

Hoe filegolven ontstaan
en hoe je ze kunt voorkomen

Spoken bestaan niet

Er is momenteel veel aandacht voor de files die in de volksmond spookfiles heten. Maar komen ze echt 'uit het niets', zoals het lijkt als je er in- en even later weer uitrijdt? In deze tutorial van NM Magazine leggen de onderzoekers Andreas Hegyi en Goof van de Weg van de TU Delft uit hoe dit type files ontstaat en vooral: wat er aan te doen is.

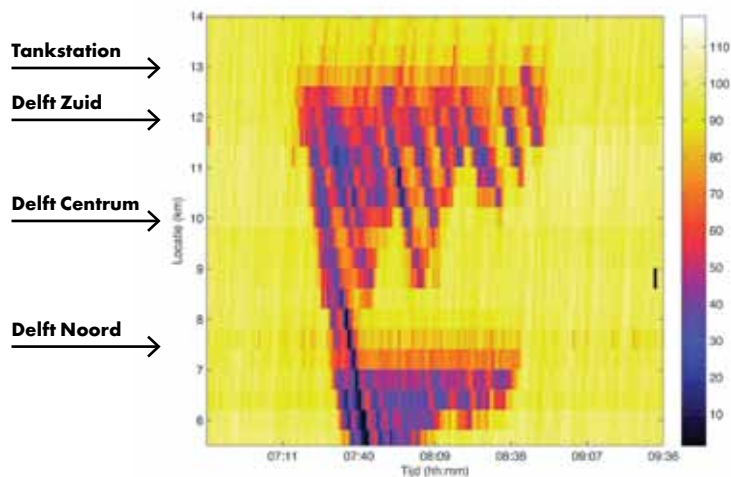
Iedereen zal het met enige regelmaat meemaken: je rijdt lekker door op de snelweg, totdat plotseling de oranje lichten van de matrixborden beginnen te knippen. Je gaat een file in, bent er even onderdeel van en een paar minuten later rij je er ook weer uit – zonder enige aanwijsbare oorzaak voor het oponthoud. De conclusie is dan snel getrokken dat het 'spookt' op de snelweg en dat de file 'spontaan' is ontstaan. De werkelijkheid ligt echter anders.

Soorten files

Er bestaan grofweg gesproken drie soorten files: *incidentfiles*, *infrastructurele files* en filegolven. Incidentfiles zijn files die bij incidenten of ongelukken ontstaan. Infrastructurele files zijn files die ontstaan bij toeritten, afritten, weefvakken of een afgekruiste strook, oftewel bij veranderingen in de weginfrastructuur. Als het druk is en er veel strookwisselingen plaatsvinden, is de capaciteit op deze punten ontoereikend en ontstaat er een file. Een voorbeeld van een infrastructurele file is te zien in figuur 1.

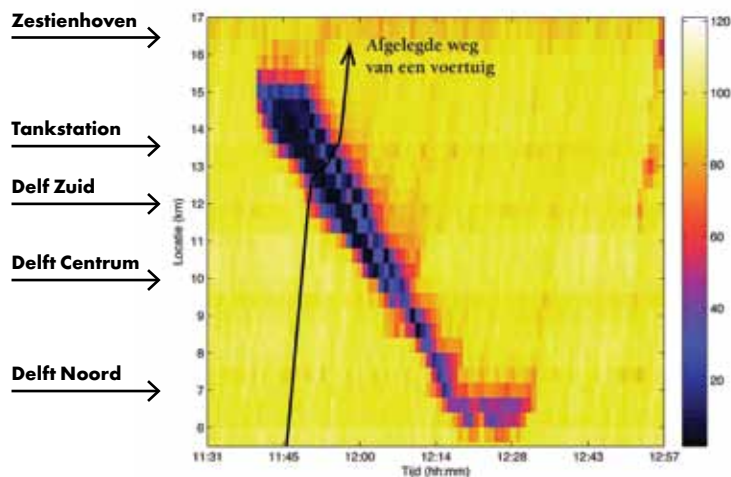
Een derde type file zijn de zogenaamde filegolven: files die niet op één plek blijven staan, maar stroomopwaarts propageren over de snelweg. Deze files lossen aan de kop op door het verkeer dat eruit rijdt en groeien aan de staart aan door het verkeer dat erin rijdt. Deze twee processen zorgen ervoor dat de file zich tegen de rijrichting in voortbeweegt. Karakteristiek is dat het verkeer in het midden van deze file even tot stilstand komt, en dat daardoor de intensiteit in de file laag is. Dit zijn de files die spookfiles en ook wel schokgolven worden genoemd, of in het Engels: *phantom jams*, *wide moving jams* en *stop-and-go traffic*. In het Nederlands is de term filegolven het meest accuraat, want het is maar de vraag of deze files uit het niets kunnen verschijnen, zoals de term spookfiles suggereert, en schokgolven – scherpe overgangen tussen vrij stromend verkeer en file – zien we ook bij de staart van infrastructurele files. Een voorbeeld van een filegolf is te zien in figuur 2. De plot laat duidelijk zien dat de file zich verplaatst: het startpunt ligt even voor toerit Zestienhoven en de file eindigt bij Delft-Noord, zo'n 10 km stroomopwaarts.





Figuur 1

Een aantal filegolven op de A13 (richting Noord-Zuid) die ontstaan uit een infrastructurele file bij de toerit Delft-Zuid. De filegolf veroorzaakt een andere infrastructurele file bij Delft-Noord.



Figuur 2

Een filegolf op de A13 (richting Noord-Zuid). Merk op dat de filegolf ook een infrastructurele file bij Delft-Noord veroorzaakt.

De oorzaak van filegolven

Wat kunnen we zeggen over de oorzaak van filegolven? Duidelijk is dat filegolven ontstaan als het verkeer instabiel wordt. Voor een instabiele verkeersstroom geldt dat zelfs heel kleine verstoringen al een grote weerslag hebben: er is niet veel nodig om een file te laten ontstaan. In theorie kan het verkeer 'vanzelf' instabiel worden als de snelheid en dichtheid beide relatief hoog zijn. De Universiteit van Nagoya in Japan heeft dit experimenteel bevestigd – zie ook de verwijzing naar de video's aan het eind van dit artikel. Zij lieten auto's op een circulaire weg rijden met gelijke volgfstand en gelijke snelheid. Ze ontdekten dat na een tijd kleine, nauwelijks waarneembare verstoringen, zoals een lichte fluctuatie van de snelheid, uitgroeiden tot een filegolf. Je zou in dit geval bijna met recht van een 'spookfile' kunnen spreken, want er is geen zichtbare (infrastructurele) aanleiding voor de file.

In de praktijk ligt het echter net iets gecompliceerder. Zelden zijn de snelheid en dichtheid van het verkeer zo hoog, dat dat op zich-

zelf de oorzaak van instabiliteit en dus filegolven is. Meestal is er sprake van een combinatie van factoren: een hogere snelheid en dichtheid, maar óók een specifieke, vaak infrastructurele aanleiding. Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat het merendeel van de filegolven op onze weg ontstaat in een infrastructurele file – en dat de filegolf daar vervolgens uit los komt en zich stroomopwaarts begint voort te bewegen. Andere specifieke aanleidingen zijn incidenten, bottlenecks of 'aandachtvangers' als een dynamisch route-informatiepaneel. De belangrijkste observatie waaruit we dit af kunnen leiden, is dat de locatie van de oorsprong van de filegolven constant is, zelfs voor de filegolven die niet in een infrastructurele file ontstaan.

Terechte aandacht

'Spookfiles' die echt op willekeurige plekken ontstaan, zonder enige fysieke oorzaak, bestaan dus eigenlijk niet. Maar wat men ermee bedoelt, de filegolf, is wel degelijk een significant probleem. De

aandacht voor filegolven is daarom zeker niet misplaatst. Het aantal voertuigverliesuren veroorzaakt door dit type files wordt geschat op zo'n 20-30 procent van het totale aantal verliesuren. Per filegolf komt dat neer op tientallen tot honderdtallen voertuigverliesuren! Een reden voor dit verlies is de capaciteitsval van ongeveer 30 procent* die filegolven veroorzaken. Daarnaast blijven filegolven vaak lang bestaan, gemiddeld zo'n drie kwartier. In die tijd propageren ze 13 tot 14 kilometer stroomopwaarts, waardoor zelfs voertuigen die niet door de oorspronkelijke bottleneck moeten, vertraging oplopen. Uiteraard zijn de deceleraties, acceleraties en strookwisselingen die gepaard gaan met filegolven, ook een bron van onveiligheid, extra uitstoot en geluidsproductie. Het bestrijden van filegolven is dus van groot belang.

Filegolven aanpakken

Om filegolven te dempen en waar mogelijk tegen te gaan zijn verschillende concepten ontwikkeld. Een mogelijke *infrastructurele oplossing* is de zogenaamde Golfbreker, ontwikkeld door Transpute in het kader van het FileProof-programma. Het idee is om op enige afstand stroomopwaarts van de plek waar veel filegolven ontstaan, een extra strook te plaatsen. Als de filegolf naar het verbrede deel propageert, zal de afrijcapaciteit van de filegolf van het bredere deel, op het smallere deel voor een betere benutting zorgen.

Op het gebied van *dynamisch verkeersmanagement* is toeritdosering de bekendste maatregel tegen filegolven. Toeritdosering is weliswaar bedoeld om infrastructurele files tegen te gaan, maar dat helpt indirect ook tegen filegolven: zolang er geen infrastructurele files op de snelweg voorkomen, kunnen daaruit ook geen filegolven ontstaan. Routeadvies is een andere bekende maatregel die indirect filegolven helpt voorkomen.

Het SPECIALIST-algoritme is een veel directere methode om filegolven aan te pakken. Dit door TU Delft ontwikkelde algoritme maakt gebruik van dynamische maximumsnelheden om de instroom in de filegolf 'af te knippen'. Dit lost de file op. Door het afknijpeffect van de verlaagde snelheidslimieten zal er verkeer ophopen bij de stroomopwaartse kant van het traject met snelheidslimieten, waardoor extra maatregelen nodig zijn om te hoge dichtheden – die nieuwe filegolven zouden kunnen veroorzaken – te voorkomen. De dichtheid wordt in dit algoritme beperkt gehouden door de snelheidslimieten stroomopwaarts uit te breiden. Nadat de file is opgelost, worden de snelheidslimieten geleidelijk weer opgeheven. Het SPECIALIST-algoritme is een *feedforward*-regelsysteem** gebaseerd op wegkanttechnologie, zoals detectielussen en snelheidsportalen, en is in de praktijk getest en effectief bevonden op een deel van de A12.

Een nieuw ontwerp op basis van dezelfde verkeerskundige uitgangspunten heeft geleid tot het COSCAL-algoritme. Belangrijk verschil met SPECIALIST is dat dit algoritme zowel geschikt is voor wegkantssystemen als voor coöperatieve systemen, of een combinatie van beide. Vooral de mogelijkheid om wegkant- en in-car systemen gecombineerd te gebruiken, is interessant voor de aankomende transitie van 'wegkant' naar 'coöperatief'. Daarnaast heeft het COSCAL-algoritme een *feedback*-structuur, waardoor het beter in kan spelen op onvoorspelbare, onverwachte verstoringen.

Naast de zojuist genoemde macroscopische benaderingen, zijn er

ook theoretische benaderingen die puur op coöperatieve systemen gebaseerd zijn. Deze systemen grijpen in op het cruise control-systeem van het voertuig, of geven advies aan de bestuurder omtrent snelheid, afstand en rijstrookwisselingen. Door de lage penetratiegraad en het advieskarakter wordt er in de huidige praktijk weinig effect verwacht van dit soort systemen.

Vanuit een breder perspectief

Bij het oplossen van filegolven moeten we ook zeker aandacht schenken aan de omringende verkeerssituatie. Meestal komen filegolven niet alleen voor, maar zijn er ook andere files op het traject aanwezig. Deze files kunnen het oplossen van een filegolf bemoeilijken, of de behaalde reistijdwinst weer tenietdoen. Een voor de hand liggend voorbeeld is wanneer een filegolf vanuit een infrastructurele file ontstaat. Het oplossen van een dergelijke file kan zowel voordelig als nadelig uitpakken, afhankelijk van de situatie. Voor de voertuigen die wel in de filegolf terecht zouden komen, maar niet in de infrastructurele file, geeft het winst als de filegolf wordt opgelost. Dit is bijvoorbeeld het geval als de infrastructurele file al is opgelost voordat het voertuig erin zou kunnen komen, of als het voertuig via een eerdere afrit de snelweg verlaat. Als er echter veel verkeer uit de opgeloste filegolf in een andere, stroomafwaarts gelegen file rijdt, kan het gebeuren dat de stroomafwaartse file daardoor juist moeilijker oplost. En als er stroomafwaarts geen file is, kan die wel alsnog ontstaan bij een inactieve bottleneck, door de hoge intensiteit die soms gepaard gaat met het oplossen van een filegolf. Een ander mogelijk effect is dat filegolven nieuwe files aanzwengelen bij toeritten als ze erlangs propageren. De secundaire infrastructurele file veroorzaakt op zijn beurt weer voertuigverliesuren. Het oplossen van de filegolf in een dergelijk geval is weer gunstig.

De conclusie is dus dat we filegolven altijd in samenhang met eventuele andere files en bottlenecks moeten zien – en dat wegbeheerders ze in die context moeten oplossen.

Tot slot

De conclusie van deze tutorial mag duidelijk zijn: spookfiles bestaan niet, maar de filegolf die we ermee bedoelen bestaat wel degelijk. De maatschappelijke impact van het filegolfprobleem is bovendien groot en ze verdienen dan ook zeker onze aandacht. Gelukkig zijn er een aantal concepten ontwikkeld om dit probleem aan te pakken. In de toekomst zal er echter nog veel werk verzet moeten worden om files vanuit een breed perspectief, op trajectniveau, aan te kunnen pakken. En gezien de transitie van wegkantssystemen naar coöperatieve systemen zullen er ook passende oplossingen op voertuigniveau moeten worden uitgewerkt. Wat dat betreft biedt de filegolf nog voldoende uitdagingen voor de onderzoeksweld!

De video van het experiment in Nagoya kan worden bekeken op youtu.be/Suugn-p5C1M. Een video van filegolven die ontstaan bij een toerit staat op www.trafficforum.org/stopandgo. Beide video's staan ook op NM-Magazine.nl bij de onlineversie van dit artikel.

* Dit betekent dat de afrijcapaciteit rond de 70 procent van de vrije capaciteit is.

** Voor een uitleg van *feedforward*- en *feedback*-regelsystemen zie het artikel 'Een introductie op de regeltechniek' in NM Magazine 2013 #1, beschikbaar als download op NM-Magazine.nl/download.

De auteurs

Dr. ir. Andreas Hegyi is universitair docent Verkeersmanagement aan de TU Delft.

Ir. Goof van de Weg is PhD-kandidaat Verkeersmanagement (gecoördineerde verkeersregelingen) aan de TU Delft.