

Betrouwbaar OV door integrale beheersing

Niels van Oort
HTM Personenvervoer / TU Delft
n.van.oort@HTM.net

Rob van Nes
TU Delft
R.vanNes@tudelft.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2008, Santpoort**

Samenvatting

Betrouwbaar OV door integrale beheersing

RandstadRail is het eerste lightrail systeem in Nederland. Het netwerk bevindt zich in de regio van Den Haag en Rotterdam. RandstadRail biedt hoogwaardig openbaar vervoer: hoge frequenties, snel, comfortabel en betrouwbaar. RandstadRail vervangt en verbindt voormalige tram-, metro- en spoorlijnen. Dit onderzoek richt zich op de voormalige Zoetermeerlijn en de tramlijnen in Den Haag. RandstadRail bestaat op dit deel uit twee lijnen (lijn 3 en 4) die in Zoetermeer en Den Haag eigen eindpunten hebben, maar op een groot deel samen rijden.

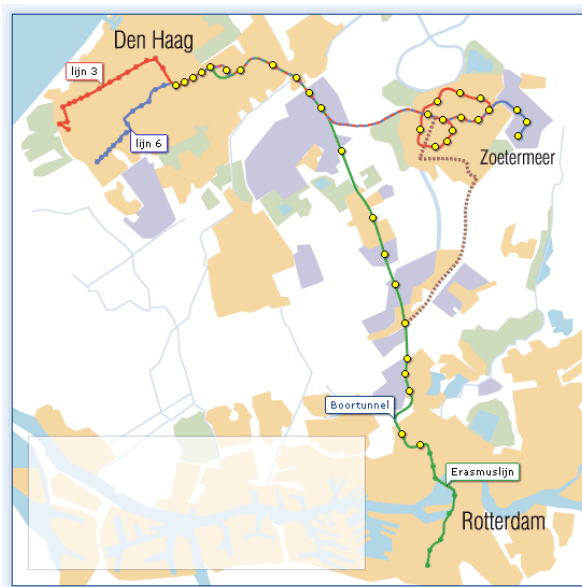
Om een hoge kwaliteit te bieden is, met het oog op stiptheid, regelmaat en op efficiënt gebruik van de infrastructuur, besloten om een beheersingsfilosofie toe te passen. De belangrijkste stappen daarin zijn: voorkomen, opvangen en bijsturen van spreiding, resp. de exploitatie. De stiptheid wordt via een display in de cabine getoond aan de bestuurder, zodat hij zijn rijstijl kan aanpassen aan de dienstregeling. Bovendien heeft de Centrale Verkeersleiding zicht op alle voertuigen en hun stiptheid. In geval van verstoringen kunnen de verkeersleiders de dienstuitvoering bijsturen. RandstadRail heeft een groot aandeel eigen, vrije baan en heeft veelal prioriteit bij verkeerslichten. De voertuigen hebben brede deuren en bieden een gelijkvloerse instap, wat het halteproces positief beïnvloed.

Na de start van RandstadRail zijn alle maatregelen uit de beheersingsfilosofie geanalyseerd op basis van actuele data van de dienstuitvoering. Het blijkt dat de variatie in rijtijd is afgenomen ten opzichte van de oude situatie en dat de stiptheid is toegenomen. Door een hogere betrouwbaarheid is de gemiddelde reistijd van passagiers afgenomen. Toegenomen regelmaat heeft ook de kans op een (zit)plaats verhoogd en de onzekerheid bij reizigers is afgenomen. Het ligt in de lijn der verwachting dat de positieve effecten blijven groeien door technische verbeteringen en een toenemende ervaring met exploitatie en beheersingssystemen.

1. Inleiding

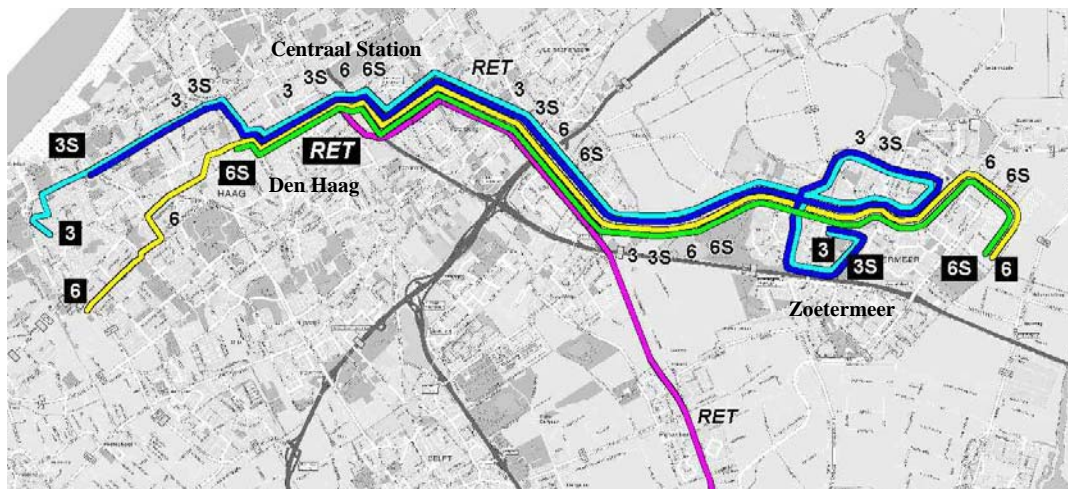
RandstadRail is het eerste lightrail systeem in Nederland. Het netwerk bevindt zich in de regio van Den Haag en Rotterdam. RandstadRail biedt hoogwaardig openbaar vervoer: hoge frequenties, snel, comfortabel en betrouwbaar. RandstadRail vervangt en verbindt voormalige tram-, metro- en spoorlijnen. RandstadRail onderscheidt twee belangrijke railnetwerken (zie figuur 1).

1. De tramlijnen 3 en 6 in Den Haag zijn verbonden met de voormalige Zoetermeerlijn (de treinverbinding tussen Den Haag en Zoetermeer). HTM Personenvervoer exploiteert deze lijnen;
2. De secundaire spoorlijn tussen Den Haag en Rotterdam (de Hofpleinlijn) wordt verknoopt met de Rotterdamse metro. RET exploiteert deze lijn.



Figuur 1: Netwerk RandstadRail

Dit onderzoek richt zich op de voormalige Zoetermeerlijn en de tramlijnen in Den Haag. RandstadRail bestaat op dit deel uit twee lijnen (lijn 3 en 4 (voorheen 6)) die in Zoetermeer en Den Haag eigen eindpunten hebben, maar op een groot deel samen rijden (zie figuur 2).



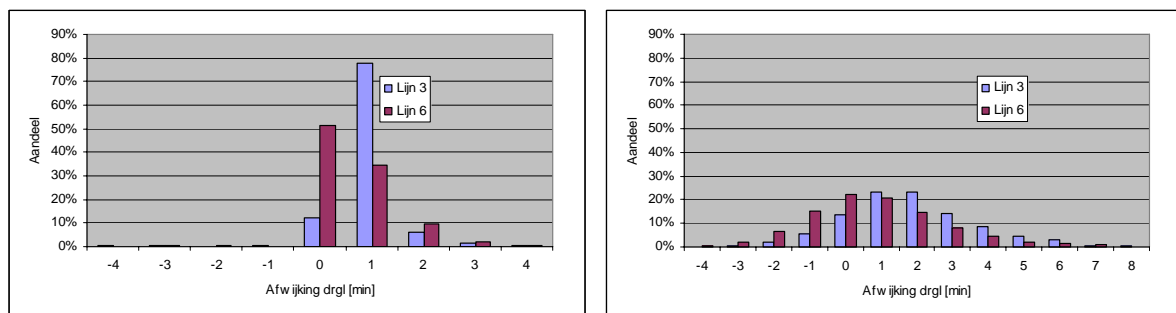
Figuur 2: RandstadRail 3 en 4(voorheen 6)

Dit paper beschrijft mogelijkheden op strategisch en tactisch niveau voor het vergroten van de betrouwbaarheid: netwerk-, resp. dienstregelingsontwerp. In de literatuur wordt veel aandacht besteed aan het vergroten van de betrouwbaarheid op operationeel niveau (zoals bijv. [2,5,6]), terwijl er ook mogelijkheden zijn op de planningsniveaus (bijv. [10,11]). Dit paper combineert beide aanpakken om te komen tot een optimaal betrouwbaar OV systeem en is een vervolg op eerder onderzoek [8]. De beheersingsmethode die in het eerdere onderzoek is voorgesteld is inmiddels verfijnd en daarnaast zijn ook de eerste resultaten uit de praktijk beschikbaar. Deze worden in dit paper gepresenteerd.

2. Noodzaak voor beheersing

Voor de komst van RandstadRail werd het openbaar vervoer in Den Haag en omstreken niet op een verfijnde manier beheerst. De bestuurder was op de hoogte van zijn vertrektijd aan het begin van de lijn en wist ook de aankomsttijd op het eindpunt. Tijdens de rit, met name in stedelijk gebied, ontstaan verstoringen die leiden tot een spreiding in rijtijden [6].

Deze spreiding van lijnen wordt uitgebreid geanalyseerd in [11]. Ter illustratie zijn in figuur 3 de spreiding van de tramlijnen 3 en 6, die getransformeerd zijn naar RandstadRail, weergegeven. De eerste halte en een halte in het midden van de route zijn weergegeven. In de figuur is te zien dat de spreiding aan de beginhalte ongeveer 3 minuten is. In het centrum is de spreiding opgelopen tot ca. 10 minuten.



Figuur 3: Stiptheid van tramlijn 3 en 6 op de eerste (links) en middelste (rechts) halte

Tussen Zoetermeer en Den Haag bestaat RandstadRail uit twee lijnen, die beiden in de spits 12 keer per uur per richting rijden. Dit betekent een 2,5 minutendienst op het deel, waar beide lijnen samen rijden. Deze hoge frequenties in combinatie met de spreiding zoals in figuur 3 zijn onmogelijk. Dit onderzoek beschrijft mogelijkheden om deze afwijkingen te minimaliseren om zo een hoge stiptheid en regelmaat te bereiken. Dit is om twee redenen noodzakelijk:

- Het bieden van hoogwaardige kwaliteit
In het geval van een OV lijn met een hoge regelmaat en een uniforme aankomst van reizigers op de halte is de kans op een (zit)plaats maximaal door een gelijke verdeling van reizigers over de voertuigen. Daarnaast is de wachttijd op de halte minimaal bij een regelmatig aanbod van OV [7].
- Het voorkomen van files op het spoor
Op delen van RandstadRail wordt beveiliging toegepast, waardoor de capaciteit beperkt wordt, vergeleken met een situatie zonder beveiliging. Op het drukste deel van de lijn is de totale frequentie van alle lijnen (tram en RandstadRail) ongeveer 40 voertuigen per uur per richting. Als er een regelmatig patroon van aankomst van voertuigen wordt verondersteld is de capaciteit voldoende. Als deze regelmaat wordt verstoord, ontstaat er filevorming van railvoertuigen met vertragingen tot gevolg.

Een opeenhoping van voertuigen moet worden voorkomen [zie 8]. Om dit te bereiken moet aandacht worden besteed aan het voorkomen van afwijkingen ten opzichte van de

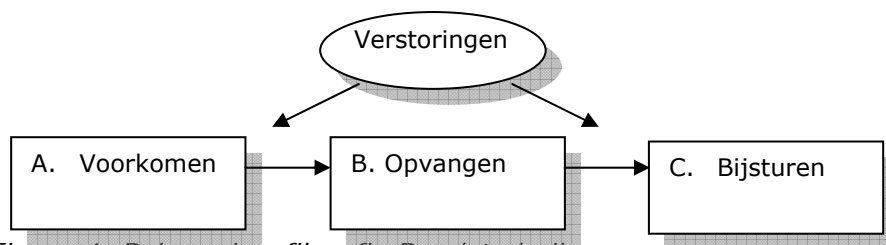
vastgestelde dienstregeling, naast het beperken van de effecten hiervan. RandstadRail is een regionaal OV-systeem met een hoge betrouwbaarheid. Om dit te garanderen, stelt de opdrachtgevende overheid verschillende eisen. De eisen voor betrouwbaarheid zijn als volgt [12]:

- maximaal 0% van de ritten rijdt te vroeg;
- maximaal 5% van de ritten rijdt heeft een vertraging groter dan 2 min;
- maximaal 1% van de ritten rijdt heeft een vertraging groter dan 4 min.

Zonder extra maatregelen zijn deze waarden niet haalbaar, gelet op de huidige afwijkingen van de tram en de geplande hoge frequenties. Er moeten op zowel plannings- als ook op operationeel niveau maatregelen genomen worden. De volgende paragraaf geeft een overzicht van dit pakket aan maatregelen: de beheersingsfilosofie.

3. Beheersingsfilosofie

Zoals de vorige paragraaf liet zien, moet de variatie in rijtijden en afwijkingen van de dienstregeling worden voorkomen. Om dit te bereiken heeft HTM een nieuwe, 3-staps beheersingsfilosofie ontworpen. Figuur 4 laat deze drie stappen zien. Deze paragraaf licht dit verder toe.



Figuur 4: Beheersingsfilosofie RandstadRail

3.1 Stap A Voorkomen

De eerste stap is het voorkomen van afwijkingen. Dit is de belangrijkste stap: voorkomen is immers beter dan genezen. Er zijn verschillende manieren om spreiding te voorkomen. Bij RandstadRail zijn de volgende aanpassingen toegepast:

3.1.1 Verbetering van infrastructuur

Infrastructuur vormt een belangrijke oorzaak van spreiding. RandstadRail bestaat feitelijk uit twee delen: de voormalige tram en de voormalige trein. De laatste is voorzien van 100% vrije baan zonder kruisingen met overige verkeer, terwijl de tram dit wel heeft. Voor RandstadRail is een groot deel van de infrastructuur verbeterd, dit zorgt voor meer vrije baan, minder kruisingen en meer prioriteit bij verkeerslichten.

3.1.2 Actuele punctualiteitsinformatie voor bestuurder

Om de bewustwording van het belang van stiptheid te vergroten bij bestuurders en hen beter te helpen op tijd te rijden, wordt er actuele informatie over de stiptheid van het voertuig getoond in de cabine. Figuur 5 laat deze display zien.



Figuur 5: Display in cabine RandstadRail met stiptheidsinformatie

De vertraging is aangegeven in kwart minuten en de achtergrondkleur verandert afhankelijk van of het voertuig te vroeg, te laat of op tijd is. Deze informatie helpt de bestuurder op tijd te vertrekken en voorkomt te vroeg vertrekken op de haltes.

3.1.3 Op tijd vertrekken

De vertrekstiptheid was voor de introductie van RandstadRail niet hoog (zie figuur 3), noch de stiptheid op de haltes onderweg. Om een hoge(re) stiptheid te bereiken is een grote spreiding aan het beginpunt onacceptabel. De volgende zaken beïnvloeden de vertrekstiptheid en zijn verbeterd bij RandstadRail:

- het voertuig is op tijd bij de beginhalte. Hiervoor dient er voldoende buffer in de rij- en keertijd te zijn;
- de bestuurder is op tijd op de beginhalte. Als een bestuurder niet op tijd inlogt, wordt de Centrale Verkeersleiding gewaarschuwd. Zij kunnen maatregelen nemen;
- het tijdstip van vertrek na de pauze wordt aangegeven bij aankomst op het eindpunt alsook in de wachtgelegenheid;
- de stiptheid wordt continu gemonitord en gepubliceerd.

RandstadRail mag niet te vroeg vertrekken van de halte. Te vroeg rijden creëert spreiding in rijtijden en leidt tot opeenhoping van voertuigen. Dit verlaagt de kwaliteit: langere wachttijden en een kleinere kans op een (zit)plaats voor de reiziger. De bestuurder ziet op een display in de cabine zijn stiptheid. Als een voertuig te vroeg aankomt op een halte, moet zijn halteertijd verlengd worden. Deze verlenging is echter kort, omdat de rijtijden strak zijn opgezet en er ook niet te vroeg vertrokken is van de vorige halte. Om het effect van bovenstaande maatregelen te bepalen is een model ontwikkeld dat de stiptheid en de extra wachttijd als gevolg van spreiding kan berekenen. De normale situatie is vergeleken met het geval dat alle vertrekken op de beginhalte stipt zijn en er nooit te vroeg wordt vertrokken van de tussenhalthes. De stiptheid wordt berekend volgens formule 1.

$$\bar{p}_j = \frac{\sum_i |t_{i,j}^{real} - t_{i,j}^{planned}|}{n_i} \quad (1)$$

waarin:

\bar{p}_j	= gemiddelde stiptheid op halte j
$t_{i,j}^{real}$	= werkelijke vertrektijd voertuig i op halte j
$t_{i,j}^{planned}$	= geplande vertrektijd voertuig i op halte j
n_i	= aantal voertuigen
j	= halte index
i	= voertuig index

Hoewel stiptheid een veel gebruikte indicator is voor de betrouwbaarheid, geeft het deze niet het beste weer. Om een beter beeld te krijgen voor reizigers is extra wachttijd een betere indicator [11]). De formules 2-4 tonen de algoritmes om deze te berekenen. Op basis van reizigersonderzoek [3] wordt aangenomen dat reizigers aankomen in de periode tussen 1 minuut voor en 2 minuten na de vertrektijd. Als het voertuig buiten deze bandbreedte vertrekt, ervaart de reiziger extra wachttijd. Bij een te vroeg vertrek is dat een geheel interval. Bij een te laat vertrek is dat de vertraging van het voertuig.

$$\begin{cases} ET_{i,j} = H, & p_{ij} \leq -120 \\ ET_{i,j} = 0, & -120 < p_{ij} < 60 \\ ET_{i,j} = p_{tj}, & p_{ij} \geq 60 \end{cases} \quad (2)$$

$$ET_j = \frac{\sum_i ET_{i,j}}{n_i} \quad (3)$$

$$ET_{stop} = \sum_j \alpha_j * ET_j \quad (4)$$

waarin:

- $ET_{i,j}$ = extra wachttijd voertuig i op halte j
- ET_{stop} = gemiddelde extra wachttijd per passagier
- H = interval
- α_j = aandeel reizigers dat instapt op halte j
- $p_{i,j}$ = afwijking dienstregeling van voertuig i op halte j

In een case studie [11] is, met behulp van de formules 1-4, het effect van niet te vroeg rijden op stiptheid en extra wachttijd berekend voor alle tramlijnen in Den Haag. Werkelijke reizigers- en rijtijddata zijn hiervoor als input gebruikt. Tabel 1 laat de uitkomsten zien voor lijn 6, die tot RandstadRail is omgebouwd. De resultaten laten een grote winst in stiptheid zien in het geval er op tijd wordt vertrokken en niet te vroeg wordt gereden. Het effect op extra wachttijd is zelfs nog groter. Gemiddeld ervaren alle reizigers op deze lijn 40% minder extra wachttijd als gevolg van minder variatie in rijtijden.

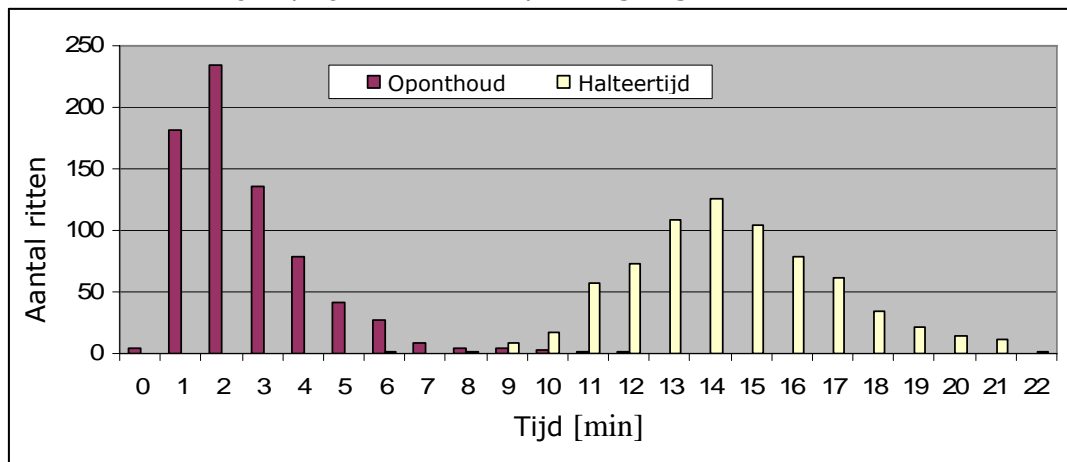
Tabel 1: Effect van maatregelen op stiptheid en extra wachttijd op tramlijn 6

Scenario	Stiptheid[min]	Extra wachttijd [s]
Referentie (huidige situatie tram)	1,9	80
Vertrekstiptheid optimaal	1,6	60
Vertrekstiptheid optimaal en niet te vroeg vertrekken	1,4	50

3.1.4 Nieuw halteproces

Naast de infrastructuur is ook het halteren een oorzaak van spreiding. Een deel van deze spreiding kan voorkomen worden en wel als volgt:

- RandstadRail stopt op elke halte, net als de trein. Figuur 6 laat de distributie van de totale halteertijd op lijn 1 zien: de spreiding is groot.



Figuur 6: Spreiding in totale halteertijd en oponthoud op lijn 1 [11]

Indien er constante halteertijden worden geïntroduceerd, neemt deze spreiding af. Het principe van altijd halteren zal de gemiddelde snelheid licht doen dalen, maar dit wordt ruimschoots gecompenseerd door een hogere betrouwbaarheid;

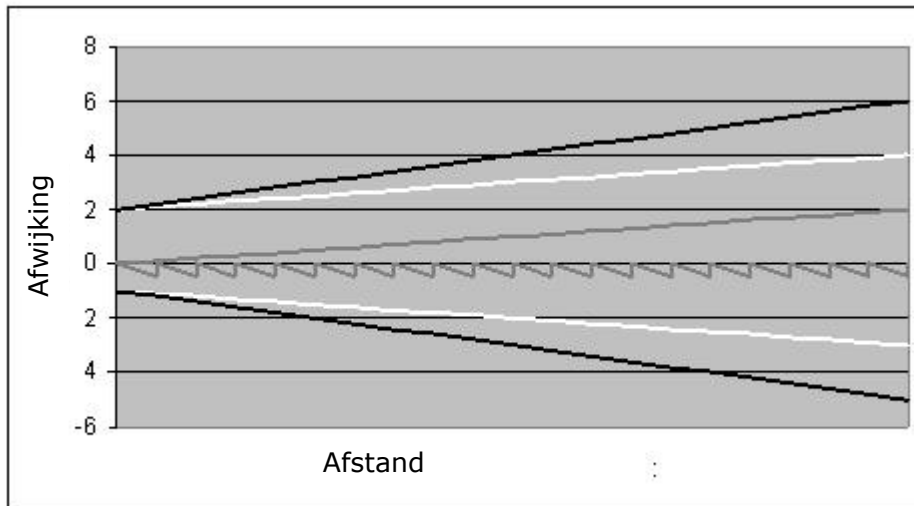
- RandstadRail rijdt met de nieuwste, state-of-the-art voertuigen. De voertuigen hebben een gelijkvloerse instap, waardoor het halteproces soepeler verloopt;
- de haltes zijn verbreed en beter toegankelijk;
- de verkoop- en informatiefunctie zijn weggehaald bij de bestuurder. Deze is overgenomen door een verkoopautomaat en een informatiekanaal in het voertuig.

3.1.5 Nieuw planproces

RandstadRail is een OV systeem tussen een trein en een tram. Ook de planning moet hier op aangepast worden. Belangrijkste veranderingen zijn het plannen op 15 s. nauwkeurig, vergelijking met de theoretisch haalbare rijtijd en het plannen van de dienstregeling van halte naar halte. [8,9] gaan verder op deze methodes in.

3.1.6 Verwachte effecten

Figuur 7 laat globaal de te verwachte effecten zien van alle bovengenoemde maatregelen. De zwarte lijnen laten de huidige spreiding in rijtijd zien. Verbetering van zowel infrastructuur als voertuigen zal de spreiding reduceren (witte lijn). Door de stiptheid op de eerste halte te verbeteren en te vroeg rijden te voorkomen zal de spreiding nog verder afnemen (grijze lijn).



Figuur 7: Spreiding in rijtijd gedurende de rit (zwart= huidig; wit= na verbetering infrastructuur en voertuigen; grijs= na verbetering vertrekstiptheid en voorkomen van te vroeg rijden)

3.2 Opvangen

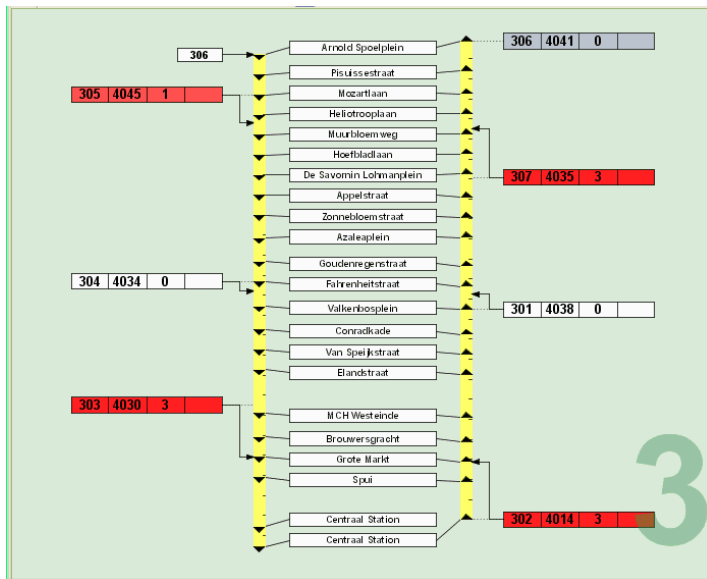
De tweede stap in de beheersingsfilosofie is het omgaan met vertragingen: het opvangen van vertragingen via tijdbuffers. Deze kunnen in de rijtijd, halteertijd en keertijd gepland worden. Kleine verstoringen kunnen op deze manier worden opgevangen. Belangrijk bij het bepalen van buffers is allereerst de grootte en de locatie. Dit zijn altijd trade-offs tussen:

- Doorgaande reizigers, die hinder hebben van niet gebruikte tijdsbuffers: het voertuig is dan immers te vroeg en moet de tijd afwachten;
- Reizigers op de komende haltes: zij zijn gebaat bij een stipte en regelmatige uitvoeringen van de dienst. Op deze manier hebben zij namelijk de minste extra wachttijd [zie 11]

Extra tijd in de dienstregeling geeft late voertuigen de mogelijkheid in te lopen, maar leidt voor stipte voertuigen tot een vertraging. Hier ontstaat een trade off tussen snelheid en betrouwbaarheid. In [1,4,10 en 14] wordt dit fenomeen ook onderzocht. In [10] wordt gesteld, dat de meeste buffertijd in de keertijd zou moeten worden gestopt: op deze manier kan de terugrit op tijd worden begonnen, maar wordt de reiziger niet benadeeld met extra reistijd.

3.3 Bijsturen

Zelfs na stap 1 en 2 bestaan er nog verstoringen. In dat geval wordt stap 3 van kracht: bijsturen. In [8,13,15] worden verschillende operationele maatregelen beschreven. Het bijsturen van RandstadRail wordt gedaan door de verkeersleiders op de Centrale Verkeersleiding. Zij hebben een totaaloverzicht van alle voertuigen op de lijnen met daarbij de stiptheid. Figuur 8 geeft een voorbeeld van een dergelijk overzicht voor lijn 3. De balkjes geven de werkelijke locaties van voertuigen aan met stiptheidsinformatie en de pijlen geven de locatie aan waar het voertuig volgens dienstregeling had moeten zijn. Software tools zijn beschikbaar om de exploitatie aan te passen en zowel bestuurders als reizigers automatisch te informeren.



Figuur 8: Overzicht voertuigen op lijn 3 met stiptheidsinformatie

Het belangrijkste doel van de bijsturing is stiptheid. De verkeersleiders worden door het systeem gewaarschuwd als de stiptheid bepaalde waarden overschrijdt, door bijvoorbeeld:

- verlate bestuurders;
- defecte voertuigen;
- te vroege of te late vertrekken vanaf de beginhalte;
- te vroege vertrekken vanaf de tussenhalthes.

Verskillende maatregelen kunnen genomen worden, zoals:

- inkorten van een rit of lijn (kortkeren);
- toevoegen van een voertuig;
- overslaan van haltes om in te lopen op de dienstregeling.

Deze maatregelen zijn altijd een trade off tussen de reistijd van reizigers in het voertuig en de reizigers die bij de halte staan te wachten. Afhankelijk van de uitkomst van de analyse van beide effecten wordt overgegaan tot het nemen van een maatregel. Het tweede doel is het bewaken van de regelmaat. Als de stiptheid te ernstig verstoord is, kan er regelmaatsturing worden toegepast. Dit principe wordt uitgebreid toegelicht in [8]. Door het afremmen van voertuigen, rondom een vertraagd voertuig, wordt de regelmaat hersteld en neemt de betrouwbaarheid toe. Dit leidt tot een kortere extra wachttijd en dus een kortere reistijd. Daarnaast wordt een betere verdeling van reizigers over de voertuigen gerealiseerd, waardoor de kans op een (zit)plaats toeneemt.

4. Effecten van beheersing in de praktijk

De vorige paragraaf beschreef de beheersingsfilosofie zoals die is toegepast bij RandstadRail. Het doel was om een hoger kwaliteits- en betrouwbaarheidsniveau te bereiken. RandstadRail rijdt sinds 2007. Niet alle genoemde maatregelen zijn geïmplementeerd vanaf de start, maar op dit moment wel. Het kwaliteitsniveau blijft toenemen. Deze paragraaf laat het huidige betrouwbaarheidsniveau zien van RandstadRail. Dit laat de werkelijke effecten van de beheersmaatregelen van RandstadRail zien. Door technische verbeteringen en toenemende ervaring met het systeem blijft het betrouwbaarheidsniveau groeien in 2008.

4.1 Stiptheid

In de beheersfilosofie is gesteld dat het vertrek van de eerste halte erg belangrijk is. Bestuurders mogen niet te vroeg rijden. RandstadRail kent een verbetering van de vertrekstiptheid op de beginhaltes ten opzichte van de situatie ervoor. Het aandeel voertuigen dat vertrekt binnen -1 en +1 minuut is gegroeid van 70% naar 93%. Te vroeg rijden is niet toegestaan bij RandstadRail. Een display in de cabine laat de bestuurder de stiptheid zien, zodat hun gedrag hierop aangepast kan worden. Rijtijden zijn korter gepland dan gebruikelijk in stedelijk OV [10]. Het aandeel ritten dat te vroeg rijdt is afgenomen van 50% naar 6,5% op de lijnen van RandstadRail, na introductie van deze nieuwe maatregel.

4.2 Variatie in rijtijden

Twee belangrijke bronnen voor variatie in rijtijd zijn het halteren en het stilstaan op andere plaatsen dan bij haltes (bijv. bij verkeerslichten). Eerder onderzoek [11] laat zien dat de spreiding in deze twee elementen leidt tot een grote spreiding in rijtijden. Daarom is het nodig om de spreiding in beide elementen terug te dringen om een kleinere spreiding in rijtijden te krijgen.

4.2.1 Infrastructuurverbeteringen

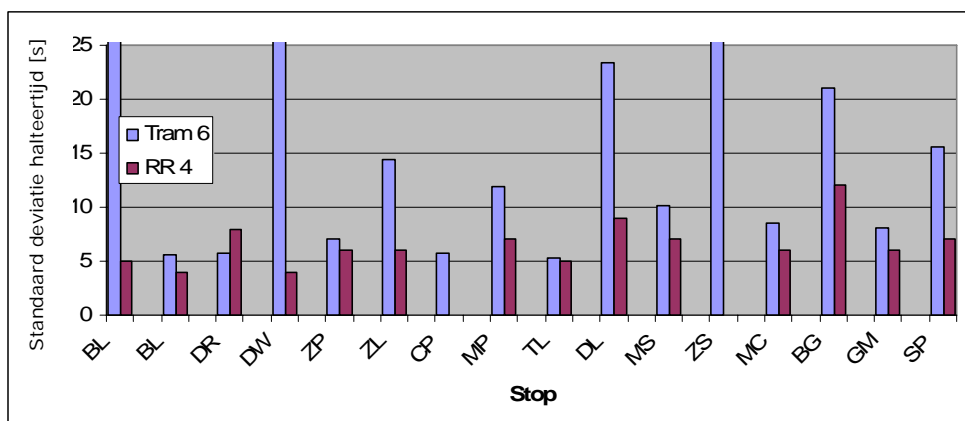
Om een hoog kwaliteitsniveau te bereiken, moet stilstaan op andere plaatsen dan haltes zoveel mogelijk worden voorkomen. De infrastructuur voor RandstadRail is sterk verbeterd: meer vrije baan en meer prioriteit bij verkeerslichten. Tabel 2 laat de gemiddelde vertraging per rit zien op een route voor en na de introductie van RandstadRail. Te zien is dat de gemiddelde waarde is afgenomen en dat ook de standaarddeviatie is verkleind. Dit resulteert in een betrouwbaardere dienstuitvoering.

Tabel 2: Gemiddeld totaal oponthoud tram en RandstadRail

	Gem. totale vertraging [s]	Standaard deviatie [s]
Tram	90	60
RandstadRail	20	30

4.2.2 Voertuigverbeteringen

Het grootste voordeel van de nieuwe RandstadRail voertuigen is de lage vloer. In- en uitstappen is veel eenvoudiger, vooral voor ouderen en mensen met kinderwagens en bagage. Dit voorkomt uitschieters in halteertijd. Figuur 9 laat de standaarddeviatie zien van de halteertijd per halte voor en na de transformatie naar RandstadRail.



Figuur 9: Standaard deviaties halteertijden per halte voor en na de komst van RandstadRail

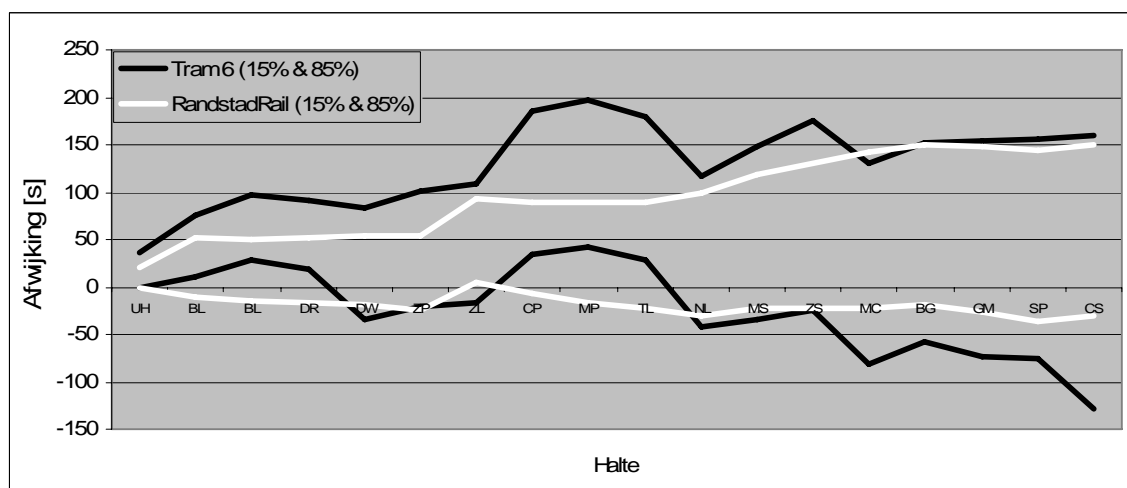
Op de meeste haltes is de standaarddeviatie afgenomen. Tabel 3 laat zien dat de standaarddeviatie is afgenomen van 20 s. naar 7 s. De gemiddelde halteertijd is verkort van 28 s. naar 24 s. Deze verbetering faciliteert een betrouwbaardere dienstuitvoering.

Tabel 3: Gemiddelde halteertijd tram en RandstadRail

	Gem. halteertijd [s.]	Gem. standaard deviatie [s.]
Tram	28	20
RandstadRail	24	7

4.3 Totale effect beheersing

Het doel van de beheersingsfilosofie is het verbeteren van het betrouwbaarheidsniveau door het beperken van de spreiding in rijtijden en verbeteren van de stiptheid. Figuur 10 laat de 15- en 85-percentielwaarde zien van de rijtijd van lijn 6 voor en na toepassing van de beheersingsfilosofie. Zoals de verwachting was, is de spreiding afgenomen en daarnaast is de stiptheid verbeterd: de afwijking is kleiner en de negatieve vertragingen zijn bijna verdwenen.



Figuur 10: Afwijking dienstregeling tram en RandstadRail (15- en 85 percentielwaarden)

5. Conclusies

RandstadRail is een nieuwe lightrail lijn die twee tramlijnen en een spoorlijn vervangt en verbindt. Het is een hoogwaardig OV systeem met hoge frequenties en gedeelde trajecten met tram en metro. Om een hoge kwaliteit te bieden is, met het oog op stiptheid, regelmaat en op efficiënt gebruik van de infrastructuur, besloten om een beheersingsfilosofie toe te passen. De belangrijkste stappen daarin zijn: voorkomen, opvangen en bijsturen van spreiding, resp. de exploitatie. De stiptheid wordt via een display in de cabine getoond aan de bestuurder, zodat hij zijn rijstijl kan aanpassen aan de dienstregeling. Bovendien heeft de Centrale Verkeersleiding zicht op alle voertuigen en hun stiptheid. In geval van verstoringen kunnen zij de dienstuitvoering bijsturen. RandstadRail heeft een groot aandeel eigen, vrije baan en heeft veelal prioriteit bij verkeerslichten. De voertuigen hebben brede deuren en bieden een gelijkvloerse instap, wat het halteproces positief beïnvloed.

Na de start van RandstadRail zijn alle maatregelen uit de beheersingsfilosofie geanalyseerd op basis van actuele data van de dienstuitvoering. Het blijkt dat de variatie in rijtijd is afgenomen ten opzichte van de oude situatie en dat de stiptheid is toegenomen. Door een hogere betrouwbaarheid is de gemiddelde reistijd van passagiers afgenomen. Toegenomen regelmaat heeft ook de kans op een (zit)plaats verhoogd en de onzekerheid bij reizigers is afgenomen. Het ligt in de lijn der verwachting dat de positieve effecten blijven groeien door technische verbeteringen en een toenemende ervaring met exploitatie en beheersingssystemen.

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met HTM Personenvervoer en TU Delft, afdeling Transport en Planning. Dit onderzoek is verder mogelijk gemaakt door Transport Research Centre Delft.

6 Referenties

1. Carey M., "Optimizing scheduled times, allowing for behavioural response", *Transportation Research B*, vol. 32, No. 5, pp. 329-342, 1998.
2. Chowdhury S., S. Chien, "Dynamic vehicle dispatching at intermodal transfer station", *Transportation Research Board 80th annual meeting*, Washington, D.C., 2001.
3. HTM, Department of Research and Development, "Survey Customer Satisfaction", The Hague, 2007.
4. Israeli Y., A. Ceder "Public transportation assignment with passenger strategies for overlapping route choice", Lesort J.B., *Transportation and Traffic Theory*, Elsevier Science, Amsterdam, 1996.
5. Muller Th.H.J., P.G. Furth "Integrating bus service planning with analysis, operational control and performance monitoring", *ITS 10th conference proceedings*, Washington, D.C., 2000.
6. Muller Th.H.J., P.G. "Furth Conditional bus priority at signalized intersections: better service with less traffic disruption", *Transportation Research Record no. 1731*, p. 23-30, *Transportation Research Board*, Washington, D.C., 2000.
7. Oort N. van, R. van Nes "Service regularity analysis for urban transit network design", in: *83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C., pp. 1-24, 2004.
8. Oort, N. van en M.R. Post, "RandstadRail: Kwaliteitssprong in operationele kwaliteit door exploitatiebeheersing" In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 743-761, Antwerpen, 2005.
9. Oort N. van en V.A. Weeda, "Xpert+Xpert=3: Wat kunnen trein- en tramexploitatie van elkaar leren?" In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, Antwerpen, 2007.
10. Oort N. van en R. van Nes, "Betrouwbaar OV begint met goed plannen" In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, Antwerpen, 2007.
11. Oort N. van and R. van Nes, "Improving reliability in urban public transport in strategic and tactical design", *87th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC, 2008.
12. Stadsgebied Haaglanden, "Programma van Eisen RandstadRail", 2003.
13. Tahmasseby S., R. van Nes en N. van Oort "Public transport network design and reliability" In: *Proceedings of the 3rd International Symposium on Transportation Network Reliability*, The Hague, 2007.
14. Vromans M.J.C.M, "Reliability of Railway Systems", PhD Thesis, Rotterdam, 2005.
15. Wilson, et al. "Improving service on the MBTA green line through better operations control", *Transportation Research Record 1361*, TRB, National Research Council, Washington , D.C., pp. 296-304, 1992.