

Filegolven binnen no time in beeld - Excelleren in detecteren

Diana Vonk Noordegraaf
TNO en TU Delft
diana.vonknoordegraaf@tno.nl

Freek Faber
TNO
freek.faber@tno.nl

Damir Vukovic
TNO
damir.vukovic@tno.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
24 en 25 november 2011, Antwerpen**

Samenvatting

Filegolven binnen no time in beeld - Excelleren in detecteren

Als het druk is op een weg kan het verkeer soms zonder duidelijke oorzaak helemaal tot stilstand komen en vlak erna opeens weer doorrijden, om vervolgens even verderop weer tot stilstand te komen. Dit zijn de typische verschijnselen van filegolven. Een filegolf is een file die zich verplaatst tegen de richting van het verkeer in tot deze wordt uitgedempt. In dit artikel worden filegolven in beeld gebracht.

Analyse van verkeersdata uit detectielussen is een gangbare methode om zicht te krijgen op verkeersintensiteiten, snelheden en congestie op het hoofdwegennetwerk. De filegolven zijn in beeld gebracht met behulp van nieuwe tools die excelleren in de verwerking en analyse van lusdata. Verkeersdata voor geheel Nederland en voor meerdere jaren worden razendsnel ingelezen en geanalyseerd. Het grootste voordeel van de snelheid van de tools is dat binnen no time – enkele uren – alle bemeeten wegen op het hoofdwegennet in kaart zijn gebracht. Daarnaast onderscheidt de tool verschillende typen files automatisch uit de data en visualiseert deze op verschillende manieren, bijvoorbeeld door middel van vlekkenkaarten en 3D kaarten. In dit artikel zijn verschillende voorbeelden van visualisaties van filegolven opgenomen.

Dit artikel brengt de locaties in beeld waar filegolven plaatsvinden en waar de reistijdvertraging als gevolg van filegolven het grootst is. Filegolven hebben in de periode mei 2010- april 2011 in totaal 5,8 miljoen voertuigverliesuren veroorzaakt. Dit betreft 22 procent van het totaal aantal voertuigverliesuren in files. Filegolven ontstaan veelal op vaste locaties zoals opritten en tankstations en kunnen soms tientallen kilometers doorgolven. Filegolven kunnen 1) infrastructurele files veroorzaken of verergeren 2) voortkomen uit een infrastructurele file of 3) losstaand zijn. Ongeveer de helft van de filegolven valt in de eerste categorie. Door in een vroeg stadium filegolven uit te dempen wordt daarom niet alleen veel vertraging en remacties voorkomen in de filegolven zelf, maar dit heeft vaak ook een bijkomend positief effect op infrastructurele files.

1. Inleiding

Recentelijk is er een toenemende belangstelling voor filegolven. Als je zelf op de weg een filegolf tegen komt, dan merk je dat het druk is maar verder lijkt er niets bijzonders aan de hand te zijn. Toch komt het verkeer soms helemaal tot stilstand en rijdt het vlak erna opeens weer door, om vervolgens even verderop weer tot stilstand te komen. Dit zijn de typische verschijnselen van filegolven. Hierbij is er vaak geen duidelijke oorzaak waarom het verkeer tot stilstand kwam. Het gaat dus om een file die ogenschijnlijk geen oorzaak heeft. Daarom worden files veroorzaakt door filegolven ook wel spookfiles genoemd (ED.nl, 2010). In dit artikel gebruiken we hiervoor de term filegolven. Het doel van dit artikel is om filegolven – letterlijk – in beeld te brengen.

Filegolven ontstaan op wegen waar de maximale wegcapaciteit vrijwel geheel wordt gebruikt. Er hoeft dan maar iets te gebeuren en de verkeersstroom wordt instabiel en er ontstaan files. Het plotseling remmen van weggebruikers en de reacties van het achteropkomende verkeer kunnen al genoeg zijn om een filegolf te laten ontstaan. De file verplaatst zich als een golf over de weg en blijft zich tegen de richting van het verkeer in (stroomopwaarts) over de weg blijven verplaatsen tot deze wordt uitgedempt.

Filegolven zijn “zeer interessant, maar ook zeer onwenselijk” (Hoogendoorn, 2010). De filegolven reduceren de wegcapaciteit met ongeveer 30% en maken het verkeer onveiliger (Hoogendoorn, 2010). Het veelvuldig optrekken en afremmen leidt tot een hoog brandstofverbruik en meer uitstoot (Gense et al., 2001).

Momenteel is er weinig bekend over filegolven en effectieve maatregelen om dit type file aan te pakken. In 2010 zijn in Nederland de eerste doorvertalingen van het theoretische concept naar de praktijk gemaakt. Zo is in de proef Dynamax onderzocht of filegolven met behulp van Dynamische Maximum Snelheden uitgedempt konden worden. Het bleek dat Dynamax onder specifieke condities een bijdrage van 8 procent kan leveren aan het verminderen van filegolven (Burgmeijer et al., 2011). Verder hebben in 2010 een aantal experimenten plaatsgevonden op de A270 om te demonstreren hoe dit soort files ontstaan en is aangetoond dat de doorstroming door de inzet van Cooperative Adaptive Cruise Control met gemiddeld 12% verbetert (TNO, 2010). Aan deze experimenten is in 2011 vervolg gegeven (zie Spits, 2011). In 2011 heeft TNO in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu de top 15 filelocaties in kaart gebracht. In deze studie is, naast een top 15 voor files op de vaste locaties in de infrastructuur en voor incidentfiles, een top 15 van filelocaties bepaald waar filegolven voor het grootste reistijdverlies zorgen. Hiervoor is gebruikt gemaakt van de verkeersgegevens die Rijkswaterstaat op het hoofdwegenennetwerk verzameld door middel van metingen met detectielussen, dit wordt ook wel Monica data genoemd.

Dit artikel is grotendeels gebaseerd op deze studie. In de volgende paragraaf gaan we in op de gebruikte methode en tools om de filegolven in beeld te brengen en lichten we toe wat deze aanpak van filedetectie excellent maakt. In paragraaf drie gaan we in op de locaties, de totale omvang (in voertuigverliesuren) en belangrijkste kenmerken van filegolven. De laatste paragraaf van dit artikel sluit af met de conclusies, discussie en suggesties voor vervolgonderzoek.

2. Excelleren in filedetectie

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe filegolven en de locaties waar ze voorkomen zijn gedetecteerd. Hiertoe wordt in 2.1 eerst toegelicht wat een file is, welke maat wordt gebruikt om aan te geven hoe omvangrijk een file is, en er wordt gedefinieerd wanneer er sprake is van een filegolf en hoe de filelocaties zijn bepaald. In 2.2 wordt aangegeven wat filedetectie met behulp van de TNO-tools RAMON en ATOL excellent maakt.

2.1 Het identificeren van files, voertuigverliesuren, filegolven en filelocaties

Er is sprake van een file als "over een afstand van twee kilometer of meer het verkeer langzamer rijdt dan 50 km/uur waar een hogere maximumsnelheid geldt." (Rijkswaterstaat, 2011). Filegolven zijn vaak korter dan twee kilometer en files komen ook voor bij snelheden boven de 50 km/uur. Er is daarom gekozen voor een aangepaste definitie van files waarbij voor filegolven wordt gerekend met 60 en 65 km/u (zie de definitie van filegolven).

De omvang van files wordt aangeduid met de totale reistijdverliestijd op een locatie uitgedrukt in voertuigverliesuren (VVU). Bij de berekening van voertuigverliesuren wordt rekening gehouden met de lengte en duur van de file, het aantal voertuigen in de file en de gereden snelheid van de voertuigen in de file. Hoewel aspecten als het aantal inzittenden per voertuig, het reismotief en de kosten van de onbetrouwbaarheid van de reistijd niet in deze maat zijn opgenomen, geeft de ontwikkeling en ruimtelijke verdeling van de voertuigverliesuren een goede indicatie van de economische schade van een file (Rijkswaterstaat, 2011). Dit betekent niet dat op locaties waar veel voertuigverliesuren ontstaan ook maatregelen dienen te worden ingezet. Zo is het denkbaar dat files op een locatie worden opgelost door op andere locaties maatregelen in te zetten.

In de studie naar de top 15 filelocaties (Faber et.al., 2011) zijn de voertuigverliesuren bepaald door de vertraging van alle voertuigen in de file (extra reistijd) op te tellen en te vergelijken met de reistijd bij vrije doorstroming van het verkeer. Deze methode verschilt van de aanpak van Rijkswaterstaat in de bereikbaarheidsmonitors. Rijkswaterstaat rekent met een normsnelheid van 100 km/uur (Rijkswaterstaat, 2011). Door TNO is per wegvak en per week de vrije doorstroomsnelheid bepaald. Dit is de snelheid die wordt gereden als het rustig is op een wegvak, wat een vrij nauwkeurige indicatie geeft van de maximumsnelheid op een traject. Zo is rekening gehouden met de snelheidslimiet per wegvak (80, 100, 120 en 130 km/uur) en de lokale omstandigheden (in bochten kan het wenselijk zijn om minder hard te rijden dan de maximumsnelheid) in plaats van voor alle wegen op het hoofdwegennetwerk een referentiesnelheid van 100 km/uur te nemen. De methode op basis van de vrije doorstroomsnelheid voorkomt dat op 80 km/uur wegen voertuigverliesuren worden berekend voor voertuigen die niet harder mogen rijden (en dus ook geen reistijdverlies oplopen). Ook zorgt deze methode ervoor dat op 120 of 130 km/uur wegen de teller voor het bepalen van voertuigverliesuren direct gaat lopen als de snelheid onder de gebruikelijke snelheid zakt (en niet pas als de snelheid onder de 100 km/uur zakt).

Er is gebruik gemaakt van de lusdata van het bemeten deel van het hoofdwegennetwerk uit het jaar mei 2010 tot en met april 2011 om het meest recente overzicht van voertuigverliesuren te bepalen. De lusdata van op- en afritten zijn niet meegenomen

omdat dit een verstorend effect heeft op de analyse van fileoorzaken (Faber et al., 2011).

Filegolven zijn files met het specifieke kenmerk dat de file stroomopwaarts beweegt over het wegennetwerk. De staart van de filegolf groeit met ongeveer dezelfde snelheid als waarmee de voorkant oplost. Wanneer een filegolf grafisch wordt weergegeven in een vlekkenkaart wordt dit duidelijk zichtbaar in de specifieke vorm van de filevlek (zie hoofdstuk 3). De kenmerkende vorm van een filegolf is gebruikt om automatisch uit de lusdata te filteren wanneer en waar filegolven voorkomen. Een file is gedefinieerd als een filegolf wanneer de snelheid lager is dan 60 km/uur en op deze locatie de snelheid vlak ervoor (12 minuten ervoor) en vlak erna (12 minuten erna) boven de 65 km/uur bevindt, wordt dit deel van de file als filegolf geclassificeerd. Wanneer een file aangroeit en de staart van de file zich stroomopwaarts verplaatst (terugslag) kan de file terugslaan op een aansluitende weg waar dan ook een file ontstaat of een bestaande files erger wordt. Deze terugslag op andere wegen is niet meegenomen in de analyse. Dit betekent dat bijvoorbeeld een filegolf die op wegvak A ontstaat en terugslaat op wegvak B in de analyse is meegenomen als twee aparte filegolven. Inmiddels is de tool verder ontwikkeld en kan terugslag op andere wegen automatisch worden gedetecteerd.

Filelocaties zijn vastgesteld door delen van het wegennetwerk, trajecten, te identificeren waar "veel voertuigverliesuren voorkomen die veelal dezelfde oorzaak hebben" (Faber et al., 2011:22). Om te bepalen wat veel voertuigverliesuren zijn, is gekeken naar het gemiddelde aantal voertuigverliesuren per jaar per kilometer tussen twee opritten. Filelocaties zijn locaties waarop het aantal voertuigverliesuren groter is dan 2 maal de mediaan van het totale Nederlandse wegennet. De grenswaarde is zó gekozen dat filelocaties van elkaar onderscheiden kunnen worden, en dat bijvoorbeeld de Ring Amsterdam niet één grote filelocatie wordt. Dit heeft geleid tot filelocaties met een lengte van rond de 10 tot 20 kilometer.

2.2 Wat maakt de filedetectie excellent?

De filedetectie maakt gebruik van de lusdata (Monica data) van Rijkswaterstaat van het hoofdwegennetwerk. Er is zijn twee door TNO ontwikkelde tools voor datawerking en -analyse ingezet: RAMON (RAPid MONica viewer) en ATOL (Advanced Traffic Object Library). ATOL is een tool die nog in ontwikkeling is.

RAMON en ATOL excelleren in dataverwerking en -analyse vanwege (Vonk en Heijligers, 2011):

- De snelheid van inlezen, verwerken en beschikbaar stellen van lusdata. Binnen enkele minuten zijn complete jaren aan data (vanaf 2007) voor heel Nederland in kaart gebracht en gebruiksklaar voor analyses. Ook zijn actuele analyses op de dag zelf mogelijk. Met RAMON gaat het inlezen van data meer dan 1000 keer sneller dan voorheen. Zo kostte het inlezen van een jaar aan data voor één snelweg voorheen enkele weken tot maanden. Het inlezen gaat sneller doordat de ruwe data razendsnel wordt verwerkt. Het analyseren gaat sneller aangezien de ingelezen data efficiënt opgeslagen wordt zodat de verwerkingsalgorithmen hierdoor niet vertraagd worden. Tot slot zijn de verwerkingsalgorithmen zo opgezet dat ze gebruik maken van een 'slimme' datastructuur waardoor complete jaren data geanalyseerd kunnen worden in behapbare tijd.

- De lusdata wordt opgeschoond en gecorrigeerd voor het veelvoorkomende probleem van corrupte lussen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het Treiber-Helbing filter. Dit heeft als voordeel dat bij het aanvullen van de data rekening gehouden wordt met de kenmerken van het verkeer.
- Het automatisch vaststellen en rangschikken van files en bijbehorende filelocaties door middel van detectiealgoritmes op basis van het aantal voertuigverliesuren. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt naar files van verschillende oorzaken (infrastructurele files, incidentfiles en filegolven).
- Verschillende grafische weergaven zoals fundamentele diagrammen, vlekkenkaarten met overzichten van snelheden, verkeersintensiteiten, restcapaciteit, trendlijnen etc. (zie voor voorbeelden het volgende hoofdstuk).

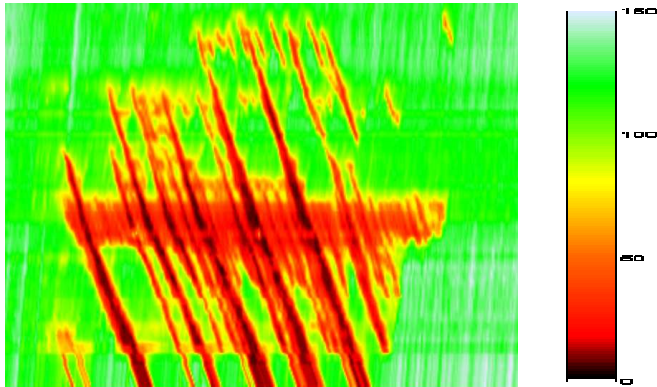
3. Filegolven in beeld

3.1 Hoe ziet een filegolf er uit?

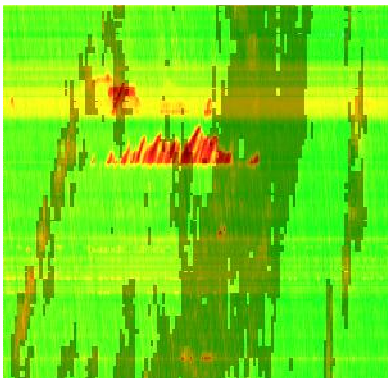
Figuur 1 is een vlekkenkaart waarop het patroon van een file zichtbaar is. Een vlekkenkaart geeft een overzicht van de snelheid van het verkeer op een bepaald wegsegment (op de y-as staat de locatie aangegeven met de hectometers) uitgezet tegen het tijdstip op de dag (op de x-as staat de tijd veelal in uren). Hieruit kan worden afgelezen op welke precieze locatie en hoe laat er files stonden. Bovenin de vlekkenkaart is locatie B en onderin locatie A, waarbij het verkeer van A naar B rijdt. De rijrichting in Figuur 1 is dus van onder naar boven. De kleuren geven de snelheid van het verkeer weer. Groen komt overeen met 100 tot 120 km/u, het verkeer ondervindt dan geen vertraging. Geel betekent dat het verkeer een beetje vertraging ondervindt, de snelheden liggen dan rond de 80 km/u. Rood betekent dat er file is en dat het verkeer (vrijwel) stil staat. Op locaties waar data ontbreekt, ontstaat een witte balk. In Figuur 2 is ter illustratie een vlekkenkaart opgenomen waarop naast verkeersdata ook neerslaggegevens worden getoond. In Figuur 3 wordt een vlekkenkaart getoond waarop de data nog niet en wel is aangevuld.

In Figuur 1 is de vorm van een filegolf te zien. Kenmerkend is het patroon van schuine rode strepen met stukjes groen ertussen. Filegolven ontstaan bij verstoringen in een bijna verzadigde verkeersstroom. Voor filegolven die niet ontstaan bij een specifieke bottleneck, geldt dat voertuigen gemakkelijk kunnen wegrijden uit de voorkant van de file. Hierdoor lost de aan de voorkant en verplaatst de voorkant van de file zich steeds. De voorkant van de file beweegt tegen de richting van het verkeer (stroomopwaarts) in. De filegolf groeit aan de achterkant aan. Ook de achterkant van de file beweegt zich tegen de richting van het verkeer in. Als het aantal voertuigen dat de filegolf inrijdt, ongeveer gelijk aan de afrijcapaciteit van de file, wordt de filegolf in stand gehouden lang nadat de oorzaak verdwenen is. Door het gedrag van mensen die de verstoring in- en weer uitrijden beweegt de verstoring zich met een vrijwel constante snelheid tegen de richting van het verkeer in. Een filegolf heeft een filevlek in de vorm van een schuine streep. Wanneer het verkeer op een vaste locatie wordt geobserveerd (volgens een horizontale lijn in figuur 1) dan wordt zichtbaar dat de passerende voertuigenafwisselend sneller en langzamer rijden. In

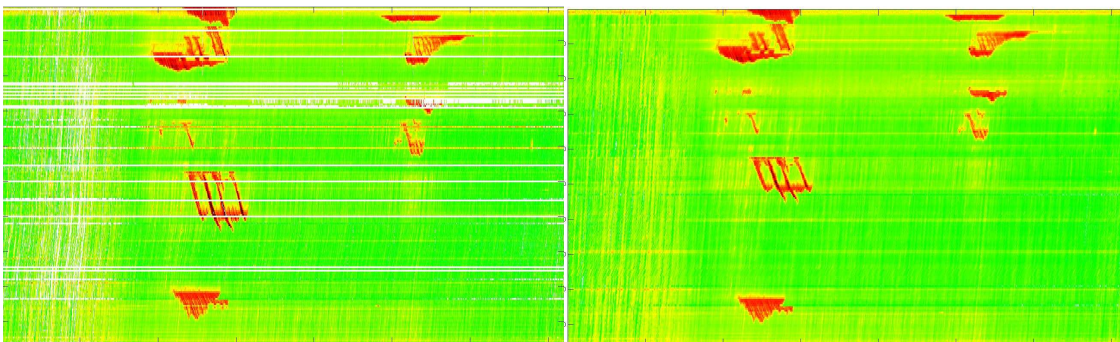
Figuur 1 is in het midden van de filegolf ook een infrastructurele file te zien. Dit is een file die ontstaat bij een vaste bottleneck in de infrastructuur waar een capaciteitsprobleem optreedt (de verkeersvraag is daar groter dan het aanbod) Deze combinatie van verschillende typen files (infrastructurele file en filegolf) komt vaak voor. Beide files ontstaan in situaties waar het al druk is op de weg. Het komt ook voor dat filegolven losstaand zijn.



Figuur 1 Vlekkenkaart van een filegolf



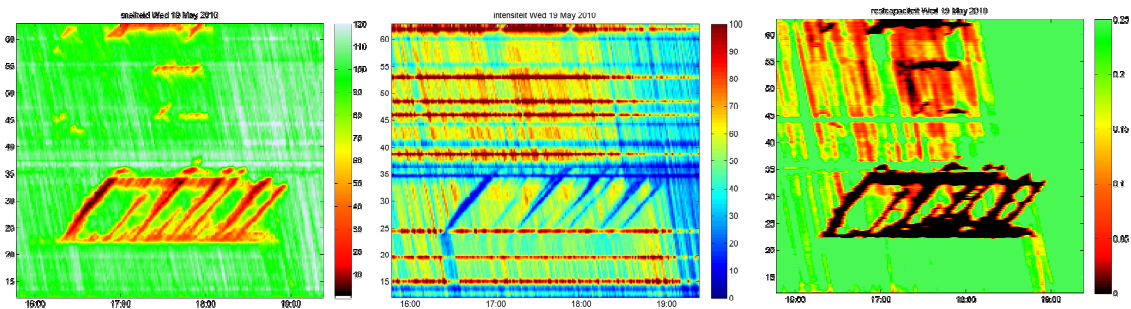
Figuur 2 Vlekkenkaart met weersgegevens (grijs laat neerslag zien)



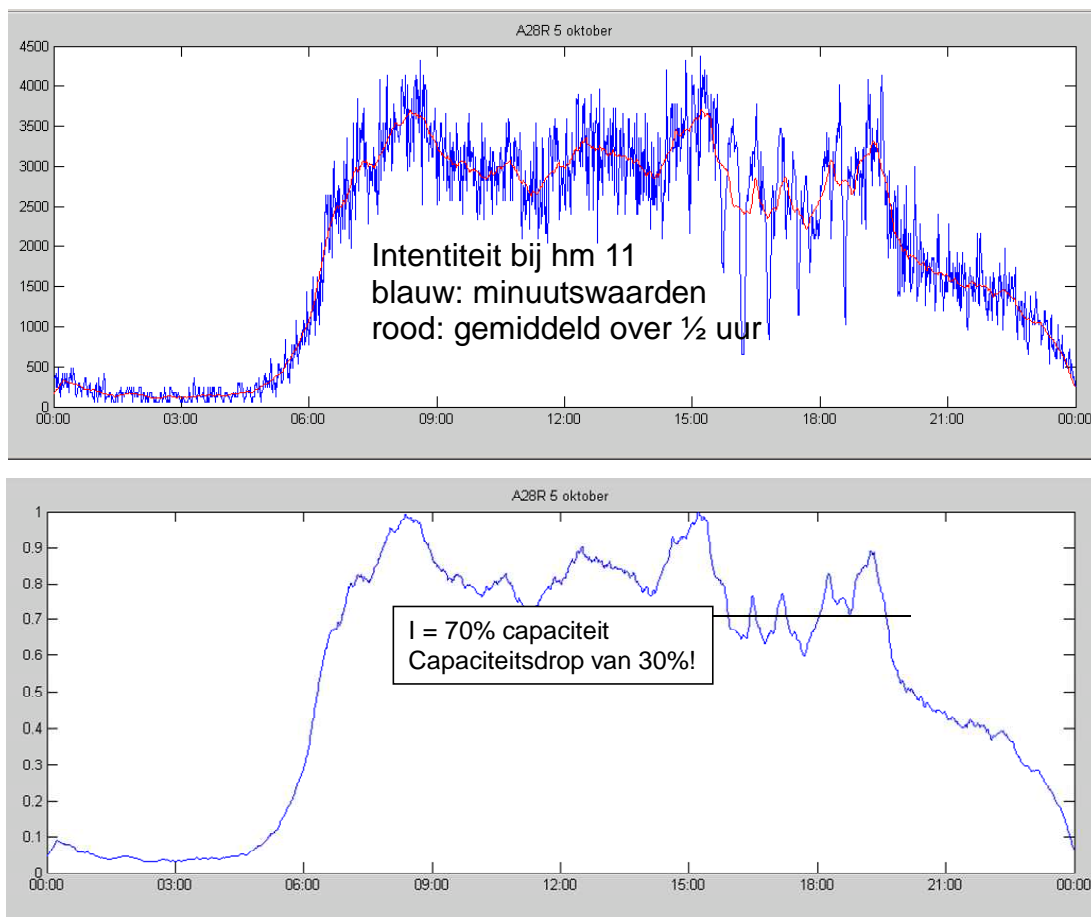
Figuur 3 Vlekkenkaart waarop data ontbreekt (links) en dezelfde vlekkenkaart waarop de data is opgevuld (rechts)

In Figuur 4 wordt ter illustratie nog een overzicht drie verschillende typen vlekkenkaarten. Naast de vlekkenkaart waarin snelheden worden weergegeven (meest links), kunnen ook vlekkenkaarten worden gemaakt van de verkeersintensiteit (midden) en de restcapaciteit (rechts). Op basis intensiteiten is het bijvoorbeeld mogelijk de

capaciteitsval door filegolven te bepalen (zie ook figuur 4 voor een voorbeeld) en op basis van de restcapaciteit kan de effectiviteit van maatregelen als zoals spitsmijden worden onderbouwd.



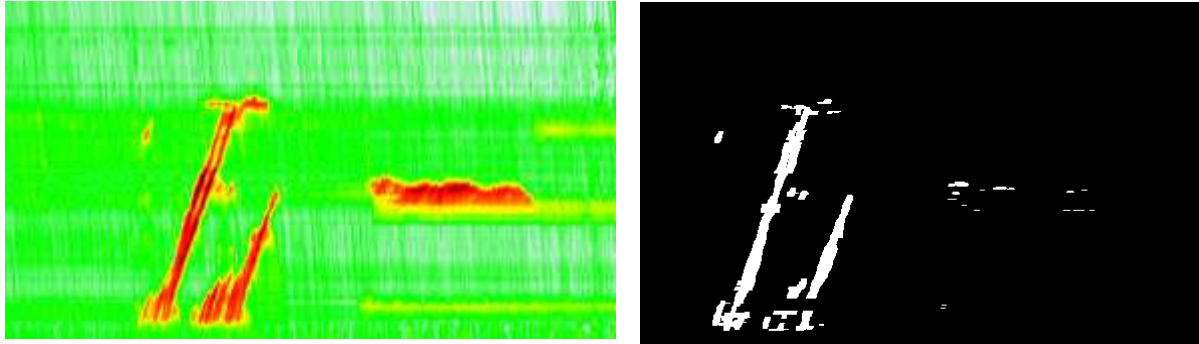
Figuur 4 Vlekkenkaarten van snelheden, verkeersintensiteiten en de restcapaciteit



Figuur 5 Intensiteiten en capaciteitsval door filegolven

3.2 Hoeveel reistijdvertraging wordt veroorzaakt door filegolven?

De reistijdvertraging als gevolg van filegolven is bepaald op basis van de vlekkenkaarten. Figuur 6b geeft een indruk van het deel van de file (rood in de linkerfiguur) wordt herkend als filegolf (wit in de rechterfiguur).



Figuur 6 Het filteren van filegolven; de vlekkenkaart met alle files (links) en het gedeelte van de files wat wordt herkend als filegolf in wit (rechts)

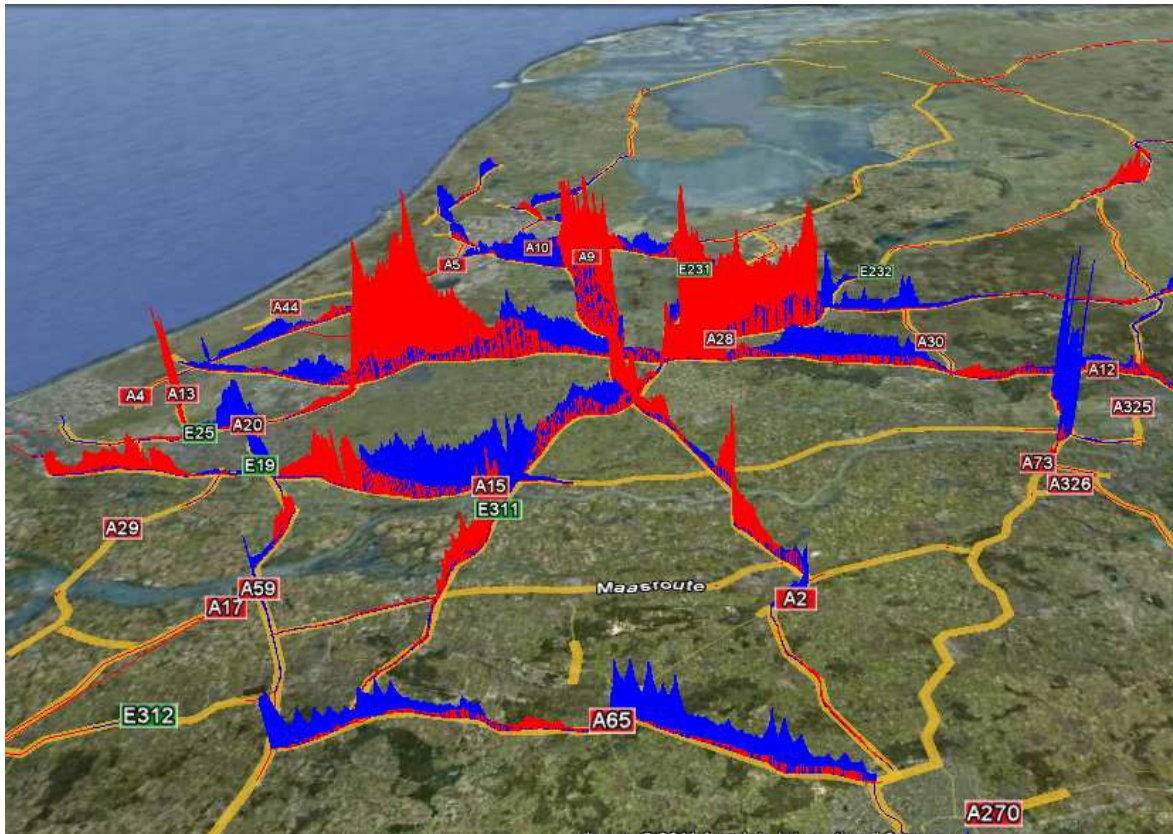
De reistijdvertraging op het met meetlussen bemeeten deel van het hoofdwegennetwerk in de periode mei 2010 tot en met april 2011 is 26 miljoen VVU in files. Hierbij wordt opgemerkt dat de rekenmethode om het aantal voertuigverliesuren te berekenen afwijkt van de methode van Rijkswaterstaat en dat de totaalaantallen VVU niet vergelijkbaar zijn. De belangrijkste verschillen zijn de verschillen in de referentiesnelheid en het niet meenemen van voertuigverliesuren op op- en afritten.

Van de 26,4 miljoen VVU worden 5,8 miljoen VVU veroorzaakt door filegolven, dit komt overeen met 22%. De andere VVU worden veroorzaakt door incidentfiles en infrastructurele files. Er zijn ongeveer 3500 filegolven per jaar in Nederland. Het aantal VVU in een filegolf verschilt sterk. Dit is afhankelijk van de verkeersintensiteit op het wegvak en hoe lang de file door golft (zie volgende paragraaf).

3.3 Op welke locaties komen filegolven voor?

Figuur 7 laat in een 3D visualisatie zien op welke locaties van het Nederlandse hoofdwegennetwerk de meeste reistijdvertraging ontstaat als gevolg van filegolven. De voertuigverliesuren door filegolven worden door middel van een staafdiagram getoond. De rode staafdiagram geeft de VVU voor de rijbanen in de richting rechts¹ aan en de blauwe staafdiagram geeft de VVU voor de rijbanen in de richting links.

¹ Rechts zijn de rijbanen met waarbij nummering (in hectometers) in de rijrichting oploopt en links de rijbanen waarbij de nummering afloopt (Rijksoverheid, 2011).



Figuur 7 Voertuigverliesuren door filegolven op het Nederlandse wegennetwerk in 3D

De top 5 filelocaties in Nederland waar de vertraging als gevolg van filegolven het grootst is zijn opgenomen in Tabel 1. Hierbij wordt opgemerkt dat dit een momentopname betreft. Wegwerkzaamheden zorgen voor stijgers en na afronding voor de dalers. Ook de aanleg van een nieuw woonwijk kan een stijger veroorzaken en inzet van een bijvoorbeeld benuttingsmaatregelen voor dalers waardoor de samenstelling van de top kan veranderen.

De totale vertraging als gevolg van filegolven op de top 5 filegolftrajecten betreft 18 procent van het totaal aantal VVU door filegolven in files. De top 5 trajecten waar deze filegolven voorkomen zijn rond de 15 tot 30 kilometer lang. Vergeleken met filetrajecten die ontstaan door infrastructurele files of incidenten, zijn deze trajecten relatief lang. Filegolven kunnen dus tot bijna dertig kilometer door golven voordat ze uitdempen en de file volledig is opgelost. In Tabel 1 is per filegolf ook het jaartotaal (mei 2010-april 2011) VVU per filelocatie weergegeven. Vergeleken met de top 5 infrastructurele files, waarbij het totaal aantal VVU tussen de 600 en 400 miljoen VVU ligt, zijn de totaal aantallen VVU op de trajecten in de filegolf top minder groot maar nog steeds omvangrijk. De VVU per kilometer ligt vergeleken met de top 5 infrastructurele files (waar de getallen tussen de 60.000 en 30.000 VVU per km liggen) aanzienlijk lager. Filegolven zijn dus minder heftig dan infrastructurele files maar doordat ze lang door kunnen golven nog wel een veroorzaker van aanzienlijke vertraging. Op vrijwel alle filelocaties komen zowel infrastructurele files, incidentfiles en filegolven voor. In Tabel 1 is opgenomen hoe groot het aandeel VVU als gevolg van alleen de filegolven is op het totaal aantal VVU wat op die locaties als gevolg van alle files ontstaat. Dit varieert voor de top 5 tussen de 45 en 25 procent. Het betekent dat bijvoorbeeld op de A28 tussen Utrecht-Centrum en

Amersfoort het totaal aantal VVU met 45% af neemt, als alle filegolven volledig opgelost zouden worden (hetgeen een theoretische situatie betreft aangezien maatregelen, hoe effectief ook, nooit files voor honderd procent kunnen voorkomen).

Tabel 1 Top 5 filegolven (overgenomen van Faber et al., 2011:29 waarin de volledige top 15 staat)

Naam	Beschrijving	Lengte (km)	VVU (x1000)	VVU/km (x1000)	Aandeel filegolf op total VVU
A28R	Utrecht-Centrum -> Amersfoort	19	265	14	45%
A2R	Holendrecht (A9) -> Utrecht-Centrum*	27	248	9	26%
A13R	Ypenburg (A4) -> Kleinpolderplein (A20)	14	193	14	31%
A12R	Waddinxveen -> De Meern	19	175	9	28%
A50L	Waterberg (A12) -> Ewijk (A73)	24	164	7	30%

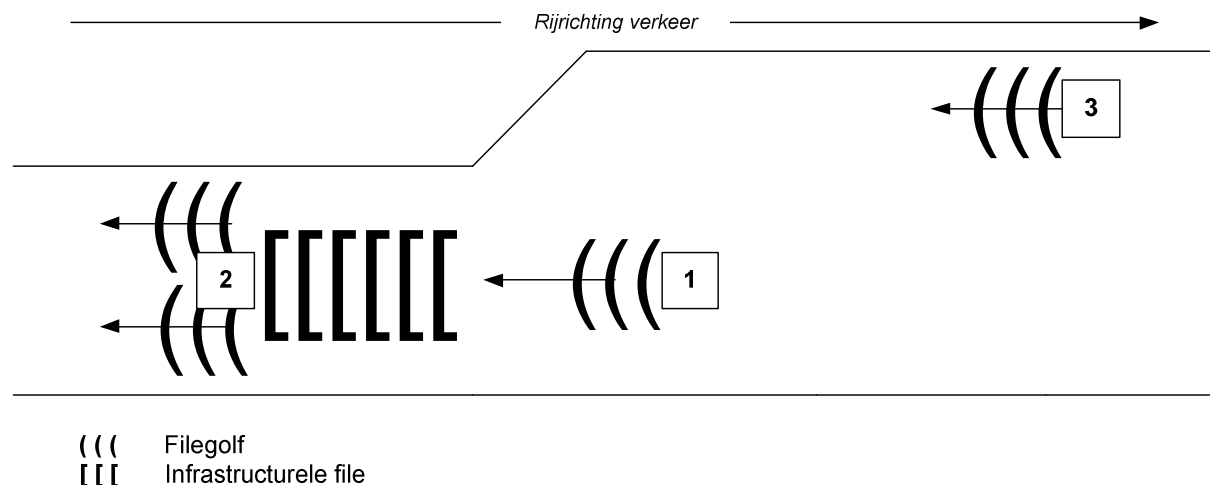
Filegolven ontstaan veelal op vaste locaties van het wegennetwerk zoals bij een capaciteitsbottleneck, een oprit of een tankstation. Filegolven hebben dus veelal een vast beginpunt en golven daarna verder over de weg. Als op het beginpunt kan worden voorkomen dat de filegolf ontstaat of op die locatie snel kan worden uitgedempt, kan veel vertraging worden voorkomen. Filegolven ontstaan op momenten waarop het druk is op de weg. De verkeersdruk kan in reguliere omstandigheden worden voorspeld. Dit maakt het mogelijk om locaties waarvan bekend is dat er regelmatig filegolven zullen ontstaan gericht aan te pakken.

3.4 Drie verschillende typen filegolven

In de vorige paragraaf is besproken dat op locaties waar filegolven voorkomen er vaak ook infrastructurele files zijn. In een eerste quick scan analyse is onderzocht hoe filegolven kunnen samenhangen met infrastructurele files. Dit heeft geleid tot de onderverdeling van filegolven in drie typen (Faber et al.,2011):

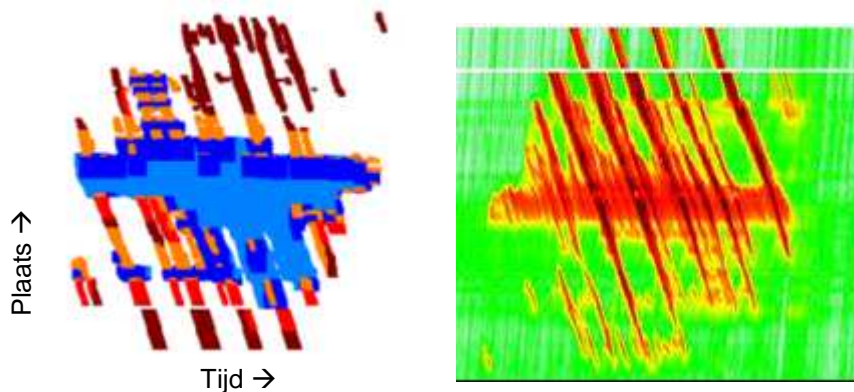
- 1) Filegolven die terugslaan in een infrastructurele file waardoor ze deze files (vervroegd) veroorzaken of verergeren
- 2) Filegolven die 'in de staart van' een infrastructurele file ontstaan en dus voortkomen uit een infrastructurele file
- 3) Filegolven die los staan van infrastructurele files

Deze drie typen filegolven zijn schematisch weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8 Schematische weergave van drie typen filegolven

Van de 5,8 miljoen VVU veroorzaakt door filegolven bestaat ongeveer de helft uit filegolven die een infrastructurele file veroorzaken of verergeren (type 1). Ongeveer twintig procent van de filegolven komt voort uit een infrastructurele file (type 2). De overige dertig procent zijn losstaande filegolven (type 3) (Faber et al., 2011). Figuur 9 toont een vlekkenkaart van een filegolf waar door middel van kleuren een onderscheid is gemaakt in de drie typen filegolven. Met donderbruin zijn de losstaande filegolven aangegeven, met oranje de filegolven die een infrastructurele file veroorzaken of verergeren en met rood de filegolven die voortkomen uit de infrastructurele file.



Figuur 9 Vlekkenkaart van een geclassificeerde filegolf

Verschillende typen filegolven hebben elk hun eigen kenmerken. Filegolven die los staan van een infrastructurele files kunnen worden uitgedempt of voorkomen. Filegolfbewegingen die ontstaan in de staart van een file een intrinsiek onderdeel van fileverkeer dat zeer moeilijk beïnvloedbaar is. De filegolven die een infrastructurele file veroorzaken of verergeren richten vaak meer schade aan dan bijvoorbeeld losstaande filegolven. Het ontstaan van infrastructurele files die worden veroorzaakt door een filegolf, kan worden uitgesteld als de filegolf wordt voorkomen. Dit kan er ook aan bijdragen dat een infrastructurele file minder omvangrijk wordt of in sommige gevallen helemaal niet ontstaat. Het aanpakken van filegolven heeft in sommige situaties dus bijkomende voordelen.

Er is een globale inschatting gemaakt van de ordegrrootte van de omvang van dit effect. Filegolven veroorzaken ongeveer 20 procent van de VVU in files. Daarnaast veroorzaken filegolven ongeveer 3 miljoen VVU per jaar in infrastructurele files. Dit is grofweg 15 tot 20% van het totaal aantal VVU als gevolg van infrastructurele files. De 3 miljoen VVU betreft ongeveer 10 procent van het totaal aantal VVU in files (alle fileoorzaken bij elkaar). In de theoretische situatie dat alle filegolven volledig worden opgelost, is de eerste inschatting dat dit leidt tot een vermindering van 30% van het totaal aantal VVU (Faber et al., 2011).

4. Conclusies en discussie

In dit artikel zijn filegolven in beeld gebracht. Hiertoe is lusdata op het bemeten deel van het Nederlandse wegennetwerk in de periode mei 2010 tot en met april 2011 gebruikt. De gebruikte tools voor de dataverwerking en -analyse van de lusdata, RAMON en ATOL,

excelleren in het detecteren van files. Verkeersdata voor geheel Nederland en voor meerdere jaren worden razendsnel ingelezen en geanalyseerd. Het grootste voordeel van de snelheid van de tools is dat binnen no time – enkele uren – alle bemeten wegen op het hoofdwegennet in kaart zijn gebracht. Daarnaast onderscheidt de tool verschillende typen files automatisch uit de data en visualiseert deze op verschillende manieren, bijvoorbeeld door middel van vlekkenkaarten en 3D kaarten.

Op basis van het in beeld brengen van filegolven zijn de volgende conclusies getrokken:

- Het totaal aantal voertuigverliesuren in het jaar mei 2010 tot en met april 2011 als gevolg van filegolven betreft 22 procent (5,8 miljoen VVU) van het totaal aantal voertuigverliesuren in files.
- De top filegolfflocaties bevat de filelocaties met de grootste vertraging opgelopen in filegolven. De nummer één uit de top is het traject op de A28 van Utrecht naar Amersfoort. Naast filegolven vinden op deze trajecten ook veel infrastructurele files plaats.
- Filegolven ontstaan veelal op vaste locaties zoals opritten en tankstations waarna ze door golven over de weg. Dit biedt aanknopingspunten om filegolven bij de kiem aan te pakken.
- Op basis van een quick scan analyse is een eerste onderverdeling van filegolven gemaakt in drie subcategorieën:
 - Filegolven die een infrastructurele file veroorzaakt of verergert (type 1)
 - Filegolven voortkomen uit een infrastructurele file (type 2)
 - Filegolven die los staan van infrastructurele files (type 3)
- Van de 5,8 miljoen VVU veroorzaakt door filegolven bestaat ongeveer de helft uit filegolven die een infrastructurele file veroorzaken of verergeren (type 1). Ongeveer twintig procent van de filegolven komt voort uit een infrastructurele file (type 2). De overige dertig procent zijn losstaande filegolven (type 3)
- Filegolven kunnen infrastructurele files veroorzaken en verergeren. In de theoretische situatie dat alle filegolven volledig worden opgelost, is de eerste inschatting dat dit leidt tot een vermindering van 30% van het totaal aantal VVU in files.

Het in kaart brengen van filelocaties gebaseerd op voertuigverliesuren is een cruciale maar eerste stap richting de gerichte inzet van maatregelen. Het is gebleken dat voor de meeste filegolven kan worden vastgesteld waar ze ontstaan. Dit biedt aanknopingspunten om gerichte lokale maatregelen te treffen. Het is bij de selectie van maatregelen zeer belangrijk om in te zoomen op een specifieke locatie en te analyseren wat het lokale probleem is. Er kunnen lokale maatregelen worden getroffen op de filegolven te voorkomen en om het reistijdverlies als gevolg van filegolven te verminderen. Daarbij gaat het om lokale aanpassingen van de infrastructuur zoals het verlengen van een oprit, het aanpassen van belijning, het invoeren van een invoegassistent of toeritdosering. Daarnaast kunnen maatregelen worden ingezet om filegolven op te lossen wanneer ze eenmaal zijn ontstaan met Dynamax (dynamische maximumsnelheden) (in-car) en Cooperative Adaptive Cruise Control (een systeem wat de weggebruiker helpt bij remmen en gasgeven). Met name Dynamax is bij uitstek geschikt voor opschaling naar heel Nederland op korte termijn omdat gebruik kan worden gemaakt van bestaande matrixborden. Daarnaast kunnen maatregelen worden ingezet die de verkeersvraag te verlagen waardoor filegolven minder snel ontstaan.

Hoewel er een behoorlijk goed beeld bestaat van welke maatregelen op welke locaties ingezet kunnen worden bij filegolven is er veel minder bekend over de effectiviteit van deze (benuttings)maatregelen. Onderzoek, mede met behulp van de nieuwe tools, naar de effectiviteit van maatregelen is een van de richtingen voor verder onderzoek. Daarnaast wordt ook vervolgonderzoek voorzien op het vlak van dataverwerking en – analyse. In dit artikel zijn de eerste toepassingen van nieuwe tools toegelicht. Zowel de detectiealgoritmes algoritmes als de tools zelf zijn nog steeds in ontwikkeling en worden steeds verder verbeterd. Uitbreidingen zijn het toevoegen van Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) data die ook het onderliggende wegennetwerk omvat. Daarnaast maken verbeteringen aan de detectiealgoritmes het in toenemende mate mogelijk om in de data gericht op zoek te gaan naar specifieke omstandigheden in het verkeer zoals slecht weer, incidenten en evenementen. Door beter zicht op de specifieke locaties en tijdstippen waarop files staat naast detectie ook voorspellen van files op het vizier.

Dankwoord

Dit artikel is gebaseerd op de studie naar de Top 15 filelocaties voor verschillende fileoorzaken in Nederland in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. De auteurs bedanken Rudie de Bruin van het ministerie van Infrastructuur en Milieu voor zijn bijdrage aan deze studie en de TNO-collega's die bij dit project betrokken waren: Jan Baan, Taoufik Bakri, Paul van den Haak, Björn Heijligers, Jasper van Huis, Maarten Kruihof, André Oldenburger, Maaike Snelder, Damir Vukovic en Isabel Wilmink.

Bronnen

Burgmeijer, Jan, Arno Eisses, Jeroen Hogema, Eline Jonkers, Sjoerd van Ratingen, Isabel Wilmink, Taoufik Bakrit, Tanja Vonk (2010) Dynamisering maximum snelheden op Nederlandse snelwegen is effectief. TNO-rapport in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart. TNO-034-DTM-2010-01887. Delft: TNO

ED.nl (2010) TNO bindt de strijd aan met spookfiles. Artikel op website maandag 25 januari 2010 19:16, Laatst bijgewerkt op woensdag 27 januari 2010 19:36, laatst bekeken op 14 september 2011. <http://www.ed.nl/regio/helmondstad/6142782/TNO-bindt-de-strijd-aan-met-spookfiles.ece>

Faber, F., D.M. Vonk Noordegraaf, J. Baan, T. Bakri, P. van den Haak, B. Heijligers, J. van Huis, M. Kruihof, A. Oldenburger, D. Vukovic, M. Snelder, I. Wilmink (2011). Top 15 filelocaties voor verschillende fileoorzaken in Nederland. TNO-rapport in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. TNO-060-DTM-2011-02715. Delft: TNO

Gense, N.L.J., Burgwal, H.C. van de, Bremmers, D.A.C.M., Emissies en files – Bepalen van de emissiefactoren Eindrapportage fase 2, Delft, TNO Wegtransportmiddelen, Rapportnummer 01.OR.VM.043.1NG, mei 2001.

Hoogendoorn, S. (2011) Spreektekst Dies Natalis rede Prof. Serge Hoogendoorn "Orde in Verkeerschaos: Si Vis Pacem, Para Bellum!" 7 januari 2011, Technische Universiteit Delft http://tudelft.nl/fileadmin/UD/MenC/Support/Internet/TU_Website/TU_Delft_portal/Over_TU_Delft/Visie,_feiten_en_cijfers/Dies_natalis/Dies_Natalis_2011/doc/rede_def_serge.pdf

Rijksoverheid (2011) Waarom staan er hectometerpaaltjes langs de snelwegen? Laatst bekeken op 13 september 2011. <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/verkeersveiligheid/vraag-en-antwoord/waarom-staan-er-hectometerpaaltjes-langs-de-snelwegen.html>

Rijkswaterstaat (2011): Kwartaalmonitor bereikbaarheidsontwikkeling Hoofdwegennet 4e kwartaal 2010, 19 januari 2011

Spits (2011) Strategic Platform for Intelligent Traffic Systems Laatst bekeken op 14 september 2011. <https://spits-project.com/>

TNO (2010) A270demo 2010 De resultaten. 2009 - 2011 A270demo.nl Laatst bekeken op 14 september 2011. http://www.a270demo.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=13&catid=10&Itemid=17

Vonk, T. en Heijligers, B.M.R. (2011) Inzicht in files met RAMON. Intelligent verkeerssysteem. Delft: TNO