

## **Trein Efficiëntie Meter**

Alex Bruijn  
NS Reizigers  
Alex.bruijn@ns.nl

Rebecca van der Horst  
NS Hispeed  
Rebecca.vanderhorst@nshispeed.nl

Bart de Keizer  
NS Reizigers  
Bart.dekeizer@ns.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
25 en 26 november 2010, Roermond**

## **Samenvatting**

### ***Trein efficiëntie Meter***

Voor de NS is het belangrijk dat zijn product, een trein die reizigers volgens dienstregeling vervoert, dat op een efficiënte manier doet. Dat is niet alleen belangrijk vanuit bedrijfseconomische redenen, ook vanuit de schaarse productiemiddelen – zoals infrastructuur, materieel en personeel – is een efficiënte inzet belangrijk. In dit paper beschrijven wij een simpele methode om snel de mate van efficiëntie van een treinserie te bepalen. Deze methode noemen wij de Trein Efficiëntie Meter (TEM). De TEM wordt bepaald door de verhouding tussen het aantal reizigers per trajectdeel aan en de benodigde materieelinzet over het gehele traject. De efficiëntie per treinserie kan sterk verschillen. Zodra de TEM-waarde is berekend, kunnen er gerichte maatregelen genomen worden om de efficiëntie te verhogen. Bijvoorbeeld het openen van extra stations om op een rustig trajectdeel meer reizigers te trekken of het aftrappen/bijplaatsen van materieel op delen van het traject. Aan de hand van een aantal voorbeelden wordt grafisch het effect van verschillende maatregelen op de TEM-waarde bepaald. Tot slot wordt de meerwaarde van TEM vergeleken met andere methoden om de efficiëntie te bepalen.

## 1. Inleiding

Voor NS is het belangrijk dat zijn product, een trein die reizigers volgens dienstregeling vervoert, dat op een efficiënte manier doet. Dat is niet alleen belangrijk vanuit bedrijfseconomische redenen, ook vanuit de schaarse productiemiddelen – zoals infrastructuur, materieel en personeel – is een efficiënte inzet belangrijk. Het vraagstuk “hoe financieel interessant is een lijn” is dus eigenlijk maar een tussenstap naar de hogere vraag “hoe kan binnen de randvoorwaarde van beschikbare middelen zo veel en zo goed mogelijk vervoer geboden worden?”. In dit paper beschrijven wij een simpele methode om snel de efficiëntie van een treinserie<sup>1</sup> te bepalen. Op basis daarvan kan bovenstaande vraag beantwoord worden.

De opbouw van dit paper is als volgt:

- in paragraaf 2 wordt de methode om efficiëntie te bepalen uitgelegd;
- in paragraaf 3 worden enkele praktische voorbeelden gegeven;
- in paragraaf 4 plaatsen wij enkele beschouwende opmerkingen.

**DISCLAIMER:** in deze notitie worden vuistregels voor kosten en opbrengsten besproken van de treinseries van NS. Deze vuistregels zijn alleen opgesteld en bruikbaar voor de hier gepresenteerde tool TEM, om in een eenvoudige methodiek inzicht te verkrijgen in een aantal mechanismen die relevant zijn bij (de keuze/vergelijking/analyse van) een efficiënt lijnvoeringsmodel. Deze vuistregels gaan alleen in op de belangrijkste kosten/opbrengstenelementen waarin een lijnvoeringsmodel kan discrimineren. Voor andere doeleinden zijn deze vuistregels derhalve niet bruikbaar.

## 2. TEM: de Treinserie Efficiëntie Meter

### 2.1 Wat is TEM?

De efficiëntie van een treindienst wordt bij de NS principieel achteraf vastgesteld: wat zijn de kosten geweest, wat zijn de opbrengsten geweest. Vooraf worden dienstregelingsvoorstellen weliswaar geprognoseerd op verwachte reizigersaantallen en kosten, en alternatieve voorstellen onderling vergeleken, maar een mogelijkheid om vooraf een soort rapportcijfer efficiëntie in te schatten ontbreekt. Zo'n rapportcijfer zou ook een bruikbare tool kunnen zijn om te kijken waar nog efficiëntieverbetering theoretisch mogelijk zouden zijn in reeds bestaande treinseries.

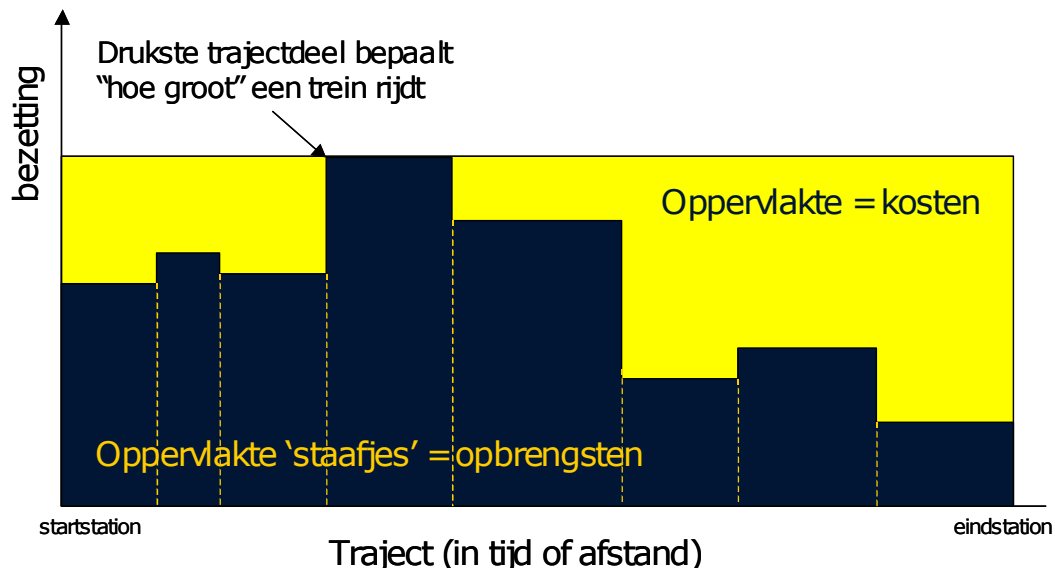
De Treinserie Efficiëntie Meter (TEM) voorziet hierin. Modelmatig kan vooraf een rapportcijfer bepaald worden met een verwachte efficiëntie. De manier hoe dit rapportcijfer tot stand komt kan grafisch worden weergegeven. Deze grafiek geeft inzicht in mechanismen waarom deze treinserie zo scoort, en de analyse daarvan kan wellicht tot betere oplossingen leiden.

---

<sup>1</sup> De dienstregeling van het treinverkeer in Nederland is opgebouwd uit treinseries. Een treinserie biedt altijd dezelfde lijnvoering en halteert altijd op dezelfde stations. Een treinserie rijdt in principe op dezelfde patroontijden, en rijdt meermaals per dag, meestal in een halfuurs- of uurfrequentie. In daluren kan een gedeelte van het traject van een treinserie minder bediend worden.

Voor het bepalen van de TEM beginnen we met een tweedimensionaal vlak waarin reisafstand op de x-as staat en het aantal reizigers op de y-as wordt gezet. Op de horizontale as staat het traject dat een bepaalde treinserie aflegt, met onderweg de stations waar gestopt wordt. Op de verticale as staat het aantal reizigers dat op een trajectdeel in die treindienst zit.

TEM is feitelijk de verhouding tussen opbrengsten en kosten. Een eenvoudige vuistregel voor een indicatie van de kosten voor het exploiteren van een treindienst is "grootte van de trein (plaatscapaciteit) x lengte van het traject". De grootte van de trein wordt gedicteerd door het aantal reizigers op het drukste trajectdeel. In de zojuist gepresenteerde tweedimensionale grafiek zijn de kosten dus evenredig met de rechthoek die wordt opgespannen door de afstand en de maximale bezetting.



**Figuur 1: de variabele kosten en opbrengsten per treinserie**

De opbrengsten zijn evenredig met het oppervlak van bezetting x trajectlengte (de sommatie van de blokjes in de grafiek). In feite is dat het aantal reizigerskilometers. De TEM wordt berekend door de opbrengsten (gevulde oppervlakte) te delen door de kosten (totale oppervlakte). Een maximale efficiëntie wordt bereikt als de bezetting op het gehele traject gelijk is aan de maximale bezetting, oftewel een trein rijdt het hele traject vol. De TEM is dan gelijk aan 1.

## 2.2 Hoe kan TEM bij NS bepaald worden?

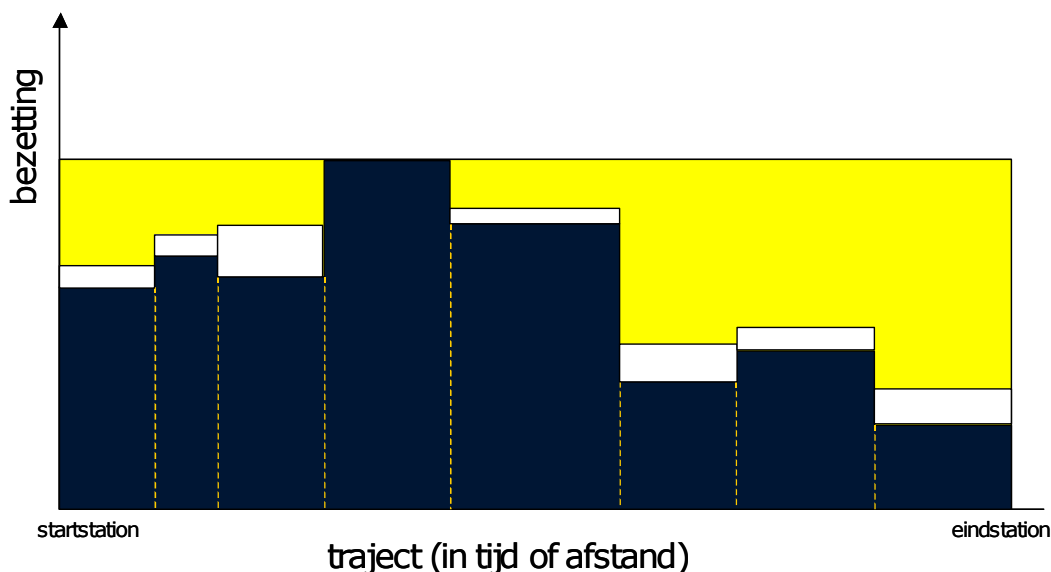
De TEM kan met behulp van de bij NS-beschikbare modellen zowel vooraf bij dienstregelingsvoorstellen gemaakt worden, als achteraf na een gerealiseerde dienstregeling met bijbehorende reizigersaantallen. De trajectlengte en stations (horizontale as) zijn bekend, en de bezetting over het traject is beschikbaar door een reizigersmatrix toe te delen aan de treindiensten (middels het programma TRANS).

Omdat de omloop van een lijn principieel een heen en terugrit van materieel omvat, wordt bovenstaande exercitie over heen en terugrit als totaal gedaan: als een trein op de heenweg drukker is dan op de terugweg, dan zal de trein op de terugweg met te veel materieel rijden. Wanneer een dagmatrix gebruikt wordt om de bezetting van een treindienst te bepalen zijn vaak de "scherpe kantjes" er al vanaf: het kan heel goed zijn dat een treinserie in de ochtendspits op een heel ander traject druk is dan in de avondspits. Een dagtotaalmatrix zal dan een gematigde drukte op meerdere plekken laten zien.

Door specifiek met de ochtendspitsmatrix te werken wordt nauwkeuriger ingeschat waar en wanneer een trein druk is, hoeveel materieel er 's ochtends ingezet wordt. De inzet van het materieel in de ochtendspits is enerzijds indicatief voor de exploitatiekosten van deze treindienst over de gehele dag (variabele kosten = het rijden van treinen), anderzijds is de materiële inzet in de ochtendspits –het moment dat de behoefte aan materieel maximaal is- bepalend voor de omvang van de vloot, en dus voor de vaste kosten (= het hebben van treinmaterieel). Voor de opbrengsten wordt uiteraard wel de dagmatrix gebruikt. De grafiek wordt dus opgebouwd uit een gemiddelde bezetting op basis van het dagtotaal en een maatgevende bezetting op basis van de ochtendspits.

### 2.3 Op welke wijze kan de waarde van TEM verhoogd worden?

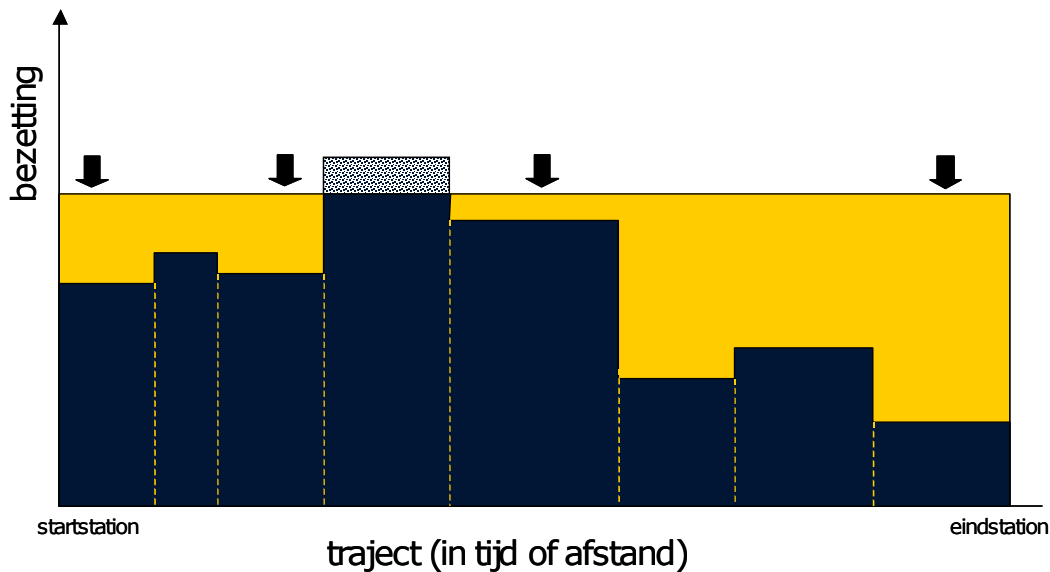
De efficiëntie van een treinserie neemt toe als de verhouding tussen "gevulde staafjes" en opgespannen rechthoek groter wordt. Dat zou kunnen door de bezetting te vergroten behalve op het maatgevende traject (dan zou immers de opgespannen rechthoek ook groter worden!). Bijvoorbeeld: boor nieuwe markten aan op niet maatgevende trajecten: bouw kantoren en huizen op plaatsen waar nog ruimte in de trein is (deze strategie ligt ten grondslag aan het Stedenbaan-gedachtengoed waar de vervoersmonitor onder ander over deze trajectbezetting informeert); Grafisch wordt dit weergegeven in Figuur 2.



**Figuur 2: efficiëntie verhogen door hogere bezetting maar niet op drukste traject**

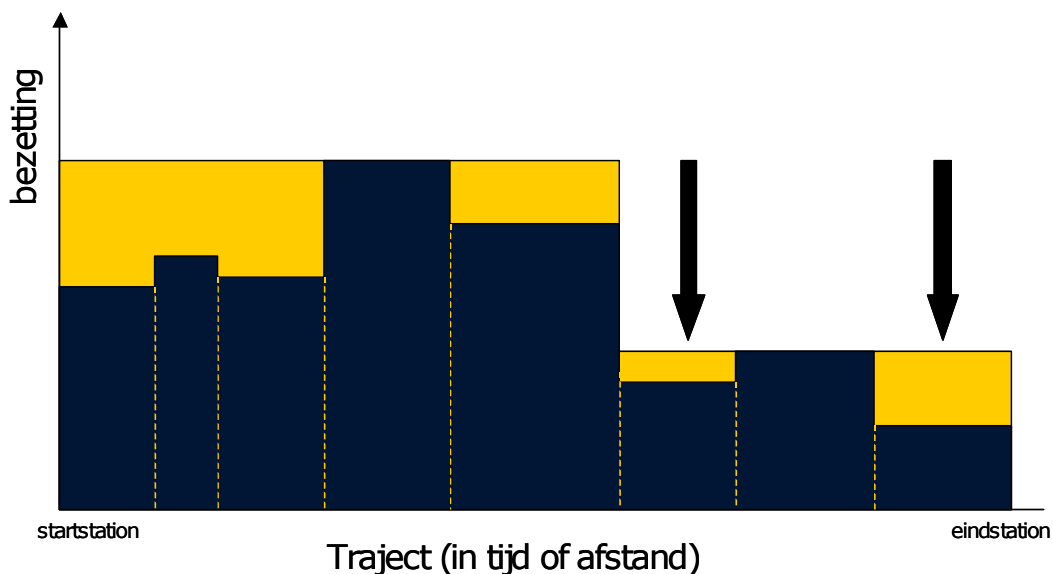
Een andere mogelijkheid is de bezetting te verminderen op het maatgevende traject zodat de opgespannen rechthoek kleiner wordt (zie figuur hieronder). Bijvoorbeeld: op

het drukste traject treingebruik ontmoedigen door gericht hoger tarief of alternatief vervoer aan te bieden.



**Figuur 3: efficiëntie verhogen door lagere bezetting op drukste traject**

Een derde mogelijkheid is de treindienst op een traject anders in te richten waardoor de kosten en opbrengsten per trajectdeel beter op elkaar aansluiten (zie ook figuur 4). Bijvoorbeeld halverwege een traject meer/minder materieel inzetten door te rangeren of andere frequenties te bieden.



**Figuur 4: efficiëntie verhogen door differentiatie in materieel inzet**

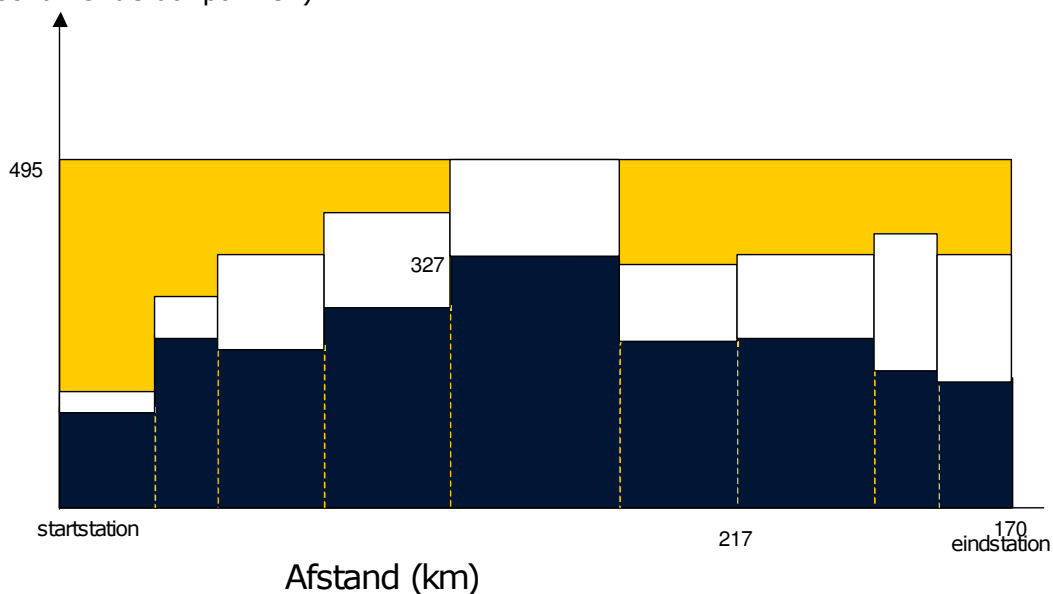
### 3. Voorbeelden uit de praktijk

De praktijk laat zien dat er tussen de treinseries grote verschillen in efficiëntie zijn. Met een aantal praktijkvoorbeelden laten we zien hoe de efficiëntiegrafiek van een treinserie eruit ziet, hoe goed deze is ten opzichte van andere series en indien nodig wat er in het voorliggende geval is gedaan of gedaan kan worden om de efficiëntie te verhogen. In het

voorbeeld met het nieuwe station is door toevoeging van het nieuwe station de TEM verbeterd

### 3.1 Intercity met dakpanvervoer

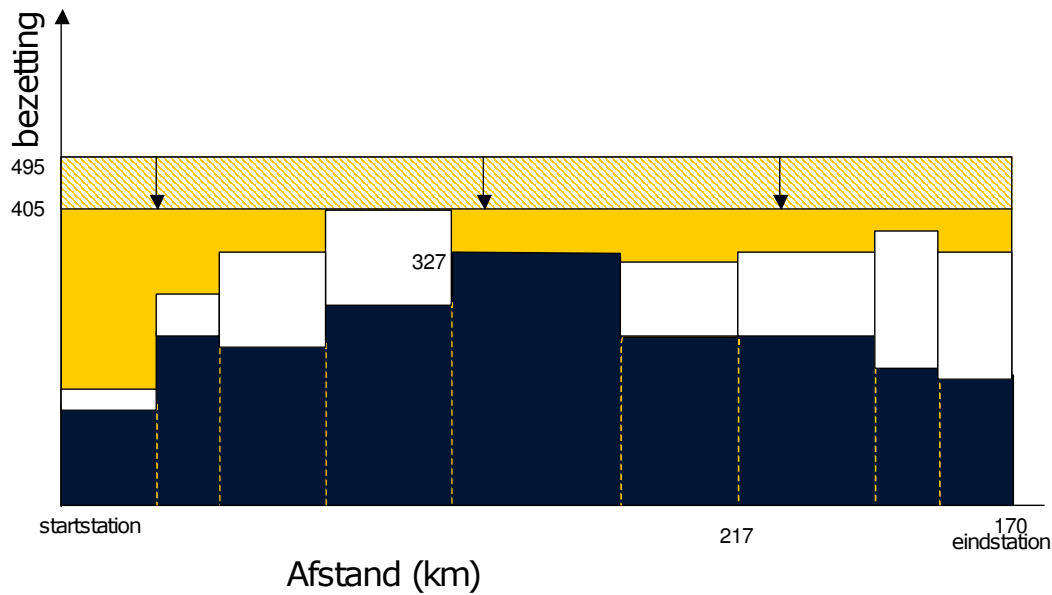
De meest efficiënte lijnen voor een vervoerder zijn die lijnen die een behoorlijk volume hebben, gelijkmatig over de lijn verdeeld, en waarbij de piek in de spits beperkt is. In de praktijk betreft dit veelal treinseries met relatief veel lange afstandsvervoer. Lange afstandsvervoer bestaat slechts voor een klein deel uit spitsreizigers (spitsreizigers maken juist kortere ritten), waardoor de piek in de spits beperkt is. Tevens zijn herkomsten en bestemmingen van de reizigers over de lijn verspreid. De herkomsten en bestemmingen van de reizigers schuiven als het ware mee wanneer je de route van de treinserie zou volgen. Dit wordt ook wel dakpanvervoer genoemd (naar de over elkaar schuivende dakpannen).



**Figuur 5: Intercity met dakpanvervoer**

In Figuur 5 is een treinserie met dakpanvervoer weergegeven. De grafiek laat een zeer gelijkmatige verdeling van de reizigers over het traject zien. Ook de piekbelasting in de spits is redelijk beperkt. De TEM is met een waarde van 47% hoog.

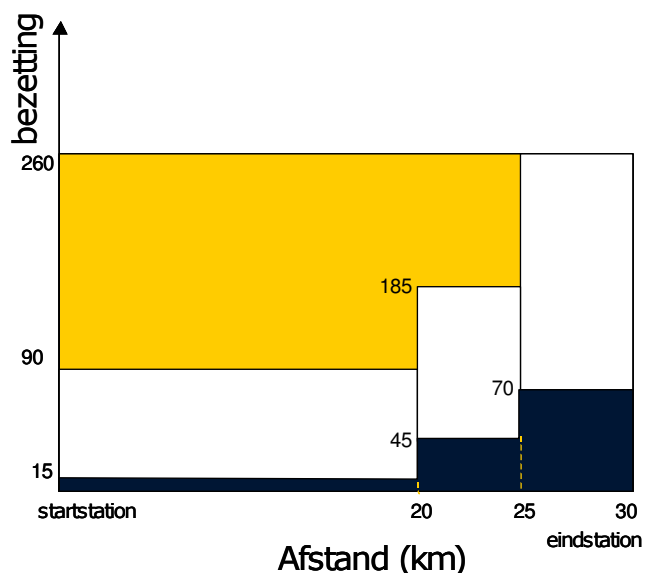
Toch is ook hier nog steeds de mogelijkheid om de efficiëntie te verbeteren. Op het maatgevende deeltraject kan in de spits bijvoorbeeld een extra trein worden ingezet om de spitspiek af te romen. In Figuur 6 is het effect van de ze maatregel op de efficiëntie zichtbaar gemaakt. De TEM stijgt van 47% naar 57%. De kosten van extra capaciteit in de spits zijn echter hoog, omdat het materieel de rest van de dag veelal werkloos is. Hierop dient een afweging te worden gemaakt.



**Figuur 6: Effect op de efficiëntie bij rijden extra trein op drukste deeltraject**

### 3.2 Sprinter met sterke verspitsing en spitsrichting

In Figuur 7 is de efficiëntie van een sprinterserie in de ochtendspits grafisch weergegeven. Deze serie scoort een zeer lage efficiëntie van slechts 13%. De lage efficiëntie wordt veroorzaakt door een hoge piekbelasting in de spits en een sterke spitsrichting. Een bijkomend probleem is dat de stations met de grotere aantallen in- en uitstappers zich op de laatste deel van het traject bevinden. Hierdoor maken deze reizigers maar een zeer beperkt aantal reizigerskilometers in deze treinserie. Op de eerste 2/3 van het traject is de trein nagenoeg leeg.

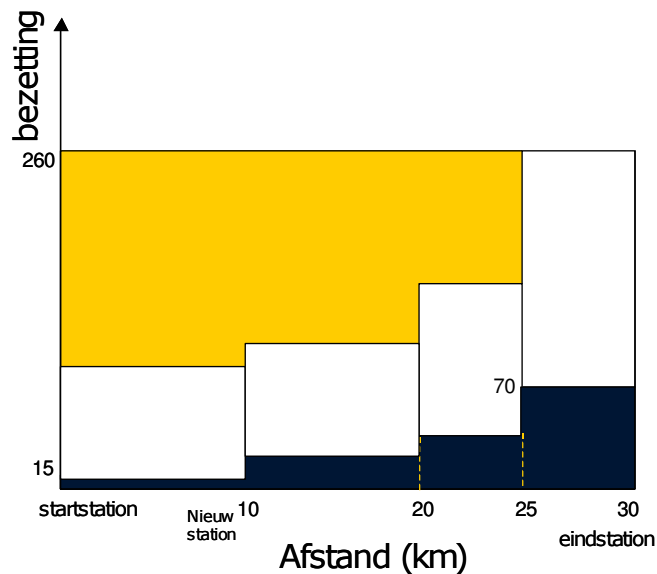


**Figuur 7: sprinter met een hoge piekbelasting en duidelijke spitsrichting**

Sinds enige tijd is er een nieuw station op het baanvak geopend waar deze sprinter ook stopt. Het aantal reizigers neemt hierdoor toe, maar bovenal neemt het gemiddelde aantal reizigerskilometers per reiziger toe. Dit komt door nieuwe reizigers die een



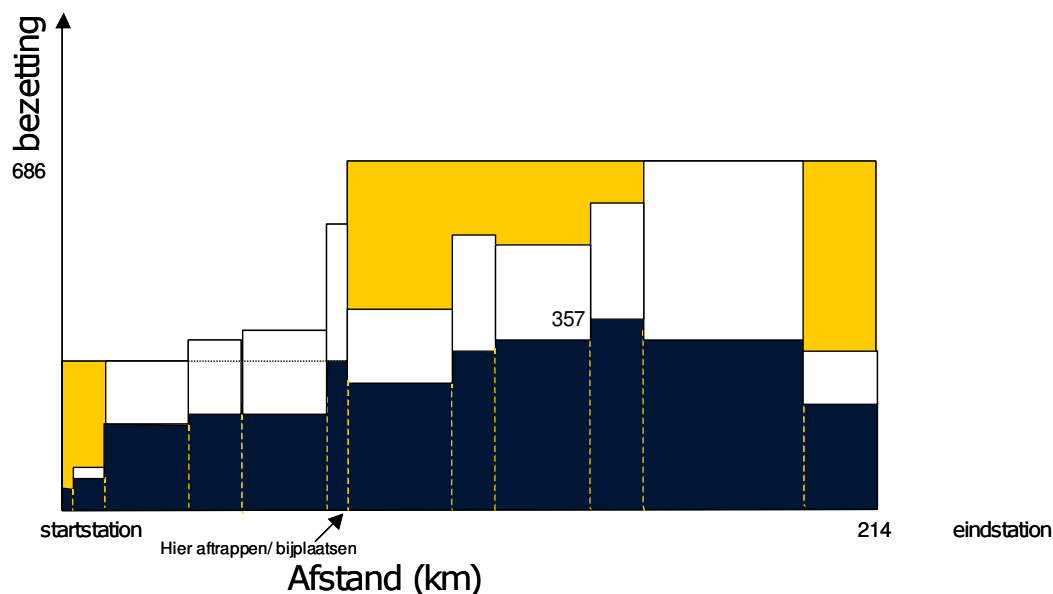
gemiddeld hoger aantal kilometers afleggen, maar ook door bestaande reizigers die voortaan op het nieuwe station opstappen en daardoor meer reizigerskilometers maken. De efficiëntie van de serie gaat hierdoor omhoog. Figuur 8 geeft het resultaat grafisch weer.



**Figuur 8: Gelijk aan Figuur 7, maar met nieuw station toegevoegd**

### 3.3 Regionaal aftrappen, maar ook nieuwe reizigers binnenhalen

Diverse intercityseries leggen een lang traject af, waarbij de treinen vaak slechts over een deel van het traject redelijk gevuld zijn. Je zou kunnen overwegen om zo'n serie op te splitsen in twee verschillende series, zodat je beter op maat kunt rijden. Maar aan de andere kant wil je de reiziger over de lange afstand ook een rechtstreekse verbinding blijven bieden. In dat geval kan het aftrappen/bijplaatsen ergens gedurende de rit een mogelijkheid zijn om de efficiëntie te verhogen. In Figuur 9 is het bijplaatsen van een treinstel na een deel van de rit grafisch weergegeven. In dit geval is er voor gekozen om alleen buiten de spits af te trappen en bij te plaatsen, omdat er tussen de 5<sup>e</sup> en de 6<sup>e</sup> tussenstop sprake is van een sterke piek in de spits die anders niet verwerkt kan worden.



**Figuur 9: treinserie met aftrappen/bijplaatsen buiten de spits**

Een alternatieve mogelijkheid om de efficiëntie te vergroten is de verkoop van kaartjes op de rustige trajecten van een serie te vergroten. In de serie in Figuur 9 zou bijvoorbeeld specifiek op het rustige traject het reizen per trein gestimuleerd kunnen worden door gerichte marketingacties. Hierdoor stijgt het aantal reizigerskilometers zonder dat de capaciteit vergroot hoeft te worden. Dit leidt tot een hogere TEM-waarde.

#### 4. Beschouwing

De auteurs wilden met dit paper een nieuwe, eenvoudige manier aanbieden om inzicht te verkrijgen in het optimaliseren van de efficiëntie van een treindienst. Voor alle treinseries binnen NS is deze TEM-berekening inmiddels gemaakt –elke serie heeft een rapportcijfer gekregen-, maar de analyse die tot het gewenste inzicht kan leiden, is nog niet voor alle series uitgevoerd. Gezocht wordt hoe deze analyse een plaats kan krijgen tussen de reguliere monitoring systemen. De eerste ervaringen met TEM hebben tot inhoudelijke (4.1) en methodische (4.2) inzichten geleid.

##### 4.1 Optimalisatie

In dit artikel hebben we beschreven op welke manier de efficiëntie van een treinserie bepaald kan worden. Het bepalen van de efficiëntie van een treinserie leidt er toe dat binnen de NS meer gevoel en inzicht ontstaat bij de vraag "hoe kan binnen de randvoorwaarde van beschikbare middelen zo veel en zo goed mogelijk vervoer geboden worden?".

Uit de bovenstaande voorbeelden wordt duidelijk dat een TEM van 1 in de praktijk onbereikbaar zal zijn. De uitdaging van een vervoerder is dan ook om een TEM-waarde richting de 1 te realiseren. Dit begint in eerste instantie door het zorgvuldig plannen van de dienstregeling en het bepalen van het benodigde materieel.

Op het moment dat de TEM-waarde te laag is kan er op korte termijn gezocht worden naar acties waarbij de trein op de rustige trajecten beter gevuld wordt. Tevens kan er gezocht worden naar een betere spreiding over de dag. Zodra een deel van het spitsverkeer in de daluren gaat rijden, hoeven de spitstreinen minder groot te zijn (kostendaling) terwijl de daltreinen een hogere bezettingsgraad krijgen.

Op de lange(re) termijn kunnen er aanpassingen in de ruimtelijke ordening worden gerealiseerd. In de buurt van een bestaand station kunnen extra woonruimten en/ of werkgelegenheid worden gecreëerd. Wat niet uit bovenstaande methode blijkt is dat er vaak een spitsrichting in een treindienst zit. Dat betekent dat de trein maar in een richting druk is en in de andere richting grotendeels leeg rijdt. Zodra beide richtingen meer in balans zijn, wordt de TEM-waarde hoger. Dit vergt echter een grote inspanning in de ruimtelijke ordening om in slaapsteden ook werkgelegenheid te creëren en op een kantoorlocatie ook woonruimte te bieden (zie hiervoor ook paper van Bruijn & Leutscher 2007). Naast het veranderen van het aantal reizigers per station kunnen er ook nieuwe stations worden geopend waardoor de bezettingsgraad van een treindienst beter wordt (zie ook voorbeeld in paragraaf 3.2). Voor de Intercity's bestaat ook de mogelijkheid om niet te stoppen op een station als daardoor de maximale grootte van het materieel te klein wordt.

#### *4.2 Methode*

In eerste instantie lijkt TEM misschien een gewone bezettingsgraadberekening. Op zich is dat niet verkeerd, omdat de bezettingsgraad een belangrijke indicator is voor de efficiëntie. Maar TEM is meer! Een bezettingsgraad-cijfer lijkt vaak een getal uit een black box, als resultante achteraf van de verplaatsingsbehoeften van de reizigers, het gekozen dienstregelingsproduct, en de manier hoe de dienstregeling wordt geoperationaliseerd (denk bijvoorbeeld aan de materieelinzet). Door de grafische weergave van TEM wordt duidelijk het verband gelegd tussen de reizigersmarkt en de efficiënte van de lijnvoering voor die markt. Door de operationele uitwerking, zoals de materieelinzet, expliciet buiten haakjes te plaatsen in TEM, levert dat geen vertekening op. De mogelijkheid om op gelijkwaardige wijze TEM voor een bestaande situatie als voor toekomstige scenario's te berekenen, levert extra inzicht en een hoge toepasbaarheid op.

#### **Literatuur**

"NS is verstedelijking op het spoor", Leutscher en Bruijn, CVS 2007