



*RAPPORTAGE*

**LESSEN LEREN VAN DE PILOTS  
MET ZELFRIJDENDE SHUTTLES  
IN NEDERLAND**

*Evaluaties uit de pilots in Nederland*



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat

adviseurs  
mobiliteit  
**Goudappel  
Coffeng**

**Opdrachtgever(s)** Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W)  
**Projectteam opdrachtgever** Nina Schaap en Tarik Amrhar  
**Titel rapport** *Lessen leren van pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland*

**Kenmerk** 003935.20191209.R1.01  
**Datum publicatie** 11 december 2019

**Projectteam Goudappel Coffeng** Arthur Scheltes en Martijn Legène

**Status** Definitieve rapportage

**Bron coverfoto** ANP

**© Copyright Goudappel Coffeng** *Niets uit deze rapportage mag worden overgenomen zonder bronvermelding. Tenzij anders vermeld beschikt Goudappel Coffeng bv over de rechten van het beeldmateriaal. Eventuele rechthebbenden op gebruikt beeldmateriaal dienen contact op te nemen met de uitgever.*



# Inhoudsopgave

|    |                                              |    |
|----|----------------------------------------------|----|
| 1. | Introductie; pilots (nog) waardevoller maken | 5  |
| 2. | Zelfrijdende shuttles in Nederland           | 9  |
| 3. | Geleerde lessen                              | 21 |
| 4. | Beantwoorden van de kennisvragen             | 39 |
| B. | Bijlagen                                     | 43 |





**LET OP!**  
**pilot zelfrijdend vervoer**  
**voertuig kan niet uitwijken**  
**1 meter afstand bewaren**



# 1.

## Introductie; pilots (nog) waardevoller maken

### 1.1 Pilots met zelfrijdende shuttles

De zelfrijdende auto wordt door velen als een van de meest disruptieve ontwikkelingen gezien die onze (mobiliteits)wereld in de aankomende jaren zal gaan vormgeven. Tegelijkertijd is er nog een lange weg te gaan en de nodige obstakels te overwinnen voordat de zelfrijdende auto daadwerkelijk in staat is om dit te bewerkstelligen. Deze ontwikkeling is in Nederland onder andere zichtbaar in de grote hoeveelheid pilots en praktijktoepassingen en de veranderende wetgeving om experimenten met zelfrijdende auto's toe te kunnen laten. Er hebben al diverse proeven met verschillende vormen van zelfrijdend vervoer plaatsgevonden: Truck Platooning, Adaptive Driver Assistance (vb. ADAS) en zelfrijdende shuttles.

Sinds 3 jaar zijn er in bijna alle provincies van Nederland pilots in voorbereiding of worden er zelfs al pilots uitgevoerd met zelfrijdende shuttles. De technologische ontwikkeling gaat snel en er wordt veel kennis ontwikkeld bij de pilots. De schoolvoorbeelden zijn natuurlijk de Parkshuttle en de WePod. De ParkShuttle in Capelle a/d IJssel is al sinds 1999 operationeel en daarmee is het wereldwijd al lange tijd een van de weinige toepassingen met zelfrijdende shuttles. De pilot met de WePods was de eerste pilot wereldwijd op gemengde infrastructuur, waarbij het

voornaamste doel het opdoen van kennis en delen van informatie over zelfrijdende voertuigen was. Sindsdien zijn er diverse onderzoeksprogramma's opgestart om deze ontwikkeling te structureren en te stimuleren, voorbeelden hiervan zijn het AVL program van de MRDH en het @North programma van de provincies Groningen, Drenthe en Friesland. Het aantal pilots neemt gestaag toe, en daarmee ook de hoeveelheid lessen die geleerd kunnen worden.

### 1.2 Het belang van het bundelen van de geleerde lessen

Doordat er veel verschillende pilots op lokaal, regionaal niveau of binnen onderzoeksprogramma's worden geïnitieerd en georganiseerd bestaat het risico dat er zeer waardevolle opgedane kennis binnen de pilotomgeving blijft hangen. Daarnaast is de evaluatie is niet altijd even goed geborgd. Om van elkaar te kunnen leren is het waardevol om de geleerde lessen op te halen en deze te bundelen. Hiermee kan er van elkaar geleerd worden en als vliegwiel functioneren bij het organiseren van nieuwe pilots. Hierbij zijn niet enkel de successen van belang maar juist ook in belangrijke mate de mislukkingen, de blunders, de gemaakte fouten en de geleerde lessen. Ondanks dat deze vaak minder aantrekkelijk zijn om te delen.

*"Anyone who has never made a mistake has never tried anything new"*

*Albert Einstein*



Figuur 1.1: verkeersbord zelfrijdende shuttle; bron DVNH.nl

### 1.3 Scope

In de voorliggende rapportage worden de pilots en toepassingen met zelfrijdende shuttles in Nederland beschouwd welke gericht zijn op het vervoeren van reizigers. Buitenlandse pilots en experimenten worden buiten beschouwing gelaten. De opgehaalde informatie is afkomstig van pilots waarbij het toepassen van zelfrijdende shuttles daadwerkelijk plaats vindt of heeft gevonden. Pilots die gerelateerd zijn aan andere use cases van de zelfrijdende auto, zoals bijvoorbeeld truck platooning en ADAS worden niet meegenomen in dit onderzoek.

#### *Wat is een zelfrijdende shuttle?*

Een zelfrijdende shuttle is een kleinschalig voertuig met een capaciteit van circa 4-20 personen wat met behulp van automatisering (deels) zelfstandig kan rijden. De zelfrijdende shuttles in de pilots in Nederland worden momenteel voornamelijk ingezet bij lage snelheden en op korte afstanden. Een impressie van een van de zelfrijdende shuttles van 2getthere is hieronder weergegeven.



### 1.4 Samenhang en context

Voorliggende rapportage is een product van Goudappel Coffeng en is in opdracht voor het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat uitgevoerd. Deze rapportage bundelt de geleerde lessen ten aanzien van de zelfrijdende shuttles in Nederland en maakt de vertaling naar beslisinformatie vanuit overheidsperspectief.

Deze studie levert input voor en sluit aan bij het lopende trajecten als de Krachtenbundeling Smart Mobility en de Smart Mobility Community Standards and Practices. In de rapportage wordt voortgebouwd op de reeds geleerde lessen uit het SURF-STAD programma.

### 1.5 Centrale vraagstelling

De voorliggende rapportage vormt een nadere uitwerking van de koers in de Krachtenbundeling en heeft als centrale vraagstelling: 'Welke lessen zijn er te leren vanuit de vele pilots welke besluitvorming ten aanzien van zelfrijdende shuttles kan ondersteunen?'

### 1.6 Kennisvragen

Het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat heeft ten aanzien van de ontwikkeling van Smart Mobility toepassingen een groot aantal kennisvragen geformuleerd ten aanzien van:

- Algemene kenmerken
- Disengagement
- Toelating
- Bestuurlijke organisatie (vb. concessies)
- Gebruik en acceptatie
- Veerkrachtigheid
- (digitale) Infrastructuur en netwerken
- Ketens en opschaling

Deze vragen zijn bijgevoegd in bijlage 1.

## 1.7 Onderzoeksmethode

In dit onderzoek is kennis en inzicht vergaard door middel van interviews met de betrokken partijen van een pilot. Hierbij is gepoogd om de interviews zo breed mogelijk in te steken, door waar mogelijk gesprekken aan te gaan met de stewards, technici en projectleiding. Daarnaast is gebruik gemaakt van bestaande evaluaties en desk research. De verschillende stappen uit het onderzoeksplan zijn weergegeven in het schema in figuur 1.2.

Er is gesproken met de volgende organisaties:

- Rijks Dienst Wegverkeer (RDW)
- @North (Appelscha, Scheemda, Loppersum)
- Provincie Gelderland (I-AT en WePods)
- Future Mobility Network (Drimmelen, Katwijk, HAGA)
- MRDH (HAGA, RTHA, Katwijk)
- Provincie Noord-Brabant (Drimmelen)
- TU Delft

## 1.8 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland besproken, in hoofdstuk 3 worden de opgehaalde lessen besproken en in hoofdstuk 4 worden de kennisvragen beantwoord.



Figuur 1.2: Onderzoeksplan in stappen uitgewerkt





Bron foto: verkeersnet.nl;  
fotograaf Sabina Theijs



# 2.

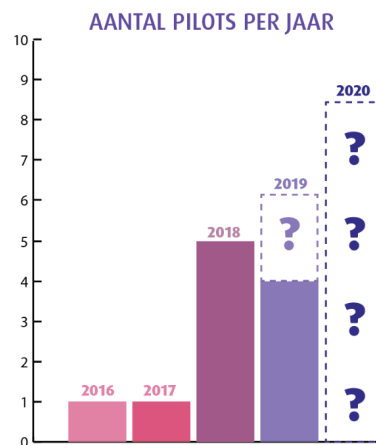
## Zelfrijdende shuttles in Nederland

### 2.1 Pilots in Nederland

In Nederland wordt er veel geëxperimenteerd met zelfrijdende shuttles, de toepassingen zijn grofweg onder te verdelen in een drietal verschillende typen:

- Een **structurele toepassing** is gedefinieerd als een toepassing met een permanent karakter (veelal vastgelegd in een concessie), welke primair gericht is op het vervoeren van reizigers met als doel exploitatie;
- Een **pilot** is gedefinieerd als een toepassing (met een maximale looptijd van enkele jaren), waarin de nadruk ligt op het opdoen van leerervaringen;
- Een **demonstratie** is gedefinieerd als een kortdurende toepassing (met een maximale looptijd van enkele dagen/weken), waarin de nadruk ligt op het kennis laten maken met de voertuigen en de techniek.

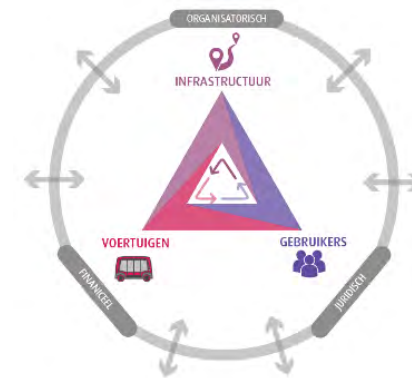
De nadruk in dit onderzoek ligt op de pilots met zelfrijdende shuttles. Sinds 2016 vinden er pilots met zelfrijdende shuttles plaats in Nederland, het aantal pilots sindsdien neemt toe. Daarbij is de verwachting dat het aantal pilots de komende jaren verder zullen toenemen. Zie figuur 2.1.



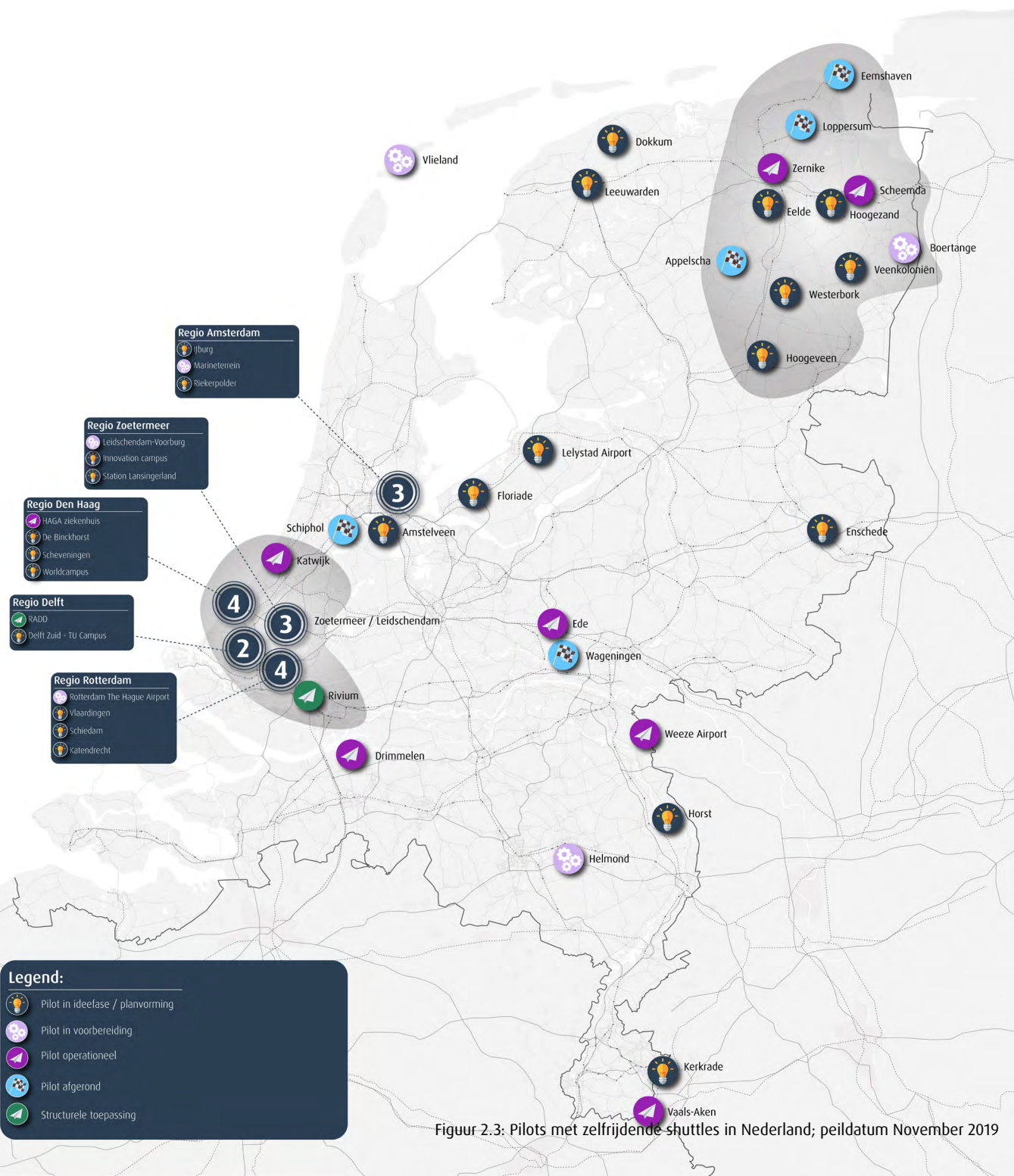
Figuur 2.1: aantallen pilots in Nederland; November 2019

Het vertrekpunt voor de inventarisatie van de pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland is het artikel 'Automatische voertuigen, een kans of een bedreiging voor het OV in Nederland?' (Boersma, Scheltes, & van Oort, 2018). Deze lijst is geactualiseerd en verder uitgebreid met de nieuwe plannen en pilots in Nederland.

Iedere pilot kent een samenspel tussen het voertuig, de infrastructuur en de gebruikers. Dit samenspel bepaalt het functioneren van de pilot. Dit samenspel is weergegeven in figuur 2.2. Zo hebben de technische functionaliteiten van het voertuig invloed op de benodigde infrastructuur en daarmee ook op de ervaringen van de gebruikers. Andersom gereedeneerd bepalen idealiter de wensen van de gebruikers voor een belangrijk deel de technische specificaties van de voertuigen en daarmee ook de infrastructuur. Het samenspel van deze drie onderdelen bepaalt daarmee ook de externe organisatorische, juridische en financiële kaders van de pilots. In iedere pilot is het samenspel anders, waarmee ook de leerervaringen verschillend kunnen zijn.



Figuur 2.2: systeembenadering zelfrijdende shuttles  
Lessen leren van pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland



Figuur 2.3: Pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland; peildatum November 2019

### *Pilots in Nederland*

Het overzicht van projecten met zelfrijdende shuttles die in de afgelopen 3 jaar gepland stonden of waar in de afgelopen 3 jaar een idee is ontstaan zijn weergegeven op een kaart in figuur 2.3. In het kaartbeeld wordt er onderscheid gemaakt in de status (idee, planvorming, in voorbereiding, operationeel en structurele toepassing) van de pilot.

Op circa 40 locaties vinden er pilots plaats, zijn pilots in voorbereiding of in idee/planvorming. Er zijn twee duidelijke concentraties van pilots zichtbaar in Nederland. Enerzijds in de Zuidelijke Randstad (het AVLm-onderzoeksprogramma) en anderzijds in Groningen/Drenthe (@North onderzoeksprogramma). Daarbuiten zijn een aantal losstaande pilots zichtbaar.

## 2.2 Verdieping van de pilots

Er zijn voor deze studie een aantal pilots uitgelicht. Dit zijn pilots waar momenteel de meeste leerervaringen op te halen zijn. De geselecteerde pilots zijn in stap 3 verder verdiept in gesprekken met betrokken partijen. Deze selectie omvat:

- Alle afgeronde projecten;
- Alle operationele projecten en structurele toepassingen van zelfrijdende shuttles;
- Enkele projecten in voorbereiding.

Door de kenmerken van de pilots verder te specificeren en deze vervolgens naast de kennisvragen uit Bijlage 1 te leggen, zijn patronen of juist afwijkingen hiervan geobserveerd.





### 2.2.1 Structurale toepassingen

#### *Parkshuttle*

De ParkShuttle is gekenmerkt als structurele toepassing en is ondergebracht in een OV-lijnconcessie. De ParkShuttle was in 1999 al het eerste onbemande zelfrijdende systeem in Nederland. De 6 voertuigen van de ParkShuttle zijn iedere werkdag operationeel tussen 06:00 en 21:00 uur. In de spits rijdt de shuttle iedere 2,5 minuten en in daluren op afroep. Het traject is 1,8 km lang en afgesloten voor overige weggebruikers, maar heeft wel gelijkvloerse kruisingen met overig verkeer. Het is de bedoeling dat de shuttle vanaf 2020 ook een deel van de route onbemand op de openbare weg gaat rijden en dat de route verlengd wordt naar de waterbushalte. Uit de concessie-monitor van MRDH blijkt dat de shuttles van 2getthere dagelijks 1.100 passagiers vervoeren. De snelheid van de parkshuttle is ca. 40 km/uur. Buiten de spitsuren (als de vervoervraag laag is) worden de accu's van de shuttles opgeladen bij metrostation Kralingse Zoom. De ParkShuttle is op zichzelf geen onderdeel van een onderzoeksprogramma, maar een onderdeel van een openbaar vervoer concessie. De beoogde verlenging van de route is daarentegen wel ondergebracht in het AVLM programma van de MRDH. De concessie is verleend door de MRDH en wordt uitgevoerd door Connexxion.



### 2.2.2 Afgeronde pilots

#### *Nationaal park Drents-Friese Wold Appelscha*

In 2016 is er van september tot november in Appelscha getest met het Easymile EZ10 voertuig. Twee zelfrijdende shuttles vervoerden passagiers tussen de Wester Es en het Nationaal park Drents-Friese Wold in Appelscha. De twee voertuigen reden met een snelheid van 15 km/uur en met een steward aan boord over een traject van 2,5 kilometer. De route werd gedeeld met fietsers en had kruisingen met overig verkeer. Een van de voertuigen heeft in november 2016 bovendien een demonstratie met proefritten gegeven over een afgesloten traject van 400 meter in het centrum in Emmen.

De pilot in Appelscha was opgezet door de gemeente Ooststellingwerf en de provincies Fryslân, Groningen en Drenthe en is onderdeel van het onderzoeksprogramma @North. Ooststellingwerf staat nu op de kaart als gemeente waar een zelfrijdend busje met passagiers de openbare weg op ging.



#### *WePods*

Vanaf 2016 zijn twee door de TU-Delft omgebouwde versies van de Easymile EZ10 getest op de campus van de Wageningen Universiteit. Het was de bedoeling om over een met overig verkeer gedeeld traject van 6 kilometer tussen station Ede en de campus van de Wageningen Universiteit passagiers te vervoeren, in de praktijk heeft dit slechts enkele keren plaatsgevonden en is er voornamelijk gereden op de campus Wageningen. Er was altijd een steward aan boord. In eerste instantie is een snelheid van 50 km/uur beoogd, maar de techniek bleek ingewikkelder dan gedacht en de snelheid werd niet hoger dan 15 km/uur. De shuttles hebben 3 jaar lang, op dinsdag van 11:00 tot 13:00 uur op de campus gereden. De shuttles konden elektrisch opladen op de campus en reizigers konden het voertuig oproepen met een boekingsapp. De pilot met WEpod is opgezet door de provincie Gelderland en diverse andere partners. In 2019 is dit project door de provincie Gelderland beëindigd. Nu zijn de WEpod onderdeel van de pilot bij Weeze Airport en is er een pilot in voorbereiding bij Technova College ROC A12.



#### *Pilot en demonstratie in Eemshaven*

In november 2017 is er in de Eemshaven een maand lang getest met objectherkenning van zelfrijdende shuttles en het rijden onder verschillende weersomstandigheden om verschillende verkeerssituaties na te bootsen. De voertuigen reden zonder passagiers over een afgesloten traject van 400 meter met een snelheid van 15 km/uur. Er is gereden met een Easymile EZ10 voertuig. Bij de opening van station Eemshaven in juni 2018 heeft de NAVYA Arma bijgedragen aan een demonstratie. Gedurende de pilot en de demonstratie is er altijd een steward aan boord geweest.

De pilot in de Eemshaven was onderdeel van het onderzoeksprogramma @ North. Overige betrokken partijen zijn de Provincie Groningen, Gemeente Eemshaven, Groningen Seaports, Hanzehogeschool Groningen, RobotTuner, GreenDino, EasyMile en RDW.



### 2.2.3 Operationele projecten

#### *WEpod Weeze Airport*

Een van de WEpods die voorheen zijn gebruikt in Wageningen rijden vanaf februari 2019 op Weeze Airport tussen de terminal en parkeerplaats P2. De shuttle rijdt steeds dezelfde route van 1,6 kilometer. Alles wat geleerd is in de Nederlandse testfase in Wageningen wordt nu benut en verder ontwikkeld bij dit nieuwe project uit het onderzoeksprogramma I-AT. De route kan later eventueel worden uitgebreid naar het hotel op het terrein van Airport-Weeze. De busjes rijden elektrisch. De daarvoor noodzakelijke elektriciteit wordt geproduceerd door de milieuvriendelijke zonnepanelen van Airport Weeze. Het voertuig rijdt dagelijks met een snelheid van 15 km/uur en een steward aan boord.



#### *Ommelander ziekenhuis Scheemda*

Vanaf augustus 2018 vervoert een shuttle van NAVYA patiënten, bezoekers en personeel van het Ommelander ziekenhuis in Scheemda als last mile vervoer. Hiermee is het ziekenhuis verbonden met de bushalte Molenstraat, die ongeveer 1,5 kilometer verderop ligt. Het voertuig rijdt over een verbrede weg met onder andere fietsers en overige bestuurde shuttles met een snelheid van 15 km/uur. Er is een steward aan boord. De oorspronkelijke pilot duurde ongeveer 6 maanden. Onlangs is de proef verlengd tot eind 2019 en zijn er al meer dan 5.000 reizigers vervoerd. In deze nieuwe fase wordt de route mogelijk uitgebreid naar het centrum en het treinstation van Scheemda, wat 4,5 km van het ziekenhuis ligt. Als de proef succesvol is, is het de bedoeling dat het busje een vast onderdeel wordt van de OV-ontsluiting van het ziekenhuis.

De pilot in Scheemda is onderdeel van het onderzoeksprogramma @ North. Overige betrokken partijen zijn de Provincie Groningen, Gemeente Oldambt, Ommelander Ziekenhuis, RobotTuner, GreenDino, Navya, RDW en Arriva.



#### *Loppersum en Zernike Campus*

De voertuigen Easymile EZ10 en NAVYA Arma zijn in het najaar van 2017 getest in Loppersum en in maart en april 2018 op het living lab op het Zerniketerrein in Groningen. Op trajecten van ongeveer 500 meter lang werd 15 km/uur gereden. De tests zijn uitgevoerd zonder passagiers op een afgesloten terrein. Er was een steward aan boord. Hier zijn onder andere de 5G-verbinding tussen het voertuig en de besturing op afstand getest. Als vervolg op de pilot in Loppersum zijn tests gedaan op het living lab op het Zerniketerrein in Groningen met een antenne die wat dichterbij 5G in de buurt komt. Hier zijn onder andere de vertraging in de data overdracht van het voertuig getest en zijn er proeven gedaan met 360 graden camerabeelden. Deze tests zijn belangrijk om uiteindelijk het voertuig op afstand te kunnen besturen, zonder dat er nog een steward nodig is aan boord.

De pilots in Loppersum en Zernike Campus zijn onderdeel van het onderzoeksprogramma @ North. Overige betrokken partijen zijn de Provincie Groningen, Gemeente Loppersum, 5Groningen, RobotTuner, GreenDino, Navya en RDW.



#### *HAGA ziekenhuis*

De Navya Arma van het bedrijf Haagse Shuttle Vb (HTM, Rebel, The Future Mobility Network) wordt ingezet als aanvulling op het openbaar vervoer tussen de OV-halte Leyenburg en het HagaZiekenhuis in Den Haag. Het OV zou hiermee ook een optie kunnen worden voor patiënten en bezoekers die slecht ter been zijn, omdat de loopafstand naar de dichtstbijzijnde OV-halte nu per shuttle wordt afgelegd. De shuttle rijdt vanaf mei 2019 de komende 4 jaar (2019-2023) over een traject van ongeveer 500 meter. De shuttle rijdt niet op de openbare weg maar op een afgesloten baan waar alleen interactie met voetgangers en fietsers plaats vindt.

De pilot bij het HAGA Ziekenhuis is onderdeel van het programma Automatisch Vervoer Last Mile van de MRDH. De uitvoerende partij is Haagse Shuttle Vb (FMN+Rebel+HTM). Het HAGA Ziekenhuis en andere partijen uit de regio hebben geholpen de pilot mogelijk te maken.



#### *Drimmelen*

Drimmelen is beperkt bereikbaar per OV. Het primaire doel van de pilot is om ervaring op te doen en om de mogelijkheden te verkennen om het OV op minder bereikbare plaatsen te verbeteren, met name door first- en last mile transport. Er zijn verschillende routevarianten onderzocht. Enkele routes bleken te smal, er moest te vaak worden ingegrepen door de stewards, of de infrastructurele eisen voor het voertuig waren redenen om bepaalde routes te schrappen. Uiteindelijk bleek het havengebied in Drimmelen de meest geschikte locatie. De shuttle vervoert vanaf augustus 2019 met name toeristen in de jachthaven van Drimmelen en heeft een snelheid van ongeveer 20 kilometer per uur. Het traject is ongeveer van 3 kilometer lang en bevindt zich op de openbare weg waarop de shuttle in gemengd verkeer opereert. Op deze route komen fietsers, overstekende voetgangers en overig wegverkeer voor. De proef wordt uitgevoerd door The Future Mobility Network en Arriva. Naast de gemeente Drimmelen en de Provincie Noord-Brabant als opdrachtgevende partijen, zijn ook NAVYA, de regio West-Brabant, Breda University of Applied Sciences en de TU Delft betrokken bij de proef.





#### *ESA ESTEC Noordwijk*

Met de proef met zelfrijdende shuttles in Noordwijk wil de provincie Zuid-Holland de bereikbaarheid van het European Space Research and Technology Centre vergroten. Tenminste 2 jaar lang gaat de Navya Arma over een traject van 2,5 km passagiers vervoeren, te starten vanaf november 2019. Het voertuig zal naar verwachting 20 km/uur gaan rijden. In de eerste fase rijden de shuttles enkel op het afgesloten terrein van het ESA ESTEC. In de tweede fase gaan ze de openbare weg op en verbinden de bushalte Schorpioen met ESA ESTEC. De proef is opgezet door FutureMobilityNetwork samen met Rebel, de dienst wordt uitgevoerd door Arriva.

De shuttle op het terrein van ESA ESTEC is onderdeel van Innovatieprogramma Automatisch Vervoer Last Mile. van de MRDH. De Provincie Zuid-Holland, Gemeente Noordwijk, Gemeente Katwijk, ESA ESTEC, Arriva, Future Mobility Network en Rebel Automated Shuttles werken samen aan deze pilot.

#### **2.2.4 Projecten in voorbereiding**

Intentieverklaringen en plannen tot nader onderzoek met zelfrijdende shuttles bevinden zich in Bourtange, Hoogeveen, Ede, Den Haag, Leidschendam-Voorburg, Delft, Rotterdam, Helmond en Vaals. Voor deze projecten is minder bekend dan voor de afgeronde en operationele projecten. De route en de lengte van het traject zijn over het algemeen wel bekend. Bij alle projecten in voorbereiding gaan passagiers vervoerd worden over een gemengd traject met een afstand van 600 meter tot 3 kilometer. Er zijn een aantal pilots die zich onderscheiden. Deze pilots zijn in deze paragraaf toegelicht.



#### *OV-shuttle Vaals-Aachen*

De OV-shuttle in Vaals moet helpen om de mogelijkheden en uitdagingen van autonome shuttles voor openbaarvervoerbedrijven in kaart te brengen. Deze pilot is onderdeel van onderzoeksprogramma Interregional Automated Transport (I-AT) en onderscheidt zich door gebruik te maken van een ander voertuig, de CM Mission bus. Met dit voertuig wordt een hogere snelheid van 50 km/uur verwacht. De bus wordt naar verwachting 1 jaar lang getest op een grensoverschrijdend traject van 5 tot 6 kilometer, tussen Vaals en het universiteitsziekenhuis in Aachen. Passagiers kunnen de shuttle boeken via een online mobiliteitsplatform en gratis gebruik maken van de shuttle.



#### *Bourtange*

De pilot in Bourtange wordt voorbereid om bezoekers, schoolkinderen en pakketjes te vervoeren rondom de vesting Bourtange. De pilot moet begin 2020 starten en gaat ongeveer een half jaar duren. Deze pilot is uniek vanwege het gebied waar het plaats gaat vinden. De route zal zich kenmerken door een aantal bruggen, nauwe poorten en kasseien. Dit zijn onderdelen waar zelfrijdende shuttles moeite mee kunnen hebben. De definitieve route staat nog niet vast, maar zal tussen de 0,5 en 1 km lang zijn. Deze pilot is bovendien uniek, omdat het personen vervoert naar een toeristische bestemming en er een combinatie wordt gemaakt met pakketbezorging. De pilot in Bourtange is onderdeel van het onderzoeksprogramma @ North. Overige betrokken partijen zijn de vesting Bourtange en de gemeente Westerwolde.



#### *Rotterdam The Hague Airport*

Vanaf 2020 zouden er meerdere shuttles moeten gaan rijden tussen de metrohalte Meijersplein en de terminal van Rotterdam The Hague Airport. Doel van de pilot is om dit op termijn zelfs zonder steward te kunnen. Het gaat om een afstand van meer dan 2 kilometer tussen het metrostation Meijersplein en de aankomst- en vertrekhal van Rotterdam The Hague Airport. De initiatiefnemers verwachten dat er minimaal 4 tot 6 shuttles nodig zijn om deze 'last mile' voor reizigers te overbruggen en hopen dat zij hierdoor vaker de auto zullen laten staan. In eerste instantie rijden de shuttles met zogenaamde stewards. Deze stewards worden opgeleid, doen dienst als gastheer of -vrouw en kunnen vooral ingrijpen als de situatie daarom vraagt. In juli 2019 is de Experimenteerwet in werking getreden die rijden zonder steward op dit soort verbindingen mogelijk moet maken. De shuttles rijden vrijwel de gehele route op de openbare weg en tussen ander verkeer. Dat betekent dat het snelheidsverschil met auto's niet te groot mag zijn. Daarnaast wordt er gewerkt aan een oplossing voor het passeren van twee kruisingen. Tenslotte is de passagierscapaciteit en bagageruimte in de shuttles van belang, zodat reizigers hun koffers kunnen meenemen.



#### *Leidschendam-Voorburg*

De AVLM-lijn waar het om gaat, zal in eerste instantie van een NS-station (Station Mariahoeve) naar een groot winkelcentrum gaan lopen (het nu in aanbouw zijnde Mall of the Netherlands). De ontwikkelaar en eigenaar van dit vernieuwde winkelcentrum is een van de stakeholders die belang heeft bij een nieuwe AVLM-lijn die veel bezoekers met OV naar het winkelcentrum zal trekken en is daarom bij de projectvoorbereidingen betrokken. Er zijn ook al gesprekken met een potentiële vervoerder. Opdrachtgevende partijen, zijn ook NAVYA, de regio West-Brabant, Breda University of Applied Sciences en de TU Delft betrokken bij de proef.



#### *Vlieland*

De route op Vlieland gaat om een experiment op de ruim 1 kilometer lange weg op de openbare weg tussen de jachthaven en de afmeerplaats van de veerboot. De provincie Fryslân kijkt naar mogelijkheden met een app of een knop die het zelfrijdende vervoer moet bedienen. In de Vlielandse politiek leeft al langer de wens om onderzoek te doen naar vervoer tussen de veerdam en de jachthaven. Het huidige busvervoer slaat het havengebied en het industriegebied van het eiland over.



#### *Marineterrein Amsterdam*

De pilot zou in april 2020 moeten beginnen en zal uiterlijk oktober 2020 eindigen. Er wordt gereden met het voertuig 'Olli' van Local Motors. Het college van gedeputeerde staten wil onderzoeken hoe reizigers erop reageren en of aanpassingen nodig zijn aan de infrastructuur. Hiermee wordt ook onderzocht of er bepaalde bevolkingsgroepen (mindervaliden, ouderen, kinderen) met een zelfrijdende shuttle extra geholpen worden in hun mobiliteit. Verder wordt onderzocht hoe het voertuig reageert op andere weggebruikers en hoe de zelfrijdende shuttle kan concurreren met bestaande vervoersmiddelen.



#### *Helmond*

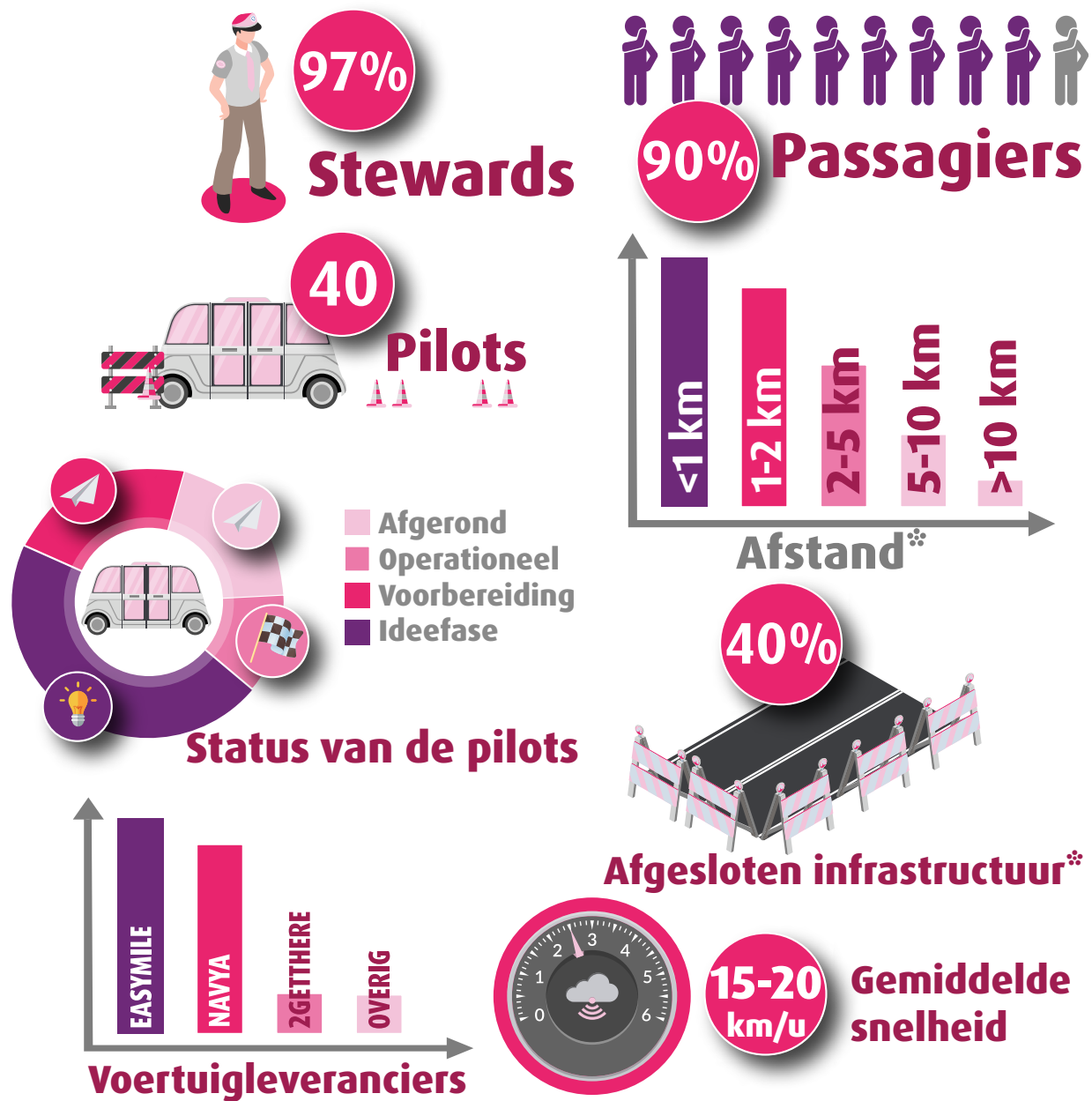
Als onderdeel van het Fabulos onderzoeksprogramma is een pilot met zelfrijdende shuttles in voorbereiding in Helmond. Tussen het treinstation en de Automotive Campus in Helmond zou vanaf 2020 een zelfrijdende elektrische shuttle mensen moeten gaan vervoeren. Er is gekozen voor een route van en naar de Automotive Campus. Deze plek ligt net buiten loopafstand van de stations.

Het Fabulos onderzoeksprogramma is een Europees onderzoeksprogramma waarin wordt onderzocht welke functie zelfrijdende shuttles kunnen vervullen in ons mobiliteitssysteem.



### 2.3 Algemene kenmerken

Figuur 2.4 geeft de algemene kenmerken van pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland schematisch weer. Echter zijn voor een aantal pilots in de ideefase nog niet alle kenmerken bekend. Dit betreft bijvoorbeeld infrastructurele kenmerken. De afstand van het traject en het percentage pilots op afgesloten infrastructuur zijn om deze reden enkel gebaseerd zijn op de pilots waarvan deze informatie reeds bekend is.



Figuur 2.4: Algemene kenmerken van pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland, peildatum November 2019

### *Stewards*

Het hoge percentage van pilots met stewards aan boord wordt veroorzaakt doordat er momenteel nog een steward aanwezig moet zijn. De Parkshuttle is de enige shuttle die passagiers vervoerd zonder steward aan boord. Met de experimenteerwet is het vanaf juli 2019 ook mogelijk te experimenteren met voertuigen zonder steward aan boord, maar met een bestuurder op afstand (Eerste Kamer der Staten-Generaal, 2019), echter is hier nog geen gebruik van gemaakt. .

### *Passagiers*

In circa 90% van de pilots worden passagiers vervoerd. De overige 10% van de pilots rijdt enkel met een steward en test bijvoorbeeld de 5G verbinding (Loppersum en Zernike Campus) of er worden uitzonderlijke scenario's getest (Eemshaven), zoals het rijden onder verschillende weersomstandigheden of tests met objectherkenning.

### *Pilots en status van de pilots*

In totaal zijn er circa 40 pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland. Het grootste deel hiervan bevindt zich nog in de ideefase. Een aantal pilots zijn in voorbereiding en er wordt verwacht dat deze binnen korte tijd operationeel worden.

### *Gemiddelde snelheid*

De gemiddelde snelheid van het voertuig ligt tussen de 15 km/u en 20 km/u. Deels is dit te verklaren door de lage maximumsnelheid van de voertuigen. Anderszijds wordt een pilot veelal met een lage snelheid ingestoken om complexe verkeerssituaties veilig te kunnen afhandelen.

### *Afstand*

De meeste pilots zijn gericht op het vervoer over korte afstanden. Het merendeel van de pilots vindt plaats over afstanden tot 5km. Waarbij het grootste deel van de pilots op afstanden tot 1 a 2 km plaats vindt.

### *Afgesloten infrastructuur*

Net iets meer dan de helft van de pilots wordt op gemengde infrastructuur uitgevoerd. Bij de overige 40% van de pilots wordt er een wegvak afgesloten voor de pilot of vindt de pilot plaats op afgesloten infrastructuur. Voorbeelden hiervan zijn Loppersum en Haga.

### *Voertuigleveranciers*

Over het algemeen worden de pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland gereden door twee voertuigtypen: de Easymile EZ-10 en de Navya Arma. De Rivium Parkshuttle rijdt met een voertuig van 2getthere. Op een klein aantal locaties worden ook andere voertuigen gebruikt, zoals de CM Mission bus. En in de toekomst ook Local Motors.

## **2.4 Onderzoeksprogramma's**

In dit hoofdstuk worden de verschillende voor zelfrijdende shuttles relevante onderzoeksprogramma's genoemd. De programma's die nu pilots in uitvoering hebben zijn apart toegelicht. Verder bestaan er een aantal onderzoeksprogramma's waar nog geen concrete pilots uit zijn voortgekomen, of zijn er pilots die zonder onderzoeksprogramma worden gefinancierd.

### **2.4.1 @North**

@North, voorheen Autonom Vervoer Noord, is een samenwerking tussen de provincies Drenthe, Fryslân en Groningen. Op het gebied van autonoom vervoer wil men hiermee dé pilotregio worden. @North ziet met name in krimpregio's veel potentie om de bereikbaarheid en leefbaarheid in Noord-Nederland te waarborgen en waar mogelijk te verbeteren met autonoom vervoer. Door de vergrijzing neemt het aantal inwoners in het buitengebied van Groningen de komende jaren verder af, wat het uitvoeren van een betaalbaar OV-systeem uitdagend maakt. Mogelijk kunnen zelfrijdende shuttles op termijn, als ze vraagafhankelijk en uiteindelijk zonder bestuurder kunnen rijden, een beter alternatief bieden voor de reizigers dan het huidige OV. Het hoofddoel van het initiatief @North is om binnen tien jaar tot goed beschikbare diverse en duurzame vormen van autonoom vervoer te komen. In @North wordt ondersteuning geboden aan vervoerders, producenten en kennisinstituten om kennis te delen en tot betaalbare slimme flexibele en duurzame mobiliteitsconcepten op het gebied van zelfrijdend vervoer te komen.

In de drie provincies is veel ruimte voor vernieuwende pilots in zowel stedelijk als plattelandsgebieden. Onderwerpen met autonoom vervoer die binnen @North veel aandacht krijgen zijn het vervoer van deur tot deur (last mile), zorg, toerisme/recreatie, verbetering mobiliteit minder validen, ouderen of kinderen en aansluiting in de spits op de treinen. Bovendien wordt hiermee gezocht naar een versterking van de economische structuur in de drie provincies te versterken.

#### 2.4.2 Innovatienetwerk Automatisch Vervoer Last Mile

Het Innovatienetwerk Automatisch Vervoer Last Mile bestaat uit gemeenten van de Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH), private partners en kennisinstellingen die werken aan last mile oplossingen voor het openbaar vervoer. Gemeenten van de MRDH zoeken actief verbinding met de Landelijke Kennisagenda en activiteiten van private partijen en kennisinstellingen. AVL M heeft de ambitie de regio te ontwikkelen tot een internationaal toonaangevend onderzoeks- en praktijkgebied voor automatisch vervoer. Volgens de Roadmap Next Economy kunnen zij met automatisch vervoer ook bijdragen aan een duurzame economische groei, meer werkgelegenheid, een betere bereikbaarheid en efficiëntie van het totale vervoerssysteem in de regio. AVL M is dan ook opgenomen in het investeringsprogramma van de MRDH.

Innovatienetwerk AVL M heeft samen met TU Delft, de gemeente Delft en de provincie Zuid-Holland het Researchlab Automated Driving Delft (RADD) opgericht op de campus van de TU Delft. Het RADD verbindt partijen en brengt innovatie van idee, via onderzoek, simulaties en labtesten naar praktijktesten uiteindelijk tot operationele toepassing in het vervoerssysteem in de MRDH.

#### 2.4.3 Interregional Automated Transport (I-AT)

Interregional Automated Transport bestaat uit 22 partners uit MKB, onderwijs- en onderzoeksdoelstellingen, grote ondernemingen, openbaar vervoerbeheerders en -bedrijven en overheidsinstellingen uit het Nederlands-Duitse grensgebied. Het doel van I-AT is het ontwikkelen van innovaties op het gebied van zelfrijdend vervoer in de mobiliteits- en logistieke sectoren in Gelderland, Noord-Brabant, Limburg en Noordrijn-Westfalen. I-AT komt voort uit het WEpods project van de provincie Gelderland en haar partners in Ede en Wageningen.

I-AT werkt aan de ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen en de uitvoering van pilots in de Nederlands-Duitse grensregio. Hiermee vergaren zij kennis over de randvoorwaarden en grensoverschrijdende toepassingsmogelijkheden voor het zelfrijdend vervoer.

#### 2.4.4 Overige programma's

Er bestaan verschillende onderzoeksprogramma's waar nog geen concrete plannen voor pilots met zelfrijdende shuttles uit zijn voortgevloeid. Deze onderzoeksprogramma's bevatten pilots in de ideefase of in de voorbereidingsfase. Zo worden er met het project SUMMALab in het programma Smart Mobility Amsterdam onderzoeken naar last mile oplossingen met automatische shuttles in Amstelveen gepland. De Provincie Flevoland heeft het Smart Mobility Actieplan Flevoland opgesteld, waarbij het zich in eerste instantie richt toepassingen van zelfrijdende shuttles rondom Lelystad Airport. Ook voert de Provincie Noord-Holland een studie uit naar potentiële locaties voor zelfrijdende shuttles.

Het Europese onderzoeksproject Fabulos onderzoekt wat er nodig is voor goed werkend openbaar vervoer met zelfrijdende shuttles. Hieruit zijn echter nog geen concrete pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland gekomen. Helmond is een van de deelnemende steden binnen Fabulos. De pilot met zelfrijdende shuttles in Helmond is in voorbereiding en moet binnen 3 jaar gerealiseerd worden. Ook bestaan er pilots zonder groot onderzoeksprogramma. Zo wordt de pilot met zelfrijdende shuttles in Drimmelen gerealiseerd met gedeeltelijke financiële steun van de Provincie Noord-Brabant en Regio West-Brabant. De visie 'Gedeelde Mobiliteit is Maatwerk' van de provincie Noord-Brabant zet in op een verandering van klassiek OV naar mobiliteit als dienst.





Bron foto: NRC.nl;  
fotograaf Olivier Middendorp

# 3.

## Geleerde lessen

Dit hoofdstuk laat de geleerde lessen zien die zijn opgehaald in de gesprekken met projectleiders, initiatiefnemers, RDW en waar mogelijk ook met stewards. In deze gesprekken zijn de vragen uit Bijlage 1 gebruikt als leidraad voor de gesprekken met de genoemde partijen uit hoofdstuk 1. Dit zijn vragen over het functioneren van de shuttles, beleid en organisatie, use cases, gebruikers en de verkeersveiligheid en infrastructuur. In dit hoofdstuk zijn de geleerde lessen die zijn opgehaald gebundeld per onderwerp. In hoofdstuk 4 wordt de opgehaalde informatie gebruikt om antwoord te geven op de onderzoeksvragen.

### 3.1 Functioneren shuttles

Het functioneren van de zelfrijdende shuttles in de pilotomstandigheden is onderverdeeld naar het algemene beeld, onderlinge verschillen, interactie met overige weggebruikers, disengagement, weersomstandigheden en overige zaken. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

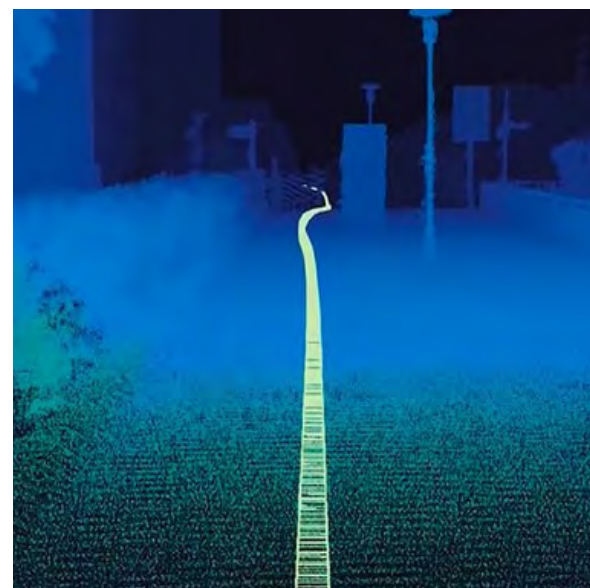
#### 3.1.1 Algemeen beeld

In de pilots en toepassingen in Nederland zijn de meest toegepaste shuttles de 2getthere GRT, de Navya Arma en de Easymile EZ-10. Wereldwijd zijn er meer typen zelfrijdende shuttles van verschillende fabrikanten beschikbaar (zoals Local Motors, HEAT, Coast Pilots), maar die zijn nog niet toegepast binnen de

Nederlandse pilots. De onderzochte pilots vinden veelal plaats op (verbreedde) fietspaden, afgesloten wegdelen of gemengde infrastructuur met een lage verkeersintensiteit en snelheid. De afstanden waar de shuttles op rijden zijn veelal kort (max 1,5 km) en de omstandigheden zijn gecontroleerd door de RDW om het functioneren van de shuttles goed te kunnen monitoren. De maximale snelheden zijn 15-20 km/u. Binnen de onderzoeksprogramma's (zoals AVL M en @North) in Nederland waar veel pilots onderdeel van uit maken wordt een stapsgewijze aanpak gehanteerd. In iedere pilot wordt telkens een stukje complexiteit toegevoegd ten opzichte van de voorgaande pilots.

In alle pilots wordt er in de basis gebruik gemaakt van dezelfde techniek qua routing. Hierbij wordt er gereden volgens een vooraf geprogrammeerde route (door middel van HD-maps en geofencing). Het voertuig rijdt door middel van locatiebepaling via o.a. GPS als het ware over een virtuele rails van A naar B, zie figuur 3.1 voor een voorbeeld. Per pilot wordt er gekeken welke functionaliteiten van het voertuig er nodig zijn voor het rijden met de shuttles in de beoogde pilotomstandigheden en de daarbij geldende onderzoeksvragen. Om vervolgens op basis van de technische functionaliteiten het juiste voertuig erbij te matchen. Op basis van de gevoerde gesprekken kan geconcludeerd worden dat in veel gevallen de routes van de pilots

gekozen worden op basis van waar een bepaald type voertuig naar inzicht van de fabrikant en de pilotorganisatie in staat is om te rijden. Vervolgens worden deze routes vaak nog op een aantal punten aangepast om het daadwerkelijk mogelijk te maken. Het kiezen van een route gebeurt dus veelal op basis van het technisch functioneren van een voertuig en niet primair op de aanwezigheid van een vervoervraag.



Figuur 3.1: Virtuele rails; bron: Navya.tech



Een veel terugkomend aspect over het functioneren van de voertuigen is het bereik van de sensoren (de oogkleppen) van de voertuigen, welke steeds beter wordt. Dit leidt tot een betere objectherkenning en een verbetering in het bijbehorend gedrag van het voertuig. Bij de eerste pilots die vanaf 2016 zag het voertuig nog met enige regelmaat iets dat niet aanwezig was (een false positive), waarop een remming tot stilstand volgde. Tegenwoordig is men beter in staat om ook false positives te herkennen en hier het rijgedrag op aan te passen, door bijvoorbeeld slechts een klein beetje remmen in plaats van een stop tot stilstand.

De RDW merkt op dat het functioneren van zelfrijdende shuttles veelal is gebaseerd op het opereren op eigen infrastructuur en van oorsprong is ingegeven door de rail richtlijnen vanuit de people movers en monorails. De standaarden (voor bijvoorbeeld een lagere waarde voor de remvertraging) die daarin gebruikt worden zijn anders dan die voor het wegverkeer. Dit strookt niet met toelating tot de openbare weg. Als gevolg daarvan is de mitigerende maatregel de steward, die het mogelijk maakt om middels de noodknopprocedure op volle kracht te kunnen remmen. Een belangrijke uitdaging als steward het voertuig uit gaat, is dus de remvertraging. In het gesprek met de RDW blijkt dat nog geen ontheffing gegeven kan worden voor een voertuig zonder steward met een remvertraging die zijn oorsprong kent uit de railstandaarden. Daarnaast zijn gordels dus bijzonder belangrijk bij het weghalen van de steward uit het voertuig en zijn noodstops voor false positives erg risicovol in mixed traffic.

### 3.1.2 Onderlinge verschillen

Bij het opzetten van pilots met zelfrijdende shuttles heeft de pilotorganisatie de mogelijkheid om een shuttle “van de plank” te kopen of te leasen. Het primaire verschil tussen leasen en kopen zit in de verantwoordelijkheid voor het onderhoud en de technische ondersteuning. Zo is bij het leasen van een zelfrijdende shuttle de voertuigleverancier verantwoordelijk voor het up-to-date houden van de software van het voertuig. Leasen is hierdoor, mede door de snel veranderende techniek het meest gebruikelijke. Echter zijn de mogelijkheden voor technische aanpassingen dan beperkt. In Nederland zijn er een tweetal pilots waarin shuttles zijn omgebouwd tot zelfrijdende shuttles (WEpods en het Mission voertuig), hierin worden de functionaliteiten van de shuttles grotendeels zelf bepaald door de ontwikkelaars. Opvallend is dat de Easymile EZ-10 en de WEpod er van buiten precies hetzelfde uit zien, terwijl onder de motorkap het twee verschillende shuttles zijn. Het voertuig wat bij het WEpod project gebruikt werd, is de EZ-10 van Easymile. De kale voertuigen zijn door het project aangekocht en aangepast. Het voertuig is standaard uitgerust met een aantal basis sensoren en camera's. Het projectteam heeft de diverse onderdelen aan het voertuig toegevoegd om het voertuig slimmer te maken<sup>1</sup>. zie ook figuur 3.2.

#### *Technische mogelijkheden van zelfrijdende shuttles*

Tussen de verschillende voertuigfabrikanten treden er legio verschillen op in de technische mogelijkheden. Zo zijn nog niet alle voertuigleveranciers in staat om de virtuele veiligheidszone rondom het voertuig dynamisch in te richten om bijvoorbeeld het voertuig automatisch door voor het voertuig bekende smalle

objecten heen te bewegen (zoals een poort). Uit de gesprekken bleek dat de technische mogelijkheden van de voertuigen bij het opzetten van een pilot vooraf doorgaans rooskleuriger worden ingeschat door voertuigleveranciers. In de pilotomgeving blijken er veelal infrastructurele aanpassingen nodig te zijn om het automatisch functioneren van de shuttles daadwerkelijk mogelijk te maken. De infrastructurele aanpassingen zijn beschreven in paragraaf 3.5.



Figuur 3.2: boven: Easymile EZ-10 (standaard), onder: WEpod met monteur van de TU Delft; bron: TUDelft.nl



### *Het inleren van zelfrijdende shuttles*

Het inleren en testen van de shuttles vindt op verschillende manieren plaats. Zo worden doorgaans de pilotomstandigheden in Lelystad op een afgesloten terrein bij de RDW nagebootst om zo de primaire functionaliteiten van het voertuig te kunnen testen.. Bij veel pilots binnen het Autonoom Vervoer Noord programma wordt simulatie ingezet om shuttles vooraf kennis te laten maken met verschillende verkeerssituaties langs de route. De software van de shuttles wordt dan in de simulatieomgeving ingeladen, het voertuig berijdt de route in de simulatieomgeving en ondergaat diverse verkeerssituaties die uit een grote set worden gekozen (vb. spelend kind met een bal, mensen die achter een halterende bus vandaan komen en oversteken). Na de simulatie wordt de software weer terug in het voertuig geladen, inclusief de nieuwe leerervaringen.

Daarnaast worden shuttles ook op de daadwerkelijke route geplaatst om de route in te meten en te testen. Dit gebeurt veelal op een afgesloten route en onder de supervisie van een bestuurder. De instellingen van de voertuigen zijn verschillend per pilotlocatie, wat betekent dat een voertuig wat een ontheffing heeft gekregen voor een bepaalde locatie niet zomaar op een andere locatie gebruikt mag worden. De benodigde tijd voor het inleren lijkt in veel pilots veelal overschat te worden. Deze overschatting lijkt voort te komen uit een voorzichtigheid vanuit de projectorganisaties om voldoende tijd te hebben om in te kunnen spelen op onvoorziene omstandigheden.

### *Rolstoelvervoer*

Het vervoeren van rolstoelen is niet in alle pilots toegestaan, ondanks dat bijna alle shuttles zijn uitgerust met een rolstoelplank. Hier treden opmerkelijke onderlinge verschillen op. Zo is het in de pilot in Scheemda (2018) niet toegestaan een rolstoel mee te nemen<sup>2</sup>, terwijl dit in de shuttles bij het HAGA-ziekenhuis in Den Haag (2019)<sup>3</sup>, Drimmelen (2019) en bij ESA-ESTEC (2019)<sup>4</sup> wel toegestaan is. Ondanks dat de shuttles in de genoemde pilots van hetzelfde type en leverancier zijn, zit het verschil in het tijdpad waarin de pilots zijn opgezet. Ten tijde van de pilot in Scheemda was er nog geen ontheffing verleend voor het vervoeren van rolstoelen. Er gelden bij het vervoer van rolstoelen eisen voor de maximale afmetingen van de rolstoel. De voornaamste reden voor het beperken van de afmetingen is om te voorkomen dat de rolstoel de plek van de steward inneemt.

### **3.1.2 Interactie met overige weggebruikers**

Er vindt interactie met voetgangers, fietsers, auto's en hulpdiensten plaats in sommige van de (zie paragraaf 1.1) onderzochte pilots. Alle shuttles zijn elektrisch uitgevoerd en zijn daardoor erg stil, om ze te laten opmerken door overige weggebruikers wordt er doorgaans een "trambel" geïnstalleerd, daarnaast beschikken de shuttles over een claxon die door de steward bediend kan worden. De trambel bleek al in de pilot in Appelscha een goede oplossing om andere weggebruikers op het voertuig te attenderen. De trambel wordt overigens ook veel toegepast bij andere elektrische voertuigen zoals elektrische bussen en vrachtwagens. De overige weggebruikers worden bij nagenoeg alle pilots gewaarschuwd middels bebording.

Er vindt nagenoeg geen communicatie plaats tussen de shuttles en de overige weggebruikers waarin het rijgedrag van de shuttles wordt aangeduid. Ondanks dat in een recent rapport van SWOV<sup>5</sup> is aangetoond dat de overige weggebruikers het fijn vinden om de intenties van een zelfrijdend voertuig te kennen. Enkel de WEpods voertuigen hebben een lichtbalk aan de buitenkant van het voertuig waarop korte mededelingen geplaatst kunnen worden.

Over het algemeen lijken de zelfrijdende shuttles positief ontvangen te worden door de overige weggebruikers. Er zijn ten tijde van het schrijven geen aanrijdingen in Nederland bekend tussen een overige weggebruiker en een zelfrijdende shuttle waarbij letsel is ontstaan. In Drimmelen is er echter wel een aanrijding geweest tussen een auto die een parkeervak verliet en de shuttle van Navya. Recent onderzoek van SWOV, laat zien dat voetgangers en fietsers weinig verschil in gedrag vertonen tussen zelfrijdende en normale shuttles. Van de overige weggebruikers lijkt de voetganger in de verschillende pilots het meest onvoorspelbaar qua gedrag, deze wordt dan ook in een aantal pilots door middel van belijning gescheiden van de shuttles, zie als voorbeeld de HAGA shuttle in figuur 3.3.



Figuur 3.3: Impressie route HAGA shuttle

<sup>2</sup> FAQ: Veel gestelde vragen zelfrijdende shuttle Scheemda  
<sup>3</sup> Algemene voorwaarden voor vervoer per zelfrijdende shuttle uitgevoerd door Haga Shuttle B.V.  
<sup>4</sup> The Future Mobility Network "Officiële opening automatische shuttle ESA ESTEC"  
<sup>5</sup> Zelfrijdende voertuigen; wat betekent dat voor fietsers en voetgangers? R-2017-22

#### Controle van complexe interactiemomenten

In een aantal van de onderzochte pilots worden door middel van geplande stops complexe interactiemomenten met overige weggebruikers gecontroleerd. Op deze geplande stops neemt de steward tijdelijk de controle over. In Scheemda waren veel fietsers al bekend met een voertuig (golfkarretje) op hun route, dit heeft positief bijgedragen aan de omgang met de zelfrijdende shuttles. In Appelscha is er op kruisingen met op- en afritten van de provinciale weg N381 gebruik gemaakt van verkeersregelaars om de interactie tussen de zelfrijdende shuttle en het autoverkeer te ondersteunen, zie figuur 3.4.



Figuur 3.4: Verkeersregelaar bij pilot Appelscha; bron: Volkskrant

#### 3.1.4 Rijtaakonderbrekingen

Zelfrijdende shuttles zijn in staat om al naar gelang de mate van automatisering rijtaken automatisch uit te voeren. Deze rijtaken kunnen gepland en ongepland onderbroken worden. Geplande onderbrekingen van de automatische rijmodus zijn doelmatig ingepland om de veiligheid te kunnen borgen of om bepaalde functionaliteiten van het voertuig te kunnen onderzoeken. Ongeplande onderbrekingen zijn onderbrekingen van de automatische rijmodus die niet vooraf programmeerbaar zijn of onverwacht optreden dankzij lokale pilotomstandigheden. Ongeplande onderbrekingen kunnen zowel door de software van het voertuig als mede door de steward worden ingezet.

##### Gepland

In de pilots wordt de automatische rijmodus meermaals gepland onderbroken om de veiligheid van de tests te kunnen garanderen. De automatische rijmodus is in Scheemda ook planmatig meerdere keren tijdens de route onderbroken. Zo waren in het begin van de pilot 8 “geplande stops” ingebouwd waar het voertuig stopte om de steward de situatie te laten beoordelen en de automatische rijmodus weer in te schakelen. Deze geplande stops lagen bijvoorbeeld bij kruisingen met fietsers en voetgangers of bij kruisingen met onvolledig zicht. De geplande stops zijn stapsgewijs afgebouwd naarmate het veilig bleek.

Het voertuig herkent de objecten steeds beter en rijdt er nu langzaam voorbij i.p.v. te stoppen. Bij de WEpods werd de automatische rij-modus bijvoorbeeld gepland onderbroken bij kruisingen met de busbaan of met overig verkeer. Na observatie van de verkeerssituatie door de steward werd de automatische rijmodus weer ingeschakeld. Daarnaast wordt bij het halteren (het stoppen bij een halte om reizigers te laten in en uitstappen)

de automatische rij-modus onderbroken. De geplande stops (niet zijnde de stops op de haltes) hebben als mogelijk negatief effect dat het voertuig stopt, terwijl medeweggebruikers verwachten dat het voertuig doorrijdt. In gemengd verkeer kan dit leiden tot gevaarlijke situaties.

##### Ongepland

In de pilots wordt de automatische rijmodus meermaals ongepland onderbroken. Er zijn diverse oorzaken voor deze ongeplande onderbreking van de automatische rijmodus. Waarbij een deel van de onderbrekingen terug te redeneren is aan de technische prestaties van het systeem:

- Wegvallen van het gps-signaal, waardoor het voertuig afwijkt van de geprogrammeerde route en zelfstandig tot stilstand komt;
- Extreme hitte (zie ook weersomstandigheden) die de boordcomputers oververhitten, waarna het voertuig tot stilstand komt en opnieuw opgestart dient te worden;
- In Scheemda kruist de route van de shuttles met de uitrukroutes voor de ambulance en de brandweer, doordat de shuttles nog niet technisch in staat zijn te communiceren en te acteren op een uitruksituatie van de hulpdiensten zijn de stewards voorzien van pieper om in geval van een uitruk uit voorzorg de automatische rijmodus te onderbreken om eventuele hinder van de hulpdiensten te voorkomen;
- In de pilot bij Drimmelen is er een auto bij het verlaten van een parkeervak tegen de zelfrijdende shuttle aangereden. Hierdoor is de shuttle tot stilstand gekomen. Hierbij zijn geen gewonden gevallen, en het is een ongeluk die ook bij regulier verkeer regelmatig voorkomt. Er loopt momenteel een onderzoek naar de verdere oorzaken.

Het overige deel wordt veroorzaakt door externe invloeden binnen de pilotomstandigheden. Een breed scala aan oorzaken treedt op in de Nederlandse pilots. Een belangrijk deel van de onderbrekingen worden veroorzaakt door het onderbreken van de virtuele veiligheidsruimte rondom het zelfrijdende voertuig:

- Inhalende auto die de zelfrijdende shuttle te “dichtbij” passeert;
- Fietser binnen de veiligheidsruimte;
- Geparkeerde auto's binnen de geprogrammeerde route;
- Verandering van de gebouwde omgeving langs de route;
- Werkzaamheden langs de route;
- Bermbegroeiing (hoog gras) en bladeren;
- Begroeiing van de weg zoals onkruid;
- Kleine bewegende objecten zoals een vogel, een wapperend afzetlintje of een paraplu.

#### *Overige oorzaken*

Het technisch niet kunnen uitwijken van de route zorgt voor een belangrijk deel van de ongeplande stops. Bij ieder object wat zich binnen de veiligheidszone rondom het voertuig bevindt moet de steward handmatig om het object heen rijden en vervolgens het voertuig weer in de automatische rij-modus zetten. Er vindt momenteel op dit vlak veel ontwikkeling plaats om wel tijdelijk van de geprogrammeerde route te kunnen afwijken (vb. nieuwe generatie Easymile EZ-10). In Weeze is de route ingemeten in de winter, dus zonder bladeren aan de bomen, hierdoor ziet het voertuig in de zomer veel meer objecten dan dat in de basissituatie is ingeladen in het systeem.

#### *Delen van voertuig specifieke data bij commercieel opgezette pilots*

Het delen van voertuigspecifieke informatie bij commercieel opgezette pilots bleek gedurende de interviews aanzienlijk lastiger dan pilots die door de overheid opgezet zijn. Middels een Non-Disclosure Agreement (NDA) tussen de voertuigleverancier en de operator zijn veel zaken ten aanzien van voertuigspecifieke informatie, zoals hitrates, objectdetectie van false positives, ghost obstacles (voor het voertuig ondefinieerbare objecten) en de daarbij behorende ongeplande stops vanuit concurrentieoverwegingen veelal niet of slechts beperkt deelbaar met andere partijen. Bij de pilots die door de overheid zijn opgezet is men doorgaans veel opener over het delen van informatie. De RDW ontvangt echter wel alle relevante informatie middels periodieke rapportages over het functioneren van voertuigen.

### 3.1.5 Weersomstandigheden

De pilots lijken tot nu toe in het algemeen goed binnen de tot nu toe voorgekomen weersomstandigheden te kunnen opereren. Er zijn ook een aantal tests gedaan met een aantal pilots bij zware regenval. Tot nu toe heeft het functioneren van de voertuigen geen hinder gehad van de weersomstandigheden. Tot nu toe is hierop één uitzondering geweest, zo had de shuttle in Weeze last van oververhitting van de boordcomputers bij extreme hitte (+35C). Tijdens de dagen waarop deze extreme hitte optrad zijn er aanpassingen aan de dienstregeling gedaan om het voertuig voldoende tijd te gunnen om te kunnen koelen. Op dit moment mogen de shuttles nog niet onder alle weersomstandigheden (vb. sneeuw en ijs) rijden. Dit komt omdat daarvoor goedkeuring nodig is van de RDW. Die goedkeuring is er nu nog niet, om de simpele reden dat dit nog nooit getest is omdat deze omstandigheden zich nog niet hebben voorgedaan gedurende de looptijd van de pilots. In het buitenland zijn hier wel al enkele tests mee gedaan, zie figuur 3.5.



Figuur 3.5: Easymile EZ-10 in de sneeuw in het poolgebied; Bron: AutomobielManagement.nl



### 3.1.4 Monitoring van het functioneren van de shuttles

Het functioneren van de shuttles wordt middels logboeken vastgelegd. Deze logboeken worden als onderdeel van de ont-heffing periodiek naar de RDW gestuurd. De logboeken worden veelal digitaal via het dashboard van de voertuigleverancier (vb. Navya Lead, zie figuur 3.6) gegenereerd. Via deze dashboards is de actuele status van de shuttles zichtbaar, alsmede de geprogrammeerde route en loggen bijvoorbeeld ook de geplande en ongeplande stops. De digitale dashboards zijn veelal ook gekoppeld aan de controlekamers van de betreffende vervoers. Daarnaast logt in veel pilots de steward de optredende errors en bijzonderheden. Deze worden veelal met de voertuigfabrikant besproken om zo de technische mogelijkheden van de shuttles verder te verbeteren.

## 3.2 Beleid en organisatie

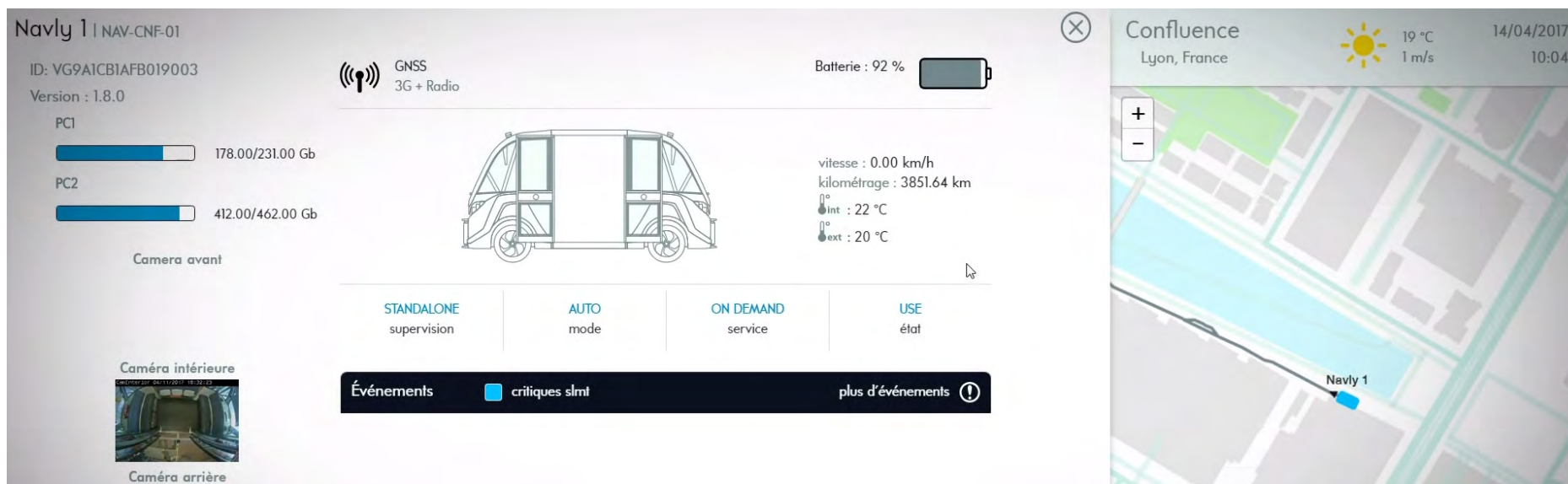
### 3.2.1 Organisatie van de pilots

In Nederland worden pilots zowel vanuit de (veelal lokale) overheid geïnitieerd alsmede vanuit de markt. Pilots waarbij het initiatief bij de overheid ligt of lag zijn bijvoorbeeld: WEpods, Drimmelen en alle pilots binnen het @North programma. Pilots die vanuit de markt worden georganiseerd zijn bijvoorbeeld HAGA-shuttle en de pilot bij ESA-ESTEC. De pilots binnen het AVL-M-programma worden wel (deels) door de overheid geïnitieerd, echter hebben marktpartijen hier een veel grotere rol in het realiseren van de pilots.

Marktpartijen krijgen bij het realiseren van een pilot vaak doelstellingen vanuit de lokale opdrachtgevers mee, echter hebben veel marktpartijen ook een eigen belang wat niet per se gelijk

hoeft te zijn aan het overheidsbelang. Dit kan een remmend effect opleveren voor het delen van leerervaringen door commerciële marktpartijen.

Het uitvoeren van een pilot met zelfrijdende shuttles is voor marktpartijen momenteel niet mogelijk zonder subsidie. De kosten voor de techniek zijn nog te hoog om een sluitende business case te kunnen maken. Daarnaast worden er momenteel in de pilots geen vergoedingen van reizigers gevraagd. Een voorbeeld van de nog onrendabele business case is de pilot met zelfrijdende shuttles tussen Rotterdam The Hague Airport en metrohalte Meyersplein. Deze is in 2016 door de Verkeersonderneming als tender uitgebracht op de marktplaats voor infrastructuur. Er waren drie partijen/consortia geïnteresseerd (2gether, er



Figuur 3.6: Dashboard Navya Lead; Bron: Navya.tech

APPM-Engie-Nissan-Connexxion, RET), echter heeft er uiteindelijk geen enkele partij ingeschreven en is de tender mislukt. De voornaamste redenen waarom de geïnteresseerde partijen niet hebben ingeschreven waren<sup>1</sup>:

- Geen sluitende business case binnen de geldende voorwaarden;
- Onduidelijkheid over verdeling en het dragen van de risico's tussen markt en overheid;
- Geen van de partijen achtte het mogelijk aan de gevraagde tijdlijn van het project te kunnen voldoen;
- De gevraagde 100% private realisatie bleek niet mogelijk;
- Onduidelijkheid over verplichte samenwerking met de zittende vervoerder en het verlopen van de OV-concessie binnen de looptijd van het project.

Dat toepassingen met zelfrijdende shuttles nog niet zonder overheidssubsidie kunnen opereren blijkt ook uit het gunningsbesluit voor de Parkshuttle. In het hierna volgende intermezzo verder toegelicht.

#### *OV-concessies*

Ondanks dat er bij nagenoeg alle pilots een OV-bedrijf betrokken is geen van alle pilots gekenmerkt als zijnde OV en worden de pilots buiten de bestaande concessies om georganiseerd middels toestemming van de concessieverlener. Wel is er binnen veel van de bestaande OV-concessies ruimte om innovaties zoals zelfrijdende shuttles binnen de lopende concessie op te nemen. De Rivium Parkshuttle is momenteel als enige pilot in een OV-concessie ondergebracht, maar is dan ook geen pilot maar

een structurele toepassing. De voornaamste reden om de pilots nog niet onder te brengen in een OV-concessie is om voldoende experimenteerruimte te bieden. Als een pilot als OV wordt gekenmerkt zitten daar ook eisen ten aanzien van betrouwbaarheid, rituitval etc. aan vast en dient er voor het vervoer betaald te worden. Dit is tegenstrijdig met het experimentele karakter van de huidige pilots. Daarnaast moeten de voertuigen worden uitgerust met een extra apparatuur (vb. OV-chipkaartlezer) wat de pilot duurder zou maken.

Een aantal van de in Nederland actieve OV-bedrijven zijn aandeelhouder van een aantal voertuigfabrikanten. Zo is Syntus (Keolis Group) aandeelhouder van Navya, Connexxion (Trandsev Group) van i-Cristal (figuur 3.7) en is Easymile deels in handen van treinfabrikant Alstom.

<sup>1</sup> Casestudy Rotterdam The Hague Airport: een analyse van de toepassing van automatisch vervoer bij Rotterdam The Hague Airport - R. Boersma, M. Kort, B. van Arem, F. Rieck



Figuur 3.7: i-Cristal van Lohr en TransDev; Bron: Magzter.com







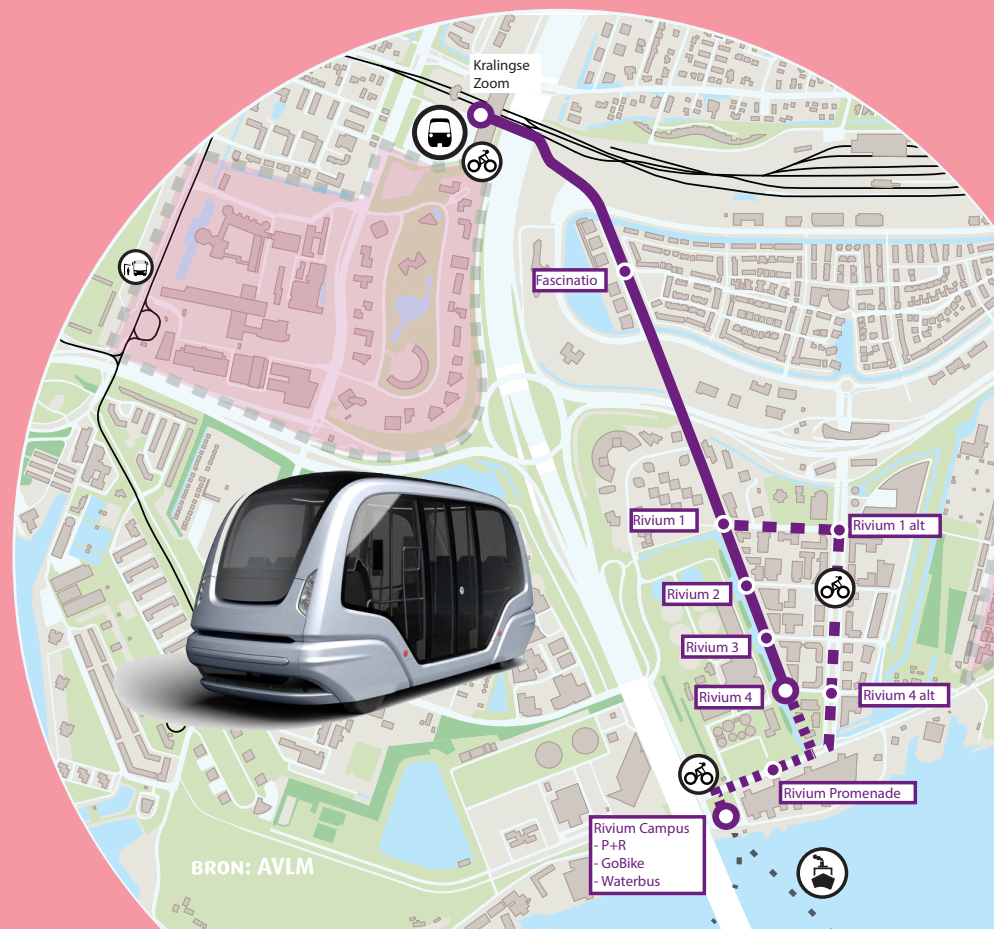
In Nederland is er momenteel slechts 1 concessie waarin zelfrijdende shuttles zijn opgenomen. Dit is een lijnconcessie waarin de parkshuttle Rivium sinds 2008 in is ondergebracht. De lijn verbindt het bedrijvenpark Rivium met het metrostation Kralingse Zoom. De huidige concessie loopt van 2019 t/m 2033 en is gegund aan Connexxion. De vloot bestaat uit 6 voertuigen die op werkdagen rijden tussen 06:00-21:00. Dagelijks maken circa 1.100 reizigers gebruik van de lijn<sup>1</sup>, welke een lengte van 1,8km heeft en op door hekken en slagbomen afgesloten infrastructuur rijdt. In de toekomst wordt de huidige route verlengd naar de waterbushalte, deze verlening zal (grotendeels) in gemengd verkeer plaatsvinden. Connexxion is opbrengstverantwoordelijk, dat wil zeggen dat zij naast een jaarlijkse exploitatiesubsidie de opbrengsten uit de kaartverkoop ontvangt om een sluitende business case ten behoeve van de exploitatie te kunnen opstellen. De jaarlijkse exploitatiesubsidie bedroeg in 2017 €576.000,- en wordt in de nieuwe concessie met €20.000,- verhoogd tot €596.000<sup>2</sup>. Voor aanschaf van de nieuwe voertuigen kon Connexxion gebruik maken van een eenmalige investeringsubsidie van de Verkeersonderneming (aangevraagd door gemeente Capelle a/d IJssel en 2getthere) van €3,25 miljoen.

De gemeente Capelle aan den IJssel draagt zelf zorg voor de kosten wat betreft beheer en onderhoud van de Parkshuttle infrastructuur. Naar verwachting zal de Rijksdienst voor het

Wegverkeer in ieder geval in de beginfase op het uitbreidingsdeel (waar de Parkshuttle over de openbare weg rijdt) begeleidende stewards verplicht stellen. Gemeente Capelle a/d IJssel vergoedt aan Connexxion de kosten van inzet van deze stewards. Connexxion draagt wel zelf zorg voor het beschikbaar stellen van de benodigde stewards. Daarnaast stelt Capelle een aanvullende financiële bijdrage beschikbaar aan Connexxion.

Connexxion is verantwoordelijk voor de opbrengsten uit kaartverkoop. Net als in de huidige situatie verleent de MRDH een vaste exploitatiesubsidie per jaar, ter dekking van de dan nog resterende kosten. Connexxion is risicodragend voor alle risico's die verbonden zijn bij de implementatie en uitvoering van de concessie. Voor een aantal extreme situaties zijn aparte afspraken gemaakt. Voor een beperkt aantal specifieke risicoposten is MRDH risicodragend. De concessieperiode bedraagt 15 jaar; de afschrijvingsperiode van de voertuigen 20 jaar. Connexxion draagt er zorg voor dat de voertuigen zodanig worden onderhouden dat deze daadwerkelijk 20 jaar kunnen worden ingezet. MRDH heeft een

overnameregeling opgenomen, zodat na afloop van de concessieperiode voertuigen kunnen worden overgedragen aan de daaropvolgende concessiehouder.



### Betrokken partijen

Een pilot realiseer je niet alleen. Bij iedere pilot is er een groot samenspel aan actoren betrokken. Per type pilot verschilt ook het type actoren. Zo zijn bij onderzoekspilots veelal meer technische partijen betrokken terwijl bij pilots waar de nadruk op de reiziger ligt, veelal OV-bedrijven betrokken zijn. Het aantal bedrijven dat zich op de “zelfrijdende markt” bevindt is groot en neemt nog verder toe in rap tempo<sup>1</sup>.

Voor de pilots in Nederland volgde uit een inventarisatie van de betrokken partijen en categoriseerden de volgende acht categorieën:

- OV Vervoerders: zoals HTM, Arriva/DB, Connexxion/Transdev;
- White label partijen: Future Mobility Network, Rebel Automated Shuttles;
- Voertuigleveranciers: Navya, 2getthere, Easymile;
- Diverse technologiebedrijven, zoals: NVIDIA, KPN, RoboTuner/GreenDino TomTom;
- Overheden: Gemeenten, Provincies, OV-autoriteiten, regionale samenwerkingsverbanden;
- Certificeringsinstanties: RDW, SWOV; Wegbeheerders;
- Onderzoeksinstituten: TU Delft, BUAS, RUG, InHolland;
- Overige deelnemers: bedrijven, ziekenhuizen, lokale ondernemers.

De samenstellingen van de betrokken partijen verschillen per pilot en zijn afhankelijk van de doelstellingen van de pilot. Zo zijn overheden soms opdrachtgever terwijl ze in andere pilots als faciliterende partij (bijv. als wegbeheerder) optreden.



Figuur 3.8: Betrokken partijen na het tekenen intentieverklaring pilot ESA ESTEC; Bron: denoordwijker.nl

Bij nagenoeg alle pilots is een OV-vervoerder betrokken. In Nederland zijn momenteel Arriva, HTM en Connexxion betrokken bij de pilots of toepassingen met zelfrijdende shuttles. Keolis heeft in het buitenland de nodige ervaring, maar is nog niet actief in Nederland. De verwachting is dat RET en EBS in de komende jaren ook betrokken zullen zijn bij nieuwe pilots. Samenwerken met een OV-bedrijf wordt als een van de factoren gezien voor een succesvolle realisatie van een pilot. Aangezien men al de nodige ervaring heeft met de operationele aspecten van OV en reeds in het bezit zijn van een meldkamer.

Het aantal voertuigleveranciers wat momenteel in Nederland actief is (geweest) beperkt zich tot 4 partijen (2getthere, Navya Easymile en Urban Mobility Systems (Mission voertuig). In het buitenland zijn er ook andere partijen actief, echter zijn deze nog niet tot de Nederlandse markt toegetreden. Daarnaast is er een aantal initiatieven waarbij bestaande voertuigen worden omgebouwd tot zelfrijdende voertuigen. Met slechts 4 gevestigde voertuigleveranciers is het een pril ecosysteem waarin nog maar beperkt concurrentie kan plaatsvinden zonder dat het ten koste gaat van de kwaliteit van de voertuigen.

<sup>1</sup> Marktkennening AVLM Metropoolregio Rotterdam Den Haag: 2017 Innovation Quarter

Onderzoeksinstellingen spelen een belangrijke rol in het beantwoorden van de leervragen en doelstellingen van de pilot. Daarnaast brengen ze vaak technische kennis in. De RDW en SWOV zijn bij iedere pilot betrokken aangezien deze partijen gezamenlijk met de lokale wegbeheerder een ontheffing moeten verlenen voor het doen van een proef met zelfrijdende voertuigen. De technologiebedrijven zijn met name actief binnen pilots waar de onderzoeksdoelstellingen gerelateerd zijn aan het technisch verbeteren van het functioneren van de voertuigen.

In Nederland is momenteel één white label partij (Future Mobility Netwerk samen (FMN) met Rebel) actief die vragen vanuit de overheid met de markt verbindt. Per pilot wordt er dan een losstaande BV opgericht die formeel de opdracht vervult. FMN en Rebel zetten in op een langjarige implementatie van pilots en systemen. Deze worden altijd uitgevoerd in samenwerking met een OV-bedrijf (vb. HTM bij de HAGA shuttle). Bijvoorbeeld HTM voert deze taken uit in opdracht van de Haagse Shuttle BV.

### 3.2.2 Ontheffing en toelating

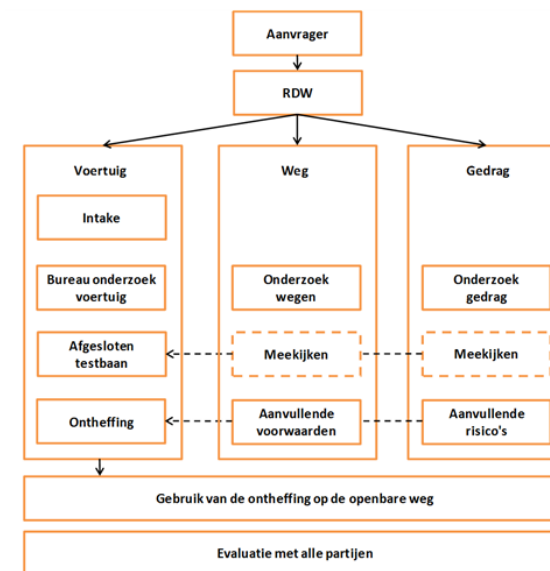
De toelatingsprocedure voor zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse wegen bestaat uit drie nauw met elkaar samenhangende onderdelen: voertuig, weg en mens (gedrag) zoals zichtbaar in figuur 3.9. Bij beoordeling van een praktijkproef is de Dienst Wegverkeer (RDW) verantwoordelijk voor het onderdeel 'voertuig', de wegbeheerder of CROW Taskforce Dutch Roads voor het onderdeel 'weg' en SWOV voor het onderdeel 'gedrag'. Het SWOV-advies richt zich daarbij vooral op de verkeersveiligheid en op hoe de proeven met zelfrijdende voertuigen zo veilig mogelijk kunnen worden uitgevoerd. De basis randvoorwaarden waaraan voldaan moet worden, zijn opgenomen in het beoordelingskader van de RDW. Deze randvoorwaarden zijn

onderverdeeld naar voertuig, gedrag en overig. De RDW doorloopt het proces voor het voertuig, de wegbeheerder doorloopt het proces voor de route / de weg en SWOV doet dit voor het onderdeel gedrag. Het is uit figuur 3.9 duidelijk zichtbaar dat de RDW de uiteindelijke partij is die de ontheffing verleent voor het gebruik van zelfrijdende voertuigen op de weg, en dat de wegbeheerder en SWOV input geven aan de RDW voor het verlenen van de ontheffing in een adviserende rol.

#### *Het toelatingsproces evolueert*

Het toelatingsproces van 3 jaar geleden is echter anders dan de huidige, drie jaar geleden was deze gericht op het mogelijk maken van testen, terwijl hedendaags de voorkeur ligt op het uitkiezen van tests die onderscheidend zijn ten opzichte van de eerder uitgevoerde tests. Op basis van voortschrijdend inzicht kan de ontheffingsprocedure worden bijgesteld. Uitsluiting kan alleen op basis van onvoldoende aangeleverde (kwalitatieve) informatie of gebrek aan nut en noodzaak een ontheffing geweigerd worden. Geïnterviewde partijen geven aan dat het ontheffingsproces een lange doorlooptijd kent. Veel vertraging in het aanloopproces komt echter doordat documenten niet op orde zijn of van dusdanige slechte kwaliteit zijn. Daarnaast is de beschikbare personele capaciteit bij de RDW beperkt.

Bij een ontheffing dienen de voertuigfabrikanten aan te geven welke progressie men wil maken en hoe de tests waar zij ontheffing voor aanvraagt daarin vallen. Als er geen vooruitgang mogelijk lijkt dan is het risico dat een fabrikant in de demonstratiesfeer hangen. Navya is een mooi voorbeeld van een fabrikant die inzet op het door ontwikkelen van hun product. Zo wil ze in een aantal jaar naar typegoedkeuring van het voertuig.



Figuur 3.9: Schematische weergave ontheffingsproces; Bron: RDW.nl

#### *Nieuwe spelers op de voertuigenmarkt*

Bij nieuwe spelers (fabrikanten) wordt er doorgaans één pilot met een demonstratief karakter gegund, nieuwe toepassingen van bijvoorbeeld 2getthere, Easymile en Navya worden strenger beoordeeld dan een demo van bijvoorbeeld Local Motors (momenteel nog niet actief in Nederland). Dit is een manier om nieuwe fabrikanten uit te nodigen om in Nederland een pilot te komen doen. Voor de RDW is dit een kans om in een simpele omgeving de ervaring en kennis van nieuwe, voor hen nog onbekende voertuigen, verder uit te bouwen. Echter na een eerste pilot dient ook de doorontwikkeling ingezet te worden. Deze maatregel is bedoeld als een stimulans voor fabrikanten om niet in de demonstratiesfeer te blijven hangen maar hun voertuigen door te ontwikkelen.



### *Tweeledige testen voor de ontheffing*

Het testen van de voertuigen en hun gedrag gebeurt in twee delen. Het mechanische deel (EMC test, bedrading etc.) wordt in Lelystad bij de RDW getest door de route na te bouwen en het primaire rijgedrag (het kunnen remmen etc.) te controleren. Het tweede deel, het inleren en het afrijden van het voertuig wordt in pilotomgeving getoetst. Na het testen worden de uiteindelijke parameters van de instellingen van het voertuig in het dossier opgeslagen. Deze parameters zijn verschillend per pilot, wat betekent dat een voertuig wat een ontheffing heeft gekregen in de pilotomgeving in Drimmelen niet hetzelfde gedrag vertoont als een voertuig in de pilotomgeving in Scheemda (ondanks dat het voertuig van dezelfde fabrikant is). Alvorens er daadwerkelijk “openbaar” gereden kan worden in de pilotomgeving moeten er twee ontheffingen worden gegeven:

- Een tijdelijke ontheffing voor het inregelen, hierin mogen geen personen vervoerd worden. Onder deze ontheffing wordt de reactie van het voertuig in het ODD getest, evenals de objectherkenning. Hiermee wordt impliciet ook gebruik van de objecten en verkeersdeelnemers die zich in het ODD bevinden. Hier worden wel veelal extra aanvullende veiligheidsmaatregelen getroffen (zoals het inzetten van een peilwagen);
- Vervolgens een tweede (tijdelijke) ontheffing voor het doen van de pilot.

Een nadeel wat door veel partijen wordt genoemd is dat een ontheffing een beperkte looptijd heeft die vaak niet overeenkomt met de beoogde looptijd van de pilot. Dit betekent dat men gedurende de looptijd van de pilot de ontheffingsprocedure meermaals dient te doorlopen. Daarbij wordt een beperkte personele capaciteit, zowel bij RDW als bij de wegbeheerder, genoemd als factoren die het proces kunnen vertragen.



**Figuur 3.10:** Mission bus van Urban Mobility Systems ondergaat EMC testen; Bron: urbanmobilitysystems.nl

### *Het gaat niet langer om het voertuig maar om het gedrag*

Het gaat bij het verlenen van een ontheffing niet langer enkel om de technische aspecten van het voertuig maar veel meer om het gedrag dat een voertuig vertoont in de pilotomgeving. De functionele basis van het voertuig moet op orde zijn, maar is niet voldoende voor een ontheffing. In het proces van vergunningsaanvragen met de RDW is gebleken dat het voertuig en de inrichting ervan op het moment van rijden exact gelijk dient te zijn aan het voertuig op het moment van aanvraag. De ontheffing geldt namelijk voor specificaties van het voertuig op

het moment van aanvraag. Als hier iets verandert, bijvoorbeeld een verlegging van bekabeling in het voertuig, moet dit in de ontheffing herzien worden. Daarnaast kunnen kleine veranderingen in de pilotomgeving al een heel groot effect hebben op het gedrag van de voertuigen. Mede hierdoor is het ontheffingsproces nog niet in beton te gieten. Ook hebben veel aanvragers nog de verwachting dat ontheffingsproces en alle inspanningen daaromheen gratis zijn, terwijl hiervoor kosten gemaakt moeten worden. Juist doordat het ontheffingsproces nog niet in beton gegoten is, is er ook vaak niet op voorhand aan te geven hoe duur het ontheffingsproces zal uitpakken.

### *Verkeersveiligheid*

Voorafgaand aan het rijden van de shuttle doorloopt een initiatiefnemer een intensief proces met RDW, SWOV en de wegbeheerder over de vergunningen van het voertuig. Hierin worden de routevarianten doorgenomen en de bijbehorende impact op de verkeersveiligheid. Er zijn een aantal pilots waarbij SWOV vooraf in de ontheffingsprocedure intensief betrokken is om de ontheffing te verlenen, maar waarbij SWOV gedurende of na afloop van de pilot niet of beperkt evalueert hoe het daadwerkelijk in de praktijk uit heeft gepakt. In het kader van voortdurende kennisontwikkeling vinden de betrokken partijen het prettig als een dergelijke evaluatie verplicht onderdeel wordt van het proces.

### *Behoefte aan standaardisatie*

De ontheffing voor een pilot is voor een groot deel afhankelijk van eigenschappen van de beoogde routes en de voertuigen en het samenspel van beide. Vanuit de bij de pilots betrokken zijnde partijen is er behoefte aan standaardisatie waarin onder andere minimale systeemeisen worden vastgesteld om het proces van het opzetten van een pilot te versimpelen.

## **3.3 Use cases**

De meerderheid van de pilots in Nederland zijn ingericht om reizigers over een korte afstand te vervoeren. Deels gebeurt dit met als doel om op termijn als aanvulling op het OV te kunnen fungeren maar deels ook als vervanging van het OV of als collectief vervoer. Binnen deze pilots zijn er een naast het OV een aantal verschillende use cases te onderscheiden:

- Een tweetal pilots (HAGA en Scheemda) worden ingezet om de toegankelijkheid van een ziekenhuis te verbeteren;

- Een drietal pilots worden ingezet met een toeristisch/recreatief oogpunt (Appelscha, Drimmelen en Bourtange) en in de toekomst mogelijk ook Scheveningen en Vlieland;
- Pilots om de bereikbaarheid van bedrijventerreinen en campussen te verbeteren (Zernike, WEpods, Parkshuttle en ESA Estec) en in de toekomst mogelijk ook Helmond, Zoetermeer en Delft;
- Pilots om de bereikbaarheid van luchthavens te verbeteren (vb. Weeze) en straks ook Rotterdam The Hague Airport. Mogelijk in de toekomst ook nog Lelystad Airport;
- Er zijn ook plannen om in de toekomst de bereikbaarheid van scholen te verbeteren met zelfrijdende shuttles (Dokkum en Hoogeveen).

### **3.3.1 Doelstellingen van de pilots**

Uit de gesprekken komt een duidelijk centraal thema naar voren ten aanzien van het realiseren van de pilots: “learning by doing”. Echter zijn daar diverse doelstellingen voor, die per pilot verschillen. De doelstellingen evolueren naarmate er meer geleerd is. In 2016 was bijvoorbeeld nog de primaire doelstelling van de pilot in Appelscha het doorlopen van het ontheffingsproces en het daadwerkelijk op de weg krijgen van een zelfrijdende shuttle. De doelstellingen van de recentere pilots (vb. Scheemda 2018) voorziet naast het leren ook daadwerkelijk in het voorzien van een vervoersbehoefte. Binnen veel pilots ligt echter ondanks een hogere doelstelling de primaire focus nog steeds op de relatie tussen de infrastructuur en het functioneren van de voertuigen. Uit de interviews kwam naar voren dat het daadwerkelijk laten rijden van een voertuig een cruciale draagvlakfactor is, en ook als een mate van succes wordt gezien door de media en het publiek.

Ook de onderzoeksprogramma's hebben onderscheidende doelstellingen. Binnen het AVL-programma is de overkoepelende doelstelling niet zo zeer gerelateerd aan het functioneren van de voertuigen zelf, maar heeft het een economische doelstelling voor de vervoerregio. Namelijk het inspelen op de digitalisering en het creëren van arbeidsplaatsen in deze sector. Het @North programma kent juist een veel meer vervoerkundige doelstelling, namelijk het beschouwen of zelfrijdende shuttles een alternatief kunnen zijn voor het OV in rurale gebieden.

### **3.3.2 Dienstregeling**

In nagenoeg alle pilots wordt er volgens een vast schema of dienstregeling gereden in aansluiting op het OV. De dienstregeling van de pilot in Scheemda is als enige in Nederland ook als buslijn opgenomen in reisplanners 9292 en Google Maps. De zelfrijdende shuttle in Scheemda rijdt aansluitend op de tijden van de buslijnen 119 en 17 en rijdt tussen OV-halte naar de hoofdingang van het ziekenhuis. De zelfrijdende shuttle rijdt van maandag tot en met zaterdag tussen 9:00uur en 17:00uur. Voor een groot aantal pilots wordt er slechts zeer beperkt bekendheid gegeven aan de dienstregeling waarop de shuttles rijden.

Veelal wordt er in het begin van de pilots met een beperkte dienstregeling gereden die vervolgens stapsgewijs wordt uitgebouwd. Zo werd er in de HAGA pilot de eerste weken slechts 3 uur per gereden dag om te kijken hoe de stewards het ervaren en of ze het volhouden. Als het veilig blijkt wordt er verder uitgebouwd tot uiteindelijk 8 uur per dag. Een beperkende factor op het uitvoeren van de dienstregeling is de beschikbaarheid van geschikte (m.n. fysiek) stewards.

### 3.3.3 Vastleggen van leerervaringen

Het functioneren van het voertuig wordt bijgehouden in een logboek en periodiek met RDW gecommuniceerd als verplicht onderdeel van de ontheffingsprocedure. Het vastleggen van overige leerervaringen, reizigerservaringen en onderzoek naar de beleving van de rit gebeurt door middel van enquêtes en veldonderzoek. Deze overige leerervaringen zijn niet verplicht en het staat iedere pilot vrij om deze zelf in te vullen. Ook de manier waarop de leerervaringen worden vastgelegd verschilt per pilot, evenals de onderwerpen waarover de leerervaringen worden vastgelegd verschillen per pilot.

Het is nog niet voorgekomen om door middel van Artificial Intelligence (AI) en Deep Learning de opgedane leerervaringen (bijvoorbeeld objectherkenning van nieuwe voorwerpen) in de pilots mee te nemen in de software van de shuttles. Hiermee zou de software en dus ook het gedrag van het voertuig gaan veranderen tijdens de pilot, wat resulteert in een ander gedrag van de shuttles dan waarvoor een ontheffing is verleend door de RDW. Het gedrag van het voertuig dient dan opnieuw gekeurd worden.

Er is vanuit veel van de geïnterviewde partijen (zowel markt als overheid) een sterke vraag naar een nationale kennisbank waarin iedere pilot informatie en leerervaringen gaat delen. In de huidige kennis omtrent zelfrijdend vervoer ontbreekt er een gestructureerd overzicht van wat er allemaal nodig is om een pilot te starten.



Figuur 3.11: Pilot en reizigers in de shuttle in Drimmelen; Bron: bndestem.nl

### 3.3.3 Stewards

Alle pilots worden ten tijde van schrijven (november 2019) nog uitgevoerd met een steward in het voertuig, er is nog geen enkele pilot waar de “experimenteerwet” wordt toegepast en waar wordt gereden zonder steward. Partijen geven aan dat het voor de business case van belang is dat er zonder bestuurder gereden kan gaan worden. De stewards zijn doorgaans in dienst van de betrokken vervoerder.

#### *Opleiding van de stewards*

De opleiding van stewards bleek bij meerdere pilots vooraf een blinde vlek, dit bleek achteraf echter mee te vallen. Veelal loopt de opleiding van de stewards via de voertuigfabrikant. In Nederland zijn er tevens een aantal partijen (vb. Provincie Groningen en FMN) die zelf stewards mogen opleiden. Tijdens de voorbereidingen van de pilots is gebleken dat het lastig is om voldoende stewards met de juiste kennis aan te stellen. Er mist bijvoorbeeld verdieping in de praktijklessen voor stewards. De



bottleneck in de organisatie van de pilot is de beschikbaarheid van voldoende “geschikte” stewards. Hieruit volgden een aantal criteria waaraan een steward zou moeten voldoen:

- Stewards moeten staan in het voertuig, ze moeten dus gezond zijn en sterke knieën hebben (vb. bij noodstopprocedure);
- Stewards moeten in staat zijn om met de nieuwe techniek om te gaan;
- Stewards moeten in het bezit zijn van een rijbewijs B;
- Stewards moeten in staat zijn om het voertuig te kunnen resetten, dit vraagt enige technische kennis.

Stewards lijken de taken en verantwoordelijkheden veelal te onderschatten of zijn niet voldoende uitgerust voor deze taak en zijn veelal niet bekend met de plichten en verantwoordelijkheden die voortvloeien uit een ontheffing. Samen met SWOV kijkt RDW momenteel naar de rol van de stewards en is men aan het kwantificeren wat zijn of haar rol zou moeten zijn en welke taken en verantwoordelijkheden daar bij horen.

### 3.3.5 Vervoerwaarde

De vervoerwaarde in de pilots verschilt nogal en is ook sterk afhankelijk van de doelstelling waarvoor deze worden ingezet en uiteraard ook van bedieningstijden en de frequentie en de hoeveelheid voertuigen waarmee gereden wordt. Daarbij komt dat de pilots nog niet primair worden ingezet op het structureel bedienen van een vervoervraag. De focus van de pilots ligt momenteel primair op het functioneren van de voertuigen en de relatie tussen het voertuig en de infrastructuur. Ter illustratie de pilot in Scheemda heeft in 6 maanden tijd ca. 5000 reizigers vervoerd, dit zijn er circa. 25-50 per dag.

## 3.4 Gebruikers

### 3.4.1 Doelgroep en type gebruikers

Het type gebruikers hangt sterk samen met de eerder gedefinieerde use cases van de pilots. Doorgaans is een tweedeling te maken, enerzijds de incidentele gebruiker die men vooral terugziet in pilots met een recreatieve doelstelling of in pilots die zijn gekoppeld aan een locatie waar vanuit de aard van de locatie bezoekers verwacht worden (vb. vliegveld). Daarnaast zijn er reguliere reizigers die dagelijks gebruik maken van de pilots. Voorbeelden hiervan zijn verbindingen met bedrijventerreinen en campussen (vb. Rivium). Ook zijn er pilots waar zowel reguliere als incidentele bezoekers worden vervoerd, denk hierbij aan de pilots bij ziekenhuizen (vb. werknemers en bezoekers).

#### Acceptatie

Vanuit de incidentele gebruikers is er geen sterke voor- of afkeur van de shuttle. Veel gebruikers zijn namelijk eenmalig en weten van tevoren niet dat er een zelfrijdende shuttle rijdt. Veel reguliere gebruikers zijn doorgaans erg positief over de shuttles. In het begin van de pilots groeit doorgaans het aantal reizigers snel, totdat er een redelijk vaste groep reizigers is die de shuttle gebruikt. Bij veel pilots hebben er in het begin van de pilot ook veel “voor de leuk” ritjes geweest voor kennismaking, dit is doorgaans een van de doelen van de pilot. Zo was er tijdens de persrit bij de HAGA shuttle een oude man die de shuttle binnengeslopen en die gewoon mee reed omdat hij het wilde uitproberen. De pilot op vliegveld Weeze is juist ook met het oog op deze doelstelling verlengd, het laten kennis maken met de zelfrijdende techniek.

#### Leerervaringen

De beleving van de gebruikers wordt veelal gemonitord door middel van evaluatieformulieren en vragenlijsten, hierin wordt gevraagd naar de ritbeleving en verbeterpunten. Het is hierbij belangrijk de verwachtingen van de gebruikers te managen. Veel aspecten van zelfrijdend vervoer zijn nog niet bekend, terwijl het in “hippe” filmpjes van Google, Tesla, Volvo en Waymo al wel zo lijkt. Vragen die vanuit de gebruikers komen zijn bijvoorbeeld: “Waarom rijdt de shuttle bijvoorbeeld maar 15 km/u terwijl een Tesla veel harder kan?”

### 3.4.2 Perceptie van het publiek de media en de omwonenden

Uit de gevoerde gesprekken kwam ook de betrokkenheid van publiek, media en omwonenden naar voren. Uit diverse door de pilotorganisaties uitgevoerde evaluaties lijkt het publiek zich, ondanks een overwegend positieve grondhouding, in veel gevallen af te vragen af waarom hun belastinggeld wordt gebruikt voor een pilot met zelfrijdende shuttles. Om de bekendheid en acceptatie van de zelfrijdende shuttle te vergroten wordt er actief gecommuniceerd naar de media en omwonenden:

- Er zijn informatieavonden georganiseerd, waarin werd uitgelegd wat de pilot precies inhoudt en wat de gebruikers ervan kunnen verwachten;
- Er vragenlijsten over de perceptie vooraf en verwachtingen van zelfrijdende shuttles onder de omwonenden verspreid en proefritjes met de shuttle georganiseerd;
- Door transparant en open richting de pers te communiceren wordt er voorkomen dat er een verkeerd beeld ontstaat van de pilot en de verwachtingen;

- Als een pilot tussendoor stopt of van opzet verandert, omdat bijvoorbeeld een doelstelling al behaald is, wordt dit veelal door de media aangegrepen om een negatieve publiciteit op te zoeken. Door open en transparant te communiceren worden voorbarige conclusies voorkomen. Veel pilots hebben dit vastgelegd in een communicatieplan.

Omwonenden worden veelal intensief bij het voortraject van een pilot betrokken. Tijdens de pilots zijn er doorgaans veel positief verrassende reacties geweest, in tegenstelling tot de verwachte conservatieve houding van de reizigers. In het voortraject zijn bij diverse pilots op bewonersavonden simulaties van het voertuig aan bewoners laten zien. Daarnaast worden er ook vaak ook kennismakingsritten met de voertuigen aan de bewoners aangeboden, zie figuur 3.12. De bevolking heeft vooraf een bepaalde blik over zelfrijdend vervoer. Deze perceptie blijkt moeilijk te veranderen door veel over de voertuigen te vertellen. In plaats



Figuur 3.12: Demonstratie in Emmen; Bron: rtdvrenthe.nl

daarvan kan de acceptatie van zelfrijdende voertuigen vergroot worden door het voertuig simpelweg op de weg te zetten en het publiek vooraf kennis te laten maken met het voertuig (door personen een ritje te laten maken). Ook omdat het voertuig bijvoorbeeld minder lawaai maakt dan verwacht, wordt het voertuig wel voor hun huis langs geaccepteerd.

Ondanks de positieve houding van de meerderheid blijft er ook bij een groep weerstand bestaan. Voor een belangrijk deel zit de weerstand niet in het feit dat het een zelfrijdend voertuig is, maar dat men geen extra verkeer door hun straat zou willen.

### 3.5 Verkeersveiligheid en infrastructuur

#### 3.5.1 Aanpassingen aan de infrastructuur

Om de pilotlocaties geschikt te maken voor zelfrijdende shuttles en het functioneren van het voertuig te kunnen waarborgen zijn een aantal aanpassingen aan de infrastructuur gedaan. Onderstaande lijst bevat de voornaamste infrastructurele aanpassingen die in de pilots in Nederland zijn gedaan. De aanpassingen zijn per pilot verschillend en hangen af van de lokaal geldende randvoorwaarden. De meest voorkomende zijn:

- Extra belijning toevoegen ten opzichte van de bestaande situatie;
- Bermen snoeien;
- Voorrangssituatie gewijzigd, soms ook door verkeersregelaars;
- Verbreden van de beschikbare infrastructuur;
- Verlagen van de lokale snelheid;
- Hekken langs de route;
- Verkeerslichten voorzien van draadloze communicatie;
- Het plaatsen van extra bakens langs de route, zodat het voertuig extra herkenningspunten langs de route heeft;

- Verder wordt er veelal extra bebording in het pilotgebied neergezet, om overige weggebruikers alert te maken op de testlocatie van een zelfrijdende shuttle. Zie figuur 3.13.

Het merendeel van de aanpassingen wordt voorafgaand aan een pilot gedaan vanuit veiligheidsperspectief (vb. snelheid verlagen, verkeersborden en hekken plaatsen), of op basis van ervaringen uit eerdere pilots (vb. bermen snoeien, verbreden van infrastructuur). Het aanpassen van een voorrangssituatie, het aanbrengen van extra belijning en het toevoegen van extra bakens wordt veelal tijdens het inleren of testen van het voertuig bepaald.

Uit de interviews werd duidelijk dat de technische mogelijkheden van de voertuigen door de voertuigleveranciers in het voorbereidingstraject van pilots veelal rooskleuriger worden opgegeven. Vaak bleek bij het inleren dat er toch een aantal aanvullende infrastructurele maatregelen nodig waren, of dat bepaalde beoogde routes vanwege infrastructurele complexiteit niet gereden konden worden (vb. door grote bomen).



Figuur 3.13: Extra geplaatste bebording bij pilot Appelscha; Bron: dekrantvanmiddendrenthe.nl

### 3.5.2 Verkeersveiligheid

In de voorbereiding van een pilot wordt er doorgaans in een haalbaarheidsstudie goed nagedacht over risicovolle aspecten van de verkeerssituatie in het pilotgebied. Op basis hiervan worden routes beoordeeld en ook indien te complex ook onmogelijk gebleken en afgefallen. Belangrijk onderdeel in veel haalbaarheidsstudies is de extra aandacht die wordt besteed aan de voorrangssituaties en het gedrag van fietsers op de onderdelen van de route (vb. rotonde, kruisingen).

#### *Het effect van geplande stops op de verkeersveiligheid*

Geplande stops zijn ingericht voor het vergemakkelijken van het functioneren van het voertuig tijdens de pilots, bij het opheffen van de geplande stops komen er extra veiligheidstaken bij de steward liggen. Deze stops vinden veelal plaats op locaties op de route die als complex worden beschouwd voor het voertuig. Dit kunnen ook locaties zijn waarbij de shuttle zelf voorrang heeft, maar alsnog stopt vanuit vooraf ingestelde veiligheidsoverwegingen. Negatief effect van een “allesstopper” is een diffuus verkeersbeeld voor de overige verkeersdeelnemers (vb. stoppen terwijl overige deelnemers verwachten dat een “normaal voertuig” door rijdt). In de praktijk wordt dit veelal gepoogd dit op te lossen door met stickers en borden de overige weggebruikers te waarschuwen. Zo lang dit op (enigszins) afgesloten infrastructuur plaats leidt dit veelal nog niet tot grote problemen.

#### *Het effect van opschaling op de verkeersveiligheid*

Zelfrijdende shuttles opereren momenteel in pilotomstandigheden nog niet altijd volgens de verwachtingen van de overige verkeersdeelnemers (vb. de geplande stops). Echter doordat pilots momenteel met weinig voertuigen uitgevoerd worden en nog in relatief simpele pilotomgevingen rijden is dit nog te overzien, echter bij een toenemende vlootgrootte zou dit een risico kunnen vormen voor de verkeersveiligheid aangezien het aantal voertuigen wat gedrag vertoont wat de overige weggebruikers niet verwachten toeneemt.

#### *Het testen van de verkeersveiligheid*

Veel pilots laten testen uitvoeren om het gedrag van zelfrijdende shuttles te beoordelen voorafgaand aan de pilot. Bij sommige pilots gebeurt dit in een simulatieomgeving, bij andere pilots worden er situaties nagebootst in een testomgeving, zoals bijvoorbeeld op het RADD. Zie figuur 3.14.



Figuur 3.14: Interactie tussen dummy voetganger en WEPod; Bron: raddelft.nl





Bron foto: FD.nl  
Fotograaf HH



# 4.

## Beantwoording van de kennisvragen

In dit hoofdstuk zijn de leerervaringen vertaald naar beslisinformatie door beantwoording van de door het ministerie van IenW opgestelde kennisvragen. Hierbij zijn terugkerende thema's en de hardheid van de onderbouwing van de antwoorden centraal gebundeld. Ook is gekeken welke rol de overheid kan spelen bij de ontwikkelingen op het gebied van pilots met zelfrijdende shuttles. Per onderdeel is de mate van hardheid weergegeven in 5 gekleurde bolletjes:

- 1 bolletje: expert judgement, enkele keren ter sprake gekomen;
- 5 bolletjes: harde onderbouwing, in bijna alle gesprekken ter sprake gekomen.

### 4.1 Beantwoording van de kennisvragen

#### ● 4.1.1 Rijtaakonderbrekingen

- *Op welke momenten en/of in welke situaties moest de automatische rij-modus worden onderbroken? Met het onderscheid in noodgedwongen of gepland, bijvoorbeeld door technische (on)mogelijkheden, of door de infrastructuur.*

De automatische rijmodus wordt binnen de pilotomgeving zowel gepland als ongepland onderbroken. De automatische rij-modus wordt doorgaans gepland onderbroken bij onoverzichtelijke kruisingen, kruisingen met fietsers of voetgangers,

of bij halteren. Geplande onderbrekingen worden in veel pilots gebruikt om het technisch functioneren van de voertuigen stapsgewijs te laten plaats vinden. Indien blijkt dat voertuigen ook zonder de geplande stops prima kunnen functioneren worden deze stapsgewijs afgebouwd. Ongeplande stops worden voornamelijk veroorzaakt door het technisch niet kunnen uitwijken van de geprogrammeerde route van het voertuig. Het wegvallen van het GPS signaal, (uitparkerende) auto's of fietsers of begroeiing binnen de veiligheidsruimte van de shuttle en veranderingen van de omgeving of bewegingen langs de route zijn oorzaken van het ongepland onderbreken van de automatische rij modus. Daarnaast wordt de objectdetectie stapsgewijs beter. Waar een foutief gedetecteerd object drie jaar geleden nog voor een ongeplande stop zorgde, herkent het voertuig nu dit object en remt indien nodig iets af. De verwachting is dat dit in de komende jaren blijft verbeteren.

#### ● 4.1.2 Beleid van toelating en concessies

- *Is de pilot opgezet als openbaar vervoer of als collectief vervoer? Op welke manier is dat gedaan? Was er sprake van een OV-concessie en hoe is daarmee omgegaan?*
- De pilots waarbij daadwerkelijk mensen vervoerd worden zijn allen gekenmerkt als collectief vervoer (en zijn dus gratis in gebruik). Geen van de pilots is gekenmerkt als OV. De pilots

worden met toestemming van de concessieverlener buiten de bestaande concessies om georganiseerd. Binnen veel lopende OV-concessies is er experimenteerruimte om innovaties als zelfrijdende shuttles op te nemen. Voornaamste reden om pilots niet als OV te karakteriseren is dat de pilot dan aan dezelfde (kwaliteits) eisen (KPI's) en randvoorwaarden als het OV moet voldoen, wat de experimenteerruimte zou beperken.

- *Welke lessen zijn er uit de pilots te leren over de toelating van en veiligheidseisen aan de zelfrijdende auto? Bijvoorbeeld de goedkeuring en toelating van voertuigen van Level 3 en hoger.*
- *Bij de ontheffingen en veiligheidseisen van de zelfrijdende shuttle gaat het niet meer om het voertuig maar om het gedrag ervan. Bij een ontheffingsprocedure dient de aanvrager in een risicoanalyse aan te kunnen geven wat het verwachte gedrag is van een voertuig en hoe het voertuig op bepaalde situaties zal gaan reageren.*

De procedure voor het goedkeuren is opgesplitst in twee delen; de mechanische goedkeuring (vb. remmen, sturen) vindt plaats op een nagebouwde route bij de RDW in Lelystad; vervolgens dient het voertuig ingeleerd te worden in het ODD om hier uiteindelijk voor aanvang van de pilot te kunnen afrijden. Voor de pilot in het ODD zijn een tweetal ontheffingen nodig, een

voor het inleren en afrijden van het voertuig en een voor het daadwerkelijk mogen rijden van voertuigen met passagiers in de pilotomgeving (na het afrijden). De uiteindelijke ontheffing is locatie afhankelijk, voertuigen van verschillende locaties zijn niet een op een uitwisselbaar aangezien het geprogrammeerde gedrag afhankelijk is van specifieke parameters die worden bepaald door de pilotomgeving. Tussentijdse nieuwe updates van de software van het voertuig waardoor het gedrag van het voertuig veranderd dienen eerst de goedkeuring van de RDW te ontvangen alvorens deze toe te mogen passen in het voertuig. Indien dat niet gebeurt vervalt de ontheffing.

Om te voorkomen dat er een “demonstratie” cultuur ontstaat vraagt RDW fabrikanten om bij hun aanvraag ook een ontwikkelplan te tonen waarin wordt gepresenteerd welke ontwikkelingen de fabrikant de komende jaren wil doormaken (vb. type-goedkeuring van onderdelen van het voertuig).

#### 4.1.3 Acceptatie

- Welke doelgroep maakt gebruik van de shuttles/pods, voor welk
- motief en hoe vaak?
- Het totaal aantal reizigers wat gebruik maakt van de shuttles
- in Nederland is nog beperkt. Er is een tweedeling te maken
- in enerzijds de incidentele gebruiker die de shuttle gebruikt in reizen met recreatieve doelstellingen en reguliere reizigers die de shuttle gebruiken in dagelijkse reizen.

- Welke perceptie heeft de doelgroep van de shuttle vooraf en
- naderhand? Hoe zit het met maatschappelijke acceptatie? Welke
- eigenschappen hebben impact op de acceptatie van deze zelfrijdende voertuigen? Bijvoorbeeld persoonlijke eigenschappen
- van mensen, communicatie, of situaties die zich voordoen in de praktijk.

Het grotere publiek is vaak sceptisch over het nut van een pilot. Gebruikers van zelfrijdende shuttles hebben geen sterke voor- of afkeur. De bekendheid en acceptatie van zelfrijdende shuttles wordt vergroot door actieve communicatie naar de media en omwonenden.

Omwonenden worden doorgaans intensief betrokken bij het opzetten van een pilot, door ze vroegtijdig kennis te laten maken met de techniek en de uitdagingen neemt het begrip voor de pilot veelal toe en de weerstand af. Daarnaast blijft men zich echter wel afvragen waarom er belastinggeld in de pilots gestoken wordt.

#### 4.1.4 Verkeersveiligheid

- Welke aspecten van mixed traffic zijn risicovol? Bijvoorbeeld
- zelfrijdende voertuigen in dezelfde stroom als niet-geëquipeerde voertuigen en/of andere modaliteiten.
- Alle pilots vinden momenteel nog met relatief lage snelheden plaats, hierdoor zijn de voertuigen goed in staat om tijdig te stoppen bij verstoringen. Daarnaast hebben er een groot aantal pilots op afgesloten infrastructuur plaatsgevonden en is in iedere pilot nog een steward aanwezig om de verkeersveiligheid tijdens het rijden te kunnen beoordelen en vinden de pilots momenteel plaats in relatief simpele pilotomgevingen. De pilots zijn nog niet “grootschalig” genoeg om het volledige spectrum aan risicovolle aspecten van mixed traffic te kunnen bepalen.

Hiervoor dient er meer ervaring opgedaan te worden met grotere voertuigvloeden. Wel zijn er met de huidige ervaringen al een groot aantal interessante aspecten gevonden.

De geplande stops van de voertuigen die vanuit technisch oogpunt wenselijk zijn kunnen een negatieve bijwerking hebben op de verkeersveiligheid als de geplande stop tegenstrijdig is met de lokaal geldende verkeersregels. Daarnaast kan de lage snelheid er ook voor zorgen dat de voertuigen ingehaald worden wat tot onveilige situaties kan leiden. De shuttle zelf kan niet uitwijken voor obstakels, dit betekent qua verkeersveiligheid dat er dus per definitie een noodstop gemaakt wordt als een object het rijpad blokkeert.

Veel voertuigen zijn oorspronkelijk ontwikkeld vanuit de railstandaarden (vb de peplemovers), die grotendeels zijn gebaseerd op vrije infrastructuur. Het gedrag van de voertuigen is hier ook uit afgeleid, zoals bijvoorbeeld de maximale remvertraging bij een noodstop. Deze is in de railstandaard lager dan in de wegenstandaard, als mitigerende maatregel is de steward in het voertuig aanwezig om de noodknopprocedure te kunnen uitvoeren om toch tijdig te kunnen stoppen. Dit is een belangrijk aandachtspunt als de voertuigen stewardsloos gaan rijden in gemengd verkeer. Aandachtspunt voor de verkeersveiligheid is ook de opschaling in vlootgrootte.

- Welke andere weggebruikers zijn met name moeilijk om mee
- om te gaan voor de shuttle? Bijvoorbeeld een fietser of juist
- kruisend verkeer.
- De shuttle kan moeilijk omgaan met kleine weggebruikers zoals
- voetgangers en fietsers. Voetgangers zijn het meest onvoorspelbaar en hun gedrag is moeilijk detecteerbaar voor de shuttle.



De objectdetectie maakt hierbij wel een positieve leercurve door. Voorrangssituaties worden veelal aangepast om de kruisingen met kruisend verkeer te vergemakkelijken.

#### 4.1.5 Infrastructuur

- Met welke onderdelen van de infrastructuur/het netwerk/de omgeving heeft de shuttle moeite (gehad)? Bijvoorbeeld belijning, bermbegroeiing of rijstrookbreedte.
- De shuttle heeft moeite met onduidelijke belijning, ongesnoei-de begroeiing, smalle infrastructuur, complexe kruispunten en een tekort aan duidelijke herkenningspunten langs de route. Afhankelijk van de lokaal geldende voorwaarden zijn deze aspecten voorafgaand aan de pilots in overleg met de wegbeheerder aangepast. Ook hier vindt een positieve ontwikkelen-dens plaats, de voertuigen zijn steeds beter in staat om met beperkingen uit de infrastructuur om te gaan.
- Worden dergelijke problemen met de omgeving gelogd, en zo ja, is het mogelijk die informatie in te zien?
- Het functioneren van de voertuigen en problemen met de omgeving worden als verplicht onderdeel van de ontheffing bijgehouden en naar de RDW gecommuniceerd. Daarnaast houden veel pilots eigen logboeken bij om daarin hun eigen leerervaringen vast te leggen. Vanuit concurrentie oogpunt is deze informatie veelal enkel toegankelijk voor projectpartners. Veel details over ongeplande stops, leerervaringen en errors zitten vanuit de fabrikanten in een NDA vastgelegd en zijn daardoor lastig deelbaar met andere pilots in Nederland.

- In welke mate is de verwachting bij de pilot dat dergelijke problemen met de omgeving binnen afzienbare tijd (< 10 jaar) worden opgelost door verbeteringen in sensoren?
- Er worden pas sinds drie jaar experimenten gedaan met zelfrijdende shuttles op gemengde infrastructuur, dit is een snel vergeten observatie. In drie jaar tijd is er al een hoop geleerd en worden de sensoren en de techniek erachter stapsgewijs beter en beter. Het aantal pilots is nog relatief beperkt. Echter zijn er veel pilots in voorbereiding en zijn er nog veel meer ideeën voor pilots. De geïnterviewde partijen verwachtten echter wel dat in de aankomende jaren de interactie met de overige weggebruikers en de daarbij behorende verkeersveiligheid verder zullen verbeteren. Dit is een kwestie van veel, heel veel meters maken en ervan leren.

#### 4.1.6 Ketens en opschaling

- Hoe passen pods in de ketens van verplaatsingen die mensen maken, oftewel welke rol nemen pods in het voor- en natransport/ in de keten naar hun bestemming?
- Pilots worden met name ingezet als voor- en natransport in gebieden met weinig reizigersvraag of over een korte afstand. Deze keuze is momenteel voornamelijk ingegeven doordat dit verbindingen zijn die een relatief simpel ODD hebben en waar de omstandigheden gunstig zijn voor een pilot met zelfrijdende shuttles. Daarnaast zijn er in de huidige pilots altijd maar maximaal 2 voertuigen ingezet. Voor de effecten op de verkeersveiligheid, de daadwerkelijke effecten op de ketenverplaatsingen van reizigers en de vervoervraag is het zeer interessant om te kijken naar pilots waar meerdere voertuigen op een structurele basis over dezelfde route blijven rijden.

- In hoeverre zijn de projecten schaalbaar?

● Afhankelijk van het onderzoeksprogramma wordt in elke pilot een stukje complexiteit toegevoegd, of wordt de schaalbaarheid volledig aan de markt overgelaten. Echter is de verkregen ontheffing slechts in de betreffende pilotomgeving geldig waarvoor deze is aangevraagd. Worden de routes uitgebreid moet de ontheffingsprocedure opnieuw doorlopen worden. Daarnaast geldt dat projecten beperkt schaalbaar zijn doordat het functioneren van de voertuigen veelal bepaald wordt door lokaal geldende randvoorwaarden die voortkomen uit de pilotomgeving van de pilot. Men kan dus bijvoorbeeld niet zonder het voertuig opnieuw te laten inleren een voertuig uit Scheemda in Drimmelen plaatsen. Daarnaast speelt voor de opschaling ook nog het business case vraagstuk, pilots zijn momenteel al niet zonder overheidssubsidie realiseerbaar. Veel partijen zien het uit het voertuig halen van de steward als een belangrijke randvoorwaarde voor verdere opschaling. Daar komt bij dat niet alle leerervaringen tussen de pilots gedeeld worden vanuit commercieel oogpunt.



# 5.

## Bijlagen

### B.1 Kennisvragen

#### Rijtaakonderbrekingen

- Op welke momenten en/of in welke situaties moest de automatische rij-modus worden onderbroken? Met het onderscheid in noodgedwongen of gepland, bijvoorbeeld door technische (on)mogelijkheden, of door de infrastructuur?

#### Beleid van toelating en concessies

- Is de pilot opgezet als openbaar vervoer of als collectief vervoer? Op welke manier is dat gedaan? Was er sprake van een OV-concessie en hoe is daarmee omgegaan?
- Welke lessen zijn er uit de pilot te leren over de toelating van en veiligheidseisen aan de zelfrijdende auto, zoals bijvoorbeeld de goedkeuring en toelating van voertuigen van Level 3 en hoger?

#### Acceptatie

- Welke doelgroep maakt gebruik van de shuttles/pods, voor welk motief en hoe vaak?
- Welke perceptie heeft de doelgroep van de shuttle vooraf en naderhand? Hoe zit het met maatschappelijke acceptatie? Welke eigenschappen hebben impact op de

acceptatie van deze zelfrijdende voertuigen? Denk hierbij aan persoonlijke eigenschappen van mensen, communicatie of situaties die zich voordoen in de praktijk.

#### Verkeersveiligheid

- Waarin liggen de gevaren van mixed traffic? (Zelfrijdende voertuigen in dezelfde stroom als niet-geëquipeerde voertuigen en/of andere modaliteiten). Met andere woorden: welke aspecten hieraan zijn risicovol?
- Welke andere weggebruikers zijn met name moeilijk om mee om te gaan voor de shuttle? Denk aan een bepaald type weggebruiker zoals een fietser of juist kruisend verkeer).

#### Infrastructuur

- Met welke onderdelen van de infrastructuur/het netwerk/ de omgeving heeft de shuttle moeite (gehad)? Denk aan de belijning, bermbegroeiing of rijstrookbreedte.
- Worden dergelijke problemen met de omgeving gelogd, en zo ja, is het mogelijk die informatie in te zien?
- In welke mate is de verwachting bij de pilot dat dergelijke problemen met de omgeving binnen afzienbare tijd (< 10 jaar) worden opgelost door verbeteringen in sensoren?

#### Ketens en opschaling

- Hoe passen pods in de ketens van verplaatsingen die mensen maken, oftewel welke rol nemen pods in het voor- en natransport/ in de keten naar hun bestemming?
- In hoeverre zijn de projecten schaalbaar?



## Goudappel Coffeng



Snipperlingsdijk 4 | 7417 BJ Deventer



De Ruyterkade 143 | 1011 AC Amsterdam

Anna van Buerenplein 46 | 2595 DA 's Gravenhage

Emmasingel 15 | 5611 AZ Eindhoven

F. HaverSchmidtwei 2 | 8914 BC Leeuwarden



+31(0) 570 666 222



Goudappel@goudappel.nl



[www.goudappel.nl](http://www.goudappel.nl)