

REKENEN AAN MAATREGELLEN OM DRUKKE TREINEN TE ONTLASTEN

De frequente treinreiziger zal herkennen dat in de spits een zitplaats niet altijd gegarandeerd is. In 2019 kon in totaal ongeveer 95% van de spitsreizigers gedurende hun hele reis zitten. Naar verwachting kiezen de komende jaren steeds meer Nederlanders voor de trein, ook in de nu al drukke spitsuren. Al deze reizigers willen het liefste een zitplaats. Voor NS vormt dit dan ook één van de grote uitdagingen voor de komende jaren. Naast het inzetten van meer materieel (aanbod), kan de NS de vraagkant beïnvloeden. In dit artikel beschrijven we een methodiek die NS ontwikkeld heeft om verschillende maatregelen van vraagbeïnvloeding door te kunnen rekenen. We kijken daarbij naar het effect op de zitplaatskans van de reiziger en de materieelkosten van NS (en daarmee indirect de prijs van het treinkaartje). Dit artikel is geschreven voor de uitbraak van het coronavirus. De ontwikkelde methodiek en verkregen inzichten zijn echter ook in de huidige situatie nuttig en toepasbaar, bijvoorbeeld als het gaat over maximale treinbezetting.



MENNO DE BRUYN, SIMONE GRIFFIOEN, DENNIS HUISMAN, ANDRIKE MASTEBROEK & PLEUNI NAUS

Op een doordeweekse dag zijn er anno 2020 ongeveer 1,3 miljoen treinreizen. Als we bijvoorbeeld kijken naar de ochtendspits (6:30-9:00) dan fluctueert ook daarin de reizigersvraag nog flink. Rond 8 uur piekt de reizigersvraag sterk. Dit wordt ook wel de hyperspits genoemd, zie ook figuur 1, waarin de treinreizen en autoreizen op een doordeweekse ochtend getoond worden.

De benodigde hoeveelheid ingezet materieel wordt bepaald door de piek van de reizigersvraag. Materieelkosten zijn de grootste kostenpost voor een spoorbedrijf als NS. Hierin wordt een afweging gemaakt tussen de materieelkosten en de zitplaatskans voor de reiziger. Door de hyperspits af te vlakken en een klein deel van de reizigers een trein eerder of later te laten nemen, kan NS een hogere zitplaatskans bieden bij dezelfde hoeveelheid materieel of kan NS dezelfde zitplaatskans bieden met minder materieel.

In dit artikel bespreken we een aantal maatregelen

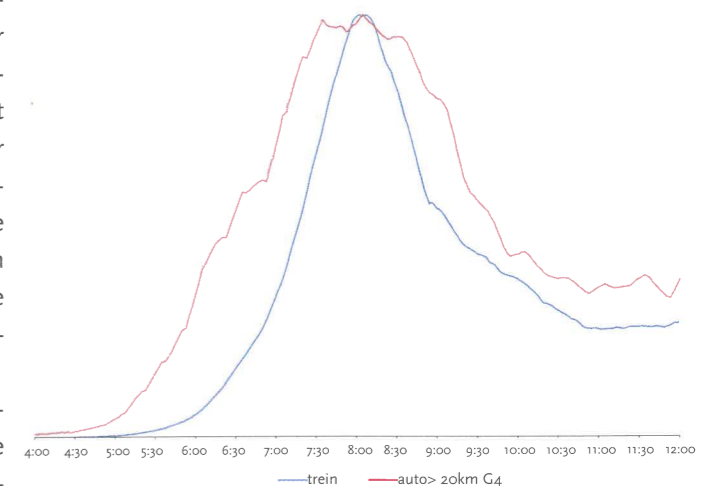
van vraagbeïnvloeding, en beschrijven we een methodiek om de effecten van deze maatregelen door te rekenen. We eindigen dit artikel met enkele conclusies die uit ons onderzoek kunnen worden getrokken.

Maatregelen om de vraag te beïnvloeden

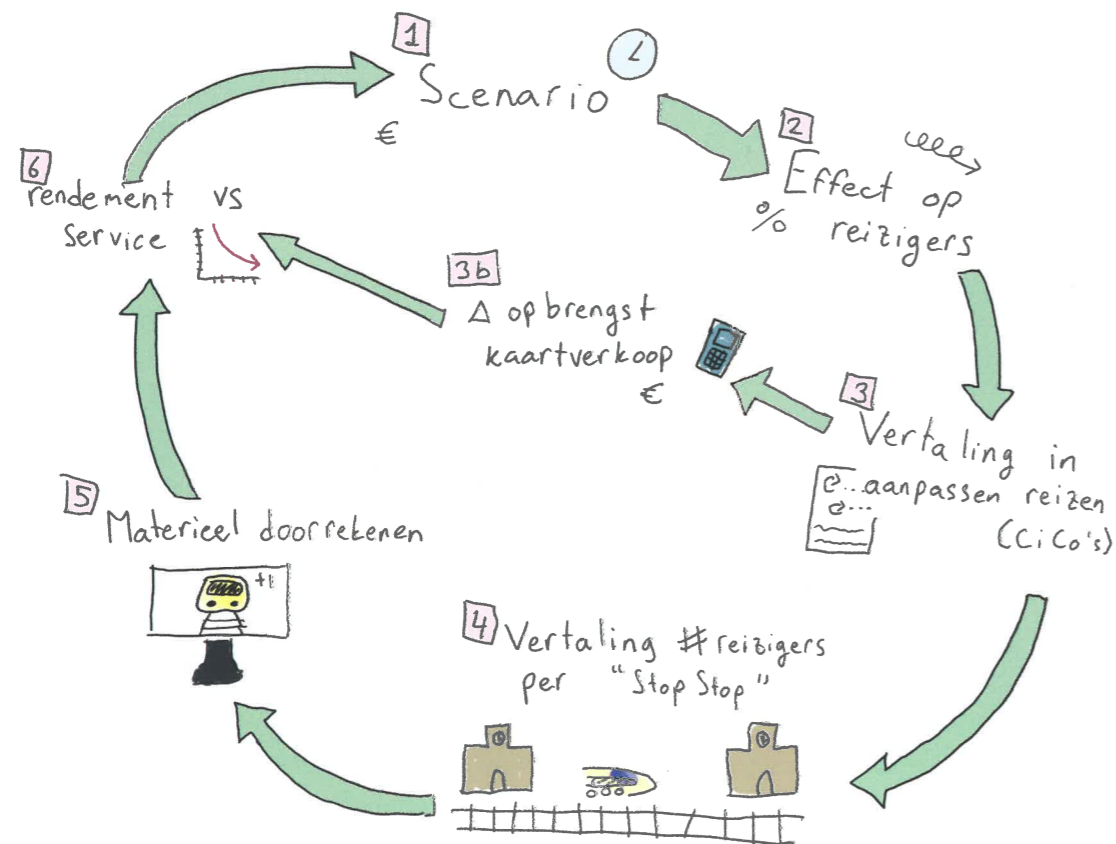
NS past verschillende vormen van vraagbeïnvloeding toe. Deze maatregelen kunnen in vier categorieën worden onderverdeeld. Dat is ten eerste informatie over drukte (traject- en treinspecifiek) ontsluiten voor de reizigers. Zo kan een reiziger zijn reiskeuze afstemmen op de verwachte drukte. Voorbeelden zijn de drukte-informatie die in de reisplanner getoond wordt, of een waarschuwing indien de trein korter is dan gebruikelijk en drukte verwacht wordt. De tweede categorie maatregelen betreft het toepassen van (niet financiële) *incentives* waarbij de reiziger beloond

wordt voor het reizen op rustigere tijdstippen. Voorbeeld hiervan is het voormalige MyOV programma waarbij punten gespaard konden worden voor het reizen in minder drukke (spits)treinen. Ten derde zijn er financiële incentives in de vorm van beprijzen. In de tarieven van NS wordt nu al het reizen op rustigere tijdstippen gestimuleerd door een korting in de daluren. Daarnaast zijn goedkope actiekaarten enkel geldig in de daluren. De vierde categorie ten slotte betreft de samenwerking met lokale partijen en overheden. Zo is in Nijmegen besloten de colleges van de Radboud Universiteit en van de Hogeschool Arnhem Nijmegen niet meer gelijktijdig te laten starten.

De maatregelen verschillen in de mate waarin ze reizigers daadwerkelijk bewegen op een ander tijdstip te reizen en ook in de mogelijkheid om de beweging te kunnen meten. Zo is het verschuifeffect van informeren over drukte in de praktijk zeer moeilijk meetbaar, maar drukte-informatie wordt door reizigers wel zeer gewaardeerd.



Figuur 1. De piek in de ochtendspits voor zowel trein als auto (bij reizen van meer dan 20 km naar de 4 grote steden). Bron: NS/Strategy Development Partners, intern rapport NS, 2016



Figuur 2. Schematische weergave van onze aanpak

Doorrekenen van maatregelen

De methodiek die we hebben gevolgd om de kwantitatieve effecten van verschillende maatregelen te bepalen is schematisch weergegeven in figuur 2. We volgen hierbij de volgende stappen.

1. We definiëren de maatregel.
2. We bepalen het effect op het reisgedrag van verschillende groepen reizigers.
3. We vertalen dit reisgedrag naar aantallen reizigers van ieder station naar ieder station op verschillende momenten van de dag (intervallen van 15 minuten). Tevens berekenen we het verschil in de opbrengsten van kaartverkoop.
4. We bepalen de verwachte reizigersaantallen per trein en traject, op basis van het reisgedrag.
5. Met deze reizigersaantallen berekenen we het effect op het materieelplan en daarmee op kosten en zitplaatskans.
6. We combineren het verschil in opbrengsten en het effect op materieelkosten en zitplaatskans om het totale effect van de maatregel te bepalen.

We gaan gedetailleerd in op de stappen 2 t/m 5.

Stap 2 t/m 4: reizigersgedrag modelleren en doorrekenen, uitkomst: reizigersaantallen per trein en traject, opbrengsten van de maatregel

De vraag die we willen beantwoorden is: gaan reizigers door een maatregel andere keuzes maken dan de huidige prognosemodellen voorspellen: niet meer met de trein reizen of op een ander tijdstip? En wat betekent voor het aantal reizigers in de trein? We kennen het reisgedrag bij de huidige prijsstructuren en de prijselasticiteiten bij "normale" prijswijzigingen. Om het effect te kunnen inschatten van het reisgedrag bij prijsniveaus en prijsstructuren die wezenlijk anders zijn dan we tot nu toe in de praktijk ervaren hebben, kunnen we maar deels varen op realisatie data uit het verleden.

Voor de inschatting van de verschuivingsbereidheid hebben we daarom gebruik gemaakt van een stated choice onderzoek uitgevoerd in 2017 (Van Daalen et al., 2018), waarbij ochtendspitsreizigers keuzes kregen voorgesteld voor verschillende vertrektijdstippen en tarieven. Met een discreet keuze model (Ben Akiva & Lerman, 1985) is vervolgens voor alle respondenten het nut van eerder of later vertrekken bij een gewijzigde tariefstelling

berekend. De respondent kiest dan steeds het alternatief dat het hoogste nut heeft.

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_j e^{V_{nj}}}$$

P_{ni} = kans dat respondent n vertrektijd i kiest

V_{ni} = kans nut voor respondent n van alternatief i ;

De alternatieven bestaan uit reizen met een andere vervoerwijze (bijv. auto of bus) of blijven reizen met de trein maar op een ander tijdstip met bijbehorend tarief.

Uit de chipkaartdata weet NS in grote mate van detail welke reizen er worden gemaakt: vertrekstation, vertrektijdstip, aankomststation en aankomsttijdstip worden voor reizen met een ov-chipkaart geregistreerd, overigens zonder daarbij gebruik te maken van persoonsgegevens. Omdat reizigers naast de ov-chipkaart ook met andere vervoersbewijzen kunnen reizen, moeten we deze data aanvullen om tot de totale reizigerspopulatie te komen. Dit doen we door gebruik te maken van andere databronnen zoals losse kaartverkoop en conducteursscans in de trein.

Op basis van deze informatie kunnen we de meest waarschijnlijke treinen waar de reiziger in heeft gezeten bepalen. Dit doen we met behulp van een model dat voor elke combinatie van vertrek- en aankomststation en vertrekmoment bepaalt wat de verschillende reismogelijkheden met bijbehorende kansen zijn (bijv. 30% kans de Sprinter die snel vertrekt en met 70% kans de Intercity die later vertrekt, maar er wel korter over doet).

Hoe wordt het effect van een vraagbeïnvloedingsmaatregel geschat? Voor tariefwijzigingen hebben we op basis van het voornoemde *stated choice* onderzoek de effecten op reizigersgedrag ingeschat. Voor bijvoorbeeld het verschuiven van collegetijden hebben we een inschatting gemaakt op basis van inzichten uit de proef bij Nijmegen Heyendaal (Van der Aa & Hodde, 2018). Deze effecten passen we willekeurig toe op de totale reizigerspopulatie, dit door de data willekeurig te sorteren. Dit doen we om ervoor te zorgen dat niet het reisgedrag van alleen bepaalde reizigers (bijv. op specifieke trajecten) wordt aangepast. We maken daarnaast de aanname dat enkel spitsreizigers hun gedrag aanpassen bij het invoeren van maatregelen om de spits te beïnvloeden, terwijl het reisgedrag van dalreizigers gelijk blijft.

Het effect op de opbrengsten van kaartverkoop wordt berekend door het nieuwe aantal reizigers per tijdstip en kaartsoort te vermenigvuldigen met de bijbehorende

prijs. We nemen aan dat reizigers niet van kaartsoort zullen wisselen vanwege de maatregel.

Stap 5: materieelplan modelleren en doorrekenen, uitkomst kosten en zitplaatskans

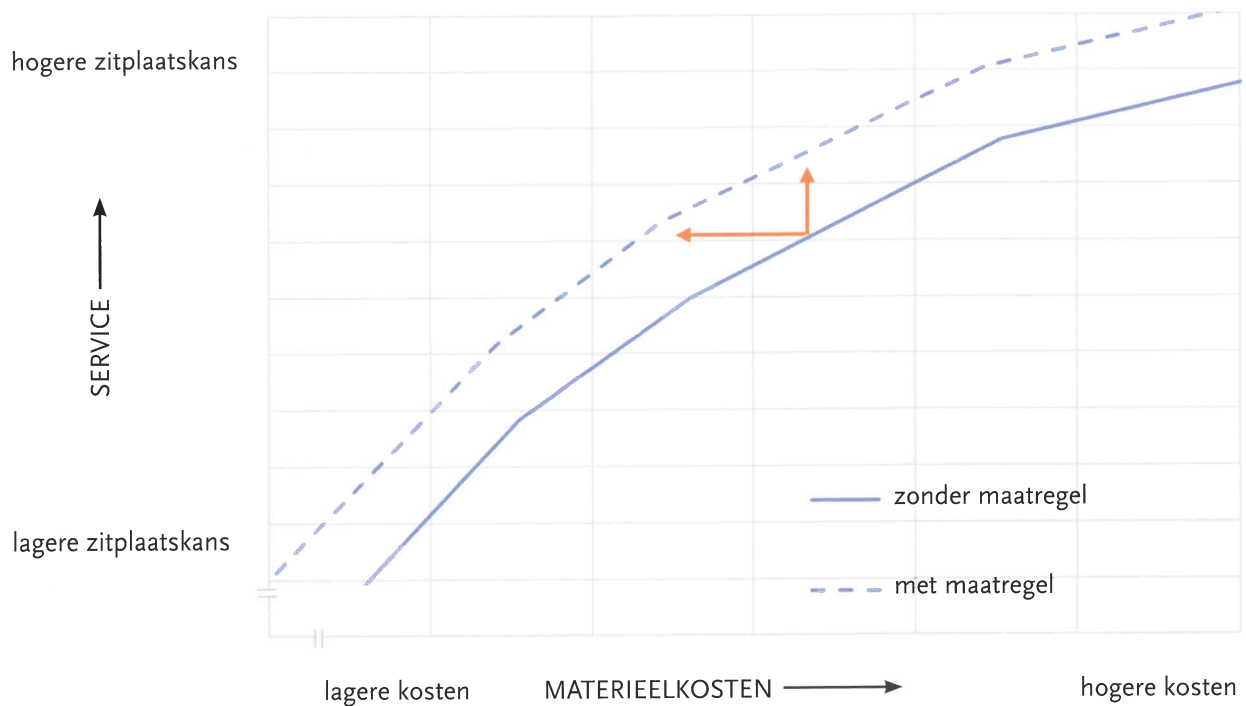
NS gebruikt de optimalisatie-software TAM om een operationeel materieelplan te maken. TAM bevat een geheel-talig lineair programmeringsmodel, waarin voor elke trein op elk traject bepaald wordt met welke materieelsamenstelling gereden moet worden. Dit model bevat een aantal restricties. Een voorbeeld van zo'n restrictie is de treinlengte, die niet langer mag zijn dan het kortste peron waar deze stopt. De planner kan met gewichten aangeven hoe zwaar verschillende onderdelen zoals kosten (kilometerkosten) en service (zitplaatskans) meewegen in de doelfunctie. Voor een gedetailleerde beschrijving van de achterliggende optimalisatiemodellen verwijzen we naar Fioole et al. (2006) en Nielsen (2011).

Om het effect van een maatregel door te rekenen hebben wij het model enigszins aangepast, om niet alleen de kosten op de korte, maar ook op de lange termijn mee te nemen. De oplossingen van het model voor verschillende gewichten geven ons de pareto-curve van dit probleem. Een maatregel beoogt om deze curve in zijn geheel zo te verplaatsen dat een betere service geleverd kan worden tegen gelijkblijvende materieelkosten, of lagere kosten gemaakt kunnen worden voor een gelijkblijvende service, zie ook figuur 3. Uit de vorm van deze curve blijkt dat het absolute effect van een maatregel afhangt van de initiële plek op de curve: het verschil tussen twee curves is niet op alle plekken en in alle richtingen even groot.

Resultaten en conclusie

Met de bovenbeschreven aanpak heeft NS diverse manieren van vraagbeïnvloeding doorgerekend, onder meer het anders beprijzen van het treinkaartje. Hierin is bijvoorbeeld gevarieerd met de hoogte van een toeslag of korting, en de duur van de periode. Ook is er gekeken naar het beïnvloeden van specifieke doelgroepen en/of specifieke trajecten.

Vooraf maatregelen waarbij de tarieven van de treinkaartjes meer worden gedifferentieerd in de tijd hebben impact. Het aantal reizigers op het drukste moment in de ochtendspits kan hiermee tot 9% dalen, waarmee een aantal jaar reizigersgroei kan worden opgevangen bij de bestaande dienstregeling. Bij gelijke materieelkosten



Figuur 3. Materiaalkeuzes: Paretocurve van optimale materieelplannen met en zonder vraagbeïnvloeding

leidt een dergelijke kwaliteitsverbetering tot maximaal 16% minder reizigers zonder zitplaats. Vanzelfsprekend kan er ook gekozen worden om bij gelijke service de materieelkosten te verlagen.

De uitkomsten van ons onderzoek moeten echter voorzichtig worden geïnterpreteerd. De verschuivingsbereidheid van het voorkeursvertrektijdstip is immers gebaseerd op een stated choice onderzoek. Gedragsveranderingen worden in het algemeen overschat in dit soort onderzoeken. We bevelen daarom aan om ook enkele praktijkproeven te doen met verschillende maatregelen om de werkelijke verschuivingsbereidheid te bepalen en de aannames met betrekking tot verschuiving van dalreizigers en wisselen van productsoort te toetsen.

LITERATUUR

- Aa, M. van der, & Hodde, A. (2018). Slim Roosteren. Een onderzoek naar de (on)mogelijkheden van anders roosteren om de drukte in de spits te reduceren. *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, 54(2), 18–21.
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Transportation Studies. Massachusetts: MIT Press.
- Daalen, T. van, Janssen, N., & Mastebroek, A. (2018). De hyperspits biedt kansen voor een betere spreiding binnen de spits. *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, 54(2), 27–31.

Fioole, P.-J., Kroon, L.G., Maróti, G., & Schrijver, A. (2006). A rolling stock circulation model for combining and splitting of passenger trains. *European Journal of Operational Research*, 174, 1281–1297.

Nielsen, L.K. (2011). *Rolling Stock Rescheduling in Passenger Railways: Applications in Short-term Planning and in Disruption Management*, Ph.D. thesis, Erasmus Universiteit Rotterdam.

MENNO DE BRUYN is Senior Consultant Vervoer bij de afdeling Klant- & Marktadvies van NS.
E-mail: menno.debruyne@ns.nl

SIMONE GRIFFIOEN is Business Consultant Advies en Implementatie bij de afdeling Prestatieregie & Innovatie van NS.
E-mail: simone.griffioen@ns.nl

DENNIS HUISMAN is Expertise Manager Logistieke Processen bij de afdeling Prestatieregie & Innovatie van NS en hoogleraar Openbaar Vervoer Optimalisatie bij de Erasmus Universiteit Rotterdam.
E-mail: huisman@ese.eur.nl

ANDRIKE MASTEBROEK is Senior Pricing Marketeer bij de afdeling ComIT van NS en PhD student aan de TU Delft.
E-mail: andrike.mastebroek@ns.nl

PLEUNI NAUS is Data Science Consultant bij CQM.
E-mail: pleuni.naus@cqm.nl