

Goed inzicht in menselijk gedrag essentieel

Verkeersmanagement bij exceptionele omstandigheden

Hoe kwetsbaar onze verkeersinfrastructuur is, blijkt wel bij exceptionele omstandigheden. Eén incident (calamiteit of ongeval) en er ontstaat een verkeersinfarct. Kan dit worden voorkomen? Zo ja, hoe dan? Zijn er bruikbare modellen om effecten in te schatten? En hoe staat het met de *human factor*, welhaast in elke keten de meest kwetsbare schakel? Enkele wetenschappers van de TU Delft brengen in dit artikel de verschillende facetten van verkeersmanagement bij exceptionele omstandigheden in kaart.

De mate waarin ons transportsysteem blijft functioneren bij een exceptionele gebeurtenis – een zwaar ongeval, zeer slechte weersomstandigheden, ramp of aanslag – is van groot belang. In de eerste plaats omdat deze exceptionele gebeurtenissen vaak een grote sociale, maatschappelijke en economische impact hebben. Ter illustratie: in Nederland wordt meer dan 25% van de congestie veroorzaakt door incidenten, waarvan de kosten meer dan € 700 miljoen per jaar bedragen. En alle files in de ‘file top tien aller tijden’ zijn veroorzaakt door zeer slechte weerscondities of zware ongevallen. In de tweede plaats omdat het transportsysteem een belangrijke rol speelt in het herstel van de exceptionele situatie. Blijft het transport systeem immers redelijk functioneren, dan blijven bijvoorbeeld de aanrijdtijden van hulpdiensten (bij ongevallen en rampen) relatief laag.

Omdat exceptionele omstandigheden relatief weinig voorkomen, is de expertise

en kennis om er adequaat mee om te gaan beperkt, wellicht met de uitzondering van ‘reguliere incidenten’. Kijken we bijvoorbeeld naar de wijze waarop de evacuaties ten tijde van de orkanen Katrina en Rita zijn verlopen, dan kunnen we niet anders concluderen dan dat er duidelijk een behoefte bestaat om zowel de planning als het aanbod van transportdiensten te verbeteren (Transportation Research Board 2005). Een voorbeeld dichterbij huis zijn de gebeurtenissen op 25 november 2005, toen Nederland werd getroffen door streng winterweer. In dit geval bleek een cascade van gebeurtenissen het transportsysteem plat te leggen. In delen van het land begaf het elektriciteitsnetwerk het, waardoor de treinloop zwaar werd verstoord. En dit terwijl de vrachtwagens met noodagregaten vast stonden in de file, net als de strooiwagens die de wegen weer vrij moesten maken (Jansen 2005).

Deze voorbeelden benadrukken onze afhankelijkheid van het transportsysteem in geval van incidenten en calamitei-

ten. Grote infrastructurele investeringen zijn vaak geen optie door de relatief lage frequentie van dergelijke gebeurtenissen. De sleutel ligt in het efficiënt gebruik maken van de aanwezige infrastructuur, eventueel door invoering van kleine aanpassingen of door het slim sturen van de verkeersstromen. Om dit goed te doen, moeten we kunnen voorspellen hoe het systeem reageert op zowel de exceptionele gebeurtenis zelf als op de voorgestelde maatregelen. Hoe het op dit moment staat met de kennis op dit gebied, wordt toegelicht in het vervolg van dit artikel. Duidelijk zal worden dat veel van ons huidige instrumentarium niet geschikt is voor dit soort situaties, juist door de grote veranderingen die optreden in de dynamische kenmerken van het systeem als gevolg van de veranderingen in het gedrag van de reizigers.

Vraag en aanbod

We weten allemaal dat de situatie op de weg voortkomt uit de (on-)balans tussen vraag en aanbod. Grofweg gezegd wordt

de vraagkant bepaald door het reisgedrag (inclusief de keuze om activiteiten uit te voeren en wel op een bepaalde plaats); de aanbodkant wordt bepaald door de beschikbaarheid van infrastructuur en de manier waarop de infrastructuur wordt gebruikt, i.c. het rijgedrag. Een exceptionele gebeurtenis kan dus zowel de vraagkant als de aanbodkant sterk beïnvloeden. Enerzijds omdat de gebeurtenis direct van invloed is op de beschikbaarheid van de infrastructuur. Anderzijds omdat zowel het rijgedrag als het reisgedrag door de gebeurtenis zal worden beïnvloed.

Veranderingen in aanbod

Laten we eerst eens kijken naar de aanbodkant, waar de beschikbaarheid van infrastructuur samen met het rijgedrag de voornaamste determinanten zijn ten aanzien van de capaciteit van de weg. Het is duidelijk dat de beschikbaarheid van de infrastructuur bij veel exceptionele omstandigheden zal verminderen: bij een ongeval zijn minder rijstroken beschikbaar, een tunnel staat onder water doordat een gebied is overstroomd, een bepaalde route is afgesloten als gevolg van een terroristische dreiging enzovoort.

Het gebruik van de infrastructuur zal in de meeste gevallen ook drastisch veranderen. Dit komt enerzijds door de fysieke en technische beperkingen van de bestuurder en zijn voertuig. Bij slecht weer is het zicht sterk verminderd, waardoor automobilisten over het algemeen langere volgtijden en lagere snelheden aanhouden. Zware sneeuwval veroorzaakt niet alleen slecht zicht, maar mogelijk ook gladheid met als gevolg dat de automobilisten hun rijgedrag verder moeten aanpassen.

Daarnaast zien we dat het rijgedrag ook verandert door meer psychologische oorzaken. Dit effect is groter dan dat we in eerste instantie zouden verwachten. Knoop, Hoogendoorn en Van Zuylen (2009) hebben onderzocht in hoeverre het rijgedrag in de buurt van een incident verandert door een eenvoudig voertuigvolgmodel te schatten. Uit deze studie blijkt dat de snelheid afneemt en volgtijden aanzienlijk toenemen ter hoogte van het incident, zowel in de richting van het incident als in de andere richting. Daarnaast zien we dat de reactietijd meer dan verdubbelt ten opzichte van een reguliere situatie. Als gevolg van deze veranderingen in het rijgedrag, neemt de capaciteit van de weg drastisch af met

pakweg 30% voor iedere nog beschikbare rijstrook. Dit zou betekenen dat bij een ongeval op een driestrooksweg waarbij één rijstrook is geblokkeerd de resterende capaciteit slechts 50% van de oorspronkelijke capaciteit bedraagt.

In recent onderzoek (Hoogendoorn, Waterink, Hoogendoorn en Daamen, 2009) is onderzocht of de determinanten voor deze sterke gedragsveranderingen te bepalen zijn door in een rijimulator ongevallen na te bootsen en te meten welke fysiologische reacties (hartslag, ademhaling en gezichtsuitdrukkingen) samengaan met veranderingen in rijgedrag. Hieruit kwam naar voren dat automobilisten blijkbaar snel zijn afgeleid, waardoor de moeilijkheidsgraad van de rijtaak toeneemt. En als gevolg hiervan neemt de efficiëntie van de rijtaak af. Dit zal niet alleen het geval zijn voor incidenten, maar ook voor andere situaties, zoals wegwerkzaamheden of een te opvallend reclamebord langs de kant van de weg.

Daarnaast weten we uit diverse studies dat weerscondities een groot effect hebben op het rijgedrag en de resulterende capaciteit van de weg. Regenval reduceert de capaciteit met ongeveer 10% (Chung et al., 2006; Ibrahim en Hall, 1994). Dat komt waarschijnlijk door een hogere moeilijkheidsgraad van de rijtaak ten gevolge van verminderd zicht en tractie. Bij sneeuwval en hagel is deze reductie nog een stuk groter (Chin et al., 2002).

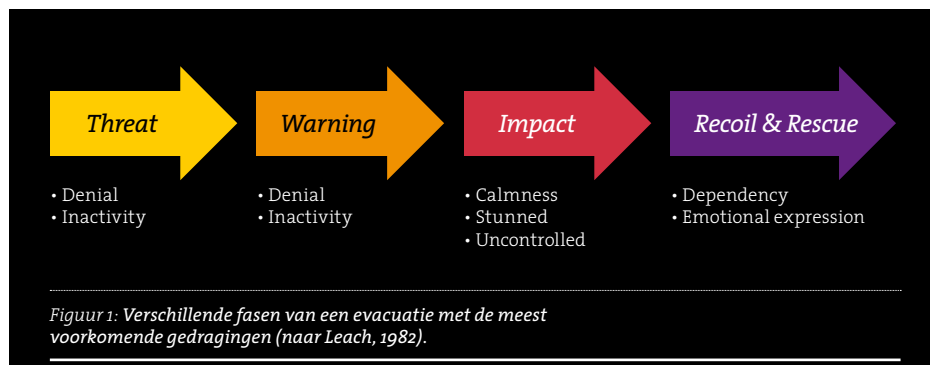
Veranderingen in verkeersvraag

We hebben nu gezien hoe de capaciteit van de weg wordt beïnvloed door uitzonderlijke gebeurtenissen. Maar ook aan de vraagkant verwachten we de nodige veranderingen. Door informatie te verschaffen over een incident zal een deel van de automobilisten geneigd zijn hun route aan te passen, in sommige situaties zelfs meer dan 50% van de automobilisten. Dit kan



de aanleiding zijn voor congestie op de alternatieve routes. Natuurlijk is dit aandeel afhankelijk van de aard en ernst van het gemelde incident.

Bij rampen, zoals overstromingen, aanslagen etc. spelen ook andere zaken een rol. In veel gevallen zal er sprake zijn van een hoge verkeersvraag, vooral als er sprake is van een al dan niet vrijwillige evacuatie. De premisse van de 'reiziger met de glazen bol' – die aan veel van de in de praktijk toegepaste modellen ten grondslag ligt – is normaliter al discutabel. In geval van een buitengewone gebeurtenis kunnen rezi-





gers zeker niet op hun ervaring vertrouwen. In plaats daarvan moeten zij gebruik maken van informatie over het verkeer, over de gebeurtenis en de instructies van de autoriteit.

Daarnaast weten we uit de 'survival psychology' (Leach 1982) dat het (reis)gedrag van de reiziger aanzienlijk verandert als de situatie echt nijpend wordt. Slechts een klein deel van de reizigers zal nog rationele keuzes maken (tussen de 10 en 15%). Bij een klein deel van de mensen (ook ongeveer 10 tot 15%) zien we een contraproductieve reactie; deze groep handelt vanuit emotie en instinct. Het overgrote deel (85% dus) zal echter zoveel mogelijk op zoek gaan naar tekenen die de ernst van de situatie ontkrachten, en op zoek gaan naar bevestiging van hun perceptie. In de literatuur wordt dit gedrag aangeduid met de term 'bounded rationality'. Zonder heldere adviezen en instructies maken de reizigers dus geen optimale keuzes. Een complicerende factor hierbij is 'perceptual distortion', waarbij 'perceptual narrowing' (onterecht wel eens tunnelvisie genoemd) een verbijzondering van dit verschijnsel is. Dit

houdt in dat er een beperking van aandacht ontstaat, hetgeen gepaard gaat met het focussen op slechts één alternatief. Uit onderzoek komt naar voren dat 'perceptual narrowing' leidt tot een verslechtering van de efficiëntie waarmee taken worden uitgevoerd, wat de verkeersvraag beïnvloedt (Silber et al., 2004). Dit geldt overigens ook voor de rijtaak, i.e. de aanbodkant (toename in het aantal verkeersovertredingen en langzamere reactietijden).

Het geobserveerde gedrag is verder afhankelijk van de fase van de evacuatie. Daarin valt op dat 'ontkenning' de meest typerende gedraging is (zie *Figuur 1*). Belangrijk is dat de waargenomen patronen voor verschillende typen exceptionele omstandigheden vergelijkbaar en reproduceerbaar zijn. Hiermee is het gedrag dus modelleerbaar en kunnen we plannen en strategieën erop aanpassen en zelfs optimaliseren.

Modellen

De specifieke kenmerken van het verkeer tijdens exceptionele omstandigheden stellen specifieke eisen aan modellen. Als we de effecten van incidenten op netwerk-

niveau willen doorrekenen, dan moet een model in staat zijn om de veranderingen in rijgedrag en de gevolgen daarvan voor de capaciteit adequaat te beschrijven. Daarnaast is het goed beschrijven van de ruimtelijke kenmerken van congestie van groot belang, denk hierbij vooral aan terugslag van file en *gridlock*-effecten (Knoop, 2008).

Het feit dat de reiziger geen beroep kan doen op zijn ervaring, is bovendien een belangrijke reden om af te zien van het gebruik van (dynamische) evenwichtsmodellen, zoals de Regionale Benuttings-Verkenner, INDY enzovoort. Een geschikt model moet het veranderde reis- en rijgedrag in reactie op de onzekere en veranderende situatie, inclusief de verkeersinformatie, informatie over de exceptionele gebeurtenis en instructies, voldoende nauwkeurig beschrijven (Pel, 2008). Eén manier om dit te doen, is gebruik te maken van een hybride routekeuzemodel. In dit model maakt de reiziger bij vertrek een voorlopige routekeuze, bijvoorbeeld op grond van de instructies die hij ontvangt, om vervolgens, indien de situatie in het netwerk dit vereist, de keuze aan te pas-

sen. Deze verandering kan een andere route of bestemming betreffen en vindt plaats op grond van de actuele informatie die de reiziger tijdens de rit krijgt (Pel, 2009).

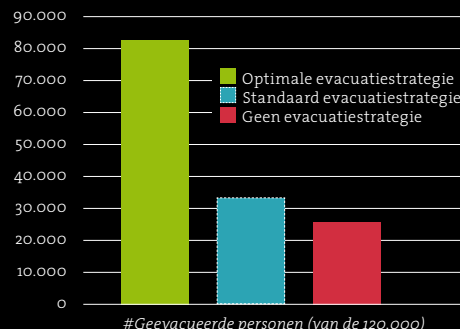
Tot slot zien we dat met name bij evacuatiestudies onrealistische aannames worden gedaan over het vertrekproces. Meestal wordt aangenomen dat de reiziger eenmalig beslist of hij evacueert (of niet) en vervolgens een vertrektijdstip kiest (volgens de zogenaamde response curve). Deze gedragsaannames is duidelijk onrealistisch: in de praktijk zullen potentiële evacués op verschillende momenten hun keuzes heroverwegen op grond van de dan beschikbare informatie en instructies (zogenaamd sequentieel kansproces). In veel praktische studies die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd, is hier onvoldoende rekening mee gehouden, met als gevolg dat de resultaten hiervan op zijn minst discutabel zijn.

Netwerkmanagement

In het voorgaande hebben we gezien dat in geval van exceptionele gebeurtenissen veranderingen worden verwacht aan zowel de aanbod- als de vraagkant. In veel gevallen leidt deze grote onbalans tussen vraag en aanbod tot forse problemen, zoals we uit veel praktijkvoorbeelden kunnen opmaken. Juist omdat er sprake is van een slechte afstemming tussen vraag en aanbod, wordt veel verwacht van netwerkmanagement en mobiliteitsmanagement. Daarnaast verwachten we dat reizigers sterk geneigd zullen zijn de adviezen van de autoriteit of de netwerkmanager op te volgen, door het gebrek aan ervaring onder exceptionele gebeurtenissen. De maatregelen zijn dus in zeker zin effectiever.

Incidentmanagement

Behalve in verkeersmanagement voor reguliere en niet-reguliere situaties, wordt er in Nederland ook veel geïnvesteerd in het verkorten van de afhandelduur van incidenten. Dit levert hoge maatschappelijke baten tegen relatief beperkte kosten. Immers, hoe sneller incidenten zijn afgehandeld, hoe eerder de weg kan worden vrijgegeven en hoe minder het fileleed. Er kan echter nog veel gewonnen worden op dit gebied. Het platform Incident Management (IM) coördineert de ontwikkelingen en wordt er hard gewerkt aan het verbeteren van de samenwerking, de communicatie en het wederzijdse begrip onder de hulpdiensten om de afhandelduur van incidenten te kunnen versnellen.



Tabel 1: Evacuatiestrategieën voor Walcheren. Beschouwde netwerk (links) en verschillen tussen de verschillende strategieën (rechts) bij evacuatie van 120.000 inwoners binnen 6 uur.

Hulpdiensten zijn gespecialiseerd in het uitvoeren van hun kerntaken en werken met grote regelmaat samen bij de afhandeling van incidenten op het wegennet. Op deze vlakken is dus niet de grootste winst te behalen. Aanrijdtijden kunnen daarentegen nog wel verbeterd worden. Er lopen dan ook veel initiatieven om de hulpdiensten te stimuleren sneller aan te rijden. Aanrijdtijden blijven in veel gevallen echter afhankelijk van de verkeersstroomsituatie. De mate waarin het wegennet nog functioneert tijdens calamiteiten is dus mede bepalend voor eventuele maatschappelijke baten die zijn te behalen. Hieraan zal dynamisch verkeers- en netwerkmanagement een belangrijke bijdrage kunnen leveren.

Optimale evacuatieplannen

Een goed voorbeeld is een recente studie naar de optimalisatie van evacuatiestrategieën voor Walcheren (Huibregtse 2009). In deze studie is een methode ontwikkeld waarmee een evacuatieplan (instructies over vertrektijd, route en bestemming) kan worden geoptimaliseerd op grond van een met een dynamisch model voorspelde evacuatieprestatie. Tabel 1 laat de resultaten zien van de optimalisatie voor een evacuatie waarin binnen zes uur zoveel mogelijk inwoners naar een veilig gebied gebracht moesten worden. De tabel geeft de verbetering weer die kan worden bereikt door een goed evacuatieschema te ontwikkelen: voor deze casus konden in dezelfde periode meer dan twee keer zoveel mensen worden geëvacueerd ten opzichte van de gebruikelijke strategieën.

Een bi-level probleem

Netwerkmanagement bij exceptionele omstandigheden is een typisch voorbeeld van een *bi-level* probleem. Aan de ene kant hebben we de reiziger en de automobilist

die zijn individuele situatie probeert te verbeteren. Aan de andere kant is er de autoriteit die op grond van deze reactie het verkeer zo wil managen dat de collectieve afwikkeling zo goed mogelijk is. Inzicht in de verwachte individuele reacties van de reizigers en de hieruit volgende collectieve situatie in het netwerk is hierbij essentieel.

Conclusies

Het is duidelijk dat de grote problemen die bij exceptionele omstandigheden ontstaan voortvloeien uit de grote discrepantie tussen vraag en aanbod. Het goed kunnen beschrijven en voorspellen van veranderingen aan beide kanten van de balans is essentieel om het verkeer goed te kunnen managen. Helaas zien we dat in veel studies er onvoldoende rekening wordt gehouden met deze veranderingen. De winst die we kunnen behalen met slim netwerkmanagement, is juist in dergelijke situaties hoog. Het beter afstemmen van de (nog) beschikbare netwerkcapaciteit op de vraag zal een aanzienlijke verbetering kunnen opleveren, evenals het slim reguleren van verkeer dat op een bepaald tijdstip het netwerk wordt binnengelaten. Om dit zo effectief mogelijk te doen is inzicht nodig in het menselijk gedrag en de consequenties die dit gedrag heeft op de condities in het netwerk. Alleen met dit inzicht kunnen we netwerkmanagement in deze situaties optimaal inzetten. **nm**

De literatuurverwijzingen van dit artikel vindt u on-line op www.nm-magazine.nl.

De auteurs

Prof.dr.ir. Serge Hoogendoorn is hoogleraar verkeersstroomtheorie en simulatie.
 Ir. Ramon Landman, PhD, is onderzoeker.
 Drs. Victor Knoop, ir. Adam Pel, ir. Olga Huibregtse en Raymond Hoogendoorn Msc zijn promovendi.
 Allen zijn verbonden aan de TU Delft, Transport & Planning.