

## TRENO: Integraal rekenen voor een betere dienstregeling

Mats Verschuren – Nederlandse Spoorwegen – [mats.verschuren@ns.nl](mailto:mats.verschuren@ns.nl)  
Niek Guis – Nederlandse Spoorwegen – [niek.guis@ns.nl](mailto:niek.guis@ns.nl)  
Justin Hogenberg – Nederlandse Spoorwegen – [justin.hogenberg@ns.nl](mailto:justin.hogenberg@ns.nl)

### Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 22 en 23 november 2018, Amersfoort

#### Samenvatting

NS brengt elke dag zo'n 1,3 miljoen reizigers op hun bestemming. De komende jaren zal het aantal reizigers alleen maar verder toenemen en de druk op het railnetwerk groter worden. NS sleutelt daarom continu aan de dienstregeling van de toekomst. Een continu proces waarin steeds weer het functioneren van de huidige dienstregeling tegen het licht wordt gehouden. Voor iedere dienstregeling worden verschillende varianten ontworpen, passend op de infrastructuur. Binnen NS is het afgelopen jaar het nieuwe model TRENO ontwikkeld, zodat dienstregelingen integraal en met hoog detailniveau getoetst kunnen worden.

TRENO leunt op drie belangrijke pijlers: Klantattractiviteit (hoe goed is deze dienstregeling voor de reiziger? Hoeveel reizigers gaan er op vooruit, hoeveel gaan er op achteruit, op welke relaties en in hoeverre? En wat wordt hun zitplaatskans?), materieelbehoefte (hoeveel treinen zijn er van elk treintype nodig en met hoeveel 'bakken' (rijtuigen) moeten deze treinen rijden om de dienstregeling volgens de afgesproken normen te rijden?) en financieel resultaat (hoeveel kost het om deze dienstregeling te rijden en wat levert deze op). Deze drie aspecten worden integraal doorgerekend met TRENO.

Daarnaast wordt i.p.v. een *basis-uur* in TRENO nu een 24-uursdienstregeling doorgerekend. Dit opent een nieuwe wereld van mogelijkheden met analyses op veel hoger detailniveau. Waar eerst alleen een gemiddeld effect op treinserie-niveau inzichtelijk was, kan nu per trein een inschatting gemaakt worden van de bezettingen per traject. Dit betekent bijvoorbeeld dat er een goede inschatting gemaakt kan worden met hoeveel bakken een specifieke trein moet rijden om aan de gestelde normen te voldoen.

Tot slot is de "drukste werkdag" geïntroduceerd om capaciteit-gerelateerde vraagstukken (hoeveel materieel is er nodig, hoeveel personeel, zijn de trappen breed genoeg, zijn de perrons nog wel veilig?) te kunnen beantwoorden. Hier wordt nu van begin af aan mee gerekend in plaats van met een ophoogfactor achteraf.

Doordat alle berekeningen nu in één model zitten, is de rekestijd van een dienstregelingsstudie sterk afgenomen. Hoewel niet zo belangrijk als inhoudelijke zaken, is dat een grote winst. Het stelt ons in staat om meer dienstregelingen te analyseren, maar vooral ook om betere analyses te doen binnen dezelfde tijd. Daar staat tegenover dat vanwege het hogere detailniveau, het ook daadwerkelijk nodig is om meer analyses te doen.

## 1. Achtergrond

NS brengt elke dag zo'n 1,3 miljoen reizigers op hun bestemming. De komende jaren zal het aantal reizigers alleen maar verder toenemen en de druk op het railnetwerk groter worden. Met name in de nu al drukke stedelijke gebieden wordt een grote stijging in vervoersvraag verwacht. Dit is een uitdaging voor de toekomst waar NS nu al hard over nadenkt. In enkele gevallen is er nog wat ruimte om de infrastructuur uit te breiden of op de huidige infrastructuur de frequentie nog te verhogen. Maar vaak is dat niet mogelijk omdat de grenzen van de capaciteit van het systeem bereikt zijn. Daarom wordt het steeds meer noodzaak om de infrastructuur en de dienstregeling zo optimaal mogelijk te benutten. Voor het plannen van een dienstregeling volstaat het niet meer als de gemiddelde vervoersvraag verwerkt kan worden. Gemiddeld is niet goed genoeg meer.

Binnen NS wordt continu gesleuteld aan de dienstregeling van de toekomst. Een continu proces waarin steeds weer het functioneren van de huidige dienstregeling tegen het licht wordt gehouden. Er wordt bijvoorbeeld gekeken naar punctualiteit: kan het met enkele aanpassingen betrouwbaarder en robuuster? Er wordt gekeken naar rendement: worden de kosten gemaakt waar ook opbrengsten zijn, oftewel: wordt het materieel efficiënt ingezet? Er wordt gekeken naar stakeholders: regionale overheden hebben ambities die zij graag in het treinproduct terug willen zien. Maar het belangrijkste is uiteraard: wat vindt de klant van het treinproduct? Kan het beter? Kan het sneller, vaker en meer rechtstreeks? In het paper "Modelleren van klantvoorkeuren in dienstregelingsstudies" (Guis en Nijenstein, CVS 2015) is uitvoerig beschreven hoe NS dienstregelingen toetst op klantattractiviteit. Hoe sluiten we met het product zo goed mogelijk aan bij de vervoersbehoefte?



*Figuur 1 NS werkt continu aan de dienstregeling van de toekomst*

Voor iedere dienstregeling worden verschillende varianten ontworpen, passend binnen de infrastructuur. Tijdens het ontwerpproces worden continu afwegingen gemaakt. De gewenste dienstregeling past zelden precies zoals gewenst op de infrastructuur. Ook is het vrijwel onmogelijk een dienstregeling te maken waar alle reizigers beter van worden. Er moeten vrijwel altijd concessies gedaan worden. Daarom worden er altijd verschillende varianten ontworpen, die uitgebreid en nauwkeurig geanalyseerd worden. Pas na uitvoerige analyses, iteraties in het ontwerpproces en vaak overleggen met stakeholders wordt een keuze gemaakt.

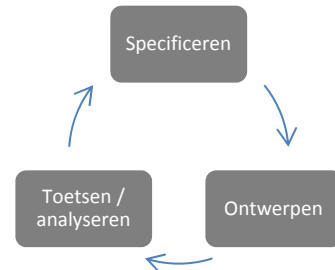
Omdat de grenzen van het systeem steeds meer opgezocht worden is het nodig om steeds nauwkeuriger en completer dienstregelingen te toetsen. Binnen NS is het afgelopen jaar het nieuwe model TRENTO ontwikkeld, zodat dienstregelingen integraal getoetst kunnen worden. In dit paper wordt beschreven hoe NS met TRENTO betere uitspraken kan doen over de verschillende aspecten van nieuwe dienstregelingen. In het paper "TRENTO: Gemiddeld is niet goed genoeg – rekenen met pieken en dalen in vervoersvraag" (Guis, Banninga en Verschuren, CVS2018) wordt dieper ingegaan op een specifiek onderdeel van TRENTO: de pieken en dalen in vervoersvraag.

## 2. TRENO

### 2.1 Toetsen en ontwerpen van dienstregelingen

Dienstregelingen specificeren, ontwerpen en toetsen is een cyclisch proces. Voor elke nieuwe dienstregeling wordt meerdere keren dezelfde cyclus doorlopen:

- "Specificeren": Welke treindiensten moeten waar aangeboden worden?
- "Ontwerpen": Hoe worden treinen ingepland in het ontwerpsysteem?
- "Toetsen/analyseren": Hoe scoort de ontworpen dienstregeling?

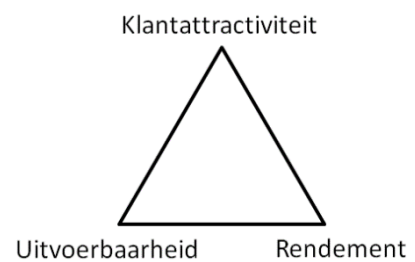


Figuur 2 Ontwerpen is een cyclisch proces

Tijdens het ontwikkelen van de dienstregeling kunnen verschillende belangen een rol spelen, met ontwerpdilemma's als gevolg.

De belangrijkste belangen zijn:

- Klantattractiviteit: hoe aantrekkelijk is de dienstregeling voor klanten (frequentie, reistijd, overstappen)?
- Rendement: hoeveel opbrengsten worden er verwacht versus de te verwachten kosten?
- Uitvoerbaarheid: hoe groot is de kans dat er vertragingen optreden en hoe goed kunnen vertragingen weer ingelopen worden?



Figuur 3 De drie belangrijkste toetsaspecten

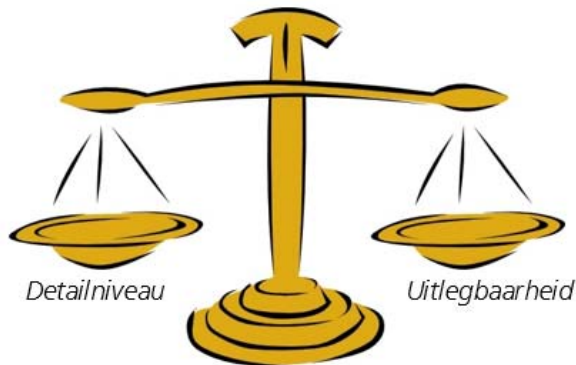
Deze belangen kunnen tegenstrijdig zijn. Daarom wordt altijd een afweging gemaakt. Deze afweging wordt per geval steeds opnieuw gemaakt.

*Voorbeeld: een dienstregeling met veel bufferruimte in de rijtijd om vertragingen op te vangen is goed voor de uitvoerbaarheid maar is minder aantrekkelijk voor klanten (lange reistijd) en mogelijk ook slecht voor het rendement (door langere reistijd minder reizigers en door langere omlooptijd juist extra treinen nodig).*

Het toetsen van uitvoerbaarheid vraagt veelal om microscopische modellen, terwijl klantattractiviteit en rendement goed met macroscopische modellen gekwantificeerd kunnen worden. TRENO is een macroscopisch model en uitvoerbaarheid valt daarmee buiten de scope van TRENO.

## 2.2 Balans

Tijdens het ontwerpen van het model is elke stap van het model doorgelicht en verbeterd. Bij elke stap is echter rekening gehouden met de balans tussen detailniveau en uitlegbaarheid. Een model kan theoretisch wel perfect en uitgebreid gemodelleerd zijn met veel complexe details, maar als die complexiteit er toe leidt dat de uitkomsten niet meer uit te leggen zijn, dan is er een risico op een "black box" situatie. Een ontwerper of



Figuur 4 De Balans tussen detailniveau en uitlegbaarheid

besluitvormer moet kunnen snappen waarom bepaalde maatregelen tot bepaalde resultaten leiden.

Aan de andere kant is het fijn om de resultaten uit te kunnen leggen, maar als de berekening te eenvoudig is, worden mogelijk zeer interessante en belangrijke inzichten gemist en zijn de resultaten maar beperkt bruikbaar. Deze balans is steeds in het achterhoofd gehouden.

## 2.3 Van 3 modellen naar 1 model

In een rendementsberekening is het ook nodig om de materieel- en personeelsbehoefte te kwantificeren: hoeveel treinen en welke treintypes zijn nodig om de dienstregeling te kunnen rijden? En hoeveel conducteurs en machinisten?

Daarmee zijn er in feite 3 belangrijke pijlers:

- Klantattractiviteit: *hoe goed is deze dienstregeling voor de reiziger? Hoeveel reizigers gaan er op vooruit, hoeveel gaan er op achteruit, op welke relaties en in hoeverre? En wat wordt hun zitplaatskans?*
- Materieelbehoefte: *hoeveel treinen zijn er van elk treintype nodig en met hoeveel 'bakken' (rijtuigen) moeten deze treinen rijden om de dienstregeling volgens de afgesproken normen te rijden?*
- Financieel resultaat: *Hoeveel kost het om deze dienstregeling te rijden en wat levert deze op?*

Vóór de introductie van TRENO werden hiervoor binnen NS 3 verschillende rekenmodellen gebruikt. Voor klantattractiviteit werd gebruik gemaakt van vervoersmodel VISUM. Vanuit VISUM werden pieken in lijnbelasting geleverd aan het materieel- en personeel rekenmodel "OPMAAT". En tot slot werd vanuit VISUM en OPMAAT informatie geleverd aan het rendement rekenmodel. Drie verschillende modellen met verschillend detailniveau. Dit was een tijdrovend en foutgevoelig proces waarin bovendien veel data verloren ging. Er werden vanuit VISUM bijvoorbeeld alleen de pieken in lijnbelastingen doorgestuurd, waardoor waardevolle informatie over andere treinen verdween. Oude rekenmodellen waren niet in staat iets met deze informatie te doen.

In het afgelopen jaar is door NS in VISUM een nieuw vervoersmodel "TRENO" ontwikkeld om deze problemen op te lossen. TRENO staat voor Treinen, Reizigers en Euro's voor

Netwerkontwikkeling en Ontwerp. Deze drie aspecten komen in TRENO samen in één integraal model, waardoor geen onnodig data- en tijdverlies meer optreedt en er recht gedaan wordt aan de complexiteit van hedendaagse vraagstukken.

#### *2.4 Van basis-uur naar 24 uur*

In een dienstregelingontwerp wordt gewoonlijk in eerste instantie maar 1 dienstregelingsuur ontworpen. NS heeft een cyclische dienstregeling waarin elk uur vrijwel hetzelfde is. Een aantal treinen wordt in de daluren niet gereden, maar de basis blijft altijd dit ene *basis-uur*. Omdat voor de introductie van de OV-chipkaart bovendien de vervoersvraag niet gedetailleerd inzichtelijk was, was het logisch om een basis-uur door te rekenen met de vervoersvraag van een hele dag of hele spits.

Op dit moment geldt echter steeds meer: “gemiddeld is niet goed genoeg” Zie ook paper Guis, Banninga en Verschuren, CVS 2018. Met het volle treinsysteem in Nederland is het belangrijk om elke trein in beeld te hebben. Bovendien is de vervoersvraag nu dankzij OV-Chipkaartdata wél bekend over de hele dag.

De tweede belangrijke wijziging geïntroduceerd met TRENO is dus de overstap van *basis-uur* doorrekeningen naar *24-uur* doorrekeningen. Daarvoor is een mechanisme ontwikkeld om de dienstregeling “uit te klappen”. Dit mechanisme leunt voornamelijk op een grote dataset van extra dienstregelinginformatie. In deze set is onder andere opgenomen wanneer bepaalde treinseries wel en niet rijden. Hierdoor wordt er dus een onderscheid gemaakt tussen bijvoorbeeld treinen die de hele dag rijden en treinen die alleen in de spitsperioden rijden.

Alle berekeningen vinden vervolgens plaats op basis van 24 uur. Dit opent een nieuwe wereld van mogelijkheden met analyses op veel hoger detailniveau. Waar eerst alleen een gemiddeld effect op treinserie-niveau inzichtelijk was, kan nu per trein een inschatting gemaakt worden over bezettingen per baanvak. Dit betekent bijvoorbeeld dat er een betere inschatting gemaakt kan worden met hoeveel bakken een specifieke trein moet rijden om aan de gestelde normen te voldoen.

#### *2.5 Drukste werkdag*

De derde grote wijziging is dat in TRENO niet alleen met gemiddelde werkdag gerekend wordt, maar ook met de “drukste werkdag”. Dit wordt uitgebreid beschreven in “TRENO: Gemiddeld is niet goed genoeg – rekenen met pieken en dalen in vervoersvraag” (Guis, Banninga en Verschuren, CVS 2018)

### 3. Bouwstenen TRENO

TRENO is opgebouwd uit een aantal bouwstenen. Zie onderstaande figuur.



Figuur 5 Bouwstenen TRENO

Hieronder wordt elke stap kort beschreven. In het volgende hoofdstuk komen de stappen aan de hand van een voorbeeld uitgebreid aan bod.

1. **KLAP:** Nadat een *basis-uur* is ontworpen in een ontwerpsysteem van NS, wordt deze op basis van specificaties (welke serie rijdt wanneer?) "uitgeklapt" naar een 24-uursdienstregeling in VISUM.
2. **LOS:** In VISUM wordt voor alle Herkomst-Bestemming-relaties (HB-relaties) de aanwezigheid en kwaliteit van reismogelijkheden gedurende de hele dag gezocht. Hiermee wordt de kwaliteit van de dienstregeling voor de reiziger berekend (het Level of Service (LOS)).
3. **De Kast:** Met prognosemodel De Kast wordt op basis van het Level of Service een inschatting gemaakt van de groei en/krimp in aantal reizen en een prognosematrix gemaakt.
4. **Matrixbewerkingen:** De prognosematrix uit De Kast wordt vertaald naar halve uren en de drukste werkdag wordt berekend. Dit is noodzakelijk voor capaciteit-gelateerde vraagstukken.
5. **VISUM Toedeling:** Door de halvuurs-matrices aan de dienstregeling toe te delen wordt inzichtelijk hoe reizigers zich elk half uur over de beschikbare treinen verdelen.
6. **Composities:** TRENO berekent Het aantal composities dat nodig is om de dienstregeling te kunnen rijden. Dit is feitelijk het totaal aantal benodigde treinen.
7. **Materieelbehoefte:** Wanneer bekend is hoeveel treinen er nodig zijn en hoeveel reizigers er in die treinen zitten op de drukste dagen kan berekend worden hoe lang de treinen moeten zijn om aan de afgesproken zitplaatsnormen te voldoen en hoeveel "bakken" er dus nodig zijn van elk type.
8. **Personeelsbehoefte:** Met de materieelbehoefte kan ook de personeelsbehoefte berekend worden.

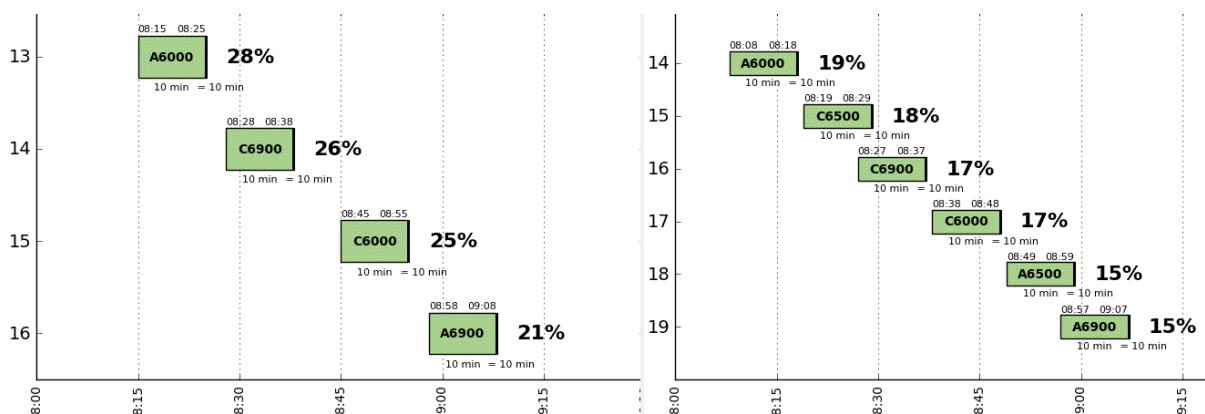
- 9. **Kosten:** Op basis van materieel- en personeelsbehoefte wordt een inschatting van de kosten gemaakt.
- 10. **Reizigersanalyse:** TRENO levert diverse rapportages om het reisgedrag te analyseren.
- 11. **Opbrengsten:** Met de groei en krimp in aantal reizen kan ook het effect op opbrengsten berekend worden.
- 12. **Rendement:** Met opbrengsten en kosten kan het rendement berekend worden.
- 13. **Zitplaatskans:** Tot slot kan met de materieelbehoefte en het aantal reizigers ook een inschatting van de geplande zitplaatskans gemaakt worden.

#### 4. TRENO in de praktijk

In dit hoofdstuk zal de werking van Treno worden beschreven aan de hand van een voorbeeld van een simpele dienstregelingswijziging: de in 2018 toegevoegde spitsprinter van Houten Castellum naar Utrecht Centraal.

##### 4.1 Beschrijving van de dienstregelingswijziging

In dienstregeling 2017 reden er vier Sprinters per uur tussen Houten Castellum en Utrecht Centraal: twee keer per uur de Sprinter 's-Hertogenbosch – Den Haag Centraal en twee keer per uur de Sprinter Tiel – Woerden. In 2018 rijdt er in de ochtendspits een extra Sprinter twee keer per uur van Houten Castellum naar Utrecht Centraal. Na aankomst in Utrecht rijdt deze zonder tussendoor te stoppen weer terug naar Houten Castellum, om daarna weer stoppend naar Utrecht te gaan. In de avondspits gebeurt hetzelfde, maar dan stoppend in de andere richting.



Figuur 6 Links reismogelijkheden in 2017, rechts in 2018

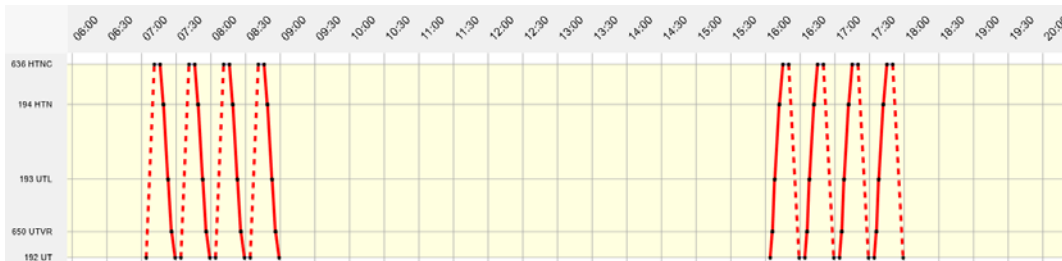
In bovenstaande figuur zijn de reismogelijkheden tussen 8 en 9 weergegeven van Houten Castellum naar Utrecht Centraal in 2017 (links) en 2018 (rechts). In 2017 zijn er 4 treinen per uur, om .15, .28, .45 en .58 (ongeveer elk kwartier). In 2018 wordt dit .08, .19, .27, .38, .49 en .57 (ongeveer elke tien minuten)..

#### 4.2 Het uitklappen van de dienstregeling van een basisuur naar 24 uur

Zoals eerder uitgelegd wordt normaliter in eerste instantie alleen een *basis-uur* ontworpen in één van de ontwerpsystemen van NS. Dit *basis-uur* is de basis voor de dienstregeling en repeteert elk uur. Vanuit het ontwerpsysteem kan de dienstregeling worden ingelezen in TRENTO. Daar wordt het vervolgens *uitgeklapt* naar een 24-uursdienstregeling. Daarbij is extra informatie nodig:

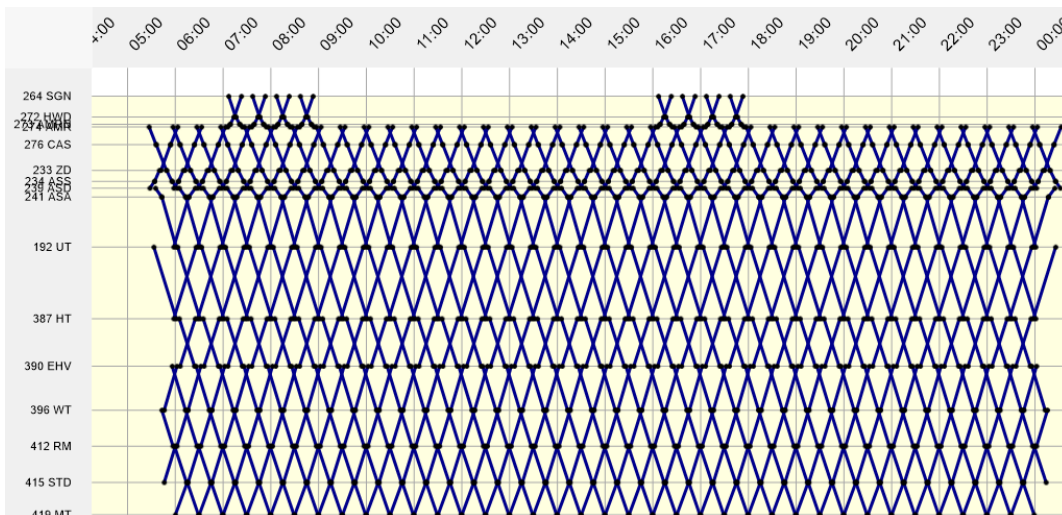
- Per treinserie: van hoe laat tot hoe laat moet deze treinserie rijden?
- Waar kan deze trein beginnen en eindigen? (Je kunt niet zomaar op elk station opstarten).

De nieuwe Sprinter naar Houten rijdt bijvoorbeeld alleen maar in de spits. In de onderstaande figuur staat het resultaat van het uitklappen voor deze Spitsprinter. De gestippelde lijnen zijn de treinen die onderweg niet stoppen, de niet-gestippelde lijnen stoppen op alle tussenliggende stations.



Figuur 7 De "uitgeklapte" dienstregeling van de Spitsprinter

Deze Spitsprinter is een relatief eenvoudig voorbeeld. Wanneer treinseries in het dal andere routes of met andere frequenties rijden dan in de spits, wordt het echter al snel ingewikkelder. Dit is bijvoorbeeld het geval is bij de Intercity Maastricht – Alkmaar, die in de spits doorrijdt naar Schagen. Dit is te zien in de onderstaande figuur.



Figuur 8 Een ingewikkelder voorbeeld van Intercity Alkmaar-Maastricht

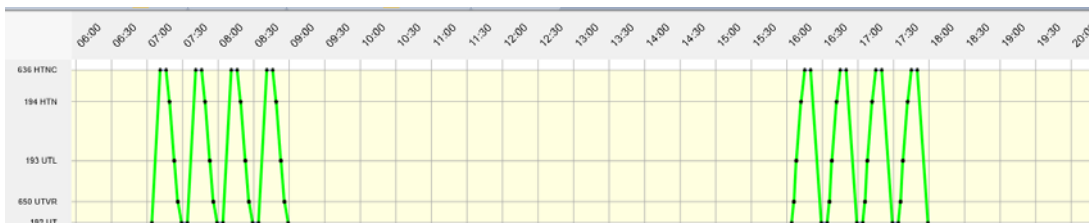
In deze figuur is ook te zien dat treinen niet zomaar op elk station kunnen beginnen met rijden. Alleen op stations waar treinen 's nachts geparkeerd kunnen worden, kan opgestart worden.



### 4.3 Het maken van omlopen

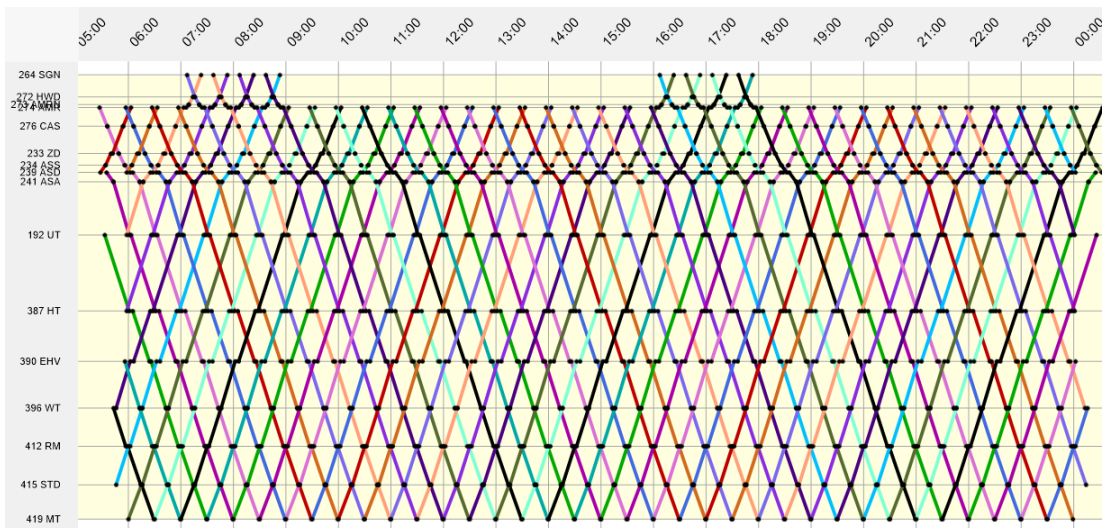
Vervolgens bepaalt TRENO de omloop van de nieuwe Spitsprinter. Een trein rijdt een bepaalde route door het netwerk voordat hij weer op hetzelfde punt terug komt en dezelfde route opnieuw gaat rijden. Dit wordt een omloop genoemd. Welke trein op welke keert wordt tijdens het ontwerpen gedefinieerd en overgenomen in TRENO. In dienstregeling 2018 keert de Intercity vanuit Leeuwarden in Den Haag, maar gaat dan niet terug naar Leeuwarden maar naar Groningen. Als hij weer terug is in Den Haag gaat hij naar Leeuwarden terug. Wanneer dit niet is ontworpen kan TRENO zelf een logische omloop maken. Het uitgangspunt hierbij is dat geprobeerd wordt de dienstregeling met zo min mogelijk treinen te rijden.

In het geval van de Spitsprinter is dit relatief eenvoudig: één trein start 's ochtends in Utrecht, rijdt vervolgens naar Houten Castellum, rijdt dan weer terug, enzovoort. Tussen de spitsen staat de trein op het rangeerterrein in Utrecht. In de middagspits start hij weer op en doet hetzelfde. Hier is dus maar 1 trein nodig om de hele lijn te kunnen bedienen.



Figuur 9 De omloop van de nieuwe Spitsprinter

Voor de Intercity Maastricht – Alkmaar – Schagen is het al wat ingewikkelder: daar zijn vijftien treinen voor nodig, zoals te zien is in de figuur. Elke trein heeft een eigen kleur.



Figuur 10 De complexere omlopen van de Intercity Alkmaar-Maastricht

Doordat deze trein in de spits een langer traject aflegt dan in het dal, zijn er in de spits ook meer treinen nodig. Dit betekent dat één trein nadat hij in Schagen is aangekomen niet meer terug gaat. In bovenstaande figuur is dit de lichtblauwe trein. In de avondspits

gaat deze wel weer rijden en na de spits eindigt een andere trein in Schagen, die daar vervolgens blijft staan.

Na het maken van de omlopen is bekend hoeveel treinen nodig zijn om de dienstregeling te rijden. Daarmee is echter nog niet bekend hoe lang die treinen moeten zijn. Dat wordt later berekend, zodra bekend is hoeveel reizigers er in elke trein zitten.

#### 4.4 Berekenen van het verschil in Level of Service voor de reiziger

Bij elk plan voor een gewijzigde dienstregeling wordt het Level of Service (LOS) berekend voor elk HB-paar. Dit is een maat voor de kwaliteit van de dienstregeling voor de reiziger. Voor elke relatie wordt voor elke minuut van de dag berekend wat de gegeneraliseerde reistijd is. Deze bestaat uit:

- *Reistijd in de trein*
- *Overstapweerstand.* In de overstapweerstand zit het aantal overstappen, hoe lang die overstappen zijn, of het gaat om een cross platform overstap (naar overzijde van hetzelfde perron) of cross station overstap (naar een ander perron) en wat de latere aankomsttijd is als de aansluiting gemist wordt. Zie paper "Interchanges in timetable design of railways: A closer look at customer resistance to interchange between trains" (De Keizer, Geurs en Haarsman, 2012)
- *Toeslagweerstand.* Voor het gebruik van de hogesnelheidslijn wordt een toeslag geheven. Reizigers kunnen echter ook gebruik maken van langzamere routes zonder toeslag. Door de toeslagweerstand mee te nemen, wordt hier rekening mee gehouden.
- *Wachttijdweerstand.* Dit is de wachttijd tussen de betreffende minuut en de vertrekminuut van de trein met de laagste weerstand op dat moment. Dit gebeurt op basis van de zogenaamde *rooftopmethodiek*. Zie paper "Modelleren van klantvoorkeuren in dienstregelingsstudies" (Guis en Nijënstein, CVS 2015).

De manier waarop Level of Service berekend wordt, staat uitgebreid beschreven in bovengenoemd paper. Echter, ook hier is wel een verandering doorgevoerd. Net als de andere onderdelen werd LOS voorheen alleen voor een *basis-uur* berekend. In TRENO wordt dit voor de hele dag gedaan (tussen 6 en 22 uur) In de klassieke methodiek telde elke minuut van het *basis-uur* daarbij even zwaar. In TRENO zou het niet logisch zijn om elke minuut van de *dag* even zwaar te laten tellen. Het Level of Service heeft een belangrijke relatie met de vervoersbehoefte. Daarom wordt elke minuut gewogen. Een minuut in de spits is belangrijker dan een minuut om 21.30.

#### 4.5 Het berekenen van de groei/krimp in reizen met prognosemodel De Kast

Op basis van de stijging of daling in de LOS wordt met prognosemodel De Kast de groei of daling in aantal reizen met NS berekend. Wanneer de dienstregeling verbetert is de verwachting dat meer mensen met de trein gaan reizen. Bij het verslechteren van de dienstregeling geldt uiteraard het omgekeerde effect. Zie De Keizer, De Vries, De Bruyn, CVS 2009.

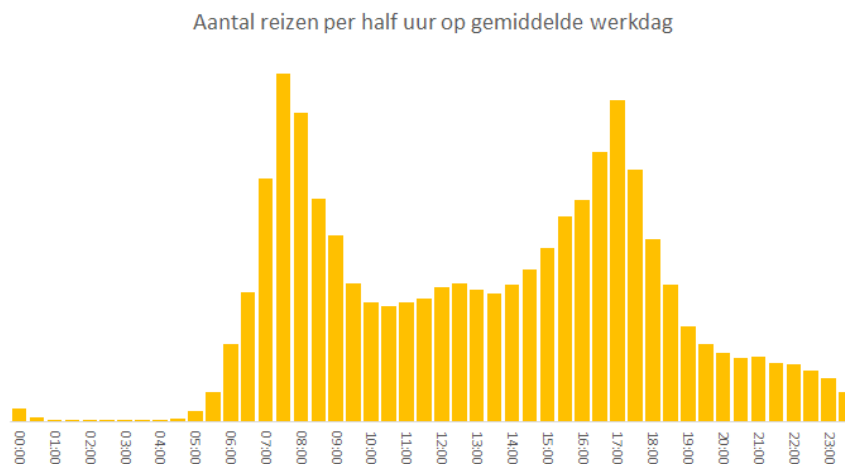
In het voorbeeld van de Spitsprinter zal de vervoersvraag op de HB-relaties waar de Spitsprinter stopt, stijgen. Op relaties als Culemborg – Utrecht Centraal, waar de LOS

als gevolg van de tijdigging iets verslechtert, zal de vervoersvraag juist iets dalen. De Kast genereert een nieuwe prognosematrix voor een gemiddelde werkdag waar deze effecten in verwerkt zijn.

Ook wordt er in deze stap rekening gehouden met stationskeuze. Een betere bediening op een bepaald station kan als gevolg hebben dat mensen bijv. niet meer lopen naar het dichtstbijzijnde station, maar op de fiets stappen naar een ander station. Zie paper "Een op herkomst en bestemming gebaseerd stationskeuzemodel" (Verschuren, CVS2016).

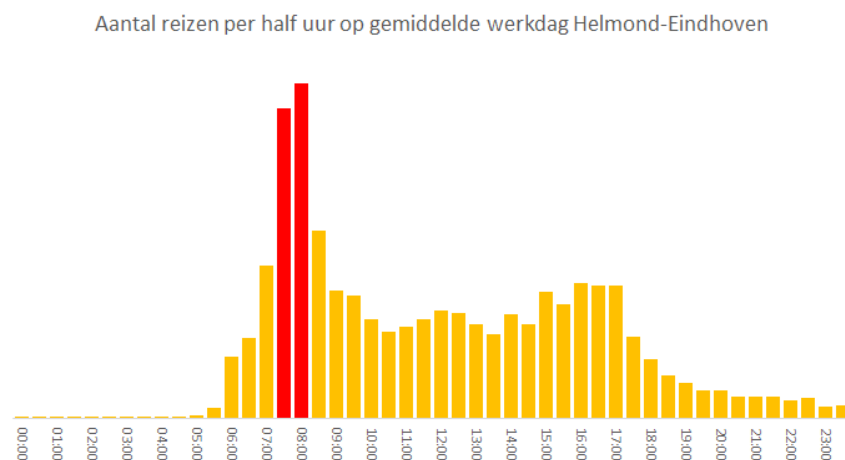
#### 4.6 Het vertalen van de vervoersvraag naar halve uren

Nu de dienstregeling voor 24 uur beschikbaar is, moet de vervoersvraag dat eigenlijk ook zijn. Daarom wordt de vervoersvraag verdeeld over halve uren op basis van de meest recente informatie over verdeling over de dag. Landelijk ziet de vervoersvraag er zo uit:



Figuur 11 De landelijke vervoersvraag gedurende de dag

In TRENO wordt de vervoersvraag echter voor elke HB-relatie afzonderlijk verdeeld (dus niet volgens het landelijke patroon). In werkelijkheid volgt geen enkele relatie bovenstaand patroon. Zie bijvoorbeeld de relatie Helmond-Eindhoven:



Figuur 12 De vervoersvraag van Helmond naar Eindhoven

#### 4.7 Het vertalen van de vervoersvraag van de gemiddelde naar de drukste werkdag

Voor capaciteit-gerelateerde vraagstukken (hoeveel materieel is er nodig, hoeveel personeel, zijn de trappen breed genoeg, zijn de perrons nog wel veilig?) wordt een vertaling naar drukste werkdag gemaakt. In de klassieke methode gebeurde dit achteraf met ophoogfactoren. In TRENO wordt naast de gemiddelde werkdag ook het hele proces doorlopen met de "drukste werkdag". Hiervoor is een gemiddelde dinsdag in november gekozen, omdat dit de drukste werkdagen zijn. Per HB-relatie en per half uur worden de ophoogfactoren op basis van de gemiddelde dinsdag in november toegepast. Een beschrijving van deze methodiek is te vinden in "TRENO: Gemiddeld is niet goed genoeg – rekenen met pieken en dalen in vervoersvraag" (Guis, Banninga en Verschuren, CVS2018).

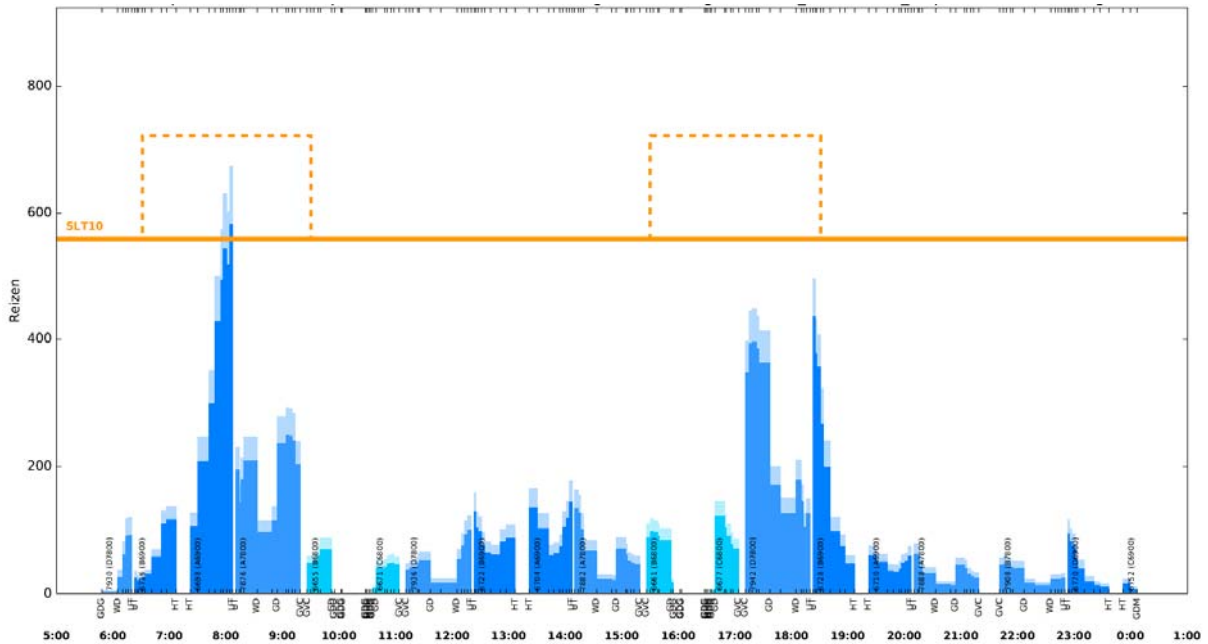
#### 4.8 Het toedelen van de vervoersvraag aan de treinen in de dienstregeling

De vervoersvraag per half uur, voor de gemiddelde en drukste werkdag, wordt vervolgens toegedeeld aan de treinen in de dienstregeling. Het toedelingsalgoritme bepaalt de aantrekkelijkheid van elke reismogelijkheid en deelt op basis daarvan reizen aan elke reismogelijkheid toe. Een reismogelijkheid zonder overstap is bijvoorbeeld aantrekkelijker dan een reismogelijkheid met overstap, waardoor meer reizen aan de reismogelijkheden zonder overstap zullen worden toegedeeld. Dit resulteert in het aantal reizen per trein. We weten dan van elke individuele trein hoeveel reizigers er in zullen zitten, op de gemiddelde en drukste werkdag. Zie voor meer informatie over de toedeling "Slimmer voorspellen treinkeuze met smartcard data" (Banninga, Guis en Siderius, CVS 2016).

#### 4.9 Het berekenen van het verschil in materieelbehoefte

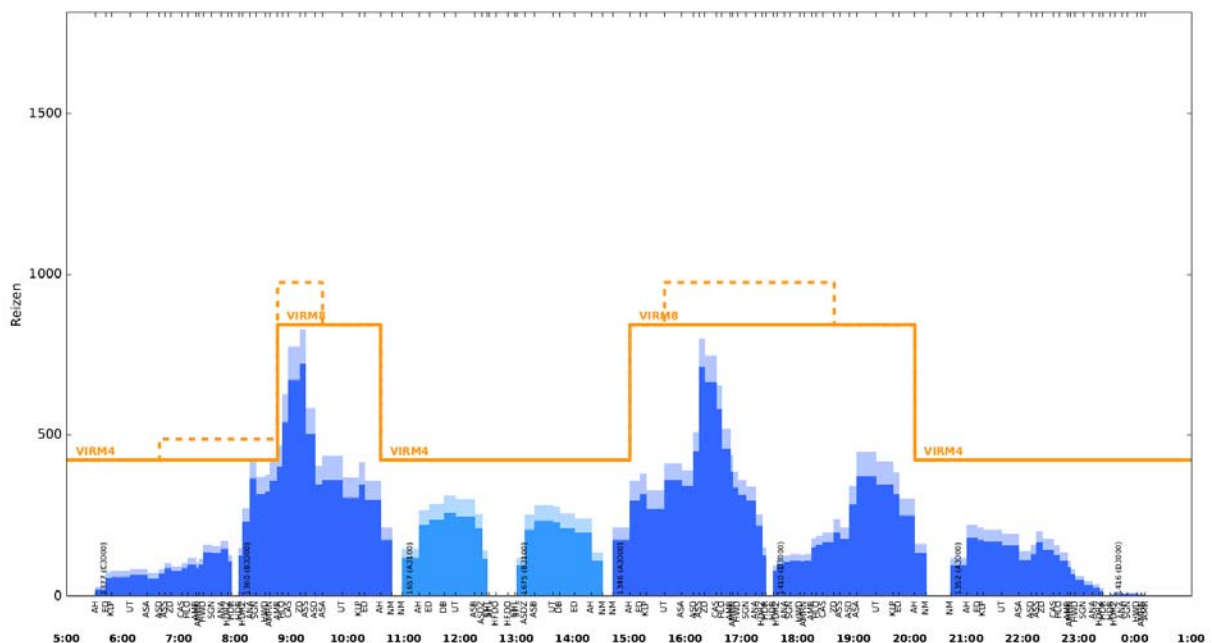
Nu bekend is hoeveel treinen nodig zijn en hoeveel reizigers er in elke trein zitten kan berekend worden hoeveel materieel er nodig is. Dit wordt meestal uitgedrukt in *bakken*. Een trein heeft gewoonlijk tussen de 2 en 12 bakken. Binnen NS zijn normen opgesteld over hoe vol treinen mogen zijn op bepaalde momenten. Bijvoorbeeld: in een Intercity mogen reizigers volgens de normen niet langer dan een kwartier staan.

Op basis van het aantal reizen per trein en de normen wordt per trein-traject berekend hoeveel bakken ervoor nodig zijn. De onderstaande grafiek toont het aantal reizen in het blauw, waarbij donkerblauw P50 (50% van de dagen is het aantal reizen lager dan dit) voorstelt en lichtblauw P90 (90% van de dagen is het aantal reizen lager dan dit). De oranje lijn toont het aantal zitplaatsen. De stippenlijn is de capaciteit als ook een aantal staanplaatsen meegeteld worden. In deze trein zijn 10 bakken SLT (Sprinter) nodig. In de ochtendspits moet er tussen Houten en Utrecht vaak wel een aantal mensen staan, de rest van de dag niet.



Figuur 13 De vervoersvraag in een treinserie met materieelinzet

Het model kan ook rekening houden met “aftrappen” en “bijplaatsen”: het bijplaatsen of afhaken van een treinstel, wat meestal voor of na de spits gebeurt. Dit wordt gedaan omdat het meestal niet nodig is om in het dal met even lange treinen te rijden als in de spits. Door in het dal met kleinere treinen te rijden, worden kosten bespaard. In het onderstaande voorbeeld staat een grafiek waarbij afgetrapt en bijgeplaatst wordt in intercitytreinseries te Arnhem Centraal. In de spits wordt met acht bakken VIRM (dubbeldekker) gereden en in het dal met vier.



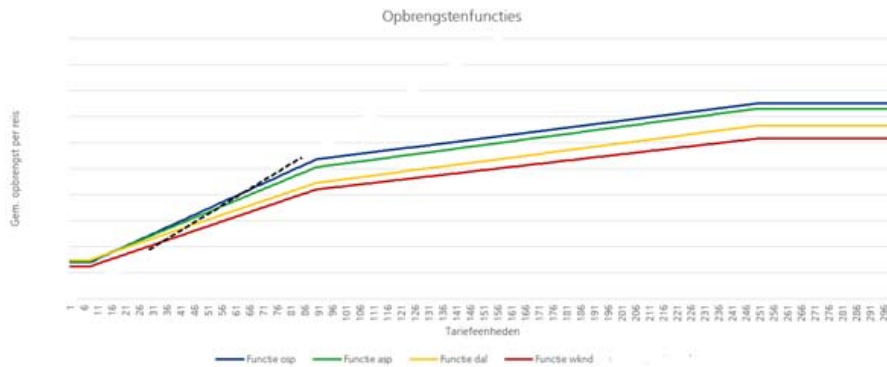
Figuur 14 Een treinserie met bijplaatsen en aftrappen in Arnhem

#### 4.10 Het berekenen van het verschil in kosten

Op basis van de berekende materieelbehoefte wordt berekend hoeveel goedkoper of duurder het is om deze dienstregeling te rijden. Hiervoor worden enkele kwantiteiten (rijminuten, bakken, bakkilometers, etc.) vermenigvuldigd met kosten kentallen.

#### 4.11 Het berekenen van de groei/krimp in opbrengsten

Tot slot wordt voor elke HB-relatie berekend wat de groei of derving van opbrengsten is. Om te bepalen wat de opbrengst van een reis op een HB-relatie is zijn opbrengstencurves geschat. Deze opbrengstencurves bepalen de gemiddelde opbrengst van een reis met een bepaald aantal *tariefeenheden* (een maat voor de afstand, waar het tarief mee bepaald wordt). Voor verschillende dagdelen zijn aparte curves geschat, aangezien de opbrengsten per dagdeel zeer verschillen. Een treinkaartje in het dal is immers vaak goedkoper dan in de spits. Ook is het tarief van treinkaartjes niet lineair: reizen van 1 t/m 8 tariefeenheden zijn even duur, alsmede reizen boven de 250 tariefeenheden. Dit is meegenomen bij het schatten van de curves. De curves zijn te zien in de onderstaande figuur.



Figuur 15 Opbrengstencurves

## 5. Conclusie

Het gebruiken van TRENO betekent veel voor de modelresultaten van een dienstregelingsstudie. Uit de uitgebreidere modellering van TRENO komen zeer interessante inzichten, die niet uit de oude methode kwamen. Zo is het nu mogelijk om de effecten van het toevoegen van één individuele trein, zoals een spitstrein, door te rekenen.

Doordat alle berekeningen nu in één model zitten, is de rekestijd van een dienstregelingsstudie sterk afgenomen. Hoewel niet zo belangrijk als inhoudelijke zaken, is dat een grote winst. Het stelt ons in staat om meer dienstregelingen te analyseren, maar vooral ook om betere analyses te doen binnen dezelfde tijd. Daar staat tegenover dat vanwege het hogere detailniveau, het ook daadwerkelijk nodig is om meer analyses te doen.

## Referenties

"Modelleren van klantvoorkeuren in dienstregelingsstudies", Niek Guis en Sandra Nijënstein, bijdrage aan CVS 2015

"Interchanges in timetable design of railways: A closer look at customer resistance to interchange between trains", De Keizer, Geurs en Haarsman, 2012.

"TRENTO: Gemiddeld is niet goed genoeg – rekenen met pieken en dalen in vervoersvraag", Niek Guis, Jan Banninga en Mats Verschuren, bijdrage aan CVS 2018

"Nieuw prognosemodel "De Kast" als beleidsinstrument", Bart de Keizer, Bert de Vries en Menno de Bruyn, bijdrage aan CVS 2009

"Een op herkomst en bestemming gebaseerd stationskeuzemodel", Mats Verschuren, bijdrage aan CVS 2016

"Slimmer voorspellen treinkeuze met smartcard data", Jan Banninga, Niek Guis en Paul Siderius, bijdrage aan CVS 2016.