

**Betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer in relatie tot
tactische en strategische planning**

Een verkennende analyse

ir. N. van Oort

HTM Personenvervoer N.V.

Afdeling Vervoersontwikkeling

Postbus 28503

2502 KM Den Haag

Telefoon: 070-3848518

Fax: 070-3848476

E-mail: N.van.Oort@HTM.net

Dr. ir. R. van Nes

Technische Universiteit Delft

Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen

Transportation and Planning

Postbus 5048

2600 GA Delft

Telefoon: 015-2784033

Fax: 015-2783179

E-mail: R.vanNes@ct.tudelft.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2006,

23 en 24 november 2006, Amsterdam

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Betrouwbaarheid in openbaar vervoer	5
2.1	<i>Definitie betrouwbaarheid</i>	5
2.2	<i>Metten van betrouwbaarheid</i>	5
2.3	<i>Belang betrouwbaarheid</i>	6
3	Kwantitatieve analyse van betrouwbaarheid	8
3.1	<i>Case studie Den Haag</i>	8
3.2	<i>Spreiding in rijtijd</i>	9
3.3	<i>Stiptheid</i>	10
3.4	<i>Regelmaat</i>	12
4	Betrouwbaarheid op planningsniveaus	15
4.1	<i>Planningsfases in openbaar vervoer</i>	15
4.2	<i>Mogelijkheden om betrouwbaarheid te verbeteren op planningsniveaus</i>	16
4.2.1	Voorkomen van te vroeg rijden	16
4.2.2	Frequenties bepalen	16
4.2.3	Lijnlengtes	17
4.2.4	Afstemming van lijnen	17
4.2.5	Halte afstanden	17
4.3	<i>Benodigde acties voor verbeteringen</i>	18
5	Conclusies	19
	Referenties	20

Samenvatting

Betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer in relatie tot tactische en strategische planning

Het is een bekend probleem dat binnen het stedelijk openbaar afwijkingen van de dienstregeling voorkomen. Er bestaan verschillende oorzaken voor deze afwijkingen, zoals overig verkeer, weer, wisselend aanbod van reizigers, discipline van personeel, etc.

De consequenties voor reizigers van deze onbetrouwbaarheid zijn divers: allereerst wordt de reistijd verlengd door onbetrouwbaarheid: de wachttijd bij de halte neemt toe. Daarnaast leiden onregelmatige intervallen van voertuigen tot een onevenwichtige verdeling van reizigers over de voertuigen. Tot slot leidt onbetrouwbaarheid tot onzekerheid en dus tot een minder prettige reis in het algemeen.

In deze paper is een kwantitatieve analyse beschreven van de betrouwbaarheid van stedelijk openbaar vervoer. Als case is het stedelijk openbaar vervoer van Den Haag geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat de betrouwbaarheid momenteel niet optimaal is. De gemiddelde spreiding van de rijtijd is bij de bus 17,6 s/km en bij de tram 11,1 s/km. De gemiddelde stiptheid is 2,1 min. De gemiddelde regelmaat is 26,5%. Deze onbetrouwbaarheid heeft gevolgen voor de reistijd van reizigers. Voorbeelden van bus- en tramlijnen laten zien dat de extra reistijd kan oplopen tot 25 %.

Om dit probleem op te lossen wordt momenteel veel aandacht besteed aan maatregelen om dit te verbeteren op operationeel niveau. Hierbij valt te denken aan conditionele prioriteit bij verkeerslichten en het vasthouden van voertuigen op bepaalde locaties. De hypothese in dit onderzoek is, dat er op het tactisch en strategisch niveau ook mogelijkheden zijn om de betrouwbaarheid te verbeteren. Op het moment van de planning van het lijnennet en de dienstregeling moet meer dan nu rekening worden gehouden met de betrouwbaarheid van het eindproduct. Daarvoor moet er betere terugkoppeling komen van operationeel naar tactisch en strategisch niveau én moet er op deze niveaus mogelijkheden zijn om al in deze fases inzicht te hebben in de effecten op de uitvoering.

In deze paper worden enkele voorbeelden gegeven op basis van de analyse van Den Haag die bovenstaande hypothese ondersteunen. Op het gebied van het ontwerp van het lijnennet gaat het hierbij om de invloed van de lengte van de lijn, de halteafstanden en de afstemming met andere lijnen. Op het gebied van de dienstregeling gaat het hierbij om het vaststellen van de wageninzet, rekening houdend met de onbetrouwbaarheid en het voorkomen van te vroeg rijden. Deze onderwerpen zullen in een verder onderzoek nader uitgewerkt worden.

1 Inleiding

Het is een bekend probleem dat binnen het stedelijk openbaar afwijkingen van de dienstregeling voorkomen. Er bestaan verschillende oorzaken voor deze afwijkingen, zoals overig verkeer, weer, wisselend aanbod van reizigers, discipline van personeel, etc.

De consequenties voor reizigers van deze onbetrouwbaarheid zijn divers: allereerst wordt de reistijd verlengd door onbetrouwbaarheid: de wachttijd bij de halte neemt toe. Daarnaast leiden onregelmatige intervallen van voertuigen tot een onevenwichtige verdeling van reizigers over de voertuigen. Tot slot leidt onbetrouwbaarheid tot onzekerheid en dus tot een minder prettige reis in het algemeen.

In deze paper wordt een kwantitatieve beschrijving gegeven van de betrouwbaarheid in stedelijk OV: hoe groot is het probleem nu precies en wat zijn de effecten voor de reiziger? Literatuuronderzoek toont aan dat er momenteel veel aandacht is voor dit probleem in de operationele sfeer: op het moment dat afwijkingen optreden, worden er maatregelen genomen om deze te beperken (Osuna & Newell 1972, Muller & Furth 2000, Chowdhury & Chien 2001). Hierbij valt te denken aan conditionele prioriteit bij verkeerslichten (alleen prioriteit voor voertuigen die te laat zijn) en het ophouden van voertuigen door de verkeersleiding of medewerkers op straat. In deze paper wordt een blik geworpen op de mogelijkheden om de betrouwbaarheid reeds expliciet mee te nemen in het ontwerp van de dienstregeling en lijnennet. In hoeverre is het mogelijk op deze niveaus al rekening te houden met deze kwaliteitsindicator en in hoeverre kan daarmee de betrouwbaarheid van het eindproduct verhoogd worden?

Dit onderzoek is gedaan aan de hand van een case studie. Data van het stedelijk openbaar vervoerbedrijf in Den Haag, HTM Personenvervoer, is gebruikt om de betrouwbaarheid kwantitatief in kaart te brengen. Daarnaast is er aan de hand van deze data gekeken naar de mogelijkheden voor verbetering van de dienstregelings- en lijnennetplanning in relatie met dit probleem.

De opbouw van de paper is als volgt: Allereerst wordt een beschrijving van het fenomeen betrouwbaarheid gegeven. Vervolgens wordt een kwantitatieve analyse gegeven van de betrouwbaarheid van het stedelijk OV in Den Haag. Hierna volgt een hoofdstuk over mogelijkheden om al op strategisch en tactisch niveau rekening te houden met de betrouwbaarheid van de uitvoering. Tot slot volgen er de conclusies.

2 Betrouwbaarheid in openbaar vervoer

2.1 Definitie betrouwbaarheid

Betrouwbaarheid is één van de kwaliteitsindicatoren van openbaar vervoer. Het wordt bepaald door in hoeverre de beloofde kwaliteit overeenkomt met de daadwerkelijke kwaliteit. Binnen openbaar vervoer kan het gaan om verschillende kwaliteitsaspecten, zoals de prijs, comfort en reistijd. In dit onderzoek ligt de nadruk op de betrouwbaarheid van reistijd.

2.2 Meten van betrouwbaarheid

In deze paper wordt een kwantitatieve analyse gemaakt van de betrouwbaarheid van stedelijk openbaar vervoer. Om de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer te analyseren moet onderscheid gemaakt worden in twee zaken. Allereerst is er de rijtijd van A naar B die kan variëren. Ten tweede zijn er de mogelijke vertrekmomenten van de halte, die van belang zijn. Afhankelijk of reizigers aselekt of op de dienstregelingstijd arriveren op de halte is het interval tussen de vertrekmomenten (regelmaat), resp. het vertrekmoment (stiptheid) van belang.

Om de betrouwbaarheid uit te drukken in het geval dat reizigers arriveren op de halte op basis van de vertrektijd wordt gebruik gemaakt van de stiptheid. Deze wordt uitgedrukt, als in formule 1. Deze formule maakt overigens geen onderscheid tussen te vroeg en te late voertuigen.

$$p_j = \frac{\sum_i |t_{i,j}^{\text{werkelijk}} - t_{i,j}^{\text{gepland}}|}{n_j} \quad \{\text{Formule 1}\}$$

waarin:

p_j	= gemiddelde punctualiteit
$t_{i,j}^{\text{werkelijk}}$	= werkelijke vertrektijd van voertuig i op halte j
$t_{i,j}^{\text{gepland}}$	= geplande vertrektijd van voertuig i op halte j
n_j	= aantal voertuigen op plaats j

In het geval dat de regelmaat belangrijk is, wordt gebruik gemaakt van formule 2. Deze geeft de mate aan, waarin de werkelijke intervallen afwijken van de geplande. Onderzoek toont aan dat reizigers over het algemeen aselekt arriveren op de halte bij frequenties groter dan 5 á 6 keer per uur (Seddon 1974, O'Flaherty 1970).

$$PRDM_j = \frac{\sum \left| \frac{TIT_{i,j} - TIA_{i,j}}{TIT_{i,j}} \right|}{n_j} \quad \{\text{Formule 2}\}$$

waarin:

$PRDM_j$ = relatieve regelmaat op halte j

$TIA_{j,i}$ = werkelijk interval voertuig i op halte j

$TIT_{i,j}$ = gepland interval voertuig i op halte j

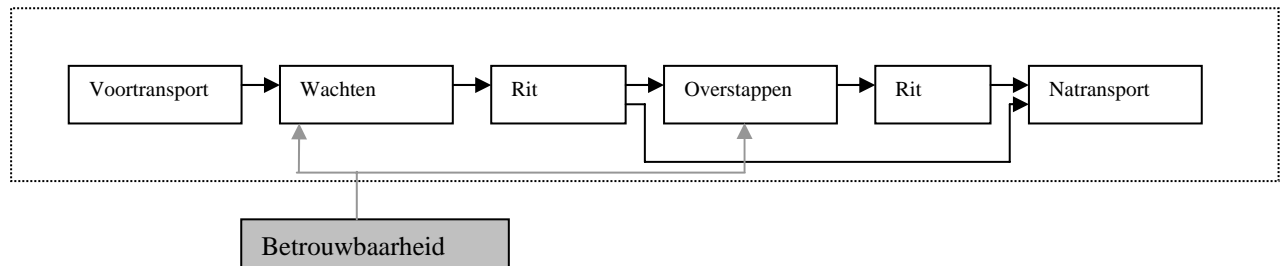
n_j = aantal voertuigen op plaats j

2.3 Belang betrouwbaarheid

De variatie in de uitvoering van het OV produkt, en dus de betrouwbaarheid, heeft op verschillende manieren invloed op de reiziger. In dit hoofdstuk worden de verschillende aspecten van het belang van betrouwbaarheid van de reistijd geschetst.

De reistijd kan worden opgedeeld in verschillende elementen. Dit is te zien in Figuur 1.

Hierin is ook aangegeven welke aspecten met name worden beïnvloed door betrouwbaarheid.



Figuur 1: Reistijdelementen

De betrouwbaarheid van het openbaar vervoer heeft, naast de rijtijd, met name invloed op de wachttijd.

De wachttijd, zowel vóór de eerste rit als bij een eventuele overstap, wordt negatief beïnvloed, indien er sprake is van onbetrouwbaarheid. In het geval dat reizigers volgens de planning aankomen wordt de wachttijd verlengd, indien het voertuig niet op de geplande tijd arriveert. Als het voertuig te vroeg is en al weg is voor de reizigers arriveren, wordt de wachttijd zelfs verlengd met de gehele intervaltijd. Zeker bij lage frequenties leidt dit tot substantieel langere wachttijden.

In het geval dat reizigers aselekt op de halte aankomen is het van belang dat de intervallen tussen de voertuigen constant zijn: In dat geval is de wachttijd minimaal. Formule 3 geeft de invloed van onregelmaat op de wachttijd aan. Te zien is dat de wachttijd sterk toeneemt met een toename van de onregelmaat (PRDM). In het geval van 100% onregelmaat is de gemiddelde wachttijd verdubbeld: de voertuigen rijden dan geclusterd.

$$TWM \approx \frac{1}{2} \cdot TITM \cdot (1 + PRDM_j^2) \quad \{ \text{Formule 3} \}$$

waarin:

TWM= Gemiddelde wachttijd

TITM= Interval volgens dienstregeling

PRDM_j= Onregelmaat op halte *j*

De wachttijd wordt dus negatief beïnvloed door onbetrouwbaarheid. Het verlengen van de wachttijd is daarnaast ernstiger dan het verlengen van de rijtijd. In Tabel 1 zijn de gewichten te zien voor de verschillende reistijdelementen (van der Waard 1988). Eén minuut wachttijd wordt dus ervaren als 1,5 minuten rijtijd. Reizigers ervaren wachttijd als minder prettig dan rijtijd. Hierdoor is het effect van het verlengen van de wachttijd door onbetrouwbaarheid nog groter.

Tabel 1: Weging tijds-elementen

<i>Tijds-element</i>	<i>Gewicht</i>
Tijd in voertuig	1,0
Voortransporttijd	2,2
Wachttijd	1,5
Natransporttijd	1,1

Betrouwbaarheid beïnvloedt ook de reizigerstevredenheid. HTM meet regelmatig deze tevredenheid (HTM 2005). Een van de aspecten die aan bod komen in dit onderzoek, dat is gerelateerd aan betrouwbaarheid, is de wachttijd op de halte. In Tabel 2 is het percentage onvoldoendes voor dit aspect voor bus, resp. tram weergegeven. Hierbij is tevens het gemiddelde cijfer gegeven, dat men aan dit aspect heeft toegekend. Ter referentie is ook de het aantal onvoldoendes en gemiddeld cijfer voor de totale dienstverlening weergegeven.

Tabel 2: Klantwaardering regelmaat gerelateerde aspecten

<i>Kwaliteitsaspect</i>	<i>Percentage onvoldoendes</i>		<i>Gemiddeld cijfer</i>	
	<i>Bus</i>	<i>Tram</i>	<i>Bus</i>	<i>Tram</i>
Wachttijd op halte	15%	14%	6,9	7,0
Totale dienstverlening (referentie)	6,7%		7,1	

Uit Tabel 2 blijkt dat wachttijd momenteel niet goed gewaardeerd wordt. Het verbeteren van dit aspect, wat kan door de betrouwbaarheid te vergroten, is dus belangrijk om de reizigerstevredenheid te vergroten.

Tot slot leidt onbetrouwbaarheid ook tot een afname van het aantal reizigers, omdat reizigers onzekerheid niet waarderen. In eerder onderzoek (Vrije Universiteit 1998) is het aantal mensen dat de vervoerwijzekeuze zal wijzigen naar aanleiding van veranderingen in betrouwbaarheid beschreven. De resultaten van het onderzoek zijn te zien in Tabel 3. Uit deze tabel blijkt dat betrouwbaarheid een grote invloed heeft op de vervoerwijzekeuze van mensen; voornamelijk incidentele reizigers blijken erg gevoelig te zijn voor veranderingen in betrouwbaarheid. Het verbeteren van de betrouwbaarheid leidt dus waarschijnlijk tot een significante toename van de vervoervraag.

Tabel 3: Invloed veranderingen in betrouwbaarheid van reistijd

<i>Doelgroepen</i>	<i>Reguliere gebruikers</i>	<i>Incidentele gebruikers</i>	<i>Niet-gebruikers</i>
<i>Verandering Betrouwbaarheid</i>			
<i>Toename¹</i>	9%	22%	9%
<i>Afname²</i>	17%	44%	-

¹ percentage mensen dat (meer) gebruik gaat maken van OV

² percentage mensen dat minder gebruik gaat maken van OV

3 Kwantitatieve analyse van betrouwbaarheid

3.1 Case studie Den Haag

In dit hoofdstuk wordt een kwantitatieve analyse beschreven van de betrouwbaarheid van stedelijk openbaar vervoer. Dit onderzoek is gedaan op basis van data van het stedelijk openbaar vervoer in Den Haag. Het Haagse openbaar vervoer bedrijf, HTM Personenvervoer, exploiteert 11 tram- en 10 buslijnen met een gezamenlijke lengte van 550 km. De data is gegenereerd met het monitoringprogramma TRITAPT (Muller & Knoppers 2005). Als

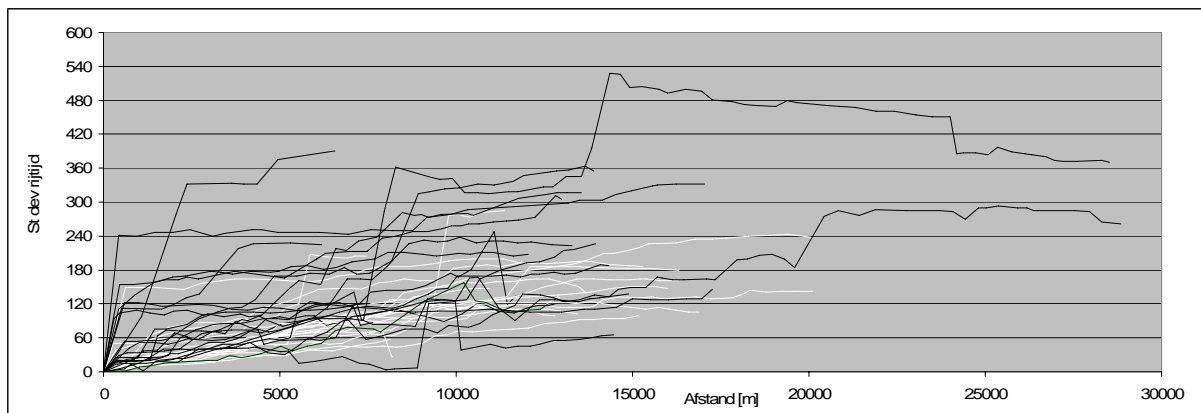
steekproef is de maand maart van 2006 genomen. In dit hoofdstuk worden zowel de gegevens van alle lijnen gegeven als van enkele specifieke lijnen. In Tabel 4 zijn de kenmerken van deze lijnen te zien. Deze lijnen zijn gekozen in verband met specifieke kenmerken, zoals lijnlengte en percentage vrije baan.

Tabel 4: Kenmerken specifieke lijnen

	<i>Tram 3</i>	<i>Bus 23</i>	<i>Tram 9</i>	<i>Bus 14</i>
Richting	Loosduinen	Kijkduin	Vrederust	Scheveningen
Lengte [km]	11	29	13	13
Type	Semitransversaal	Tangent	Transversaal	Tangent
Aandeel vrije baan	90%	15%	100	6

3.2 Spreiding in rijtijd

In Figuur 2 is de spreiding in de rijtijd van één rit in de ochtendspits gedurende een maand te zien van zowel bus- als tramlijnen. De spreiding is uitgedrukt als standaard deviatie van de rijtijd. De standaard deviatie per km voor tram is gemiddeld 11,1 s/km. Voor bus is deze gemiddeld 17,6 s/km. Omdat het hier gaat om een standaard deviatie, betekent dit dat het verschil tussen de minimum en maximum rijtijd per km toeneemt met waarden die ongeveer 6 keer zo hoog liggen: 66 s, resp. 105 s per km.

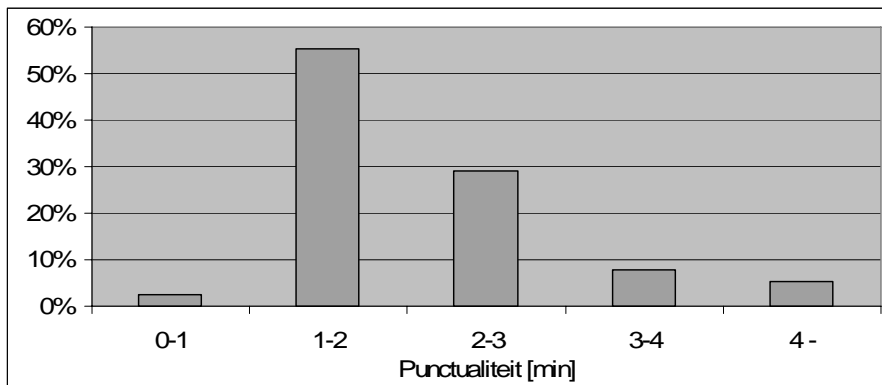


Figuur 2: Spreiding in rijtijd [s] (zwart = bus; wit = tram)

Zoals te verwachten is, neemt de spreiding toe met de lengte van de lijn. Het verloop van de spreiding bij de bus is grilliger dan bij de tram. Bij enkele buslijnen is echter ook een reductie te zien van de spreiding. De reden hiervoor zijn waarschijnlijk wachthalttes: hier moet worden gewacht tot de vertrektijd en mag dus niet eerder worden vertrokken. Toch is de spreiding bij de bus over het algemeen groter is dan bij de tram. Mogelijke verklaring hiervoor is het groter aandeel vrije baan en een betere verkeerslichtbeïnvloeding bij de tram.

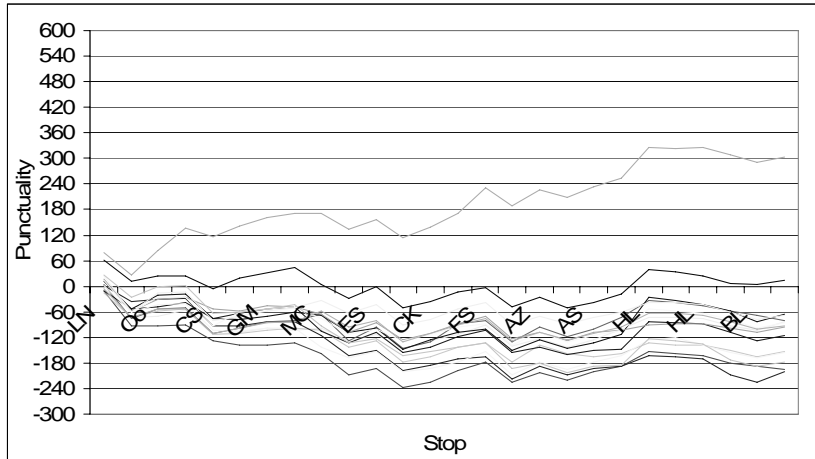
3.3 Stiptheid

In de situatie dat er sprake is van een lage frequentie arriveren de meeste reizigers op de halte volgens de planning van vertrek. In deze situatie is het belangrijk dat er sprake is van een stipt systeem. Te vroeg rijden is in deze situatie het slechtste scenario: in dat geval missen de reizigers hun bus/tram en moeten ze een interval (dat vrij lang is) wachten. Reizigers met de ervaring van te vroeg vertrekkende voertuigen zullen hun aankomstpatroon op de halte aanpassen: ze zullen eerder bij de halte zijn. In beide gevallen wordt de wachttijd verlengd. Van alle onderzochte lijnen is de gemiddelde stiptheid 2,1 min. Gemiddeld is een tram- of buslijn dus op elke halte 2,1 min te laat óf te vroeg. In Figuur 3 is de verdeling te zien van de stiptheid van alle lijnen.

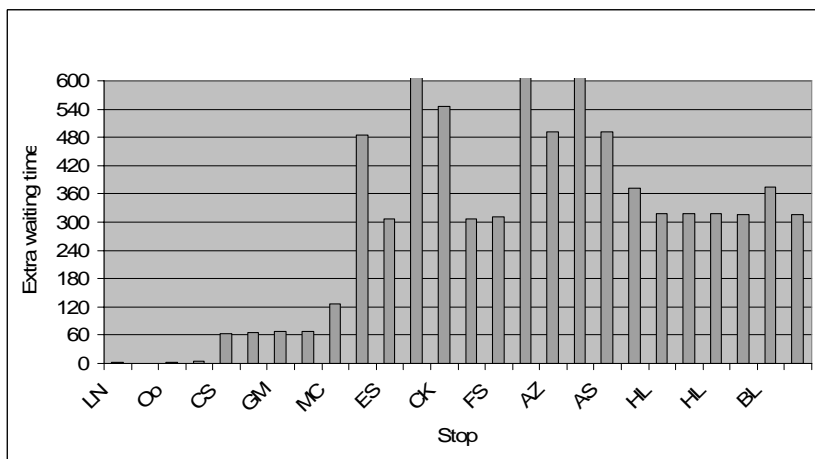


Figuur 3: Stiptheid van alle lijnen

In Figuur 4 is het verloop van de stiptheid van een avondrit (20:00 uur) op tramlijn 3 richting Loosduinen op meerdere dagen te zien. In Tabel 4 zijn enkele kenmerken van deze lijn te zien. Duidelijk komt naar voren dat een groot deel van de ritten te vroeg rijdt, wat de wachttijd van reizigers sterk vergroot. In Figuur 5 is te zien wat de extra wachttijd per reiziger per halte is als gevolg van dit stiptheidsverloop. In deze figuur is dan ook te zien dat op de haltes waar te vroeg wordt gereden de reizigers geconfronteerd worden met extra wachttijd. Gemiddeld gezien is er voor elke reiziger op deze lijn een toename in wachttijd van 156 s. De gemiddelde reistijd op deze lijn is ca.10 min. Dit betekent een reistijdverlenging van gemiddeld 25% per reiziger.

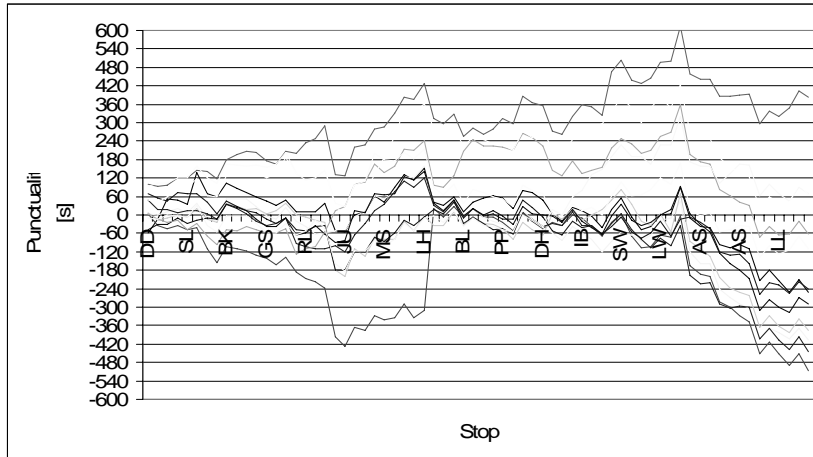


Figuur 4: Stiptheidsverloop tramlijn 3 [s]

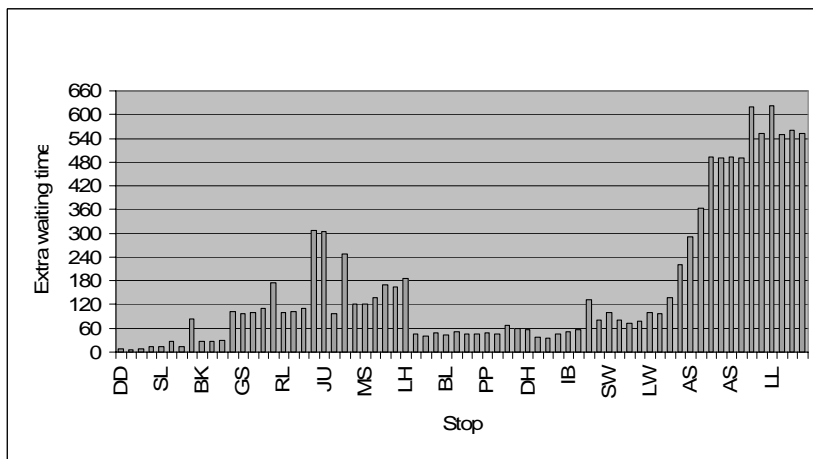


Figuur 5: Extra wachttijd tramlijn 3 [s]

Gelijk aan de figuren hierboven is in Figuur 6 het verloop van de stiptheid van een avondrit (20:00 uur) op buslijn 23 richting Kijkduin op meerdere dagen te zien. In Tabel 4 zijn enkele kenmerken van deze lijn te zien. Duidelijk is te zien dat de afwijkingen op deze lijn groot zijn. De spreiding is eveneens groot: sommige ritten rijden te vroeg, andere te laat. In Figuur 7 is te zien wat de extra wachttijd per reiziger per halte is als gevolg van dit stiptheidsverloop. Voor elke reiziger op deze lijn is er gemiddeld een toename in wachttijd van 171 s. De gemiddelde reistijd op deze lijn is ca.11 min, wat een reistijdverlenging van gemiddeld 25% per reiziger tot gevolg heeft.



Figuur 6: Stiptheidsverloop buslijn 23 [s]

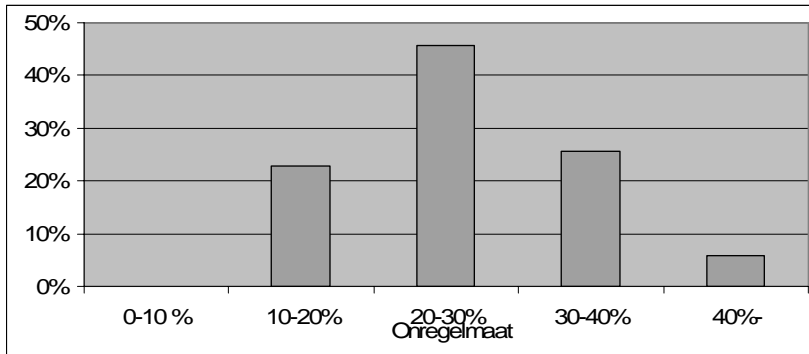


Figuur 7: Extra wachttijd buslijn 23 [s]

3.4 Regelmaat

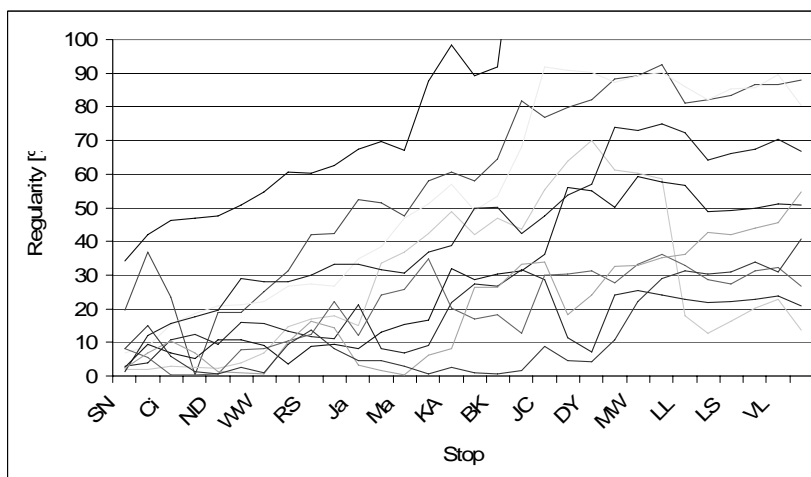
In de situatie dat er sprake is van een hoge frequentie arriveren de meeste reizigers aselekt op de halte: door de korte intervallen is de wachttijd immers kort. In dit geval is het belangrijk dat voertuigen met constante intervallen rijden. De koppeling aan de dienstregeling is daarbij minder van belang. In het geval van constante intervallen is de gemiddelde wachttijd op de halte minimaal en de verdeling van reizigers over de voertuigen optimaal.

Van alle onderzochte lijnen in Den Haag is de gemiddelde regelmaat 26,5%. Dit betekent dat de afwijking van de werkelijk intervallen tussen twee opvolgende voertuigen 26,5% is ten opzichte van het geplande interval. Dit is het gemiddelde over de lijn. In het algemeen is de onregelmaat aan het begin van de lijn beperkt, wat betekent dat aan het eind van de lijn de onregelmaat aanzienlijk is. In Figuur 8 is de verdeling van grootte van onregelmaat over de lijnen te zien.

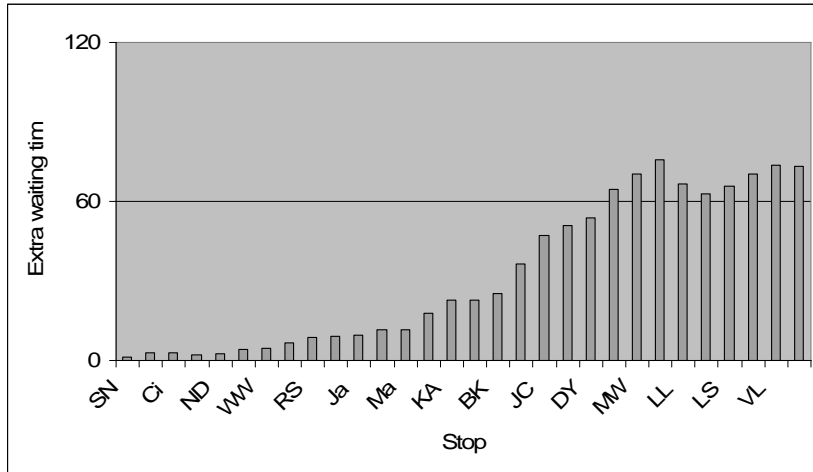


Figuur 8: Onregelmaat van alle lijnen

Voor buslijn 14 is een soortgelijke analyse gemaakt. In Figuur 9 is het verloop van de onregelmaat van verschillende ochtendspitsritten van tramlijn 9 richting Vrederust te zien. In Tabel 4 zijn enkele kenmerken van deze lijn te zien. Te zien is dat de onregelmaat vrij groot is, zeker naar mate de tram verder is op het traject. In Figuur 10 is het effect van deze onregelmaat te zien: de gemiddelde extra wachttijd op de halte. Ook hier is ook te zien dat met name reizigers op het laatste deel van de lijn geconfronteerd worden met extra wachttijd. Gemiddeld voor alle reizigers is de wachttijd zo'n 21% meer dan in de situatie met 100% regelmaat. De reistijd wordt hierdoor met 5% verlengd.

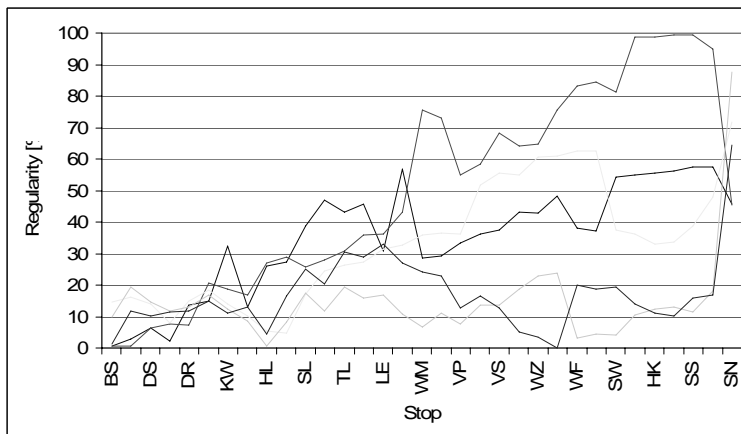


Figuur 9: Regelmaatverloop tramlijn 9 [%]

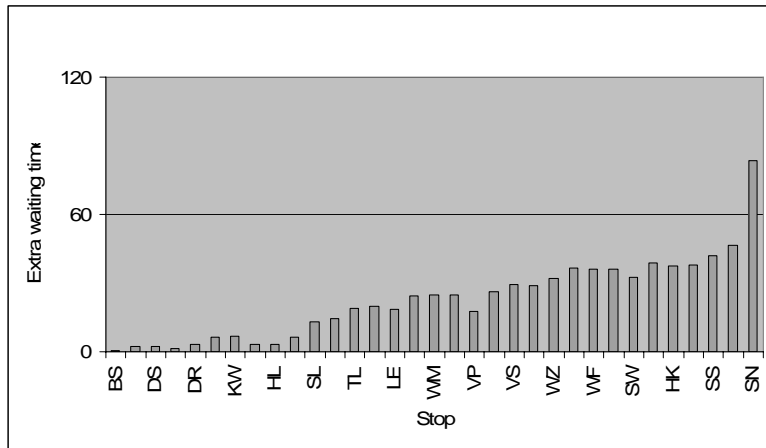


Figuur 10: Extra wachttijd tramlijn 9 [s]

In Figuur 11 is het verloop van de regelmaat van verschillende ochtendspitsritten van buslijn 14 richting Scheveningen te zien. In Tabel 4 zijn enkele kenmerken van deze lijn te zien. Te zien is dat, net als bij lijn 9, de regelmaat vrij groot is, zeker naar mate de bus verder is op het traject. In Figuur 12 is het effect van deze onregelmaat te zien: de gemiddelde extra wachttijd op de halte. Hier is te zien dat met name reizigers op het laatste deel van de rit te maken krijgen met extra wachttijd. Gemiddeld voor álle reizigers is de wachttijd zo'n 43% meer dan in de situatie met 100% regelmaat. De reistijd wordt hierdoor met 12% verlengd.



Figuur 11: Regelmaatverloop buslijn 14 [%]



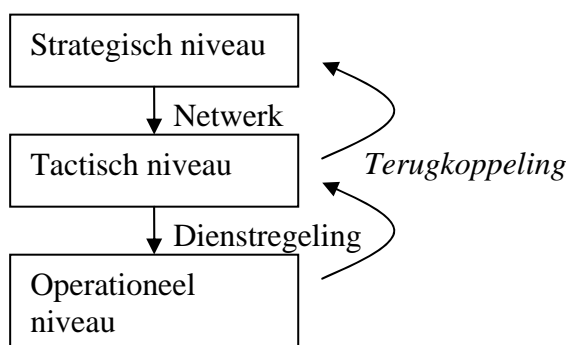
Figuur 12: Extra wachttijd buslijn 14 [s]

4 Betrouwbaarheid op planningsniveaus

In het vorige hoofdstuk is een analyse gemaakt van betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer. De betrouwbaarheid blijkt hieruit niet optimaal te zijn. Veel aandacht is er momenteel voor het verbeteren van betrouwbaarheid op operationeel niveau. Voorbeelden hiervan zijn conditionele prioriteit en het vasthouden van voertuigen op haltes. Er wordt echter minder aandacht besteed aan het rekening houden met betrouwbaarheid op tactisch en strategisch niveau: daar waar de dienstregeling en het lijnennet worden ontworpen. In dit hoofdstuk worden enkele voorbeelden geschetst hoe dit mogelijk zou zijn.

4.1 Planningsfases in openbaar vervoer

Het planningsproces van openbaar vervoer is geschetst in Figuur 13.



Figuur 13: Drie fases in openbaar vervoer

Op strategisch niveau wordt het lijnennet gepland; dit is vervolgens input voor het tactische niveau waar de dienstregeling wordt ontworpen. Vervolgens wordt dit plan in de praktijk gebracht: de uitvoeringsfase. In deze laatste fase treedt onbetrouwbaarheid op: de uitvoering

voldoet niet (geheel) aan de planning. Hiervan zijn in hoofdstuk 3 verschillende voorbeelden gegeven.

4.2 Mogelijkheden om betrouwbaarheid te verbeteren op planningsniveaus

De hypothese in dit onderzoek is dat de betrouwbaarheid van de uitvoering reeds op strategisch en tactisch niveau beïnvloed kan worden. Hierna worden enkele mogelijkheden geschetst. Nader onderzoek is gewenst om meer gedetailleerdere resultaten te krijgen.

4.2.1 Voorkomen van te vroeg rijden

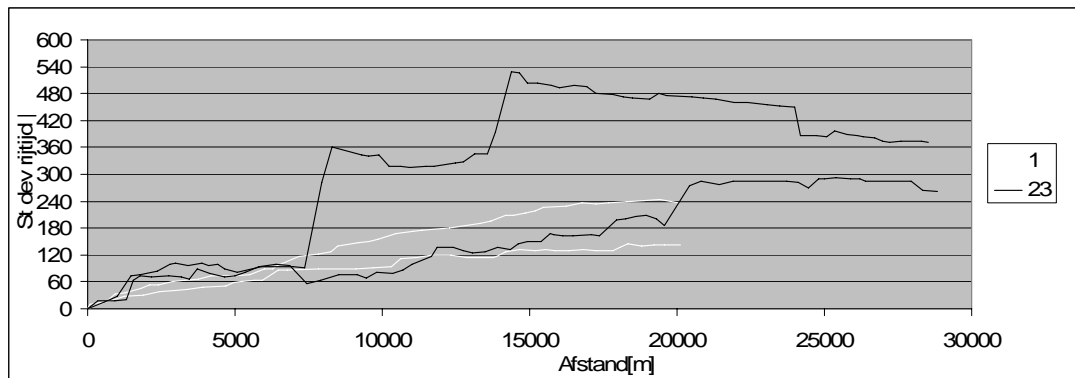
Zoals reeds eerder geschetst is punctualiteit bij lage frequenties van groot belang. Het belangrijkste hierbij is het niet te vroeg vertrekken van voertuigen van de halte. Gebeurt dat toch, dan is de consequentie voor de reiziger dat zijn wachttijd wordt verlengd met de intervaltijd. In Figuur 4 is te zien dat tramlijn 3 richting Loosduinen structureel te vroeg rijdt. Dit kan opgelost worden door de dienstregeling van deze lijn op een andere manier te ontwerpen. Reeds in de planningsfase is er dus de mogelijkheid om de betrouwbaarheid van het product te verbeteren.

4.2.2 Frequenties bepalen

Het mechanisme voor de bepaling van de frequentie van een lijn werkt normaal gesproken als volgt: De vervoervraag en de capaciteit van de voertuigen zijn de belangrijkste parameters voor het vaststellen van de frequentie. Daarnaast speelt ook de spreiding een rol: hoe groter immers de spreiding op de lijn, hoe slechter de verdeling van reizigers over de voertuigen is en hoe meer reservecapaciteit er nodig is. In het gebied van de case studie wordt gewerkt met een reservecapaciteit die voor elke lijn hetzelfde is. In het vorige hoofdstuk kwam duidelijk naar voren dat er grote verschillen zijn in afwijkingen per lijn. Dit betekent dat er voor sommige lijnen teveel reservecapaciteit wordt gerekend en voor andere te weinig. Het eerste heeft een effect op de efficiency: er wordt in feite teveel materieel ingezet. In het tweede geval is de reserve te weinig, wat neerkomt op té volle voertuigen en dus een verlaging van het comfort en kwaliteit. Het beter rekening houden met de spreiding per lijn bij de bepaling per lijn kan een verbetering betekenen.

4.2.3 Lijnlengtes

Uit Figuur 2 blijkt dat de spreiding in de rijtijd toeneemt met de lengte van de lijn. In de case studie zijn twee lijnen geanalyseerd die dusdanig lang zijn dat de spreiding in het laatste deel van de lijn erg groot is. Het gaat hierbij om tramlijn 1 en buslijn 23. In Figuur 14 is te zien wat de spreiding is voor deze lijnen. Op het eindpunt van tramlijn 1 is de standaard deviatie 150 s, resp. 240 s. Voor buslijn 23 is dat groter: 260 s, resp. 370 s.



Figuur 14: Spreiding rijtijd tramlijn 1 en buslijn 23

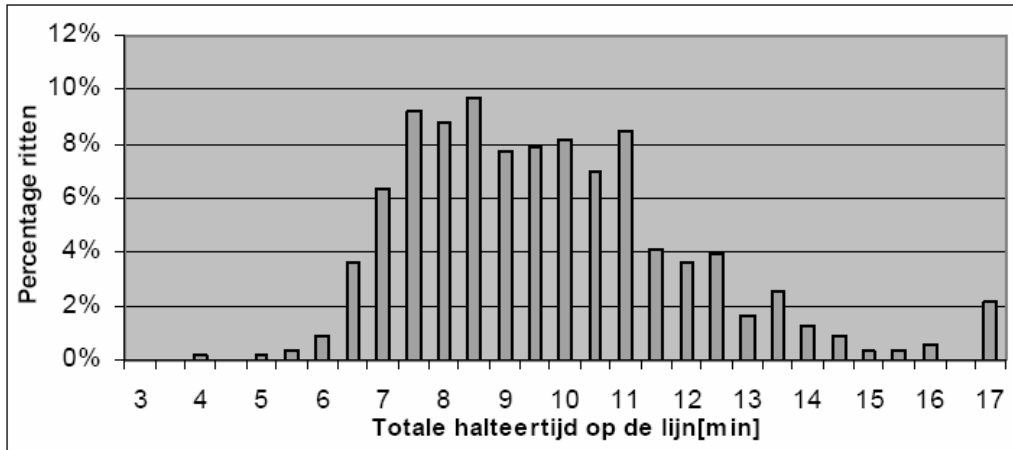
De consequenties voor reizigers zijn met name op het laatste deel van het traject groot: door de grote onbetrouwbaarheid neemt de wachttijd sterk toe. Bij het ontwerp van het lijnennet moet bij planning van dit soort lijnen rekening worden gehouden met het feit dat de lengte een negatief effect heeft op de betrouwbaarheid en dus op de kwaliteit van de lijn. Aan de andere kant heeft het knippen van lijnen invloed op het aantal overstapbewegingen. Rekening houden met betrouwbaarheid introduceert dus een nieuw dilemma in het netwerk ontwerp van OV.

4.2.4 Afstemming van lijnen

In (Oort & Van Nes 2004) is een onderzoek beschreven naar de effecten van samenrijden van twee lijnen op één traject op de gezamenlijke performance. Uit deze studie blijkt dat er op strategisch niveau te weinig rekening gehouden wordt met de effecten van het lijnennet op betrouwbaarheid. De conclusie uit dit onderzoek is, dat er op strategisch niveau behoefte is aan inzicht in deze effecten, in dit geval afstemming, op de betrouwbaarheid.

4.2.5 Halte afstanden

Eén van de grote bronnen van spreiding in de rijtijd is halteren. Figuur 15 laat de totale halteertijd op tramlijn 3 zien.



Figuur 15: Spreiding halteertijd tramlijn 3

Te zien is dat hierin spreiding voorkomt. Op de ene rit is de totale halteertijd slechts 5 minuten, op de andere 17 minuten. Dit heeft te maken met spreiding in aanbod van reizigers op de haltes. Soms zijn er geen reizigers, waardoor er niet gehalteerd wordt. Om deze spreiding terug te dringen is het bepalen van een optimale halteafstand van belang. Indien de halteafstand zo wordt gekozen dat er altijd aanbod van reizigers bestaat, wordt er altijd gehalteerd. Dit beperkt de spreiding in halteertijden. Uiteraard spelen er bij het bepalen van de halteafstand nog meer variabelen een rol (zie o.a. Van Nes & Bovy 2000), maar betrouwbaarheid zou ook een rol moeten spelen.

4.3 Benodigde acties voor verbeteringen

Hierboven zijn enkele voorbeelden gegeven van ontwerp opties om de betrouwbaarheid van het OV te vergroten. Om op zowel het strategisch als tactisch niveau rekening te kunnen houden met de betrouwbaarheid van de uitvoering is er een betere terugkoppeling dan nu nodig van de operationele data. Daarnaast moet het mogelijk zijn op deze niveaus om prognoses te kunnen maken van de betrouwbaarheid. Hiervoor is het nodig dat er inzicht komt in de mechanismen die werken rondom het onderwerp betrouwbaarheid. Nader onderzoek is hiervoor wenselijk.

5 Conclusies

In deze paper is een kwantitatieve analyse beschreven van de betrouwbaarheid van stedelijk openbaar vervoer. Als case is het stedelijk openbaar vervoer van Den Haag geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat de betrouwbaarheid momenteel niet optimaal is. De gemiddelde spreiding van de rijtijd is bij de bus 17,6 s/km en bij de tram 11,1 s/km. De gemiddelde stiptheid is 2,1min. Dit betekent dat gemiddelde de bus of tram op elke halte 2,1 minuten te vroeg of te laat is. De gemiddelde regelmaat is 26,5%. Dit betekent dat de intervallen tussen twee opeenvolgende voertuigen gemiddeld 26,5% afwijken van de geplande intervallen. Deze onbetrouwbaarheid heeft gevolgen voor de reistijd van reizigers. Voorbeelden van bus- en tramlijnen laten zien dat de extra reistijd kan oplopen tot 25 %.

Om dit probleem op te lossen wordt momenteel veel aandacht besteed aan maatregelen om dit te verbeteren op operationeel niveau. Hierbij valt te denken aan conditionele prioriteit bij verkeerslichten en het vasthouden van voertuigen op bepaalde locaties. De hypothese in dit onderzoek is, dat er op het tactisch en strategisch niveau ook mogelijkheden zijn om de betrouwbaarheid te verbeteren. Op het moment van de planning van het lijnennet en de dienstregeling moet meer dan nu rekening worden gehouden met de betrouwbaarheid van het eindproduct. Daarvoor moet er betere terugkoppeling komen van operationeel naar tactisch en strategisch niveau én moet er op deze niveaus mogelijkheden zijn om al in deze fases inzicht te hebben in de effecten op de uitvoering. In deze paper worden enkele voorbeelden gegeven op basis van de analyse van Den Haag die bovenstaande hypothese ondersteunen. Op het gebied van het ontwerp van het lijnennet gaat het hierbij om de invloed van de lengte van de lijn, de halteafstanden en de afstemming met andere lijnen. Op het gebied van de dienstregeling gaat het hierbij om het vaststellen van de wageninzet, rekening houdend met de onbetrouwbaarheid en het voorkomen van te vroeg rijden. Deze onderwerpen zullen in een verder onderzoek nader uitgewerkt worden.

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.

Referenties

Chowdhury S., Chien S. (2001), *Dynamic vehicle dispatching at intermodal transfer station*, Transportation Research Board 80th annual meeting, Washington D.C.

HTM (2005), *Kwaliteitsmeter 2005*, Den Haag

Muller Th.H.J., Furth P.G.(2000), *Conditional bus priority at signalized intersections: better service with less traffic disruption*, in: Transportation Research Record no. 1731, Washington D.C pp. 23-30

Muller Th.H.J., Knoppers P (2005), *TRIP Time Analysis in Public Transport*, [<http://tritapt.nl/>]

O'Flaherty C.A., Mangan D.O. (1970) *Bus passengers waiting time in central areas*, in: Traffic Engineering Cont. 11, pp.419-421

Oort N van, Nes R van (2004), *Service regularity analysis for urban transit network design*, in: *83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC, pp. 1-24

Osuna E.E., Newell G.F.(1972), *Control strategies for an idealized public transport system*, in: Transportation Science, Vol.6 (1), pp.52-72

Seddon P.A., Day M.P. (1974) *Bus passengers waiting times in greater Manchester*, in: Traffic Engineering Cont. 15, pp. 422-445

Vrije Universiteit, vakgroep ruimtelijke economie, Peeters Advies, Centrum voor omgevings- en verkeerspsychologie (1998) *Hoe laat denk je thuis te zijn?*, Den Haag

Van Nes., P.H.L. Bovy (2000), *The importance of objectives in urban transit network design*, Transportation Research Record 1735, pp. 25-34

Waard, J. van der (1988) *Onderzoek weging tijdelementen, deelrapport 3: analyse routekeuzegedrag van openbaar vervoer reizigers*, Delft