

**Excellent OV naar de Uithof:  
Capaciteits- en betrouwbaarheidsverbetering door tram in Utrecht**



ir. Robert van Leusden  
Bestuur Regio Utrecht  
R.van.Leusden@RegioUtrecht.nl

Dr. ir. Niels van Oort  
Goudappel Coffeng  
NvOort@Goudappel.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
24 en 25 november 2011, Antwerpen**

## **Samenvatting**

### *Excellent OV naar de Uithof: Capaciteits- en betrouwbaarheidsverbetering door tram in Utrecht*

In Utrecht vormt buslijn 12 de verbinding tussen het centraal station en de Uithof, de drukste buslijn van Nederland. De buslijn kan de vervoervraag in de spits momenteel nauwelijks aan, waardoor wordt uitgezien naar capaciteitvergroting.

De minister van Infrastructuur en Milieu heeft een bijdrage van 110 miljoen Euro toegezegd voor de Uithoflijn in Utrecht. Doorslaggevend hierbij was de positieve uitkomst van de Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) voor de toekomstige tramlijn tussen het Centraal Station en de Uithof. Berekeningen laten zien dat de OV-vraag op deze verbinding de komende jaren nog met 50% groeit. Het bestaande bussysteem biedt onvoldoende capaciteit om het aantal reizigers in de toekomst betrouwbaar te vervoeren. Een tramlijn biedt wel de mogelijkheid om deze grote stromen te faciliteren met een hoge kwaliteit, zonder daarbij het overige verkeer ernstig te verstoren.

In de MKBA zijn de betrouwbaarheidsbaten voor de reizigers expliciet meegenomen. Door de tramverbinding neemt de betrouwbaarheid sterk toe, waardoor de wachttijd voor reizigers substantieel afneemt, naast de spreiding in aankomsttijd en de drukte in de voertuigen. De maatschappelijke baten van deze effecten zijn gekwantificeerd en bleken substantieel bij te dragen aan een positieve kostenbatenscore. Het expliciet maken van deze baten was mogelijk door inzichten uit recent onderzoek van de TU Delft in samenwerking met adviesbureau Goudappel Coffeng over betrouwbaarheid van openbaar vervoer.

## 1. Inleiding

### 1.1 Problematiek

Op dit moment is het een drama om per openbaar vervoer van station Utrecht Centraal naar de Uithof te reizen. Ondanks dat er met dubbelgelede bussen wordt gereden in een frequentie van 23x/uur, is er volstrekt onvoldoende vervoerscapaciteit. Regelmatig moeten reizigers twee à drie bussen laten passeren voordat er ruimte is om mee te reizen.

De bussen hebben slechts op delen van het tracé vrije infrastructuur. Daar waar dit niet zo is, ontstaat veel onderlinge verkeershinder tussen autoverkeer, bussen en fietsers. Dit concentreert zich aan de rand van de historische binnenstad, daar waar de ruimte het krapst is. De bussen lopen veel vertraging op en in veel gevallen ontstaan er clusters van bussen die achter elkaar aan rijden en die elkaar op de haltes in de weg zitten.

Deze verkeershinder in combinatie met de enorme aantallen in- en uitstappers leiden ertoe dat de dienstregeling zeer onbetrouwbaar en onregelmatig is. De gemiddelde afwijking van de dienstregeling (te vroeg, maar vooral te laat) bedraagt 4 minuten en is daarmee groter dan het interval tussen de bussen (2,5 minuten).

Met ingang van de nieuwe concessie per 2013 komen meer dubbelgelede bussen beschikbaar om de frequentie te verhogen tot 30x/uur. Daardoor wordt weliswaar meer capaciteit geboden, maar zal de verkeerskundige (onderlinge) hinder alleen maar toenemen en daarmee ook de onbetrouwbaarheid.

Aan de oostkant van Utrecht ligt de Uithof, een kenniscluster met de Universiteit Utrecht, de Hogeschool van Utrecht, het Utrecht Medisch Centrum en diverse aan deze instanties gelieerde bedrijven en instituten. Met de "Visie De Uithof" (Gemeente Utrecht, 2007) wordt de Uithof met nog eens 25% uitgebreid. Uiteindelijk gaat het om 53.000 studenten, 30.000 werknemers, 4.000 studentenwoningen en een hoop bezoekers. In dezelfde visie is vastgelegd dat de bijbehorende mobiliteitsgroei zal moeten worden opgevangen door fiets en openbaar vervoer. Er zullen geen extra parkeerplaatsen worden gerealiseerd. Hierdoor neemt het aantal reizigers in lijn 12 toe met 50% tussen 2010 en 2020. Om de groei tot 2020 te kunnen opvangen conform geldende normen voor drukte in het voertuig, zal de frequentie moeten toenemen tot meer dan 50x/uur. Het is volstrekt onmogelijk om deze frequentie op de huidige infrastructuur af te wikkelen.

Om een structurele verbetering van de kwaliteit op de relatie Utrecht Centraal – de Uithof te bewerkstelligen voor wat betreft capaciteit en betrouwbaarheid, wordt de HOV om de Zuid gerealiseerd. Dit is een snelle HOV-verbinding via een nieuwe route, in eerste instantie ontworpen als buslijn. Later is de optie tot vertramming nadrukkelijk naar voren gekomen. Inmiddels heet deze verbinding de Uithoflijn.

### 1.2 Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA)

Voor realisatie van een tramlijn naar de Uithof heeft de regio Utrecht een financiële bijdrage aan het Rijk gevraagd. Het Rijk heeft € 110 miljoen toegezegd, onder voorwaarde dat een positieve MKBA zou worden opgesteld. Ecorys en Goudappel Coffeng hebben deze MKBA uitgevoerd (Ecorys 2011, Goudappel Coffeng 2011).

De MKBA bestaat uit een inventarisatie van alle kosten (exploitatiekosten, investeringskosten) en alle baten (exploitatieopbrengsten, reistijdwinsten, betrouwbaarheidswinsten, indirecte effecten) per variant.

De resultaten per variant worden vervolgens vergeleken ten opzichte van een nulvariant. Indien de verhouding tussen baten en kosten hoger dan 1 is, zijn de maatschappelijke baten dus hoger dan de kosten en is er sprake van een maatschappelijk rendabel project.

Belangrijk is om in de MKBA de problematiek van de Uithoflijn goed te kunnen kwantificeren. De standaard baten in een MKBA zijn reistijdwinsten en modal split effecten. Voor de Uithoflijn zijn die echter gering. Het tracé van de Uithoflijn is langer dan de huidige situatie, en daardoor nauwelijks sneller. Modal split effecten zijn er beperkt, omdat het autoverkeer van en naar de Uithof is begrensd op een maximum aantal parkeerplaatsen. Deze twee aspecten zijn dus onvoldoende om een positieve MKBA –score te behalen. Hetzelfde geldt voor exploitatiebaten. Die zijn voor de Uithoflijn slechts bescheiden positief.

Deze aspecten dekken ook de problematiek van de Uithoflijn niet. Die gaat over capaciteit en betrouwbaarheid. Het was dan ook belangrijk om deze aspecten goed in de MKBA mee te nemen. Met name voor betrouwbaarheid is dit bij de Uithoflijn voor de eerste keer grondig onderzocht en meegenomen in de MKBA. Deze bijdrage beschrijft hoe dit is gebeurd.

## 2. Oplossingsrichtingen

Om te komen tot een goede vergelijking van alternatieven in de MKBA zijn vijf varianten voor de Uithoflijn vastgesteld. De varianten zijn gekozen dat er een breed spectrum van oplossingsrichtingen wordt bekeken, waarbij zowel bus als tram en bestaand en nieuw tracé worden geanalyseerd. Op deze manier kan een goed beargumenteerde afweging worden gemaakt. De varianten en de verschillende tracés zijn weergegeven in tabel 2.1.

*Tabel 2.1: Overzicht van de vijf varianten*

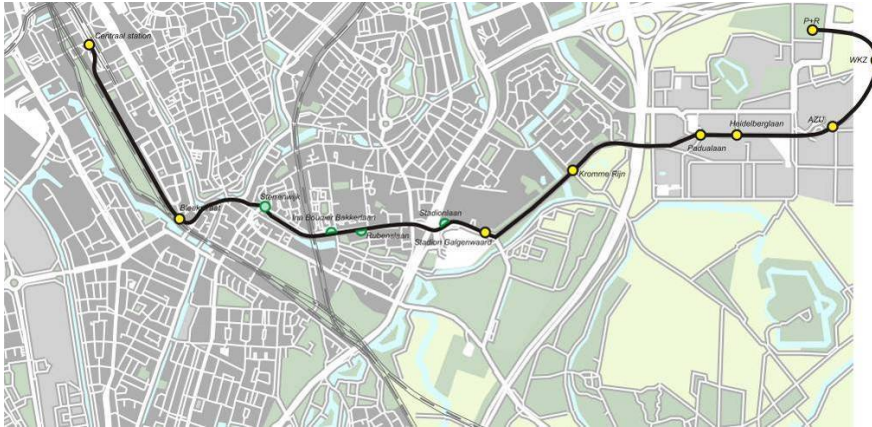
<b>nr.</b>	<b>naam</b>	<b>beschrijving</b>
1	0-variant (referentie 2020)	Bus via huidige route
2	0+ variant (2020)	Bus via huidige route, kleine aanpassingen infrastructuur en 25 bussen/uur/richting.
3	HOV bus 2020 via HOV om de Zuid	Huidig ontwerp nieuwe busbaan en 30 bussen/uur/richting.
4	HOV bus+ 2020 via HOV om de Zuid	Huidig ontwerp aangevuld met grootschalige maatregelen om doorstroming van de bussen die nodig zijn mogelijk te maken zodanig dat infra- en vervoercapaciteit toereikend zijn.
5	HOV tram 2020 via HOV om de Zuid	Huidig ontwerp nieuwe trambaan.

In de volgende paragrafen worden de varianten beschreven.

### *2.1 Variant 1: referentievariant*

In deze variant rijdt buslijn 12 met dubbelgelede bussen via het huidige tracé en wordt de huidige frequentie van 23 keer per uur per richting aangehouden (zie figuur 2.1). Hoewel de vervoervraag een hogere vervoerscapaciteit vereist, heeft het opvoeren van de geplande frequentie geen effect, omdat deze hoge frequenties in relatie tot de infrastructuur geen verhoging van de daadwerkelijk ervaren frequentie bij de reizigers zal creëren.

De consequentie is, dat reizigers structureel achterblijven op de haltes en 1 of meer bussen voorbij moeten laten gaan. Door de hoge frequenties in combinatie met een hoge vervoervraag en interactie met overig verkeer en OV ontstaat er onderweg oponthoud, waardoor de rijtijd (en de spreiding daarin) toeneemt.



Figuur 2.1: Tracé varianten 1 en 2

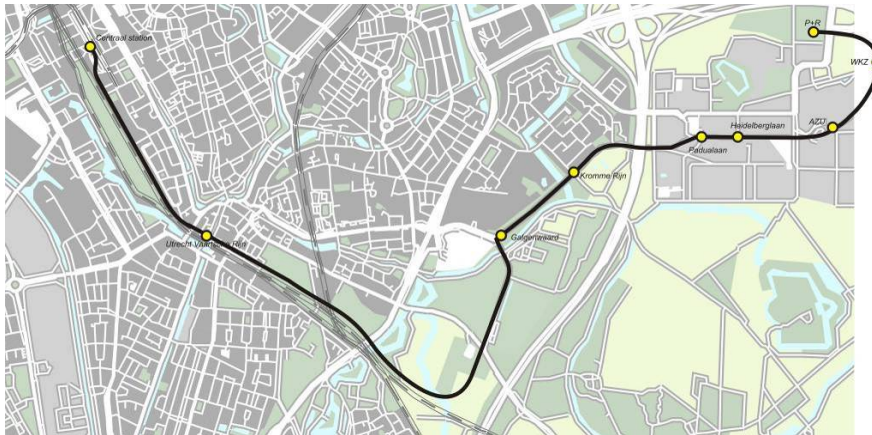
### 2.2 Variant 2: 0+ variant

Het doel van de 0+ variant is maximale vervoerscapaciteit bieden op het huidige tracé tegen een acceptabele betrouwbaarheid. In deze variant blijft buslijn 12 via de huidige route rijden (zie figuur 2.1). De frequentie wordt verhoogd tot 25 bussen per uur per richting om een deel van de groei van de vervoersvraag op te kunnen vangen. Om deze frequentie praktisch mogelijk te maken zullen ten opzichte van de huidige situatie enkele kleine maatregelen moeten worden genomen. Dit behelst prioriteit bij VRI's en extra opstelstroken voor OV bij kruispunten (ten koste van autoverkeer). De rijtijd van lijn 12 (en de spreiding daarin), inclusief hinder, is in deze variant iets lager dan in variant 1.

### 2.3 Variant 3: HOV Bus

Er zijn twee nieuwe busvarianten ontwikkeld: HOV Bus (variant 3) en HOV Bus+ (variant 4). In de variant HOV Bus wordt gebruik gemaakt van het nieuwe tracé "Om de Zuid" (zie figuur 2.2) volgens het huidige voorontwerp van de busbaan. Hierdoor kan de frequentie ten opzichte van de varianten 1 en 2 omhoog (tot 30 bussen per uur/richting). De capaciteit van deze busbaan in samenhang met de OVT (nieuwe OV terminal Utrecht Centraal) en haltes op de Uithof is echter waarschijnlijk niet voldoende om de dienstuitvoering adequaat uit te voeren. In variant 4 worden hiervoor additionele maatregelen genomen in de infrastructuur.

Door het tracé "Om de Zuid" is er interactie met ander verkeer via gelijkvloerse kruisingen, maar deze is kleiner dan bij de huidige route van buslijn 12, omdat in dit tracé drukke kruispunten worden gemedend. Door de hogere frequentie zal er hinder optreden als gevolg van interactie met overig OV en eigen voertuigen van lijn 12 in met name de OVT en de haltes in De Uithof.



Figuur 2.2: Tracé varianten 3, 4 en 5

#### 2.4 Variant 4: HOV Bus+

In de "HOV Bus+ variant" wordt het ontwerp van de busbaan in variant 3 dusdanig aangepast, dat deze in staat de totale vervoervraag te accommoderen (59 bussen per uur per richting). Om dit mogelijk te maken wordt extra halteercapaciteit gerealiseerd bij Utrecht Centraal en wordt het tracé voorzien van nieuwe ongelijkvloerse kruisingen om de interactie met auto en fiets te minimaliseren. In de Uithof zal een parallelle route aan de huidige busbaan worden gerealiseerd om het effect van andere buslijnen op de dienstuitvoering van buslijn 12 en vice versa uit te sluiten. De betrouwbaarheid van de dienstuitvoering zal groter zijn dan in de 'normale' HOV-variant (i.e. variant 3). Een overzicht van het tracé in variant 4 is weergegeven in figuur 2.2.

#### 2.5 Variant 5: HOV Tram

Het tracé van de variant voor de tram is gelijk aan de variant HOV Bus. Het ontwerp verschilt echter op een aantal punten: een aantal ongelijkvloerse kruisingen, die in variant 4 nodig zijn, is hier niet nodig. De geplande frequentie zal ten opzichte van variant 4 dalen tot 16 trams per uur per richting, omdat de tram een grotere capaciteit heeft. In figuur 2.5 is een overzicht van het tracé weergegeven.

### 3. Betrouwbaarheid in MKBA's

De vijf varianten zijn op hun maatschappelijke kosten en baten onderzocht. In dit paper gaan we alleen in op de vervoerwaarde en de betrouwbaarheid. In Ecorys (2011) zijn de overige aspecten gepresenteerd. In dit hoofdstuk wordt eerst het fenomeen betrouwbaarheid gepresenteerd. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de verschillende varianten en de uiteindelijke kostenbatenratio toegelicht.

#### 3.1 Betrouwbaarheid in openbaar vervoer

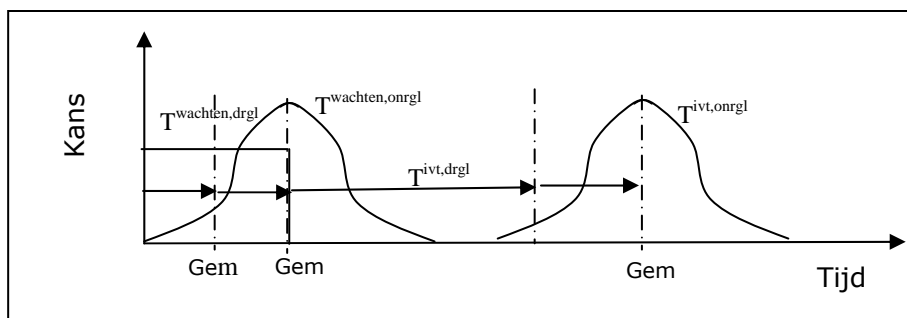
Betrouwbaarheid is een belangrijk kwaliteitsaspect van openbaar vervoer. De mate van betrouwbaarheid speelt een belangrijke rol in de vervoerwijzekeuze van reizigers (Vrije Universiteit 1998). In deze studie is betrouwbaarheid, naast tracé, snelheid en techniek een onderscheidend kenmerk van de verschillende varianten. Om deze reden is er dan ook onderzoek gedaan naar de mate van betrouwbaarheid per variant en de effecten daarvan op de reizigers. Deze effecten worden zoveel mogelijk meegenomen in de MKBA om goed inzicht in de maatschappelijke kosten en baten per variant te krijgen.

In het verleden werd betrouwbaarheid slechts beperkt of niet meegenomen. Recent onderzoek van de TU Delft (Van Oort 2011) maakt het echter mogelijk betrouwbaarheidseffecten in kaart te brengen en dus ook volwaardig mee te nemen in de MKBA.

Betrouwbaarheid is de mate waarin de dienstuitvoering voldoet aan de verwachting of beloftes vooraf. De mate van betrouwbaarheid heeft drie belangrijke effecten op reizigers (Cham en Wilson (2006), Savelberg en Bakker (2010) en Van Oort (2011)):

- Gemiddeld extra reistijd;
- Spreiding in reistijd en daardoor onzekere aankomsten;
- Mate van comfort door onevenredige verdeling van reizigers over de voertuigen.

Figuur 3.1 illustreert de reistijdeffecten van onbetrouwbaarheid. De reis begint met het wachten op de halte. Bij een 100% betrouwbare dienstuitvoering en een aselekt aankomstproces van reizigers is de wachttijd uniform verdeeld tussen 0 en het geplande interval en is de gemiddelde wachttijd per reiziger gelijk aan de helft van het interval. In geval van een onregelmatige vertrekpatroon van voertuigen wordt de wachttijd gemiddeld genomen verlengd en daarnaast kent deze spreiding (in de figuur aangeduid als  $T^{\text{wachten,onrgl}}$ ). Het volgende intermezzo geeft een voorbeeld van dit effect.



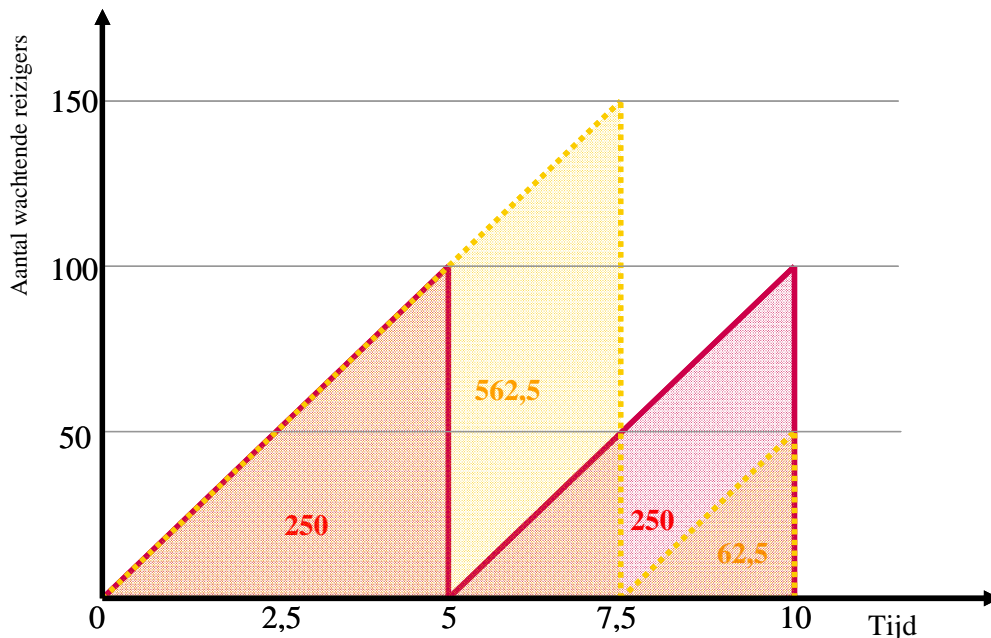
*Figuur 3.1: Reistijdeffecten van onbetrouwbaarheid*

*Intermezzo: Voorbeeld betrouwbaarheidseffect op wachttijd reizigers*

Om het effect aan te duiden van een onregelmatige dienstuitvoering, wordt hier een fictief voorbeeld van een OV-lijn uitgewerkt. In het voorbeeld wordt de wachttijd beschouwd op een halte gedurende 10 minuten. Bij een regelmatige dienstuitvoering vertrekt elke 5 minuten een voertuig vanaf de halte. De passagiers arriveren op een willekeurig moment op de halte (gelijkmatig verdeeld over de tijd), elke 10 minuten vertrekken er 200 reizigers. Het patroon van het aantal wachtende reizigers over de tijd dat ontstaat bij een regelmatige dienstuitvoering weergegeven middels de rode lijn in figuur 3.2.

Indien de regelmaat is verstoord is het patroon niet meer regelmatig. In dit voorbeeld arriveert het eerste voertuig 2,5 minuten te laat, dus pas na 7,5 minuten in plaats van na 5 minuten. Het tweede voertuig arriveert wel op tijd (na 10 minuten). Het patroon in deze onregelmatige dienstuitvoering voor wat betreft het aantal wachtende reizigers is opgenomen in figuur 3.2 via de gele onderbroken lijn.

De hinder voor de reiziger is nu uit te drukken door voor alle 200 reizigers de wachttijd te bepalen, en daaruit de gemiddelde wachttijd te bepalen. Omdat er sprake is van een gelijkmatig aankomst van reizigers bij de halte, is het mogelijk de totale wachttijd te bepalen aan de hand van de oppervlakte onder de grafiek (aantal wachtende reizigers x wachttijd/reiziger). Figuur 3.2 geeft de waarden van deze oppervlaktes tot het vertrek van een voertuig weer.



Figuur 3.1: voorbeeld betrouwbaarheidseffect voor wachttijd reiziger bij een regelmatige (rood) en onregelmatige (geel) dienstuitvoering

Door voor de onderzochte 10 minuten van dit voorbeeld de oppervlaktes voor de regelmatige en de onregelmatige dienstuitvoering op te tellen en te delen door het totaal aantal reizigers in dezelfde periode, ontstaat een beeld van de gemiddelde wachttijd voor de reiziger (opgenomen in tabel 3.1). Daaruit blijkt dat een onbetrouwbare dienstuitvoering de gemiddelde wachttijd voor de reiziger vergroot. In paragraaf 3.2 wordt de vergelijking gepresenteerd om dit effect te berekenen.

Tabel 3.1: gemiddelde wachttijdverschillen.

	<b>Totale wachttijd (200 reizigers)</b>	<b>Gemiddelde wachttijd</b>
Regelmatige dienstuitvoering	500 minuten	2,5 minuten
Onregelmatige dienstuitvoering	625 minuten	3,1 minuten

*Einde intermezzo*

Het volgende onderdeel van de reis is de in-voertuigtijd. Deze is gemiddeld genomen gelijk aan de dienstregelings tijd, maar kan door extra hinder (zoals vertraging door capaciteitsrestricties en interactie tussen voertuigen) gemiddeld genomen verlengd worden. Daarnaast is ook deze tijd gespreid. Dit is aangegeven met  $T^{ivt, onrgl}$  in figuur 3.1. Ook hier impliceert spreiding dat de reis zowel langer als korter kan duren.

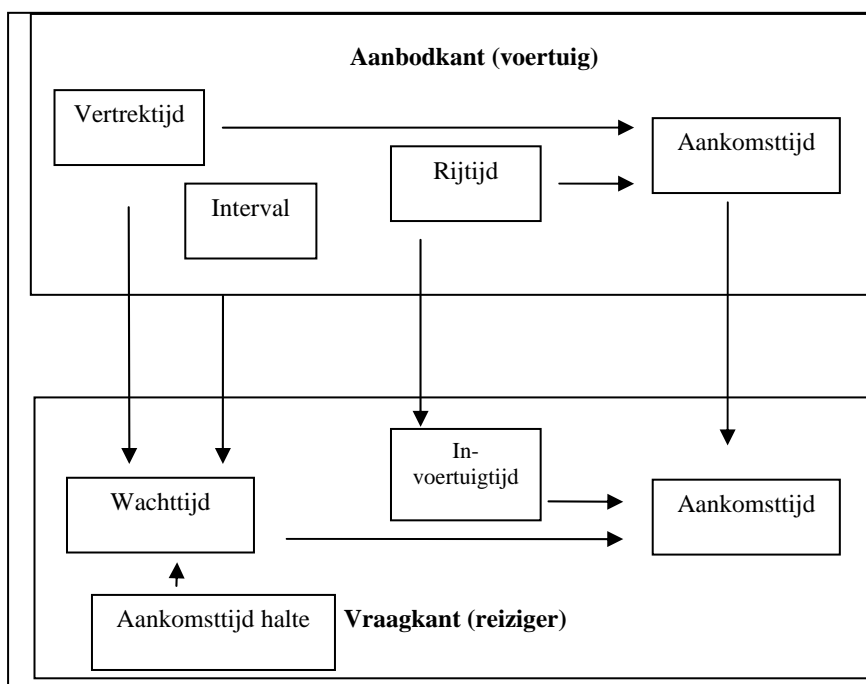


Per saldo zijn er dus twee mogelijke verlengingen van de gemiddelde reistijd per reiziger, te weten de extra wachttijd en de extra in-voertuigtijd. Beide tijden kennen daarnaast ook een spreiding, waardoor de werkelijke tijden zowel langer als korter kunnen zijn. Deze reistijdverlenging en spreiding zijn de belangrijkste consequenties van onbetrouwbaarheid voor reizigers.

In dit onderzoek zijn al de genoemde drie effecten van onbetrouwbaarheid berekend voor de verschillende varianten. Bij de gemiddelde extra reistijd wordt onderscheid gemaakt tussen extra wachttijd (als gevolg van een onregelmatige dienstuitvoering) en extra in-voertuigtijd (als gevolg van extra rijtijd, die niet is opgenomen in de dienstregeling). De spreiding in de reistijd wordt ook gesplitst in de twee reistijdcomponenten en wordt uitgedrukt als standaarddeviatie ( $\sigma$ ).

### 3.2 Aanpak betrouwbaarheidsanalyse

Voor de berekening van betrouwbaarheidseffecten is het van belang om zicht te hebben op de geboden operationele kwaliteit. Dit behelst de kenmerken van de uitvoering, zoals de werkelijke vertrektijd per halte, halteertijd, werkelijke intervallen tussen de voertuigen, rijtijden en aankomsttijden. Deze data, die samenhangt met de voertuigen, wordt in deze analyse vertaald naar reizigerseffecten. De relatie tussen voertuig en reiziger is geschetst in figuur 3.3. In deze figuur is te zien dat de werkelijke vertrektijd en interval van het voertuig samen met het aankomstpatroon van de reiziger de wachttijd op de halte bepalen. De in-voertuigtijd van de reiziger wordt bepaald door de rijtijd van het voertuig en ook de aankomst van reiziger en voertuig hangen samen. In deze studie zijn de frequenties dusdanig hoog, dat reizigers aselekt naar de halte komen. In dat geval wordt de gemiddelde wachttijd van de reiziger bepaald door de werkelijke intervallen tussen de voertuigen. Bij een regelmatig patroon van volgende voertuigen (i.e. constante intervallen) is de gemiddelde wachttijd per reiziger de helft van het interval.



Figuur 3.3: samenhang aspecten aanbod- en vraagzijde in relatie tot reizigerseffecten

Wanneer de intervallen tussen de voertuigen niet constant zijn, is er sprake van onregelmaat. Onregelmaat is de mate waarin de werkelijke intervallen afwijken van de geplande intervallen (Hakkesteeft en Muller (1981)). Onregelmaat wordt veroorzaakt door verstoringen onderweg, die verschillen per voertuig. Hierdoor komen voertuigen dicht of juist verder van elkaar te rijden. Verstoringen ontstaan door bijvoorbeeld drukte op de halte, filevorming van voertuigen en kruispunten met interactie met auto en fiets. Vergelijking 3.1 geeft de berekeningswijze van onregelmaat.

$$O = \frac{\sum_i \left| \frac{H_{l,i}^{sched} - \tilde{H}_{l,i,j}^{act}}{H_{l,i}^{sched}} \right|}{n_{l,j}} \quad (3.1)$$

Waarin:

- $O$  = Onregelmaat
- $H_{l,i}^{sched}$  = Interval volgens dienstregeling (lijn l, halte j)
- $\tilde{H}_{l,i,j}^{act}$  = Werkelijk interval voertuig i (lijn l, halte j)
- $n_{l,j}$  = Aantal gemeten voertuigen lijn l op halte j

Op het moment dat de intervallen niet meer constant zijn, wordt de gemiddelde wachttijd per reiziger verhoogd. Van Oort (2011) geeft hiervoor vergelijking 3.2. Deze vergelijking laat zien dat de wachttijd kwadratisch oploopt met de onregelmaat; een grotere onregelmaat heeft dus een steeds groter effect voor reizigers.

$$E(\tilde{T}_{l,j}^{Add,waiting}) = \frac{E(\tilde{H}_{l,j}^{act})}{2} * O^2 \quad (3.2)$$

Waarin:

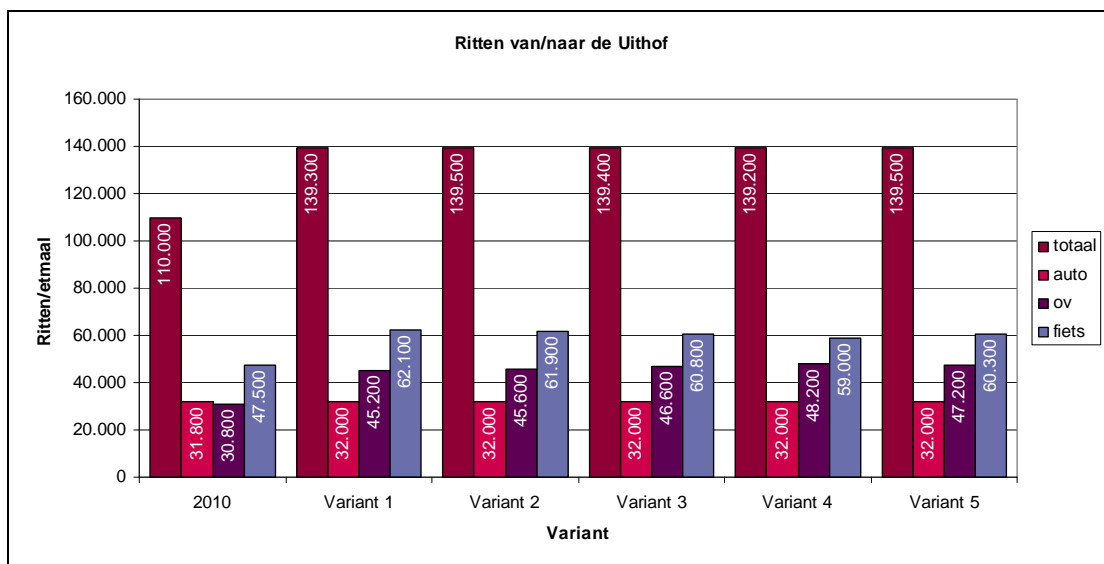
- $O$  = Onregelmaat
- $E(\tilde{T}_{l,j}^{Add,waiting})$  = Gemiddelde extra wachttijd per reiziger op lijn l op halte j
- $E(\tilde{H}_{l,j}^{act})$  = Verwachtingswaarde werkelijke intervallen voertuigen op halte j

#### 4. Resultaten varianten

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van zowel de vervoerwaardestudie als de betrouwbaarheidsanalyse. De opzet en aanpak voor de betrouwbaarheidsanalyse is in het vorige hoofdstuk weergegeven.

##### 4.1 Resultaten vervoerwaardestudie

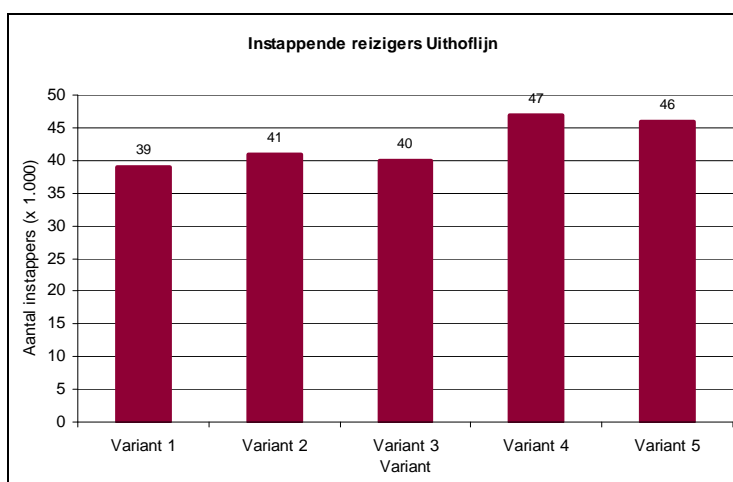
De Uithoflijn heeft als belangrijkste functie het ontsluiten van de Uithof. Figuur 4.1 geeft daarom een beeld van de ontwikkeling van het aantal reizigers van en naar de Uithof voor alle onderzochte varianten, uitgesplitst naar verschillende vervoerwijzen. Deze prognose is gemaakt met het regionale verkeersmodel van Utrecht, het VRU-model. Het OV groeit tussen 2010 en 2020 met 14 tot 18 duizend reizigers per etmaal, afhankelijk van de variant. De varianten 4 en 5 vervoeren van alle varianten de meeste OV-reizigers van en naar de Uithof. De totale aantallen reizigers blijven echter tussen de varianten onderling vrijwel gelijk; de reizigersverschillen worden dan ook voornamelijk veroorzaakt door minder fietsgebruik.



Figuur 4.1: ontwikkeling vervoervraag van en naar de Uithof per modaliteit

De verdeling over de vervoerwijzen verschilt nauwelijks tussen de varianten, maar wel ten opzichte van de situatie in 2010. Het aandeel autoverkeer daalt, terwijl het marktaandeel van de andere vervoerwijzen juist stijgt. Dit is het gevolg van maatregelen in de infrastructuur, de ruimtelijke ontwikkeling van de Uithof en het restrictief parkeerbeleid op de Uithof.

In figuur 4.2 is het aantal OV-reizigers dat van en naar de Uithof reist vergeleken met het basisjaar 2010, zodat duidelijk wordt hoeveel extra reizigers de Uithoflijn per variant in 2020 trekt ten opzichte van 2010. Variant 4 met een hoogfrequente busdienst creëert de grootste groei, gevolgd door de tramvariant en variant 3. De varianten met HOV om de Zuid realiseren daarmee een grotere groei in het aantal reizigers dan de varianten via de huidige route. Het aantal instappers bij de varianten 1 tot en met 3 ligt dicht bij elkaar. Door het nieuwe tracé neemt het aantal instappers in variant 3 licht af ten opzichte van variant 2.



Figuur 4.2: aantal instappende reizigers per etmaal (twee richtingen)

#### 4.2 Resultaten betrouwbaarheidsanalyse

In tabel 4.1 is per variant aangegeven wat de verwachte betrouwbaarheidseffecten voor de verschillende varianten zijn. De basis voor de berekening is een analyse van de huidige betrouwbaarheid. In Goudappel Coffeng (2011) zijn de detailresultaten te zien. Het gaat hierbij om de gemiddelde extra in-voertuigtijd per reiziger en de spreiding daarin. Daarnaast is de gemiddelde extra wachttijd per reizigers als gevolg van onbetrouwbaarheid weergegeven, naast de spreiding daarin. Als indicatie is ook de gemiddelde reistijd (wachten en rijden) tussen het Centraal Station en De Uithof weergegeven. Deze tijd is stochastisch, waardoor sommige reizigers meer en sommige reizigers minder reistijd zullen ervaren.

Te zien is dat de wachttijd voor variant 4 het kortste is in verband met de hoge frequentie. Ook is te zien dat de betrouwbaarheid in de referentie laag is, waardoor de extra reistijd en spreiding daar in hoog is. De verwachting is dat de betrouwbaarheid van zowel variant 4 als 5 hoog en daardoor de extra reistijd en spreiding laag. In verband met de grote hoeveelheid bussen in variant 4 is de kans op verstoringen echter groter dan in variant 5.

Tabel 4.1: overzicht resultaten betrouwbaarheidsanalyse varianten

Variabele	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5
Frequentie ochtendspits (per uur per richting)	23x	25x	30x	59x	16x
Rijtijd één richting (dienstregeling)	22 min	21 min	19 min	17 min	17 min
Gemiddelde wachttijd (dienstregeling)	1,3 min	1,2 min	1 min	0,5min	1,9 min
Extra in-voertuigtijd	2 min	2 min	2 min.	0,6 min	0 min
Spreiding extra in-voertuigtijd ( $\sigma$ )	2 min	1,7 min	1,5 min	0,6 min	0 min
Extra wachttijd	2,9 min	2 min	1,0 min	0 min	0 min
Spreiding extra wachttijd ( $\sigma$ )	1,4 min	1 min	0,5 min	0 min	0 min
Gemiddelde reistijd CS-UH (incl. wachten)	28 min	26 min	23 min	18 min	19 min

#### 4.3 Totale maatschappelijke kosten-baten

In deze paragraaf worden de uitkomsten van de MKBA voor de verschillende varianten gegeven, zoals in detail gepresenteerd in Ecorys (2011). In tabel 4.1 zijn de scores van de MKBA per aspect opgenomen. De resultaten uit de vorige paragrafen zijn belangrijke input hiervoor geweest. De resultaten worden weergegeven in de netto contante waarde (NCW) en de baten-kostenverhouding.

Te zien is dat de investeringskosten groot zijn bij zowel variant 4 en 5, maar daar staan hoge betrouwbaarheidsbaten tegenover. Deze zijn ongeveer tweederde van de totale baten. Variant 5, de tram, blijkt maatschappelijk rendabel te zijn (verhouding is groter dan 1) en daarnaast scoort deze variant het best op toekomstvastheid en maatschappelijke weerstand.

Tabel 4.2: Samenvatting maatschappelijke kosten en baten per variant, vergeleken met referentie (Ecorys 2011)

Varianten	Contante waarde in mln Euro			
	2	3	4	5
<b>Effecten</b>				
Investeringskosten	-1	-93	-237	-222
Exploitatiekosten	2	-6	-33	-66
Reistijdwinst	30	52	89	67
Betrouwbaarheid				
- Extra reistijd	20	39	100	123
- Spreiding aankomsten	20	36	60	78
- Zitplaatskans	0	0	2	4
Niet gefaciliteerde vraag	0	0	6	5
Werkgelegenheid	4	8	16	18
Emissies	0	+	-	+
Geluid	0	0	-1	1
Verkeersveiligheid	0	0	-2	1
Hinder kruisend verkeer	0	-1	3	1
Hinder tijdens aanleg				
- Auto	0	-	-	-
- OV	0	-	--	-
Toekomstvastheid	-	-	+	++
Maatschappelijke weerstand	--	-	--	+
Totale kosten	2	-99	-270	-288
Totale baten	80	158	311	336
NCW	81	59	40	48
<b>Baten/kostenverhouding</b>	<b>++</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>

## 5. Conclusies

### 5.1 Resultaat

Conclusie van de MKBA is dat de variant tram (variant 5) rendabel is. Hij is beter dan de busvariant waarin dezelfde kwaliteit wordt geboden (variant 4), maar die alsnog een aantal belangrijke nadelen heeft. De variant met de hoogste score (variant 3) scoort weliswaar beter dan de tramvariant, maar biedt onvoldoende capaciteit en is daardoor niet realistisch. Deze variant scoort ook slecht op toekomstvastheid en maatschappelijk draagvlak.

De MKBA onderbouwt daarmee de bestuurlijke gewenste keuze dat de tramvariant voor de beschreven problematiek de enige robuuste, toekomstvaste oplossing is.

### 5.2 Vervolgproces Uithoflijn

Op basis van de MKBA-score heeft de minister inderdaad de Rijksbijdrage definitief gemaakt en heeft de regio Utrecht een principebesluit genomen om de tramlijn te realiseren. In december 2011 wordt een realisatiebesluit genomen nadat de laatste ontwerpdetails zijn uitgewerkt, de risico's voldoende in beeld zijn gebracht en zijn verdeeld, en een gedetailleerde planning is opgesteld.

Vanaf 2012 wordt het bestek gemaakt, aanbesteed en gebouwd. Begin 2017 is de baan gereed voor proefbedrijf en begin 2018 gaat de tramlijn in bedrijf.

### 5.3 Betrouwbaarheid in de MKBA

De betrouwbaarheidsbaten blijken ongeveer tweederde van de totale baten te zijn. Dat betekent dat zonder het kwantitatief meenemen van de betrouwbaarheidsbaten de MKBA van de Uithoflijn erg negatief zou hebben gescoord. Wat ook blijkt is dat het capaciteitsprobleem nog onvoldoende in de MKBA is meegenomen. Dit is alleen meegerekend in de vorm van zitplaatskans. Daarmee wordt het aspect 'veevoer' sterk ondergewaardeerd. Extra onderzoek is gewenst op dit thema.

Kortom: deze studie laat een praktische toepassing zien van wetenschappelijk onderzoek, dat het mogelijk maakt betrouwbaarheid van OV systemen uit te drukken in reizigerseffecten, die vervolgens gemonetariseerd kunnen worden. In deze studie geeft de betrouwbaarheid de doorslag in het besluit om wel of niet een tramlijn aan te leggen.

## Referenties

- Cham, L.C., N.H.M. Wilson (2006), *Understanding bus service reliability, A practical framework using AVL/APC data*, MIT, Boston.
- Ecorys (2011), *MKBA Uithoflijn, rapportage uitkomsten*, Rotterdam.
- Gemeente Utrecht (2007), *Visie De Uithof*, Utrecht.
- Goudappel Coffeng (2011), *Vervoerwaardestudie en betrouwbaarheidsanalyse Uithoflijn*, Den Haag.
- Hakkesteegt, P. and Th.H.J. Muller (1981), *Onderzoek regelmaatverbetering, Verkeerskundige werkdagen*, pp. 415-436.
- Oort, N. van (2011), *Service reliability and urban public transport design*, proefschrift TU Delft.
- Savelberg, F. and P. Bakker (2010), *Betrouwbaarheid en robuustheid op het spoor*, KiM.
- Vrije Universiteit (1998), *Vakgroep ruimtelijke economie, Centrum voor omgevings – en verkeerspsychologie, Hoe laat denk je thuis te zijn?*