

EEN TREINVERTRAGING ZIT IN EEN KLEIN HOEKJE

Resultaten punctualiteitanalyse casestudy Rotterdam-Dordrecht

V.A. Weeda, TU Delft Transport & Planning, v.a.weeda@tudelft.nl

P.B.L. Wiggenraad, TU Delft Transport & Planning, p.b.l.wiggenraad@tudelft.nl

K.S. Hofstra, ProRail Verkeersleiding, klaas.hofstra@prorail.nl

Bijdrage aan het 33^e Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk,

23 en 24 november 2006, Amsterdam

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	4
1.1 Context	4
1.2 Theoretisch kader	4
1.3 Casestudy.....	5
1.4 Tools.....	5
2 Analyse dispunctualiteit	6
2.1 Werkwijze	6
2.2 Oorzaken dispunctualiteit.....	7
2.3 Analyse secundaire vertragingen.....	8
3 Haalbaarheid procestijden.....	8
3.1 Rijtijden.....	8
3.2 Halteertijden	9
3.3 Opvolgtijden.....	10
4 Conclusies en aanbevelingen.....	11
4.1 Conclusies	11
4.2 Aanbevelingen.....	11
Referenties.....	12

Samenvatting

Een treinvertraging zit in een klein hoekje

Resultaten punctualiteitanalyse casestudy Rotterdam-Dordrecht

In een casestudy (baanvak Rotterdam–Dordrecht in recente maanden) is de reizigers-treindienst geanalyseerd. Het ontstaan van alle vertragingen is gereconstrueerd met behulp van diverse gegevensbronnen en analysetools. Daaruit blijkt dat slechts 35% van de niet-punctuele aankomsten (3 minuten of meer te laat) wordt veroorzaakt door verstoringen bij de trein of aan de infrastructuur. Een groot deel van de onbetrouwbaarheid van de treindienst komt door problemen in het spanningsveld tussen planning en uitvoering.

Vaak zit een treinvertraging in een klein hoekje: geringe procesuitloop door krappe rij- en halteertijden is in de casestudy verantwoordelijk voor 10% van de dispunctualiteit (meer bij stoptreinen en in de spits). Evaluatie van de afzonderlijke processen wijst uit dat de geplande dienstregeling van intercity's in het algemeen uitvoerbaar is. Bij stoptreinen zijn in deze case echter zowel rijtijden als halteertijden in de huidige normering te krap gebleken, zelfs voor het merendeel van de treinen die niet door rode seinen gehinderd zijn.

Maar liefst 55% (bij intercity's wat meer, bij stoptreinen wat minder) van de niet-punctuele aankomsten is het gevolg van het doorgeven van vertragingen tussen treinen. Een groot deel wordt veroorzaakt bij krap geplande opvolgingen en door goederentreinen. Eenderde van deze “secundaire dispunctualiteit” is het gevolg van vertragingen kleiner dan 3 minuten.

Kleine procesuitloop en secundaire vertragingen zijn relatief eenvoudig te verminderen door goede samenwerking tussen dienstregelingontwerpers, verkeersleiding en rijdend personeel. Enerzijds is een uitvoerbare planning nodig, gebaseerd op praktisch bewezen haalbare rij-, halteer- en opvolgtijden. Anderzijds moet deze planning zo stipt mogelijk worden uitgevoerd. Als beginnende vertragingen in de kiem worden gesmoord (zeker ook bij het goederenverkeer), vermindert ook het aantal conflicten met andere treinen.

1 Inleiding

1.1 Context

De TU Delft werkt met railinfrabeheerder ProRail samen aan het TRANSUMO-onderzoek “Betrouwbaarheid van transportketens”. Dit project stelt zich ten doel te werken aan een duurzaam mobiliteitssysteem ten behoeve van de kwaliteit van de leefomgeving, het zorgvuldig omgaan met eindige energiebronnen en ondersteuning van economische ambities. Binnen het subproject “Traffic planning & management” is door de TU Delft, afdeling Transport & Planning onderzoek gedaan naar de relatie tussen storingen en vertragingen in het treinverkeer.

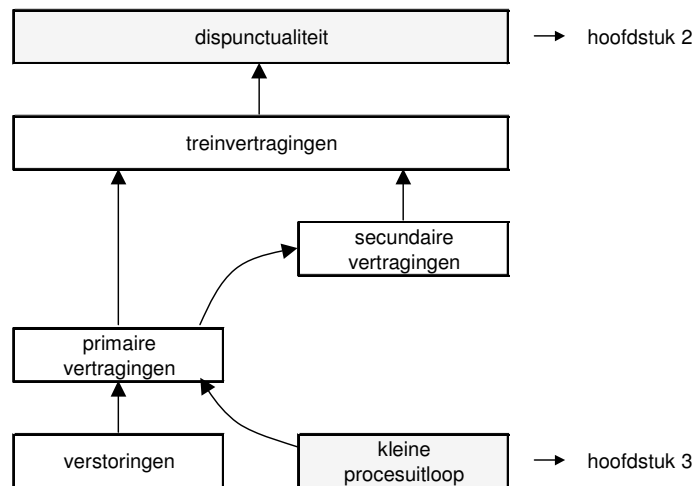
1.2 Theoretisch kader

De treindienst bestaat uit een aantal processen, zoals rijden tussen stations, halteren op een station en opvolgen (na elkaar over hetzelfde spoor). Voor elk proces is in de dienstregeling een bepaalde tijd gereserveerd. Soms wordt het proces echter niet binnen die tijd afgewikkeld:

- door eenduidig aanwijsbare verstoringen zoals defecten aan infrastructuur of materieel: niet beschikbaar zijn van productiemiddelen;
- door omstandigheden die binnen de aard van het proces liggen: een rustige rijstijl van de machinist, grote toeloop van reizigers e.d.;
- door vertragingsoverdracht als twee treinen achtereenvolgens over dezelfde infrastructuur rijden, van hetzelfde materieel gebruik maken of reizigers een aansluiting bieden.

De tijd die het proces langer duurt dan gepland, wordt in dit artikel aangeduid met vertraging (ProRail gebruikt intern voor de vertragingstoe- of afname de term *vertragingssprong* en verstaat onder *vertraging* het aantal minuten dat een trein te laat is). Als een vertraging veroorzaakt is door een andere trein, is sprake van een secundaire vertraging. Is er geen andere trein in het spel, dan is de vertraging primair. Door primaire en secundaire vertragingen neemt het aantal minuten dat een trein te laat is toe van de oorspronkelijke (vaak nul) tot een nieuwe waarde. Dit aantal kan ook afnemen door speling in rijtijden, halteertijden en keertijden.

Als een trein minder dan 3 minuten te laat aankomt op één van de 35 meetknooppunten, wordt de trein als punctueel geregistreerd. Bedraagt de aankomstvertraging 3 minuten of meer, dan is de trein dispunctueel. Een vertraging van 3 minuten of meer komt dus niet één-op-één overeen met een dispunctuele trein. De verbanden zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Begrippenkader vertragingen

1.3 Casestudy

In een casestudy is de treindienstuitvoering geanalyseerd op vertragingen. Gekozen is voor het baanvak Rotterdam–Dordrecht omdat daarvan infrastructuur- en treinenloopgegevens beschikbaar waren. Het geanalyseerde gebied sterkt zich uit tot en met de stations Schiedam en Dordrecht Zuid. Gebruikt zijn gedetailleerde gegevens van recente data (november 2005 en week 9 van 2006).

Tussen Rotterdam en Dordrecht rijden vier intercity's (zonder stop) en vier stoptreinen per uur. Daarnaast rijden er elk uur twee sneltreinen en één of twee internationale treinen. De analyse beperkt zich tot reizigerstreinen. Het goederenverkeer komt alleen aan de orde voor zover het effect heeft op de reizigersdienst. Realisatiegegevens van goederentreinen lenen zich slecht voor aggregatie doordat de dienstregeling en de treineigenschappen een sterk onregelmatig karakter hebben.

1.4 Tools

Het onderzoek is gebaseerd op TNV-logfiles; deze bevatten spoorbezettingen, seinstanden e.d. uit het TreinNummerVolgsysteem. Met de aan de TU Delft ontwikkelde software TNV-Prepare [1] kunnen hieruit tabellen per treinserie worden samengesteld. In een nieuwe indeling van de bestanden (Verbeterde TNV-Logfiles, ofwel VTL-files) is rijweginformatie toegevoegd. Dit maakt een aantal nieuwe functionaliteiten mogelijk. De hiervoor binnen NS Logistiek ontwikkelde VTL-tool voert de volgende acties uit:

- De chronologische meldingen van infrastructuurelementen in de VTL-file worden gesorteerd op sectiebezettingen per treinserie.

- Hieruit worden met behulp van actuele treineigenschappen (lengte, aanzet- en remkarakteristiek) aankomst-, vertrek- en doorkomsttijden berekend.
- Door sectiebezettingen met seinstanden te vergelijken, wordt een lijst van ongeplande stops gemaakt. Op basis hiervan is vastgesteld welke ritten gehinderd waren.

Voor aanvullende handmatige analyses is gebruik gemaakt van TNV-Replay. In deze applicatie is de treindienst als een filmpje “opnieuw af te spelen” op een grafische weergave van de infrastructuur.

2 Analyse dispunctualiteit

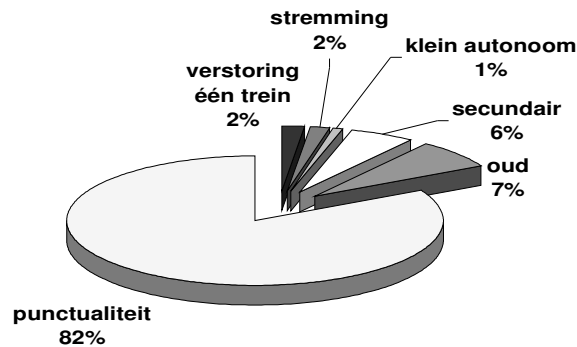
2.1 Werkwijze

Uitgegaan wordt van VTL-aankomsttijden van reizigerstreinen uit het noorden in Dordrecht en van die uit het zuiden in Rotterdam. Voor alle meer dan 3 minuten te laat aangekomen treinen is met de VTL-tool en TNV-Replay uitgezocht wat hun verlate aankomst veroorzaakt heeft. De dispunctuele aankomsten zijn in categorieën ondergebracht door “afpellen”:

- Als de trein sinds het binnenrijden van het studiegebied steeds meer dan 3 minuten vertraagd is geweest, is de vertraging aangemerkt als *oud*. Vertragingen die hier eventueel bovenop komen, zijn niet in de analyse meegenomen.
- Vervolgens is bekeken of de vertraging vermeld is in het Registratiesysteem Bijzondere Voorvallen. Deze incidentregistratie is tamelijk onvolledig maar geeft in ieder geval een verklaring voor een deel van de vertragingen groter dan 3 minuten. Meestal gaat het daarbij om primaire vertragingen als gevolg van een *verstoring*, soms zijn ook secundaire vertragingen beschreven. Vertragingen als gevolg van een *stremming* zijn in een aparte categorie ondergebracht omdat ze eigenlijk elke keer opnieuw primair zijn, maar wel het gevolg van een gemeenschappelijk incident.
- Met de functionaliteit van de VTL-tool om stops voor rode seinen af te leiden is een groot aantal vertragingen als *secundair* aangemerkt.
- De overige gevallen zijn bekeken in TNV-Replay. Sommige vertragingen waren alsnog te identificeren als secundaire. Alle andere vertragingen groter dan 3 minuten zijn in de categorieën verstoring en stremming ondergebracht.
- Een laatste categorie heeft geen duidelijke oorzaak maar is het cumulatieve gevolg van een aantal enigszins uitlopende processen: dispunctualiteit door *kleine* vertragingen.

2.2 Oorzaken dispunctualiteit

Van de treinen tussen Rotterdam en Dordrecht v.v. in week 9 van 2006 kwam 18% in resp. Dordrecht en Rotterdam 3 minuten of meer te laat aan. De oorzaken van deze dispunctualiteit volgend uit bovengenoemde analyse zijn weergegeven in Figuur 2.



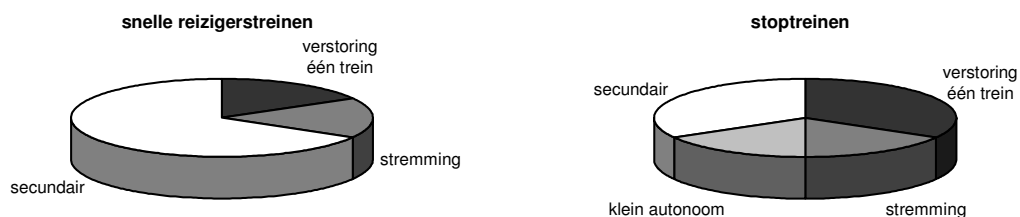
Figuur 2: Opbouw punctualiteit Rotterdam–Dordrecht week 9 van 2006

De oorzaak van de 7% dispunctualiteit ontstaan buiten het casestudygebied is onbekend; deze gevallen blijven verder buiten beschouwing. Aan de 11% dispunctualiteit die binnen het case-studygebied is ontstaan, dragen de verschillende oorzaken als volgt bij:

- 20% verstoringen waarbij één trein betrokken was.
- 15% stremmingen.
- 10% kleine procesuitloop (meermalen vertraging kleiner dan 3 minuten). Bij bepaalde treinseries is dit 20%, evenals in de spits gerekend over alle treinseries.
- 55% secundaire vertragingen.

Uitsplitsing naar treinsort

Uitsplitsing naar snelle en stoptreinen geeft het beeld in Figuur 3. Bij intercity's, sneltreinen en internationaal verkeer is het grootste deel van de dispunctualiteit secundair; dat is logisch omdat de snelste treinen een relatief grote kans hebben om bij langzamere treinen achterop te lopen. Bij stoptreinen is de verdeling over oorzaken genuanceerder. Hier speelt het gezamenlijke effect van kleine vertragingen een duidelijke rol. Dit komt ook voor bij bepaalde intercityseries.



Figuur 3: Oorzaken van in het gebied ontstane dispunctualiteit Rotterdam-Dordrecht

2.3 Analyse secundaire vertragingen

Secundaire vertragingen zijn in bijna alle gevallen conflicten bij successievelijk gebruik van infrastructuur; reizigers- en materieelaansluitingen spelen een ondergeschikte rol in de vertragingsoverdracht. Nadere analyse van deze conflicten wijst het volgende uit:

- Goederentreinen veroorzaken maar liefst 36% van de conflicten, terwijl zij maar 12% van het treinverkeer tussen Rotterdam en Dordrecht uitmaken. Deze bovenproportionele impact laat zich verklaren door een combinatie van aanzienlijke lengte, trage acceleratie en slecht op tijd rijden. Bovendien vraagt goederenverkeer in de Rotterdamse Willemspoortunnel veel capaciteit omdat vanwege de steile hellingen voor of achter een goederentrein geen andere trein op hetzelfde spoor in de tunnel aanwezig mag zijn.
- Bij treinseries die planmatig direct vooraf worden gegaan door een andere trein (opvolgtijd 3 minuten) blijkt 30% tot 75% van de secundaire vertragingen te worden veroorzaakt door deze voorganger.
- Van de secundaire dispunctualiteit is 30% het gevolg van vertragingen kleiner dan 3 minuten. Bij treinen die kort achter een andere trein over hetzelfde spoor gepland zijn, is dit aandeel zelfs 50%.

3 Haalbaarheid procestijden

Uit de punctualiteitanalyse is gebleken dat een deel van de vertragingen in de casestudy het gevolg is van kleine procesuitloop zonder aanwijsbare oorzaak; dit loopt op tot 20% van de lokaal ontstane dispunctualiteit in de spits. Dat suggereert dat de geplande rij- en halteertijden van sommige treinseries structureel niet gehaald worden. De haalbaarheid van procestijden is geëvalueerd aan de hand van ongehinderde treinen: treinen die bij het rijden danwel halteren niet voor een rood sein hebben hoeven wachten.

3.1 Rijtijden

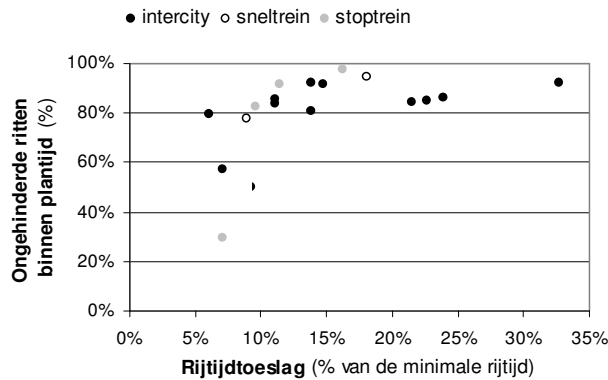
De rijtijden waarop de dienstregeling gebaseerd is, worden berekend uit infrastructuur- en materieeleigenschappen. Daar wordt volgens de planningsnorm minstens 7% speling bij opgeteld om variaties in rijgedrag, weersomstandigheden, treinbelading e.d. op te vangen. Door afronding en passend maken van de dienstregeling valt de speling vaak hoger uit, zodat de haalbaarheid van verschillende spelingpercentages kan worden vergeleken (zie Figuur 4; elk stipje staat voor een bepaalde treinserie in één richting).

- Een speling van 7% maakt rijtijden van intercity's haalbaar voor meer dan 80% van de

treinen. Veel meer speling verbetert dit cijfer nauwelijks.

- Voor stoptreinen lijken de rijtijden pas vanaf ca. 10% speling haalbaar. De norm van 7% rijtijdspeling is in deze case onvoldoende (zie de grijze stip bij 30%).

Uitsplitsing van gemeten rijtijden naar tijdstip laat geen verschil tussen spits en dal zien.



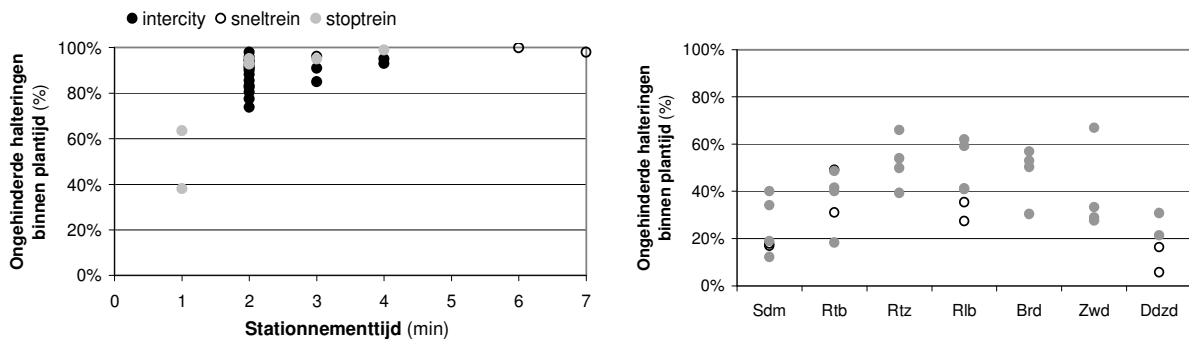
Figuur 4: Haalbaarheid ongehinderde rijtijden

Hoe laat het verschil tussen intercity's en stoptreinen zich verklaren? Voor het antwoord op die vraag is het goed te bedenken waardoor de behoefte aan speling ontstaat. Rijtijdspeling is bedoeld om schommelingen in de rijtijd op te vangen als gevolg van o.a. weersomstandigheden, rijstijl, treinsamenstelling en belading. Deze factoren verminderen hoofdzakelijk de acceleratie en eventueel het remgedrag van de trein, maar niet de maximumsnelheid op zich. De behoefte aan speling ligt daarom vooral in het acceleratie- en deceleratiegebied van de trein, rondom stations dus. Zo bekeken is het opmerkelijk dat de hoeveelheid rijtijdspeling bepaald wordt als percentage van de minimale rijtijd en niet als vast bedrag per stop.

3.2 Halteertijden

Halteertijden hangen onder andere af van het aantal in- en uitstappers en worden daarom op grote en kleine stations verschillend gepland. Op knooppuntstations bedraagt de norm 1, 2 of 3 minuten afhankelijk van treintype en belang van het station. Haltes hebben een materieelafhankelijk stationnement variërend van 0,5 tot 0,7 minuut. Praktijkanalyse laat het volgende zien ten aanzien van de ongehinderde realisaties (zie Figuur 5):

- Stationnementen vanaf 2 minuten zijn haalbaar voor meer dan 70% van de treinen.
- De 1 minuut die voor stoptreinen in Dordrecht beschikbaar is, is erg krap: ongeveer de helft van de treinen overschrijdt het geplande stationnement.
- Stationnementen van 0,5 – 0,7 minuut op haltes zijn doorgaans niet haalbaar. Van de sneltreinen slaagt zelfs minder dan 30% erin binnen de planning te halteren.



Figuur 5: Haalbaarheid ongehinderde halteertijden op knooppunten (links) en haltes (rechts)

Halteertijden zijn in de spits wat langer dan in de daluren. Op de knooppunten blijft de halteertijd in het algemeen in de spits nog binnen de planning. Op haltes wordt het geplande stationnement in het dal al vaak niet gehaald en zijn de problemen in de spits nog groter. Een krap stationnement hoeft geen probleem te zijn –het voorkomt dat treinen hun vertrektijd afwachten– maar dan moet het tekort wel in de rijtijd daarna gecompenseerd worden.

Aan de ETH Zürich en recenter aan de TU Delft is onderzoek gedaan naar de invloed van factoren als aantal in- en uitstappers, materieleigenschappen en perronconfiguratie op halteertijden [5 en 6]. De bijbehorende rekenmodellen en theorieën zijn toegepast op de metingen tussen Rotterdam en Dordrecht. Daaruit blijkt dat een aanzienlijk deel van de halteertijd onafhankelijk is van het aantal reizigers: ongeveer 30 seconden bij stoptreinen en 60 seconden bij intercity's. Deze component is wellicht te bekorten door verbeteringen in het proces; ideeën hiervoor zijn uitgewerkt in [2].

3.3 Opvolgtijden

In Nederland wordt met een beperkte set algemene normen gewerkt voor het plannen van opeenvolgende treinen over hetzelfde spoor of wissel (bijvoorbeeld 3 minuten opvolgtijd). Met de lokale infrastructuurconfiguratie wordt in principe geen rekening gehouden. Daardoor ontstaan situaties waarin tussen twee treinbewegingen onvoldoende buffertijd overblijft, zodat treinen elkaar vaak hinderen. Omdat het probleem van te krappe opvolgtijden op conflictpunten al langer bekend is, is het in deze casestudy niet opnieuw onderzocht. In een eerdere CVS-bijdrage [4] is als oplossing aangedragen in principe met lokale opvolgtijden en voldoende buffertijd te plannen (*voorkomen* van hinder). Als dit niet mogelijk is, dient de secundaire vertraging gecompenseerd te worden in de rijtijd van de tweede trein (*genezen*). De behoefte aan buffertijd of extra rijtijdspeling is overigens kleiner naarmate de punctualiteit van de eerste trein beter is.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Verstoringen van het treinverkeer (infrastructuur- en materieeldefecten, agressieve reizigers) zijn moeilijk of slechts tegen hoge kosten te verminderen. Dergelijke verstoringen zijn echter slechts verantwoordelijk voor 35% van de dispunctualiteit.

Uit de onderzochte case blijkt dat een aanzienlijk deel van de dispunctualiteit veroorzaakt wordt door:

- kleine autonome procesuitloop: 10% (op bepaalde plaatsen en tijden zelfs 20%), als gevolg van krap geplande rij- en halteertijden. Dit probleem blijkt zich te concentreren rondom stoptreinen. Voor intercity's geldt dat stationnementen en rijtijden volgens de huidige normering haalbaar zijn voor het merendeel van de ongehinderde treinen, terwijl bij stoptreinen zowel de rijtijden met 7% speling als de stationnementen op haltes van 0,5 – 0,7 minuut krap zijn.
- secundaire vertragingen: 55% (intercity's 67%) waarvan een derde kleiner dan 3 minuten, grotendeels veroorzaakt bij krap geplande opvolgingen en door goederentreinen.

Kortom: een treinvertraging komt lang niet altijd door herkenbare verstoringen, maar zit vaak in een klein hoekje. Dit wijst in dezelfde richting als een belangrijke conclusie van een door ProRail uitgevoerde punctualiteitanalyse over 2005 [3], namelijk dat slechts een kwart van de dispunctualiteit veroorzaakt wordt door verstoringen en de rest door de kwaliteit van het plan en de scherpheid in de uitvoering.

4.2 Aanbevelingen

In de genoemde categorieën is relatief eenvoudig winst te behalen. Zowel de kleine autonome procesuitloop als de secundaire vertragingen kunnen worden verminderd door een aanpak op twee terreinen:

- Ten eerste is een uitvoerbare planning nodig. Dat begint met haalbare individuele procestijden: rij-, halte- en opvolgtijden. Voor uitvoerbaarheid is de praktijk leidend; terugkoppeling van uitvoering naar planning verdient dan ook een reguliere plaats in het ontwerpproces van de dienstregeling. Een uitvoerbare planning vergt ook anders omgaan met speling: niet als vast percentage van de minimale rijtijd, maar daar waar het nodig is, namelijk in het acceleratie/remgebied en bij conflictpunten.

- Tegelijk moet de uitvoering conform de planning plaatsvinden: stipt vertrekken (in het bijzonder op haltes) en precies volgens dienstregeling blijven rijden. Omdat de dienstregeling in principe conflictvrij ontworpen is, worden daarmee ook secundaire vertragingen voorkomen. Goederenverkeer vraagt daarbij speciale aandacht omdat het relatief veel conflicten veroorzaakt.

Nu komt het thema “Samenwerken” om te hoek kijken. Dienstregelingontwerpers, verkeersleiding en rijdend personeel hebben elkaar immers nodig. Enerzijds laat een slechte planning zich moeilijk uitvoeren. Anderzijds op een slechte uitvoering is geen planning te baseren. Het belang van een goede terugkoppeling tussen planning en uitvoering wordt langzaam maar zeker steeds breder onderschreven binnen de spoorsector. De recente oprichting van een Prestatieanalysebureau bij ProRail Verkeersleiding is een concrete goede stap in deze richting.

Referenties

1. Goverde, R.M.P. en I.A. Hansen, “TNV-Prepare: Analysis of Dutch railway operations based on train detection data”. In: J. Allen e.a., *Computers in Railways VII*, WIT Press, Southampton, 2000, pp. 779-788.
2. Hofstra, K.S., *Prestatie Analyse: Punctualiteit, Eindrapport eerste fase*. Intern rapport ProRail, december 2005.
3. Horsman, B. en K.S. Hofstra, *Conclusies punctualiteitanalyses 2005*. Intern rapport ProRail, maart 2006.
4. Weeda, V.A. en P.B.L. Wiggenraad, “Plannen met speling, spelen met de planning. Betrouwbare treindienst door nieuwe planningsnorm.” In: *Bundling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, Antwerpen, 2005, pp. 831-847.
5. Weidmann, U., “Berechnung der Fahrgastwechselzeiten - Die Leistungsfähigkeit von Fahrzeugeinstiegen - Einflüsse und Auswirkungen”. In: *Der Nahverkehr 13* (1995), Heft 1-2, pp. 64-72.
6. Wiggenraad, P.B.L., *Alighting and boarding times of passengers at Dutch railway stations*. TRAIL Research School, Delft, december 2001.