

**Automatisch vervoer als onderdeel van het decor of
als essentiële bijdrage aan duurzaamheid?**

Teije Gorris
TNO
teije.gorris@tno.nl

Martijn de Kievit
TNO
martijn.dekievit@tno.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
25 en 26 november 2010, Roermond**

Samenvatting

Automatisch vervoer als onderdeel van het decor of een essentiële bijdrage aan duurzaamheid?

Naar verwachting woont in 2020 80% van de Europese bevolking in een stedelijke omgeving. Dit leidt tot méér en intensiever gebruik van schaarser wordende stedelijke ruimte. Dit heeft negatieve invloed op verduurzaming van stedelijke mobiliteit en bereikbaarheid. Mogelijk kunnen Automatische Transport Systemen een bijdrage leveren aan de aanpak van deze problematiek. In het project CityMobil is onderzoek gedaan naar de bijdrage van ATS aan duurzame mobiliteit in steden. De auteurs van deze CVS-bijdrage gaan aan de hand van voorlopige resultaten van het CityMobil project in op de vraag welke bijdrage automatisch vervoer bijdraagt aan 'de stad van straks': een wezenlijke bijdrage aan duurzame mobiliteit of 'slechts' onderdeel van het decor?

Deze CVS bijdrage richt zich op de voorlopige resultaten van het laatste projectonderdeel, de evaluatie. Hierin zijn de resultaten van modelstudies van verschillende ATS in de steden Madrid, Trondheim, Gateshead en Wenen geëvalueerd. De modelstudies en evaluatie hebben zich gericht op zogenaamde toepassingsgebieden, bestaande uit de combinatie van een techniek (Dual Mode Vehicle, Advanced City Car, High Tech Bus Cyber Car en Personal Rapid Transport) en een stedelijke toepassing (binnenstedelijk, van buitenwijk naar stadcentrum, van winkelcentrum naar woonwijk etc).

De voorlopige resultaten van de evaluatie laten zien dat de PRT het beste scoort van de verschillende soorten systemen. Wanneer de overall resultaten van ATS worden bekeken dan is de conclusie dat ATS geen significante sociaaleconomische en milieueffecten hebben ten opzichte van de conventionele systemen (niets doen scenario's). Als we de resultaten van CityMobil nader beschouwen zien we dat de steden waarvoor de soorten ATS zijn gemodelleerd allen over een bestaand OV systemen beschikken (de ATS zijn dus een aanvulling op het bestaande systeem). Dat zou betekenen dat de ATS wellicht blijft voorbehouden aan hele specifieke situaties. Toepassingen van parkeerplaats naar een dichtbijgelegen luchthaven of expo. Of als toepassing in een grootse stadsuitbreiding of de ontwikkelingen van compleet nieuwe steden, bijvoorbeeld in de Arabische Golfstaten of China.

Zolang ATS nog niet volledig automatisch geïntegreerd in het reguliere verkeer kunnen opereren en zolang een eigen infrastructuur nodig is, zal het concept op de manier als onderzocht in CityMobil niet tot wasdom komen. Voor nu concluderen de auteurs dat we de meerwaarde van ATS vooral moeten zoeken in de bijdrage aan het decor en nog niet als meerwaarde aan het verduurzamen van stedelijke mobiliteit.

1. Introductie

Op dit moment woont 75% van de Europese bevolking in een stedelijke omgeving. In 2020 is dat naar verwachting 80% (EEA, 2006). Dit leidt tot méér en intensiever gebruik van schaarser wordende stedelijke ruimte. Volgens de Europese Commissie (EC, 2007) zijn Europese steden de achtergrond voor:

- Stedelijk verkeer: verantwoordelijk voor 40% van de totale CO₂ uitstoot en 70% van andere schadelijke emissies;
- Congestie: de kosten van congestie bedragen totaal 1% van het Europese Bruto Nationaal Product;
- Verkeersonveiligheid: een van de drie (33%) van de fatale verkeersongelukken vallen in stedelijke gebieden. Het betreft vooral de kwetsbare verkeersdeelnemers (voetgangers en fietsers).

Gegeven het streven naar duurzame ontwikkeling van beleidsmakers - van Europees tot lokaal niveau -, vormen deze ontwikkelingen grote uitdagingen. Een van de uitdagingen in duurzame stedelijke ontwikkeling is stedelijke bereikbaarheid. Zowel de interne (binnenstedelijke verplaatsingen) als externe bereikbaarheid (verplaatsingen naar de stad) zijn namelijk in het gedrang. Daar waar bij knelpunten buiten de steden vaak naar infrastructurele maatregelen gericht op de auto wordt gegrepen (bijvoorbeeld de spoedprojecten wegverbreding), is dat in een stedelijke omgeving geen optie. Naast de bijdrage aan de bereikbaarheid, zullen oplossingen ook moeten passen in de stedelijke omgeving en moeten bijdragen aan een duurzame ontwikkeling. Dit vraagt om een gezamenlijke aanpak van beleidsmakers, verkeerskundigen, stedenbouwkundigen, planologen, etc.

Naast de uitdagingen die de groeiende verstedelijking met zich meebrengt, liggen hier ook kansen. Een intensiever gebruik van de ruimte betekent namelijk een verhoging van de dichtheid van het aantal inwoners per km². Oftewel een toename van de omvang van de potentiële markt van openbaar vervoer reizigers. Een specifieke vorm van openbaar vervoer die mogelijk een bijdrage kan leveren aan de oplossing van de geschetste problematiek zijn Automatische Transport Systemen (ATS), verschillende vormen van openbaar vervoer variërend van peplemover systemen tot geleide bussen met als gemeenschappelijk kenmerk een duurzame vorm van aandrijving en een automatisch systeem voor geleiding. In het project CityMobil (uitgevoerd in het Europese 6^e kaderprogramma voor onderzoek en technische ontwikkeling) is onderzoek gedaan naar de bijdrage van ATS aan duurzame mobiliteit in steden.

In deze CVS-bijdrage willen we aan de hand van voorlopige resultaten van het CityMobil project ingaan op de vraag welke bijdrage automatisch vervoer bijdraagt aan 'de stad van straks': een wezenlijke bijdrage aan duurzame mobiliteit of 'slechts' onderdeel van het decor?

Deze bijdrage is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van het CityMobil project en gaat onder andere in op (verschillende voorbeelden van toepassingen van) ATS. Hoofdstuk 3 beschrijft de opzet en resultaten van het CityMobil onderzoek gericht op de toepassingsmogelijkheden van ATS. Aan de hand van een multicriteria-analyse is onderzocht wat de impact is van verschillende soorten ATS in verschillende soorten steden. Hoofdstuk 4 gaat in op de discussie over de resultaten. Wat betekenen de resultaten in het licht van 'de stad van straks'?

2. CityMobil project

De hoofddoelstelling van CityMobil is het bereiken van een effectievere organisatie van stedelijke mobiliteit. Dit moet leiden tot een meer overwogen gebruik van gemotoriseerd vervoer met minder congestie en vervuiling, veiliger verkeer, een verbetering van leefbaarheid en de integratie met de stedelijke omgeving. Het doel wordt bereikt door de ontwikkeling van geïntegreerde oplossingen: geavanceerde concepten voor innovatieve, autonome en automatische voertuigen personen en goederen, geïntegreerd in een geavanceerde stedelijke omgeving. Het project is in 2006 gestart en wordt in 2011 afgerond.

De aanpak van CityMobil richt zich op

- in de praktijk toepassen en evalueren van ATS;
- scenario- en modelstudies naar implementatiemogelijkheden en impact van ATS;
- onderzoek naar technologische aspecten en de aanpak daarvan
- onderzoek naar operationele en juridische aspecten en de aanpak daarvan
- evaluatie: bijdrage van ATS aan duurzame mobiliteit.

2.1 Verschillende vormen van Automatische Transport Systemen

In CityMobil worden de volgende ATS-concepten onderzocht (CityMobil, 2008):

- Dual Mode Vehicle (manual, automated)
Dual Mode Vehicles (DMV) komen voort uit traditionele voertuigen maar zijn in staat om zowel volledig automatisch als handmatig te opereren.
- Advanced City Car (manual with ADA)
Advanced City Cars (ACC) zijn voertuigen met nul tot zeer weinig uitstoot, uitgerust met bestuurders ondersteunende systemen zoals ISA (Intelligent Speed Adaptation), parking assistance, collision avoidance, stop&go, etc. De toepassing van de voertuigen ligt zowel in het publieke domein (onderdeel van een collectief of autodeel systeem) als het private (bezit).
- High Tech Bus (automated on guide ways, manual in street)
High Tech Bussen (HT-Buses) zijn trolley bussen die ofwel over een eigen infrastructuur, of geïntegreerd met het overige verkeer, collectief vervoer (>20 personen) mogelijk maken. High Tech Bussen kunnen gebruik maken verschillende soorten automatisering voor ofwel geleiding ofwel ondersteuning van bestuurder.
- CyberCar (evolve to fully automated)
CyberCars zijn kleine automatische voertuigen voor individueel (1-4 personen) of collectief (tot 20 personen) vervoer. CyberCars kunnen aangestuurd vanuit een controleruimte zonder bestuurder rijden over een eigen infrastructuur of geïntegreerd met het overige verkeer (de stand van de techniek maakt dit echter nog niet mogelijk).
- Personal Rapid Transport (PRT; automated on dedicated infrastructure)
PRT is een systeem met kleine, volledig geautomatiseerde voertuigen voor 4-6 personen met een eigen infrastructuur. Het systeem biedt een 'on-demand' en directe service (zonder overstappen) van het herkomst station tot het bestemmingstation.

2.2 Toepassingsmogelijkheden ATS

Elke vorm van ATS heeft specifieke karakteristieken, bijvoorbeeld de capaciteit van het voertuig en het al dan niet nodig zijn van een eigen infrastructuur. Aan de andere kant

worden steden ook gekenmerkt door bepaalde karakteristieken, bijvoorbeeld de geografische structuur, inwoneraantal en het bestaande OV-aanbod. Op basis hiervan kunnen bepaalde toepassingmogelijkheden worden onderscheiden (in CityMobil benoemd als Urban Public Transport Application; UPTA). De verschillende mogelijkheden zijn gestructureerd in een zogenaamde Passenger Application Matrix (PAM) (CityMobil, 2009).

Bestemming →	Stadscentrum	Nabije suburbs	Verder gelegen suburbs	Suburbane centra	Transport knooppunten	Grote parkeerplaats	Belangrijke diensten	Groot winkel centrum	Grote uitgaansgelegenheid
Stadscentrum	ACC CyberCar PRT DMV								
Nabije suburbs	HT-bus (ACC)								
Verder gelegen suburbs	HT-bus (ACC)	DMV	CyberCar DMV						
Suburbane centra (binnen redelijke afstand v/h centrum)	HT-bus (ACC)			HT-bus PRT					
Transport knooppunten (bijv. vliegveld, station)	ACC HT-bus	HT-bus	HT-bus	HT-bus	PRT				
Grote parkeerplaats	CyberCar				CyberCar PRT	CyberCar PRT			
Belangrijke diensten (universiteit of ziekenhuis)	HT-bus				CyberCar PRT	CyberCar PRT	CyberCar		
Groot winkel centrum	HT-bus				CyberCar PRT	CyberCar PRT		PRT	
Grote uitgaansgelegenheid	HT-bus				CyberCar PRT	CyberCar PRT			CyberCar PRT
Corridor	DMV HT-bus	DMV HT-bus	DMV HT-bus	DMV HT-bus					

3 Evaluatie toepassingen automatische transport systemen¹

Om wat te kunnen zeggen over de bijdrage van ATS aan duurzame mobiliteit, worden in CityMobil in verschillende fasen evaluaties uitgevoerd: evaluatie van de nul situatie, ex-ante evaluatie, en ex-post evaluatie. Dit gedeelte beschrijft in het kort enkele voorlopige resultaten van de onderlinge vergelijking van de ex-ante evaluatie van de casestudies die zijn uitgevoerd naar ATS toepassingen in Gateshead, Madrid, Trondheim en Wenen. Voor deze steden zijn verschillende scenario's opgesteld waarin verschillende toepassingsmogelijkheden van ATS op duurzaamheids- en financiële indicatoren zijn gemodelleerd en doorgerekend. De resultaten hiervan zijn per stad met elkaar vergeleken door middel van een multicriteria-analyse. Vervolgens zijn de resultaten van de verschillende steden onderling met elkaar vergeleken en geanalyseerd om meer algemene uitspraken te doen over de bijdrage van ATS aan duurzame mobiliteit.

3.1 Toepassingen ATS

Voor de casestudies zijn de toepassingen 'Inner City CyberCars', 'PT Feeder CyberCars', 'High-Tech Bus' and 'Dual Mode Vehicles' geanalyseerd. Deze toepassingen kunnen als volgt worden beschreven.

¹ Deze paragraaf is gedeeltelijk gebaseerd op 'Evaluation report for the ex-ante study DRAFT, D5.3.1b (CityMobil, 2009)'. Voor een meer uitgebreide beschrijving van de resultaten wordt verwezen naar het betreffende rapport.

- Inner city CyberCars (ICCC)
Toepassing in een binnenstedelijk netwerk (stadcentrum inclusief directe omgeving). Kenmerkend van het netwerk is dat het verschillende functies in de stad, zoals trein- of busstations, winkelcentra, kantoren, universiteiten en ziekenhuizen, met elkaar verbindt. Het ICCC systeem is gemodelleerd als een 'stand-alone' systeem en als aanvulling op het bestaande openbaar vervoersysteem in de verschillende steden.
- PT Feeder CyberCars (PTFCC)
Toepassing als 'feeder' voor hoogwaardig openbaar vervoer in dunner bevolkte buitenwijken. Het PTFCC systeem is gemodelleerd als aanvulling op het bestaande openbaar vervoersysteem in de verschillende steden. In elke stad zijn enkele gebieden benoemd die beperkt werden ontsloten met het openbaar vervoer, waarop het systeem is gemodelleerd.
- High-tech bus (HTB)
Voor elke stad worden HTB gemodelleerd als toevoeging op bestaande routes tussen woonwijken en het stadscentrum en op ten minste één verbinding tussen bijvoorbeeld een winkelcentrum en het stadscentrum.
- Dual mode vehicle (DMV)
DMV toepassingen wordt gemodelleerd in de vorm van een stijgend aandeel en penetratiegraad.
- Personal Rapid Transport (PRT)
Het PRT is gemodelleerd als een toevoeging op het bestaande OV aanbod, behalve in Trondheim (gemodelleerd als volledig zelfstandig systeem) en omvat hetzelfde netwerk als voor de ICCC. Voorondersteld wordt dat reizigers de PRT gebruiken als hoofdmodus binnen de stad of als voor- of natransport voor reizen over grotere afstand met bijvoorbeeld de trein.

3.3 Scenario's

De ATS toepassingen zijn in verschillende scenario's gemodelleerd rekening houdend met bevolkingsgroei en implementatie van aanvullende maatregelen zoals het verlagen van de ticket prijzen en invoeren van prijsbeleid voor het autoverkeer. Voor elk van de indicatoren zijn over een periode van 30 jaar beginnend in 2005 per jaar de effecten berekend.

Context Scenario's	Normale groei		Hoge groei	
	MW0	M0	HW0	H0
Niets doen	MW0	M0	HW0	H0
ATS toepassings-scenario's	Met toegevoegde maatregelen	Zonder toegevoegde maatregelen	Met toegevoegde maatregelen	Zonder toegevoegde maatregelen
CyberCar (binnenstad)	MW1	M1	HW1	H1
CyberCar (OV feeder)	MW2	M2	HW2	H2
PRT	MW3	M3	HW3	H3
High tech bus	MW4	M4	HW4	H4
DMV (door de hele stad)	MW5	M5	HW5	H5

Binnen de omgevingsscenario's zijn operationele scenario's opgesteld waarin per toepassing uitgangspunten zijn opgesteld ten aanzien van wachttijden, voertuigsnelheid, frequentie, ticketprijzen, etc.

3.4 Indicatoren

Voor de algehele evaluatie van het CityMobil project is een 'evaluation framework' ontwikkeld met als onderdeel daarvan een set van indicatoren op basis waarvan de bijdrage van ATS aan duurzame mobiliteit wordt 'gemeten'. Gedetailleerde informatie en toelichting hierop zijn te vinden in CityMobil 2007. In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de indicatoren die zijn gehanteerd bij de analyse van de casestudies. De indicatoren hebben betrekking op vervoerskenmerken en duurzaamheidskenmerken (sociaal, milieu and economie).

Indicatoren

Indicator	Maat	Evaluatie categorie	Impact
Aantal verplaatsingen	Totaal aantal ritten van, naar en binnen een specifieke zone per dag voor elke modaliteit	Vervoer	Verbeteren mobiliteit
Modal split	Percentage ritten gemaakt door verschillende modaliteiten	Vervoer	Stimuleren modal shift
Modal split voor niet-auto's	Percentage ritten gemaakt met andere modaliteiten dan de auto	Vervoer	Stimuleren duurzaam transport
Bereikbaarheid van belangrijke diensten	Aantal inwoners maal het aantal minuten (hogere waarde is betere bereikbaarheid) ²	Sociaal	Verbeteren mobiliteit
Niet-auto bereikbaarheid voor lage inkomens	Aantal inwoners maal het aantal minuten (hogere waarde is betere bereikbaarheid en gelimiteerd tot zones met lage inkomensgroepen en toegang met langzaamvervoer en openbaar vervoer)	Sociaal	Verbeteren sociale rechtvaardigheid
Aantal ongevallen	Aantal ongevallen per jaar	Sociaal	Verbeteren veiligheid
CO ₂ emissies	Ton / jaar	Milieu	Afname energie gebruik en klimaat impact
NO _x emissies	Ton / jaar	Milieu	Afname lokale luchtverontreiniging
PM emissies	Ton / jaar	Milieu	Afname lokale luchtverontreiniging
Verandering in stedelijk gebied	Hectares land omgevormd tot stedelijk gebied (direct voor infrastructuur en indirect voor andere functies)	Milieu	Afname land gebruik
Baten kosten ratio	Baten - Kosten / Kosten	Economie	Financiële haalbaarheid
Kosten	Miljoen €	Economie	Financiële haalbaarheid

3.5 Aanpak vergelijking toepassingen ATS tussen steden

De verschillende ATS toepassingen in de verschillende steden zijn als volgt met elkaar vergeleken. Per toepassingsgebied (UPTA) is gekeken naar de robuustheid van de oplossing met als uitgangspunten het jaar 2010 en het 'normale groei' scenario zonder aanvullende maatregelen. Voor de vergelijking zijn alleen die toepassingsgebieden met

² $\sum_i \sum_j \text{residents}_j \cdot \text{access time}_{ij, \text{mode}}$. Where i and j are zones, mode is the mode of transport and access time_{ij, mode} is a function which decreases quadratically to zero for a time of 80 minutes. Thus more weight is given to those trips which take less time.

elkaar vergeleken waarbij tenminste 2 ATS systemen zijn gemodelleerd. Dit heeft geleid tot de analyse van de volgende toepassingsgebieden³:

- Centrum naar Centrum;
- Nabije stadswijk naar Centrum;
- Stadswijk naar stadswijk;
- Afgelegen stadswijk naar Centrum;
- Afgelegen stadswijk naar nabije stadswijk;
- Corridor naar Centrum;
- Corridor naar Nabije stadswijk;

Met uitzondering van 'aantal verplaatsingen' en 'modal split' zijn alle indicatoren meegenomen. In elke stad is voor elke ATS, op basis van de waarde op elke indicator een score toegekend. Vervolgens is voor elke ATS de score voor elke indicator opgeteld en gedeeld door de maximale score (gelijk aan het product van de maximum score en het aantal steden waarvoor de ATS is geëvalueerd). Uiteindelijk zijn de ATS voor elke indicator gerangschikt van hoogste tot de laagste score en zijn een uiteindelijke score toegekend. De scores van elke ATS op elke indicator zijn vervolgens opgeteld en gedeeld door de maximaal haalbare score (gelijk aan de maximale score vermenigvuldigd door het aantal indicatoren voor die ATS).

Om alle scores van de ATS voor een specifiek toepassingsgebied (UPTA) die in sommige steden zijn toepast en niet in alle steden, met elkaar te vergelijken zijn de 'teller' en 'noemer' van de breuk vermenigvuldigd met dezelfde factor om de 'noemer' te verkrijgen overeenkomstig met de maximaal haalbare score wanneer de ATS is toegepast in alle vier de steden. Dit is gedaan om de totale score te berekenen en de best werkende technologie te benoemen.

Positie in de volgorde en overeenkomstige score

Position in de volgorde	Score	Kleur
1ste plaats	7	
2de plaats	6	
3de plaats	5	
4de plaats	4	
5de plaats	3	
6de plaats	2	
7de plaats	1	

Indicatoren en gewichten voor de kruislingse vergelijking van de MCA

Indicator	Gemiddeld gewicht	Aangepast gewicht
Bereikbaarheid van belangrijke services	14.14	17.83
Niet-auto bereikbaarheid van zones met lage inkomens	8.91	11.23
Aantal ongevallen	13.79	17.39
CO ₂	13.27	16.73
NO _x + PM	13.63	17.19

³ Deze paragraaf beperkt zich tot de beschrijving van de hoofdlijnen van de resultaten van de toepassingen 'city centre to city centre' en 'inner suburb to city centre'. Voor meer informatie en resultaten van de overige toepassingen wordt verwezen naar CityMobil 2009.

Landgebruiksindex	8.56	10.79
Baten kosten ratio (BKR)	7.01	8.84
	79.31	100

De multicriteria-analyse is uitgevoerd met behulp van een gewogen sommatie methode:

- Een schaal is benoemd met daarin de slechtste waarde (I_{slechtst}) en de beste waarde (I_{beste}) voor indicator I op basis waarvan een lineaire waarde functie is benoemd $v(I)$ waarin ($I_{\text{worst}} = 0$ and $v(I_{\text{best}}) = 1$;
- Als de waarde functie toeneemt wanneer de waarde van de indicator toeneemt (bijvoorbeeld wanneer de toegankelijkheid van belangrijke voorzieningen toeneemt) wordt de waarde als volgt berekend $v(I) = (I - I_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} - I_{\text{min}})$, waarbij $I_{\text{max}} = I_{\text{best}}$ en $I_{\text{min}} = I_{\text{worst}}$;
- Als de waarde functie toeneemt wanneer de waarde van de indicator afneemt (in geval van aantal ongelukken, CO2 emissies, NOX en PM emissies) wordt de waarde als volgt berekend: $v(I) = (I_{\text{max}} - I) / (I_{\text{max}} - I_{\text{min}})$. Waarbij $I_{\text{max}} = I_{\text{worst}}$ en $I_{\text{min}} = I_{\text{best}}$;
- De gewogen som (value function) v_j voor elke ATS is berekend op basis van aangepaste gewichten w_i gebruikmakend van de functie $v_j = \sum_i w_i * v(I_{j,i})$, waarbij j is de index van de ATS en i is de index van de indicator.

3.6 Resultaten ATS toepassing 'City centre to City Centre'

Voor ATS toepassingen op verbindingen binnen het stadscentrum, gekenmerkt door relatief hogere dichtheid van inwoners en korte verplaatsingsafstanden, is de PRT vergeleken met de andere toepassingen het meest geschikt (zie tabel xxx). Echter, wanneer de vergelijking wordt gemaakt tussen ATS toepassingen enerzijds en het bestaande OV systeem, dan blijken ATS beperkte meerwaarde op te leveren in het geval van het scenario 'niets doen'. Wanneer wordt ingezoomd op de resultaten van de Business case analyse van het PRT systeem dan blijkt dat de voordelen vooral liggen in de kleinere steden (Gateshead, Trondheim) en minder in de grotere steden (Madrid en Wenen).

Cross-comparison – City Centre to City Centre – Medium Growth with Complementary Measures

Legenda:	1ste plaats (7)	2de plaats (6)	3de plaats (5)	4de plaats (4)	5de plaats (3)
Jaar 2010	Niets doen	Niets doen met OM	Binnenstedelijke CyberCar	PRT	DMV
Non-auto modal split piek periode	12/28	19/28	22.5/28	27.5/28	19/28
Non-auto modal split dal periode	12/28	22/28	21/28	27/28	18/28
Bereikbaarheid van belangrijke services	16.5/28	15.5/28	23/28	27.5/28	17.5/28
Niet-auto bereikbaarheid van zones met lage inkomens	21.5/28	19.5/28	17/28	21.5/28	20.5/28
Aantal ongevallen	16/28	20/28	21/28	24/28	19/28
CO ₂	12/28	19/28	22/28	28/28	19/28
NOx	12/28	19.5/28	22/28	28/28	18.5/28
PM	12/28	19/28	21/28	28/28	20/28
Landgebruiksindex	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel

Legenda:	1ste plaats (7)	2de plaats (6)	3de plaats (5)	4de plaats (4)	5de plaats (3)
Jaar 2010	Niets doen	Niets doen met OM	Binnenstedelijke CyberCar	PRT	DMV
Baten kosten ratio (BKR)	-	-	20/21	19/21	-
Investeringskosten	-	-	21/21	18/21	-
MCA	-	-	19/21	20/21	-
Totale score	28.5/56	36/56	64/77	74.5/77	36/56

3.7 Resultaten ATS toepassing Nabije stadswijk naar het centrum

Personenvervoer toepassingen die woonwijken verbinden met het centrum, kenmerken zich door middellange afstanden, gebieden met een aanzienlijke bevolkingsdichtheid en aandeel forenzen. Ook voor deze toepassing PRT de meest geschikte technologische oplossing (tabel 24). Echter het PRT is alleen gemodelleerd voor de twee kleinere steden (Gateshead en Trondheim). De HT-bus zou ook een passende oplossing kunnen zijn, ware het niet dat de implementatie ervan wordt belemmerd door een negatieve score op op de kosten-baten verhouding (-0,16) en de hoge investeringskosten vergeleken met de PRT (respectievelijk 453 m en 123 M € €). Net als bij de hiervoor beschreven toepassingen in verbindingen binnen het stadscentrum, lijken de ATS beperkte meerwaarde hebben ten opzichte van de scenario's 'niets doen'.

Wanneer we kijken naar de MCA, scoort PRT aanzienlijk hoger dan de andere toepassingen. In Gateshead scoort PRT 0.49, 0.21 voor Inner City Cyber Car en 0.14 voor HT buses. In Trondheim scoort PRT 0.89 en scores HT buses 0.24.

We zien dat het nemen van aanvullende maatregelen dezelfde invloed heeft op de eindresultaten als in het scenario zonder deze maatregelen.

**Table 1 Vergelijking – Nabije stadswijk naar het stadscentrum
Normale groei met aanvullende maatregelen**

Legenda:	1ste plaats (7)	2de plaats (6)	3de plaats (5)	4de plaats (4)	5de plaats (3)	6de plaats (2)
Jaar 2010	Niets doen	Niets doen met OM	Binnenstedelijke CyberCar	PRT	HT bus	DMV
Non-auto modal split piek periode	12/28	18.5/28	9.5/14	14/14	25.5/28	18.5/28
Non-auto modal split dal periode	12/28	21.5/28	8.5/14	14/14	24.5/28	17.5/28
Bereikbaarheid van belangrijke services	16.5/28	15.5/28	8.5/14	14/14	26/28	17.5/28
Niet-auto bereikbaarheid van zones met lage inkomens	18.5/28	17.5/28	5.5/14	10/14	27/28	19.5/28
Aantal ongevallen	17/28	19/28	10/14	13/14	21/28	18/28
CO ₂	13/28	19.5/28	11/14	14/14	21/28	19.5/28
NO _x	13/28	20/28	11/14	14/14	21/28	19/28
PM	13/28	19/28	11/14	14/14	21/28	20/28
Landgebruiksindex	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel	Niet variabel
Baten kosten ratio (BKR)	-	-	6/7	14/14	11/14	-
Investeringskosten	-	-	7/7	13/14	11/14	-
MCA	-	-	6/7	14/14	11/14	-
Totale score	19/56	28/56	56/77	75/77	61/77	31/56

3.8 Samenvatting Overall resultaten

In CityMobil is een eerste stap gemaakt om verschillende ATS toepassingen te onderzoeken, op verschillende indicatoren (people, planet en profit) te modelleren én met elkaar te vergelijken. Met behulp van een multicriteria-analyse is een raamwerk opgesteld waarin onderzoeksresultaten zijn vertaald naar informatie om besluitvorming te ondersteunen. De resultaten zijn gebaseerd op modellering in vier verschillende steden. Elk met verschillende karakteristieken en specifieke lokale externe factoren. In het licht van het voorgaande moeten de hiervoor beschreven resultaten dan ook worden bezien. Hoewel dit het generaliseren van uitkomsten bemoeilijkt, proberen we toch enkele noties te geven.

De resultaten verkregen in het jaar 2010 en jaar 2035 vertonen een vergelijkbaar patroon. Er zijn alleen verschillen in absolute aantallen als gevolg van bevolkingsgroei, dan wel – afname.

Een algemene conclusie van de vergelijking binnen de steden is dat ATS geen significante sociaaleconomische en milieueffecten hebben ten opzichte van de conventionele systemen (niets doen scenario's). Wel worden grotere effecten op de vervoerindicatoren (verplaatsingen per modaliteit en modal split) gemeten. Ook blijkt het effect van het nemen van aanvullende maatregelen groter te zijn op deze vervoerindicatoren 'verplaatsingen per modaliteit' en 'modal split', dan het implementeren van een ATS. Deze nieuwe technologieën blijken nog niet in staat om trends in het toenemend autogebruik te keren.

Hoewel niet alle ATS zijn ingevoerd voor alle toepassingsgebieden (UPTA's), kan het volgende worden geconcludeerd:

- voor binnen-centrum stedelijke toepassingen, scoort PRT in alle steden het beste van ATS;
- voor 'nabije stadswijk naar centrum' toepassingen, is PRT is de best presterende ATS in Gateshead en Trondheim, terwijl de HT-bus beter scoort in de twee grotere steden (Madrid en Wenen);
- voor 'nabije stadswijk naar nabije stadswijk' toepassingen, presteert PTFCC in Gateshead beter dan de andere ATS, terwijl in Madrid en Wenen, de PTFCC en HT-bus de best presterende ATS zijn. In Trondheim scoort PRT het hoogst;
- voor 'vergelegen stadswijk naar centrum' en 'vergelegen stadswijk naar nabije stadswijk' toepassingen zijn PTFCC-en HT-bus de best presterende systemen. In Trondheim scoort de PRT echter beter.
- voor 'vergelegen stadswijk naar vergelegen stadswijk' blijkt de PRT in alle steden het best te presteren.
- Voor 'belangrijke faciliteiten naar het centrum' en 'belangrijke faciliteiten naar nabije stadswijken' scoort de PRT, op basis van resultaten uit Gateshead, het beste.

In de vergelijking tussen de steden is bekeken hoe elke ATS presteert vergeleken met andere ATS en ten opzichte van de bestaande systemen (niets doen scenario).

De over het algemeen best presterende ATS rondom stadscentrumtoepassingen is de PRT. Dit als gevolg van relatief lagere investeringskosten en een hogere BKR score (in de kleinere steden) vergeleken met andere ATS. HT Buses zijn vervoerstechnisch gezien ook een passende oplossing voor een 'stadswijk naar centrum' toepassing, maar wordt gekenmerkt door een negatieve BKR en hoge investeringskosten.

Voor 'stadswijk naar stadswijk' toepassingen, scoort de PTFCC beter dan de PRT voor wat betreft een policentrische stad, zoals Gateshead, maar ook, samen met de HT Bus, in de grotere steden (Madrid en Wenen), echter de BKR van deze toepassingen is zeer laag of zelfs negatief.

Voor het verbinden van verder gelegen stadswijken met andere wijken en het centrum en voor corridor toepassingen scoort de HT-bus beter dan de DMV.

De DMV is de minst presterende technologische oplossing in alle toepassingen (UPTA's). Dit kan worden verklaard door het feit dat de voordelen die worden behaald met een DMV toepassingen (toename van de wegcapaciteit) teniet worden gedaan door de groei van het autogebruik en -bezit.

Het invoeren van prijsbeleid (cordonheffing) en het verlagen van openbaarvervoerprijzen met 20% als aanvullende maatregelen heeft geen significante resultaten in 2010. Als gevolg daarvan konden ook geen synergie-effecten optreden.

4 Automatisch vervoer als onderdeel van het decor of als essentiële bijdrage aan duurzaamheid?

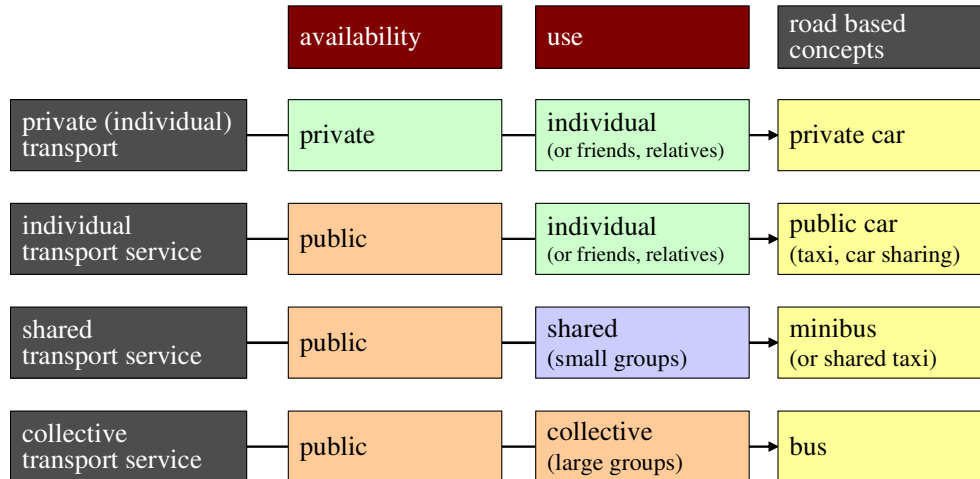
Uit de voorlopige resultaten kunnen we opmaken dat automatische transport systemen kennelijk geen significante bijdrage leveren aan de verduurzaming van stedelijke mobiliteit. Dat wellicht tegen de verwachting van voorstanders en pleitbezorgers van deze systemen. Wij kunnen hier zelf nog maar moeilijk de vinger achter krijgen. Aan de ene kant zouden ATS enorme voordelen bieden vanwege de uitgespaarde personeelskosten en de mogelijkheden voor flexibele en vraaggestuurde inzetbaarheid. De verwachting is dat je daarmee ook de markt voor OV kunt vergroten. Tegelijkertijd laten de resultaten van dit onderzoek zien dat de investeringskosten van dergelijke systemen vaak zwaar wegen en de totale haalbaarheid negatief beïnvloeden.

Als we de resultaten van CityMobil nader beschouwen zien we dat de steden waarvoor de soorten ATS zijn gemodelleerd allen over een bestaand OV systemen beschikken (de ATS zijn dus een aanvulling op het bestaande systeem). Het aanbod (netwerk, soort en kwaliteit) van het huidige OV systeem is in feite het resultaat van ontwikkeling: het systeem is geworden tot wat het nu is, afgestemd op de vraag en behoefte aan OV. Daar waar geen OV aanbod is ontstaan, zouden we kunnen concluderen dat het niet haalbaar is gebleken: onvoldoende (potentiële) vraag. We zouden ons dus kunnen afvragen wat voor verandering ATS daarin zou kunnen brengen?

Vraagtekens over het potentieel van een toepassing van ATS als aanvulling op een bestaand OV-systeem doet ons vragen of ATS wellicht blijft voorbehouden aan hele specifieke situaties. Toepassingen van parkeerplaats naar een dichtbijgelegen luchthaven of expo. Of als toepassing voor lokaal vervoer op een universiteitscampus. Je zou ook kunnen denken aan de integratie van het systeem in een grootse stadsuitbreiding of de ontwikkelingen van compleet nieuwe steden, bijvoorbeeld in de Arabische Golfstaten of China.

Waar brengt ons dit nu met betrekking tot de ontwikkeling van ATS? Wat is nu het business model van automatisering van vervoer? Waar moet de doorbraak plaatsvinden? Laten we het voorgaande verrijken met een aantal noties uit verschillende perspectieven. Vanuit verkeerskundig perspectief zien we twee trends. In het collectieve transport zijn onderzoekslijnen enerzijds gericht op het individueler en vraagafhankelijk maken van collectieve diensten (PRT-achtige ontwikkelingen). Anderzijds zien we vanuit het

individuele systeem (de auto) ontwikkelingen gaande in de richting van een meer coöperatieve manier van rijden (door middel voertuig-voertuig communicatie, Adaptive cruise Control, etc.). Vanuit gebruikersperspectief zien we gewoonten verschuiven van bezit naar een focus op gebruik van vervoer(sdiensten). Vanuit het perspectief van de exploitatie is een verschuiving naar de exploitatie van stedelijk vervoer door eigenaren van stations en vastgoed mogelijk.



Er zijn verschillende interessante ontwikkelingen die kunnen bijdragen aan de doorbraak van ATS. Vernieuwing en innovatie blijft nodig op verschillende aspecten, maar bovenal misschien nog wel de techniek: zolang ATS nog niet volledig automatisch geïntegreerd in het reguliere verkeer kunnen opereren en zolang een eigen infrastructuur nodig is, zal het concept niet op de manier als onderzocht in CityMobil niet tot wasdom komen. Voor nu concluderen we de meerwaarde van ATS vooral moeten zoeken in de bijdrage aan het decor en nog niet als meerwaarde aan het verduurzamen van stedelijke mobiliteit.

Bronnen

CityMobil (2009), Evaluation report for the ex-ante study DRAFT, D5.3.1b. CityMobil 2009. (nog niet beschikbaar op www.CityMobil-project.eu).

CityMobil (2008), Scenarios for automated road transport, D2.2.5. CityMobil: www.CityMobil-project.eu

CityMobil (2007), Evaluation Framework, D5.1.1. CityMobil: www.citymobil-project.eu

EEA: European Environment Agency (2006). Urban sprawl in Europe — the ignored challenge, EEA Report No 10/2006. Copenhagen: EEA.

European Commission (2007). Green paper "Towards a new culture for urban mobility", COM(2007) 551 final. Brussels: EC.