



Delft University of Technology

Slimme Mobiliteit voor beleidsmakers

Calvert, Simeon; Rasouli, Soora ; Verhoef, Erik; Gorris, Teije ; Veenkamp, Natalie ; van Arem, Bart; Juffermans, Nick

Publication date

2021

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Calvert, S., Rasouli, S., Verhoef, E., Gorris, T., Veenkamp, N., van Arem, B., & Juffermans, N. (2021). *Slimme Mobiliteit voor beleidsmakers*. TU Delft/NWO.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.*



**Slimme
Mobiliteit**

voor beleidsmakers



Voorwoord

Beleidsmakers binnen het domein mobiliteit krijgen in toenemende mate te maken met ‘intelligente’ oftewel slimme technologieën. Hoewel dit domein van oudsher het speelveld is van professionals met een achtergrond in, planning, openbaar bestuur en ontwerp, zijn er onder- tussen talrijke veelbelovende ontwikkelingen gaande die in sterke mate IT-gedreven zijn. Zoals slimme mobiliteit. Hoe groot de impact van al die ontwikkelingen is, moet zich nog uitkristalliseren.

‘Slimme mobiliteit’ gaat gepaard met allerlei beloftes. Zoals zelfrijdende auto’s als oplossing voor congestie en om ongelukken, veroorzaakt door bestuurders, te voorkomen. Maar ook Mobility-as-a-Service (MaaS): hét duurzame en competitieve alternatief voor auto’s. En tenslotte slim verkeersmanagement, waarmee niet alleen een optimale verdeling van verkeer conform beleidsdoeleinden kan worden geregeld maar dat ook de beste service aan individuele gebruikers levert.

Inhoud

1. Wat is slimme mobiliteit? 3

- 1.1. Slim reizen 4
- 1.2. Slim rijden 4
- 1.3. Slim management 5

2. Mobility-as-a-Service (MaaS) 7

- 2.1. Factoren die van invloed zijn op de acceptatie van MaaS 9
- 2.2. Inzichten over MaaS-gebruik 12
- 2.3. MaaS-allianties 15

3. Geautomatiseerd rijden 18

- 3.1 Infrastructuur en planning 19
- 3.2. Geautomatiseerde shuttles: gescheiden of gemengd? 22
- 3.3. Wegveiligheid 24
- 3.4. Parkeren en geautomatiseerde voertuigen 26
- 3.5. Richtgevende inzichten voor stedelijke beleidsmakers 29

4. Slim verkeersmanagement 34

- 4.1. Slimme incentives 35
- 4.2. Intrinsieke motivatie en slimme mobiliteit 40
- 4.3. Casestudy: privileges voor e-taxis 42

1. Wat is slimme mobiliteit?

Alles is of wordt tegenwoordig steeds 'slimmer': IT-oplossingen vormen een belangrijke basis daarvoor. We kunnen ons in ons dagelijks leven geen dag meer voorstellen zonder onze slimme apparaten, denk aan smartphones, smartwatches en slimme verlichting. Tegelijkertijd leunen veel diensten die we gebruiken, bijvoorbeeld via de apps van onze slimme apparaten, op slimme technologieën.



Het mobiliteitsdomein vormt geen uitzondering op deze ontwikkeling. Ziedaar de opkomst van slimme mobiliteit. Steden, professionals en beslissers zijn in toenemende mate betrokken bij het ontwikkelen of uitdragen van beleid, beleidsmaatregelen en/of projecten ten aanzien van slimme mobiliteit. Zo'n beetje *alle* innovaties die te maken hebben met mobiliteit worden tegenwoordig aangeduid met 'slimme mobiliteit'. Maar wat is nu de precieze definitie van slimme mobiliteit? En welke ontwikkelingen maken daar nu deel van uit en welke niet?

In de laatste decennia is de beschikbaarheid van IT in voertuigen, smartphones evenals in infrastructuur snel toegenomen. Nieuwe mogelijkheden zijn steeds beter beschikbaar om het mobiliteitssysteem kwalitatief beter en ook duurzamer te maken. De beschikbaarheid van real-time data is daarbij een bepalende factor. Samen met IT-technologieën, communicatietechnologieën (zoals Wi-Fi) en processorvermogen stelt dit gebruikers, service aanbieders, voertuigen en wegbeheerders beter in staat om betere, veiligere en snellere mobiliteitskeuzes te maken.

Uitgaande van de verschillende definities die in omloop zijn, kunnen we slimme mobiliteit het beste definiëren als: 'effectief gebruik van data-, informatie- en communicatietechnologieën om beleidsdoelen in het mobiliteitsdomein te realiseren'.

Dit brengt de volgende uitdagingen voor beleidmakers met zich mee:

- het vergroten van verkeersveiligheid
- het optimaliseren van de doorstroming van verkeer
- het verbeteren van de betrouwbaarheid van het verkeerssysteem

- terugdringen van vervuilende emissies
- Een verandering in het gebruik van vervoersmiddelen (modal shift)

Slimme mobiliteit maakt slim *rijden*, slim *reizen* en slim *verkeersmanagement* mogelijk. Deze ontwikkelingen vinden plaats binnen het publieke domein. Daarmee zijn ze van invloed op de gemeenschappelijke terreinen waarop (verkeers)autoriteiten opereren, waaronder verkeersmanagement, openbaar vervoer en verkeersveiligheid.

1.1 Slim reizen

Het vinden van nieuwe innovatieve oplossingen voor de vervoersvraag enerzijds en het terugdringen van de negatieve effecten van verkeer en vervoer anderzijds zijn van oudsher de centrale thema's binnen het onderzoek op het gebied van verkeer en vervoer. Om autogebruik te beperken is goed Openbaar Vervoer (OV) een belangrijke vereiste. Het aanbieden van hoge kwaliteit OV in gebieden en op tijdstippen met een geringe vervoersvraag blijkt in de praktijk echter problematisch. In zo'n geval kan 'Mobility-as-a-Service' (MaaS) een oplossing bieden. Het gaat daarbij om vraag-gestuurde mobiliteit, die wordt gecoördineerd en ondersteund door slimme applicaties. Gebruikers kunnen zich abonneren op een bundel van verkeersdiensten, waarmee ze flexibel vervoer kunnen regelen, zij het onder bepaalde voorwaarden. Verkeersdiensten die in zo'n bundel zouden kunnen worden opgenomen zijn:

- OV middelen zoals bussen, trams en metro
- (Elektronische) deelfietsen, -scooters en/of -auto's
- Taxi
- Autoverhuur
- Auto parkeren

Zo'n 'bundel' biedt gebruikers een totaaloplossing, waarmee ze hun reis van deur tot deur als één enkele dienst kunnen plannen, boeken en betalen. De reiziger krijgt gedurende het hele proces, dat wil zeggen voorafgaand en tijdens de reis, informatie om te bevestigen dat de reis volgens plan verloopt maar ook om alternatieve oplossingen te bieden in geval van vertragingen of andere problemen onderweg. Dit verhoogt het gemak van de reiziger, waarmee 'de bundel' een competitief alternatief kan vormen voor de auto.

De kwaliteit van OV neemt toe. Dit geldt ook voor van deur tot deur vervoersoplossingen. Tegelijkertijd wordt de vervoersbehoefte steeds complexer en raakt het steeds meer gefragmenteerd. Een combinatie van verschillende vervoerswijzen in één enkele bundel vatten die een kwalitatief hoge, snelle en betrouwbare reis van deur tot deur (enkel of retour) biedt, is nog een flinke uitdaging. Mobility-as-a-Service (MaaS), die slimme technologieën en diensten omvat, zal hieraan bij moeten dragen.



1.2 Slim rijden

Slim oftewel geautomatiseerd rijden betreft de fase waarin de taken van de chauffeur worden overgenomen door het voertuig. Onder voertuigen worden in dit verband auto's, vrachtwagens, bussen maar ook 'shuttles' verstaan. (Deels) geautomatiseerde voertuigen kunnen al dan niet communiceren met hun omgeving, zoals andere voertuigen maar ook de infrastructuur, evenals informatie verzamelen via verschillende sensoren. De informatie wordt in real time verwerkt, waarna de computer aan boord de actuele rij- en verkeerssituatie kan vaststellen om een inschatting te maken wanneer interventies nodig zijn zoals afremmen, accelereren of een bocht nemen.

Er is een veelheid aan rijtaken die kunnen worden geautomatiseerd. De Society of Automotive Engineers (SAE) onderscheidt vijf niveaus waarop automatisering van voertuigen kan plaats vinden:

- **Niveau 1:** het geautomatiseerde rijstelsel ondersteunt de chauffeur door het overnemen van gasgeven en remmen (snelheid) of sturen (richting). Deze systemen zijn reeds beschikbaar binnen de automarkt. De chauffeur blijft opletten en neemt de besturing over als het nodig is, doorgaans na een waarschuwing door het stelsel.
- **Niveau 2:** bouwt voor op niveau 1, maar regelt snelheid en richting gelijktijdig. Ook hier blijft de chauffeur opletten en neemt de chauffeur de besturing over als het nodig is. Niveau 2 is commercieel beschikbaar.

- **Niveau 3:** het geautomatiseerde rijstelsel regelt snelheid en richting gelijktijdig, monitort de omgeving en staat de bestuurder toe aandacht aan andere zaken te besteden, zolang de bestuurder binnen een beperkte tijd de besturing weer kan overnemen als het stelsel daarom vraagt. Niveau 3 is in R&D stadium.
- **Niveau 4:** het geautomatiseerde besturingssysteem regelt snelheid en richting zonder de noodzaak van menselijk aandacht of ingrijpen en kan automatisch met een *fail-safe* situatie om te gaan door een Minimal Risk Manoeuvre. Het voertuig kan dual mode worden uitgevoerd of zelf zonder menselijke besturing in het voertuig.

Voor niveau 1-4 geldt dat de toepassing beperkt is tot een specifiek Operational Design Domain, bijvoorbeeld het type wegen, de markering, beschikbaarheid van een geschikte digitale kaart of weers- en verkeerscondities.

- **Niveau 5:** is qua functionaliteit gelijk aan niveau 4, maar kent geen beperkingen in het Operational Design Domain. Het is echter niet te verwachten dat dit binnen afzienbare tijd gaat gebeuren.

Geautomatiseerd rijden is een trend die zich verder zal blijven ontwikkelen, zowel als het gaat om automatisering als de mate van marktpenetratie van geautomatiseerde voertuigen (ook wel aangeduid met AV's = automated vehicles). Zelfs wanneer niveau 5 voertuigen op de markt worden geïntroduceerd, zal het waarschijnlijk nog enkele decennia duren voordat hele vloeden van zulke voertuigen op de wegennetwerken zullen worden

waargenomen. In deze overgangperiode naar volledige automatisering is een heterogene mix van verkeer met voertuigen van verschillende automatiseringsniveaus onvermijdelijk.

1.3 Slim management

Binnen verkeersmanagement worden maatregelen zodanig toegepast dat de vraag en de capaciteit van het verkeersnetwerk in termen van tijd en plaats beter 'passen' bij de verkeersbehoefte en -aanbod. Voorbeelden hiervan zijn statische verkeersmanagementmaatregelen waarmee eenrichtingsstraten en toegangsmanagement worden gereguleerd. Dynamische verkeersmanagementmaatregelen maken veelal gebruik van IT, aangeduid met 'ITS' oftewel Intelligent Transport Solutions. Voorbeelden hiervan zijn variabele stoplicht-instellingen, variabele snelheidslimieten, parkeeraanwijzingen, dynamisch banenmanagement en dynamische routeinformatie.

Relevante toepassingen hiervan vanuit stedelijk perspectief zijn:

- Management van vraag en toegang (inclusief prijsbepaling)
- Verkeersmanagement en -controle
- Reis- en verkeersinformatie
- Bestuurderondersteunings- en coöperatieve systemen
- Logistiek en vlootmanagement
- Veiligheids- en noodsystemen
- Parkeermanagement

Dankzij slimme technologieën worden ook het verkeersmanagement en de daarbij behorende maatregelen slim. Meer en betere *real time* data stellen verkeersleiders in staat om betere

inzichten te verkrijgen omtrent verkeersomstandigheden, terwijl voorspellingen over zowel verwachte ontwikkelingen in het verkeer als congestie er met de dag op vooruit kunnen gaan. Verkeersbeheercentra, waarmee wegbeheerders het verkeer en de daarbij horende interventies managen, zijn bezig uit te groeien tot intelligente verkeersmanagementcentra. Waarbij zowel de infrastructuur langs de weg zoals stoplichten en informatiedisplays als de apparaten aan boord van auto's in toenemende mate met elkaar verbonden zijn via de verkeersmanagementcentra.

Dankzij zulke, aan elkaar verbonden systemen en *real time* informatie over lokale situaties wordt de gebruiker beter geïnformeerd, en kan hij of zij veiliger, beter gecoördineerd en 'slimmer' gebruik maken van de verkeersnetwerken. Daarnaast maakt dit alles het mogelijk om reizigers toegespitste verkeers- en vervoersinformatie te verschaffen en kan het worden ingezet om gedragsverandering teweeg te brengen. Wat op zijn beurt het pad effent om prijsbeleid te overwegen die de mogelijkheid bieden voor maatwerk dat rekening houdt met lokale (verkeers-) situaties, omstandigheden van gebruikers en (lokale) beleidsdoelen.

2. Mobility-as-a-service (MaaS)



Mobility-as-a-Service (MaaS) is een zich razendsnel ontwikkelend concept met veel bijbehorende perspectieven en onderwerpen. De meest relevante vragen die zich daarbij voordoen voor *stedelijke mobiliteitsprofessionals* zijn:

- Wie moeten er een bundel aangeboden krijgen?
- Waarmee zet je mensen aan tot de keuze voor een vervoerswijze binnen MaaS?
- Welke alliantie of coöperatie heeft de meeste kans van slagen?



Wie moeten er een bundel aangeboden krijgen?

Wie er in aanmerking komen voor een bundel heeft te maken met de vraag: welke *factoren* spelen een rol bij de acceptatie van MaaS? Dat kunnen bijvoorbeeld de kenmerken van de verschillende verkeersopties zijn evenals de prijsregelingen binnen MaaS. Maar ook vragen als: welke stedelijke gebieden lenen zich voor MaaS en welke niet? Welke sociaal-demografische groepen zijn meer geneigd te switchen naar MaaS dan andere? Kennis over al deze zaken is essentieel. Door met MaaS aan de slag te gaan met een identiek vastgesteld pakket en willekeurige prijs loop je het risico dat de geboden service niet aantrekkelijk genoeg is voor een voldoende groot aantal burgers. Dat zou een bedreiging vormen voor het voortbestaan van een dergelijke service.

Deze kennis is nuttig voor stedelijke autoriteiten, omdat het inzicht geeft in de relatie tussen de slagingskansen van MaaS en het stedelijk ontwerp, maar is ook interessant voor de aanbieders van MaaS-diensten met het oog op het aanbod van hun diensten en marketingactiviteiten.

Welke verandering in vervoerswijze brengt MaaS mogelijk met zich mee?

Dit heeft te maken met de toepassing van MaaS wanneer deze eenmaal is ingevoerd. Veel steden wereldwijd zien in MaaS een manier om duurzaam vervoer te realiseren door het terugdringen van op fossiele brandstoffen rijdende vervoersmiddelen evenals een toename van het gebruik van deelmobiliteit tegenover privévoertuigen. MaaS kan echter ook gebruikers van mili-

euvriendelijke verkeerswijzen ertoe aanzetten om te schakelen naar (juist) minder duurzame vervoerswijzen, zoals taxi's en rit delen. Het is daarom belangrijk om te begrijpen **hoe mensen van vervoerswijze zouden veranderen** zodra MaaS beschikbaar wordt binnen het aanbod transportmogelijkheden. Hierbij zijn kenmerken zoals maandelijkse kosten voor de bundel van belang in relatie tot sociaal-demografische factoren.

Kennis hierover is van waarde voor overheidsinstanties die naast bereikbaarheid en gemak ook de maatschappelijke waarde van MaaS moeten garanderen. Minstens zo belangrijk, ook voor de aanbieders van MaaS, is echter dat ze de relatie begrijpen tussen het ontwerp van de service en de beoogde beleidsdoelinden in termen van duurzaamheid.

Welke MaaS allianties en/of coöperaties hebben een kans van slagen?

De variëteit in de verschillende wijzen van vervoer- en vervoersdiensten toont aan dat MaaS-diensten alleen succesvol kunnen worden aangeboden indien er sprake is van een robuuste, transparant georganiseerde en goed gemanagede samenwerking tussen de alle betrokken stakeholders. Het oprichten van zo'n samenwerking lijkt een uitdagende opgave. MaaS vereist immers deelname van verschillende private aanbieders van mobiliteitsdiensten. Dit kan problemen opleveren ten aanzien van het delen van data, marketing, het inplannen van diensten, evenals formats voor boekingen en betalen, temeer ook omdat partners die allerlei informatie- en communicatietechnologieservices aanbieden een vitaal onderdeel vormen van een dergelijk consortium.

2.1 Factoren die van invloed zijn op de acceptatie van maas

MaaS staat voor een innovatieve oplossing die naar verwachting mensen ertoe zal aanzetten hun personenauto's in te ruilen voor andere, meer duurzame manieren van reizen. Voor een succesvolle invoering en uitbreiding van MaaS is maatschappelijke acceptatie daarom een voorwaarde. Om succesvolle maatregelen en interventies, gericht op maatschappelijke acceptatie, te kunnen doorvoeren, is het noodzakelijk om inzichten te vergaren over welke beslissende factoren mensen ertoe aanzetten een abonnement op MaaS te nemen.

Uit een enquête onder meer dan duizend respondenten in Eindhoven en Amsterdam over hun voorkeuren voor verschillende MaaS-opties bleek dat onder gunstige voorwaarden 17 % van hen belangstelling toonde voor een MaaS-abonnement. Zou dit daadwerkelijk geëffectueerd worden, dan zou dit een enorme impact hebben op zowel het marktpotentieel van MaaS als op het vervoer in het algemeen.

Er zijn allerlei factoren die een rol spelen bij de acceptatie van MaaS, zoals prijstarieven, tijdsinvestering, privacy, evenals sociaal-demografische en geografische factoren.

Prijs van de bundel

Er is een grote variatie aan prijzen van bundels mogelijk, waarvan sommige aantrekkelijker worden ervaren dan andere. De volgende inzichten helpen om passende prijstarieven te verbinden aan de verschillende vervoerwijzen binnen MaaS-bundels:



- De belangstelling wordt primair bepaald door het aangeboden OV.
- De belangstelling voor MaaS ten aanzien van de prijs voor rit delen is het grootst wanneer dit wordt aangeboden tegen een vast bedrag met onbeperkte ritten.
- De belangstelling voor deelname aan MaaS neemt toe wanneer OV wordt aangeboden met een vast bedrag-regeling met onbeperkte ritten.
- De bereidheid om zich te abonneren op vraaggestuurd OV is het grootst wanneer die wordt aangeboden met een onbeperkt aantal ritten binnen één OV-zone en daar bovenop betaling per rit.
- De meeste belangstelling gaat uit naar een abonnement waarbij het **delen van e-bikes** wordt gekoppeld aan een **tweedelig tarief**, dat wil zeggen betaling per rit met een 50% korting op de standaardvergoeding.

- Mensen zijn minder geneigd zich voor een MaaS-abonnement aan te melden wanneer **elektrisch autodelen** wordt aangeboden tegen een vast tarief dan wanneer dit wordt aangeboden met een meer inclusieve regeling waarbij je bijvoorbeeld 120 minuten per maand te goed krijgt.
- De belangstelling voor MaaS ten aanzien van de prijszetting-regeling voor een taxi lijkt het grootst bij een aanbod van 30 km per maand en betaling per rit.
- Ten aanzien van autohuur lijkt dat dit geen beslissende factor is bij het wel of geen keuze maken voor een MaaS-abonnement.

Sociaal-demografische factoren

Om de focus van MaaS-bundels te bepalen is het relevant om te weten hoe je doelgroep in segmenten kan worden onderverdeeld. Daarvoor worden sociaal-demografische gegevens gebruikt. Onderzoek laat het volgende zien:

- Qua leeftijd is de groep tussen **18-25 de leeftijdscategorie met de hoogste intentie** om MaaS te omarmen, gevolgd door de groep 25-35. Mensen tussen de 51 en 65 jaar en ouder dan 65 zijn minder geneigd een MaaS-abonnement te nemen.
- Wat betreft opleidingsniveau blijken mensen met een middelbaar opleidingsniveau de meeste belangstelling te hebben voor een MaaS-abonnement, terwijl **mensen met het hoogste opleidingsniveau er het minst toe bereid zijn**.
- De **grootste bereidheid** om een MaaS-abonnement te nemen zit bij **de inkomensgroepen** tussen € 1.251 en € 1.826 en bij een hoog inkomen van boven de € 3.125.
- **Vrouwen** zijn iets meer bereid een abonnement op MaaS te nemen dan mannen.

- Huishoudens met meer dan één auto zijn minder bereid een MaaS-abonnement te nemen dan **huishoudens met maar één auto**.
- Mensen die voor hun dagelijkse ritten overwegend lopen, fietsen of zelf auto rijden, zijn minder geneigd **een abonnement op MaaS te nemen dan mensen die met OV, trein of als passagier met de auto reizen**.

Zoals gezegd is de wijze waarop een MaaS bundel wordt samengesteld van groot belang omdat daarmee tegemoetgekomen kan worden aan de daadwerkelijke transportbehoeftes van potentiële MaaS-abonnees. Er is het volgende gevonden:

- **OV** heeft de voorkeur bij mensen boven de 50 en iets minder in de leeftijdscategorie tussen de 25 en 35 jaar.
- Personen tussen de 25 en 35 evenals tussen de 51 en 65 jaar kiezen vaker voor **fietsdelen**
- Mensen die eerder minder dan 15 minuten voor hun woon-werkverkeer onderweg waren geven er de voorkeur aan om een **e-bike te delen** binnen hun bundel ten opzichte van mensen die langer onderweg waren.
- Mensen die vaak met de trein naar hun werk reizen, hebben veel belangstelling voor **fietsdelen**, omdat ze daardoor reizen met **de trein en de fiets kunnen combineren**.
- Mensen tussen de 25 en 35 jaar nemen **elektrische deelauto's** eerder op in hun bundel.
- Mensen die reeds ervaring hebben met autodelen en mensen die dagelijks gemiddeld 20-40 km afleggen, hebben doorgaans meer belangstelling voor **autodelen**.
- **Rit delen** wordt eerder gekozen door vrouwen en door hoogopgeleiden.

- **Bus op aanvraag** wordt eerder gekozen door gepensioneerden en door mensen met een lager inkomen.

Tijdsverplichting, privacy en sociale beïnvloeding

Om MaaS-bundels goed te laten functioneren wordt abonnees gevraagd om zich te committeren aan een abonnement, persoonlijke gegevens te verstrekken en veelal gebruik te maken van een applicatie of website waarin allerlei gegevens gedeeld moeten worden, zoals locatiedata. Deze factoren kunnen een belemmering vormen voor potentiële abonnees. Inzichten in deze factoren helpen dan ook bij het samenstellen van een MaaS-serviceaanbod, maar zijn ook relevant voor beleidsmakers om te onderzoeken of er bepaalde interventies nodig zijn ten aanzien van bijvoorbeeld online beveiliging of gegevensbescherming. Een andere belangrijke factor bij het besluitvormingsproces voor potentiële abonnees vormt sociale beïnvloeding. Oftewel: aankoopbesluiten zijn nooit volledig rationeel. De mening van vrienden en familie doet er bijvoorbeeld ook toe.

Inzichten hierover zijn als volgt:

- Mensen lijken de **voorkeur te geven aan abonnementen met een langere looptijd** (6-12 maanden) in plaats van een kortere termijn (3-6 maanden). Dit heeft waarschijnlijk te maken met de gewoonte om abonnementscontracten, zoals OV- en treinabonnementen en abonnementen voor mobiel bellen, voor een jaar af te sluiten.
- Er zijn significante effecten waargenomen van sociale invloed op de besluitvorming rondom een MaaS-abonnement. **Zo blijken positieve recensies van deze dienst van het algemene**

publiek een significante en positieve invloed te hebben op de intentie om voor een abonnement te kiezen.

- Wat betreft de voorkeur van vrienden, collega's en familie: de interesse om voor MaaS te kiezen neemt toe naarmate het marktaandeel toeneemt, maar daalt weer wanneer 75% van het eigen sociale netwerk ertoe overgaat.

Een inzicht dat apart moet worden uitgelicht betreft *privacy*. Dit is van speciaal belang voor beleidsmakers. Hoewel privacy met het oog op MaaS niet zozeer als een probleem of 'dealbreaker' lijkt te worden ervaren (sterker nog: de app-toegang tot GPS heeft een toegevoegde waarde voor het gebruik van een MaaS-abonnement), moeten overheidsinstanties die eigenaar zijn van publieke infrastructuur of betrokken zijn bij het delen van data waarvan zij eigenaar zijn, ten allen tijde handelen volgens de gegevens-, privacy- en beveiligingsvoorschriften.

Geografie

In hoeverre speelt de geografische dimensie nu een rol met betrekking tot MaaS? Welke gebieden in de stad en welke woon-werkpatronen lenen zich ervoor? Dit zijn vragen die van speciaal belang zijn voor beleidsmakers die overwegen MaaS in te zetten voor specifieke gebieden, congestie-hotspots en/of doelgroepen.

- Het nut van een MaaS-abonnement is **het hoogst voor mensen die in dezelfde stad maar in verschillende wijken wonen en werken.**
- **De meeste interesse voor MaaS** wordt waargenomen bij mensen die in de omgeving van een stad wonen ten opzichte van het centrum en de periferie.

- Mensen die in gebieden wonen **met meer haltes voor het openbaar vervoer**, blijken zich **minder snel te abonneren**.

Conclusie en praktische tips

Overheden wereldwijd en op verschillende niveaus ondernemen acties om lange termijn doelen te realiseren, waaronder ten aanzien van duurzaam en slim transport. Met zijn intrinsieke kenmerken is MaaS mogelijk één van de instrumenten om dit doel te bereiken. De werkelijke impact van MaaS is echter nog onduidelijk, en dit hangt ook sterk af van hoe beleidsmakers en stedenbouwkundigen MaaS gaan beheren en vormgeven.

Het is belangrijk om je op de juiste mensen richten met aantrekkelijke bundels. Hoewel het openbaar vervoer een fundamenteel onderdeel lijkt te zijn van iedere afzonderlijke MaaS-bundel, hangt de interesse in andere vervoerswijzen tot op zekere hoogte af van de sociaal-demografische factoren en dagelijkse reisbehoeften. Maar omdat het in onderzoek tot nu toe voornamelijk ging om hypothetische situaties, zal praktijk moeten uitwijzen hoe mensen hun vervoerskeuzes daadwerkelijk heroverwegen.

De resultaten van dit onderzoek zijn evengoed toepasbaar voor het opzetten van MaaS-pilots. Met het aangeboden model is het mogelijk om het aantal abonneehouders voor ieder afzonderlijk onderzoeksgebied te voorspellen, waarbij rekening wordt gehouden met de specifieke samenstelling van een afzonderlijke MaaS-bundel. Ook biedt het waardevolle adviezen voor de inzet van een MaaS-bundel voor verschillende groepen burgers.

2.2 Inzichten over maasgebruik

MaaS kan gebruikers van milieuvriendelijke vervoerswijzen ook ertoe aanzetten om over te schakelen op minder duurzame vervoerswijzen, zoals taxi's en carpoolen. Welke gevolgen kunnen verschillende types van MaaS-bundels met zich mee brengen? En welke sociale kenmerken van burgers zijn van invloed op hun gedrag bij het omschakelen naar andere vervoerswijzen wanneer ze zich op MaaS abonneren?

Om deze vragen te beantwoorden zijn 1010 respondenten uit respectievelijk Eindhoven, Amsterdam en Rotterdam middels een enquête gevraagd om hun reispatronen te rapporteren voor twee reizen per dag, verdeeld over drie werkdagen, en één weekenddag. Vervolgens kregen zij een willekeurig geselecteerde bundel toegewezen uit vier bundels (zie Figuur 1).

Scheme A	Scheme B	Scheme C	Scheme D
0 €/month	49 €/month	99 €/month	399 €/month
Book your trip and pay (Pay as you Go)	PT: up to 20% discount CS: up to 10% discount TAXI: up to 10% discount E-BS: Free usage !	PT: up to 40% discount CS: up to 20% discount TAXI: up to 20% discount E-BS: Free usage !	PT: Free usage ! CS: up to 30% discount TAXI: up to 30% discount E-BS: Free usage !

Figuur 1. MaaS-bundels (PT = Openbaar vervoer, E-BS = e-bike delen en CS = autodelen)

Maas-gebruik – verandering van gebruik van vervoersmiddelen

In die enquête werd respondenten ook gevraagd in hoeverre ze bereid waren om hun huidige mobiliteitsgedrag te wijzigen. Ze moesten zich daarbij voorstellen dat ze geabonneerd waren op een MaaS-bundel, en vervolgens voor de gerapporteerde ritten aangeven of ze hun huidige transportwijze (Status Quo) zouden blijven gebruiken of een van de vervoersmiddelen uit de MaaS-bundel zouden kiezen.

Opvallende resultaten van het schakelgedrag van de steekproef zijn dat:

- Alleen rijden is afgenomen van 30,5% naar 15,5%.
- Het gebruik van de trein is gestegen van 8,1% naar 19,5%.
- Meer belangstelling ontstond voor fietsdelen en autodelen, van respectievelijk 0,3% naar 13% en van 1,4% naar 11,7%.

Status quo

Om te achterhalen waaróm sommige mensen bij de status quo willen blijven en andere voor gewijzigde mobiliteitspatronen kiezen, blijkt uit een nadere analyse dat:

- Respondenten de neiging hebben om vast te houden aan hun huidige vervoerswijze: 58,5% van de gerapporteerde reizen werden uitgevoerd met de huidige (status quo) vervoerswijze tegenover **41,5% van de gevallen waarvoor men aangaf bereid te zijn om over te schakelen** naar een van de binnen hun MaaS-bundel beschikbare vervoersmiddelen.
- **Jonge millennials eerder bereid zijn om over te schakelen** van hun huidige vervoerswijze naar de door MaaS geboden opties.

- **Respondenten met hoge reiskosten** (inclusief reiskosten, een lange reistijd en parkeerkosten) **er meer voor open staan om over te stappen op MaaS-opties**. Hebben ze momenteel bij hun dagelijkse rit daarentegen toegang tot gratis parkeerterreinen, dan neemt de aantrekkelijkheid van het overstappen naar MaaS juist af.
- De **gevoeligheid voor hun huidige reistijd** echter per vervoerswijze verschilt. In tegenstelling tot automobilisten en carpoolers blijkt een lange reistijd binnen hun huidige situatie een sterkere motivatiefactor voor fietsers en wandelaars om op de MaaS-opties over te stappen.
- De neiging van reizigers om aan hun huidige vervoerswijze vast te houden verschillend is. **Automobilisten en carpoolers zijn eerder bereid om over te schakelen** naar een van de binnen MaaS geboden vervoerswijzen dan fietsers en wandelaars.
- **Vrouwen** zijn over het algemeen meer geneigd om vast te houden aan hun **huidige reiswijze**.

Gebruik van maas – openbaar vervoer en gedeelde verkeersmiddelen

Openbaar vervoer

OV vormt een belangrijk onderdeel binnen alle MaaS-bundels. Gebruikers en niet-gebruikers van regulier OV zijn tamelijk kieskeurig. Hóe het openbaar vervoer wordt ervaren als onderdeel van een MaaS-bundel is dan ook relevante informatie.

- Respondenten **kieszen eerder voor OV, gevolgd door fietsdelen**, uit de diverse vervoerswijzen binnen hun MaaS-bundel.
- Wanneer ze bij hun reis **geen overstap** hoeven te maken, is de **kans groter dat ze voor OV kiezen**. Een abonnement op het

eerste type bundel, Bundel A, (Figuur 1) waarbij reizigers per rit moeten betalen, leidt bovendien tot een lagere bereidheid om voor binnen MaaS voor OV te kiezen dan in het geval van Bundel C met 40% korting voor OV.

- Het effect van Bundel D (waarbij **gratis gebruik van OV** wordt aangeboden) is kleiner dan van Bundel C. Een verklaring zou hiervoor kunnen zijn dat gebruikers, die voor Bundel D een **relatief hoog maandbedrag** (€ 399, -) betalen, soms ook geneigd zijn om andere, luxere vormen van vervoer te nemen, al maken ze gratis gebruik van OV.

Gedeelde vervoersmodaliteiten

Naast het OV komen (elektrische) fiets- en autodeelregelingen op de tweede plaats als belangrijkste vervoerswijze. De combinatie van OV met gedeelde vervoersmogelijkheden die worden aangeboden op OV-stations, is van essentieel belang om deur-tot-deur-reizen mogelijk te maken.

- Als het gaat om de bereidheid om te kiezen voor **autodelen** binnen MaaS, verkiezen respondenten een tussenperiode van 5 tot 10 minuten tussen bestelling en aankomst van het voertuig.
- De tariefstelling van Bundel C (20% korting voor autodelen, 40% korting voor openbaar vervoer en 20% korting per taxi-rit) lijkt het meest aantrekkelijk om voor **autodelen** te kiezen.
- De bereidheid om over te stappen op **fietsdelen** binnen een MaaS-bundel neemt af naarmate de reisduur en reiskosten toenemen
- Het gebruik van **fiets of e-bike** als onderdeel van MaaS neemt toe wanneer deze opties gratis worden aangeboden, hetgeen het geval is binnen Bundels B en C. Hoewel Bundel D ook

gratis fietsen aanbiedt, zijn respondenten minder geneigd om voor deze vervoerswijze te kiezen dan bij Bundel B en C. Dit heeft mogelijk te maken met het hoge maandtarief.

- **Vrouwen** zijn gevoeliger voor **reistijd**. Een langere reisduur zorgt er dan ook voor dat ze minder voor fietsdelen kiezen.

Conclusie en praktische tips

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat naast de prijs, de combinatie van de maandelijkse lasten en kortingen voor verschillende vervoerswijzen binnen een specifieke bundel primair van invloed zijn op de toename of afname van het gebruik van een specifieke verkeersmiddel die in de MaaS-bundel is opgenomen. Een andere belangrijke bevinding is dat reizigers die momenteel bestuurder of passagier zijn van personenwagens, minder geneigd zijn om gebruik te blijven maken van hun huidige vervoerswijze dan wandelaars of fietsers.

Er bestaan dus grote verschillen in het overstapgedrag van burgers afhankelijk van het type bundel. Een heel hoog maandelijks bedrag met een vast tarief voor minder milieuvriendelijke vervoerswijzen, zoals autodelen en taxi, kan mensen ertoe aanzetten om van die opties gebruik te maken, en zelfs een deel van hun reizen die ze eerder met OV maakten, te vervangen door andere opties met een grotere ecologische voetafdruk.

2.3 Maas-allianties

Een ander belangrijk aspect rondom MaaS betreft *strategische allianties*. Het bundelen van vervoerswijzen door middel van een gecombineerd dienstenaanbod vereist dat vervoerders op de een of andere manier samenwerken. Of dat ze in ieder geval accepteren dat ze samen met anderen deel uitmaken van een gecombineerd dienstenaanbod of zelfs potentiële concurrenten van elkaar zijn. Voor beleidsmakers is het essentieel om op de hoogte te blijven van de motivatie van vervoerders ten aanzien van MaaS, al was het maar vanuit marktoverwegingen.

Aanpak van allianties

Strategische allianties kunnen verschillende vormen aannemen. Één daarvan is een zogenaamde licentieovereenkomst, waarbij de partners contracten opstellen, waarbij ze tegen betaling gebruik kunnen maken van elkaars diensten. Zo kan een platformaanbieder MaaS-tickets verkopen in ruil voor een (beperkt) aandeel in de totale inkomsten.

Om dit te toetsen zijn in het kader van de Nijmegen-MaaS pilot interviews en focusgroepbijeenkomsten gehouden met de betrokken stakeholders. De interviews zijn gehouden met:

- Vervoersbedrijven, waaronder de regionale busaanbieder, de regionale treinaanbieder, de nationale spoorwegen (NS) en twee autodeelbedrijven. Ze werden gevraagd naar hun interesse in deelname aan de pilot en hun doelen bij het vormen van een MaaS-onderzoeksalliantie.
- Vier potentiële platformaanbieders, die zijn gevraagd hun tools, capaciteiten, bedrijfsmodellen te demonstreren.

- Regionale en lokale overheden, waaronder provincie, gemeente en enkele projectgroepen aangesloten bij Smart Mobility-initiatieven, over hun bereidheid tot deelname en om onderdelen van de IT-ontwikkeling te subsidiëren in lijn met de OV-doelstellingen.

Aannames voor maas-allianties

Op basis van inzichten uit eerdere economische, sociologische en bedrijfskundige studies is een conceptueel model opgesteld voor de vorming van MaaS-allianties. Dit bestond uit de volgende 10 aannames, die binnen de Nijmegen-MaaS pilot zijn getoetst.

1. Vervoerders worden in toenemende mate gedwongen om de voor- en nadelen van een MaaS-alliantie te beoordelen **ten aanzien van waardecreatie**.
2. Systematische **koppeling van complementaire middelen** van potentiële alliantiepartners versnelt de formatie van een MaaS-alliantie.
3. **De behoefte aan alliantievorming** is groter wanneer er koplopers bij zijn betrokken zijn, wanneer er meer onzekerheden ten aanzien van de toekomst worden ervaren en wanneer de dienstverlening gespecialiseerde kennis vereist.
4. Onzekerheden van zowel binnenuit als van buitenaf over zo'n multimodale dienstverlening, stimuleren het vormen van een MaaS-alliantie, aangezien **allianties meer flexibiliteit bieden** om met zulke onzekerheden om te gaan.
5. Bij een ongelijke machtsverdeling tussen MaaS-partners, is het voor het welslagen van de alliantie noodzakelijk dat de grotere partners **de waarde van de kleinere partners erken-**

nen en dat er verplichtingen tot het delen van middelen dienovereenkomstig worden vastgelegd.

6. MaaS-allianties worden **efficiënter naarmate ze aansluiten bij maatschappelijke ontwikkelingen** op het gebied van duurzaamheid en deeleconomie.
7. **Beleidsmakers moeten actief gunstige voorwaarden scheppen** om het vormen van een MaaS-alliantie en het leveren van naadloze dienstverlening mogelijk te maken.
8. In eerste instantie zijn **marktverkenningdoelen** belangrijk voor partners bij het vormen van allianties. In latere stadia worden **exploitatie doelstellingen** belangrijk, zoals het genereren van inkomsten en winst.
9. **Duidelijk omschreven afspraken**, waarin de kernbelangen van de partners worden gewaarborgd, zijn van belang voor de vorming van MaaS-allianties.
10. **Vertrouwen, commitment op lange termijn en bereidheid om middelen te delen** zijn belangrijk in de verkenningsfase. In de exploitatiefase worden **formele contracten** belangrijker voor het blijvende welslagen van allianties.

Inzichten voor het creëren van maas-allianties

Complementariteit versnelt formatie van alliantie

Binnen de Nijmeegse pilot hebben dienstverleners een 'horizontale alliantie' opgesteld waarin het vervangen van vervoersmiddelen kan worden getest. Om deze reden is in deze fase besloten om geen concurrenten met vergelijkbare capaciteiten in de alliantie op te nemen.

De behoefte aan alliantievorming is groter wanneer voortrekkers in het spel zijn

Alle bij de alliantie aangesloten partners gaven aan dat gespecialiseerde kennis over het beheer van de verschillende vervoerswijzen vereist is, maar niet beschikbaar binnen hun eigen bedrijf. OV-bedrijven hebben immers geen ervaring met het beheer van autodelen. Veel bedrijven op hun beurt zijn zich er echter beducht voor dat grote technologiebedrijven (zoals Google, Apple en Uber) de markt dreigen te betreden, zodat ze snel moeten handelen.

Allianties bieden meer flexibiliteit om met onzekerheden om te gaan

Alle partners zijn de alliantie aangegaan onder de voorwaarde dat de pilot een vooraf bepaalde, vaste periode zou omvatten. In dit stadium werden er dan ook nog geen afspraken gemaakt met de partners over een aansluiting op de langere termijn. Partners waren het erover eens dat tussentijdse ervaringen zouden kunnen leiden tot wijziging van de geleverde diensten evenals de kenmerken ervan.

Grotere partners erkennen de waarde van kleinere partners

Bij de ontwikkeling van de pilot bleek de rol van de platformaanbieder heel belangrijk voor het innovatieproces. Het bleek voor dit kleine bedrijf echter lastig om passende opbrengsten uit hun innovatie te halen. Het was ze dan ook van begin af aan te doen om de samenwerking met grotere partners die ze de benodigde, aanvullende middelen zouden kunnen bieden inclusief hun kennis van de transportmarkt en financiële steun van overheidsinstanties. Hoewel ze vaak als een conservatieve partij worden beschouwd bleken openbaarvervoerbedrijven wel degelijk open

te staan voor experimenten en innovatie. Wel was het voor hen belangrijk dat in dit stadium de omvang van het experiment beperkt zou blijven, en zorgvuldige evaluatie ervan zou plaatsvinden met het oog op toekomstige besluitvorming.

Beleidsmakers dienen actief gunstige voorwaarden te creëren

De pilot was niet mogelijk geweest zonder de ondersteunende rol van de overheidsinstanties. Ten eerste door de financiële middelen die ze boden om de interfaces tussen de systemen van de verschillende aanbieders te maken. Ten tweede verschaften zij de middelen om een procesmanager aan te stellen die aan de vorming van alliantie werkte, rekening houdend met de belangen van alle betrokken partners. Ten slotte beheren deze autoriteiten ook de concessieovereenkomsten voor het openbaar vervoer, waardoor ze enige druk kunnen uitoefenen op de openbaarvervoersbedrijven om flexibiliteit te tonen.

Vertrouwen, commitment op lange termijn en bereidheid om middelen te delen zijn belangrijk in de verkenningsfase

Vertrouwen en betrokkenheid bleken cruciaal in deze verkennende alliantie. Diverse partners spraken hun vertrouwen uit in de technische competentie van de dienstverlener. De betrokkenheid tijdens het project werd versterkt door een aantal groepsbijeenkomsten, waarin de gezamenlijke doelstelling van de pilot werd besproken waarbij naast de formele kant ook aandacht was voor informele ontmoetingen.

Geleerde lessen

Het raamwerk en de aannames die binnen de pilot zijn getest, kunnen worden toegepast als noodzakelijke voorwaarden voor

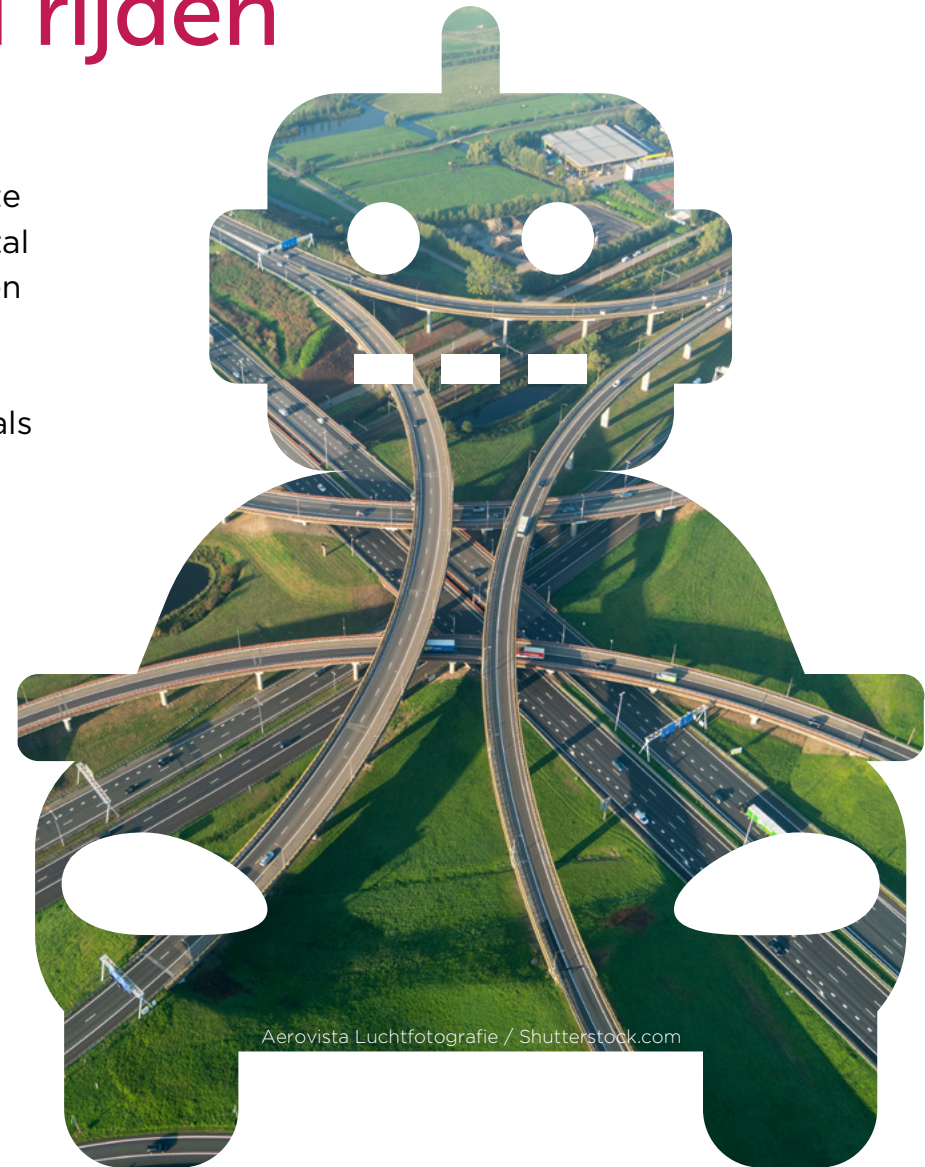
het ontwerpen van een passende beleidsstructuur voor het aanbieden van MaaS-diensten in andere regio's. Een gemeenschappelijk doel van de partners bleek cruciaal voor de vorming van de alliantie. Die zou een verkenningsalliantie kunnen worden genoemd, gericht op het leren van de effecten van MaaS op de belangrijkste drijfveren van de deelnemers, zoals het verbeteren van de opbrengsten, kostenreductie, risicomijdend gedrag en onderhoud op de lange termijn.

Onderzoeksallianties worden doorgaans geassocieerd met innovatieve diensten. De huidige belangen van de partners worden geborgd door beperking van de omvang, aantal betrokken partners en duur van de pilot. Leerdoelen op hun beurt worden geborgd door de afspraak een uitgebreide evaluatie van de resultaten van de pilot te houden. Tenslotte bleken vertrouwen en de bereidheid om samen te werken aan de leerdoelen van de alliantie een positieve invloed te hebben op een actieve deelname van alle relevante partners. Dit blijkt uit het formuleren en ondertekenen van tamelijk open overeenkomsten tussen de deelnemers.

In de toekomst kan de alliantie uitgroeien tot een exploiterende alliantie met een duurzaam business-model. Dergelijke allianties zijn gericht op het vermarkten van de kennis die is opgedaan met de huidige verkenningsfase. Vervolgens is het aan de stakeholders om te beslissen of ze de exploitatie in eigen beheer of via allianties willen realiseren. In dit stadium zullen commerciële belangen belangrijker worden, waarbij de focus meer komt te liggen op de *formele* aspecten van allianties, waaronder contracten die de belangen van de partners behartigen.

3. Geautomatiseerd rijden

Geautomatiseerd rijden is een onderwerp dat de komende jaren steeds relevanter zal worden naarmate geautomatiseerde voertuigen (AV) niet alleen in aantal zullen toenemen, maar ook meer mogelijkheden zullen hebben om een oplossing te bieden voor bestaande en toekomstige mobiliteitsbehoeften. Inzicht in het onderwerp is dan ook belangrijk voor alle professionals die zich bezig houden met stedelijke mobiliteit, zoals beleidsmakers, stedenbouwkundigen, lokale (weg) autoriteiten, OV-aanbieders en alle andere betrokken stakeholders.



De volgende beleidsvragen spelen daarbij een rol:

- Op welke wegennetwerken kunnen sterk geautomatiseerde voertuigen (niveau 3-4) worden gefaciliteerd tijdens de overgangperiode naar volledige automatisering (niveau 5)?
- Waar kunnen AV's rijden, en welke aanpassingen aan de infrastructuur zijn hiervoor nodig?
- In hoeverre zullen AV's het gedrag van voetgangers en fietsers beïnvloeden?
- Wat zijn de verwachte veranderingen ten aanzien van parkeren met AV's, en hoe beïnvloedt dit de vraag naar autogebruik?
- Hoe kunnen gemeentes de invoering van AV's faciliteren?
- Hoe kunnen geautomatiseerde voertuigen een toegevoegde waarde hebben voor het bestaande OV-netwerk?
- Hoe kunnen geautomatiseerde voertuigen in aanbestedingen worden meegenomen?

3.1 Infrastructuur en planning

Het faciliteren van niveau 3-4 geautomatiseerde voertuigen

Op welke delen van het wegennet kunnen we nu niveau 3-4 AV's faciliteren tijdens de overgangperiode naar volledige automatisering? Daartoe moeten eerst de volgende vragen worden beantwoord: Wat zijn de mogelijke netwerkconfiguraties voor niveau 3-4 AV's? Welke wegen zijn haalbaar voor welke configuratie? Het antwoord is relevant voor vervoersplanners, wegbeheerders en beleidsmakers, omdat de operationele ontwerpdomeinen van niveau 3-4 AV's beperkt zijn. Wat deze

beperkingen precies inhouden is op dit moment nog niet duidelijk. Dit betekent dat niveau 3-4 AV's niet overal in automatische piloot-modus kunnen rijden. Vervoersautoriteiten moeten dus kunnen ingrijpen om de werking van de AV zelfbestuderingssysteem te reguleren om de veiligheid voor alle weggebruikers te garanderen.

Specifieke infrastructuur

Er zijn over het algemeen twee manieren om AV's van niveau 3-4 in wegennetwerken te faciliteren. De eerste is in de vorm van *speciale infrastructuur*. Dit kan gebeuren door *volledige zones* aan AV's toe te wijzen (dit geldt voor stedelijke regio's), door *sommige wegen* aan AV's toe te wijzen, of door *een of meer rijstroken* op bepaalde wegen exclusief aan AV's toe te wijzen. De tweede manier is het *faciliteren* van een selectie van wegen voor AV's dan wel door automatische piloot alleen op deze geselecteerde wegen *toe te staan* in het geval van gemengd verkeer. Waarbij 'toestaan' hier verwijst naar reguleren en dat 'faciliteren' naast reguleren ook verwijst naar het maken van fysieke en digitale infrastructuraanpassingen om een veilige en efficiënte werking van AV's in de automatische pilootmodus te garanderen.

Het toewijzen van speciale infrastructuur aan AV's heeft twee potentiële voordelen:

1. Dit kan de veiligheid vergroten door de interacties tussen AV's en andere weggebruikers tot een minimum te beperken.
2. Door AV's toe te staan dichter op elkaar te rijden en zo groepen AV's te vormen, kan de verkeersefficiëntie verbeterd worden.

Zulke speciale infrastructuur heeft echter ook drie mogelijke nadelen:

1. Onderbenutting van speciale AV infrastructuur.
2. De toegankelijkheid van andere voertuigen en vervoerswijzen kan in gevaar komen.
3. Hoge kosten: het toewijzen van delen van het netwerk aan AV's vereist planning, aanpassing van de infrastructuur en in sommige gevallen, zoals kruispunten met niet-AV-wegen, een grote en kostbare aanpassingen aan het verkeer.

Gemengd verkeer

Het toestaan of faciliteren van delen van het netwerk voor AV's in gemengd verkeer heeft verschillende voor- en nadelen. Wanneer AV's in gemengd verkeer worden toegestaan of gefaciliteerd zal er geen sprake zijn van onderbenutting van infrastructuur en toegankelijkheidsproblemen voor andere voertuigen. Aanpassingskosten voor infrastructuur zullen relatief lager zijn dan voor specifieke infrastructuur. Bij sommige wegtypen, zoals snelwegen, zijn de vereiste infrastructuraanpassingen om AV's in gemengd verkeer te faciliteren zelfs minimaal. Wat betreft verkeersefficiëntie en veiligheid zijn de mogelijke verbeteringen waarschijnlijk kleiner dan in het geval van het gebruik van speciale infrastructuur voor AV's, maar groter dan binnen de huidige situatie.

Om dit te realiseren moet een selectie van wegen worden gemaakt. Om zo'n selectie te maken, moet er rekening gehouden worden met allerlei factoren, zoals veiligheid, verkeersefficiëntie, kosten, milieueffecten, bereikbaarheid, sociale rechtvaardigheid

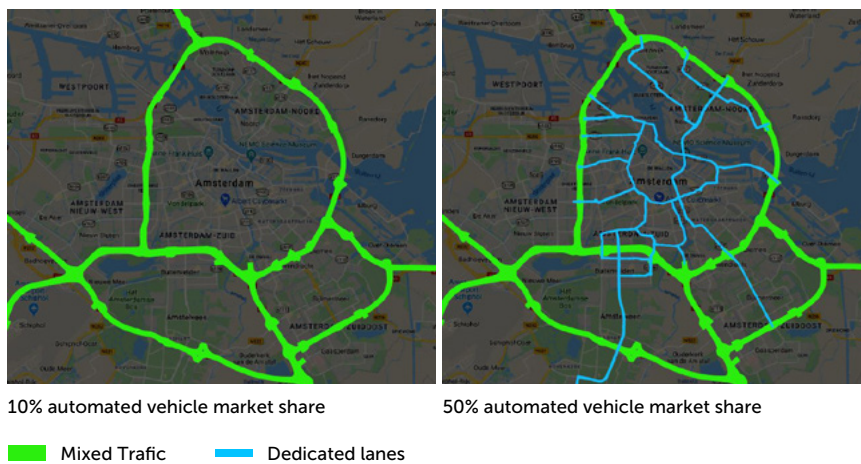
en leefbaarheid van gebieden die door het AV-verkeer worden beïnvloed. Vanuit verkeerskundig perspectief is veiligheid de belangrijkste factor.

Conclusie en praktische tips

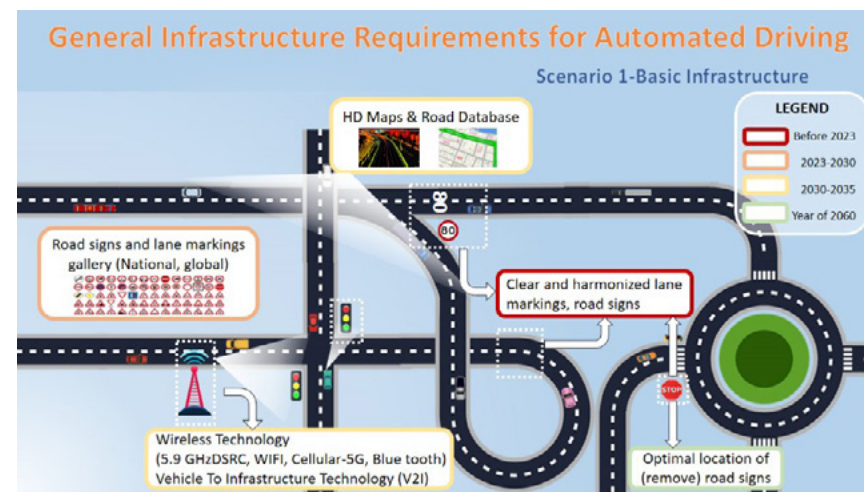
Met een *lage marktpenetratiegraad* van AV's, is het beter om AV's in gemengd verkeer toe te staan dan wel te faciliteren. Met een *hogere marktpenetratiegraad* van AV's in de toekomst, kunnen eerst speciaal daarvoor aangewezen *rijstroken*, gevolgd door speciale *verbindingen* en op den duur misschien zelfs speciale *zones* als passende alternatieven worden ingezet om AV's in wegennetwerken onder te brengen. Tijdens de overgangperiode naar volledige automatisering zullen ook combinaties van deze configuraties relevant worden. De omvang van aanpassingen aan de infrastructuur en de selectie van wegen hangt af van de prioriteiten van beleidsmakers. Om investeringen in fysieke en digitale infrastructuur te faciliteren zijn digitale kaarten in hoge resolutie, up-to-date wegendatabase, duidelijke en geharmoniseerde rijstrookmarkeringen en geharmoniseerde verkeersborden hoogstnoodzakelijk. Om de veiligheid van alle weggebruikers te garanderen, moeten AV's alleen toegestaan of gefaciliteerd worden op wegen met een beperkte toegang, hoge kwaliteit (zoals bestrating, rijstrookmarkering, verkeersborden en lichten), gescheiden verkeer, evenals ongelijkvloerse of duidelijk gelijkvloerse kruisingen.

Er bestaat geen algemene regel waarmee je wegen kunt selecteren voor het faciliteren van AV om de veiligheid te garanderen, maar het volgende kan als vuistregel worden gebruikt:

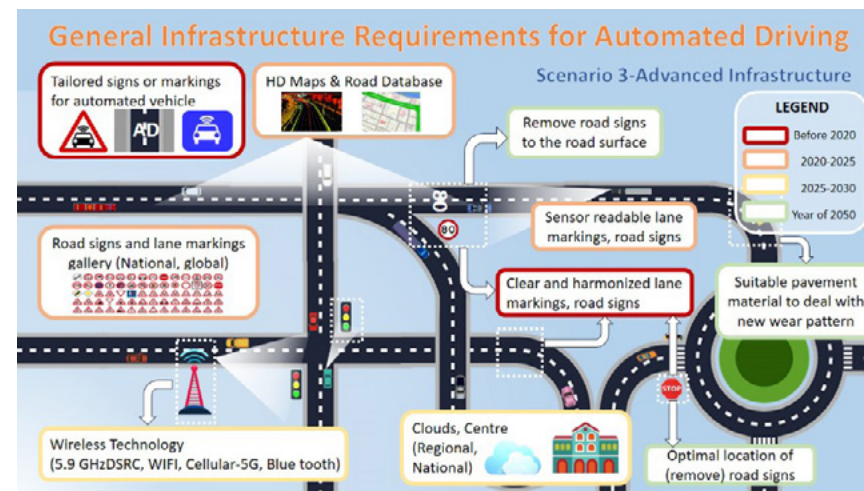
- Qua *wegtype* zijn alle autosnelwegen, de meeste autowegen, sommige landelijke wegen en sommige stedelijke verkeersaders geschikt voor het accommoderen van niveau 3-4 AV's.
- Wat betreft de *wegfunctie* zijn voor het accommoderen van niveau 3-4 AV's de volgende wegen geschikt: alle wegen met een doorstromingsfunctie (zoals autosnelwegen, snelwegen en tolwegen) en sommige wegen met een distributiefunctie (zoals uitvalswegen, wegen in de stad met een hoge capaciteit of doorgaande wegen). Toegangswegen of verzamelwegen (d.w.z. wegen met toegankelijkheidsfuncties en woonstraten) zijn niet geschikt voor AV's.



Figuur 2. Een voorbeeld van de ontwikkeling van netwerkconfiguraties voor geautomatiseerde voertuigen



Figuur 3. Basisinfrastructuur voor geautomatiseerde voertuigen



Figuur 4. Geavanceerde infrastructuur voor geautomatiseerde voertuigen

3.2 Geautomatiseerde shuttles: gescheiden of gemengd?

Waar moeten automatische voertuigen nu rijden, en welke infrastructurele veranderingen zijn nodig om geautomatiseerde voertuigen mogelijk te maken? Het antwoord op deze vragen is relevant voor wegbeheerders, OV-autoriteiten en beleidsmakers, aangezien geautomatiseerde voertuigen (vooral nog) niet zonder ontheffing op de openbare weg mogen rijden. Kennis over welk type infrastructuur het meest geschikt is voor geautomatiseerde voertuigen en welke aanpassingen aan de infrastructuur nodig zijn, kan helpen om geautomatiseerde voertuigen op weg te helpen.

Er zijn in Nederland meerdere pilots uitgevoerd met automatische voertuigen (dat wil zeggen: shuttles voor personenvervoer met lage snelheden tot 32 km/u) op de openbare weg. Het hoofddoel van deze pilots was om mensen op de *first and last mile* van hun reis van vervoer te voorzien. De voor- en nadelen van het opereren op verschillende soorten infrastructuren worden hieronder beschreven aan de hand van twee voorbeelden.

Rivium parkshuttle

Om het laatste stuk van de rit van metrostation Kralingse Zoom naar bedrijventerrein Rivium af te kunnen leggen, hebben de gemeente Capelle aan den IJssel en andere stakeholders geïnvesteerd in geautomatiseerde shuttles. Deze ParkShuttle is al meer dan 10 jaar operationeel en kan worden beschouwd als 'bewezen technologie'.

De experimentele fase begon in 1997, waarna de eerste generatie ParkShuttles van 1999 tot 2001 in bedrijf waren. De tweede generatie ParkShuttles rijden sinds 2005 op een aangewezen rijstrook die is uitgerust met kunstmatige oriëntatiepunten (magneten) die in het wegdek zijn geïntegreerd.

De aangewezen rijstrook is overwegend tweebaans. Kruisend verkeer wordt beheerd met slagbomen. Omdat het voertuig op een aangewezen rijstrook rijdt, is er minimale overlast voor ander verkeer. Het Frog-systeem is geïntegreerd in de infrastructuur, wat betekent dat het asfalt kunstmatige oriëntatiepunten bevat om de voertuigen te helpen navigeren.



Figuur 5: De Rivium ParkShuttle in werking

Hoewel een incidentele fietser of voetganger gebruik maakt van de daarvoor bestemde infrastructuur van de ParkShuttle, is er minimale interactie met ander verkeer. Het belangrijkste voordeel van deze speciale infrastructuur is het ontbreken van onderbrekingen, zodat de dienstregeling optimaal kan worden uitgevoerd. Een automatisch voertuig op een daarvoor bestemde rijstrook laten rijden in de gebouwde omgeving is niet altijd mogelijk. Pilots worden dan ook uitgevoerd op openbare wegen om te achterhalen of de inzet van geautomatiseerde voertuigen een haalbare optie is.

Voordelen: geen onderbrekingen met het oog op een optimale uitvoering van de dienstregeling

Nadelen: niet altijd ruimte voor een eigen rijstrook in de gebouwde omgeving

Appelscha

Appelscha is een dorp in de regio Ooststellingwerf, Friesland. Één van de toekomstige uitdagingen voor de gemeente Ooststellingwerf is de verwachte afname van het aantal inwoners, afname van voorzieningen en een reeds slinkend en nauwelijks levensvatbaar OV-netwerk. Om een goede bereikbaarheid in de regio te behouden, heeft de gemeente de mogelijkheden van geautomatiseerd vervoer onderzocht en is er een pilot uitgevoerd met een automatisch elektrisch voertuig. Daarbij is ook onderzocht of dit type voertuig zonder enige infrastructurele aanpassingen een toekomstig vervoermiddel zou kunnen zijn in landelijke gebieden van Nederland.

Locatie-ontwerp

Nadat de leverancier van de voertuigen een locatiebeoordeling had uitgevoerd spraken de gemeente Ooststellingwerf en Easy-mile af dat, met het oog op de maximale snelheid van 15 km/u, het voertuig op het aparte fietspad naast de hoofdweg moest rijden. Dit fietspad wordt veelal gebruikt voor recreatiedoeleinden en maakt deel uit van een aantal fietsroutes in de omgeving.

Om dit fietspad geschikt te maken voor het voertuig zijn er enkele, relatief kleine aanpassingen gedaan. Zo heeft de gemeente enkele inhaalstroken aangelegd evenals markeringen aangebracht op het fietspad met een afbeelding van het voertuig. Tevens waren er matrixborden geplaatst op kruispunten met de uitgangen van een autoweg en werd bij het begin van de route een informatiebord geplaatst met informatie over het automatisch rijdende voertuig in de omgeving.



Figuur 6: de Appelscha-shuttle op het fietspad

Ontwerp van de infrastructuur

De breedte van het aparte fietspad was tussen de 2,70 m en 3,10 m, terwijl de breedte van het voertuig 1,99 m bedraagt. Dit betekent dat de resterende ruimte voor de fietsers varieert van 0,71 m tot 1,11 m, terwijl fietsers 0,25 m tot 0,75 m nodig hebben om comfortabel langs obstakels te fietsen. CROW-infrastructuurrichtlijnen adviseren daarom een minimale ruimte van 1,20 m voor fietsers om comfortabel te fietsen. Tijdens de pilot zorgde de gemeente ervoor dat de begroeiing aan weerszijden van het fietspad werd teruggesnoeid, zodat het voertuig deze niet als objecten zou aanmerken. Ook moest de positie van het voertuig op het fietspad worden aangepast hield het voertuig een afstand van 20 cm aan de zijkant van het fietspad: de zogenaamde 'virtuele ruimte'.

Volgens het evaluatierapport van de RDW en de gemeente was het fietspad in deze situatie achteraf evengoed niet geschikt om zowel de voertuigen als fietsers te faciliteren.

Voordeel: kleine infrastructurele aanpassingen waardoor het vrijwel overal kan worden toegepast

Nadeel: huidige fietspad is niet geschikt voor een automatisch voertuig

Conclusie en praktische tips

De twee eerdergenoemde voorbeelden laten twee zeer verschillende manieren zien waarop geautomatiseerde voertuigen in het openbaar vervoer kunnen worden ingezet. Terwijl de Rivium ParkShuttle op een eigen rijstrook rijdt met gereguleerde kruispunten, reed de Appelscha-shuttle op een fietspad in gemengd verkeer. Beiden hebben hun eigen voor- en nadelen. Omdat geautomatiseerde voertuigen binnen het OV nog relatief nieuw

zijn, is het lastig om te zeggen waar het voertuig het beste kan ondergebracht. Wanneer de snelheid van het voertuig wordt verhoogd, kan het voertuig mogelijk op de openbare weg tussen gemotoriseerde voertuigen rijden. Als er ruimte beschikbaar is, kan het nuttig zijn om het voertuig op een aparte rijstrook te laten rijden, aangezien dit ervoor zorgt dat de dienstregeling beter wordt nagekomen. In de gebouwde omgeving is dit op de meeste plaatsen echter lastig te realiseren. Met de kennis van nu zou je een automatisch voertuig vooralsnog het beste kunnen laten rijden in gemengd verkeer met een lage snelheid en met voldoende ruimte om in te halen. Zoals gebieden met een maximumsnelheid van 30 km/u.

Infrastructuuraanpassingen lijken daarbij niet nodig, wel moet rekening gehouden met de virtuele ruimte die nodig is rondom het voertuig. Daarnaast vonden de fietsers in Appelscha soms moeilijk om het rijgedrag van het voertuig te voorspellen. Het is dan ook aan te bevelen om andere weggebruikers te informeren over de aanwezigheid van het voertuig en ze te adviseren een veilige afstand te bewaren.

3.3 Wegveiligheid

Stedelijke gebieden en meer specifiek kruispunten zijn de locaties waar de gevaarlijkste interacties tussen Vulnerable Road Users (VRU's) oftewel Kwetsbare Weggebruikers en AV's zullen plaatsvinden. Automatisering zou het mogelijk kunnen maken om voertuigen zonder (oplettende) chauffeurs te laten rijden. Als VRU's echter niet via non-verbale communicatie met een bestuurder kunnen communiceren, zullen ze wellicht een nieuwe

vorm van communicatie nodig hebben. Daartoe kunnen elektronische mens-machine-interfaces (eHMI's) worden ontwikkeld om communicatie tussen AV's en andere weggebruikers mogelijk te maken. Hoe deze interfaces eruit moeten zien, wanneer ze moeten worden ingezet en welke boodschap ze moeten overbrengen, is echter nog onduidelijk.

Voertuigfactoren

Bewegingsaspecten van voertuigen zoals snelheid, voorrang geven en onderlinge afstand hebben het grootste effect op oversteekgedrag van personen in vergelijking met AV-kenmerken als fysieke verschijning of de aanwezigheid van een alerte bestuurder. VRU's kunnen oversteekbeslissingen nemen op basis van de bewegingssignalen van voertuigen, mogelijk vanwege hun vooraf aangeleerde oversteekstrategieën.

Zodra de bewegingsaspecten van AV's verschillen van het verwachte gedrag, kan er van VRU's een aangepast gedrag worden verwacht. Als een voertuig zich bijvoorbeeld anders gedraagt dan verwacht (bijvoorbeeld door met hoge snelheid een zebra-pad te naderen en op het laatste moment af te remmen), zullen voetgangers de weg niet oversteken. Bij het bestuderen van de interacties tussen AV's en VRU's moet dan ook rekening worden gehouden met het gedrag van de AV.

Wegontwerp en wegveiligheid

VRU's vertrouwen erop dat ze voorrang krijgen wanneer ze als voetganger gebruik maken van zebra-paden of als ze van rechts komen als fietser. Dit wordt doorgaans niet beïnvloed door de

mate van automatisering van een voertuig. Het ontwerp van wegen heeft een aanzienlijke invloed op hun beslissing om over te steken. Dit houdt in dat het wegontwerp van belang is voor VRU's, ook wanneer ze interactie hebben met AV's. VRU's vertrouwen erop dat de wegfaciliteiten het verwachte gedrag van AV's aangeven en vertrouwen erop dat AV's zich aan de regels houden.

Conclusie en praktische tips

Het gedrag van de voertuigen en het wegontwerp zijn de belangrijkste factoren waarmee rekening moet worden gehouden bij het bestuderen van de interacties tussen AV's en VRU's. Beleidsmakers moeten daarom kritisch blijven over nieuw gedrag van AV's en het effect daarvan op VRU's. Ze moeten daarnaast blijven investeren in wegontwerp dat voorspelbaar gedrag van weggebruikers stimuleert. Dat geldt voor zowel voertuigen als VRU's. Enkele praktische tips:

- Let bij het toelaten van voertuigen op de weg op voertuigen die nieuwe soorten gedrag introduceren. Een al te defensief rijgedrag kan nieuw gedrag van VRU's uitlokken.
- Het ontwerp van de weg zal een belangrijke rol blijven spelen wanneer AV's hun intrede doen. AV's moeten niet degene zijn die beslissen wie voorrang heeft.
- Pilots zijn een uitstekend hulpmiddel om te achterhalen hoe de interactie zal zijn tussen AV's en VRU's in een bepaald gebied. Blijf daarom investeren in pilots en samenwerkingen met kennisinstellingen.
- Kwetsbare verkeersdeelnemers moeten te allen tijde in de plannen rondom AV's worden meegenomen.

3.4 Parkeren en geautomatiseerde voertuigen

Automatische voertuigen van niveau 5 en mogelijk niveau 4 hoeven niet noodzakelijk te worden geparkeerd op de eindbestemming. In hoeverre dit de vraag naar voertuigen evenals het welvaartsniveau van inwoners zal beïnvloeden is relevant voor gemeentelijke beleidsmakers. Welke invloed hebben AV's bijvoorbeeld op de vraag naar parkeervergunningen voor woonwijken, parkeren op straat en actieve vervoerswijzen (zoals Autoluw in Amsterdam)? Voor stedenbouwkundigen zijn inzichten hierover relevant om een idee te vormen van de parkeervereisten voor stedelijke ruimtes van de toekomst.

In woonwijken kunnen zich drie soorten welvaartseffecten voordoen, wanneer huishoudens geen parkeergelegenheid meer nodig hebben:

1. geen kosten voor onnodig rondrijden om parkeerplaatsen te zoeken
2. toename van de vraag naar voertuigen
3. toename waarde door herbestemming van land dat momenteel is bestemd voor parkeren.

Geen kosten voor onnodig rondrijden

In drukke stadscentra zoals in Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht is er momenteel een tekort aan parkeerplaatsen op straat voor bewoners, omdat openbaar parkeren wordt gedeeld met bezoekers. Dit veroorzaakt rondjes rijden wanneer er geen parkeerplaats in de buurt van je huis beschikbaar is. Dit brengt allerlei privékosten met zich mee, waaronder *zoekkosten* (rond-

rijden om een plekje te vinden), *afstandskosten* (je moet misschien enkele minuten lopen om weer naar huis te komen) en *externe kosten* (zoeken naar een parkeerplaats kan afleiding en ongelukken veroorzaken, maar ook het verkeer vertragen dat leidt tot verkeersopstoppingen. Met AV's kunnen bewoners daarentegen pal voor de deur worden afgezet, waardoor deze kosten vrijwel geheel wegvallen.

Toenemende voertuigvraag

Omdat bewoners niet langer de volledige prijs van parkeren betalen, zullen ze eerder gebruik maken van een AV dan een conventionele auto. Dit heeft een tweede welvaartseffect tot gevolg, omdat bewoners hun reisplannen alleen zullen wijzigen wanneer dit hen meer waarde oplevert dan in de huidige situatie. Om exactere cijfers te kunnen geven over hoe groot de welvaartswinst zal zijn door het elimineren van parkeren in woonwijken, kijken we naar twee AV-scenario's.

In het eerste scenario gaan we ervan uit dat alle huishoudens *privé-AV's* hebben. Als de parkeerkosten bij woningen maar hoog genoeg zijn (wat in binnenstedelijke centra het geval is), is het aannemelijk dat AV's geparkeerd zullen worden op locaties in de periferie, waar parkeerkosten relatief laag zijn.

In het tweede scenario gaan we ervan uit dat alle AV's *gedeeld* zijn, zodat auto's alleen 's avonds geparkeerd hoeven te worden en de parkeerkosten nagenoeg nul zullen zijn, aangezien ze door veel gebruikers worden gedeeld.

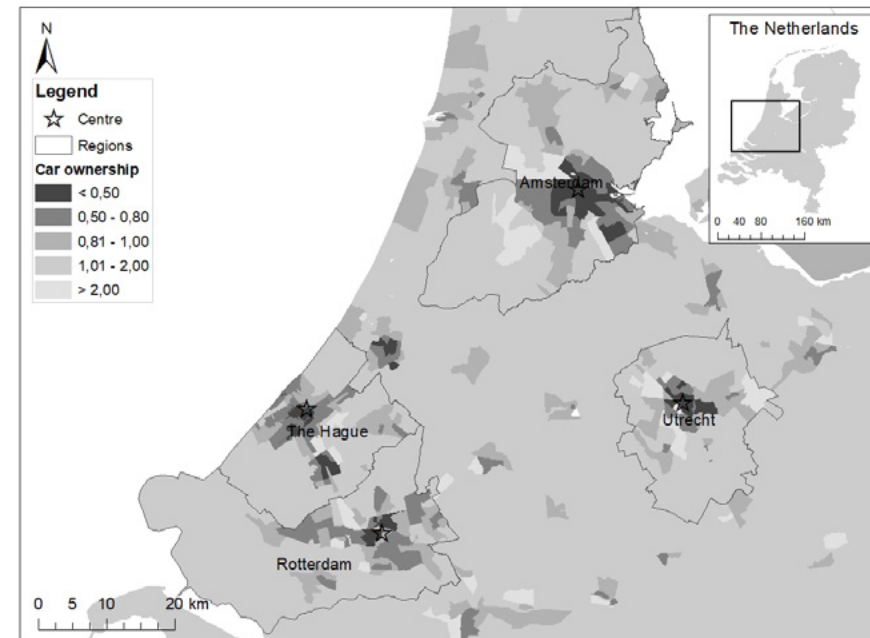
Herbestemming voor parkeerplaatsen?

Waaruit bestaat de welvaartswinst voor bewoners in termen van tijdwinst en de winst door extra vraag naar auto's, doordat ze niet direct bij hun woning hoeven te parkeren? En hoe beïnvloedt dit de vraag naar auto's? Om deze vragen te beantwoorden hebben we een inschatting gemaakt van de parkeerkosten in woonwijken en van de vraag naar voertuigen voor de metropolen Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht. Vervolgens hebben we enkele aanvullende economische aannames gemaakt om onze schattingen te vertalen in geldelijke winsten in de zin van tijdwinst door geen zoekkosten voor parkeren op straat te hoeven maken evenals de extra vraag naar auto's als gevolg van lagere parkeerprijzen.

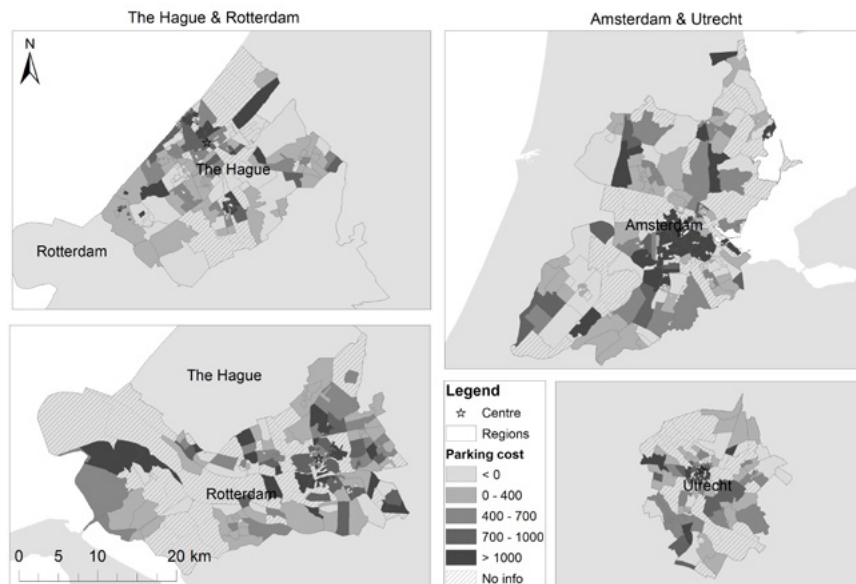
In het *privé*-AV-scenario is het financiële voordeel voor een gemiddeld huishouden dat in het stadscentrum woont ongeveer € 450 per jaar en verhoogt dit daar de vraag naar auto's met 8%. In de periferie daarentegen verandert er weinig omdat de parkeerprijzen in de woonwijken niet veranderen.

In het *gedeelde* AV-scenario neemt het jaarlijkse financiële voordeel in het stadscentrum met ongeveer € 850 toe en stijgt de vraag naar auto's met 14%, terwijl in de periferie het financiële voordeel op jaarbasis met € 500 stijgt en de vraag naar auto's met 5%. Deze veranderingen zijn vooral het gevolg van de grote tijdwinst in stedelijke centra, waar parkeerplaatsen op straat schaars zijn.

In een realistisch toekomstscenario kunnen we ervan uitgaan dat er zowel privé- als gedeelde AV's zullen bestaan, waardoor de effecten van lagere parkeerkosten ergens tussen die twee zullen liggen.



Figuur 8. Autobezit in Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht



Figuur 9. Parkeren relatieve parkeerkosten in Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht

Conclusie en praktische tips

Over het algemeen lijkt het erop dat het autogebruik waarschijnlijk zal toenemen als bewoners niet langer met parkeerkosten worden geconfronteerd. Dit zal meer het geval zijn in dichtbevolkte stedelijke gebieden, waar de parkeerkosten hoog zijn en wanneer AV's worden gedeeld. Aangezien de gemiddelde jaarlijkse reisafstand per auto in Nederland ongeveer 13.000 km bedraagt, kan de extra vraag naar voertuigen leiden tot maximaal 1.600 km extra autogebruik per jaar door huishoudens in stadscentra.

Gemeentelijke beleidsmakers moeten zich bewust zijn van de afwegingen rondom AV's. Hoewel ze niet verplicht zijn te parkeren in stedelijke gebieden, zullen AV's, zolang de regelgeving niet verandert, waarschijnlijk ook extra voertuiggebruik met zich meebrengen. Hetgeen in strijd is met het beleid dat gericht is op het stimuleren van actieve vervoerswijzen in stedelijke centra.

Van niveau 5 - en mogelijk niveau 4 - AV's wordt verwacht dat ze de zoekkosten voor een parkeerplek in stedelijke centra verlagen:

- Dit levert voordelen op in termen van tijdwinst en het elimineren van externe kosten.
- Deze voordelen zijn groter bij gedeelde AV's.
- Maar brengt ook meer vraag met zich mee naar auto's in stedelijke centra.

Wat gemeenten moeten overwegen:

- Ontwikkelen van regelgeving voor AV's die zonder passagier reizen.
- Ontwikkelen van infrastructuur om AV's *off-street* te laten parkeren, bijvoorbeeld door bestaande parkeerfaciliteiten om te bouwen of door speciale infrastructuur aan te bieden.

3.5 Richtgevende inzichten voor stedelijke beleidsmakers

Overzicht van AV-pilots

Hoewel volledig geautomatiseerd rijden nog kan worden ervaren als iets dat nog in de kinderschoenen staat, staan de hier besproken onderwerpen zoals infrastructuur, planning, verkeersveiligheid, parkeren en het opzetten van een pilot, momenteel bij veel politici en gemeenten op de agenda. Zie Figuur 10 voor een overzicht.

Overwegingen voor av's

Een aantal overwegingen die helpen bij het definiëren van de motivatie voor AV's:

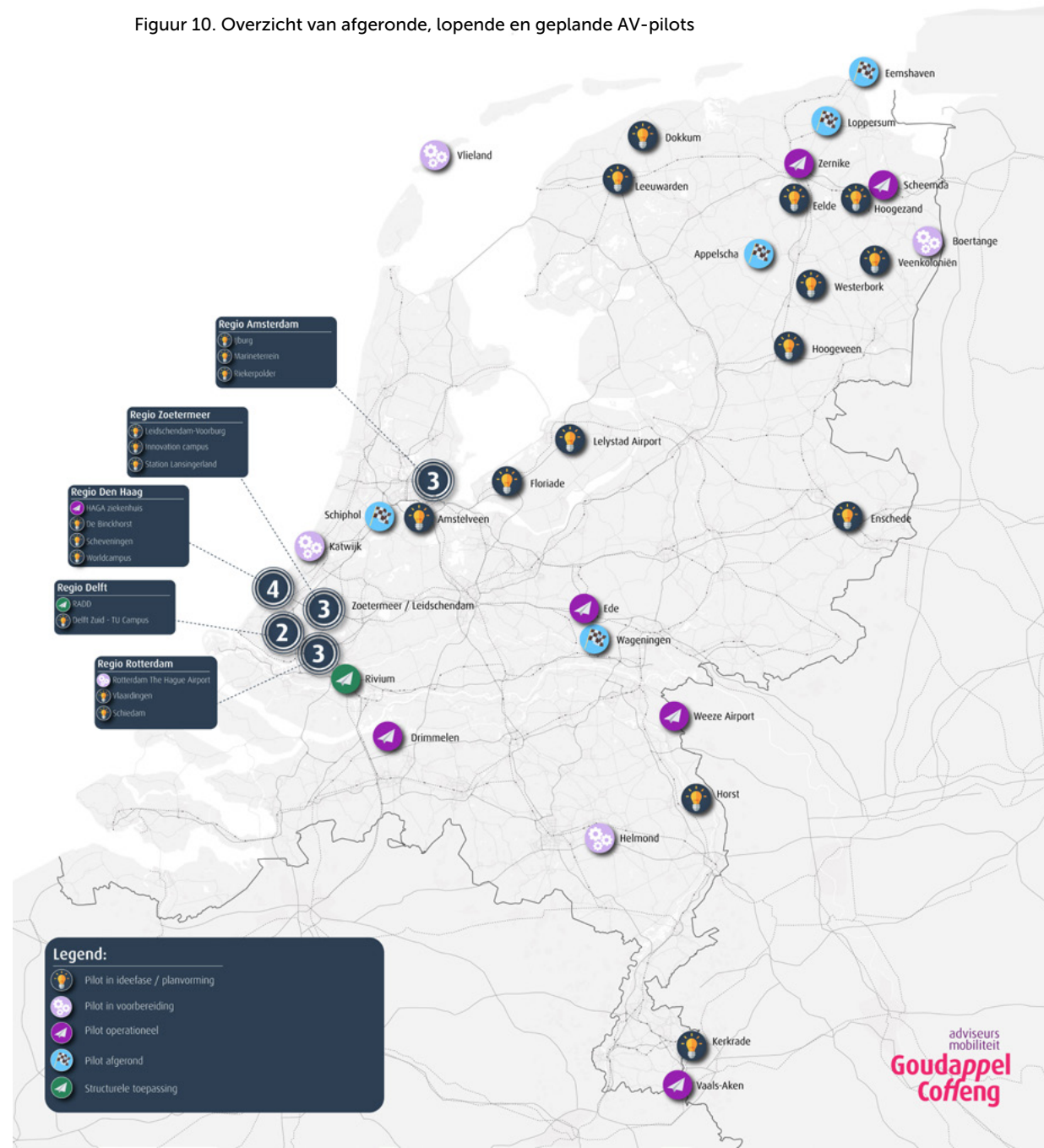
Mijn wethouder wil AV's toestaan. Hoe doe ik dat en waarom zou ik dat doen?

Het antwoord op deze - onvermijdelijke - vraag is relevant voor stedenbouwkundigen en beleidsmakers. Zij moeten iedere beslissing die ze in deze kwestie nemen, kunnen rechtvaardigen.

AV of niet?

Zodra AV's op de markt komen, zullen ze in sommige steden worden toegestaan. Gemeentes die ze niet toelaten, zullen hoogstwaarschijnlijk enkele inwoners kwijtraken. Een ander nadeel van het niet toestaan van AV's, is het mislopen van potentiële voordelen die ze kunnen bieden.

Figuur 10. Overzicht van afgeronde, lopende en geplande AV-pilots



Hoe?

Afgezien van AV's van niveau 5, die niet in de nabije toekomst worden verwacht, hebben AV's een ontwerpdomein met een beperkt bereik. Dit betekent dat de automatische piloot (hands-free rijden) alleen kan worden toegepast op bepaalde wegtypes en onder bepaalde omstandigheden. Om een veilige werking van AV's te garanderen, moeten gemeentes rijden in de automatische pilootmodus reguleren. Dit betekent dat ze een keuze moeten maken waar het gebruik van de automatische piloot is toegestaan en of ze in de benodigde infrastructuur willen investeren of niet.

Kansen

Zolang ze op de juiste manier worden gereguleerd en beheerd, kunnen AV's de verkeersveiligheid en efficiëntie verbeteren. Bovendien biedt de opkomst van AV's voor stedenbouwkundigen nieuwe mogelijkheden om de verkeersstroom van auto's in steden te reguleren om te buigen naar meer wenselijke patronen. Onderzoek heeft aangetoond dat bij het faciliteren van AV's op bepaalde delen van wegennetwerken de keuze van gefaciliteerde wegen er invloed op heeft hoe reizigers hun route bepalen. Stedenbouwkundigen kunnen de routekeuze van reizigers, en daarmee de verkeersstroom naar bepaalde delen van het netwerk, daardoor beter controleren en sturen. Dit maakt het mogelijk verkeersmanagement te combineren met stedenbouwkundige concepten die de leefbaarheid van steden verbeteren. Denk bijvoorbeeld aan autovrije zones, lage-snelheidszones, fietsstraten en milieuzones. Tot slot kan speciale of gefaciliteerde infrastructuur voor AV's ook worden gebruikt voor geautomatiseerde openbaarvervoersdiensten, zoals zelfrijdende shuttles en bussen, evenals gedeelde mobiliteitsdiensten die gebruik maken van AV's.

Conclusie

Een bepaald niveau van planning en investering is vereist om de mogelijke voordelen van AV's te realiseren. AV's overall in steden zomaar toestaan kan verstrekkende gevolgen hebben, maar met de juiste planning en regulering kunnen er grotere voordelen mee worden geboekt dan met gewone voertuigen. Gemeentes moeten bij hun beslissing om AV's al dan niet toe te staan en te faciliteren rekening houden met de volgende punten:

- Investeren in infrastructuur kan alle weggebruikers ten goede komen.
- Bepaalde investeringen in digitale infrastructuur, zoals digitale kaarten en wegendatabank, kunnen met de juiste bedrijfsmodellen inkomsten genereren.

Voordelen voor het openbaar vervoer

Informatie óf en waar automatische voertuigen van waarde kunnen zijn voor het bestaande OV-netwerk, is uiterst relevant voor OV-autoriteiten, vervoersmaatschappijen en beleidsmakers. Nederland heeft zich proactief getoond als het gaat om het testen van geautomatiseerde voertuigen op de openbare weg. De belangrijkste uitdagingen voor het OV zijn bereikbaarheid, de vergrijzing en de krimpende bevolking met name op het platteland tegenover het financieel haalbaar houden van het openbaar vervoer. De eerste en laatste kilometer blijken – voor nu – het meest gebaat bij geautomatiseerde voertuigen vanwege de huidige lage snelheid van de voertuigen (max. 32 km/u).

Appelscha

Zo liet de pilot in Appelscha zien hoe geautomatiseerde voertuigen kunnen bijdragen aan het vergroten van de bereikbaarheid

en leefbaarheid van zo'n krimp-gemeente. Kleine geautomatiseerde voertuigen kunnen bijvoorbeeld mensen van hun huis naar het dichtstbijzijnde OV-station vervoeren, maar ook van kleine dorpjes naar grotere dorpen met meer voorzieningen.

Rivium ParkShuttle

De Rivium ParkShuttle heeft op zijn beurt laten zien dat het een solide en betrouwbaar systeem is. De ParkShuttle rijdt op een daarvoor bestemde rijstrook zonder een bestuurder aan boord en legt de eerste en laatste stuk af tussen metrostation Kralingse Zoom en het Rivium bedrijventerrein: een afstand van ongeveer 1,8 km. Een begeleider houdt de shuttles in de gaten via camera's in en buiten de shuttles. Tijdens het spitsuur rijden de ParkShuttles met zes voertuigen. Met slechts één supervisor die alle zes voertuigen tegelijk controleert. Dit maakt het interessant als business case.

Conclusie

Geautomatiseerde voertuigen kunnen een meerwaarde hebben voor het huidige OV-netwerk. Ze kunnen zowel het gat opvullen tussen de verschillende vervoerswijzen in het netwerk in stedelijke gebieden als in het krimpende OV-netwerk in landelijke gebieden. Daarnaast is dit type vervoer mogelijk goedkoper omdat er geen chauffeur nodig is. Momenteel is de initiële investering nog erg hoog, maar zodra de vraag en dus ook de productie gaat toenemen, zal dit veranderen. Wanneer het bovendien niet langer wettelijk verplicht zou worden een bestuurder aan boord te hebben, zal dit de business case positief beïnvloeden.

Veel pilots in Nederland zijn vooralsnog erg gefocust op de technische aspecten van automatisch rijden. De uitdagingen die gepaard gaan met het besturen van een AV bestrijken echter veel meer dan het technische niveau alleen. Het is raadzaam om in vervolgpilots de focus meer op de reiziger en op de toekomstige *implementaties* van het voertuig te leggen. Tenslotte kunnen lessen uit eerdere pilots worden gebruikt om te kijken of het mogelijk is om van een experiment naar permanente exploitatie over te gaan.

Voordelen ten aanzien van verkeerdoorstroming

Het is bekend dat geautomatiseerde voertuigen niet alleen het OV verbeteren, maar ook de *wegcapaciteit* en *congestievertragingen* kunnen beïnvloeden.

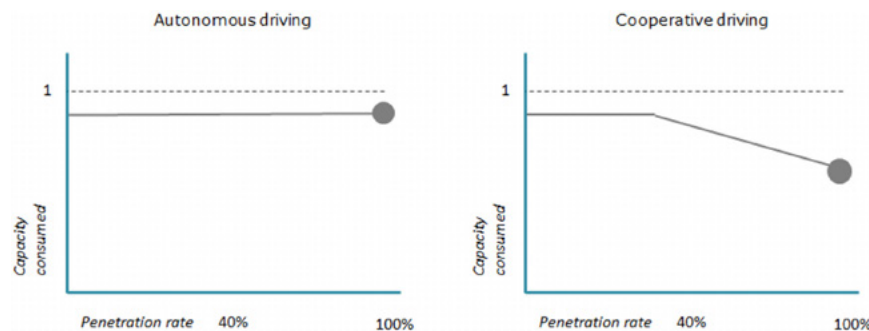
Een veelgebruikte benadering om het capaciteitsverbruik van verschillende voertuigtypen in gemengd verkeer met elkaar te vergelijken, is '*passenger per units*' (PCU). Als je bij een vrachtwagen bijvoorbeeld spreekt van 1,8 PCU, dan verbruikt die 1,8 keer zoveel wegcapaciteit als een normale personenauto. Verandert de verkeerssamenstelling van 100% personenauto's naar 100% vrachtwagens, dan zal de capaciteit gemeten naar aantal voertuigen 1,8 keer lager zijn.

De PCU benadering kan ook voor verschillende soorten geautomatiseerd rijden worden gebruikt. Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen *geautomatiseerd rijden* en *coöperatief rijden*. Geautomatiseerd rijden betekent dat het voertuig zelfstandig rijdt. Hoewel *geautomatiseerde* voertuigen consistentier kunnen rijden, zullen ze uiteindelijk misschien grotere onderlinge

afstanden aanhouden dan menselijke bestuurders vanwege de sensorbeperkingen in combinatie met de veiligheids- en comfortvereisten. Dit houdt dat de PCU-factor groter kan uitvallen dan 1 in plaats van kleiner. *Coöperatief* rijden daarentegen verkleint de beperkingen van sensoren op het individuele voertuig en kan daarom tot een PCU-factor leiden die kleiner is dan 1. Aangezien de voertuig-tot-voertuigcommunicatie echter niet werkt wanneer er geen andere voertuigen zijn om mee te communiceren, zal de PCU-factor afhangen van de penetratiegraad.

Hoeveel de capaciteit van een kruispunt of ander knelpunt verandert als gevolg van geautomatiseerd rijden, kan worden berekend als de penetratiegraden en PCU-factoren voor elk voertuigtype zijn bepaald. Het automatiseren van voertuigen kan verschillende effecten hebben op de verschillende soorten knelpunten.

Figuur 11 illustreert de mogelijke PCU-waarden van zowel geautomatiseerd als coöperatief rijden.



Figuur 11. Mogelijke PCU-waarden van een automatisch voertuig en een verbonden voertuig

Conclusie

De effecten op de wegcapaciteit en vertragingen door congestie in gemengd verkeer kunnen zowel positief als negatief zijn en zijn afhankelijk van de specifieke situatie. Coöperatief rijden levert betere resultaten op dan automatisch rijden. Om de wegcapaciteit te bepalen voor een mix van door mensen aangedreven en geautomatiseerd verkeer, dient rekening gehouden te worden met de specifieke kenmerken van de situatie, knelpunten en voertuigtypen binnen het eigen netwerk.

Automatische voertuigen in aanbestedingen

Hoe kunnen geautomatiseerde voertuigen nu worden meegenomen in aanbestedingen?

Geautomatiseerde voertuigen zijn relatief nieuw op de markt van openbaarvervoermiddelen en rijden vaak in testomgevingen op basis van vrijstellingen. Inzicht in het aanbestedingsproces is belangrijk om van een experimentele fase over te gaan tot permanente inzet van de voertuigen. Informatie hierover is relevant voor beleidsmakers, OV-autoriteiten en OV-operators.

Marktplaats voor infrastructuur

In 2016 startte de Nederlandse Verkeersonderneming een aanbesteding onder de naam 'Marktplaats voor infrastructuur'. Deze aanbesteding bestond uit zes uitdagingen in de regio Rotterdam. Één van die uitdagingen was een verbinding tussen metrostation Meijersplein en het Rotterdam the Hague Airport (RTHA). Hier waren een aantal regels aan verbonden:

1. 50/50 investering voor de publieke en private partij
2. 'Knock-out' regel waarbij de private partij ervoor moest zorgen dat ze het vervoerssysteem zonder publieke financiering konden inzetten
3. 'Knock-out' regel waarbij de oplossing een haalbare business case moest bevatten

Daarbij werd duidelijk aangegeven dat de voorkeur uitging naar een oplossing met een geautomatiseerd voertuig.

Hoewel er veel geïnteresseerde partijen waren, schreef zich uiteindelijk niemand in voor de RTHA-aansluiting. De geïnteresseerde partijen gaven aan dat de regels veel te streng en niet haalbaar waren. Niet alleen de regels zelf waren het probleem, maar vooral de combinatie van de regels. Sommige partijen gaven aan dat de 50/50 investeringsregel haalbaar is, maar niet in combinatie met de private inzet van het voertuig. Alle partijen vonden het lastig om een haalbare business op te zetten vanwege de hoge investeringskosten, de vooralsnog verplichte bestuurder op de openbare weg (al zal dit in nieuwe wetgeving mogelijk veranderen), het verwachte aantal reizigers en de knock-outregels. Daarnaast gaven partijen aan dat er veel risico's aan de aanbesteding verbonden waren, waarvan niet duidelijk was wie die zou dragen. Ook was niet duidelijk hoe deze aansluiting binnen de huidige concessie zou passen. Momenteel is er een busverbinding tussen het metrostation en RTHA. Dit zou leiden tot een niet vrijwillige samenwerking tussen de private partij en het openbaarvervoersbedrijf in kwestie dan wel (indien wettelijke toegestaan) een aparte gunning.

De belanghebbende partijen gaven aan dat ze mogelijk hadden ingestemd als de 50/50-regel anders was geweest, 75/25 bijvoorbeeld. Ook had meer flexibiliteit in de knock-outregels een haalbare business case mogelijk gemaakt. De spreiding van risico's en informatie over hoe het voertuig binnen de huidige concessie zou kunnen passen, werd noodzakelijk geacht.

Conclusie en praktische tips

Het voorbeeld van de Rivium ParkShuttle laat zien dat het wel degelijk mogelijk is om een aparte concessie op te zetten voor een automatisch voertuig. De huidige concessie, die geen onderdeel uitmaakt van de (bus)gunning van de gemeente Rotterdam, loopt tot 2033. Hoewel er slechts één toezichthouder is voor maximaal zes voertuigen, krijgt de ParkShuttle publieke financiering. De aanbesteding van RTHA laat echter ook zien dat, hoewel er geen bestuurder nodig is, het (nog) niet mogelijk is om zonder publieke financiering een geautomatiseerd vervoerssysteem in werking te krijgen. Met nieuwe experimentele wetgeving gaat dit mogelijk veranderen. Ook is informatie over wie risico's draagt en over lopende (of nieuwe) concessies nodig om geïnteresseerde partijen zodanig gerust te stellen dat ze op dergelijke aanbestedingen inschrijven. Op het moment dat zowel de vraag naar geautomatiseerde voertuigen als de productie ervan gaat toenemen, zal de prijs van de voertuigen dalen, en wordt het makkelijker om een levensvatbare business case van de grond te krijgen.

4. Slim verkeersmanagement



Slimme mobiliteit maakt slim rijden, slim reizen en slim management mogelijk. Deze ontwikkelingen vinden plaats binnen het publieke domein (openbare infrastructuur) en hebben betrekking op gemeenschappelijke terreinen van (weg)autoriteiten zoals verkeersmanagement, openbaar vervoer en verkeersveiligheid. Inzicht in de drijfveren en belemmeringen van gebruikers van slimme mobiliteitsoplossingen is voor beleidsmakers relevant omdat:

- Slimme mobiliteitsoplossingen een antwoord bieden op duurzaamheidsdoelstellingen. Voor de acceptatie en promotie van daarmee samenhangende maatregelen onder consumenten is het van belang om inzicht te hebben in hun drijfveren evenals in het potentieel van prikkels.
- Een grootschalige acceptatie van slimme mobiliteitsoplossingen als geautomatiseerde voertuigen en MaaS een aanzienlijke gedragsverandering vereist van hun potentiële gebruikers. Inzicht in de drijfveren van bestuurders is daarbij een belangrijke factor.
- Beleidsmakers kunnen allerlei beleidsmaatregelen ontwikkelen en uitvoeren met stimulerings- of tolregelingen en campagnes waarmee ze gedragsverandering kunnen initiëren.

4.1. Slimme incentives

Veel uitdagingen voor stedelijke regio's hebben te maken met externe kosten: maatschappelijke kosten die niet direct verband houden met *marktprijzen*, zoals koopprijzen, parkeergelden en tarieven voor OV, maar die wel een belangrijke *maatschappelijke waarde* bezitten. Voorbeelden zijn congestie, emissies, onge-

vallenrisico's en lawaai. Externe effecten zijn extra belangrijk in steden waar individuen meer kans hebben om elkaar te beïnvloeden door hoge concentratie in ruimte en tijd.

Corrigerende belasting en subsidie

De in theorie optimale oplossing voor externe kosten is een correctieve belasting: 'het principe van de vervuiler betaalt'. Dit is een belangrijke economische motivatie voor beleidsinstrumenten waaronder milieubelastingen en kilometerheffing. Hoewel de potentiële effectiviteit en efficiëntie van dergelijk prijsbeleid vaak is vastgesteld, is *maatschappelijke haalbaarheid* daarbij vaak een ondergeschoven kindje. Hiervoor zijn veel mogelijke redenen. Één van de belangrijkste is simpelweg deze: belastingen zorgen voor een geldstroom van burgers naar de overheid, en de maatschappelijke support voor hogere of meer belastingen is doorgaans laag. Al beseffen mensen dat ze zelf, en de samenleving in het algemeen, profiteren van de overheidsuitgaven die daarmee worden gefinancierd.

Om die reden is er steeds meer aandacht voor andere soorten prijsbeleid, waarbij die prikkel wordt behouden maar waarvoor meer maatschappelijk draagvlak bestaat. Subsidies zijn een voorbeeld, waarbij de *negatieve* prikkel van een betaling wordt vervangen door een *positieve* prikkel van een beloning. De hogere sociale aanvaardbaarheid van zulke subsidieregelingen gaat echter veelal ten koste van de effectiviteit en efficiëntie ervan. Daarnaast kunnen huishoudens en bedrijven subsidies ontvangen voor acties die ze ook zonder de subsidie zouden hebben ondernomen. Tenslotte kunnen subsidies latente vraag aantrekken en stimuleren.

Slimme prikkels

Een voorbeeld van hoe je zulke ‘slimme prikkels’ kunt inzetten om tot duurzame gedragsverandering te komen is een ‘*hybride prijsinstrument*’, waarbij de voordelen van positieve en negatieve prikkels worden gecombineerd. Dit is een innovatief concept vanuit zowel beleids- als onderzoeksperspectief. Met het oog op het belang van externe effecten in steden, verwachten we dat de verkregen inzichten veel breder toepasbaar zullen zijn. Zo hebben Spitsmijden-projecten beloningen ingezet om vaste reizigers te verleiden spitsuren te vermijden, en zijn ze relatief populair sinds de start in 2006. De noodzaak van financiering van beloningen zorgt echter vaak voor strikte beperkingen aan de duur van het project en het aantal deelnemers. Hierdoor worden Spitsmijden-projecten veelal tijdelijk en lokaal ingezet.

Effecten en ontwikkeling van slimme prikkels

Overheden worden vaak geconfronteerd met structurele dilemma’s over het gebruik van prijsprikkels om gedrag te beïnvloeden, waarbij ze zich concentreren op de grotere efficiëntie van *negatieve* prikkels versus de grotere aanvaardbaarheid van *positieve* prikkels. De vraag is: hoe de kloof tussen die twee uitersten te overbruggen? Is een best-of-both-worlds compromis wellicht mogelijk?

Financiële prikkels

Drie voorbeelden van zulke financiële prikkels zijn *rekeningrijden*, *spitstoeslag* en *verhandelbare rechten*. Hoe kunnen deze prikkels nu het beste worden ingezet bij slimme mobiliteitsontwikkelingen, zoals geautomatiseerd rijden en MaaS?

Rekeningrijden

De klassieke manier om het gedrag van mensen met behulp van financiële prikkels te beïnvloeden, is rekeningrijden. Het concept is afkomstig van Arthur Pigou uit 1920. Hij legde uit hoe we in het algemeen overconsumptie van goederen beschouwen als er verborgen maatschappelijke kosten zijn die niet automatisch in de marktprijzen worden verrekend. Een individuele consument (in dit geval: reiziger) wordt in zulke gevallen niet geconfronteerd met de *daadwerkelijke* prijzen om alle maatschappelijke kosten af te wegen tegen de baten van zijn of haar beslissingen. Waardoor er sprake zal zijn van overconsumptie. De niet-geprijste kosten worden doorgaans *externe* kosten genoemd. In de context van het wegverkeer zijn dat onder meer de congestiekosten die de ene reiziger oplegt aan medeweggebruikers, maar ook de maatschappelijke kosten van verkeersongevallen of milieuvervuiling. Pigou toonde aan dat door een prijs te stellen via een wettelijke belasting die gelijk is aan de waarde van deze kosten, een efficiënte marktwerking kan worden hersteld. In het geval van congestie betekent dit dat door te besluiten om al dan niet gebruik te maken van de weg, je niet alleen rekening houdt met de kosten die je zelf gaat maken, en dat deze bij congestie door tijdverlies hoger zullen zijn, maar door de heffing ook met de hogere tijdskosten die je voor anderen veroorzaakt. Een congestieheffing legt een geldprijs op zulke kosten, waardoor de werking van de transportmarkt vanuit maatschappelijk perspectief zal verbeteren.

Congestieheffing

Er zijn verschillende redenen waarom congestieheffingen een efficiënter instrument zijn om dergelijke doelstellingen te behalen dan alternatieve instrumenten. Een daarvan is dat het aan de

individuele weggebruiker zelf overgelaten wordt om te beslissen hoe in te spelen op de maatschappelijke schaarste op een voor hem of haar minst schadelijke manier. Voor de meeste automobilisten zal dit een aanpassing van het *tijdstip* betekenen. Het is daarom belangrijk om een congestieheffing te differentiëren naar tijdstip, zodat het kiezen van een ander *tijdstip* daadwerkelijk wordt beloond met een lagere heffing. Voor anderen zal het een verandering betekenen in termen van *reisfrequentie* (thuiswerken), *vervoermiddel* (OV), of - op langere termijn - het *ruimtelijk patroon van activiteiten*. Bij tolheffing beslist de overheid dit niet voor de bestuurder, maar beslist die het voor zichzelf. De overheid hoeft deze verschillende reacties niet aan individuen op te leggen. Daardoor zullen de impliciete maatschappelijke kosten van de gedragsaanpassingen lager zijn. Daarnaast kunnen mensen beslissen welke (piek) reizen ze willen vermijden.

Een voorbeeld van een beleid waarbij dit niet het geval is, is het kentekenbeleid dat wordt gebruikt in bijvoorbeeld Athene en Peking, waarbij de laatste cijfers van de kentekenplaat bepalen wanneer men de auto mag gebruiken. Dit betekent bijvoorbeeld dat je een bepaalde week niet op donderdag mag rijden, terwijl je je piekreis op woensdag het liefst zou willen verzetten. Ook deze maatregel brengt verborgen maatschappelijke kosten met zich mee.

Bekende voorbeelden van steden waar een prijsstelling voor verkeersopstoppingen is ingevoerd zijn onder meer Singapore, Stockholm en Londen. Hoewel bewezen is dat het instrument effectief kan zijn bij het verminderen van congestie, is het in vrijwel geen andere steden geïmplementeerd. De beperkte *maatschappelijke* en daarmee samenhangende *politieke* acceptatie

van kilometerheffing is voor het grootste deel te verklaren vanuit het simpele feit dat mensen over het algemeen niet blij zijn met het betalen van belastingen.

Beloningsregelingen

Dit heeft gezorgd voor innovatieve prijsinstrumenten zoals *belonen*, zoals de experimenten met Spitsmijden, waar ondertussen al de nodige ervaring mee is opgedaan. Die ervaringen laten over het algemeen zien dat een sterke gedragsrespons kan worden bereikt met positieve financiële prikkels. Afhankelijk van de exacte invulling neemt het aantal piekreizen door de deelnemer aanzienlijk af met wel 50% of meer. Een belangrijke overweging bij het beoordelen van deze effecten is dat deelname *vrijwillig* is. Dat houdt in dat met name personen met een flexibele tijdsbesteding, die makkelijk beloningen kunnen verdienen, voor het experiment geselecteerd zijn. Dit zorgt voor hogere percentages. Een keerzijde van belonen, zoals eerder vermeld, is daarnaast dat het een voortdurende behoefte met zich meebrengt om de beloningen te financieren.

Budgetneutrale prikkels

Een derde type instrument betreft budgetneutrale prikkels. Verhandelbare (mobiliteits)rechten zijn daar een belangrijk voorbeeld van. Door deze gratis aan te bieden en verhandelbaar te maken, kan een prikkel worden gegeven zonder een netto financiële stroom van de overheid naar reizigers (zoals bij belonen) of in omgekeerde richting (zoals bij prijsstelling).

Neem je bijvoorbeeld een persoon die in de oorspronkelijke situatie 5 keer per week reist, en dit als gevolg van een incentive met 40% terugbrengt naar 3 keer. Met een prijsstelling zou hij of zij de congestieheffing nog steeds drie keer per week betalen,

ook al vertoont hij of zij ‘gewenst gedrag’. Met Spitsmijden zou hij of zij 2 beloningen per week ontvangen. Met verhandelbare mobiliteitsrechten kan die persoon in het geval van 4 vergunningen in eerste instantie daarentegen één recht verkopen en zal hij of zij nog steeds worden beloond. Als hij of zij een recht verkoopt aan een buurman die ook 4 rechten had gekregen, zou deze buurman maar één dag hoeven te betalen om 5 x in de spits te mogen reizen. Met kilometerheffing zou hij of zij 5 keer betalen. Dit voorbeeld laat zien hoe budgetneutrale prikkels een aanzienlijk deel van de zorgen over de perverse effecten van financiële prikkels kunnen wegnemen. Hoewel dit ook bij de prijsstelling sterk afhankelijk is van de manier waarop de inkomsten worden herverdeeld, kunnen bij verhandelbare rechten verdelingsoverwegingen rechtstreeks worden aangepakt via de verdeling van rechten.

Slim parkeren

Hoe kunnen we schaarse parkeerplekken nu op een efficiënte manier verdelen onder de bewoners of werknemers?

Voor het gebruik van parkeerplaatsen geldt dezelfde logica als voor congestie. Is daarbij sprake van schaarste, dan kunnen financiële prikkels helpen een efficiënte allocatie te realiseren. Waarbij men ook in dit geval kan kiezen tussen parkeergeld, verhandelbare mobiliteitsrechten of beloningen voor niet parkeren. Parkeergeld wordt in de praktijk vaak ingezet, zij het niet zozeer voor werknemers of bewoners. Dat wil zeggen dat de prijs voor vergunningen voor bewoners vaak zo laag is dat er meer vraag is dan ruimte, waardoor er wachttijden voor een vergunning ontstaan. In zulke gevallen, waarbij het als ongewenst wordt ervaren om de parkeergelden verder te verhogen om aan de vraag

tegemoet te komen, zouden verhandelbare mobiliteitsrechten eveneens een belangrijke rol kunnen spelen bij het realiseren van een efficiënte toewijzing.

Er kan daarbij gedacht worden aan allerlei ontwerpparameters waaruit men een regeling kan kiezen. Staat een recht bijvoorbeeld onbeperkt parkeren toe voor een bepaalde periode? Of zijn rechten slechts één dag geldig, waardoor ook de prijs van rechten op een natuurlijke manier kan reageren op schommelingen in schaarste? Welke principes worden gehanteerd bij de toekenning van rechten? Krijgen bij een werknemersregeling bijvoorbeeld alle werknemers hetzelfde bedrag, of wordt er een afweging gemaakt naar de omvang van het contract? Is het oorspronkelijke mobiliteitsgedrag van belang en krijgen fietsers bijvoorbeeld een recht, zodat ze kunnen profiteren van hun eerdere keuze om op een groene manier te reizen? Worden in de eerste instantie meer rechten verleend aan bepaalde beroepen, zoals werknemers van ziekenhuizen?

Ook het monitoren van parkeergedrag kan op velerlei manieren plaats vinden, net als het marktontwerp. Handelen mensen bijvoorbeeld onderling en moeten ze zelf een handelspartner zoeken, of handelen ze via een intermediair die één prijs uitgeeft, die fluctueert afhankelijk van de vraag- en aanbodcondities?

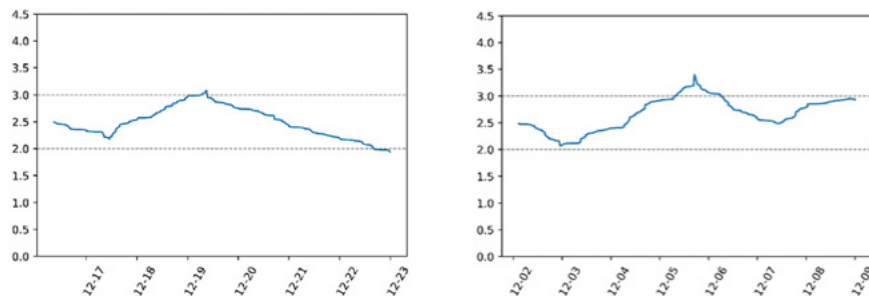
Mobiliteitsrechten

In hoeverre zijn verhandelbare mobiliteitsrechten nu begrijpelijk en acceptabel voor mensen?

Om te onderzoeken hoe de handel in mobiliteitsrechten in de praktijk werkt, werd in december 2017 een tweewekelijks virtueel experiment uitgevoerd. Daarbij is gekeken naar handelsgedrag:

begrijpen de deelnemers het concept van verhandelbare mobiliteitsrechten? Daarnaast is gekeken naar de vraag en aanbod van mobiliteitsrechten, en in het bijzonder de prijsdynamiek in de markt voor rechten. In het experiment moesten deelnemers iedere werkdag via hun smartphone of computer een virtuele parkeerkeuze maken op de mobiele website, waarbij ze de keuze hadden om te betalen met verhandelbare mobiliteitsrechten of een parkeertarief dat per dag varieerde.

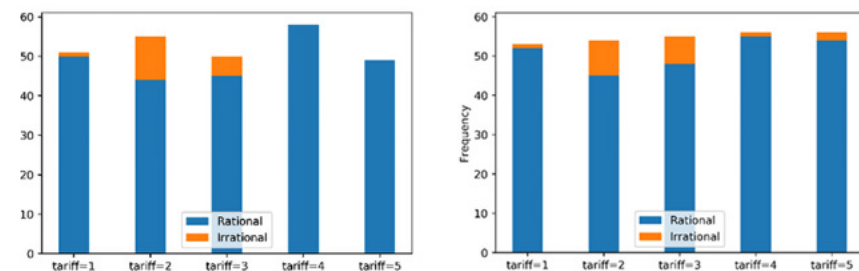
Binnen de opzet van het experiment kon de evenwichtsprijs van de verhandelbare rechten elke waarde tussen € 2 en € 3 aannemen. De prijs van rechten schommelde overwegend tussen € 2 en € 3, waarbij de prijs zich relatief snel aanpaste wanneer het buiten deze range kwam. Over het algemeen handelden de deelnemers zoals verwacht en functioneerde de markt voor rechten zoals bedoeld. Dit wordt bevestigd door de rationaliteit van de keuzes die we hebben waargenomen (Figuur 13), d.w.z. een recht gebruiken wanneer dit een betere keuze bood dan betalen.



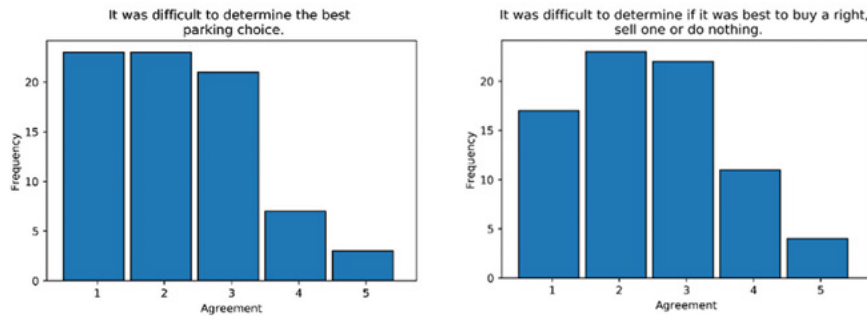
Figuur 12. Prijsdynamiek parkeervergunningen (in euro's)

De meeste deelnemers vonden het niet moeilijk om een goede rationale parkeerkeuze te maken (zie linker grafiek van figuur 13). De meeste deelnemers vonden het evenmin moeilijk om bepalen wat de beste handelsstrategie is (zie rechter grafiek van figuur 13).

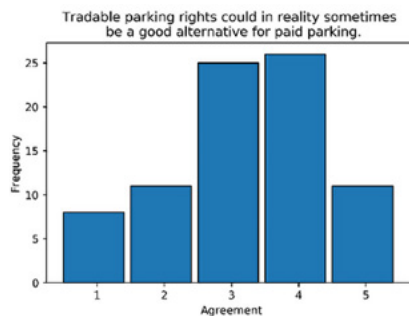
Tot slot laten Figuur 14 en Figuur 15 zien dat 45% van de deelnemers na twee weken ervaring het eens is met de stelling dat verhandelbare parkeervergunningen soms een goed alternatief kunnen zijn voor betaald parkeren. Het aantal deelnemers dat het niet eens is met deze stelling is half zo groot (ongeveer 23%), terwijl ongeveer een derde van de deelnemers neutraal antwoordt.



Figuur 13. Rationele keuzes per dagtarief



Figuur 14. Perceptie van deelnemer met betrekking tot moeilijkheidsgraad



Figuur 15 Toepassing verhandelbare parkeervergunningen

Concluderend toont dit experiment aan dat, hoewel verhandelbare mobiliteitsrechten op het eerste gezicht een complex instrument lijken dan directe beloning of prijsstelling, ze beslist een interessante optie betekenen die nader onderzoek rechtvaardigt. De rechten worden gebruikt en verhandeld in overeenstemming met het beoogde doel. Met als voordeel dat dit instrument, in tegenstelling tot belastingen of beloningen, budgetneutraal is. Dat wil zeggen dat er geen netto cashflow is tussen wegbeheerder en weggebruikers.

Conclusie en praktische tips

- Prijsprikkels kunnen een efficiënt en effectief sturgedrag met zich meebrengen.
- Het gebruik van heffingen kan te lijden hebben onder een lage aanvaardbaarheid vanwege de hogere kosten voor weggebruikers.
- Belonen kan ook een sterke invloed hebben op het gedrag van mensen, maar heeft enkele nadelen: er is een budget voor nodig. Ook kan het nieuwe consumenten aantrekken die de markt alleen maar betreden om een beloning te verdienen.
- Budgetneutrale compromissen, zoals verhandelbare mobiliteitsrechten, beogen een compromis te bieden tussen laten betalen en belonen.
- De eerste experimenten tonen aan dat systemen van verhandelbare mobiliteitsrechten door individuen worden begrepen, efficiënt zijn en zeer acceptabel voor mensen die er al enige tijd gebruik van maken.

4.2 Intrinsieke motivatie en slimme mobiliteit

Autodelen, carpoolen en woon-werk verkeer waarbij gebruik wordt gemaakt van OV zijn verschillende vormen van duurzaam reisgedrag. Mensen kunnen daarmee bijdragen aan het verminderen van milieuproblemen en het vergroten van de toegankelijkheid van stedelijke gebieden. Duurzaam gedrag is echter vaak kostbaarder in de zin van tijd, moeite en geld. Wil je bijvoorbeeld naar de dichtstbijzijnde P + R-voorziening rijden om vervolgens het laatste deel van je woon-werkverkeer gebruik te maken van het openbaar vervoer, dan wordt de impact op het milieu daar-

mee verkleind en draag je bij aan het bereikbaar houden van stedelijke gebieden. Het verhoogt echter ook de reistijd en is van invloed op je flexibiliteit, omdat je gebonden bent aan de dienstregeling waarop het OV rijdt. Kiezen voor duurzame vervoerswijzen betekent dus vaak een afweging maken tussen de ecologische of maatschappelijke voordelen en de persoonlijke kosten.

Begrip van welke factoren een rol spelen bij de beslissing van mensen om duurzaam gedrag te vertonen, biedt belangrijke inzichten in hoe je zulk gedrag het best kunt aanmoedigen. Met name begrip van de *onderliggende* motivaties van mensen voor duurzame acties, levert nuttige informatie op over slimme mobiliteitsontwikkelingen zoals MaaS of projecten met geautomatiseerde voertuigen. Beter begrip van de factoren die relevant zijn voor mensen om gebruik te maken van de verschillende mobiliteitsdiensten binnen MaaS, betekent dit dat deze zodanig kunnen worden aangepast dat het de aanvaardbaarheid en dus het gebruik ervan ten goede komt.

Intrinsieke motivatie versus financiële stimuleringen

Een veelgebruikte strategie om duurzaam gedrag aantrekkelijker te maken is door financiële prikkels in te zetten, door de kosten te verlagen dan wel de financiële baten van het gedrag te vergroten. Financiële prikkels zijn met succes aangewend om mensen aan te moedigen om een nieuw gedrag uit te proberen en ermee vertrouwd te raken, door er een tijdelijk voordeel tegenover te stellen. Daarmee bieden financiële prikkels een extra extrinsieke motivatiefactor voor actie. Financiële prikkels worden echter na een bepaalde tijd vaak weer ingetrokken, omdat

het niet haalbaar of te kostbaar is om ze in stand te houden. Zodra de prikkel verdwijnt, gaat dit gepaard met het verdwijnen van de voordelen van het gewenste gedrag, waardoor mensen vaak terugvallen op hun oude gedrag. Financiële prikkels kunnen dus effectief zijn om duurzaam gedrag *aan te moedigen*, maar zijn minder effectief om dergelijke gedragsveranderingen *vast te houden* nadat de prikkel weer wordt ingetrokken.

Intrinsieke motivatie - voorbeeld

Mensen aanmoedigen om het openbaar vervoer te gebruiken voor hun woon-werkverkeer

De gemeente Groningen bood haar inwoners op enig moment een gratis OV-kaart voor drie weken aan om het verkeer te reduceren tijdens een periode van grote wegwerkzaamheden in en rond de stad. Verondersteld werd dat dit mensen ertoe zou aanzetten om het OV uit te proberen, in de hoop dat ze ervan gebruik zouden blijven maken voor hun woon-werkverkeer. Het bleek dat de financiële prikkel inderdaad effectief was om mensen te stimuleren om met het OV naar het werk te reizen. Na de gratis proefperiode van drie weken gaven mensen echter aan juist minder animo te hebben om voor hun woon-werkverkeer gebruik van OV te maken dan vóór de gratis proefperiode. Financiële prikkels kunnen dus effectief zijn om duurzaam reisgedrag te stimuleren, echter slechts zolang ze van kracht zijn. Hoe kunnen we duurzaam reisgedrag op de lange termijn nu aanmoedigen?

Intrinsieke motivatie versterken

Mensen worden niet alleen gemotiveerd uit eigenbelang. Ze vinden het daarnaast belangrijk om het milieu te beschermen.

Gedrag dat tot de kleinste *milieubesparingen* leidt, wordt zelfs als waardevoller ervaren dan gedrag dat tot kleine *financiële besparingen* leidt. Dit komt omdat duurzaam handelen *zinvol* is. Dat wil zeggen dat je het moreel juiste doet. Mensen zijn dan ook intrinsiek gemotiveerd om duurzaam gedrag te vertonen, omdat dit moreel juist is.

Een andere benadering om duurzaam reisgedrag aan te moedigen, is dus door zich te richten op de *intrinsieke motivatie* van mensen om duurzaam gedrag te vertonen. Het benadrukken van de milieuwinst kan de intrinsieke motivatie versterken en daarmee het gewenste gedrag bevorderen.

Het geven van *feedback* aan mensen over hun duurzame gedrag bevestigt ze bovendien dat zij het type mensen zijn dat het milieu beschermt. Aangezien mensen over het algemeen gemotiveerd zijn om consistent te handelen in overeenstemming met hun waarden en identiteit, kan het geven van dergelijke feedback mensen motiveren tot het voortzetten van hun duurzame gedrag.

Tenslotte kunnen veranderingen in de *context* ervoor zorgen dat mensen meer handelen in overeenstemming met hun intrinsieke motivatie. Zo heeft een studie aangetoond dat wanneer de context zo is ontworpen dat mensen zich meer op het milieu concentreren, mensen eerder ernaar zullen handelen. Dit suggereert dat slimme mobiliteit kan worden bevorderd door een beroep te doen op de intrinsieke motivatie van mensen om deel te nemen aan duurzaam reisgedrag. Dat kan bijvoorbeeld door informatie te geven over de CO2-besparing door de keuze voor MaaS-diensten.

Conclusie en praktische tips

De volgende algemene richtlijnen zijn belangrijk bij het ontwerpen van interventies om slimme mobiliteit te promoten:

- Interventies zijn effectiever wanneer ze gericht zijn op de onderliggende motivaties van mensen om op een duurzame manier te reizen.
- Financiële prikkels om slimme mobiliteit aantrekkelijker te maken kunnen effectief zijn om gedragsveranderingen op de korte termijn te stimuleren. Als de prikkel echter weer wordt ingetrokken, zijn mensen geneigd in hun oude gedrag te vervallen.
- Het benadrukken van financiële voordelen ten aanzien van duurzaam gedrag kan averechts werken wanneer de financiële voordelen in de ogen van mensen niet de moeite waard zijn.
- Daarentegen wordt zelfs de kleinste milieuwinst de moeite waard geacht, omdat mensen daarbij handelen in overeenstemming met hun intrinsieke motivatie om het milieu te beschermen. Dit zorgt ervoor dat ze zich er goed door voelen.
- De focus op de intrinsieke motivatie van mensen kan een effectieve strategie zijn om slim mobiliteitsgedrag aan te moedigen, op voorwaarde dat de context dit gedrag ondersteunt.

4.3 Casestudy: privileges voor e-taxis

Een vorm van slimme mobiliteit werd uitgetest binnen de pilot 'e-taxi's in Amsterdam'. Belangrijk daarbij is om te weten dat:

- (E-) taxi's onderdeel kunnen zijn van een MaaS-bundel en mogelijk evolueren naar geautomatiseerde taxi's.

- Er is gebruik gemaakt van slimme technologie om monitor-data te verzamelen. Zulke technologieën spelen een sleutelrol bij de ontwikkeling van slimme mobiliteitsoplossingen.
- De gemeente is als speler betrokken bij het uitdelen van privileges dan wel restricties op een gereguleerde private markt. Dergelijke ingrepen kunnen door (transport) autoriteiten worden gebruikt om het gebruik van geautomatiseerde voertuigen en/of MaaS-diensten aan te moedigen ten gunste van ongewenste (lees: niet duurzame) vervoerswijzen.
- Geleerde lessen kunnen worden gebruikt bij het opzetten van publiek-private consumentenarrangementen, zoals MaaS-allianties.



E-taxi snellaadmogelijkheid



Taxistandplaats

Het aandeel volledig elektrische voertuigen groeit, en dat geldt ook voor de taxisector. In veel steden over de hele wereld is de opkomst van een aanzienlijke elektrische taxivloot te verwachten. In februari 2016 zijn de gemeente Amsterdam en de officieel erkende taxi-organisaties overeengekomen dat in 2025 alle taxi's volledig emissievrij moeten zijn. Het toewerken naar een emissievrije taxivloot maakt deel uit van het beleidsdoel van de gemeente om de lokale luchtkwaliteit te verbeteren door de uitstoot in de stad terug te brengen. Deze afspraak tussen de gemeente en de taxi-organisaties hield onder meer in dat schone taxi's in het algemeen, en volledig elektrische taxi's (e-taxi's) in het bijzonder, voorrang kregen bij bepaalde taxistandplaatsen (zoals Centraal Station en het Leidseplein), en dat er voldoende snellaadstations aanwezig zouden zijn om het opladen van e-taxi's te vergemakkelijken. Volledig elektrische taxivoertuigen worden beschouwd als schone voertuigen. Tot 2021 gold dit ook voor taxivoertuigen op aardgas en plug-in hybride elektrische taxi's.

Privilege maatregelen

Privilegemaatregelen vergroten de acceptatie van e-taxi's

De privilegemaatregel op de taxistandplaats Amsterdam Centraal omvat een systeem waarbij schone taxi's de voorkeur krijgen boven taxi's op fossiele brandstoffen en waarbij het aandeel schone voertuigen geleidelijk wordt opgevoerd. Daarbij wordt met een registratiesysteem gewerkt bij de ingang waarmee de beschikbaarheid van beide groepen auto's kan worden achterhaald door zowel de taxivergunning van de chauffeur als het kenteken van de taxi te scannen. De taxi parkeert dan en wacht tot hij door het oproepbord wordt opgeroepen om passagiers op te halen bij het taxi-ophaalpunt. Was in 2015 de aanvankelijke

voorkeursverhouding dat elke vierde taxi die werd opgeroepen om passagiers op te halen, een schone taxi zou zijn, in november en december 2015, direct na de start van de privilegemaatregel, toonden gegevens van het monitoringsysteem aan dat ongeveer één op de zeven aankomende taxi's schoon was. Vervolgens kwamen er geleidelijk meer schone taxi's bij. In maart 2016 was dit al één op de vijf in september 2016 reeds één op de vier in september 2016. Op dat moment kregen schone taxi's niet langer privilege ten opzichte van niet-schone taxi's, en besloot de gemeente de voorkeursverhouding te verlagen tot één op de drie taxi's.



Taxistandplaats Amsterdam Centraal Station

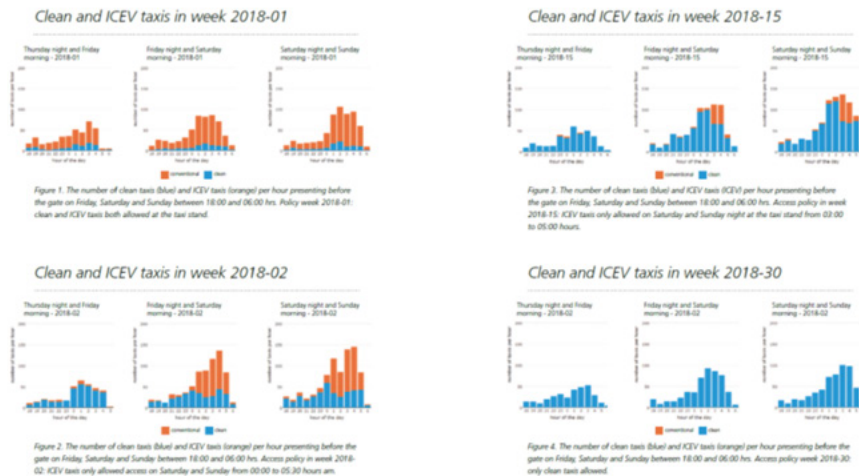
Van privilege naar exclusiviteit

In januari 2018 mochten alleen nog schone taxi's de taxistandplaats betreden. Het aantal geregistreerde schone taxi's in Amsterdam vertoonde een gestage stijging in het eerste jaar na invoering van de privilegemaatregel en een forse stijging tegen eind 2017. De sterke stijging deed zich voor net voordat de gemeente Amsterdam alleen schone taxi's toestond op station Amsterdam Centraal en de taxistandplaatsen Leidseplein: de twee drukste taxistandplaatsen in de stad. Voorrang geven aan schone taxi's bij de taxistandplaats van Amsterdam Centraal bleek een effectieve maatregel om de overstap naar schone taxi's in het algemeen en e-taxi's in het bijzonder te bevorderen. Het ontwerp van de privilegemaatregel maakte een geleidelijke overgang naar schone taxi's mogelijk door het gewenste aandeel schone taxi's, en e-taxi's in het bijzonder, over een periode van twee jaar geleidelijk te verhogen. Uit interviews met taxichauffeurs in november 2016 kwam naar voren dat de taxistandplaats op Amsterdam Centraal de voorkeur geniet boven andere Amsterdamse taxistandplaatsen vanwege het grotere aantal klanten op deze locatie en dat de voorrangsregeling op het Centraal Station het gewenste effect heeft gesorteerd. De meeste taxichauffeurs met een schone taxi gaven ook aan dat ze een dergelijk voertuig voornamelijk hadden aangeschaft om gebruik te kunnen maken van de voorrangsregeling.

Vrijstellingsregels

Ten aanzien van het Leidseplein was er bij de gemeente Amsterdam twijfel of er voldoende schone taxi's beschikbaar zouden zijn om de grote aantallen reizigers tijdens piekmomenten te

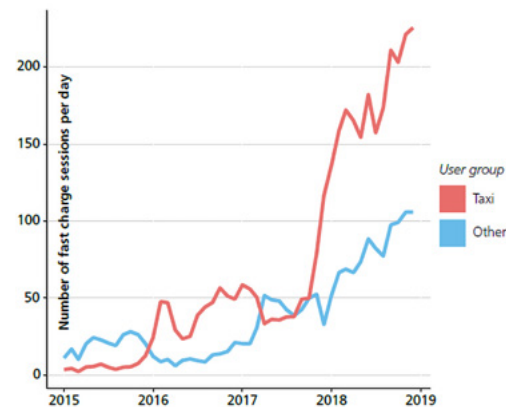
bedienen. Een dashboard met het aantal niet-schone taxi's en schone taxi's per uur hielp de gemeente om te beoordelen wanneer er voldoende schone taxi's beschikbaar waren om de taxistandplaats Leidseplein tijdens piekuren te bedienen. Dit voorbeeld laat zien hoe beleidsmakers taxistandplaatsen zodanig kunnen transformeren dat ze primair schone taxi's aantrekken. Met de geleidelijke regeling, waarbij aanvankelijk niet-schone taxi's konden worden ingezet tijdens piekmomenten, lukte het om een oplossing te vinden voor het beperkte aantal schone taxi's in de eerste maanden van de transitieperiode. Dit wordt geïllustreerd in de grafieken in Figuur 16.



Figuur 16. Toename aandeel schone taxi's (oranje: conventioneel, blauw: schone taxi's)

Technologie inschakelen

Het aantal e-taxi's in Amsterdam is sinds eind 2017 sterk toegenomen. De gemeente heeft signalen uit de taxisector ontvangen dat het vaak erg druk was bij de snellaadstations. Data-analyse heeft bevestigd dat er meer snelladers nodig zijn om de e-taxivloot te faciliteren. De taxisector is veel afhankelijker van *snellaadinfrastructuur* dan bestuurders van normale elektrische voertuigen. Daarnaast komen meer dan 60% van alle snellaadsessies in Amsterdam voor de rekening e-taxi's (zie Figuur 17). Uit onderzoek blijkt dat snelladers in Amsterdam intensief worden gebruikt, gemiddeld meer dan twintig keer per dag. De meeste sessies beginnen rond het middaguur. Toename van het aantal e-taxi's zal hoogstwaarschijnlijk leiden tot een tekort aan snellaadfaciliteiten in de regio, wat de acceptatie van e-taxi's zou kunnen belemmeren. In een enquête uit oktober 2017 onder



Figuur 17. Het aantal snellaadsessies van taxi's en andere gebruikers per dag in Amsterdam in de periode januari 2015-september 2018

300 taxichauffeurs bleek 80% van de taxichauffeurs die niet elektrisch reden aan te geven dat Amsterdam onvoldoende snelladers heeft. 41,6% van hen gaf echter ook aan dat het plaatsen van meer snelladers het aantrekkelijker zou maken om voor een e-taxi te kiezen. 89% van de taxichauffeurs die reeds in e-taxi's reden, gaven op hun beurt eveneens aan dat er meer snelladers nodig waren.

Conclusie en praktische tips

Ten eerste is het geven van *prioriteit aan schone taxi's* een doeltreffende maatregel gebleken om de overstap naar e-taxi's te bevorderen. Het ontwerp van de privilegemaatregel op de taxistandplaats van het Centraal Station maakte een geleidelijke overgang naar e-taxi's mogelijk door het gewenste aandeel e-taxi's over een periode van twee jaar geleidelijk te verhogen. Ten tweede bleek de *geleidelijke regeling* die aan de taxistandplaats op het Leidseplein werd ingevoerd om niet-e-taxi's in staat te stellen klanten te bedienen tijdens piekmomenten, een succes bij het overbruggen van het beperkte aantal e-taxi's in de eerste maanden.

Ten derde zijn *snelladers essentieel* bij het faciliteren van e-taxi's, aangezien de taxisector aanzienlijk meer afhankelijk is van de snellaadinfrastructuur dan andere typen bestuurders van elektrische voertuigen. Snelladers worden intensief gebruikt, en het monitoren van de laadsessies is essentieel om te beslissen wanneer en waar meer snelladers geplaatst moeten worden.

Wat andere steden hiervan kunnen leren

Gegevens over e-taxi's zijn essentieel voor het onderbouwen van beslissingen om beleidsmaatregelen voor e-taxi's te implemen-

teren of te wijzigen. Aan de taxistandplaats op het Leidseplein hielp een dashboard beleidsmakers om weloverwogen beslissingen te nemen over het verder beperken van de toegang voor niet-e-taxi's bij de taxistandplaats tijdens de transitiefase. Vergelijkbaar was het monitoren van het aandeel inkomende schone taxi's bij de taxistandplaats aan Centraal Station een belangrijke voorwaarde om te beoordelen of de maatregel het wenselijke effect had op e-taxi's. Het monitoren van data zou idealiter gepaard moeten gaan met sociaalwetenschappelijk onderzoek naar de ervaringen van de taxichauffeurs met de maatregel, om te kijken in hoeverre die overeenkomen met de beoogde doelen. Hieruit verkregen inzichten zouden beleidsmakers in staat stellen niet alleen de huidige taxi-vloot te faciliteren, maar ook de acceptatie van meer e-taxi's bevorderen.

Richtlijnen voor stedelijke beleidsmakers

Technologie biedt nieuwe kansen, maar ware impact hangt samen met nieuwe toepassingen en ons eigen gedrag. Dat maakt het lastig om de impact en het resultaat van nieuwe diensten, voertuigtechnologieën of andere slimme oplossingen te voorspellen. Tegelijkertijd breidt de acceptatie van nieuwe technologie zich flink uit. Stedelijke beleidsmakers staan voor de uitdaging om enerzijds het juiste tijdstip te kiezen bij de acceptatie van technologie, en anderzijds om valse hoop te voorkomen. Uiteindelijk zullen niet *alle* nieuwe technologieën en diensten het redden. De beste strategie voor beleidsmakers is dan ook om te blijven leren, en om nieuwe technologieën goed te blijven volgen, evenals de laatste onderzoeken op dit gebied die tot doel hebben meer inzicht te geven in de effecten van technologie.

Colofon

Deze publicatie maakt deel uit van het VerDuS-onderzoeksprogramma Smart Urban Regions of the Future (Pop Up-call 2019) met projectnummer 438.19.162 dat (mede) gefinancierd is door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Auteurs:

Simeon Calvert, TU Delft namens het STAD project

Soora Rasouli, TU Eindhoven, namens het SCRIPTS project

Erik Verhoef, VU Amsterdam, namens het U-SMILE project

Teije Gorris, DTV Consultants

Natalie Veenkamp, DTV Consultants

Bart van Arem, TU Delft

Nick Juffermans, Goudappel

Eindredacteur: Erzsó Alföldy

Vormgever: Gerard van Vliet

Uitvoerende organisaties

TU Delft

VU Amsterdam

TU Eindhoven

DTV Consultants

Goudappel