

# **Duurzaam stedelijk vervoer**

M.M. Janse, TNO Bouw en Ondergrond

[[marten.janse@tno.nl](mailto:marten.janse@tno.nl)]

E. Tempelman, TU Delft Industrieel Ontwerpen

[[e.tempelman@tudelft.nl](mailto:e.tempelman@tudelft.nl)]

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2006,

23 en 24 november 2006, Amsterdam

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Wat is duurzaamheid ?.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Theoretische lay-out van een vervoersaanbod.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Auto, bus of peplemover ? .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Auto versus peplemover: wie is de duurzaamste?.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Modal split .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Peplemover versus bus: nabijheid en frequentie.....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>14</b>

## Samenvatting

### *Duurzaam stedelijk vervoer*

Duurzaamheid kan uiteengelegd worden in de dimensies: people, planet, profit. Voor een vervoersaanbod betekent dit dat het huidige en volgende generaties niet mag belasten met de negatieve effecten van het gebruik ervan, het een met een Life Cycle Assessment aantoonbaar minimaal aandeel in de milieugebruiksruimte inneemt, en het zowel op korte als lange termijn zakelijk te exploiteren is.

Vergelijken we de auto en een peplemover voor vervoerdiensten in het stedelijk gebied, dan lijkt de peplemover een licht voordeel te behalen: toegankelijkheid en minder (parkeer)ruimtebeslag zijn qua people de duidelijkste aspecten; qua planet biedt de peplemover en termen van energiegebruik en materiaalbeslag een wezenlijk voordeel ten opzichte van de auto; en qua profit is de winst afhankelijk van de wijze waarop de infrastructuur en het gebruik ervan worden gefinancierd.

Voor de inpassing van peplemovers in het integrale stedelijke vervoerssysteem zien we de winst voor peplemovers in het voor- en natransport naar/van de opstappunten van het hoogwaardig openbaar vervoer. De peplemover kan met kleinere voertuigen en met een hogere frequentie rijden dan regulier openbaar vervoer.

Als we de prestaties van peplemover en bus voor een verplaatsing in de stad vergelijken met de alternatieven lopen of fietsen, dan blijkt dat “automatisch vervoer” vanaf 1,8 km een alternatief kan bieden voor een wandeling en vanaf 7 km voor een rit op de fiets. “Vervoer met chauffeur” ‘loont’ pas vanaf 3 km voor de wandelaar en vanaf 10 km voor de fietser.

De voordelen van een peplemover voor de consument tellen op tot drie:

- kortere wachttijden vanwege hogere frequenties;
- een betere deur-tot-deur bediening vanwege kleinere vervoerseenheden; en
- de mogelijkheid om, door de peplemover het voor- en natransport te laten organiseren, stamlijnen op te waarden tot hoogwaardig openbaar vervoer.

De kansen om in het uitdijend stedelijkgebied het collectief vervoer een kwaliteitsimpuls te geven en klassieke stedelijke functies als economische en sociale attractiviteit voor een groter stadsoppervlak toegankelijk te maken, biedt derhalve een ware uitdaging. Te meer daar de duurzaamheid van het stedelijk vervoer hiermee nog verbeterd worden kan.

Marten Janse, TNO

Erik Tempelman, TU Delft

## **1 Inleiding**

Doel van dit discussiepaper is het vinden van een antwoord op de vraag: “Kunnen peplemovers een wezenlijke bijdrage leveren aan een duurzaam mobiliteitssysteem in het stedelijk gebied ? En zo ja, onder welke voorwaarden ?”

In deze paper starten we met het thema duurzaamheid. Daarna komt een theoretische lay-out van de vervoersbehoefte in het stedelijk gebied aan de orde, waarna de auto van 2015 versus de innovatieve peplemover wordt geplaatst in termen van duurzaamheid. Dan volgt een analyse van de koppeling tussen ruimtelijke aspecten en de vervoersvraag om te bezien welke plek een peplemover in het integrale mobiliteitssysteem zou kunnen innemen. De paper sluit af met een conclusie.

## **2 Wat is duurzaamheid ?**

Dit is niet de plaats voor een uitgebreide analyse, filosofisch noch semantisch, maar enkele korte woorden zijn op zijn plaats. De huidige, meest gangbare invulling van duurzaamheid is die van de triple bottom line: people, planet & profit. Er moet dus vooruitgang worden geboekt voor de mensen, voor de ecologie en voor de economie. Concreet betekent dit per dimensie:

- **People**

Een mobiliteitssysteem is duurzaam in deze dimensie als het voor alle gebruikers veilig, snel, comfortabel, betrouwbaar en betaalbaar is. Merk op, dat snelheid en betrouwbaarheid impliceren, dat ernstige en/of onvoorspelbare congestie niet mag optreden. Het mag verder geen groepen van gebruikers uitsluiten, zoals kinderen, ouderen of gehandicapten. Duurzaamheid houdt ook in, dat de binnen het systeem gecreëerde arbeidsplaatsen zinvol en plezierig werk inhouden. Tenslotte moet een duurzaam mobiliteitssysteem de directe leefomgeving niet aantasten door deze te vervuilen, te ontsieren, in te nemen of af te sluiten en moet geluidsoverlast en gevaar voor omwonenden worden vermeden.

NB: mensen zijn gemiddeld 70 minuten per dag onderweg (8% van hun wakende tijd) en verkeren de rest van de tijd per definitie in de leefomgeving; deze dimensie is dus zeker relevant.

- **Planet**

Een mobiliteitssysteem is duurzaam in deze dimensie als het een minimaal beslag legt op de milieugebruiksruimte in abstracte zin. Milieugerichte levenscyclus-analyses zijn het gereedschap bij uitstek om hier gedetailleerd aan te rekenen, maar als eerste benadering voldoet het om het energieverbruik per eenheid van transport (bijvoorbeeld: één passagier verplaatst over een afstand van één km) hiervoor als maatstaf te nemen.

NB: afhankelijk van de aannames neemt de mobiliteitssector wereldwijd 20-25% van de milieugebruiksruimte in. Dit maakt ook deze dimensie van mobiliteit uiterst relevant.

- **Profit**

Een mobiliteitssysteem is duurzaam in deze dimensie als het een goede business case heeft, d.w.z. dat de kosten en de baten ervan zodanig tegen elkaar opwegen, dat een zakelijke partij er geld mee kan verdienen. Eventuele risico's dienen zo goed als mogelijk in kaart te zijn gebracht. Het systeem moet bovendien eenvoudig aan te passen zijn aan veranderende omstandigheden, zodat het rendement op geïnvesteerd kapitaal op korte én op langere termijn voldoende is. Voor de lokale economie is het daarnaast nodig dat het systeem voldoende bereikbaarheid garandeert en dat congestie wordt vermeden<sup>1</sup>.

NB: in OECD-landen besteden mensen gemiddeld 12-15% van hun inkomen direct aan mobiliteit (nog los van wat, via belastingen, aan de infrastructuur voor mobiliteit wordt uitgegeven). Ook deze dimensie is dus zeer relevant.

### **3 Theoretische lay-out van een vervoersaanbod**

J. Edward Anderson, directeur van Taxi 2000, geeft in zijn Fundamentals of Personal Rapid Transit een werkwijze om aan de vervoervraag te kunnen rekenen. Als rechtgeaarde Amerikaan stelt Anderson voor om een stad te voorzien van een rechthoekig “grid” van vervoerlijnen die de stad in vierkante gebieden verdeelt. Steeds legt hij midden tussen elke

twee kruispunten in, op elke baan, een station. Als de afstand tussen twee banen dan bijvoorbeeld 800 meter is, hoeft men vanuit geen enkel punt meer dan 400 meter te lopen om bij een station te komen.

Elk station bedient zo een kwart van het ene plus een kwart van het aangrenzende ‘vierkante’ gebied.

We gebruiken nu de volgende aannames:

1. mensen verplaatsen zich gemiddeld drie maal per dag, waarvan in ongeveer de helft van alle gevallen vanaf huis; en
2. 10% van de verplaatsingen gebeurt tijdens het drukste uur, het spitsuur.

Hieruit volgt het aantal reizigers per station tijdens het spitsuur:  $3 * \frac{1}{2} * 10\% * 2 * 25\% * \text{bevolkingsdichtheid} * L^2$ . Hierbij is  $L$  de “grid pitch” die hierboven op 800 meter werd gesteld.

Nu hebben de Nederlandse steden een bevolkingsdichtheid van omstreeks 5.000 mensen/km<sup>2</sup> (Den Haag zit met 5.400 aan de top, Amsterdam zit met 4.300 vrij laag). Vullen we deze waarde in, dan komen we op 240 reizigers per uur per station tijdens het spitsuur, 4 per minuut.

Als we nu in bovenstaande vergelijking de term  $L^2$  vervangen door  $L * L_{\text{trip}}$ , waarin  $L_{\text{trip}}$  de gemiddelde verplaatsingsafstand is, dan krijgen we ineens de reizigersstroom per verplaatsing van deur-tot-deur. In Nederland kunnen we binnen de stad voor  $L_{\text{trip}}$  ongeveer 3 km invullen: we komen dan op maximaal 900 personen per spitsuur per opstappunt.

#### **4 Auto, bus of peplemover ?**

Anderson’s berekening zegt nog niets over het benodigde vervoersaanbod. Zouden de genoemde 900 reizigers de auto pakken met een bezettingsgraad van 1,2 als gemiddelde, dan praten we over 750 auto’s per halte tijdens de spits. Gezien de grid pitch van 800 meter leidt dit al snel tot congestie bij de opstappunten.

---

<sup>1</sup> Dit belang wordt o.a. gerepresenteerd door Kamers van Koophandel en gemeenten...

Een volle bus met 60 zit- en staanplaatsen heeft voor hetzelfde aantal personen 15 stops per uur nodig, oftewel elke 4 minuten. Afgezien van de ergernis die sommige huiseigenaren ervaren bij een bushalte voor de deur, wordt het comfort van een reis per stadsbus vaak ook minder gewaardeerd. Alleen al het feit dat je naar een halte moet lopen en op de bus moet wachten, maakt dit vervoersaanbod op het eerste gezicht minder aantrekkelijk.

De vraag is of een peplemoversysteem een beter alternatief kan bieden. De voordelen van een schone, stille en zuinige taxi, die geen chauffeurskosten met zich meebrengt omdat het manoeuvreren en de navigatie is geautomatiseerd, bieden in elk geval in potentie een belofte. Denken we aan een systeem dat tijdens de spits af en aan rijdt, met voertuigen die zich zonodig tot treintjes aan elkaar ritsen, dan is bij een hoge frequentie een capaciteit van minimaal 4 personen per compartiment voldoende.

## **5 Auto versus peplemover: wie is de duurzaamste?**

Om de in de inleiding gestelde onderzoeksvraag te beantwoorden, moeten we naast de beschreven systeemkenmerken ook informatie gebruiken over de eigenlijke voertuigen. Laten we uitgaan voor de peplemover van een vierpersoons voertuig met een leeg gewicht van 400 kg, uitgerust met een elektrische aandrijving en rijdend ingevoed met elektriciteit (ook in 2015 zijn Li-ion batterijen nog niet te betalen en alternatieven maken het voertuig te zwaar), dat tevens gebruik maakt van remenergieterugwinning. De auto van 2015 is eveneens vierpersoons, weegt rijkelijk 1200 kg en heeft een hybride aandrijving (elektrisch + benzine) of een dieselmotor, met of zonder no idle voorziening, plus alle slimme elektronica om de doorstroming van het verkeer te bevorderen. Per besproken duurzaamheidsaspect ziet de vergelijking er als volgt uit:

- **People**

- Veiligheid: intrinsieke veiligheid bieden peplemovers niet, maar de kans op een ongeluk is bij goed ontworpen peplemover systemen wel wezenlijk kleiner dan bij auto's. Deze hogere statistische veiligheid komt doordat er veel minder invloed is van menselijk falen. Sociale veiligheid kan wel een probleem zijn, maar goed systeemontwerp kan dit in



principe verregaand in de hand houden, zoals al bewezen in het proefproject in Capelle aan den IJssel.

- Comfort: een auto rijd je zelf, in een peplemover word je gereden. De reistijd is dus beschikbaar voor andere taken, wat kan worden beschouwd als een wezenlijk comfortvoordeel. Qua rijeigenschappen is er, excessief slechte autorijstijlen daargelaten, op dit aspect geen wezenlijk verschil. Of het voertuiginterieur ook meer comfort zal bieden, is echter uitgesloten: een publiek toegankelijk voertuig legt het op dit punt altijd af tegen de vertrouwde, eigen auto, hoeveel toezicht er ook wordt gehouden.
- Snelheid: in steden kan mobiliteit met peplemovers iets sneller zijn dan met auto's, maar een wezenlijk verschil valt niet te verwachten mits het autosysteem even geoptimaliseerd is als de peplemovers.
- Betrouwbaarheid: als het falen van één peplemover niet leidt tot opstoppingen, dan kan een peplemoversysteem wezenlijk betrouwbaarder zijn dan een auto. Dit probleem is echter in de praktijk bij de huidige auto al zeer klein. Wel een probleem is de huidige congestie, die met peplemovers geheel afwezig kan zijn en die, ook met de voorgestelde "slimme" technologie, bij auto's toch een probleem zal blijven, primair vanwege de onvoorspelbaarheid en faalbaarheid van menselijke chauffeurs.
- Betaalbaarheid: mits de infrastructuur over de algemene middelen kan worden afgeschreven, kunnen peplemover systemen belangrijk goedkopere mobiliteit bieden dan de gemiddelde auto, primair omdat ze een efficiëntere oplossing zijn van hetzelfde probleem. Het vervallen van parkeergeld speelt hierbij vermoedelijk een belangrijke rol.
- Toegankelijkheid: peplemovers zijn ook toegankelijk voor kinderen, ouderen en de meeste gehandicapten. Op dit punt hebben ze een wezenlijk voordeel over de auto. Tegelijk zal het nodig zijn om vandalen en andere asociale types de toegang tot de peplemover te ontzeggen... -een helaas al te bekend maatschappelijk dilemma.
- Zinnige werkgelegenheid: in vergelijking tot het verkeertoezicht dat voor auto's nodig is (zowel die van nu als die van 2015), lijkt het toezicht over en de exploitatie van peplemover systemen geen wezenlijk verschil te geven.
- Aantasting van de leefomgeving: elektrische peplemovers, rijdend ingevoed, zijn on site wezenlijk stiller en schoner dan auto's, zelfs dan de "auto van 2015". Ook de absolute veiligheid voor omwonenden is noodzakelijkerwijze hoger (één groot incident op dit punt kan de hele technologie tegenhouden!); peplemovers zijn bovendien een stuk minder

intimiderend dan de tweedehands-BMW-met-straatschoffie of de bumperklevende-leasebak (met excuses voor deze clichés).

- Ruimtebeslag: zoals de berekening toont, zijn peplemovers niet 1-2-3 de oplossing voor het probleem van ruimtegebruik dat de mobiliteit in het stedelijk gebied begrenst. Ze sparen wel ruimte uit in de vorm van parkeervoorzieningen en dat is een belangrijke vooruitgang.

Samenvattend: qua people is de peplemover een voordeel, maar niet op elk aspect van deze dimensie. Toegankelijkheid en minder (parkeer)ruimtebeslag zijn de duidelijkste aspecten waar met peplemovers ten opzichte van auto's duurzame vooruitgang mogelijk is.

#### ▪ Planet

In de eerste benadering zijn peplemovers voor wat betreft deze dimensie van het duurzaamheidsprobleem een flinke stap vooruit ten opzichte van de auto van 2015. Hun energieverbruik per "passagier-km" is immers drastisch lager omdat meerdere reizigers van hetzelfde voertuig gebruik maken. Dit is primair te danken aan hun wezenlijk lagere gewicht, dat in de stad verantwoordelijk is voor ruim 50% van het energieverbruik. Secundair is het te danken aan de betere optimalisatie van het voertuig voor zijn taak: de peplemover hoeft niet in staat te zijn om met 200 km/h rond te racen of over slecht wegdek te rijden. Merk op, dat de elektrische aandrijving op zich voor de abstracte milieugebruiksruimte geen doorslaggevend voordeel is: de elektriciteit moet immers ergens vandaan komen, en dat ergens bestaat ook in 2015 nog voor een groot deel uit fossiele bronnen. De betere well to wheel efficiency is natuurlijk wél zeer relevant.

Beschouwen we (conform de levenscyclusbenadering) naast het gebruik ook de productie en afdanking van de voertuigen, dan zien we dat ook hier de peplemover het wint van de auto: er is minder materiaalbeslag en er is een betere benutting van de ingezette materialen (auto's staan 23 uur per dag stil, peplemovers niet). Er gaat dus ook minder verloren tijdens de recyclingfase. Hierbij maak ik de simpele aanname, dat een peplemover qua gebruikte materialen en constructietechnieken niet wezenlijk afwijkt van een auto. Dit is strikt genomen niet waar (peplemovers zijn bijvoorbeeld mede zo licht dankzij composieten, die als gevolg van ondoordachte EU-regelgeving voor recycling slechts beperkt in auto's kunnen worden

ingezet), maar het effect is hoe dan ook klein: Life Cycle Assessments van auto's geven aan, dat minder dan 15% van de totale energiebehoefte verband houdt met de productie. Bij zeer intens gebruikte voertuigen zoals peplemovers is de gebruiksfase nog sterker bepalend voor de gehele energiebehoefte.

Samenvattend: qua planet biedt de peplemover een wezenlijk voordeel over de auto.

- **Profit**

Deze dimensie wordt in belangrijke mate bepaald door hoe de benodigde infrastructuur voor de peplemover én voor de auto wordt gefinancierd. Deze is wat de eigenlijke weg of baan betreft op zich niet duurder (de kosten van wegen gaan in vlak terrein ruwweg met het kwadraat van de asbelasting, dus een uitgekiend peplemoversysteem kan per km zo'n vijf maal goedkoper zijn dan een weg voor auto's, laat staan een weg voor 50-tons vrachtwagens), maar wel duur genoeg om een peplemoversysteem kansloos te maken als de reiziger direct ervoor moet betalen i.p.v. indirect, zoals tegenwoordig bij auto's. Op voertuigniveau zal de peplemover het rond 2015 vermoedelijk wel kunnen winnen van een auto met vergelijkbaar comfort omdat hij minder extra voorzieningen (zoals een grote motor) heeft, maar op dit punt is er nog een lange weg te gaan en dan vooral met betrekking tot de benodigde sensoren. Een ander voordeel zit in het vermijden van congestie, wat tegenwoordig ook een grote kostenpost is.

Samenvattend: deze dimensie wordt bepaald door de wijze waarop de infrastructuur en het gebruik ervan worden gefinancierd. Als deze voor auto en peplemover vergelijkbaar is (bijvoorbeeld als de peplemover van het bestaande asfalt gebruikmaakt), dan valt de vergelijking in het voordeel van de peplemover uit.

## **6 Modal split**

Laten we met deze voorzichtig positieve uitkomst op het vlak van duurzame mobiliteit ten faveure van de peplemover, nu snel het keuzepad van de één versus de ander verlaten en overstappen op een integrale systeembenadering met een logische modal split.

In de wisselwerking tussen ruimtelijke inrichting en stedelijke mobiliteit werken de auto en het collectief vervoer als twee tegengestelde krachten op elkaar in. De auto, met name succesvol sinds de jaren '70, zorgt voor een middelpuntvliedende kracht. Het onbereikbaar worden van binnensteden en de mogelijkheden voor schaalvergroting van economische activiteiten, zorgt voor woonboulevards en winkelcentra aan de randen van de stad en bedrijvenparken aan snelweglocaties. Het openbaar vervoer zorgt voor een middelpuntzoekende kracht en verbindt de attractiepunten binnen de stad zelf. Het biedt ruimte aan mogelijkheden om als consument (extra) activiteiten te ontplooiën.

De praktijk om bij het uitdijen van het stedelijk gebied de bestaande buslijn een of twee extra haltes in de nieuwe wijk te geven, werkt niet. Voor de bestaande gebruikersgroep betekent dit een onevenredige verslechtering van de reistijd en voor de nieuwe gebruikers leveren de alternatieve vervoerswijzen (lopen, fiets, auto) al snel een beter aanbod.

Logischer is het om met het uitdijen van het stedelijk gebied de halte-afstanden te vergroten (dus de aantallen haltes per lijn in tact te houden) en de snelheid van de verplaatsing op te voeren. Alleen dan kan het openbaar z'n middelpuntzoekende kracht voor het stedelijk gebied blijven genereren. Lightrailtoepassingen en de onvolprezen Zuidtangent Haarlem-Schiphol-Amsterdam, zijn hiervan het bewijs.

Gebruiken we nogmaals de rekenwijze van J. Edward Anderson waarmee we ruimtelijke aspecten en de vervoersbehoefte aan elkaar kunnen koppelen, dan zien we de winst voor peplemovers in het voor- en natransport naar/van de opstappunten van het hoogwaardig openbaar vervoer. Hier wordt de snelheid gemaakt om attractiepunten binnen bereik te houden, en in de fijnmazige bediening rondom de knooppunten blijft het gewenste vloeroppervlak per bewoner of activiteit intact.

## **7 Peplemover versus bus: nabijheid en frequentie**

Hoezeer de kosten voor de professionele chauffeur als aandeel van de exploitatiekosten, de toepassingsmogelijkheden voor een bus op de vierkante meter beperken, blijkt als we enkele ervaringsgegevens in tabel naast elkaar zetten (tabel 1). Dit uit zich namelijk in een service voor zoveel mogelijk mensen per halte bij een zo laag mogelijke frequentie... De

peplemover kent deze beperkingen niet en kan met kleinere voertuigen en met een hogere frequentie rijden. In tabel 1 betekent dit bijvoorbeeld bij een vergelijkbare vervoersbehoefte, de keuze tussen een vervoersaanbod van 1 bus per half uur of elke 10 minuten een peplemover.

**Tabel 1: peplemover versus bus, ervaringsgegevens.**

	<b>Automatisch vervoer</b>	<b>Vervoer met chauffeur</b>
inwoners/km <sup>2</sup>	5000	
grid pitch	800 meter	
aantal verplaatsingen BTM per persoon per dag <sup>2</sup>	0,21	
reizigers per halte per minuut tijdens spitsuur	0,16 personen/ minuut	
personen/voertuig	4 personen	25 personen
benodigde verschijningsfrequentie	4 x per uur	1 x per uur
vervoersaanbod	12 x per uur	2 x per uur
Rijsnelheid	25 km/h	40 km/h
rijtijd van haltes tot halte	1,9 minuten	1,2 minuten
halteringstijd	0,33 minuten	
commerciële snelheid	20 km/h	28 km/h

Als we nu de beide prestaties voor een verplaatsing in de stad vergelijken<sup>3</sup> met de alternatieven lopen (4 km/h) of fietsen (10 km/h), dan blijkt dat “automatisch vervoer” vanaf 1,8 km een alternatief kan bieden voor een wandeling en vanaf 7 km voor een rit op de fiets. “Vervoer met chauffeur” ‘loont’ pas vanaf 3 km voor de wandelaar en vanaf 10 km voor de fietser. Met name de lagere frequentie van de bus en de daardoor ontstane wachttijd die doorwerkt in de beleving van de reiziger, bepaalt het verschil.

In tabel 2 is een voorbeeld gegeven van de vergelijking voor een trip van 2 km.

**Tabel 2: systeemvergelijking voor een trip van 2 km**

	Automatisch vervoer	Vervoer met chauffeur	fietsen of lopen
2 km			
rijtijd over tripafstand	5,91	4,29	12 of 30
Voor- en natransporttijd (lopen: 4km/h)	12	12	0
maximale wachttijd (= frequentie)	5	30	0

<sup>2</sup> CBS, 1998, zeer stedelijk gebied.

<sup>3</sup> Bart Egeter: Functie-optimalisatie OV; TU Delft, 1994.

Gemiddelde wachttijd	3	15	0
verplaatsingstijd deur-tot-deur	20	31	12 of 30
vervoerkwaliteit t.o.v. lopen (index)	0,68	1,04	-
vervoerkwaliteit t.o.v. fietsen (index)	1,70	2,61	-
gewogen verplaatsingstijd.....	27	43	12 of 30
gevoelsmatige kwaliteit t.o.v. lopen (index)	0,91	1,44	-
gevoelsmatige kwaliteit t.o.v. fietsen (index)	2,28	3,61	-

De grid pitch voor een peplemoversysteem kan op grond van dit voorbeeld dus bijna twee keer zo laag liggen als voor een bussysteem. Daarmee tellen de voordelen voor de consument op tot drie:

- kortere wachttijden vanwege hogere frequenties;
- een betere deur-tot-deur bediening vanwege kleinere vervoerseenheden; en
- de mogelijkheid om door de peplemover het voor- en natransport te laten organiseren, stamlijnen op te waarderen tot hoogwaardig openbaar vervoer.

## 8 Conclusies

Peplemoversystemen kunnen een wezenlijke bijdrage leveren aan duurzame mobiliteit. In vergelijking tot de auto bieden ze een hogere veiligheid voor reizigers en omwonenden, een betere toegankelijkheid voor zwakkeren, minder aantasting van het leefmilieu en minder energie- en materialengebruik.

Peplemovers bieden meer mogelijkheden voor kleinschalig collectief vervoer dan het huidige areaal aan openbaar vervoer doet. De kansen om in het uitdijend stedelijk gebied het collectief vervoer een kwaliteitsimpuls te geven en klassieke stedelijke functies als economische en sociale attractiviteit voor een groter stadsoppervlak toegankelijk te maken, biedt een ware uitdaging.

Deze conclusies zijn alleen geldig binnen de diverse impliciet en expliciet gemaakte aannames. De belangrijkste hiervan is niet zozeer de geprojecteerde stand der techniek, maar het uitgangspunt van auto, bus en peplemover als vervoermiddel in het stedelijk gebied.

## Referenties

- Aben E. (2005) *Automated Transport in urban areas* TNO Bouw en Ondergrond, Delft 2005.
- Achterhuis, H. (1986): *Het Rijk van de Schaarste*; Ambo, Den Haag 1986.
- Burgwal, H.V. v.d. (2000): *Paper Movers*.
- Dijke, J.P. van, en M.M. Janse (2004): *Safe Sites and Systems, CyberMove deliverable 3.2*; Delft; TNO Inro; december 2004; nummer TNO Inro 04-7N-202
- Dijke, J.P. van, M.M. Janse, J.M. Schrijver en N.E. van Hylckama Vlieg (2004): *Dual Mode Railsystemen*; Helmond; TNO WT; februari 2004; rapportnummer 04.OR.AC.005.1.
- Eijkelenbergh, P.J.C. en M.M. Janse (2004): *From technology driven invention to transport demand innovations*; Istanbul; WCTR 2004; juli 2004; nummer TNO Inro 04-7P-005.
- Egeter, B. et al (1994): *Functie-optimalisatie openbaar vervoer*; TU Delft, Delft.
- Filarski R. (2004) *The rise and decline of transport systems; changes in a historical context* Ministry of Transport, Public Works and Watermanagement, Rotterdam.
- Goeverden C.D. van, B. Egeter, H.D. Hilbers (1998) *Staalkaart vervoersvraag* TU Delft, Delft.
- Hylckama Vlieg, N.E. van en P. Groenveld (2003), *De Peplemover Roadmap*, Connekt Bestelnummer R2003-009, Delft, Nederland, juni 2003.
- Janse, M.M. (2003): *Cybernetisch voor- en natransport*; in VexPansie, kwartaalblad voor het parkeren in Nederland, 2003-2; Leiden; juni 2003.
- Janse, M.M. en E.A. Berghout (2004): *Vervoer in de toekomst: Advanced Driver Assistance tussen Almere en Haarlemmermeer*; Delft; TNO Inro; april 2004; TNO Inro rapport 2004-14.
- Malone, K.M. en P.L.C. Eijkelenbergh (2004), *CyberCars - eindrapportage december 2004*, TNO Inro-rapport 2004-55.
- Schijver, J.M., M.M. Janse, K.J.H. Carlier, N.E. van Hylckama Vlieg, R.J.A. Kleuskens, Th.J.H. Schoemaker, E. Stoker (2002): *Automatische voertuiggeleiding in het Collectief Openbaar Vervoer - Onderzoek naar toepassingmogelijkheden van kansrijke concepten*; Delft; TNO Inro; juli 2002; nummer TNO Inro 2002-37.
- Stoep, J. v.d. en B. Kee (1997): *Hypermobility as a Challenge to Systems Thinking*.
- Tempelman, E. (1999): *Sustainable Transport and Advanced Materials*
- Tempelman, E. (2004): *NIDSI-Mobiliteit bronnenoverzicht*.
- Tempelman, E. et al (2004): *Food – an Overview, SusProNet report*.

Wardman, M. (2001): *Public Transport Values of Time*; ITS Leeds, working paper 564; December 2001.

World Commission on Environment and Development (1987): *Our common future*. Oxford: Oxford University Press, 1987.