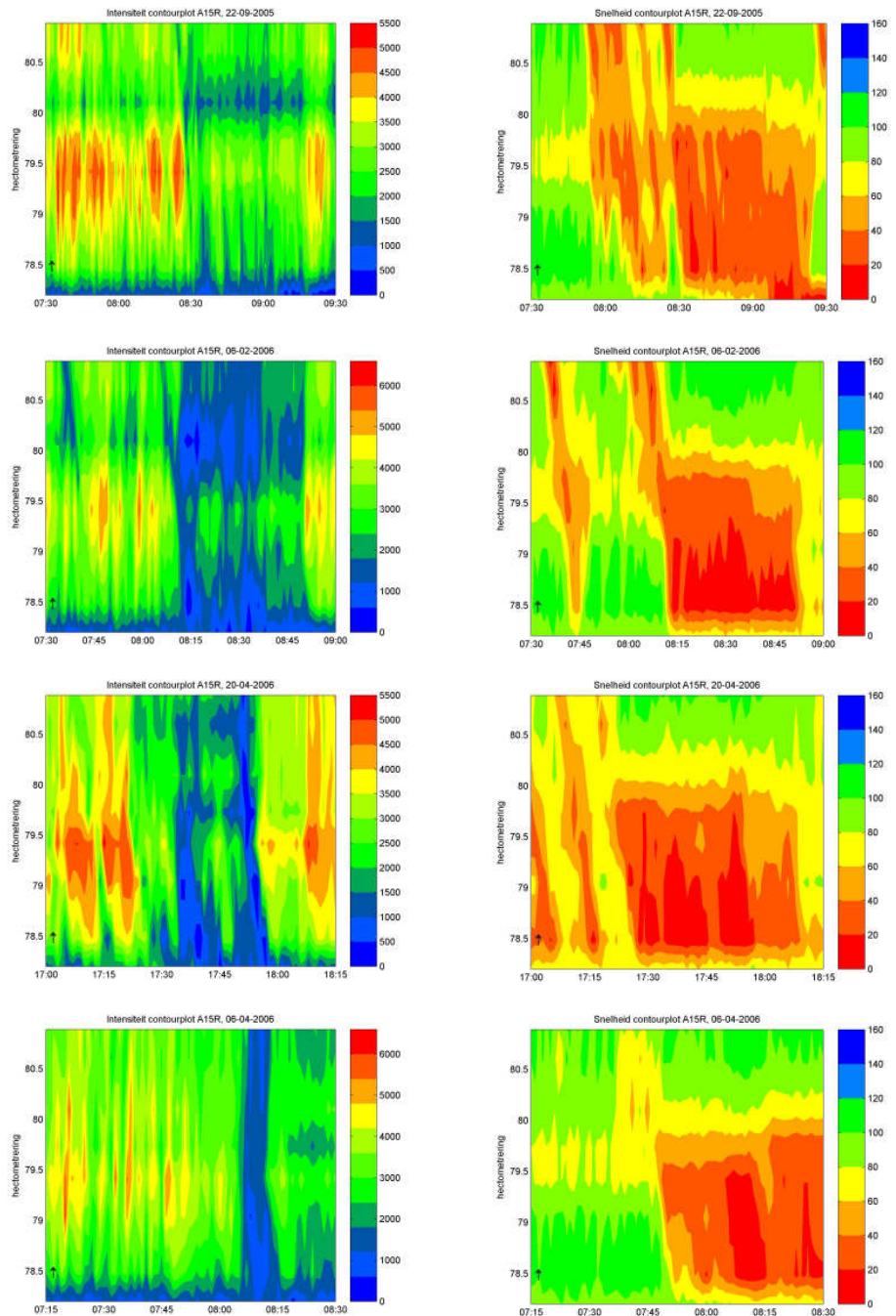
A20 Rotterdam -> Gouda					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	29.0 - 30.0	24	29.7 - 29.8	13	weefvak
	30.0 - 31.0	37	30.0 - 30.1	13	weefvak

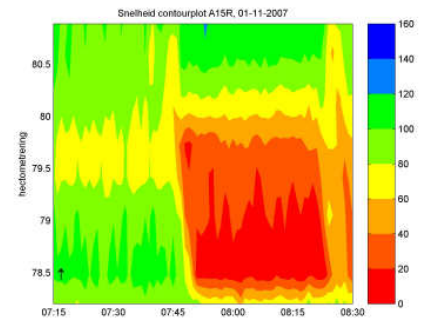
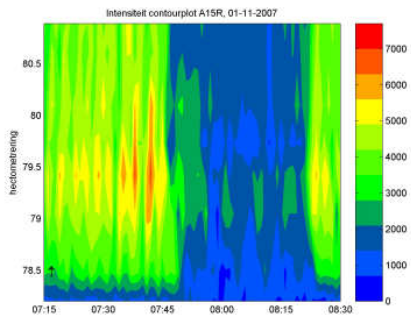
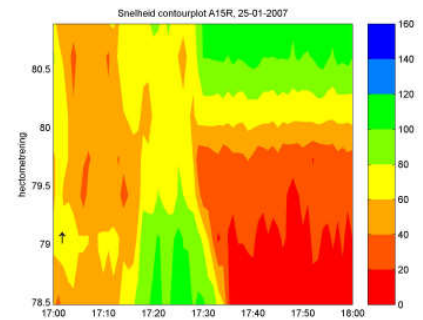
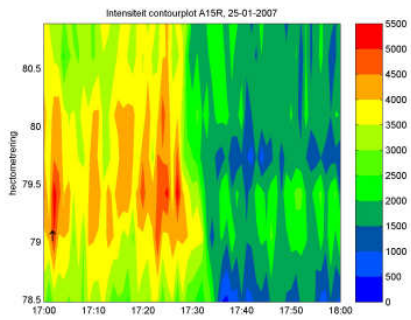
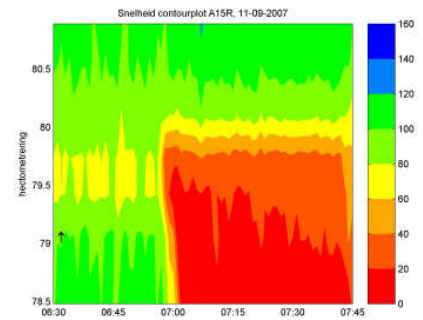
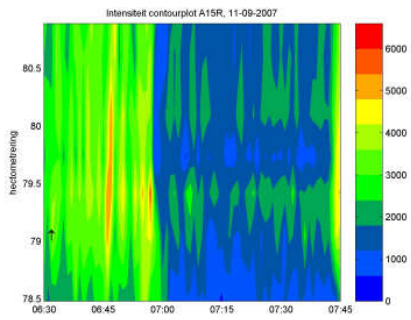
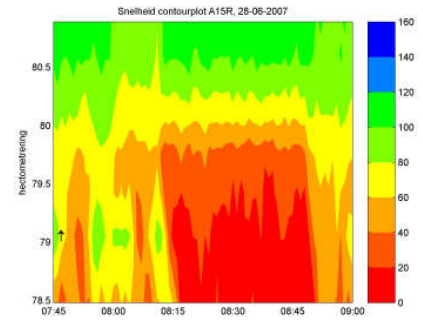
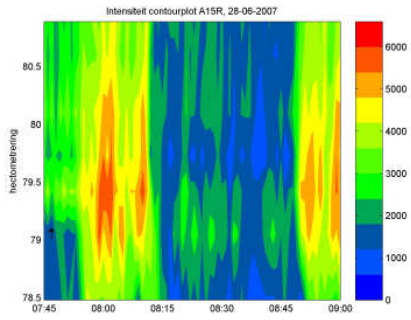
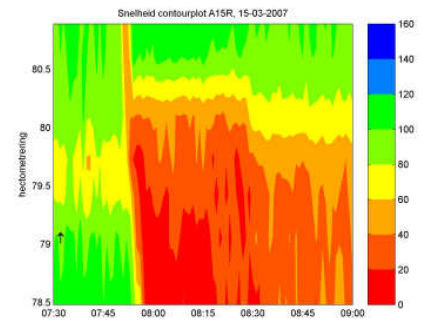
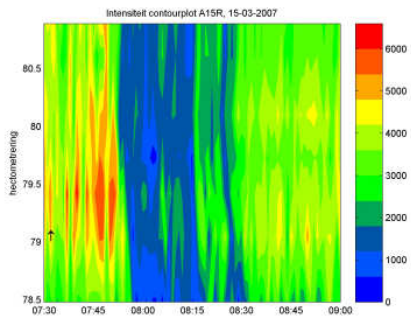
A20 Gouda -> Rotterdam					
1e analyse			2e analyse		3e analyse
piek	hm	aantal	hm	aantal	
1	30.0 - 31.0	18	30.2 - 30.3	9	weefvak
2	28.0 - 29.0	22	28.3 - 28.4	11	150m na invoegstrook
	27.0 - 28.0	26	27.4	16	voor een scherpe bocht

Fout inhalen / snijden		
Soort locatie	aantal locaties	aantal ongevallen
weefvak	5	63
na een invoegstrook	4	27
voor een invoegstrook	2	21
scherpe bocht	1	16
uitvoegstrook	1	3

Bijlage 2: Analyse van ongevallen bij uitvoegstrook A15

At random zijn er 11 ongevallen uit de File2-database voor de A15 bij de afslag Sliedrecht nader onderzocht. Voor 9 gevallen blijkt dat het ongeval vooraf is gegaan door een hoge intensiteit. Van deze voorbeelden worden zowel de contourplot van de intensiteit als de snelheid weergegeven. In 1 geval bleek dat er geen hoge intensiteit was opgetreden voor het ongeval. Ook was er 1 foute fileregistratie, omdat volgens de monica-data geen file was ontstaan.





Bijlage 3: Analyse van ongevallen bij wegversmalling A4

.....

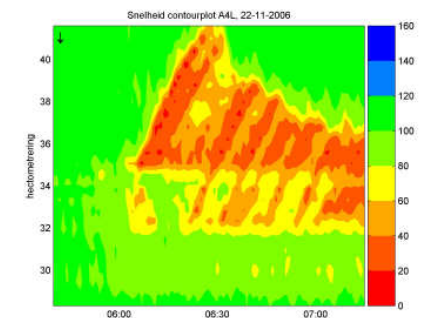
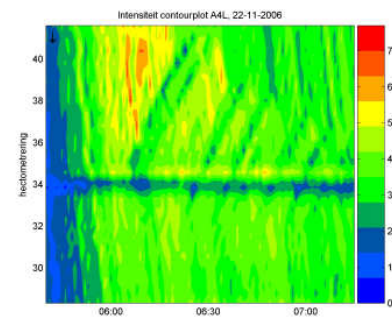
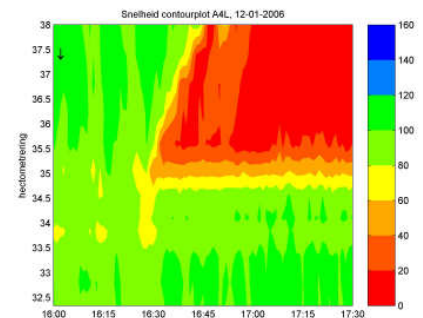
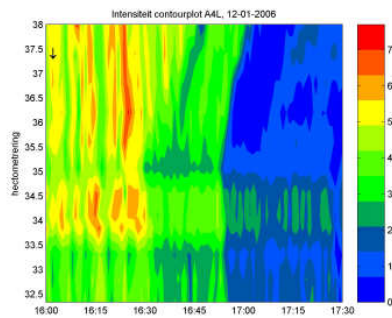
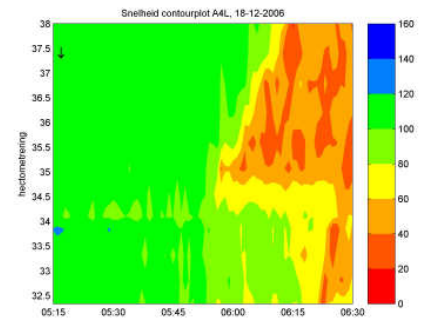
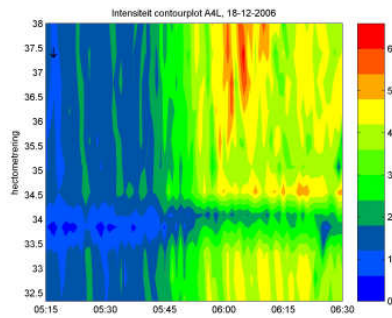
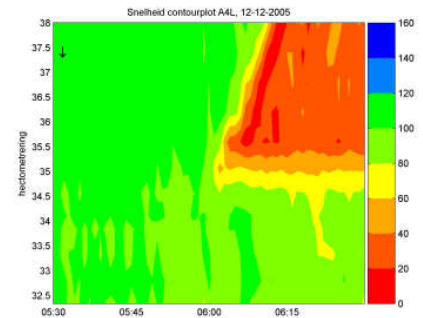
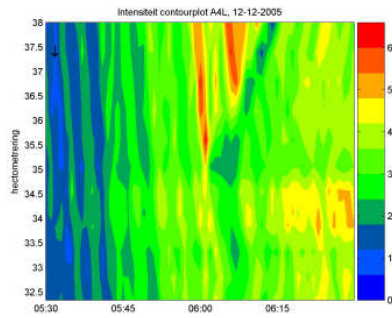
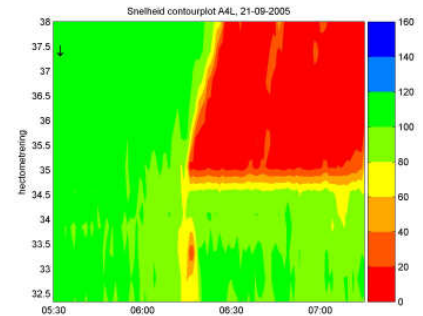
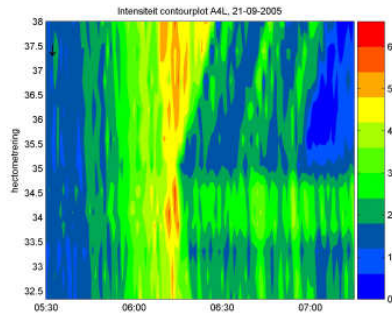
Bij de wegversmalling op de A4 bij hm 35.0 zijn 29 ongevallen nader onderzocht. Deze zijn at random geselecteerd uit de File2-database. In onderstaande tabel zijn de resultaten van deze analyse weergegeven.

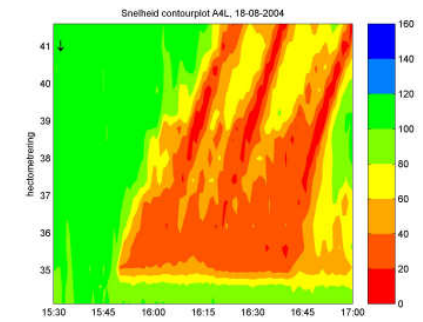
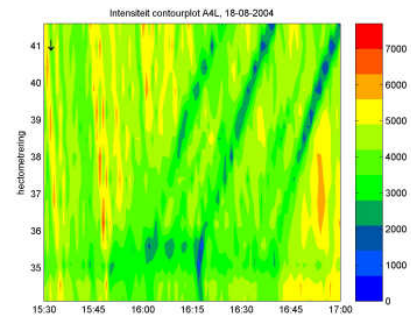
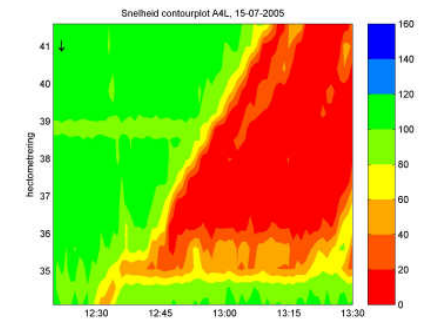
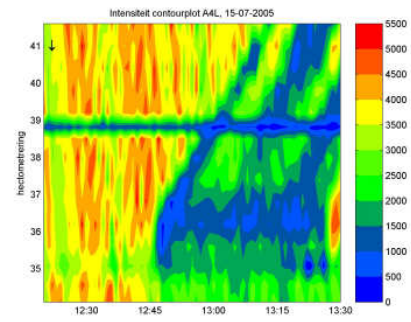
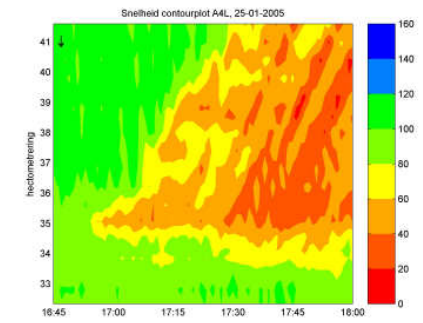
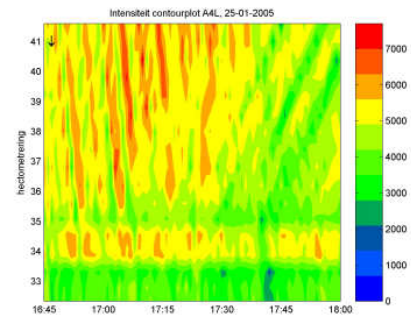
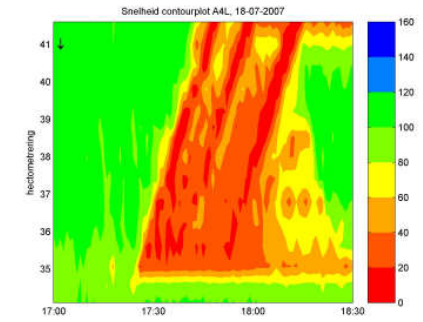
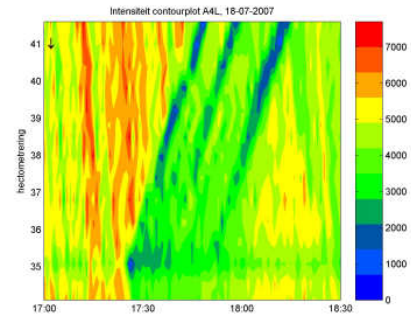
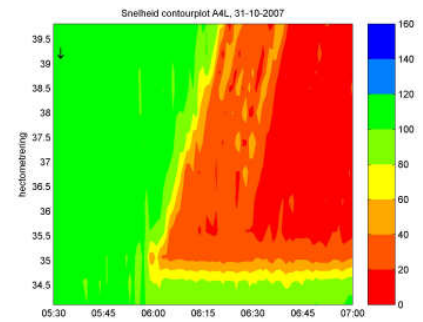
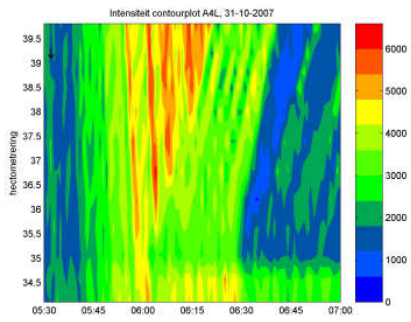
Tabel bijlage 2: Resultaten analyse wegversmalling A4

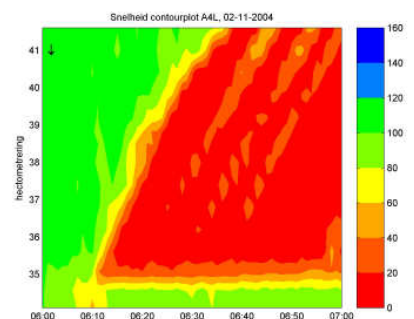
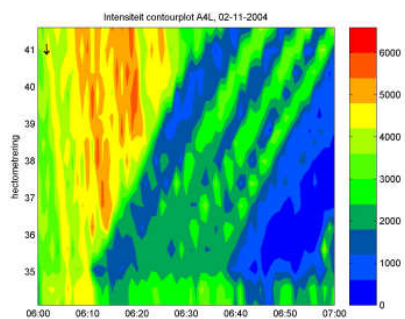
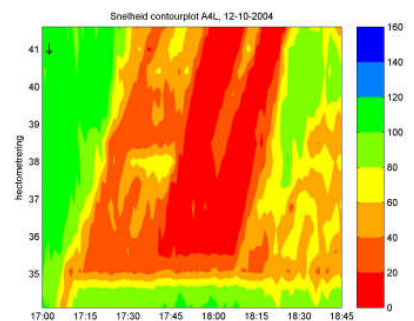
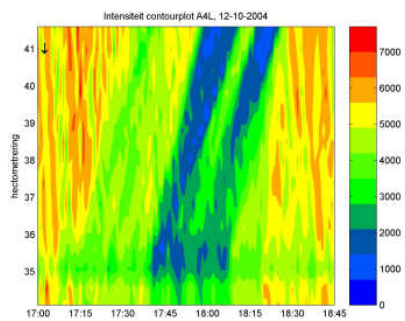
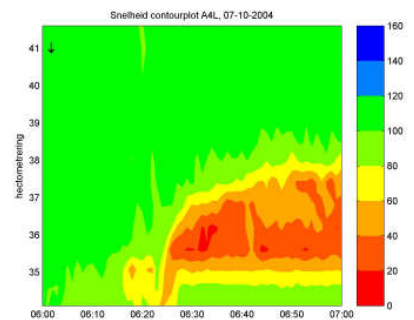
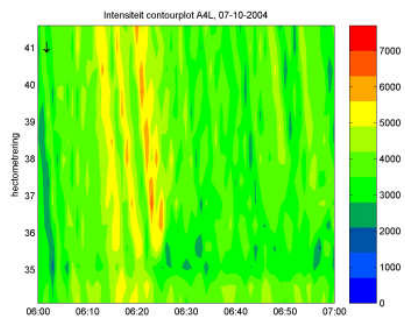
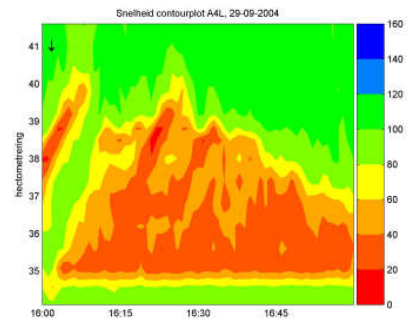
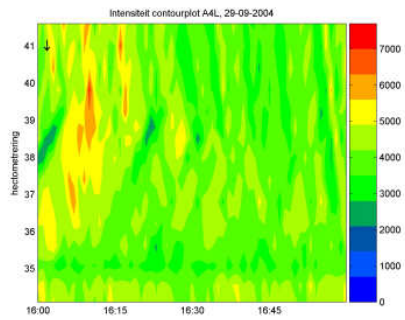
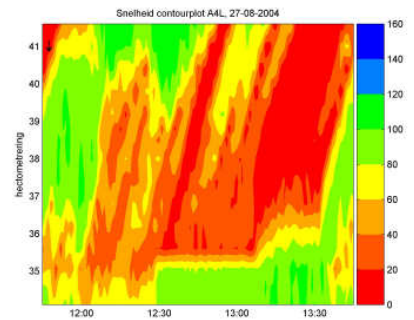
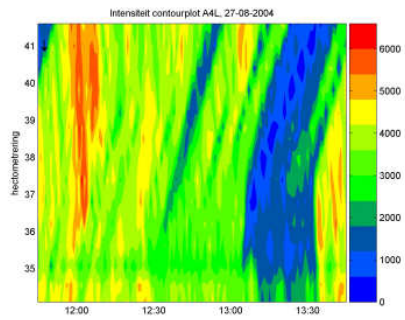
Situatiernr.		Aantal
1	Ongeval bij hm 35.0 Hoge intensiteit voor ongeval Geen file voorafgaand aan ongeval	15
2	Ongeval bij hm 35.0 File slaat terug tot aan wegversmalling Hoge intensiteit voor ongeval	5
3	Ongeval bij hm 35.0 File slaat terug tot aan wegversmalling	3
4	Ongeval vindt niet plaats ter hoogte van de wegversmalling maar in bij de staart van de file	3
5	Registratiefout Niet te interpreteren resultaten	3
	Totaal onderzocht	29

De resultaten van de nummers 1 t/m 4 zijn op de volgende pagina's weergegeven.

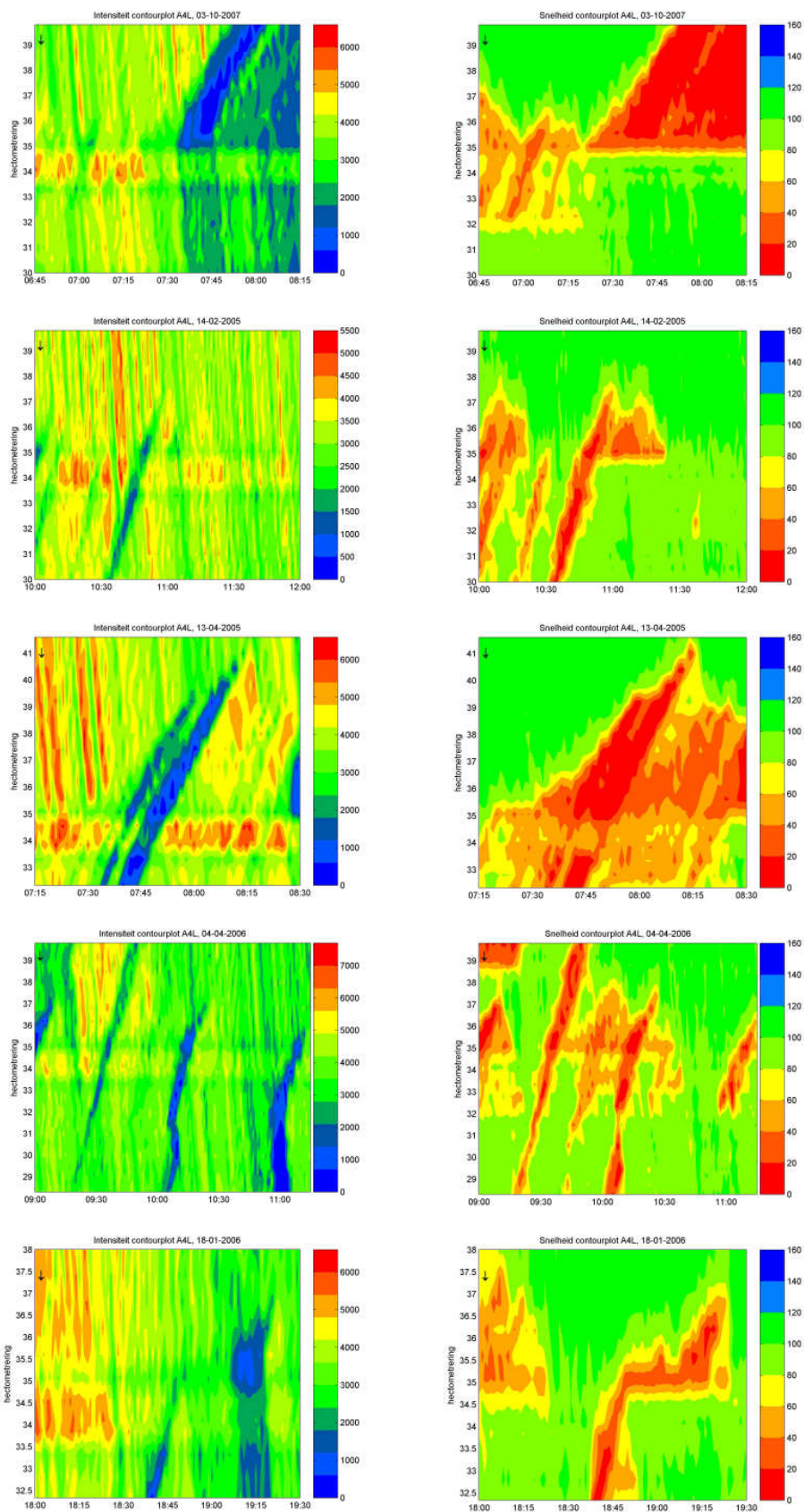
Situatie 1



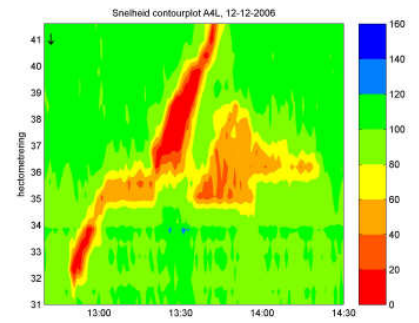
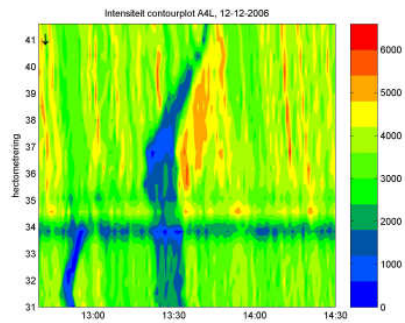
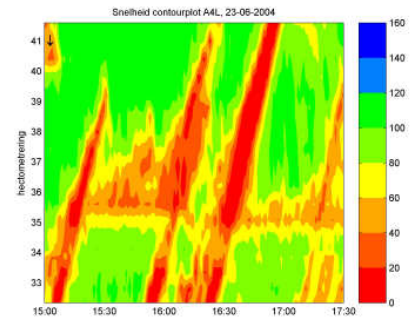
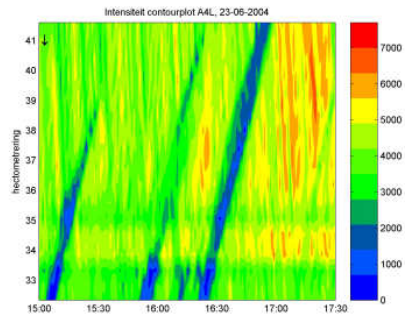
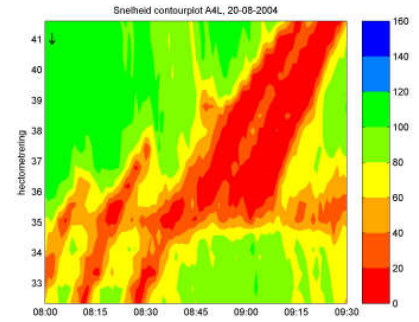
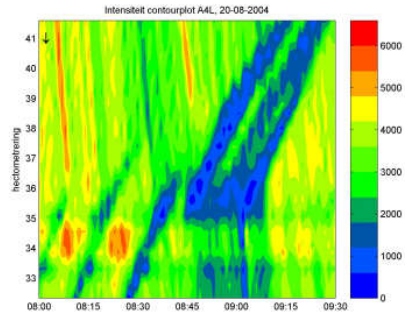




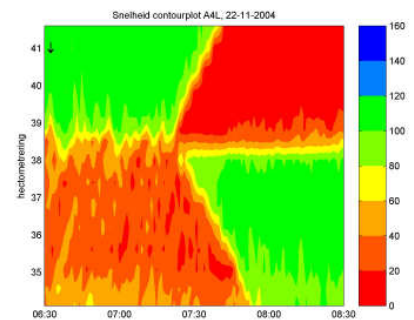
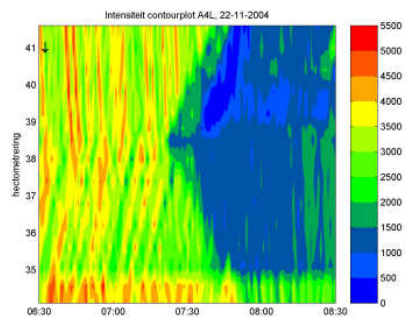
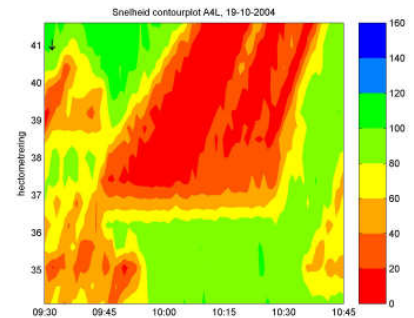
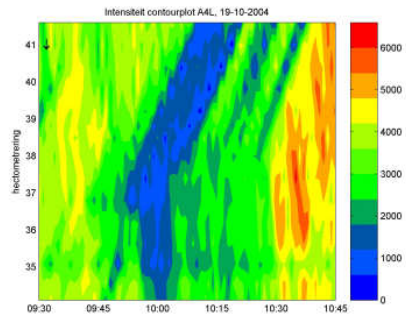
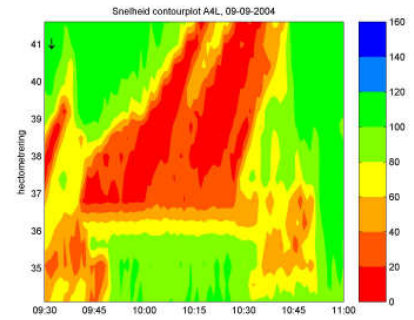
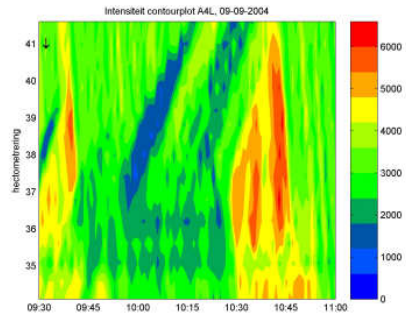
Situatie 2



Situatie 3



Situatie 4



Bijlage 4: Analyse van ongevallen bij invoegstrook A12

