

# Snel OV scoort, ook voor Rijn- en Veenstreek

prof dr ir Joseph J. M. Evers, Noordwijk, juni 2019,  
emeritus hoogleraar TU\_Delft, Operations Research en Logistiek

## OV voor Rijn- en Veenstreek: de focus

De gemeente Nieuwkoop ligt tussen Alphen aan den Rijn en Uithoorn. Zij omvat veertien woonkernen en is dunbevolkt. Bij elkaar gaat het om 28.000 inwoners. Onder de naam Rijn- en Veenstreek werken de gemeenten Nieuwkoop, Kaag / Braasem en Alphen a/d Rijn samen. Alphen a/d Rijn omvat negen woonkernen lopend van Aarlanderveen, Boskoop en Benthuizen tot aan Zoetermeer. Alphen ligt aan de spoorlijn Leiden-Bodegraven die zich in Bodegraven splitst in de richting Woerden/Utrecht en de richting Gouda/Rotterdam. De streek is in trek. Er is ruimte, maar toch zijn de steden dichtbij. Echter mobiliteit is een probleem. Tijdens de spitsuren zijn er steeds meer files en het OV is te traag voor forensen. Deze studie is bedoeld om de mogelijkheden tot verbetering van het OV te verkennen door alternatieve stelsels van buslijnen op te stellen en als geheel op hun kwaliteit te beoordelen ten opzichte van het huidige OV. De reistijden van de stagnatievrij rijdende auto zijn als ijkpunt genomen.

Met behulp van een speciaal ontwikkelde, algemeen toepasbare computerondersteunde methode zijn de mogelijkheden voor beter OV onderzocht. Als eerste stap is het studiegebied gedefinieerd. In dit geval het gebied tussen Uithoorn, Leiden, Zoetermeer en Woerden waarbinnen de Rijn- en Veenstreek gelegen is. In Uithoorn komt binnenkort een tramstation die aansluiting geeft op de zo genoemde nieuw aangelegde Amstellijn en daarmee op het Amsterdamse railnet. In Zoetermeer is er een station voor een voor het lightrailstelsel Rotterdam – Den Haag. In de vorm van 27 fictieve haltegebieden is het gebied als model in kaart gebracht.

Hierop zijn stelsels van buslijnen gespecificeerd; de bestaande én de te onderzoeken alternatieven. Voor elke configuratie is voor ieder haltegebied eerst de gemiddelde reistijd per OV naar zijn omgeving berekend en vervolgens de vraag naar OV in concurrentie met het gebruik van de eigen auto. Op basis van deze berekende potentiële vervoersvraag zijn de intensiteiten berekend waarmee deze buslijnen het best zijn in te zetten. Het gaat om een vergelijkende studie waarin het bestaande OV als referentie is genomen.

Diverse configuraties van buslijnen zijn onderzocht. Karakteristiek voor de voorgestelde configuratie is een knooppunt van buslijnen in Nieuwveen. Van daaruit gaan directie verbindingen naar Uithoorn, Alphen a/d Rijn, Zoetermeer, Leiden, Mijdrecht, Leiden, Leiderdorp en Schiphol. Reizen met dit OV zal veel sneller gaan dan nu en daardoor veel meer reizigers trekken. Bijvoorbeeld, potentiële reizigers vanuit Nieuwveen en Nieuwkoop naar de omliggende woon- en bedrijfskernen zullen voor hun ov-reis retour 30 tot 45 minuten minder tijd nodig hebben. Door de hogere snelheid van de voorgestelde buslijnen is het vervoer met relatief minder capaciteit te leveren. De studie is een vervoerskundige verkenning die duidelijke aanwijzingen geeft dat het OV sneller en gemiddeld goedkoper is in te richten.

Dit artikel is een samenvatting van de studie “Suggesties voor beter openbaar vervoer voor Rijn- en Veenstreek” die door de auteur is uitgevoerd op verzoek van en samenwerking met Gemeente Nieuwkoop, drs Antoinette Ingwersen (wethouder) en Toeki Amesz (beleidsadviseur).

## Het openbaar vervoer in de context van de verstedelijking

Steeds meer mensen trekken naar de stedelijke omgeving van de Provincies Noord- en Zuid-Holland. De provincies willen dit opvangen met behoud van de diversiteit van het landschap en van de diverse gemeenten. Provincie Zuid-Holland wil dat de gemeenten woningen bouwen, maar bij voorkeur wel binnen bestaand stads- en dorpsgebied. Ook zijn meer bedrijventerreinen nodig. Tevens wil de Provincie de vitaliteit van landelijke gemeenten versterken; dit is het voorgenomen beleid. Bereikbaarheid over en weer met de stedelijke omgeving acht de provincie essentieel. Ook duurzaamheid van het vervoer wordt steeds belangrijker.

Een belangrijke ontwikkeling betreft de inrichting van de Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH) als samenwerkingsverband van drie en twintig gemeenten, gericht op mobiliteit en economische infrastructuur. Het MRDH verleent subsidies voor aanleg van infrastructuur en de exploitatie van het OV. De overgang van auto naar fiets en OV heeft prioriteit. De provincies Noord-Holland en Flevoland werken samen in de *Metropoolregio Amsterdam*. Drieëndertig gemeenten nemen deel. De Provincies Zuid- en Noord-Holland willen de economie stimuleren, de toegankelijkheid verbeteren en veel woningen bouwen.

Waar staat de Rijn- en Veenstreek in deze ontwikkelingen en hoe kan zij optimaal aansluiten? De spoorlijn Leiden–Alphen a/d Rijn–Utrecht/Gouda functioneert goed, maar de streek als geheel is aangewezen op busvervoer. Coördinatie tussen het spoor en de bussen ontbreekt. Voor veel forensen is het huidige openbaar vervoer te langzaam. Een reistijd van deur-tot-deur van anderhalf uur retour is nog wel acceptabel, maar meer dan dat niet. Een voor de hand liggende oplossing is om te voorzien in enkele snelle buslijnen die het gebied geïntegreerd ontsluiten en die daartoe samenkomen in een centraal gelegen knooppunt. Op basis van deze studie komt Nieuwveen daarvoor in aanmerking; zie Tableau 1.

*Tableau 1: Nieuw voorgestelde buslijnen en continuering van huidige lijnen*

<i>Lijn</i>	<i>Indicatie van de heen route</i>
Nw01	Uithoorn - Nieuwveen – Zevenhoven - Nieuwkoop – Aarlanderveen – - Alphen-Station – Alphen-West – Hazerswoude-Dorp – Benthuizen – Zoetermeer
Nw02	Leiden_CS – L'dorp Alrijne – Hoogmade – Woubrugge – Ter Aar – Nieuwveen – Uithoorn
Nw03	Alphen-Station – Alphen-Noord – Ter Aar – Nieuwveen – Mijdrecht
470	A a/d R Station – Woubrugge – Rijnsaterw' – Leimuiden – Hoofddorp A4 – Schiphol
Nw04	Zoetermeer – Benthuizen – Hazerswoude-Dorp – Boskoop-Station
147	A a/d R Station – Aarlanderv' – Nieuwkoop – Zevenhoven – Nieuwveen – Uithoorn
165	A a/d R Station – Hazersw'_Rd – Hazersw'-Dorp – Benthuizen – Zoetermeer CW
169	Leiden CS – Zoeterw'_Rd – Hazersw' Rd – Koudekerk – A a/d R Station
101	Nieuwkoop – Woerdense Verlaat – Zegveld – Woerden Station
Overstap busstation Nieuwveen: Nw_1 ⇔ Nw_2 Overstap busstation Woubrugge: Nw_2 ⇔ huidige A470 Alphen a/d Rijn station, overstappen Nw01, Nw03, 470, 147, 165, 169 Boskoop station, overstappen Nw04	

Het stelsel van snelle hoofdverbindingen bestaat uit de nieuw voorgestelde lijnen Nw01, Nw02, Nw03 en de huidige lijn 470. Met de mogelijkheid tot overstappen bestrijken zij grofmazig het gehele gebied. De nieuw voorgestelde lijn Nw04 in combinatie met de huidige lijnen

147, 165, 169 en 101 voorzien in een aansluitende fijnmazige bedekking die alle huidige bushaltes effectief bedienen. De huidige lijnen 187, 182 183 komen te vervallen. Lijn Nw01 komt zuidelijk uit bij Zoetermeer Centrum West, maar er zijn argumenten om die via de N470 door trekken tot het metrostation tussen Pijnacker en Berkel-Rodenrijs. De vraag op deze lijn zal daardoor toenemen. De systeemgrens van deze studie ligt echter bij Zoetermeer Centrum-West. Dit geldt ook voor lijn Nw04 die uitkomt in Hazerswoude Dorp. Het ligt voor de hand deze tot de HTM-lijn in Zoetermeer door te trekken.

## Kwantitatieve evaluatie van openbaar vervoer

Publieke discussies over de inrichting van het openbaar vervoer zijn niet eenvoudig. De materie is ingewikkeld. Men ervaart OV als een dure publieke voorziening waarop weinig inspraak mogelijk is. Het OV reikt verder dan de gemeentegrenzen en valt niet onder de gemeentelijke besluitvorming. Zou het beter kunnen? Objectiveren van baten en kosten zal helpen om de kwaliteit van ov-stelsels te kunnen vergelijken. Bovendien zou een procedure moeten leiden tot een duidelijke opzet op basis waarvan het OV aan vervoerders is uit te besteden.

Het is voor de hand liggend om de kwaliteit van OV te karakteriseren vanuit de tijdsduur van de aangeboden ov-ritten. Immers tijd is de belangrijkste kostenfactor voor de vervoerder, terwijl voor forensen de reistijd een belangrijke factor voor de keuze: reizen per auto of per OV. Daarom is de reistijd van de onvertraagd rijdende auto volgens de ANWB-routeplanner als substituut voor reisafstand genomen. In aansluiting hierop zes kengetallen geformuleerd om de kwaliteit van OV te beoordelen. Dit zijn: (1) de *reiswaarde*; (2) de *reisefficiëntie*; (3) de *servicewaarde*, (4) de *gemiddelde reistijd* vanuit een woonkern; (5) de *effectiviteit* van de ingezette vervoerscapaciteit en (6) het *marktaandeel* van het OV versus die van de auto.

De *reiswaarde* van een ov-rit gedefinieerd als de tijdsduur van een rechtstreekse autorit. De extra tijd voor omrijden of stoppen in tussen liggende haltes wordt dus niet meegeteld. In het begrip *reisefficiëntie* wordt de relatieve duur van een ov-rit gekarakteriseerd door de reiswaarde te delen door de tijdsduur van de ov-rit. Voor busritten zal deze efficiëntie in het algemeen lager zijn dan 100%, terwijl dit voor directe treinverbindingen aanzienlijk hoger kan zijn. Vervolgens is de *servicewaarde* te definiëren als *reiswaarde maal reisefficiëntie*. De *servicewaarde* geeft een indicatie van de waarde die de rit heeft voor de haastige reiziger. Deze begrippen zijn in aangepaste vorm ook van toepassing op ov-lijnen en ov-configuraties.

Het vierde kengetal betreft de dienstverlening specifiek ten behoeve van de afzonderlijke woonkernen. Het gaat om de *gemiddelde forensische reistijd* die potentiële reizigers vanuit een woonkern "A" incasseren wanneer zij van daar uit naar de gewenste "attracties" van de omgevende kernen willen reizen; de *forensische reistijd* is hier de tijd van de heenreis plus die van de terugreis. Het gaat om reizigers die gemotiveerd zijn om de reis te ondernemen en daartoe de reistijd per auto accepteren. Het begrip "potentiële reiziger" wordt in dit verband dus gedefinieerd als zijnde onafhankelijk van het beschikbare OV, maar wel afhankelijk van de "attractiviteit" van het reisdoel en de afname van de attractie ervan naar mate de reis met de "standaard auto" meer tijd in beslag neemt. Voor het woon-werk verkeer zal de "attractie" bestaan uit de aantallen arbeidsplaatsen. De formele definitie van de *gemiddelde forensische reistijd* is te vinden in Appendix: *Reizen per auto, OV of fiets*.

De *gemiddelde forensische reistijd per OV* is een belangrijke indicator voor de toegankelijkheid die het OV biedt tot de omringende werkgelegenheid en de omringende faciliteiten. Forensen die veel tijd kwijt raken aan hun dagelijkse reizen kunnen minder tijd besteden aan

persoonlijke en publieke activiteiten. Het persoonlijke nadeel hiervan zal voor ieder verschillend wegen. Om toch tot een objectieve waarde te komen wordt aan forensische reistijd ook wel een prijs toegekend die afgeleid uit het modale netto loon. Dit is nu ongeveer 25 ct per minuut. Op die manier zal een forens die reizend per OV een halfuur langer moet reizen dan per auto, dagelijks 7,50 euro moeten toeleggen. Of wel 150 euro per maand. Voor sommige blijken hoge kosten in tijd een argument te zijn om een andere baan te kiezen of te verhuizen. Dit heeft ook maatschappelijke consequenties. Een bekende is vergrijzing.

Het vijfde kengetal voor de kwaliteit van een ov-lijn of van een ov-stelsel is de *effectiviteit* ervan. Dit betreft de *door reizigers afgenomen reiswaarde ten opzichte ingezette vervoerscapaciteit*. Deze *effectiviteit* is een indicatie van de te verwachten operationele kosten. Nauwelijks bezette bussen die voornamelijk tijdens de daluren rondrijden zijn misschien wel goed als potentiële dienstverlening maar zijn wel ineffectief. Alleen met aanzienlijke subsidies zijn deze in bedrijf te houden. De vraag is natuurlijk of dit beter kan.

Een zesde kengetal betreft het marktaandeel dat het OV neemt ten opzichte van de auto. De kritieke succesfactor is de snelheid van het OV, inclusief eventueel overstappen. Het gaat hier duidelijk om een maatschappelijke kwaliteit en om verduurzaming van het personenvervoer. De gehanteerde methode is toegelicht in *Appendix: Reizen per auto, OV of fiets*.

## De berekeningen

Om deze kengetallen voor de kwaliteit van een configuratie van ov-lijnen te berekenen, zijn gegevens nodig over het bedieningsgebied. Het gaat om veel informatie en intensieve rekenpartijen. Met “papier, potlood en retoriek” lukt dit niet. Daarom is het openbaar vervoer rond de wijde omgeving van de gemeente Nieuwkoop bestudeerd met behulp van een daartoe ontwikkeld computerprogramma, genaamd *OV\_Studio*.

De eerste fase betreft het opstellen van het *studiegebied* bestaande uit zo genoemde *haltekernen*. Een *haltekern* staat voor een woonkern, bedrijfs-, opleidings-, winkel-, verzorgingscentrum, of mogelijk een combinatie ervan. Een *haltekern* bevat per definitie slechts één halte die meestal staat voor een samenvoeging van meerdere haltes in dat gebied. Elke combinatie van twee *kernen* definieert een *vervoersrelatie* waarvoor de reistijd voor een *stagnatievrij rijdende auto* als norm geldt. Die tijden zijn te vinden in de ANWB-routeplanner. Voor elke vervoersrelatie functioneert deze reistijd als de *referentietijd*. Sommige kernen liggen op de rand van het studiegebied. Voor deze studie zijn dit Leiden, Zoetermeer, Gouda, Woerden, Uithoorn en Schiphol. De vervoersrelaties tussen deze “randkernen” onderling blijven buiten beschouwing; het gaat immers om het gebied dat daar binnen ligt. Het *studiegebied* functioneert verder als stabiele informatiebasis voor het verdere onderzoek.

In aansluiting hierop zijn bus- en treinlijnen in te voeren. De routes zijn aan te geven als een reeks van *haltekernen* waarin gestopt wordt met specificatie van de rijtijden. Stoppen op haltes tussen de kernen is te verrekenen in langere rijtijden. Een ov-stelsel is te definiëren als een verzameling van ov-lijnen met specificatie van ov-kernen waarin reizigers eventueel kunnen overstappen op een andere ov-lijn. Op elk ov-stelsel en elk type reismotivatie is een rekenprocedure te activeren die de kortste ov-reistijden bepaalt en op basis daarvan de intensiteiten van de reisvraag tussen de alle vervoersrelaties. Dit gebeurt in concurrentie ten opzichte van reizen per auto en fiets, maar ook met betrekking tot de eventuele attractiviteit van andere haltekernen. De concurrentiefactor is reistijd.

In deze studie zijn twee reismotieven onderscheiden: “woon-werk” en “persoonlijke activiteiten”. Er zijn dan “belangstellenden” en “attracties”. De belangstellenden voor “woon-werk” is de leeftijdscategorie werkenden, terwijl de attracties bestaan uit de werkgelegenheid ter plaatse en omringende ov-kernen. Als “attractie” voor “persoonlijke activiteiten” is in deze studie het aantal inwoners van de kernen genomen.

Voor elk reismotief afzonderlijk worden de vraagintensiteiten berekend en vervolgens de intensiteiten waarmee de ov-lijnen zijn te exploiteren. Dikwijls is de vervoersvraag vanuit eenzelfde vervoersrelatie door meerdere ov-lijnen te bedienen; eventueel door over te stappen. Er is dus een keuzeprobleem. Namelijk, in welke mate moeten de ov-lijnen de vraag bedienen, in welke mate dienen zij te worden ingezet en waar kan men het beste overstappen. De keuze wordt geleid door het surplus aan baten ten opzichte van de kosten te maximaliseren. Deze afweging is geformuleerd als van een wiskundig optimaliserings-probleem. *OV\_Studio* voorziet in een algoritme om deze optimalisering door te rekenen.

Ten slotte zijn de berekende intensiteiten voor de inzet van de ov-lijnen te vertalen naar uur frequenties van de ov-lijnen. Dit kan door een bestaand stelsel dat als referentie te nemen en de resultaten van een alternatief stelsel daarop te ijken. Maar een disclaimer is op zijn plaats: de resultaten pretenderen niet meer zijn dan een rationeel onderbouwde scan, voortkomend uit experimenten die interactief met behulp van *OV\_Studio* zijn uit te voeren.

## Het OV voor Rijn- en Veenstreek afgebeeld in het rekenmodel

Het te onderzoeken gebied ligt tussen Uithoorn Metrostation, Leiderdorp Alrijne Ziekenhuis, Zoetermeer Centrum West, Gouda en Woerden. Tableau 2 geeft de haltekernen ervan.

*Tableau 2: De haltekernen van het studiegebied*

Alphen a/d Rijn, NS_Station Alphen a/d Rijn Lorenzweg Alphen a/d Rijn Eisenh'weg Aarlanderveen Bodegraven NS Station Boskoop NS Station Gouda NS_Station Hoogmade Hazerswoude Dorp	Hazerswoude Rijndijk Benthuizen Leiden, Centraal Station L'dorp, Alrijne Ziekenhuis Nieuwkoop Nieuwveen Rijnsaterwoude Leimuiden Mijdrecht	Schiphol, NS Station Ter Aar Uithoorn Metrostation Waddinxveen Woerden NS Station Woubrugge Zevenhoven, Stationsweg Zoetermeer Centrum West Zoeterwoude Rijndijk
--	--	--

Het reizen binnen de kernen zélf blijft in het model buiten beschouwing. Er zijn echter schattingen op te geven van de extra tijd die nodig is om met een auto op bestemming te komen (of te vertrekken) en te (dé-)parkeren; standaard 6 minuten. Uiteraard is voor de ov-reiziger extra tijd gerekend om de halte van vertrek te bereiken of om vanuit een halte op zijn bestemming te komen. Dit is standaard 8 minuten, maar voor Uithoorn en voor Zoetermeer is vanwege het grote toegangsgebied 15 minuten gerekend. Voor autorijden tijdens de spits is extra tijd voor stagnaties in rekening gebracht. Dit betreft vertrek uit een kern “A” plus aankomst op de op een kern “B” (2x2 min). Bovendien is voor het rijden zelf tijdens de spits op een toeslag van 10% toegevoegd. Echter voor het OV wordt geen extra tijd tijdens de spits gerekend.

## Reizen met het huidige OV en het OV versus de auto

Uit deze gegevens berekent *OV\_Studio* voor elke vervoersrelatie de reistijden van deur-tot-deur per auto, per OV en per fiets. *OV\_Studio* zoekt de kortste reistijd per OV, ook als dat gaat via een of twee keer overstappen. Extra tijd wordt daarin meegenomen; 6 minuten voor elke overstap. De feitelijke reistijden zijn ook afhankelijk van het reisdoel. Woon-werk reizen gaan voornamelijk tussen woon- en bedrijfskernen tijdens de ochtend- en avondspits. Reizen voor persoonlijke doeleinden zijn in het algemeen veel minder gericht en spelen vooral tijdens de daluren. Ze zijn gekarakteriseerd als “kris-kras reizen”.

Uit deze gegevens en veronderstellingen zijn de gemiddelde forensische reistijden per auto en per OV af te leiden; zie Tableau 3. Reizen per fiets is in deze studie niet meegenomen. De gemiddelde reistijden voor het OV zijn aanzienlijk langer dan die voor de auto. Dit geldt vooral voor haltekernen zonder treinstation. De OV reizen duren daar twee tot driemaal langer dan die per auto. Dit OV schiet te kort als alternatief voor de auto.

Tableau 3: Gemiddelde forensische reistijd in minuten voor het huidige OV

	woon-werk		kris-kras			woon-werk		kris-kras	
	auto	OV	auto	OV		auto	OV	auto	OV
A/R_NSS	31 m	42 m	32 m	42 m	Nw'koop	36 m	80 m	35 m	81 m
Aarland	33 m	73 m	32 m	71 m	Nw'veen	40 m	101 m	37 m	96 m
Benthzn	37 m	69 m	37 m	69 m	Ter_Aar	34 m	89 m	33 m	86 m
Bo-	41 m	65 m	40 m	64 m	Waddinx	46 m	65 m	44 m	62 m
deNSS	36 m	51 m	36 m	51 m	Woubrug	33 m	59 m	32 m	56 m
Bos-	34 m	66 m	33 m	65 m	Zevenhv	37 m	84 m	35 m	82 m
kNSS									
HzwDorp									

De gemiddelde forensische reistijden hebben alleen betekenis voor kernen in het binnen gebied en betreffen de “kale” reistijden, maar wel is meegenomen eventuele tijd om over te stappen

Op basis van de afgeleide reistijden is een beeld af te leiden over de te verwachten vraag naar auto- en ov-vervoer. Daartoe worden *vraagintensiteiten* berekend. Dit gebeurt met behulp van een bekend vervoerskundig model dat is toegelicht in Appendix: *Reizen per auto, OV of fiets*. Uitgangspunten zijn enerzijds de *attractiviteit* van elke haltekern en anderzijds de belangstellende inwoners. De fictieve vraag wordt hieruit afgeleid door het aspect concurrentie in reistijd als bepalende factor mee te nemen. Dit gebeurt in twee opzichten: de reistijd naar verschillende kernen die concurreren met hetzelfde type attractie en de reistijden tussen de drie vormen van vervoer. Deze vraag neemt sterk af naar mate de reistijd toeneemt.

Tableau 4: Vervoersvraag, auto versus huidig OV

	woon_werk reizen		kris_kras reizen	
	aantal	tijdafstand	aantal	tijdafstand
Auto	58%	62%	63%	67%
Trein	10%	10%	10%	10%
Bussen	28%	27%	24%	23%
Fiets	4%	1%	3%	1%

Het gaat om forensisch reizen; dus steeds de heen- en terugreis samen *van-deur-tot-deur*. Werken, winkelen of uitgaan in de eigen haltekern is natuurlijk ook een optie en wordt ook zo

behandeld. Op die manier zijn de vervoersaandelen in tijd-afstand voor het uitgaande verkeer berekend. De Tableau 4 geeft een samenvatting. Hierin concurreert OV als geheel met de auto, maar is gesplitst in het aandeel van de trein en van het busvervoer.

In het model gebeurt fietsen hoofdzakelijk om vanuit de woning op het OV te stappen. Dit geldt voor  $\pm 10\%$  van de ov-ritten. Tijdens de spits blijkt het de auto minder in trek te zijn dan tijdens de daluren. Oorzaak: het model voorziet dan in enige vertraging voor de auto, terwijl het OV verondersteld wordt onbelemmerd te kunnen doorrijden. *In de verdere berekeningen is de reisvraag genormaliseerd op een totale reisvraag van 100.000 tijd-afstandsminuten.*

## De exploitatie van de huidige buslijnen

In aansluiting op de berekende vraagintensiteiten naar OV, zijn voor iedere ov-lijn de nodige intensiteiten van dienstverlening af te leiden. Het gaat om een optimale inzet van capaciteit op de ov-lijnen met inbegrip van de mogelijkheid tot overstappen, in relatie van de kwaliteit van dienstverlening, opgevat als mix van de reiswaarde (90%) en de dienstwaarde (10%).

De kostenfactor is gebaseerd op twee aspecten: *de kosten van intensiteit* en die van *capaciteitsinzet*. De *intensiteit* is een afspiegeling van de frequentie. De *capaciteitsinzet* is afgeleid door de intensiteit te vermenigvuldigen met duur van de ov-rit van begin- tot eindpunt. Deze *capaciteitsinzet* is een afspiegeling het in de praktijkbegrip *dienstroosteruur*. OV is een dure zaak en de meeste buslijnen worden fors gesubsidieerd op basis van de contractueel geproduceerde dienstroosteruren; dat wil zeggen de tijd waarop een bus effectief als dienstverlenend in bedrijf is. In de berekeningen zijn de kostenfactoren (na aftrek van eventuele subsidie) dusdanig laag gehouden dat alle vraagintensiteiten op alle vervoersrelaties die het OV bestrijkt vrijwel volledig worden bediend (99%). De berekeningen leiden tot uitermate gedifferentieerde resultaten. Hieruit zijn die van Tableau 5 samengevat.

*Tableau 5: Het functioneren van de buslijnen in het huidig OV*

ov-lijnen	Vraagprofiel	Geleverde tijdafstand	Inzet van capaciteit	Effectiviteit tijdafst / cap	Relatieve dienstwaarde
alle buslijnen + retour	ochtendspits	1695	3553	48%	32%
	avondspits	1695	3553	48%	32%
	daluren	1423	2484	57%	38%
alle treinen + retour	ochtendspits	2520	1965	128%	210%
	avondspits	2520	1965	128%	210%
	daluren	2205	1646	134%	218%
Het geleverde vervoer en inzet van capaciteit zijn genormaliseerd op een totale reisvraag (dus auto, OV en fiets samen) van 10.000					

Het blijkt dat de totaal geleverde tijd-afstanden voor woon-werk reizen en die voor kris-kras reizen enigszins hoger zijn dan de gevraagde. Oorzaak? Sommige reizigers rijden om, om op de snelle trein te kunnen stappen. De resultaten voor de heen- terugritten tijdens ochtend- en avondspits blijken hier in geheel symmetrisch te zijn. Dit is het gevolg van de symmetrie van de invoergegevens, maar in praktijk situaties kunnen deze aanzienlijk verschillen.

De kolommen "effectiviteit" en "dienstwaarde" verwijzen naar de dienstverlening aan reizigers, gerekend ten opzichte van de inzet van capaciteit. Wanneer een bus van begin tot eind

zonder omwegen vol bezet zou rijden, dan zou de efficiëntie in reiswaarde 100% zijn. Als dit met inbegrip van tussenstops net zo snel zou gaan als de stagnatievrij rijdende auto, dan zou ook de efficiëntie in dienstwaarde 100% zijn. Voor busvervoer is deze efficiëntie meestal lager dan 100%. Immers, meestal is de bezetting onvolledig, neemt een bus niet de kortste weg (geeft lagere reiswaarde) en gaat langzamer (lagere dienstwaarde). Voor snelle lijnen zijn deze waarden hoger dan 100%; zie de rij over het vervoer per trein.

*De effectiviteit zoals die aangegeven is in de desbetreffende kolom, geeft een algemene indicatie over opbrengst versus productiekosten. Snelheid is gunstig voor de effectiviteit. Dit is duidelijk een punt van onderzoek: het invoeren van goed gekozen snelle buslijnen in plaats van langzame lijnen zal gunstig zijn voor het rendement en zal kostenverlagend werken.*

## Andere opzet voor het OV

Wanneer de lokale dekkingsfunctie en de verplaatsingsfunctie in elkaar overlopen, wordt het OV traag. In de te onderzoeken opzet van het OV worden deze functies min of meer gescheiden, maar wel zodanig dat alle haltes met OV ten opzichte van elkaar bereikbaar zijn en dat vrijwel alle haltes worden bediend. Het stelsel volgens Tableau 1 blijkt het goed te doen. Tableau 6 geeft daarvoor de gemiddelde reistijden. Ter vergelijking zijn ook die van de standaard auto opgenomen. OV-reizen blijken nu aanzienlijk sneller te gaan.

*Tableau 6: Gemiddelde reistijd heen en terug samen; auto versus voorgesteld OV*

	woon-werk		kris-kras			woon-werk		kris-kras	
	auto	OV	auto	OV		auto	OV	auto	OV
A/R_NSS	31 m	35 m	32 m	34 m	Nw'koop	36 m	56 m	35 m	55 m
Aarland	33 m	47 m	32 m	45 m	Nw'veen	40 m	58 m	37 m	51 m
Benthzn	37 m	58 m	37 m	56 m	Ter_Aar	34 m	53 m	33 m	52 m
Bo-	41 m	58 m	40 m	56 m	Waddinx	46 m	61 m	44 m	56 m
deNSS	36 m	47 m	36 m	46 m	Woubrug	33 m	47 m	32 m	43 m
Bos-	34 m	58 m	33 m	54 m	Zevenhv	37 m	58 m	35 m	52 m
kNSS									
HzwDorp									

Vervolgens is het aandeel in het reizigersvervoer van het voorgestelde ov-stelsel berekend; zie Tableau 7. De vraag naar OV is gesplitst in die voor bus en trein. De vraag naar busvervoer is nu 33% en 28%, in plaats van de huidige 27% en 23%. Dit is duidelijk hoger: snelheid scoort.

*Tableau 7: Reisvraag auto versus voorgesteld OV*

	Woon_werk reizen		kris_kras reizen	
	aantal	tijdafstand	aantal	tijdafstand
Auto	55%	58%	60%	63%
Trein	9%	9%	9%	9%
Bussen	32%	32%	28%	27%
Fiets	3%	1%	3%	1%

Tableau 8 geeft de geleverde vervoersprestatie en de ingezette capaciteiten. De voorgestelde opzet van buslijnen blijkt tijdens de spits  $\pm 9\%$  meer capaciteit nodig te hebben, maar levert daarmee wel  $\pm 33\%$  meer vervoer. Voor het "kris-kras" vervoer is  $\pm 15\%$  meer capaciteit



nodig om 32% meer vervoer te bedienen. Conclusie: snelheid scoort zowel in omzet als in efficiëntie.

*Tableau 8: Het functioneren van de buslijnen in het voorgestelde OV.*

ov-lijnen	Vraagprofiel	Geleverde tijdafstand	Inzet van capaciteit	Effectiviteit tijdafst / cap	Relatieve dienstwaarde
voorgestelde buslijnen + retour	ochtendspits	1365	2261	60%	51%
	avondspits	1365	2261	60%	51%
	daluren	1190	1783	67%	56%
selectie huidige lijnen + retour	ochtendspits	883	1609	55%	38%
	avondspits	883	1609	55%	38%
	daluren	687	1067	64%	45%
alle treinen + retour	ochtendspits	2413	1914	126%	204%
	avondspits	2413	1914	126%	204%
	daluren	2123	1607	132%	213%
Het geleverde vervoer en inzet van capaciteit zijn genormaliseerd op een totale reisvraag (dus auto en OV samen) van 10.000					

## De inzet van capaciteit vertaald naar rittfrequenties

Ook de intensiteiten zijn berekend waarin de lijnen volgens het model het best zijn in te zetten. Deze intensiteiten hebben alleen betekenis in onderlinge verhoudingen. Daarom zijn deze in Tableau 9 herleid ten opzichte van de maximale intensiteit in elke kolom. De intensiteiten geven een indicatie voor de gewenste frequenties in relatie tot de vervoersvraag: hoe hoger de intensiteit, des te hoger de gewenste frequentie. In de praktijk wordt de frequentie als minimaal niveau van algemene dienstverlening dikwijls op één gehouden, ook als de vraag daarvoor economisch gezien onvoldoende is.

*Tableau 9: De intensiteiten waarin de buslijnen dienen te worden geëxploiteerd*

Huidige configuratie van buslijnen					Voorgestelde configuratie		
buslijn	spits		dal		buslijn	spits	dal
	intensi	freq	intensi	freq			
A101-a	4%	1 x	5%	0 x	Nw01-a	54%	66%
A101-b	1%	1 x	--	0 x	Nw01-b	47%	--
A147-a	39%	2 x	51%	1 x	Nw02-a	38%	85%
A147-b	29%	2 x	--	1 x	Nw02-b	55%	--
A165-a	65%	1 x	65%	1 x	Nw3-a	11%	59%
A165-b	21%	1 x	--	1 x	Nw3-b	38%	--
A169-a	2%	2 x	4%	2 x	A470-a	100%	100%
A169-b	7%	2 x	--	2 x	A470-b	55%	--
A187-a	19%	2 x	39%	2 x	Nw4-a	10%	25%
A187-b	19%	2 x		2 x	Nw4-b	16%	--
A182-a	22%	2 x	28%	2 x	A101-a	3%	3%
A182-b	16%	2 x	--	2 x	A101-b	1%	--
A183-a	9%	2 x	19%	1 x	A147-a	14%	6%
A183-b	12%	2x	--	1 x	A147-b	2%	--
A470-a	100%	6 x	100%	6 x	A165-a	13%	16%
A470-b	48%	6 x	--	6 x	A165-b	3%	--
De uur frequenties van de huidige lijnen zijn enigszins vereenvoudigd weergegeven					A169-a	8%	18%
					A169-b	16%	--

Voor de “grote” lijnen: Nw01, Nw02, Nw03 en A470 komt een frequentie van 2, 4 of 6 in aanmerking. De andere lijnen zijn vooral bedoeld om ook “kleine” haltes te bedienen. Een frequentie van eenmaal per uur gedurende de gehele dag zal meestal ruim voldoende zijn. Op deze “kleine” lijnen zullen waarschijnlijk kleine bussen volstaan. Deze zijn minder belastend voor de woonomgeving, zijn ook beter voor het milieu en goedkoper te exploiteren.

Voor sommige vervoersrelaties is de vraag tijdens de ochtendspits in de ene richting duidelijk groter dan de vraag in tegenovergestelde richting. Tijdens de avondspits blijkt het tegenover gestelde patroon op te treden. Dit is bijvoorbeeld het geval met de lijnen Nw03 en A470. In principe zou dit in een keuze voor verschillende frequenties kunnen leiden.

## Bevindingen

Er zijn verschillende configuraties van buslijnen onderzocht. Karakteristiek voor de gevonden beste configuratie zijn de snelle buslijnen tussen; namelijk:

- Uithoorn – Nieuwveen – Alphen a/d Rijn – Zoetermeer;
- Leiden – Woubrugge – Ter Aar – Nieuwveen;
- Alphen a/d Rijn – Woubrugge – Nieuwveen – Mijdrecht;
- de huidige lijn 470, Alphen a/d Rijn – Woubrugge – Schiphol.

Daarnaast zijn er enkele “kleine” lijnen, waaronder de voorgestelde lijn Zoetermeer – Benthuizen – Hazerswoude Dorp – Boskoop Station. Deze lijnen voorzien in een volledige bediening van de huidige haltes, maar de vervoersvraag dusdanig laag is dat een frequentie van eenmaal per uur zal volstaan. In aansluiting hierop is een berekening gemaakt over een optimale inzet van de buslijnen. De kostencomponent is daarbij netto dusdanig laag gehouden, dat 99% van deze reisvraag inderdaad wordt bediend. De voorgestelde ov-configuratie wordt vergeleken met de huidige. De resultaten leiden tot de volgende bevindingen:

- (1) De gemiddelde reis van elke woonkern naar omgevende kernen wordt aanzienlijk bekort. Voor Nieuwveen bijvoorbeeld wordt de retourreistijd drie kwartier korter;*
- (2) De vraag naar vervoer per bus zal fors toenemen met een overeenkomstige vermindering van reizen per auto.*
- (3) Het voorgestelde ov-stelsel zal  $\pm 12\%$  meer capaciteit nodig hebben als het huidige stelsel, maar vervoert daarmee wel  $\pm 33\%$  meer reizigers;*
- (4) De voorgestelde vier snelle buslijnen zullen veel reizigers trekken en zullen daardoor intensief zijn te exploiteren.*

Deze studie pretendeert echter niet meer te zijn dan een zorgvuldige scan. Maar de bevindingen leiden wel tot de aanbeveling om de suggesties verder te onderzoeken. Het ontwikkelde computermodel kan dergelijke studies ondersteunen.

## Appendix: De reisvraag voor auto, OV en fiets

Een relativerende opmerking vooraf is op zijn plaats: deze nogal technische appendix is bedoeld als formele verantwoording voor de gehanteerde methode en is vooral bedoeld voor vervoerskundigen. Het betreft de aspecten van de reisvraag in relatie tot de reistijd.

Uit statistisch onderzoek blijkt dat de reisvraag sterk afneemt naar gelang de reistijd toeneemt. Verkeerskundigen beschrijven dit effect als een negatief exponentiële relatie. Hoe gaat dit voor de reisvraag vanuit een kern "A" naar een kern "B"? Uitgangspunt is de "attractiviteit" van "B". Voor de woon-werk reisvraag is dit de werkgelegenheid binnen "B". De *feitelijke attractiviteit* van "B" neemt negatief-exponentieel af naar mate de afstand tot "B" groter is. Het rekenvoorbeeld illustreert hoe dit werkt vanuit "A" naar omringende kernen "B", "C" tot "F" onder de veronderstelling dat men uitsluitend per auto reist. In principe kan "A" ook over een eigen attractiviteit beschikken. De rit van "A naar A" is dan te interpreteren als "thuis blijven".

### Rekenvoorbeeld 1: afname attractiviteit met toename van reistijd

Rit vanuit A =>	auto rijtijd vanuit A	Tijd-effect	% afname van attractiviteit
A => A	2 x 15 min	100 %	--
A => B	2 x 20 min	70.5 %	$(100. - 70.5) / 100. = 29.4 \%$
A => C	2 x 25 min	49.7 %	$(70.5 - 49.7) / 70.5 = 29.4 \%$
A => D	2 x 30 min	35.0 %	$(49.7 - 35.0) / 49.7 = 29.4 \%$
A => E	2 x 35 min	24.7 %	$(35.0 - 24.7) / 35.0 = 29.4 \%$
A => F	2 x 40 min	17.3 %	$(24.7 - 17.4) / 24.7 = 29.4 \%$
Attractie-effect te berekenen als $2.858 \times \exp(-0.035 \times \text{reistijd heen plus terug})$ ; de coëfficiënt 2.858 zorgt er voor dat er geen tijd-effect optreedt wanneer de reistijd 2 x 15 minuten is.			
Een typische eigenschap is aangegeven in laatste kolom: gelijke toename van reistijd geeft gelijke relatieve afname van attractiviteit			

Een voor de hand liggend kengetal voor de kwaliteit OV, gezien vanuit een halte kern is de *gemiddelde forensische reistijd* (ritduur heen plus terug) die *potentiële reizigers* moeten besteden wanneer zij vanuit hun kernhalte naar de "attractiviteit" van de omgevende kernen willen reizen. In dit verband zijn per definitie *potentiële reizigers*, zij die de reistijd per auto accepteren om naar de "attractie" te reizen waarbij per definitie hun aantal afneemt conform het berekende *tijd-afstandseffect*. In aansluiting op het vorige voorbeeld licht het volgende rekenvoorbeeld het idee toe

### Rekenvoorbeeld 2: gemiddelde reisvraag en gemiddelde reistijd per auto en per OV

kern	mate van attractie	auto rijtijd uit A retour	effectieve attractie	totale tijd in auto	rijtijd OV uit A retour	totale tijd in OV
A	100	2 x 15 min	100	3000 min	2 x 25 min	5000 min
B	200	2 x 20 min	141	5640 min	2 x 30 min	8460 min
C	400	2 x 25 min	199	9950 min	2 x 35 min	13930 min
D	800	2 x 30 min	280	16800 min	2 x 40 min	22400 min
E	1600	2 x 35 min	395	27650 min	2 x 45 min	35550 min
F	400	2 x 40 min	69	5520 min	2 x 50 min	6900 min
		totaal	1184	68560 min		92240 min
gemiddeld in auto: $68560 / 1184 = 58$ minuten				gem in OV: $92240 / 1184 = 78$ min		
Rekenkundig is de gemiddelde reistijd onafhankelijk van het aantal belangstellenden in "A"						

In de berekening is “effectieve attractie” vertaald in aantallen reizigers wanneer het OV even snel zou gaan als de auto. De feitelijke gemiddelde reistijd per OV is vervolgens berekend over deze aantallen. De gemiddelde reistijd per auto dient ter vergelijking.

De vraag is vervolgens wat de feitelijke vraag naar OV is in concurrentie met de auto. Ook hier is reistijd de bepalende factor. Deze komt voort uit de verschillende reistijden naar de omringende kernen, gedifferentieerd naar de twee vervoersvormen. Uitgangspunt is verder het *principe van proportionaliteit* dat bepaald is door twee eigenschappen: (1) als zowel het aantal belanghebbenden inwoners van een kern “A” met x% toeneemt, als ook de omvang van de attracties, dan neemt ook de reisvraag met x% toe, en (2) als het aantal belanghebbenden met x% toeneemt, maar de attractiviteit juist met x% afneemt, dan blijft de reisvraag gelijk. Deze procentuele verandering x kan ook negatief zijn.

De enige wiskundige relatie hiervoor is de wortel over het product van aantal belanghebbenden en totale mate van attractiviteit. Het volgende rekenvoorbeeld laat zien hoe dit gaat. In de praktische toepassingen moet nu gerekend worden met de reistijden van deur-tot-deur.

### Rekenvoorbeeld 3: Berekening van de intensiteiten van de reisvraag vanuit kern “A”

	De gegevens			Attractiewaarden		Reisintensiteiten				
	Attractiviteit	Auto-tijd +	OV-tijd +	Auto	OV	Auto	OV	Auto %	OV %	
A	100	2 x 15 min	2 x 25 min	100	50	238	119	5.7%	2.8%	
B	200	2 x 20 min	2 x 30 min	141	67	336	159	8.0%	3.8%	
C	400	2 x 25 min	2 x 35 min	199	99	474	236	11.0%	5.6%	
D	800	2 x 30 min	2 x 40 min	280	139	666	331	15.8%	7.9%	
E	1600	2 x 35 min	2 x 45 min	395	196	940	466	22.3%	11.1%	
F	400	2 x 40 min	2 x 50 min	69	35	164	83	39.1%	2.0%	
				1184	586					
Gegeven aantal belangstelling 10.000				Volume = $\sqrt{(\text{belangstelling} / \sum \text{attractiewaarden})} = 2.38$						
Attractiewaarde = Attractiviteit * tijdeffect; voor het tijd-effect, zie rekenvoorbeeld 1										
Reisintensiteit = Attractiewaarde x Volume;										
De overall marktaandelen zijn uit de reisintensiteiten af te leiden door de intensiteiten van auto en OV te sommeren (hier 2001 + 990) en de verhoudingen in % op te stellen.										
De reisintensiteiten geven de onderlinge verhoudingen van de reisvraag maar niet de vraag zélf.										

De berekeningen zijn bewerkelijk. Immers, elke kern wordt dan omringd door veel meer kernen dan in het voorbeeld en voor iedere kern afzonderlijk moet dit berekend worden. Wanneer een model 30 kernen beslaat, zal het gaan om 900 uit te rekenen relaties. *OV\_Studio* is voorzien van een algoritmes om deze berekeningen uit te voeren.

Voor forensisch reizen (heen plus terug) is fietsen een hanteerbare optie als het reisdoel binnen een uur te halen is. Fietsen in combinatie met OV komt meer in aanmerking. Er zijn in principe vijf mogelijkheden om per fiets of OV forensisch van “A” naar “B” te reizen. Namelijk:

- (1) Per snelste OV van “A” naar “B” en terug per snelste OV van “B” naar “A”;
- (2) Met fiets van “A” naar “S”, dan met snelste OV van “S” naar “B” en terug in omgekeerde volgorde;
- (3) Met fiets van “A” naar “B” en terug van “B” naar “A”
- (4) Per snelste OV van “A” naar “S”, dan per fiets van “S” naar “B” en terug in omgekeerde volgorde
- (5) Per fiets van “A” naar “S1”, dan per snelste OV naar “S2”, dan per fiets naar “B” en terug in omgekeerde volgorde.

De meeste reizigers zullen de opties (4) en (5) te ingewikkeld vinden. Deze blijven daarom buiten beschouwing. Blijven over (1), (2) en (3). Echter het ontwikkelde model werkt met twee concurrerende reismodellen: auto en OV waarbij de reistijd van-deur-tot-deur als concurrentiefactor optreedt. Om deze opzet toch te kunnen toepassen, zijn de opties (1) en (2) gecombineerd in enkele fictieve reismodel *fiets-ov*. De concurrentie gaat dan tussen auto en *fiets-ov*. Als reistijd van *fiets-ov* wordt genomen de kortste van de reismodellen (1), (2), of (3) gerekend van-deur-tot-deur. In principe kan dit OV alleen zijn of fiets alleen, maar ook de combinatie kan de snelste zijn.

Als de reismodel voor een relatie "A => B" in concurrentie met de auto berekend is, dan moet deze nog verdeeld worden tussen (1), (2) en (3). Dit gebeurt in vorm van de negatief-exponentiële reistijd verhouding zoals beschreven is in rekenvoorbeeld 3. De rekenprocedure gaat als volgt:

- (i) bepaal de snelste *ov*-reistijd van-deur-tot-deur;
- (ii) kies een opstaphalte "S" met de kortste reistijd volgens reismodel (2);
- (iii) definieer als de reistijd van "*fiets-ov*" als de kortste van de reismodellen (1) of (2) en bepaal de procentuele verdeling "D" tussen beide;
- (iv) bepaal de vervoersaandelen van auto, *fiets-ov* en fiets volgens het concurrentiemodel;
- (v) verdeel het aandeel van fiets en het OV volgens de verdeling "D";
- (vi) voeg de resulterende vraag naar OV toe aan de algemene modelmatige vraag naar OV en doe hetzelfde voor de fiets.

In principe is iedere halte een kandidaat om als opstaphalte "S" te dienen, maar natuurlijk zullen de haltes van snelle *ov*-lijnen zoals treinstations het meest in aanmerking komen. Een mogelijke uitkomst van deze procedure is dat een reis in principe geheel per fiets of geheel per OV wordt afgelegd, maar ook dan wordt de verdeling volgens het tijdseffect toegepast.