

# Indicator voor robuustheid van het hoofdwegennet

Henk van Mourik – Min. van Infrastructuur en Milieu – henk.van.mourik@minienm.nl

Maaïke Snelder – TNO – maaïke.snelder@tno.nl

Marcel Mulder – Rijkswaterstaat – marcel.mulder@rws.nl

## Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 24 en 25 november 2016, Zwolle

### Samenvatting

Incidentele files vinden we nog vervelender dan het dagelijkse woon-werk geworstel. Als de reistijd onverwacht lang wordt, zogenoemd extreem reistijdverlies, is er waarschijnlijk iets gebeurd dat zich als een olievlek over het netwerk verspreidt. Volgens het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid is ongeveer 8% van het totale reistijdverlies van weggebruikers extreem. In een robuust netwerk leiden incidenten niet tot extreem reistijdverlies; het netwerk kan dan tegen een stootje.

Doel van dit paper is inzicht geven in een door TNO ontwikkelde methode om robuustheid indicatief uit te rekenen. De methode berekent op basis van de configuratie en de drukte op het netwerk *robuustheidsscores*, voor trajecten, projectgebieden en het hele hoofdwegennet. Het is gekoppeld aan de verkeersmodellen van Rijkswaterstaat: Landelijk Model Systeem (LMS) en Nederlands Regionaal Model (NRM) voor het basisjaar en de zichtjaren 2030/2040. Hiermee kan het ministerie van Infrastructuur en Milieu twee belangrijke wijzigingen uitvoeren in de beleidsontwikkeling:

- In de Nationale Markt en Capaciteits Analyse (NMCA): Robuustheid aanleiding laten zijn voor het prioriteren van bereikbaarheidsopgaven.
- In MIRT-projecten: bij de keuze van het voorkeursalternatief (Verkenning) en het ontwerp (Planuitwerking) rekening houden met de robuustheid van het netwerk.

Het paper doorloopt vier stappen:

1. Definitie 'Robuustheid van het netwerk' en 'extreem reistijdverlies'.
2. Inzicht in het huidige beeld van de robuustheid van het hoofdwegennet.
3. Methode robuustheidsscore: schatting van het verband tussen oorzaak (configuratie en drukte netwerk) en gevolg (optreden extreem reistijdverlies).
4. Bespreken eerste testresultaten robuustheidsscores.

Uit de testcases blijkt de methode bruikbaar te zijn voor iedere beschikbare berekening van het LMS en het NRM. De vergelijking tussen de robuustheid in het jaar 2010 en de verwachtingen voor 2030 laat zien dat het MIRT-programma t/m 2028 de robuustheid op specifieke locaties vergroot. De minst robuuste netwerkschakels in 2010 worden 'weggebouwd' door projecten als A1/A6/A9 SAA, A4 Delft-Schiedam, A16 R'dam en Ring Utrecht. Bij hoge economische groei (2030 GE) en daarmee een zwaar belast netwerk, blijkt echter ook dat een infrastructurele ingreep die leidt tot meer verkeer op al niet-robuste netwerkschakels, per saldo kan leiden tot een minder robuust netwerk.

De eerste toepassing van de nieuwe indicator voor robuustheid vindt plaats in de NMCA die in april 2017 naar de Kamer gestuurd wordt. Het nieuwe Kabinet kan er dan gelijk mee aan de slag. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de nieuwe Welvaart en Leefomgeving scenario's van de planbureaus en een geactualiseerde versie van het LMS.

## 1. Definitie Robuustheid

In de strategische beleidsontwikkeling van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu ontbreekt een gestructureerde aanpak voor incidentele files. Incidenten en daarmee gepaard gaande reistijdverliezen zeggen iets over de robuustheid van het wegennet. Dit onderwerp is als nationaal belang 5 opgenomen in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte, uit 2012: *Een robuust hoofdnet van wegen, spoorwegen en vaarwegen rondom en tussen de belangrijkste stedelijke regio's inclusief de achterlandverbindingen.*

Onderstaande tabel geeft een breed afgestemd begrippenkader weer voor een 'Robuust mobiliteitsstelsel met betrouwbare reistijden', gezien vanuit de weggebruiker. Files zijn hierin de oorzaak voor twee problemen: reistijdverlies en onbetrouwbaarheid van reistijd.

<b>Probleem van de weggebruiker</b>	<b>Oorzaken van het probleem</b>	<b>Definitie en Indicator</b>
Reistijdverlies	Alle files: structurele (voorspelbare) files en incidentele grote en kleine files	Voertuigverliesuren
Onbetrouwbaarheid reistijden, waaronder:		
- Reguliere onbetrouwbaarheid	Structurele files en incidentele kleine files	Reguliere spreiding van reistijden uitgedrukt in de standaarddeviatie van de reistijd
- 'Extremes' (of onverwacht lange) reistijden	Incidentele grote files	'Extremes' reistijdverlies

Significance (2014) heeft eerder het begrip 'reguliere onbetrouwbaarheid' onderzocht. Daarin is het verband geschat tussen de door de weggebruiker verwachte reistijden en zijn werkelijke reistijd. Het verschil hiertussen bleek sterk gecorreleerd te zijn met het optreden van structurele files, *na weglating van grotere incidenten*. Hoe groter de structurele file, hoe groter de reguliere spreiding van reistijden. Hiervoor heeft Rijkswaterstaat de zogenoemde betrouwbaarheidsmodule van het LMS, LMS-BT gemaakt. Hierin worden voor de zichtjaren 2030 en 2040 uitspraken gedaan over de reguliere onbetrouwbaarheid van reistijden, met de Maatschappelijke Kosten Baten Analyse als belangrijkste toepassing.

Grotere incidentele files, focus van dit paper, zijn de oorzaak van extreme (of onverwacht lange) reistijden, met extreem reistijdverlies. In een robuust netwerk leiden incidenten niet tot extreem reistijdverlies; het netwerk kan dan tegen een stootje. Waar precies de grens ligt voor extreem is niet voor alle toepassingen (monitoring, ex post en ex ante beleidsanalyses) gelijk, maar het KiM (2015) toont aan dat ongeveer 8% van het totale reistijdverlies van weggebruikers op het hoofdwegennet extreem is. In opdracht van Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving onderzocht TNO (2016) het verband tussen het optreden van extreem reistijdverlies, en de configuratie en het gebruik (drukke) van het hoofdwegennet. Een alternatief zou zijn om alleen de netwerkstructuur te beschouwen. Wegen zonder directe alternatieven zouden er dan meer uitspringen. In

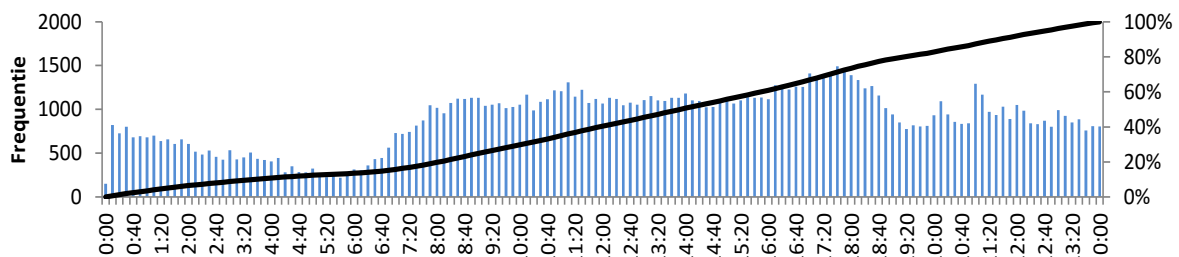
de methode van TNO is echter gekozen om wel met drukte rekening te houden, omdat daarvan het optreden van extreem reistijdverlies sterk afhankelijk is.

## 2. Huidige beeld robuustheid hoofdwegenet

Voor het analyseren van beschikbare gegevens over extreme reistijden is onderscheid gemaakt in wegen met verkeerssignalering (matrixborden boven de weg) en zonder signalering. Voor wegen met signalering is namelijk een eenvoudig criterium gehanteerd voor grotere incidenten: als één of meerdere rijstroken zijn afgekruid. Dit wordt systematisch bijgehouden door Rijkswaterstaat.

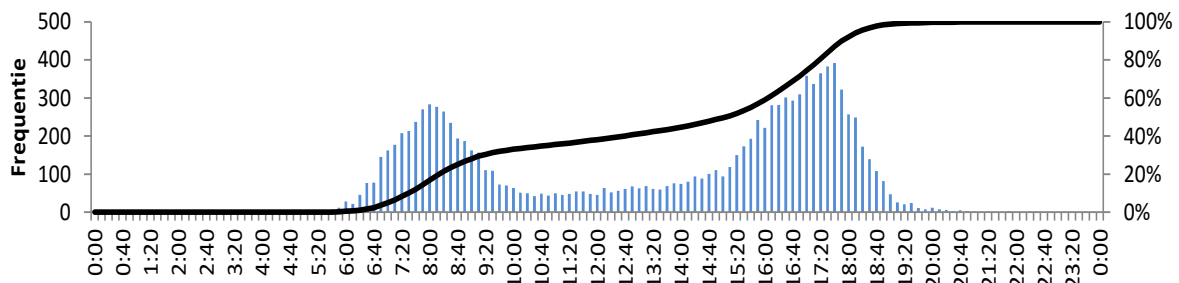
### 2.1 Wegen met verkeerssignalering

In de periode 2012-2014 zijn voor rijkswegen met signalering ongeveer 130.000 incidenten geanalyseerd waarbij één of meerdere reguliere rijstroken waren afgekruid. Voor de verdeling van de incidenten over de dag, zie onderstaande figuur 1.



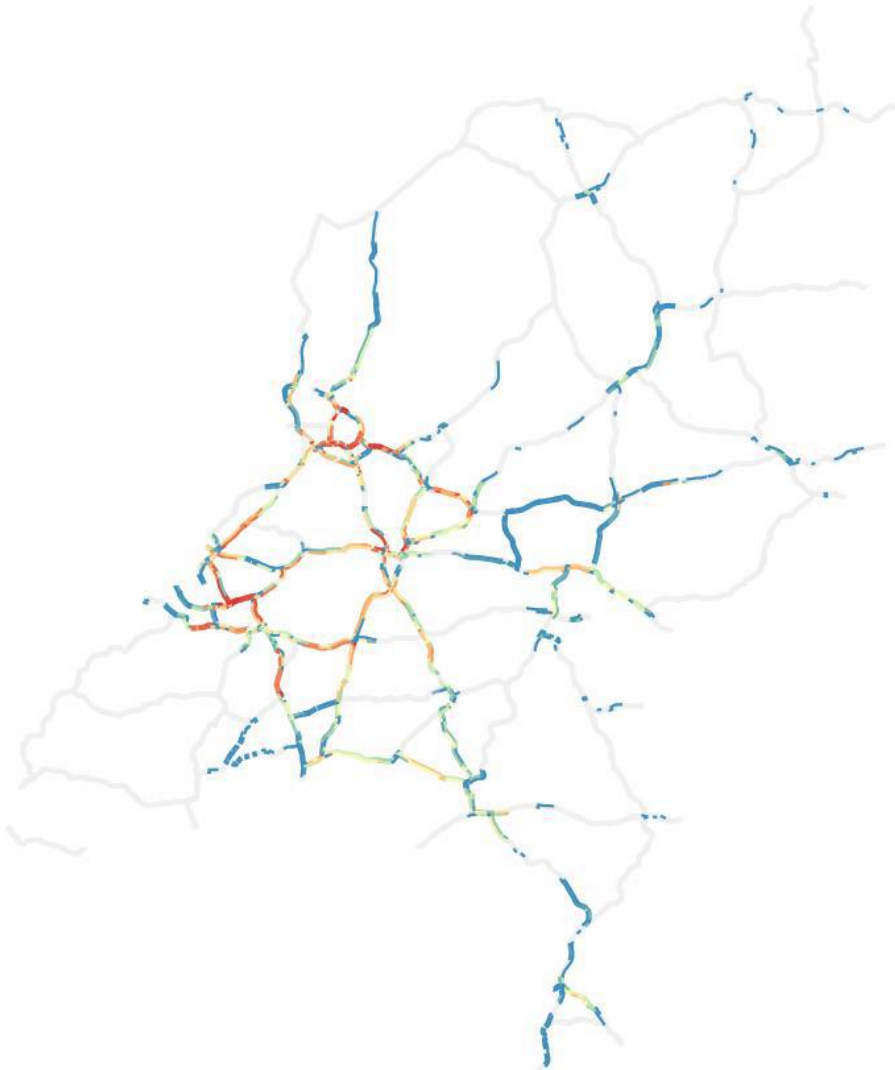
Figuur 1: Frequentieverdeling over de dag van met signalering afgekruiden rijstroken

Van deze incidenten is bepaald tot hoeveel reistijdverlies ze hebben geleid stroomopwaarts, inclusief terugslag naar andere wegen. Ongeveer 60% van deze situaties leidt niet of nauwelijks tot reistijdverlies. Als het extra reistijdverlies van een incident meer dan 200 voertuiguren is (hier heeft TNO gedegen onderzoek naar gedaan), noemen we het extreem reistijdverlies. Dat zijn er ongeveer 10 per dag. De verdeling hiervan over de dag, figuur 2, laat zien dat gebrek aan robuustheid een spitsprobleem is.



Figuur 2: Frequentieverdeling over de dag afgekruiden stroken met extreem reistijdverlies

Om een indruk te krijgen waar deze incidenten optreden is figuur 3 opgenomen. Afgebeeld is de kaart met rijkswegen van Nederland met het gecumuleerde extreem reistijdverlies per weggedeelte in de periode 2012-2014. Lichtgrijs zijn de wegen zonder verkeerssignalering.



Figuur 3: Totaal extra reistijdverlies (voertuiguren) per kilometer in de periode 2012-2014. Blauw: 0, tot maximum Rood 143.000 uren; wegen met verkeerssignalering

## 2.2 *Wegen zonder verkeerssignalering*

Voor rijkswegen zonder signalering is voorgaande methode niet bruikbaar door het ontbreken van informatie over afkruisingen en verkeersintensiteiten. Hierbij is derhalve gebruik gemaakt van reistijden op trajectniveau uit het NDW. Per onderscheiden traject is bepaald welk percentage van de tijd de reistijd extreem is, volgens de definitie die ook het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid hanteert:

1. De reistijd is groter dan de gemiddelde reistijd plus 3x de standaarddeviatie, èn
2. De reistijd is groter dan 1,5x de gemiddelde reistijd.

### 3. Methode robuustheidscore

Het bleek in het project niet mogelijk om rechtstreekse verbanden te leggen tussen het optreden van extreme reistijden enerzijds en wegkenmerken en drukte anderzijds. Er is teveel variatie in het extreme reistijdverlies op wegvakken en het aantal wegvakken is te klein voor de gewenste combinaties van wegkenmerken, drukte en de variatie in extreme reistijdverliezen. Dat is jammer, omdat daarmee het directe inzicht ontbreekt in de samenhangende factoren, die bepalen waarom incidenten op bepaalde plaatsen vaker tot extreem reistijdverlies leiden dan elders.

In plaats daarvan is op basis van theoretische veronderstellingen rondom kans en gevolg van incidenten een verband gelegd. De *kans* op incidenten is hierbij gerelateerd aan het aantal voertuigkilometers en weefbewegingen. Het *gevolg* van die incidenten is analytisch benaderd op basis van de verkeersstroomtheorie voor wegen zonder discontinuïteiten, i.c.m. een benadering voor de mate van fileterugslag en de beschikbaarheid van alternatieve routes. De methode leidt tot bruikbare robuustheidscores.

#### 3.1 Bepalende wegkenmerken

Belangrijke restrictie bij het zoeken naar verklarende wegkenmerken voor het optreden van extreme reistijdverliezen, is dat het kenmerk voorhanden moet zijn in de verkeersmodellen van Rijkswaterstaat: LMS en NRM. Hiermee wordt de methode geschikt voor het berekenen van robuustheidscores voor de zichtjaren 2030/2040. Nadeel is echter dat niet alle gewenste wegkenmerken mee kunnen doen, met name:

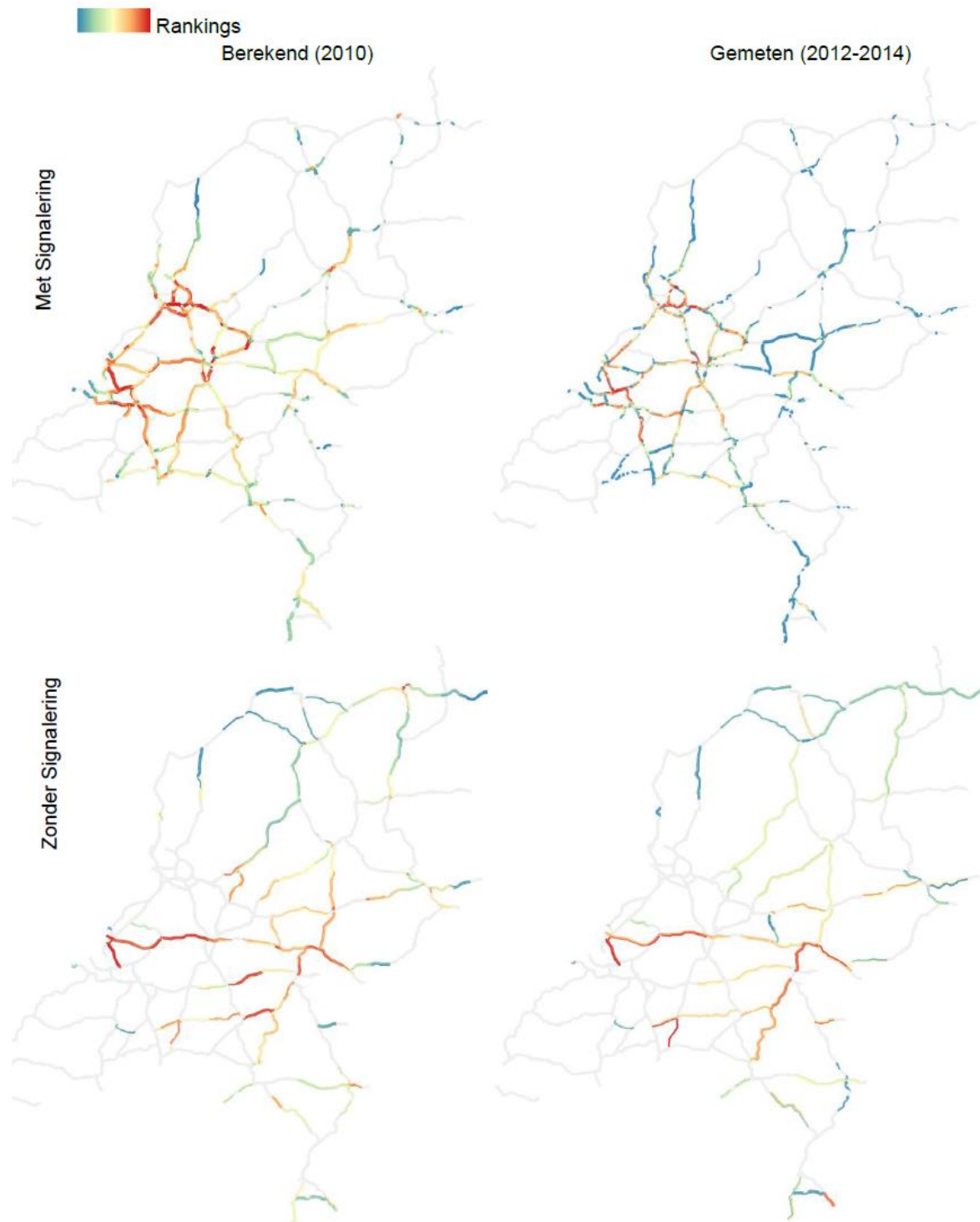
- Aanwezigheid vluchtstrook: het optreden van incidenten en de gevolgen ervan worden hierdoor mede bepaald.
- Hoofd- parallelbaan structuur: de meningen zijn verdeeld, maar er zijn aanwijzingen dat, afhankelijk van de drukte en de fluctuaties in verdeling van doorgaand en bestemmingsverkeer, één brede rijbaan robuuster is dan een smallere hoofd- en parallelbaan.

Verklarende wegkenmerken die toegepast zijn:

1. Capaciteit, inclusief spits-, plus- en wisselstroken: hoe meer rijstroken, hoe minder reistijdverlies als gevolg van hetzelfde incident bij dezelfde vraag. Echter: hoe meer rijstroken, hoe hoger ook de intensiteit kan worden (zie punt 3.).
2. Lengte wegvak: hoe meer voertuigkilometers hoe groter de kans op incidenten.
3. Intensiteit: hoe meer voertuigen hoe groter de kans op incidenten en hoe groter het reistijdverlies als gevolg van een incident.
4. Snelheidsratio, de verhouding tussen de met het LMS berekende snelheid op een link en de wettelijke snelheid: als indicator voor drukte.
5. Restcapaciteit op alternatieve routes.
6. Fileterugslagindicator, voor de mate van terugslag van files naar andere nabijgelegen wegen stroomopwaarts: hoe groter, hoe meer reistijdverlies.
7. Indicator voor rijstrookwisselingen, voor de mate van gedwongen rijstrookwisselingen t.g.v. op- en afritten en rijbaansplitsingen: hoe meer er gewisseld *moet* worden van rijstrook, over korte afstand en in druk verkeer, hoe groter de kans op een incident en slechter de robuustheid.

### 3.2 Vergelijking metingen en berekeningen

Onderstaande figuur vergelijkt de gemeten en berekende robuustheidscores. De berekeningen vertonen veel gelijkenis met de metingen!



Figuur 4: Rankings berekend (links) en gemeten (rechts) extreem reistijdverlies per kilometer per uur op trajectniveau op het hoofdwegennet voor wegen met (boven) en zonder (onder) verkeerssignalering (+A12, A13 en deels A50).

Op sommige locaties zijn verschillen. Hiervoor zijn drie verklaringen:

1. Metingen zijn voor de periode 2012-2014; berekeningen zijn voor het basisjaar van het LMS 2010. In de tussenliggende periode kunnen veranderingen in het netwerk zijn opgetreden.
2. Kwaliteit van de metingen, vooral door het incidentele karakter ervan.
3. Het gevonden verband kan wellicht verbeterd worden, bijvoorbeeld door de kenmerken 'vluchtstrook' en 'hoofd- parallelbaan structuur' te onderscheiden in LMS en NRM.

Het verklarend vermogen van het gevonden verband, uitgedrukt via een correlatiecoëfficiënt tussen de gemeten extreme reistijden en gemodelleerde extreme reistijden, is ongeveer 0,7 voor zowel wegen met als zonder signalering ( $R^2 = 0,5$ ). Gegeven bovengenoemde verschillen tussen metingen en berekeningen, is dit een goede score. Bovendien is het verband zodanig opgesteld dat uitlegbaar is waarom een wegvak in meer of mindere mate robuust is en hoe het netwerk (wegkenmerken en topologie) dus zou kunnen worden verbeterd om de robuustheid te vergroten.

De robuustheidscores kunnen worden opgeteld tot een score voor een projectgebied en/of het hele hoofdwegennet. Op deze manier kunnen netwerken voor verschillende jaren/scenario's of van verschillende projectvarianten met elkaar worden vergeleken. Standaard worden de robuustheidscores voor netwerkschakels in klasse gepresenteerd.

#### 4. Testresultaten

De methode is getest door deze toe te passen op drie LMS-runs: basisjaar 2010, 2030 Global Economy (GE, een oud WLO-scenario) en 2030 Regional Communities (RC, een oud WLO-scenario's) en voor vier NRM-West modelruns voor de projectstudie A7/A8: basisjaar 2010, referentie 2030GE en twee projectvarianten.

##### 4.1 Landelijke toepassing

Aan de netwerkscore, onderstaande tabel, is te zien dat het Nederlandse hoofdwegennet in 2030 volgens het RC-scenario 9% minder robuust is dan in 2010. In het GE-scenario voor 2030 is dat 190% minder, verklaard door de enorme verwachte toename van de verkeersintensiteiten in dat (oude) scenario. Die hoge groeiverwachtingen komen in het nieuwe WLO-scenario Hoog, uit 2015, overigens beduidend lager uit.

Scenario	Netwerkscore robuustheid
LMS 2010	Index = 100
LMS 2030 RC	109
LMS 2030 GE	290

De robuustheidscores kunnen ook per klasse worden weergegeven. In 2010 valt dan 52 rijbaankilometer van het hoofdwegennet in klasse 5 (slechtste robuustheid) en 6740 kilometer in klasse 1 (meest robuust). De vergelijking tussen de robuustheid in het jaar 2010 en de verwachtingen voor 2030 RC, het scenario met de minste mobiliteitsgroei, laat zien dat het MIRT-programma t/m 2028 de robuustheid op specifieke locaties vergroot. De minst robuuste netwerkschakels in 2010 worden 'weggebouwd' door projecten als A1/A6/A9 SAA, A4 Delft-Schiedam, A16 R'dam en Ring Utrecht; *als de overige kenmerken zoveel mogelijk constant gehouden worden*. De resultaten voor de landelijke toepassingen zijn hiermee plausibel.

<b>Rijbaankilometers per klasse van robuustheid</b>			
Klasse	LMS 2010	LMS 2030 RC	LMS 2030 GE
5 (minst robuust)	52 km	36 km	341 km
4	100 km	128 km	507 km
3	329 km	394 km	800 km
2	619 km	771 km	1021 km
1 (meest robuust)	6740 km	6965 km	5624 km

#### 4.2 Projectstudie A7/A8

Voor de projectstudie A7/A8 uit een voorgaande fase zijn berekeningen voor de robuustheidscores uitgevoerd voor de referentie in 2030 (GE-scenario) en twee projectvarianten.

<b>Variant</b>	<b>Robuustheidscore projectgebied</b>
Basisjaar 2010	Index = 100
Referentie 2030 GE	266
Verbreiding A7	274
Aanleg A8 (golfbaan)	275

Bij hoge economische groei blijkt dat een infrastructurele ingreep die leidt tot meer verkeer op al niet-robuuste netwerkschakels (ring Amsterdam), per saldo kan leiden tot een minder robuust netwerk in het gehele projectgebied.



Uit de testcase voor de A7/A8 is ook gebleken dat het bij projectstudies van belang is om niet alleen op het hoofdwegennet, maar ook op overige wegen de robuustheidscores uit te rekenen. Omdat infrastructuurprojecten op hoofdwegen de overige wegen kunnen ontlasten, kan de robuustheid op die laatste toenemen. Als dat buiten beschouwing wordt gelaten kan een te eenzijdig beeld (alleen effect op hoofdwegen) ontstaan van het robuustheideffect van het project. Het is daarom aan te bevelen om de testcases voor de A7/A8 nogmaals door te rekenen waarbij ook voor de N-wegen die niet tot het Rijkswegennetwerk behoren de robuustheidscores worden uitgerekend.

De eerste toepassing van de nieuwe indicator voor robuustheid zal plaatsvinden in de Nationale Markt en Capaciteitsanalyse die de minister van Infrastructuur en Milieu in april 2017 naar de Kamer stuurt. Het nieuwe Kabinet kan er dan gelijk mee aan de slag. Naast de nieuwe hoofdwegennet indicator (structurele reistijdverliezen) zal robuustheid, en daarmee de incidentele reistijdverliezen, mede aanleiding zijn om toekomstige bereikbaarheidsopgaven te prioriteren.

In de NMCA wordt gebruik gemaakt van de nieuwe Welvaart en Leefomgeving scenario's van de planbureaus voor 2030 en 2040. Daarnaast hanteert IenM een volledig geactualiseerde versie van het LMS, waarin:

- Gewerkt wordt met de meest actuele gegevens (basisjaar 2014).
- Spoor en Weg geïntegreerd zijn, waardoor het integrale karakter van de NMCA nog beter tot z'n recht komt.
- Kwaliteit van de fietsmodellering sterk verbeterd is. De laatste inzichten in het fietsgebruik, waaronder de e-bike, worden verwerkt in de prognoses.

## **Referenties**

KiM (2015): Mobiliteitsbeeld 2015, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. Contactpersoon: Han van der Loop

Significance (2014): Raming omvang betrouwbaarheid Nederlandse wegennet, Eindrapport, Significance, september 2014, Marco Kouwenhoven, Nick Bell. In opdracht van: RWS-Water Verkeer en Leefomgeving, contactpersoon: Marcel Mulder

TNO (2016): Methode Robuustheidsscore, TNO, 20 mei 2016, Maaike Snelder, Erica de Feijter, Simeon Calvert, Jasper van Huis, Aroen Soekroella, Han Zhou. In opdracht van: RWS-Water Verkeer en Leefomgeving, contactpersoon: Marcel Mulder