

Hoeveel is teveel?

Structurele files zijn het gevolg van te weinig capaciteit of te veel verkeer. Het is maar net hoe je het bekijkt. Als we ons even richten op het teveel aan verkeer – interessant voor verkeersmanagement – dan is de hamvraag: hoeveel is teveel? Hoeveel voertuigen moeten er uit een specifiek knelpunt om de vertraging weer op een acceptabel peil te krijgen? Recent onderzoek geeft ons inzicht in die ‘X-factor’.

Bij het werken aan knelpunten hanteren wegbeheerders vaak vuistregels. Bijvoorbeeld: ‘10% meer capaciteit zorgt voor 30% minder vertraging’, of ‘de files als gevolg van knelpunten lossen op als je 10% van het verkeer uit de spits weet te halen’. Deze regels bieden weliswaar enige houvast, maar tegelijkertijd zijn ze (te) algemeen. Om een knelpunt gericht aan te pakken, heb je specifieke informatie nodig over het aanbod (de wegcapaciteit) en de vraag (het verkeer). Om de informatie wat de vraagkant betreft boven water te krijgen, heeft Rijkswaterstaat in 2011 het bureau Transpute onderzoek laten doen naar het actuele ‘overschot’ aan verkeer op de belangrijkste infrastructurele knelpunten op het hoofdwegenet. De resultaten worden gebruikt als uitgangspunt bij (de uitwerking van) het programma Beter Benutten van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu¹.

X-factor

In het onderzoek is voor de vijftig grootste knelpunten in ons land modelmatig berekend hoeveel verkeer er bij dat specifieke knelpunt weg moet blijven, wil de vertraging tot acceptabele proporties worden teruggebracht. Deze hoeveelheid te reduceren verkeer is de *X-factor* genoemd. Wanneer de mobiliteitsmanagement- en verkeersmanagementprojecten het verkeersaanbod met deze X-factor weten te reduceren, zal de vertraging ter plaatse afnemen tot een acceptabel niveau (10 minuten)². De reductie in voertuigverliesuren die de X-factor oplevert, en hiermee ook de economische winst, is eveneens berekend.

De knelpuntlocaties

Merk op dat in het onderzoek gekeken is naar de vijftig grootste knelpunten. Jaarlijks brengt Rijkswaterstaat de *File Top 50* uit, met wegvakken waarop de meeste vertraging heeft plaatsgevonden. Voor het (verkeerskundig) prioriteren van knelpunten is deze lijst echter minder geschikt. Omdat er geen rekening wordt gehouden met fileterugslag op aansluitende wegen, staat het knelpunt dat de meeste file veroorzaakt niet bovenaan. Bovendien horen meerdere files op wegvakken vaak bij één knelpunt, de ‘kiem’. Voor alle wegvakken in de *File Top 50* is daarom het bijbehorende veroorzakende knelpunt opgezocht dat ten grondslag lag aan de file. Op deze manier is een *Knelpunten Top 50*

samengesteld, die tot een andere prioritering leidt – zie tabel 1. Neem bijvoorbeeld de A4 Amsterdam ri. Delft bij Hoogmade: nummer 1 in de *File Top 50* (maart 2011), maar nummer 5 in de *Knelpunten Top 50*. Het omgekeerde komt ook voor: A1 Muiderberg ri. Diemen is nummer 28 in de *File Top 50*, maar nummer 6 in de *Knelpunten Top 50*. Een aantal knelpunten zal overigens uit de top van de lijst verdwijnen in verband met de realisatie van de spoedepaak.

Knelpunten Top 10 (maart 2011)

1.	A20	Hoek van Holland > Gouda / Rotterdam Centrum - Crooswijk
2.	A2	Amsterdam > 's-Hertogenbosch / Utrecht Centrum - kp. Oudenrijn
3.	A1	Amsterdam > Apeldoorn / kp. Diemen - kp. Muiderberg
4.	A28	Utrecht > Zwolle / De Uithof - kp. Hoevelaken
5.	A4	Amsterdam > Delft / Hoogmade
6.	A1	Apeldoorn > Amsterdam / kp. Muiderberg - kp. Diemen
7.	A12	Den Haag > Arnhem / Bunnik (- Driebergen)
8.	A27	Gorinchem > Utrecht - kn. Everdingen - Nieuwegein
9.	A20	Gouda > Hoek van Holland / Crooswijk
10.	A28	Zwolle > Utrecht / kp. Hoevelaken

Tabel 1: De nummers 1 tot en met 10 uit de *Knelpunten Top 50*.

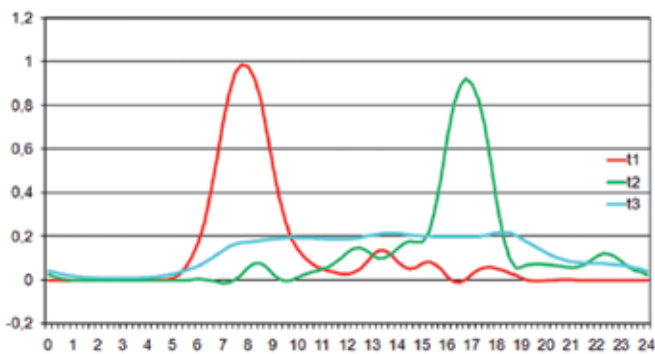
De Tonenmethodiek

Hoe kan de X-factor voor elk van deze knelpunten worden berekend? Een knelpuntlocatie is in de meetcijfers te herkennen aan de lage snelheden en een afgevlakt intensiteitsprofiel, waarbij de intensiteit de capaciteit van de weg nadert. Op basis van het gemeten intensiteitsprofiel is het teveel aan verkeer dus niet af te lezen. Immers, de gemeten intensiteit kan de capaciteit van de weg niet overschrijden.

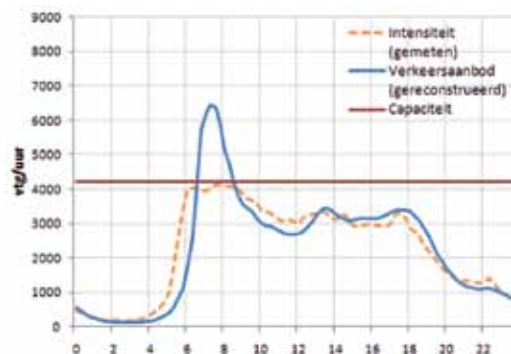
Door middel van de door Transpute ontwikkelde ‘Tonenmethodiek’ is het mogelijk om de gemeten *verkeersintensiteit* om te zetten naar het *verkeersaanbod*: de hoeveelheid verkeer die, als functie van de tijd over de dag, langs het knelpunt *had willen rijden* als er geen congestie was geweest. Wiskundig gezien is deze methode in de verte verwant aan de Fourier-analyse. Het is bekend dat elk signaal benaderd kan worden door een som van si-

¹ Zie het artikel op pagina 24 en 25.

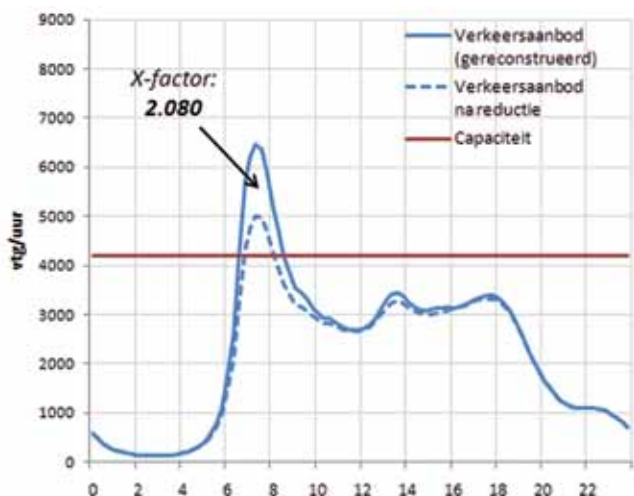
² Dit een theoretische modelmatige beschouwing die in de praktijk anders kan uitpakken, doordat er ook weer verkeer wordt aangetrokken: de reistijd wordt immers aantrekkelijker. Om dit rebound-effect te compenseren zal de ‘bruto’ opgave hoger moeten liggen om ‘netto’ het gewenste effect te bereiken.



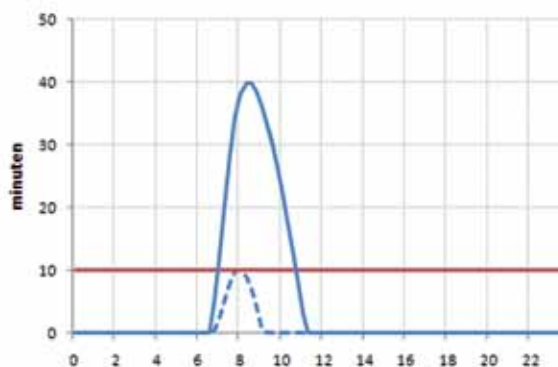
Figuur 1: De drie primitieve functies van de Tonenmethodiek.



Figuur 2: Het met de Tonenmethodiek berekende verkeersaanbod voor de A10 Coentunnel ri. kn. De Nieuwe Meer.



Figuur 3: Het verkeersaanbod op de A10 Coentunnel ri. kn. De Nieuwe Meer voor en na reductie. Rechts is de theoretische vertraging afgebeeld.



nussen en cosinussen. Dit zijn voor de Fourier-analyse de primitieve functies waaruit alle andere signalen worden opgebouwd. Maar maakt men de vertaalslag naar intensiteitsprofielen, dan blijken sinussen en cosinussen geen geschikte primitieve functies. Welke dan wel? Dit is uitgezocht door intensiteitsprofielen zonder congestie, dus waar het verkeer ongestoord in zijn natuurlijke tijdsverloop kan afwikkelen, bij elkaar te brengen in een grote dataset. Vervolgens is gezocht naar de beste primitieve functies waarmee alle intensiteitsprofielen met zo min mogelijk afwijking konden worden gereconstrueerd. Het resultaat waren drie primitieve functies, die zijn weergegeven in Figuur 1.

Deze drie primitieve functies moeten gezien hun vorm wel samenhangen met respectievelijk het motief woon-werk, woon-werk en overig. Deze relatie is echter nooit uitvoerig getoetst, ze zijn zuiver op basis van ‘beste fit’ uit de methodiek naar voren gekomen. Uitbreiding naar een vierde primitieve functie leidde niet tot significante verbeteringen.

Met de juiste mix van deze drie functies kan voor elke knelpuntlocatie het bijbehorende verkeersaanbod gereconstrueerd worden. Hiervoor moet niet een simpele kleinste kwadratenfit worden genomen, want het verkeersaanbod wijkt in de spits juist af van het gemeten intensiteitsprofiel: de knelpuntcapaciteit is oorzaak van deze afwijking. De juiste mix wordt berekend met een aantal wegingscoëfficiënten die uitgevlakt zijn in de spitsblokken. Door deze uitvlakking wordt binnen de spitsblokken alleen rekening gehouden met de totale hoeveelheid verkeer die langrijdt. Het tijdstip waarop het binnen het spitsblok langskomt, wordt in de constructie van het verkeersaanbod losgelaten.

Figuur 2 toont een voorbeeld waarbij het verkeersaanbod uit meetcijfers is bepaald door middel van de beschreven methodiek. In de figuur is sprake van congestie (het verkeersaanbod is groter dan de gemeten intensiteit). Duidelijk is ook dat het verkeer, als reactie op de structurele file, zich verplaatst naar de randen van de spits. Ook voor andere knelpunten uit de Top 50 werkte de methodiek goed. Kennelijk volgen de maatschappelijke activiteiten overal min of meer dezelfde tijdspatronen. Alleen bij lokale specifieke attractiepunten kan het verkeersbeeld soms van afwijken, zoals bijvoorbeeld het in één keer leegstromen van een stadion na afloop van een groot evenement.

Figuur 3 toont het verkeersaanbod op de A10 Coentunnel ri. kn. De Nieuwe Meer voor en na reductie. Rechts is de theoretische vertraging afgebeeld.

Berekening X-factor

Voor de complete Knelpunten Top 50 is het gemeten intensiteitsprofiel omgezet naar het verkeersaanbod. Op het moment

dat het verkeersaanbod de capaciteit overschrijdt, ontstaat er overschot en dus file. De file bouwt zich op zolang het verkeersaanbod (ofwel instroom) groter blijft dan de capaciteit (de uitstroom). Zodra de instroom kleiner is dan de uitstroom, heeft de file nog enige tijd nodig om af te bouwen. Door middel van een wachtrijmodel is de theoretische vertraging en het aantal voertuigverliesuren (vuu's) bij de knelpunten berekend. Dit zijn *primaire* vuu's, dat wil zeggen: vuu's van verkeer dat door het knelpunt gaat. Het werkelijke aantal is groter vanwege de secundaire vertraging: vertraging ondervonden door verkeer dat meerrijdt in de file maar uiteindelijk niet door het knelpunt gaat. Deze secundaire vuu's zijn in het onderzoek ingeschat op basis van de splitsverhoudingen.

De berekening van de X-factor kan nu worden gemaakt: met behulp van een simulatie wordt het verkeersaanbod gereduceerd tot een vertraging van maximaal 10 minuten. Het resultaat voor de tien grootste knelpunten is opgenomen in Tabel 2. In Figuur 3 is de uitwerking te zien voor knelpunt 11, A10 Coentunnel richting Zuid: hier komt de X-factor uit op 2.080 voertuigen in de ochtendspits op een gemiddelde werkdag. Zou dit verkeer uit de ochtendspits worden gehaald, dan levert dit een winst op van 8.830 primaire vuu's per gemiddelde werkdag (in deze berekening is het eerder genoemde rebound-effect niet meegenomen).

<i>Knelpunt</i>	<i>X-factor (vtg)</i>	<i>% X-factor (OS)</i>	<i>% X-factor (AS)</i>
1	1.150		4,6%
2	900		3,8%
3	1.050		4,3%
4	750		4,5%
5	990	4,0%	3,0%
6	2.430	8,4%	
7	400		2,8%
8	1.040	7,3%	
9	1.080	4,5%	0,7%
10	790	5,3%	

Tabel 2: X-factor per knelpunt op gemiddelde werkdag (grijs: knelpunt met Spoedaanpak-project).

Proef op de som

Hoe goed komt deze, theoretisch bepaalde, X-factor overeen met de praktijk? Om geen dure proef te hoeven optuigen, is de proef op de som genomen met de werkelijke situatie in de vakantieperiode en op vrijdagen. Immers, op deze dagen is er minder verkeer en minder vertraging. Is de afname in het verkeersaanbod dan vergelijkbaar met de X-factor en zo ja, treedt dan ook de berekende afname in de vertragingen op? Dat bleek in veel gevallen zo te zijn. Maar ook was deze proef op de som goed om te verduidelijken dat de reductie wel op een specifiek moment binnen de spits moet plaatsvinden: namelijk daar waar het aanbod de capaciteit overschrijdt. Op vakantiedagen is dit door verschuiving niet altijd het geval. Op het drukste moment in de spits blijft dan weliswaar verkeer weg, maar deze 'leegte' wordt opgevuld door verkeer dat normaal vóór de files uitrijdt. Gevolg is

dat de reductie met name plaatsvindt in de randen van de spits, waar het aanbod kleiner is dan de capaciteit, waardoor het niet tot de gewenste reductie in vertraging leidt.

Conclusie

Het onderzoek heeft geleid tot een aantal zeer bruikbare inzichten:

- Voor verkeerskundige analyses is het van belang de oorzaak te kennen van de waargenomen congestie. In dit onderzoek zijn de infrastructurele knelpunten in beeld gebracht: de 'kiemen'.
- De Tonenmethodiek maakt het mogelijk om voor een specifiek knelpunt het verkeersaanbod (de hoeveelheid verkeer die langs het knelpunt had willen rijden als er geen congestie was geweest) te reconstrueren. Hiermee kan vervolgens worden bepaald worden hoeveel verkeer er gemiddeld teveel is.
- De berekende X-factoren geven een goed beeld van de opgave voor Beter Benutten per knelpunt en per regio. De gemiddelde X-factor over de Knelpunten Top 50 ligt in de ochtendspits op 4,4% van het totaal aantal voertuigen dat in de ochtendspits langs de betreffende knelpunten rijdt. Uitschieter is de A10 Coentunnel richting Zuid met 11,8%. In de avondspits ligt de gemiddelde X-factor lager, op 2,2%. Duidelijk is ook dat de 'opgave' per regio verschillend is. Noord-Holland heeft de grootste opgave, gevolgd door Utrecht en Zuid-Holland. De opgave ligt in de regio's buiten de Randstad lager.
- De resultaten van dit onderzoek zijn goed bruikbaar bij kosteneffectiviteitsanalyses.³

Bovenstaande inzichten zijn meegenomen in de totstandkoming van de regionale gebiedspakketten van Beter Benutten. De in dit onderzoek berekende hoeveelheid verkeer dat van de weg af moet, is in veel gevallen de target van de mobiliteitsprojecten in de regio's. Op dit moment worden de maatregelen verder uitgewerkt. Of de targets ook in de praktijk gehaald worden en wat het effect daarvan op de weg is, zal blijken uit de evaluaties van de projecten. Hierover ongetwijfeld later meer. [nm](#)

Naschrift van de redactie:

Dit artikel geeft inzicht in de X-factor, de hoeveelheid te reduceren verkeer bij infrastructurele knelpunten. Het artikel 'Top 15 filelocaties' op de bladzijde hiernaast gaat over een categorisering die is opgesteld vanuit een andere onderzoeksvraag: filelocaties onderscheiden naar de oorzaken infrastructuur, incidenten en filegolven.

De auteurs



Henk Schuurman is senior adviseur Verkeersmanagement bij Rijkswaterstaat.
Annemiek van Beersum is ingenieur bij Transpote.

³ Zie ook het artikel "Kosteneffectiviteit inzichtelijk gemaakt" in NM Magazine 2011 #3, te downloaden op NM-Magazine.nl/Download.