

Pilotprojecten innovatieve bussen

Monitoring hybride VDL Citea bussen in Enschede: 'Lijn 2 gaat groen'

Rapport
Delft, maart 2015

Opgesteld door:
L.C. (Eelco) den Boer (CE Delft)
A.H. (Anouk) van Grinsven (CE Delft)
A. (Age) van der Mei (Duinn)
M. (Marcel) Brouwer (Duinn)



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

L.C. (Eelco) den Boer (CE Delft), A.H. (Anouk) van Grinsven (CE Delft), A. (Age) van der Mei (Duinn), M. (Marcel) Brouwer (Duinn)

Pilotprojecten innovatieve bussen

Monitoring Hybride VDL Citea bussen in Enschede: 'Lijn 2 gaat groen'

Delft, CE Delft, maart 2015

Autobussen / Innovatie / Elektriciteit / Monitoring

Publicatienummer: 15.4827.26

Opdrachtgever: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland Utrecht.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Eelco den Boer.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

1	Zeven projecten	5
1.1	Duurzame pilotprojecten in het busvervoer	5
1.2	Alfa- en bètaprojecten	5
1.3	Monitoringsmethodiek	6
2	Resultaten project ‘Lijn 2 gaat groen’	9
2.1	Introductie	9
2.2	Busgegevens	10
2.3	Inzet in de dienstregeling	11
2.4	Brandstofverbruik	13
2.5	Gebruikerservaringen	15
2.6	Onderhoud	16
3	Conclusie en toekomstverwachting	17
Bijlage A	Overzicht projecten	19





1 Zeven projecten

1.1 Duurzame pilotprojecten in het busvervoer

Het openbaar vervoer is bij uitstek geschikt om duurzame innovatieve brandstoffen en aandrijftechnologieën te beproeven, die nodig zijn voor een duurzame samenleving waarin de uitstoot van broeikasgassen sterk afgenomen is. Zeven pilotprojecten hebben subsidie ontvangen van het ministerie van Verkeer en Waterstaat, met als tegenprestatie de innovatieve aandrijftechnologieën en brandstoffen toe te passen in de dienstregeling van vervoerders. Geen van deze technologieën is eerder in Nederland in een dienstregeling toegepast.

De doelstelling van elk project was om gedurende minimaal twee jaar bussen in te zetten en de prestaties te monitoren. Van alle zeven pilotprojecten is een monitoringsrapportage opgesteld met als doel stakeholders in het openbaar vervoer te informeren over de mogelijkheden van de toegepaste technologieën. Deze partijen zijn onder andere concessieverleners, lokale overheden en vervoerders.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de pilot met de hybride bussen in Enschede.

1.2 Alfa- en bètaprojecten

Niet alle technologieën bevinden zich in een zelfde ontwikkelingsfase. Daarom is binnen de subsidieregeling onderscheid gemaakt in alfa- en bètaprojecten.

Een alfaproject wordt beschouwd als een eerste kleine veldtest. Op basis van de test zal een alfaproject opgeschaald kunnen worden naar een industrieel ontwerp. Bij alfaprojecten gaat het om nog niet-beproefde innovatieve technologieën, waarbij een geschat CO₂-reductiepotentieel van 50% gevraagd is, en een te verwachten jaarkilometrage van rond de 10.000 km.

Een bètaproject betreft het testen van een nulserie, als vervolg op een alfaproject. Het betreft een industrieel opschaalbaar ontwerp. De nulserie dient, na het pilotproject, te kunnen worden ingezet in een dienstregeling met vooraf vastgestelde operationele kenmerken. Omdat de technologieën veelal minder innovatief zijn dan bij de alfaprojecten wordt een geschat CO₂-emissiereductiepotentieel gevraagd van 25%. Van een bètaproject is vanwege de ontwikkelingsfase en hogere betrouwbaarheid een inzet gevraagd van rond de 30.000 km op jaarbasis.

In Tabel 1 zijn de innovatieve busprojecten opgenomen, inclusief de belangrijkste karakteristieken van de projecten.



Tabel 1 Overzicht projecten

Locatie project	Aantal bussen	Aandrijflijnconcept	Energie-drager	Elektro-motoren	Energie-opslag	Plug-in
Alfaprojecten						
Enschede	2	Seriehybride	Diesel	1 centraal geplaatste elektromotor	Ultracaps	Nee
Eindhoven	2	Conventioneel, met nagenoeg smoor-vrije gasmotor	LNG/LBG	-	-	Nee
Amsterdam	2	Brandstofcel-seriehybride	Waterstof	1 centraal geplaatste elektromotor	Accu en ultracaps	Nee
Rotterdam	2	Seriehybride	Diesel	2 naafmotoren (zonder eind-reductie)	Accu	Ja
Bètaprojecten						
Apeldoorn	4	Seriehybride	Diesel	2 naafmotoren (zonder eind-reductie)	Accu	Ja
Leiden, Gouda, Alphen a/d Rijn	4	Seriehybride	Diesel	2 centraal geplaatste elektromotoren	Ultracaps	Nee
Rotterdam	2	Seriehybride	Diesel	4 naafmotoren (met eind-reductie)	Accu	Nee

1.3 Monitoringsmethodiek

De praktijkproeven met OV-bussen leveren nieuwe informatie over de prestatie van innovatieve bustechnologieën. Doel van de monitoring is om de technische prestatie van de bussen in kaart te brengen en deze prestatie in perspectief te plaatsen.

Busgegevens

Bij aanvang van de pilotprojecten is informatie verzameld over de technische eigenschappen van de bussen en waar van toepassing over de laadinfrastructuur. Daarnaast is in kaart gebracht hoe de bussen zijn ingezet, omdat dit een sterke relatie heeft met het energiegebruik.

Operationele monitoring

Tijdens de looptijd van de pilotprojecten zijn de operationele busgegevens bijgehouden en vastgelegd. Om de prestatie van de bussen te kunnen beoordelen zijn gegevens verzameld over:

- de dienstregeling waarop de bus is ingezet;
- de afgelegde afstand;
- het brandstofverbruik, en waar van toepassing het elektriciteitsverbruik;
- de gemiddelde bezettingsgraad;
- het energieverbruik door specifieke bussystemen (zoals de airconditioning en de standkachel).

Naast deze kwantitatieve informatie is ook de gebruikerstevredenheid in kaart gebracht door middel van een enquête onder chauffeurs, reizigers en monteurs. Daarnaast zijn gegevens vastgelegd over uitval en onderhoud van de bussen.





2 Resultaten project ‘Lijn 2 gaat groen’

2.1 Introductie

In opdracht van de Regio Twente en de Gemeente Enschede hebben VDL en Vossloh Kiepe, onder begeleiding van Royal Haskoning DHV, twee door VDL Bus & Coach geleverde nieuwe Citea-bussen uitgerust met een seriehybride aandrijflijn. Deze bestaat uit een generatorset, elektromotor en ultracaps¹ voor energieopslag. De operationele inzet ligt bij vervoerder Connexxion en het verzamelen van de monitoringgegevens wordt verzorgd door de Universiteit Twente.

Het project is in maart 2009 gestart met de ondertekening van het convenant. In november 2010 is de eerste bus in Enschede overgedragen aan Connexxion. De maand december is gebruikt om de bussen in te regelen en de chauffeurs op te leiden. Vanaf januari 2011 zijn de bussen in de dienstregeling opgenomen. Het projectplan besloeg de periode van 11 maart 2009 tot 31 december 2012.

De uiteindelijke operationele monitoringsperiode van de bussen liep van 26 januari 2011 tot 29 maart 2013. Doordat de bussen later zijn ingezet dan gepland, liep de monitoring langer door.

De informatie in deze rapportage is gebaseerd op de monitoringsdata zoals bijgehouden en aangeleverd door de Universiteit Twente.

Beschrijving van de techniek

Het pilotproject betreft twee 12 meter dieselbussen met een serieel hybride aandrijflijn. Hierbij drijft een 160 kW elektromotor de achterwielen van de bus aan. De elektromotor vervangt een normale dieselmotor van ongeveer 250 kW.

Tijdens het remmen fungeert de elektromotor als generator, waarbij kinetische energie wordt omgezet in elektrische energie, die vervolgens in de ultracaps op het dak wordt opgeslagen. De opgeslagen elektriciteit wordt vervolgens gebruikt voor het elektrisch rijden.

Ultracaps hebben ten opzichte van accu's als nadeel dat elektriciteit maar gedurende een korte periode kan worden opgeslagen en dat de energie-dichtheid beperkt is (i.e. de energieopslag is beperkt). Een groot voordeel is daarentegen dat er in zeer korte tijd een grote hoeveelheid elektriciteit kan worden geladen en ontladen zonder de ultracaps te beschadigen.

Voor de elektriciteitsproductie is een dieselgeneratorset ingebouwd. Doordat de generator geen energie hoeft te leveren voor het accelereren, volstaat een relatief kleine viercilinder dieselmotor.

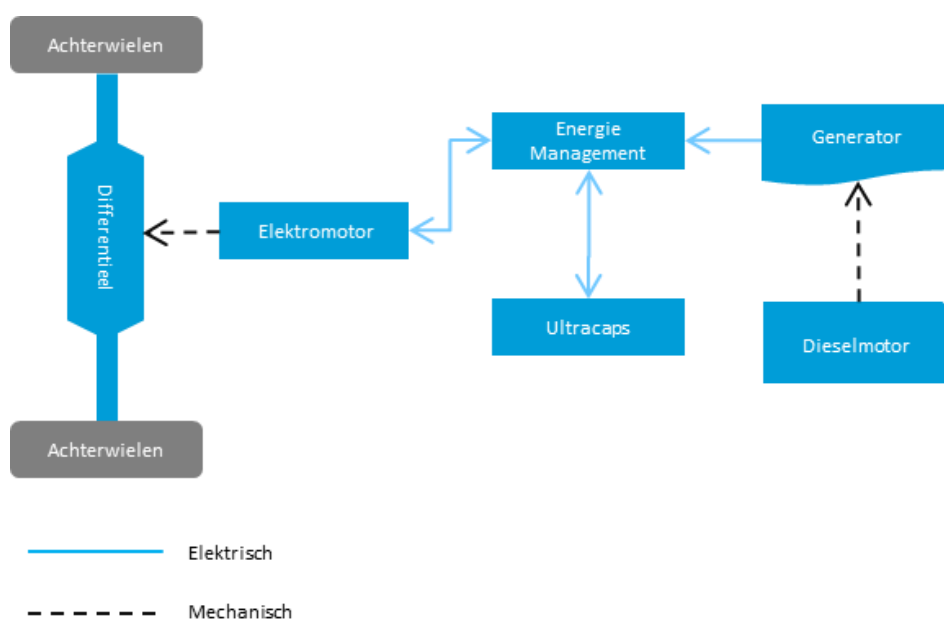
¹ Ultracaps oftewel ultracapacitors kunnen tijdelijk elektrische energie opslaan en bieden een alternatief voor het gebruik van batterijen.



Het aansturen van de elektromotor, de ultracaps en de dieselmotor wordt verzorgd door een energiemanagementsysteem. Het systeem bepaalt door middel van GPS de locatie op de buslijn en bepaalt vervolgens de meest efficiënte motorafstelling en energieopslag. Het systeem is gedurende de eerste paar maanden veel aangepast en geoptimaliseerd op basis van de informatie over de bus en de te rijden route.

In Figuur 1 is een schematische weergave van de aandrijving van de hybride bus weergegeven.

Figuur 1 Schematische weergave aandrijving hybride bussen (serieel hybride met ultracaps)



2.2 Busgegevens

In Tabel 2 zijn de belangrijkste kenmerken van de bussen gegeven. Het gaat om twee omgebouwde 12 meter bussen van busfabrikant VDL.

De 3328 is een omgebouwde Citea Low Floor CLF uit 2010. De 3329 is een omgebouwde Citea Low Floor CLF120-250 uit 2008.

Tabel 2 Busgegevens van de hybride VDL bussen

Categorie		Waarde	Eenheid
Voertuig	Aantal bussen	2	
	Leeggewicht	12.535	kg
	Lengte	12	m
	Aantal zitplaatsen	27	
	Leverancier	VDL Bus & Coach	
	Lage vloer	Ja	
Aandrijving	Aandrijving	Dieselhybride	
	Regeneratief remmen	Ja	
Dieselmotor	Maximaal vermogen	152	kW
	Maximaal koppel	760	Nm

Categorie		Waarde	Eenheid
	Motorinhoud (slagvolume)	4,5	l
	Euronorm	EEV	
Generator	Maximaal vermogen	204	kW
Brandstoftank	Inhoud	305	l
Uitlaatgas-behandeling	Roetfilter	Nee	
	Oxidatiekatalysator	Nee	
	SCR denox	Ja	
	Uitlaatgasrecirculatie (EGR)	Nee	
Elektromotor	Aantal	1	
	Vermogen voor tractie (piek)	160	kW
	Vermogen voor tractie (continu)	120	kW
	Maximaal koppel	899	Nm
Ultracaps	Type	Maxwell	
	Energie-inhoud	6 x 0,82	kWh
	Maximaal vermogen	1.678	kW
	Gewicht	Onbekend	kg
Klimaatcontrole	Airco type	Scroll compressor	
	Vermogen airconditioning	8,42	kW
	Verwarming type	Zie aircotype	
	Vermogen verwarming	8,42	kW

2.3 Inzet in de dienstregeling

Inzet in het concessiegebied

Naast de specifieke eigenschappen van de bus bepaalt ook de inzet in het concessiegebied het brandstofverbruik. De twee seriehybride bussen werden ingezet in de concessie Regio Twente en wel op lijn 2 van de stadsdienst van Enschede. Deze route loopt van Deppenbroek via de wijk Roombeek naar Helmerhoek. De kenmerken van de gereden lijn zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Kenmerken lijn 2

Bus-lijn	Lengte buslijn (km)	Aantal haltes	Aantal verkeerslichten	Aantal* stops per kilometer	Aandeel traject binnen bebouwde kom (5)	Aandeel hellingen in traject	Nominale ritduur (gepland in dienstregeling) (hh:mm)	Gem. snelheid (km/h)
2	25,5	64	n.b.	2,5	100 %	n.b.	0:56	27,3

* Aantal stops is berekend over het aantal haltes en het aantal verkeerslichten. Wanneer het aantal verkeerslichten niet bekend is geeft dit cijfer slechts het aantal haltes per kilometer weer.

Inzet gedurende de monitoringsperiode

De bussen zijn op 1 december 2010 officieel gepresenteerd aan Connexxion. Vanaf 28 februari 2011 zijn beide bussen ingezet op lijn 2. De tussenliggende periode is gebruikt om de bussen in te regelen op de dienstregeling en de chauffeurs op te leiden.

In de monitoringsdata is geen urenregistratie bijgehouden of onderscheid gemaakt tussen lijndienstinzetten en testritten.

In Tabel 4 is te zien hoeveel dagen per jaar de beide bussen zijn ingezet. De 3328 tussen 26 januari 2011 en 29 maart 2013, de 3329 tussen 11 februari 2011 en 23 januari 2013.

Tabel 4 Inzet (in aantal dagen)

	3328	3329
2011	137	137
2012	178	77
2013	64	15
Totaal aantal dagen ingezet tijdens monitoringsperiode	379	229
Gemiddeld aantal dagen per maand	14,5	9,5

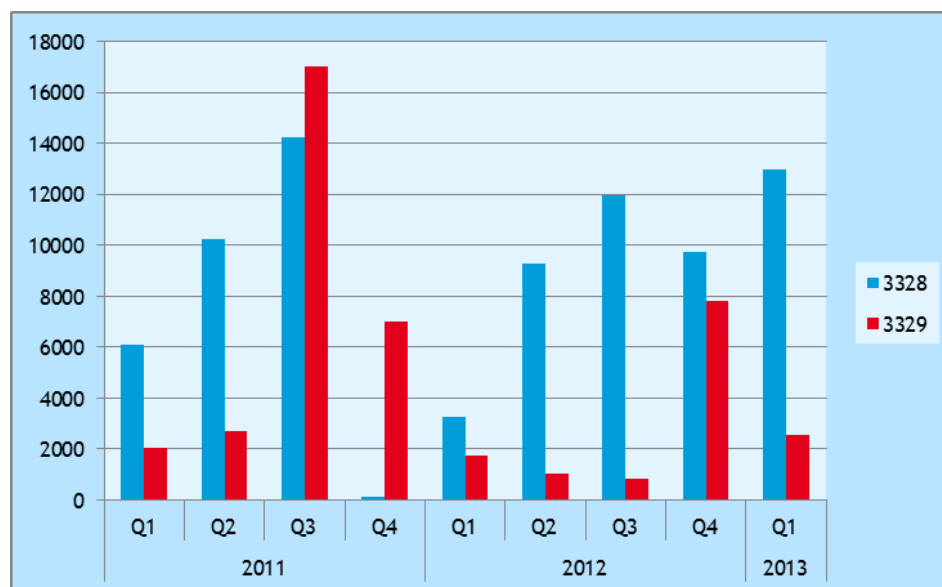
Bezetting

De bezetting van de hybride bussen op lijn 2 is niet bijgehouden of deze informatie is niet verstrekt door de projectpartijen.

Kilometrage

In Figuur 2 en Tabel 5 is het geregistreerde kilometrage per jaar weergegeven. Deze tonen de grote variatie in het behaalde kilometrage per jaar, binnen de dienstregeling.

Figuur 2 Geregistreerde dienstregeling kilometers per kwartaal (km)



De geregistreerde kilometrages zijn bepaald op basis van mutaties in de kilometerstand die automatisch zijn bijgehouden door het tankregistratiesysteem van Connexxion. De registratie vindt alleen plaats wanneer de bus wordt getankt na inzet in de dienstregeling. Kilometers die zijn gereden buiten de dienstregeling zoals bijvoorbeeld voor onderhoud, testritten of demonstraties, zijn niet geregistreerd door de projectpartijen. Diesel die niet op een vulpunt van Connexxion is getankt, is evenmin bijgehouden.

Vanaf oktober 2011 zijn de bussen één voor één uit de dienstregeling gehaald vanwege klachten van bewoners die naast de busbaan op de Bosbaanhoek wonen. De klachten betroffen overlast van een zwaar bromgeluid en schade aan huizen door trillingen. In november 2011 zijn de bussen naar VDL in Eindhoven gebracht om de geluidsoverlast te verhelpen. In het eerste kwartaal van 2012 keerden de bussen geleidelijk terug in de dienstregeling.

In totaal heeft bus 3328 volgens de kilometerstand 83.315 kilometer gereden, waarvan 78.024 zijn geregistreerd in de dienstregeling. Bus 3329 heeft gedurende het hele project 61.406 kilometer gereden, maar slechts 42.828 zijn geregistreerd als dienstregeling kilometers.

De kilometerregistratie van de 3329 functioneerde niet in Q2 en Q3 van 2012. Reden hiervoor was foutief onderhoud. De wielpulsafstand van de tachograaf van de bus is anders dan bij de Ambassadors, die Connexxion in Twente inzette.

Er is gedurende Q2 en Q3 van 2012, afgaande op de kilometerstand in plaats van de dagregistratie, in totaal wel 13.143 kilometer gereden met de bus, maar het valt volgens de projectpartijen niet te herleiden of dit komt doordat deze kilometers door de bussen buiten de dienstregeling zijn verreden of door het haperende kilometerregistratiesysteem. Deze kilometers zijn niet opgenomen in Tabel 5.

Tabel 5 Geregistreerde dienstregeling kilometers per bus per jaar (km)

		3328	3329
2011	Q1	6.075	2.063
	Q2	10.265	2.716
	Q3	14.233	17.019
	Q4	145	6.994
2012	Q1	3.261	1.770
	Q2	9.313	1.059
	Q3	11.996	835
	Q4	9.758	7.843
2013	Q1	12.978	2.530
Totaal		78.024	42.829

2.4 Brandstofverbruik

Tanken vindt aan het einde van de dienst plaats. Per tankbeurt is zowel de brandstofconsumptie als de kilometerstand geregistreerd. Het brandstofverbruik per bus is bepaald op basis van deze registratie. Gedurende het project is echter naar voren gekomen dat deze tankregistratie niet nauwkeurig is.

Door variaties in de plaatsing van het vulpistool en het ontwerp van de vulhals van de tank bleek dat er veel verschil kan zitten in hoeveelheid getankte brandstof tussen tankbeurten. Met andere woorden, de tank werd niet altijd volledig gevuld. Er is door de projectpartijen besloten dat er geen praktische oplossing voorhanden was om dit te verhelpen.

Tezamen met het feit dat niet alle kilometers zijn gereden binnen de dienstregeling en niet alle diesel is getankt op een Connexxion vulpunt, kunnen de dagelijks getankte liter diesels niet betrouwbaar toegerekend



worden aan de dagelijks gereden kilometers. De onnauwkeurigheid van deze registratie blijkt ook uit het gemiddelde geregistreeerde brandstofverbruik per dag: dit varieert tussen 15 en 700 liter per 100 kilometer.

De projectpartijen en auteurs zijn van mening dat deze variaties elkaar uitmiddelen over de jaren. Het brandstofverbruik is vastgesteld uit het totaal geregistreeerde brandstofverbruik over de totaal geregistreeerde kilometers, zoals te zien in Tabel 6.

Gedurende de monitoringsperiode is er geen sprake geweest van zichtbare trends in het brandstofverbruik.

Tabel 6 Brandstofverbruik over de monitoringsperiode

	3328	3329
Getankte brandstof (liter)	28.704	14.736
Totaal kilometrage	78.024	42.829
Gemiddeld verbruik (l/100 km)	36,8	34,4

Het verschil van 2,4 liter per 100 kilometer kan niet met zekerheid worden verklaard op basis van de beschikbare informatie. Er zijn veel mogelijkheden die het verschil kunnen veroorzaken, dit kunnen incorrecte registraties zijn maar ook bijvoorbeeld bezettingsgraad, verkeersdrukke of incorrecte tankregistraties.

Vergelijk hybride bussen met referentiebus

Om te bepalen in hoeverre de hybride bussen zuiniger zijn dan conventionele bussen, dienen referentiegegevens te worden aangeleverd door de projecten. Omdat geen goed vergelijkbare referentiegegevens konden worden aangeleverd, is er geen vergelijking gemaakt tussen het brandstofverbruik van een hybride bus, en de reguliere VDL Ambassador bussen die op Lijn 2 rijden. VDL Ambassador bussen vormen namelijk geen goede vergelijking voor het bepalen van het effect van hybridisering op het brandstofgebruik, omdat ze een veel lager gewicht hebben dan de Citea-bussen.

Als alternatief is er wel een theoretische SORT-test gedaan met de VDL-hybrides, oftewel een 'Standardised On-Road Test Cycle'. Aan de hand van de route van Lijn 2, het aantal stops en gemiddelde snelheden, is een motorbelastingprogramma gemaakt. Dit programma is doorlopen met de hybride VDL's Citea en vergeleken met reguliere Citea dieselbussen in de SORT 2-cyclus.

Het gemiddelde brandstofverbruik van de hybride bussen in de test komt uit op 35,4 liter per 100 kilometer. Dit komt sterk overeen met het brandstofverbruik uit de tank- en kilometer registratie in dit project. Ten opzichte van de reguliere VDL Citea's in de SORT 2-cyclus is dat een brandstofbesparing van 10%, maar er moet worden opgemerkt dat een SORT 2-cyclus afwijkt van het inzetprofiel op lijn 2.



2.5 Gebruikerservaringen

2.5.1 Reizigers

Gedurende de projectperiode zijn er geen gebruikerservaringen van reizigers gemonitord of aangeleverd.

De wijkraad Helmerhoek heeft namens de wijkbewoners, die naast de busbaan wonen, klachten ingediend bij Connexxion en de Regio Twente. De bewoners hadden last van een hinderlijk bromgeluid en scheuren in muren werden ook aan de hybride bussen toegeschreven.

Na onderzoek kon niet worden aangetoond dat de trillingen van de bus daadwerkelijk de oorzaak van de scheuren in muren waren. De bussen zijn wel teruggeroepen naar de fabrikant VDL in Valkenswaard om de geluidsoverlast te verhelpen voordat de bussen weer in de dienstregeling werden ingezet.

Uit onderzoek van de Universiteit Twente bleek dat het inlaat- en uitlaatsysteem van de dieselmotor de hoge geluidsproductie veroorzaakten. VDL heeft hierop diverse aanpassingen aangebracht en bepaalde onderdelen opnieuw ontworpen. Hiermee is de hoge geluidsproductie teruggebracht.

2.5.2 Chauffeurs

Gedurende de projectperiode zijn er geen gebruikerservaringen van chauffeurs gemonitord of aangeleverd. Uit de onderhoudslogs valt wel af te leiden dat het personeel en de chauffeurs tegen de volgende problemen aanliepen bij het opstarten en tanken:

- De hybrides waren de enige EEV-voertuigen in de vloot en moesten daardoor AdBlue tanken naast de diesel. Dit werd soms over het hoofd gezien en de motor schakelt zonder AdBlue automatisch terug in een noodprogramma met veel minder vermogen tot gevolg.
- 's Ochtends voor de dienst worden alle bussen opgestart om warm te draaien en o.a. het OV-chipkaart systeem op te starten. Wanneer de hybride bus te vroeg wordt opgestart kan het voorkomen dat de dieselmotor niet start (omdat het starten automatisch geregeld wordt) en de accu's leegraken door de boordsystemen. Met als gevolg dat de bus niet direct kon wegrijden bij aanvang van de dienst (het moment dat de motor door het systeem wordt gestart). Hier moest een ander opstartregime voor worden gemaakt.
- De hybride bussen worden elektrisch verwarmd, de lucht uit de systemen werd door de chauffeurs ervaren als tocht.

Ook is een aantal technische problemen genoemd door chauffeurs waar geen oorzaak voor is gevonden. Vermoedelijk speelde weerstand bij chauffeurs om over te stappen op nieuwe technologie dan wel te rijden met een afwijkende bus een rol bij deze technische problemen.

2.5.3 Monteurs

Gedurende de projectperiode zijn er geen gebruikerservaringen van monteurs gemonitord of aangeleverd.



2.6 Onderhoud

De noodzaak tot onderhoud wordt door verschillende aspecten veroorzaakt.

We onderscheiden hierbij:

- regulier onderhoud en instructie vergelijkbaar met conventionele bussen;
- modificaties waarbij doorontwikkeling van de technologie centraal staat, zowel software- en hardware matige updates;
- onderhoud en storingen gerelateerd aan de hybride technologie, zoals de aandrijflijn en de energieopslag.

Regulier onderhoud

Gedurende de gehele monitoringsperiode is het reguliere onderhoud uitgevoerd door Connexxion. Regulier onderhoud omvat o.a. het vervangen van banden, repareren van schade, reparatie van elektronica, vervangen van leidingen, etc.

Connexxion geeft aan dat ze de indruk hebben dat het onderhoud minder is dan voor de overige voertuigen van de vloot. Hier moet de kanttekening bij worden geplaatst dat het project tegen het eind van de concessie werd uitgevoerd en dat de reguliere dieselbussen door de hogere leeftijd meer onderhoud vergden.

Modificaties

Het elektrische aandrijfsysteem is verzorgd door Vossloh Kiepe. Gedurende de proef is het energiemanagementsysteem drie keer geoptimaliseerd met behulp van ritinformatie afkomstig van het GPS-systeem.

Aanvankelijk werkte het energiemanagementsysteem op basis van het toerental van de dieselmotor. Dit is later aangepast naar een systeem dat stuurt op basis van het koppel van de motor. Dit zorgde voor een efficiëntere stroomvoorziening en verlaging van het brandstofverbruik.

Verder zijn er aanpassingen gedaan aan de bus om de productie van geluid en trillingen te reduceren.

Reparaties/storingen gerelateerd aan de hybride technologie

Het onderhoud aan de hybride aandrijving is verzorgd door Vossloh Kiepe. Met behulp van 'Remote control systems' zijn sommige problemen met de aandrijving door Vossloh Kiepe op afstand geregistreerd.

De voornaamste storingen aan de hybride aandrijving kwamen voort uit het met name te diep ontladen van de reguliere accu's door het vroegtijdig aanzetten van de bus om het OV-Chipcard systeem op te laten starten. Dit is opgelost door de bussen later dan de overige dieselbussen op te starten.

De elektrische systemen op het dak hebben een eigen koelsysteem. Dit is soms over het hoofd gezien. Zonder controle en bijvullen ontstaan er storingen.



3 Conclusie en toekomstverwachting

De hybride VDL Citea-bussen hebben gedurende een periode van ruim twee jaar in totaal 608 ritten gereden in Enschede met relatief weinig technische problemen. De voornaamste drempels zaten in de acceptatie van de bus door de chauffeurs en de integratie van hybride bussen in de werkzaamheden.

Een ander geïdentificeerd probleem was het geluid dat als storend werd ervaren door buurtbewoners, evenals de trillingen wanneer over de busbaan gereden werd. Die problemen zijn door de fabrikant opgelost.

Brandstofverbruik en technische verbeteringen

Niet alle datapunten in de tank- en kilometerregistratie zijn betrouwbaar. Het geregistreerde gemiddelde brandstofverbruik ligt tussen de 34,4 en 36 liter per 100 kilometer. Er zijn geen trends te ontdekken in het brandstofverbruik gedurende het project en er is geen vergelijkende test uitgevoerd met de VDL Ambassador dieselbussen die op lijn 2 zijn ingezet. Uit de theoretische SORT-test blijkt niet onomstotelijk een grote besparing in brandstofverbruik tussen de hybride Citea-bus en reguliere dieselbussen.

De voornaamste technische verbetering is om het energiemanagementsysteem te laten sturen op basis van koppel in plaats van toerental zijn de rijeigenschappen van de hybride bussen verbeterd en door middel van GPS kunnen zones worden aangewezen waar extra moet worden geladen en zones waar stil, dus volledig elektrisch, moet worden gereden.

Vervolg na de pilotperiode

Bij het aflopen van de concessie op 7 december 2013 en de overgang van Connexxion naar Syntus zijn de bussen niet meegegaan en de bussen staan op moment van schrijven te koop.

In hoeverre de in deze gepilot geteste configuratie en aandrijftechniek vervolg krijgt in het productaanbod van VDL is onbekend. De vraag is uitgezet bij VDL maar op moment van schrijven is er geen antwoord ontvangen.





Bijlage A Overzicht projecten



Project partners	Regio Twente, gemeente Enschede, Connexion, VDL	Samenwerkingsverband Regio Eindhoven, gemeente Eindhoven, Hermes, PDE Automotive, Rolande LNG, NONOX Gas Engines	Stadsregio Amsterdam, gemeente Amsterdam, GVB, VDL	Stadsregio Rotterdam, RET, RCI, stichting NEMS, VDL, e-Traction	Provincie Gelderland, Veolia, stichting The Whisper, e-Traction	Provincie Zuid-Holland, Connexion, Van Hool	Stadsregio Rotterdam, RET, Evobus, Mercedes-Benz
Locatie	Enschede	Eindhoven	Amsterdam	Rotterdam	Apeldoorn	Leiden, Gouda, Alphen a/d Rijn	Rotterdam
Type project	Alfa	Alfa	Alfa	Alfa	Bèta	Bèta	Bèta
Looptijd monitoring proefproject	Januari 2010-juni 2013	April 2013-medio 2014	Januari 2012-januari 2014	Januari 2011-december 2012	Januari 2010-februari 2012	November 2009-november 2011	April 2010-december 2012
Aantal bussen	2	2	2	2	4	4	2 (18 m)
Aandrijflijn	Seriehybride	Conventioneel, gasmotor met nagenoeg smoorvrije vermogensregeling	Brandstofcelseriehybride	Seriehybride	Seriehybride	Serie Hybride	Seriehybride
Energiedrager	Diesel	LNG/LBG	Waterstof	Diesel en elektriciteit	Diesel en elektriciteit	Diesel	Diesel
Elektromotoren	1x op differentieel	-	1x op differentieel	2 direct-drive naafmotoren (zonder naafreductie)	2 direct-drive naafmotoren (zonder naafreductie)	2x (parallel) op differentieel	4 naafmotoren (met naafreductie)
Energieopslag	Ultracaps	-	Accu en ultracaps	Accu	Accu	Ultracaps	Accu
Plug-in	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee