

# Een slecht functionerend hoofdwegennet

Wat valt er aan te doen?

Rapport, opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart

**transpute**

december 2011

*Project: Een slecht functionerend hoofdwegennet – wat valt er aan te doen?*

*Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart*

*Start project: November 2011*

*Eind project: December 2011*

Projectbegeleiding: M. Mulder, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart  
H. van Mourik, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, DGMO

Projectuitvoering: J.A.C. van Toorenburg, Transpute  
N. Kijk in de Vegte, Transpute

Rapportstatus: Definitief dd 19-12-2011

# Een slecht functionerend hoofdwegennet

*Wat valt er aan te doen?*

Rapport, opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst  
Verkeer en Scheepvaart

December 2011

## **Inhoudsopgave**

---

Hoofdstuk 1	Inleiding .....	1
Hoofdstuk 2	Onberekenbaar verkeer, waar komt het vandaan? .....	3
Hoofdstuk 3	Voorbeelden van niet robuust functioneren .....	6
Hoofdstuk 4	Wanneer is een wegennet robuust? .....	16
Hoofdstuk 5	Conclusies en aanbevelingen .....	20
Bijlage 1	Referenties .....	22

## Hoofdstuk 1 Inleiding

---

Onbetrouwbaarheid van reistijden is voor de gebruikers van het wegennet een groot probleem. Een vertraging oplopen is nooit leuk, maar onverwacht is het extra vervelend en treedt dat frequent op, dan wordt men gedwongen ook anders te gaan plannen. De economische schade bestaat dus niet alleen uit de directe filekosten, maar ook uit de kosten, gemoeid met het te laat arriveren en met het feit dat de grote rijtijdonzekerheid verhindert dat weggebruikers een accurate rit- en dagplanning kunnen maken. Het effect is dat zowel in de persoonlijke als de zakelijke sfeer, juist door het niet robuust zijn van het wegennet, veel indirecte schade optreedt. Om deze reden is betrouwbaarheid en voorspelbaarheid van de reistijd van deur tot deur in de Nota Mobiliteit als belangrijk punt van beleid bestempeld. In de recent uitgebrachte Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte is dit opnieuw onderstreept onder de noemer 'een robuust wegennet'. Hiermee is het punt al enige tijd op de politieke agenda aanwezig. Maar daarmee is het nog niet verbeterd. In dit rapport wordt op de oorzaken van de onbetrouwbaarheid ingegaan. In het bijzonder gaat de aandacht uit naar de rol van de infrastructuur daarbij en waarom die zo frequent niet stabiel blijft functioneren. De term "robuust" is in deze context gangbaar geworden en wij zullen dit woord ook gebruiken.

Met robuust wordt hier bedoeld "tegen een stootje kunnen". Dit geldt dan zowel blijven functioneren bij het optreden van incidenten en andere eventualiteiten als bij het optreden van extra verkeersdrukke. Dit is een nobele wens, maar om het in de praktijk te realiseren is een ander verhaal. Als zelfstandig punt van beleid is er moeilijk wat mee te beginnen omdat het iets is waar alleen aan gewerkt kan worden door het met andere activiteiten mee te nemen. Dus door bij aanleg te zorgen voor netwerkstructuren die storingsbestendig functioneren, door bij onderhoud en beheer te zorgen voor methoden die verstoringen hanteerbaar maken. Geleidelijk kan zo aan een wegennet gewerkt worden dat wel voorspelbare reistijden kent. Maar dan moet er wel lijn komen in hoe robuustheid en betrouwbaarheid kunnen worden gediend. De uitgezette lijn kan dan bij de uitvoering van projecten, bij de richtlijnen, bij groot onderhoud enz. worden meegenomen. Momenteel verschillen de meningen van deskundigen over de beste aanpak echter sterk. Het is dus van belang hierover discussie te voeren. In het licht van deze discussie acht opdrachtgever de inzichten die aangaande dit onderwerp bij Transpute zijn opgebouwd relevant. Aan Transpute is gevraagd haar ervaringen en inzichten aangaande robuustheid op schrift te stellen zodat ze beschikbaar komen voor deze discussie.

Dit rapport geeft onze inzichten op hoofdlijnen. Omwille van de tijd moest veel onderbouwende argumentatie en vooral de staving met veldmateriaal achterwege blijven. Wel zullen praktijkvoorbeelden worden gebruikt om de gemaakte punten voor de lezer tot leven te brengen. De voorbeelden zijn illustratief voor de situatie in het veld en zijn niet lukraak gekozen. Ook hebben we niet geschroomd om onze vermoedens onder woorden te brengen. Dit rapport is vanuit ervaring geschreven en het meeste is niet met studies onderbouwd. Natuurlijk is het daardoor mogelijk dat we ergens de plank mis slaan en dat uit een nadere analyse zou volgen dat het toch anders ligt dan door ons ingeschat. Daarom een woord over waaruit die ervaring dan wel bestaat. Transpute is over een periode van circa twintig jaar doorlopend betrokken geweest bij troubleshooten van slecht lopende verkeerssituaties, evaluaties van maatregelen, effectmeting van reconstructieprojecten, incident management, het regelen vanuit verkeerscentrales enzovoorts. Ook heeft Transpute jarenlang voor verschillende regio's en landelijk de jaarlijkse monitoring van de verkeersafwikkeling verzorgd. Kortom, door informatie uit veel verschillende hoeken ontstaat een beeld waar het niet-robust zijn vandaan komt. Dit beeld hebben we hier getracht te verwoorden.

Voor de goede orde nog de volgende afbakening: deze rapportage is primair gericht op de verkeersafwikkelingsfenomenen op het hoofdwegennet. Waar relevant komt de relatie met het onderliggend wegennet vanzelf aan de orde. Niet aan de orde komt, vooral omdat de tijd ontbreekt om het met kwantitatief materiaal te staven, de ontwikkeling over de tijd. Daarom laten we dit bij de opmerking dat het onze indruk is dat het met de robuustheid de afgelopen tien jaar niet de goede kant op is gegaan, integendeel. Ondanks alle reconstructies en uitbreiding van verkeers(regel)systemen is er een trend geweest naar steeds grotere gebleken kwetsbaarheid. De frequentie waarmee grote groepen weggebruikers plotseling met grote vertragingen worden geconfronteerd is o.i. toegenomen. Alleen de as rond de A2 in Noord-Brabant heeft recentelijk, dankzij het wegnemen van de grote knelpunten, behalve een afname in de vertragingen ook voor wat betreft robuustheid een grote verbetering laten zien.

#### *Opbouw van het rapport*

Het rapport begint met een algemene beschouwing van zaken die tot onbetrouwbare reistijden leiden. Vervolgens wordt met een aantal praktijkvoorbeelden geïllustreerd waarom het hoofdwegennet niet robuust functioneert. In het hoofdstuk daarna verwoorden we hoe in onze ogen een robuust hoofdwegennet kan worden bereikt.

## Hoofdstuk 2 Onberekenbaar verkeer, waar komt het vandaan?

De onvoorspelbare rijtijden bij een rit door het land liggen voor een groot deel aan de vertragingen die optreden op en rond het hoofdwegennet. Waar komt dit onberekenbare karakter vandaan? Kijkt men naar de oorzaken dan zijn er twee te onderscheiden, al komen beide in alle gradaties en combinaties voor.

Dit zijn:

- 1) overbelasting, zowel regulier als incidenteel, en
- 2) incidenten en verstoringen.

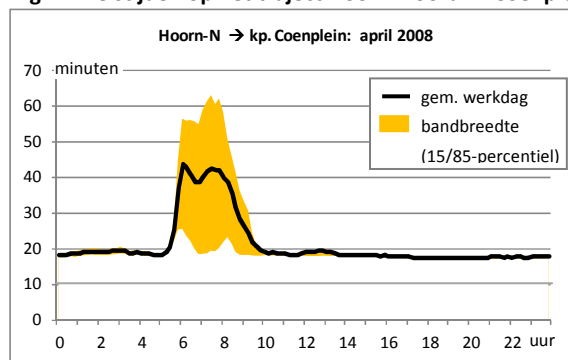
In dit hoofdstuk zullen beide oorzaken achtereenvolgens worden besproken. In het hoofdstuk daarop zal dan, aan de hand van voorbeelden, nader op de tweede oorzaak worden ingegaan, en wel specifiek op de relatie tussen wegennet en de kwetsbaarheid voor verstoringen.

### 1) Overbelasting van de infrastructuur:

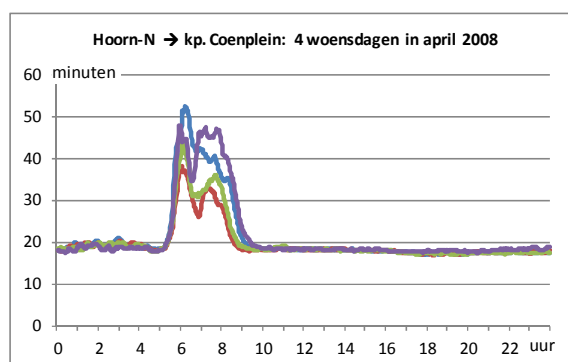
Om te beginnen de reguliere overbelasting. Een bekend spitsknelpunt heeft iedere werkdag een overaanbod van verkeer en geeft dus dagelijks file. Er leeft een verkeerd idee dat de file elke dag ongeveer dezelfde vertraging zou opleveren. In de praktijk blijkt dat juist de vaste knelpunten een grote bron voor onbetrouwbare rijtijden vormen.

Als voorbeeld de Coentunnelfile in de ochtendspits.

**Fig. 1: Reistijden op het traject Hoorn-Noord → Coenplein**



De bovenste grafiek toont de gemiddelde reistijd en de bandbreedte (15-/85-percentiel) op werkdagen in april 2008.



De onderste grafiek toont de reistijd op vier woensdagen in diezelfde maand.

Let wel: dit was een maand zonder (grote) ongevallen en met goede weersomstandigheden.

Op de vier woensdagen was het droog en er waren geen incidenten.

De capaciteit van de Coentunnel is behoorlijk constant. Toch weet een weggebruiker van tevoren niet hoe lang hij erover doet om van Hoorn naar de Coentunnel te komen. Dit komt onder andere door verschillen in verkeersvraag van dag tot dag en door wisselende omstandigheden. Maar ook op gelijke dagsoorten met vergelijkbare omstandigheden kunnen de verschillen in reistijden groot zijn. De grafieken illustreren de variatie in reistijden op een traject met structurele filevorming. Dit voorbeeld van de Coentunnel is generiek voor alle knelpunten. Dat wil zeggen, bij alle structurele knelpunten vindt men min of meer dezelfde variabiliteit in vertragingen naar dag en naar tijdstip. Er valt zelfs een vuistregel te geven: als men de gemiddelde vertraging kent, bijv. 20 minuten, dan is de onzekerheid ongeveer een factor 2, dus variabiliteit 10-40 minuten. De reden is regulier, het gaat hier om wisselingen in verkeersaanbod en capaciteit, dus incidenten buiten beschouwing gelaten. De infrastructuur functioneert naar behoren, er is alleen teveel verkeer.

Hetzelfde treedt zo nu en dan op bij de niet-reguliere situaties die niet-reguliere knelpunten opleveren. Denk dan aan situaties als de 'vakantie-uittocht', bepaalde evenementen, grote drukte op warme dagen op de wegen naar het strand, Tweede Paasdag, etc. Het wegennet is gedimensioneerd op de reguliere drukte en is hier niet op berekend. Wie denkt "dit komt weinig voor" maakt een inschattingfout. Het is hetzelfde als de kans zelf te zitten in een grote klas. Het ene jaar is de lichte klein, het andere jaar groot, bijvoorbeeld een klas van 20, dan weer een van 40, gemiddeld 30. De kans in een grote klas te zitten is dan niet  $1/2$ , maar  $2/3$ e. De kans om in een dergelijke vertraging betrokken te raken is veel groter dan de kans dat die vertraging er is. Juist als u gaat rijden komt u erin terecht, en dat is geen toeval.

Tot zover de situaties waar sprake is van overbelasting van de infrastructuur. Wat valt hieraan te doen? Even afgezien van het pijnbestrijden door mensen te waarschuwen, om te laten rijden etc. is de remedie tegen structurele overbelasting knelpunten oplossen en tegen incidentele overbelasting overcapaciteit hebben, overal.

## 2) Incidenten en verstoringen:

Nu dan de incidenten en de verstoringen. Het verschil met het voorgaande is dat nu de infrastructuur voor korte of langere tijd niet functioneert. Incident en/of verstoring, het zijn maar woorden, maar om de gedachten te sturen is het toch nuttig er hier een wat specifiekere betekenis aan te geven. Bij incidenten denken we aan: ongelukken, afgevallen lading, oliespoor, verzakte weg, spoedreparatie, eigenlijk al die plotseling en onverwacht optredende gebeurtenissen uit het verkeer zelf of de infrastructuur afkomstig, die een normale afwikkeling van het verkeer verhinderen.



Bij verstoringen denken we aan een onweersbui, gladheid, lokaal evenement, uitgelopen of verkeerd gepland wegwerk. Bij verstoringen gaat het opmerkelijk genoeg tegenwoordig ook steeds meer om storings van de regelsystemen zelf, denk aan een rood kruis dat blijft hangen, tunnelbeveiligingssysteem dat niet functioneert, haperende slagboom, spitsstrook die niet open kan enz.

Het directe effect van incidenten en verstoringen is onveranderlijk een tijdelijke capaciteitsdaling met grote file tot gevolg. De vertragingen lopen wijd uiteen al naar gelang de impact die de verstoring blijkt te hebben, maar lopen van fors tot zeer fors. Bij langdurige incidenten zijn de grootste vertragingen voor de voertuigen die "in de fuik" zijn gevangen en pas verder kunnen rijden als de weg weer wordt vrijgegeven. Anderen kunnen in principe omrijden. Inspectie van het Nederlandse hoofdwegennet leert dat het moeilijk is herkomstbestemmingsparen te vinden waarvoor de omrijtijd meer dan een half uur bedraagt, zo fijnmazig is het grid. Daarom is het eigenlijk verbazend dat bij incidenten de vertraging voor zoveel meer weggebruikers tot ver boven die waarde uitloopt. Dit geeft al aan dat we zulke verstoringen kennelijk niet in de hand hebben. De reden daarvoor is gelegen in de *secundaire effecten van het incident*: de file voor het incident neemt steeds meer ruimte in en gaat een steeds groter deel van de infrastructuur frustreren. Daar rijdt ook weer verkeer waardoor de files nog sneller uitgroeien en de verstoring in het netwerk dat niet meer functioneert zich dus kan uitbreiden als een olievlek. Bij een dicht grid in combinatie met een hoge belastingsgraad kan de "flow of events" niet meer worden beheerst en hoort men weer op de radio "op de wegen rond Rotterdam is het nog een chaos vanwege een incident eerder op de ochtend ...". Vaak duurt het tot lang na de spits voordat de situatie zich normaliseert.

Het is deze cascade van indirecte effecten - en het zo vaak voorkomen daarvan - waaraan men denkt als men doelt op het niet robuust zijn van ons wegennet. De vraag hoe dergelijke cascades vallen te verminderen en te beteugelen is dan ook zeer valide. Zeker in het licht van de hooguit 30 minuten omrijtijd in de meeste gevallen. Dit betekent òf het netwerk heeft onvoldoende capaciteit voor het omrijdende verkeer wat soms inderdaad het geval is, òf we hebben niet op tijd ingegrepen/gewaarschuwd, òf we doen iets anders fout.

In het vervolg van dit rapport zullen we ingaan op dit niet-robuuste karakter van het hoofdwegennet in incident-achtige situaties. Hoe steekt het in elkaar en wat valt er aan te doen? De aandacht richt zich dan dus op (het mechanisme van) het niet functioneren van de infrastructuur in zulke gevallen.

## Hoofdstuk 3 Voorbeelden van niet robuust functioneren

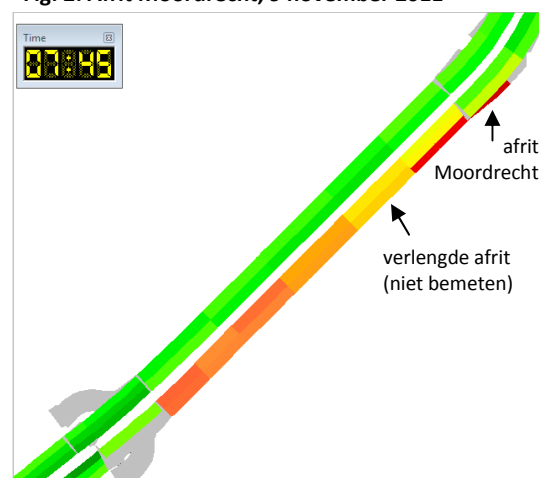
In dit hoofdstuk zullen we met een aantal voorbeelden beschrijven op welke punten het hoofdwegennet niet robuust functioneert. De volgende onderwerpen worden beschouwd: vollopende afritten, spits- en plusstroken, zwakke schakels, overslagfiles en opeenstapeling van problemen.

### *Vollopende afritten*

De vollopende afrit kent iedereen uit eigen ervaring dan wel van de radio als het bij de RAI, de Jaarbeurs, IKEA of de meubelboulevard weer eens vastloopt. Het effect op de hoofdstroom is dramatisch, de capaciteit valt simpelweg met één of twee rijstroken terug. Er zijn echter ook afritten waar het vollopen "regulier" is te noemen omdat de verschillende wegbeheerders het niet eens kunnen worden over een oplossing. In bestuurlijk Nederland kunnen zulke situaties een lang leven beschoren zijn. Zo heeft de afrit Voorburg een tiental jaren de verkeersafwikkeling op A12, A4 en A13 gedomineerd, zo is de afrit Lelystad ten lange leste - op een met een barrier van de hoofdrijbaan gescheiden wegverbreding - met 2 km verlengd om de file maar van de snelweg te houden, zo is de afrit Moordrecht berucht omdat die uitmondt op een spoorwegovergang.

Gevolg is fileterugslag op de hoofdrijbaan. De secundaire effecten zijn daardoor zeer hoog. Onderstaande figuur toont als voorbeeld de filevorming als gevolg van een vollopende afrit Moordrecht. Ter indicatie van het probleem: circa 15% van het verkeer op de hoofdrijbaan neemt de afrit Moordrecht. Dat betekent dat 85% van het verkeer in een file staat die het niet zelf veroorzaakt.

Fig. 2: Afrit Moordrecht, 9 november 2011



Het kruispunt aan het einde van de afrit in combinatie met de spoorwegovergang vlak daarna leidt tot een dusdanig lage capaciteit dat er vrijwel elke spits file op de afrit ontstaat die terugslaat op de hoofdrijbaan.

Ondanks dat de afrit enkele jaren geleden is verlengd, slaat deze nog steeds terug op de hoofdrijbaan en versterkt bovendien het knelpunt bij Nieuwerkerk a/d IJssel.

Dit is een voorbeeld van een reguliere situatie. In incidentele gevallen kan elke afrit echter teveel verkeer voor zijn kiezen krijgen, en het is dus de moeite

waard om te denken over een structurele oplossing voor het 'vollopende afrit'-probleem. Een afrit is doorgaans niet berekend op grote hoeveelheden omrijdend verkeer. De filevorming als gevolg van een incident is daardoor vaak vele malen groter dan primair door het incident wordt veroorzaakt. Een voorbeeld hiervan is het incident in knooppunt Kethelplein dat verderop wordt beschreven bij 'opeenstapeling van problemen'.

De kern van het probleem bij afritten die "regulier" vollopen is een slechte aansluiting op het onderliggende wegennet of een knelpunt op dit wegennet. Dit probleem moet in principe in goed overleg tussen de wegbeheerders kunnen worden opgelost. Veelal is de ontstane situatie gevolg van een verkeerde planning geweest en niet meer goed op te lossen. De beheerder van het hoofdwegennet doet er dus goed aan bij zichzelf te rade te gaan hoe dit probleem kan worden ondervangen, want de consequentie is toch dat hoofdroutes worden geblokkeerd met de olievlekwerking vandien. De kern van het probleem dat afritten vollopen bij een incident (of omleidingsroute) is dat het geen haalbare kaart is om alle aansluitingen incl. het aansluitende onderliggend wegennet zo te ontwerpen dat ze een plotselinge grote stroom verkeer kunnen verwerken. Er zal in zulke gevallen zich dus teveel verkeer omdraaien de aansluiting aandienen. Het huidige ontwerp van afritten helpt echter niet bij het verminderen van het terugslagprobleem doordat de veelal enkelstrooks afrit weinig opstelruimte biedt. Extra bufferruimte op de afrit kan het optreden van secundaire congestie vertragen en zal het in een aantal gevallen voorkomen.

#### *Spits- en plusstroken*

Spits- en plusstroken maken het systeem kwetsbaar. Door de bewakingssystemen en hoge veiligheidseisen die aan spitsstroken worden gesteld zijn ze gevoelig voor storingen aan het systeem en voor slechte weersomstandigheden. De voorbeelden van gesloten spitsstroken door mist of door een technisch mankement zijn legio. Hieronder zijn ter illustratie twee (fragmenten uit) nieuwsberichten van de website van de VID opgenomen.

- *14 november 2011, 08:23 Mist houdt spitsstroken gesloten*  
Het verkeer ondervond maandagochtend behoorlijke hinder van de dichte mist die als een deken over ons land lag. Diverse spitsstroken werden afgesloten. [...] Op de A9 richting Diemen stonden al vroeg lange files die in lengte varieerden tussen de 10 en de 15 kilometer.
- *29 september 2011, 07:33 Technische problemen veroorzaken verkeerschaos*  
[...] Rijkswaterstaat kreeg donderdagochtend de rode kruizen boven de rijbanen van de A1, de A12 en de A50 niet van de matrixborden af. [...] Op de A1 richting Hengelo stond rond 07:30 uur een file van dertien kilometer. Ook de A12 liep helemaal vast vanaf de Duitse grens tot Arnhem. Rond 07:30 uur stond daar ruim zestien kilometer file.

Spitsstroken zijn potentieel onveilig door het ontbreken van een vluchtstrook. Bijkomend gevolg is dat een klein incident of pechgeval al snel uit de hand kan lopen, omdat de spitsstrook in die gevallen moet worden afgesloten. En dan zijn er ook nog spitsstroken die juist moeten worden afgesloten op het moment dat er file dreigt te ontstaan. Op de A28 bijvoorbeeld wordt de spitsstrook gesloten als er stroomafwaarts file ontstaat zodat hulpdiensten het nabijgelegen ziekenhuis nog kunnen bereiken.

Deze incidentele afsluitingen leiden juist tot grotere problemen dan voorheen, omdat de reguliere verkeersvraag in de spits is vergroot door de openstelling van de spitsstrook.

Kortom, spits- en plusstroken zijn kwetsbare elementen die van negatieve invloed zijn op de robuustheid van het hoofdwegennet. Een permanente extra rijstrook is intrinsiek veilig (hoeft niet actief te worden bewaakt) en vormt daardoor een robuuster element<sup>1</sup>.

#### *Overslagfiles - structuur van een netwerk*

De structuur van het netwerk werkt ook niet altijd mee. Veel knelpunten liggen in de nabijheid van knooppunten of vlechtwerken. File voor het knelpunt, al dan niet regulier, verspreidt zich zeer snel via knooppunten of vlechtwerken naar andere wegen en blokkeert daarmee vele verkeersstromen. Voorbeelden hiervan zijn er over het gehele wegennet te vinden:

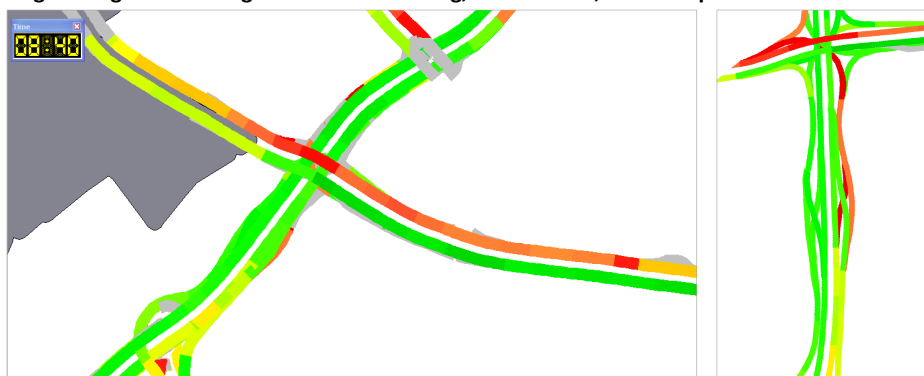
---

<sup>1</sup> De overwegingen om een spits- of plusstrook aan te leggen in plaats van een reguliere extra rijstrook zijn doorgaans financieel of procedureel van aard. Wat betreft de kosten vragen wij ons af hoe groot het verschil nog is na het meerekenen van de kosten voor de versterking van de fundering (eventueel ook van kunstwerken), aanleg van de benodigde surveillance-apparatuur en de *dagelijkse* personeelskosten van het schouwen en bedienen. Procedureel gaat het om al dan niet moeten doorlopen van een Tracé-MER procedure. Bij deze procedure gaat het om toetsing van omgevingseisen, met name lucht en geluid, en het afwegen tegen alternatieven, een procedure die veel tijd kost vanwege de inspraak. Maar zijn de gevolgen van een spitsstrook hier wezenlijk anders dan die van een extra permanente rijstrook? En heeft een extra rijstrook een grotere verkeersaantrekkende werking dan een spits- of plusstrook? In elk geval niet groot genoeg om het grote verschil in te doorlopen procedure te rechtvaardigen. Als een keer in een moeilijke situatie zo met een provisorische oplossing een paar jaar tijdswinst wordt geboekt, is dat meegenomen. Als het er toe leidt dat het land na twee decennia spitsstrokenbeleid opgescheept zit met onbetrouwbare infrastructuur is het een ander verhaal. Dan had beter eerst de wet en regelgeving kunnen worden aangepast. Als de afweging spitsstrook of extra rijstrook op eigen merites zou plaatsvinden, zonder het meespelen van de factor proceduretijd, zou o.i. veel zijn gewonnen.

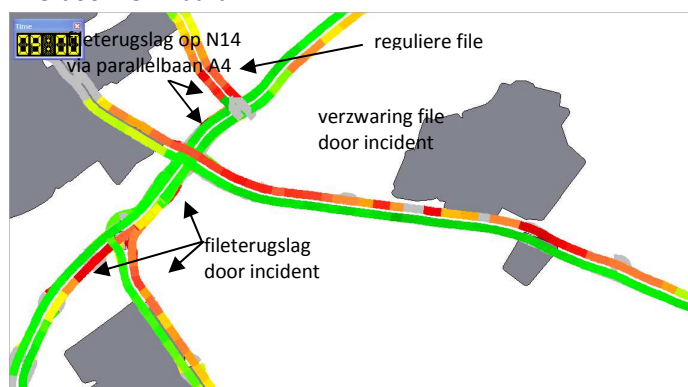
- knelpunt Bunnik op de A12 en knelpunten op de A28 zetten in de avondspits de snelwegen rondom Utrecht vast,
- file voor de Coentunnel blokkeert ook de verkeersstromen van de A8 en A7 richting A10-noord,
- (voormalig) knelpunt afrit Voorburg zet het hele knooppunt Prins Clausplein vast,
- file bij knelpunten Crooswijk / Rotterdam Centrum op de A20 staat ook op A16 en A13, enz., enz.

De structuur van het netwerk brengt dus extra onzekerheid met zich mee. Bovengenoemde voorbeelden zijn voorbeelden van structurele file, maar incidenten hebben hetzelfde effect. In onderstaande figuur wordt als voorbeeld een incident getoond ter hoogte van afrit Voorburg. De file verspreid zich snel via het vlechtwerk Prins Clausplein naar A4, A14, A12 en A13.

**Fig. 3: Ongeval ter hoogte van afrit Voorburg, 31 mei 2011, ochtendspits**



Rond half 9 was er een ongeval in Den Haag vlakbij de afrit Voorburg. In verband met politie-onderzoek werd de afrit afgesloten. Binnen een half uur sloeg de file terug op A12, A4, N14 en A13. De reguliere files op A12 en N14 werden hierdoor verzwaard.



Rond 10:00 had de file zich nog verder uitgebreid en besloeg de gehele N14 en de A13 tot aan Rotterdam.



Omdat het ongeval in de ochtendspits plaatsvond verergerden de reguliere files, en ook ontstond file op locaties waar normaal in de ochtendspits geen file staat. Was dit ongeval buiten de spits gebeurd, dan waren de effecten minder heftig geweest, maar niettemin was er terugslag geweest door het knooppunt en waren diverse richtingen geblokkeerd geraakt.

*Conclusie:* hoe dichter het netwerk, hoe kwetsbaarder het is. Bottlenecks of zwakke punten dichtbij een knooppunt versterken dit.

Opmerking:

Deze conclusie heeft direct weer een nuancering. Er is hier een interessante wisselwerking van twee krachten. Aan de ene kant dus hoe dichter het netwerk, hoe kwetsbaarder het is voor overslag. Aan de andere kant, hoe dichter het netwerk, hoe meer mogelijkheden er zijn om om te rijden en alternatieven te bieden. De crux zit hier in beheersbaarheid. Zolang de toestroom naar een incident niet tijdig kan worden stopgezet zal overslag optreden. Zodra we in staat zijn het verkeer een andere weg te laten volgen vòòrdat terugslag op andere netwerkschakels een feit is, kunnen de alternatieven ingeschakeld worden bij de oplossing. Zolang dat nog niet het geval is, hebben we voor compartimentering van het incident afstand nodig. Met de huidige middelen van ingrijpen lukt het niet om snel en adequaat te reageren en draagt een dicht netwerk dus bij aan kwetsbaarheid. Als te zijner tijd snel en dwingend ingrijpen tot de mogelijkheden gaat behoren, zou dus ook het compartimenteren op kleinere schaal kunnen plaatsvinden.

#### *Zwakke schakels- filegolven*

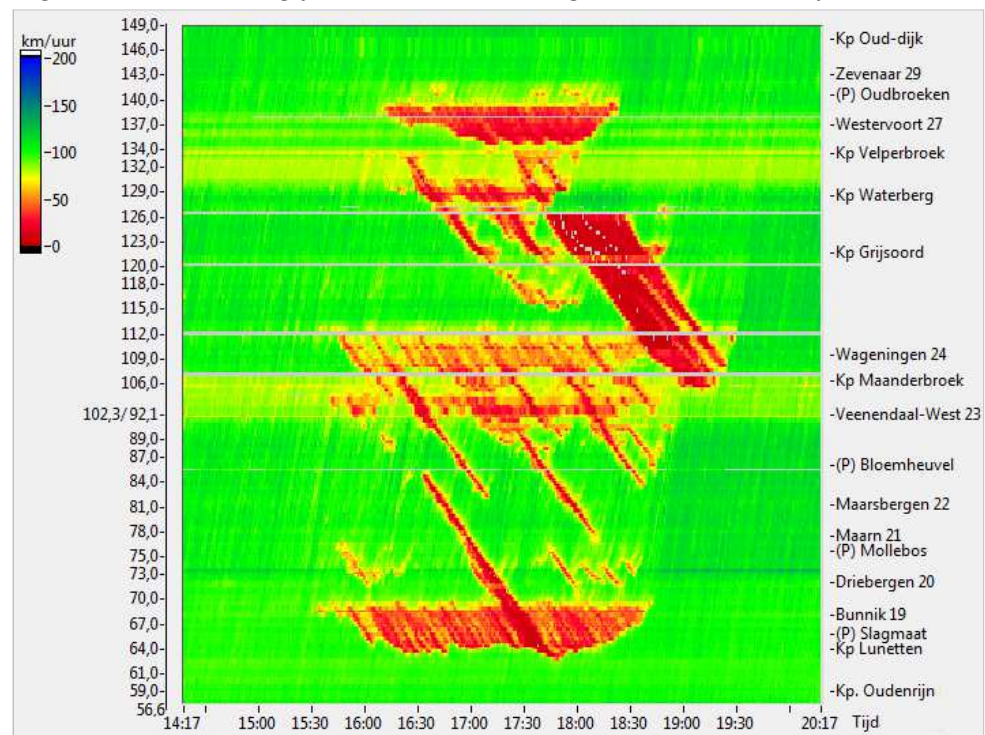
Wegvakken waar de actuele intensiteit groter dan 75% van de capaciteit is geworden, vormen intrinsiek zwakke schakels. Op deze wegvakken herstelt de verkeersafwikkeling zich niet meer na een kleine verstoring, maar er ontstaat een file die zich tegen het verkeer in beweegt, de zogenaamde filegolf. De file zelf stelt niet veel voor: de lengte bedraagt doorgaans niet meer dan een paar kilometer. Het probleem van een filegolf is dat deze uren kan bestaan en een afstand kan afleggen van 10 tot 30 km of soms zelfs meer. Voor weggebruikers komt de file daardoor vaak op een onverwacht moment op een onverwachte locatie. Ze worden niet voor niets ook wel spookfiles genoemd. Dit onverwachte karakter leidt tot potentieel gevaarlijke situaties, met mogelijk grote vertragingen tot gevolg.

Filegolven komen op veel snelwegen voor, doorgaans meerdere keren per spits. In 2007 heeft Transpute een onderzoek naar filegolven uitgevoerd. Van de in totaal circa 1.100 km aan snelwegen met verkeerssignalering zijn er 270 km (=24%) gevonden waar regelmatig filegolven voorkomen. De filegolven in het signaleringsgebied veroorzaakten ruim 18.000 voertuigverliesuren per dag (ter

vergelijking: de file voor de Coentunnel in de *ochtendspits* levert gemiddeld zo'n 2.000-2.500 voertuigverliesuren op).

Figuur 4 illustreert het verschijnsel. Weergegeven is de verkeersafwikkeling op de A12 in de avondspits tussen Utrecht en de Duitse grens. Op verschillende locaties op het traject ontstaan filegolven, deze lopen 5 tot 20 km tegen de stroom in en hebben een levensduur van een half tot anderhalf uur. Bij knooppunt Waterberg is tegen 18:00 een ongeval ontstaan aan het einde van een filegolf. Het is niet bekend wat de oorzaak is geweest van dit ongeval, maar het illustreert een bevinding uit een eerder onderzoek naar filegolven, waaruit deze plaat is overgenomen. Destijds is opgevallen dat er vaak ongevallen voorkomen in een filegolf (een kwantitatief onderzoek naar deze waarneming ontbreekt).

**Fig. 4: Verkeersafwikkelingsplaat A12 Utrecht – Duitse grens, 1 okt 2007 avondspits**



Dit voorbeeld geeft ook aan dat robuustheid bedreigd kan worden door een andere pijler uit de Nota Mobiliteit, namelijk benutting. Uiteraard is er niets mis mee om de bestaande infrastructuur waar mogelijk beter te benutten.

Wanneer benutting echter wordt toegepast om noodzakelijke uitbreidingen aan de infrastructuur achterwege te laten, kan er een 'uitbenut' netwerk ontstaan waar alle rek en opvangcapaciteit uit is. Kleine verstoringen kunnen dan tot grote ontregelingen leiden.

*Opeenstapeling van problemen – structuur van het netwerk*

Regelmatig komen incidenten voor waarbij de gevolgen flink uit de hand lopen. Vaak is niet een enkel element aan te wijzen als oorzaak, maar gaat het om een opeenstapeling van problemen. Illustratief is een ongeval in knooppunt Kethelplein. Op 17 mei 2010 vlak voor de ochtendspits kantelde een vrachtwagen op de verbindingsweg van de A20 vanuit Gouda naar de A4 (zie figuur 5a). De verbindingsweg moest daarom worden afgesloten. Behalve nodig voor het geven van rust en werkruimte aan de hulpdiensten ook een goede maatregel om terugslag tegen te gaan, want het verkeer kan zich niet meer klemrijden op de verbindingsweg met fileterugslag tot gevolg maar moet dus doorrijden, in dit geval over de hoofdrijbaan A20. Het verkeer richting de A4 reed dus ook door, maar nam de eerstvolgende afrit na het knooppunt, afrit Vlaardingen, om te keren en zo via de toerit Vlaardingen alsnog naar de A4 te rijden. De afrit was hierop niet berekend en binnen zeer korte tijd liep deze vol. De file sloeg toen wel terug, eerst op de rechterrijstrook van de A20. Gevolg was dat verkeer vanaf de A4 richting Hoek van Holland niet kon invoegen op de A20 (fig. 5b).

Bovendien ontstond door het omrijdende verkeer ook een file op de A20 vanuit Hoek van Holland naar de A4. De enkelstrooks verbindingsweg kan deze extra hoeveelheid verkeer niet aan (fig. 5c). Een uur na het incident stond het verkeer in drie richtingen vast: op de A20 vanuit Hoek van Holland, op de A20 vanuit Gouda en op de A4 vanuit kp. Benelux. Nog een uur later stond praktisch de gehele ruit van Rotterdam vast, waaronder alle mogelijke verbindingen van zuid naar noord. Met andere woorden: een *incident op een noord-zuid route blokkeert de beweging van zuid naar noord!*

Dit voorbeeld toont de kwetsbaarheid van het netwerk rondom Rotterdam. Eén lokaal incident, weliswaar een ongeval met een vrachtwagen maar verder niet extreem omvangrijk, dat slechts plaatsvond op een verbindingsweg dus niet eens op een doorgaande rijbaan, heeft zulke gevolgen. De oorzaken dat het in dit concrete geval uit de hand liep: een vollopende afrit en een enkelstrooks verbindingsweg. Beide voldoen prima in een reguliere situatie, maar zijn niet berekend op een afwijkende situatie.

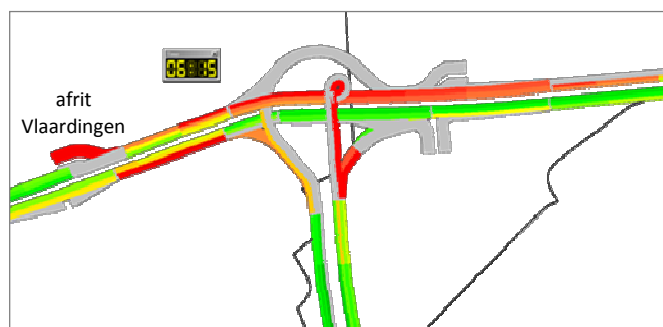
Het voorbeeld dat hier is gegeven is er een uit vele. Men zou de gevallen een keer moeten tellen, maar onze inschatting is dat er gemiddeld wel elke werkdag in Nederland ergens een dergelijke uit de hand lopend incident optreedt.



Fig. 5: Incident knooppunt Kethelplein, maandagochtend 17 mei 2010

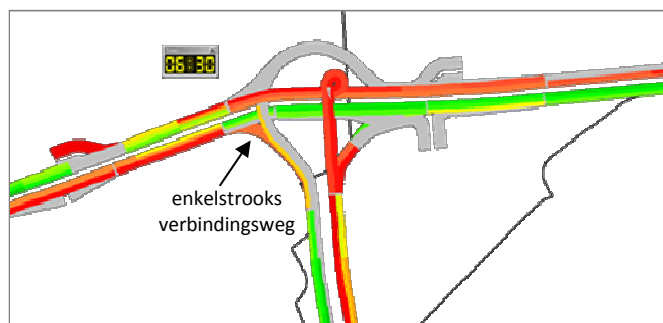


a) Een vrachtwagen kantelt op de verbindingsweg Gouda → A4 in knp. Kethelplein. Om 5:10 wordt de verbindings-boog afgesloten. Om 6:00 raakt de afrit verstopt.



b) A4 en A20 richting Hoek van Holland worden geblokkeerd.

Rechter rijstroken A20 richting A4 lopen vol.



c) Alle bewegingen in het knooppunt zijn geblokkeerd.



d) Blokkades breiden zich uit.



e) Gehele ruit van Rotterdam staat vast.

Het is interessant te filosoferen over wat nodig was geweest om het incident met geringe gevolgen te kunnen opvangen. In dit geval zou het beter zijn gegaan als op de gebruikte omrijroute de afrit en de verbindingsboog beide een capaciteit hadden gehad van 4000 vtg/u. Omdat van te voren niet kan worden aangegeven waar de incidenten zullen plaatsvinden vertaalt zich dit in een generieke eis voor haast alle afritten enz. Dit is dus niet een al te realistische eis, maar toch, het was veel beter gegaan als:

- de verbindingsweg vanuit Hoek van Holland naar de A4 een taper had gehad in plaats van een afstreping,
- de afrit meer opstelruimte gehad. De blokkade was dan later opgetreden en de verkeerscentrale had meer tijd gehad om verkeer om te sturen,
- het verkeer over twee of drie afritten verdeeld had kunnen worden,
- er bij de afrit een bord aangezet had kunnen worden met een tekst als "afrit vol, neem volgende",
- er een voorspellend model was ingezet. Dan was ruim voordat de afrit volloopt al bekend geweest dat alle richtingen geblokkeerd zouden raken en had het verkeer veel eerder gewaarschuwd kunnen worden.

Kortom, er waren hier nergens buffers ingebouwd die het proces hadden kunnen vertragen en was geen instrumentarium voorhanden om effectief in te grijpen.

Het is bovendien interessant om even bij dit lijstje stil te staan. Het eerste punt is een kwestie van strepen trekken en in de richtlijnen opnemen, het tweede een van bescheiden meerkosten bij afritten, het derde en vierde van adequaat en snel regelen, het vijfde van gebruik maken van de innovatieve vermogens die in ons land op dit vlak bij TU's en ingenieursbureaus voorhanden zijn, de modellen en de regeltheorie zijn voorhanden<sup>2</sup>. Het is ook interessant om in te zien waarom op geen van deze punten enig gericht initiatief wordt ontplooid. Het heeft namelijk geen zin om over regelen na te denken als de ruimte om te regelen toch niet voorhanden is. Net zo min heeft het zin om infrastructurele aanpassingen te maken als er toch geen gebruik van wordt gemaakt. Het is juist de combinatie die functionerende oplossingen mogelijk maakt. Wellicht dat met een aanpak per zone, bijvoorbeeld demonstreer de effectiviteit door eerst eens de toegang tot de haven Rotterdam op deze manier bereikbaar te houden, de cirkel kan worden doorbroken.

### *Ontvlechting*

Er is al een voorbeeld van ontvlechting de revue gepasseerd, het vlechtwerk tussen Prins Clausplein en kp.Ypenburg. Bij Utrecht en Rotterdam zijn wegen in een parallelstructuur aangelegd, onlangs bij Den Bosch en Eindhoven eveneens. Onze ervaring is dat deze structuren de verwachting ten aanzien van de

---

<sup>2</sup> zoals bijvoorbeeld Flowsim-Live, een model dat op basis van de actuele situatie binnen een minuut een aantal scenario's enkele uren vooruit doorrekent.

verbetering van de betrouwbaarheid niet waarmaken, ook niet voor het doorgaande verkeer. Bij knelpunten op de radialen de stad uit (bv. A13, Bunnik, Moordrecht) slaan de files terug op alle banen, en bij terugslag vanaf een afrit van de parallelbaan loopt de parallelbaan zo snel vol dat binnen korte tijd ook de hoofdrijbaan vòòr het begin van de ontvlechting bereikt wordt. Door het opknippen van de capaciteit over meerdere parallelle banen raken latente knelpunten eerder manifest, bijvoorbeeld bij vakanties, evenement e.d. De discussie over waar ontvlechting nuttig is en waar het beter achterwege kan worden gelaten is uitermate relevant maar heeft zijn eigen plek nodig.

## Hoofdstuk 4 Wanneer is een wegennet robuust?

---

In het vorige hoofdstuk is met generaliseerbare voorbeelden getracht aan te geven dat het hoofdwegennet op het punt van robuustheid slecht functioneert. In dit hoofdstuk worden de lessen, die men uit de discussie van het vorige hoofdstuk kan trekken, uitgewerkt tot een visie hoe robuustheid kan worden bereikt.

Robuust betekent "tegen een stootje kunnen". Voor het hoofdwegennet betekent dit bijvoorbeeld:

- dat niet bij ieder incident een grote file ontstaat,
- dat niet één probleem een kettingreactie van andere problemen veroorzaakt,
- dat het 'weersbestendig' is,
- dat problemen kunnen worden gecompartmenteerd,
- dat extra drukte niet direct tot veel extra filevorming leidt.

De rij valt ad libitum verder aan te vullen. Daarvoor verwijzen we naar diverse andere publicaties over robuustheid. De hamvraag is nu hoe robuustheid kan worden bereikt.

Een belangrijke les uit het voorbeeld van het incident in knooppunt Kethelplein is dat een als "normaal" te beschouwen incident met de huidige middelen niet kan worden beheerst. Als we dit wel willen, dan moet er meer gebeuren, zie ook het slot van het vorig hoofdstuk.

In zijn algemeenheid zijn er twee manieren waarop robuustheid kan worden verbeterd, passief en actief.

Passief door het wegennet zo te ontwerpen dat verstoringen elkaar niet versterken, dat er dempers in het systeem zijn ingebouwd en dat de afzonderlijke schakels sterk zijn. Maar ook door zo te ontwerpen dat omleiden goed mogelijk is en niet direct tot extra files leidt.

Actief door ervoor te zorgen dat zodra verstoringen optreden, deze worden opgemerkt en bestreden met maatregelen. Denk hierbij aan DVM als middel om terugkoppeling toe te passen. Bij snelle regelsystemen kan dit zeer effectief zijn, bij trage terugkoppeling is het kwaad grotendeels al geschied en is er meer sprake van inperken van meerschade. Ook pro-actief kan worden ingegrepen, bijvoorbeeld door op te merken dat het druk wordt en tijdig capaciteit bij te schakelen of verkeer te sturen.

Zonder volledigheid na te streven vallen ons inziens uit de gegeven voorbeelden alvast een aantal lessen te trekken.

### **Netwerk alias passief**

Het gemakkelijkst is dan om die elementen aan te wijzen die een netwerk kwetsbaar maken. Door deze te verbeteren wordt het netwerk automatisch robuuster. We noemen de volgende:

#### *Op het niveau van structuur van het netwerk:*

- zwakke schakel dicht bij een verdeelpunt  
voorbeeld: Coentunnel direct na kp.Coenplein,  
afrit Voorburg direct na kp. Prins Clausplein
- knooppunten op korte afstand  
voorbeeld: Ruit R'dam, Ring A10, Oudenrijn-Lunetten-Rijnsweerd
- zwakke verbindingen in een knooppunt  
voorbeeld: kp. Badhoevedorp, kp. Oudenrijn etc.

Gevolg van het eerste: een file frustreert direct het verdeelpunt, ander verkeer raakt erbij betrokken, er komt een multiplicator op de file te staan, het verstoorde gebied breidt zich in verschillende richtingen uit.

Gevolg van het tweede: een volgend verdeelpunt wordt snel bereikt en het proces herhaalt zich, opnieuw met een multiplicator. Het proces is intrinsiek escalerend.

Gevolg van het derde: de statische capaciteit is onvoldoende om omrijdend verkeer op te vangen. Raakt een grote verbinding uitgeschakeld dan verstopt het omrijdend verkeer de knooppunten op de omrijroutes al voordat de overcapaciteit van deze wegen goed en wel kan worden benut.

Het (eventueel) ontbreken van bepaalde schakels in het netwerk noemen we hier bewust niet als oplossing ter verbetering van robuustheid. De belangrijkste vraag is niet 'mist er een schakel in het netwerk' maar 'deze verbinding heeft te weinig capaciteit: breiden we het netwerk uit met nieuwe wegvakken, of versterken we de route waar het verkeer nu rijdt? Deze discussie zal per separaat geval moeten worden gevoerd.

#### *Op het niveau van de elementen van het netwerk:*

- wegvakken met een I/C-verhouding boven de 0,75 (filegolven).
- storingsgevoelige elementen als spitsstroken en regelsystemen.

Gevolg van het eerste: een verstoring verdwijnt niet meer vanzelf maar propageert zich langs de weg net zolang tot de I/C-verhouding onder de 0,7 daalt. Ons is bovendien opgevallen dat zich veel secundaire ongevallen voordoen in filegolven, ondanks de filebeveiliging door de signalering. (Een kwantitatief onderzoek of deze waarneming klopt lijkt ons nuttig).

Gevolg van het tweede: net zoals bij incidenten in ieder geval een forse vertraging voor het direct betrokken verkeer, en mogelijk het begin van een escalerend proces als in de voorbeelden besproken.

### ***Regelen alias actief***

In het voorbeeld Kethelplein wordt verkeer gedwongen door te rijden omdat de verbindingsweg is afgesloten. Dat is goed, want het voorkomt terugslag op de A20, A13 en A16. Jammergenoeg loopt het verkeer zichzelf vast op de eerste afrit, met alsnog terugslag op de A20, A13 en A16 en nu zelfs ook op de A4 en A15. Dit soort incidentele situaties vraagt om snel en dwingend ingrijpen.

- waarom snel? omdat de zaak anders blokkeert, en om het aantal voertuigen dat zich in een 'fuik' rijdt zo laag mogelijk te houden.
- waarom dwingend? omdat soms alleen verbieden van een bepaalde beweging erger kan voorkomen.

*Op het niveau van het regelen en aansturen van verkeer:*

- verminder de instroom richting het probleem
- en voorkom overshoot op de omleidingsroute

In het voorbeeld van Kethelplein: dwing het verkeer een andere afrit dan Vlaardingen te nemen op het moment dat deze volloopt, dwing het verkeer van A4 richting Hoek van Holland een andere route te nemen, voordat dit andere verkeersstromen blokkeert.

Pro-actief is hier de juiste benadering.

Wat hiervoor ontbreekt:

- snelle diagnose tool
- voorspellend beslissingsondersteunend model
- instrumentarium om actief te sturen, zowel op HWN als op OWN

Kortom, wat ontbreekt is overkoepelende, coördinerende intelligentie.

Bovendien zijn passieve elementen nodig die het regelen mogelijk maken. Zoals verbindingswegen in knooppunten met een hoge capaciteit. Zoals bufferzones (deze kopen tijd, tijd om te reageren met het ingrijpen). Zoals reservecapaciteit. Zoals taperovergangen. Zoals calamiteiten-doorsteken.

*Op het niveau van verkeersinformatie:*

Daarnaast is het uiteraard van belang dat verkeer tijdig op de hoogte is van de situatie. Niet alleen van de huidige situatie, maar juist van de toekomstige situatie.

Wat hiervoor ontbreekt:

- voorspellende reistijdalgoritmes, voorspellende modellen
- adequate verkeersinformatie op OWN
- kortsluiten met de in-car informatiesystemen

Merk overigens op dat de firma TomTom, met de introductie van HQ-traffic, op het niveau van de weggebruikers (en op systeemniveau het weggebruikers-

evenwicht) wel al deze cyclus aan het sluiten is. Calamiteitenfiles inclusief met al hun omrijproblemen worden via dit mechanisme al meer gespreid dan bijvoorbeeld enige jaren terug het geval was.

Het bovenstaande heeft, naar wij hopen, voldoende duidelijk gemaakt dat met gecoördineerd sturen vele malen betere resultaten te bereiken zijn.

## Hoofdstuk 5 Conclusies en aanbevelingen

---

In dit rapport is, niet zozeer op basis van concreet onderzoek maar op basis van expertise en ervaring, weergegeven waardoor het niet robuust zijn van het Nederlandse hoofdwegennet wordt veroorzaakt. Aan de hand van concrete voorbeelden is de problematiek bediscussieerd en is op mogelijkheden ingegaan om die robuustheid te verbeteren. Hieronder vatten we de belangrijkste conclusies en aanbevelingen samen.

### *Conclusies*

- Het netwerk bevat zwakke structuren waar overslag van problemen optreedt zonder dat elementen zijn ingebouwd die overslag voorkomen; veel wegvakken hebben geen of weinig reservecapaciteit, waardoor ze als bronnen voor verstoringen functioneren. De combinatie doet de rest.
- Veel verbindingsbanen op knooppunten kunnen de grootschalige omleidingen die bij verstoringen worden ingesteld, niet aan.
- DVM is niet op robuustheid geoutilleerd; verkeer kan maar beperkt gestuurd worden, het zichzelf vastzetten wordt niet voorkomen.
- Het is in de combinatie van wegaanpassing en verkeerssturing dat robuuste oplossingen kunnen worden bereikt.
- Probleemsituaties op het contactvlak HWN-OWN blijven hardnekkig onopgelost.
- Robuustheid is lastig in beleid te verwerken als zelfstandig punt maar zeer goed mee te nemen als randvoorwaarde in richtlijnen en aanpak.

### *Aanbevelingen*

- Goed nadenken in welke situaties en welke vorm ontvlechting een verbetering biedt en wanneer het juist achterwege moet worden gelaten.
- De afweging tussen spitsstroken en reguliere wegverbreding herevalueren.
- Afritten standaard van extra opstelruimte voorzien; te beginnen met de afritten nabij knooppunten.
- Knooppunten sterk maken in de afslaande bewegingen; alle verbindingsbogen doorgaand minimaal tweestrooks, eventueel afgekruid in de reguliere situatie.
- Onderliggend wegennet bij de opvang van calamiteiten betrekken.
- Het netwerk doorlichten op kritische structuren en daar versterken; golfbrekers, bufferstroken, overcapaciteit, etc..
- De vakdisciplines van 'wegontwerp en richtlijnen' en 'verkeersmanagement' samen oplossingen laten uitwerken.
- Pro-actief gaan regelen, voorspellend verkeersmodel gebruiken; live en snel kunnen evalueren, wat gebeurt er als we X doen, en wat bij Y?



Voor het terugbrengen van robuustheid in het wegennet zijn verbeteringen hard nodig, zowel in de passieve (netwerkstructuur en wegaanpassingen) als in de actieve sfeer (effectief compartimenteren van calamiteiten). De passieve elementen helpen altijd, de actieve alleen in combinatie met wegaanpassingen omdat zonder die, de speelruimte ontbreekt om actief te kunnen regelen. Over de "juiste aanpak" van het passief herstructureren (al dan niet ontvlechten, al dan niet versterken OVN) dient verdere discussie gevoerd te worden over "de juiste aanpak", want de problemen worden door de verschillende deskundigen weliswaar op gelijke wijze onderkend, maar de gesuggereerde oplossingsrichtingen verschillen hevig.

## Bijlage 1      Referenties

---

Transpute (1992), *Consult basisscenario verkeersbeheersing*, i.o.v. hoofddirectie van de Rijkswaterstaat

Transpute (1993), *Opvangruimtes, rijbaanscheiding en rijbaandosering – Maatregelen om het dichtslibben van het hoofdwegennet tegen te gaan*, i.o.v. Directoraat Generaal voor het Vervoer, Directie Individueel Personenvervoer

Transpute (1994), *Twintig dagen Verkeer op de A20 bij Rotterdam*, i.o.v. Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland

Transpute (1996-2009), *Filethermometer 1995 t/m 2008*, i.o.v. Rijkswaterstaat (Directie) Noord-Holland

Transpute (1999 - 2008), *Rijtijden hoofdwegennet Utrecht 1999-2006 / Bereikbaarheidsmonitor Utrecht 2007-2008*, i.o.v. Rijkswaterstaat Utrecht

Immers L.H., I.R. Wilmink en J.E. Stada (2001), *Bypasses voor bereikbaarheid*, TNO Inro i.o.v. Vianed

Kruisbergen, J.W. van (2001), *De verplaatsingssnelheid van schokgolven*, Transpute/NHTV

Toorenburg, J.A.C. van (2003), *Ontwikkeling onbetrouwbaarheid hoofdwegennet 2000-2020*, Transpute i.o.v. RWS Adviesdienst Verkeer en Vervoer

DHV (2007), *Onderzoek ontvlechten verkeersstromen*, i.o.v. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Personenvervoer

Toorenburg, J.A.C. van en Nijenhuis, T.A. (2008), *Filegolven – beschrijving van het verschijnsel en voorstel voor een remedie*, Transpute i.o.v. RWS Dienst Verkeer en Scheepvaart

Schrijver J., B. Egeter, B. Immers, M. Snelder (2008) *Visie robuust wegennet ANWB*, i.o.v. ANWB

Snelder M., M. Muller, J. Schrijver (2009), *Begrippenkader en indicatoren voor robuustheid*, i.o.v. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart

Snelder M., T. Bakri, S. Calvert, M. Minderhoud, H. Drolenga, G. Tamminga (2010), *Operationalisering Robuustheid*, i.o.v. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart