

Schone(re) bussen voor HOV 't Gooi

Haalbaarheidsonderzoek

Datum 15.8.2013
Kenmerk GM058.02

MuConsult B.V.
Postbus 2054
3800 CB Amersfoort
Telefoon 033 – 465 50 54
Fax 033 – 461 40 21
E-mail INFO@MUCONSULT.NL
Internet WWW.MUCONSULT.NL

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding: HOV in 't Gooi	1
1.2 Onderzoeksdoel en -vragen	1
1.3 Onderzoeksopzet	2
2. Schone bussen	3
2.1 Ontwikkelingen schonere bussen	3
2.2 HOV-verbinding in 't Gooi	4
2.3 Geschiktheid technieken	5
2.4 Geschiktheid HOV in 't Gooi	9
3. Kosten en effecten	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Exploitatiekosten	10
3.3 Milieu-effecten	12
Samenvatting	14

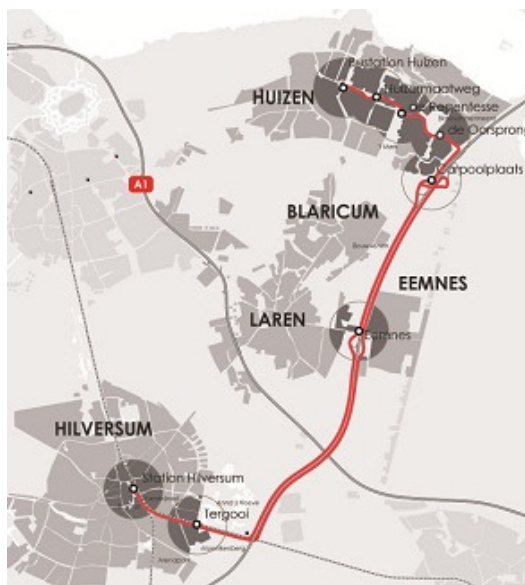
1. Inleiding

1.1 Aanleiding: HOV in 't Gooi

De gemeenten in de regio 't Gooi en de provincie Noord-Holland hebben besloten in 't Gooi een HOV-verbinding te realiseren tussen Hilversum en Huizen. Hiertoe worden op een aantal locaties nieuwe busbanen aangelegd; op andere plaatsen zal de bus met het verkeer mee rijden. De kwaliteit van het openbaar vervoer wordt hierdoor verbeterd: de bussen worden sneller en rijden vaker. Het aantrekkelijker openbaar vervoer leidt tot meer OV-reizigers, waaronder mensen die deze rit anders per auto gemaakt zouden hebben.

De realisatie van specifiek voor het (H)OV bedoelde infrastructuur heeft tot gevolg dat de busritten op deze infrastructuur gebundeld wordt. Dit kan tot gevolg hebben dat omwonenden mogelijk overlast gaan ervaren. Het grotere aantal bussen kan zowel geluidsoverlast als een toename van schadelijke stoffen tot gevolg hebben. De inzet van schone(re) bussen zou deze bezwaren kunnen verminderen of weg kunnen nemen. De inzet van schone(re) bussen past ook binnen de duurzaamheidsambities van de betrokken overheden. Een aantal regionale partijen pleit dan ook nadrukkelijk hiervoor.

De inzet van schone bussen heeft een aantal potentiële voor- en nadelen. Schonere bussen gebruiken vaak minder en/of andere brandstoffen, waardoor op energiekosten kan worden bespaard. Hier staat tegenover dat de aanschaf- en onderhoudskosten vaak hoger zijn en niet alle bustypen praktisch toepasbaar zijn. Daarnaast kent de huidige OV-concessie Gooi- en Vechtstreek een looptijd tot december 2019, terwijl de HOV-verbinding al in 2017 in dienst zal komen. Binnen de looptijd van de concessie is het in de regel moeilijk om nieuw materieel aan te schaffen, daar de concessiehouder het benodigde materieel doorgaans bij de start van de concessie aanschaft en dit over de duur van de concessie afschrijft.



Figuur 1.1: route HOV in 't Gooi

1.2 Onderzoeksdoel en -vragen

De gemeente Hilversum heeft MuConsult gevraagd in een quick scan te onderzoeken welke effecten met de inzet van schone(re) bussen vanaf de start van de HOV-verbinding kunnen worden bereikt en welke financiële gevolgen dit heeft. Hiertoe zijn de onderstaande onderzoeksvragen geformuleerd, welke in de navolgende hoofdstukken worden beantwoord:

- ▶ welke typen schonere bussen zijn op de markt verkrijgbaar?
- ▶ welke typen bussen zouden geschikt zijn voor HOV in 't Gooi?
- ▶ welke milieu-effecten worden met de diverse typen bussen bereikt?
- ▶ welke kosten zijn met de inzet van deze bussen gemoeid?

1.3 Onderzoeksopzet

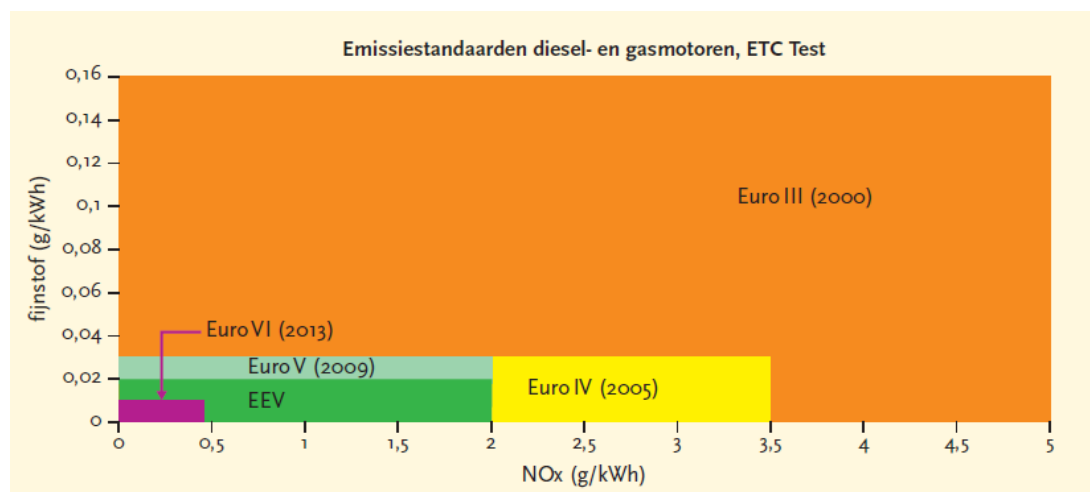
De beantwoording van de onderzoeksvragen heeft in twee stappen plaats gevonden. Allereerst is een inventarisatie op hoofdlijnen gemaakt van recente ontwikkelingen op het gebied van schonere bussen. Op basis van de karakteristieken van de HOV-verbinding zijn functionele eisen afgeleid waaraan het in te zetten materieel moet voldoen. De eerste onderzoeksstap eindigt met een confrontatie van de diverse materieeltypen met de functionele eisen. Deze eerste selectiestap is in **hoofdstuk 2** beschreven.

De tweede onderzoeksstap behelst het opstellen van een vergelijking van de bustypen die in hoofdstuk 2 als geschikt zijn beoordeeld. De vergelijking omvat een overzicht van voor- en nadelen, een schatting van de lokale milieu-effecten en de invloed op de exploitatiekosten. Deze uitwerking is in **hoofdstuk 3** gemaakt.

2. Schone bussen

2.1 Ontwikkelingen schonere bussen

De verbrandingsmotor is in het wegverkeer (vrijwel) de enige methode om voertuigen aan te drijven. De lange periode waarin de verbrandingsmotor is ontwikkeld en verbeterd heeft ervoor gezorgd dat deze zeer betrouwbaar is. Een belangrijk nadeel is echter het ontstaan van emissies (waaronder stikstofdioxide, koolwaterstofgas en fijnstof) en het geproduceerde geluid. Deze belasten zowel de directe omgeving (geluidsoverlast, luchtvervuiling) als het globale milieu (aardopwarming). Door diverse innovaties, vooral afgedwongen door regulering (Euro-normen), zijn de emissies steeds verder verminderd. In 2014 wordt de Euro-6-norm voor de uitstoot van verbrandingsmotoren in het wegverkeer van kracht, die de toegestane emissies verder



beperkt. In figuur 2.1 is deze ontwikkeling geschetst.

Figuur 2.1: ontwikkeling emissienormen bussen (bron: KpVV)

Uit de figuur is duidelijk af te leiden dat sinds het jaar 2000 een aanzienlijke verbetering is bereikt in de emissies van busmotoren. Hierbij moet wel worden bedacht dat de emissienormen zijn gerelateerd aan het vermogen van de motor. Een schonere motor van een "hogere" Euro-norm leidt dus alleen tot minder emissies wanneer deze ongeveer hetzelfde vermogen heeft. Een bus met een Euro-6-motor van 350 kWh mag bijvoorbeeld maximaal 3,5 gram fijnstof uitstoten; een bus met een EEV-motor van 150 kWh stoot maximaal 3,0 gram fijnstof uit. De Euro-normering is dus geen absolute grootheid.

Het openbaar vervoer loopt al lange tijd voorop in de toepassing van nieuwe technieken om emissies te verminderen. Eind 2012 voldeet ongeveer 75% van de Nederlandse bussen al aan de in 2010 geïntroduceerde emissienorm EEV (Enhanced Environmentally friendly Vehicle). Dit geldt ook voor de thans in de regio Gooi- en Vechtstreek ingezette bussen. Naast de snelle toepassing van nieuwe, schonere motoren wordt in het openbaar vervoer veelvuldig geëxperimenteerd met nieuwe technieken en alternatieve aandrijvingen. Hierbij is onder meer te denken aan:

- ▶ **Aardgas en biogas:** de toepassing van aardgas was tot enkele jaren terug te rechtvaardigen met lagere emissies, met name op het gebied van fijnstof. De introductie van dieselmotoren naar de Euro 6-norm heeft het verschil in emissies geminimaliseerd. De toepassing van biogas kan nog wel milieu-voordelen bieden wanneer dit lokaal wordt opgewerkt uit afvalstoffen als mest en plantaardig afval.
- ▶ **Hybride aandrijving:** de toepassing van hybride aandrijving maakt het mogelijk de bus van een kleinere dieselmotor te voorzien, waardoor brandstof (en dus emissies) worden bespaard. De besparing is afhankelijk van het inzetgebied en de gekozen hybride concept (serieel of parallel). Hybride aandrijvingen worden door de meeste fabrikanten aangeboden in combinatie met een dieselmotor.
- ▶ **Elektrische aandrijving:** de toepassing van elektromotoren in bussen zorgt ervoor dat de (lokale) uitstoot van bussen volledig verdwijnt; men spreekt dan ook van **zero emission**. De elektrische aandrijving is ook in bussen een beproefd concept (de trolleybus is hiervan het bekendste voorbeeld), de opslag en overdracht van energie vormt nog een belangrijke beperking.

In paragraaf 2.3 wordt nader ingegaan op de kenmerken van de schonere bussen.

2.2 HOV-verbinding in 't Gooi

Karakteristieken

De HOV-verbinding wordt thans gereden als R-net lijn 320 gereden op de route Hilversum – Huizen busstation – Muiden – Amsterdam Amstelstation. Met het ingaan van de nieuwe concessie 2011 – 2019 worden op lijn 320 nieuwe bussen ingezet van het type VDL Citea XLE137 met een lengte van 13,5 meter. Deze bussen voldoen aan de EEV-norm. Omdat de bussen deels over de autosnelweg rijden zijn zij geschikt voor een snelheid van 100 kilometer per uur. Zij zijn daarom voorzien van veiligheidsgordels en zijn staanplaatsen niet toegestaan. De lengte van de huidige route bedraagt 51,2 kilometer met een rijtijd van 75 minuten.



Afbeelding 2.2: huidige EEV-dieselbus lijn 320

Eisen aan het materieel

De verdere verbetering van R-net-lijn 320 naar een HOV-verbinding leidt tot een kortere route in Hilversum, waar via ziekenhuis Tergooi wordt gereden, en een kortere reisduur door vrije busbanen. Hierdoor neemt de rijtijd tussen Hilversum station en Huizen busstation af van 31 naar 21 minuten; de totale rijtijd vermindert daardoor tot 64 minuten. De lengte van de route neemt met 2,6 kilometer af tot 49,6 kilometer. Uitgangspunt hierbij is dat de HOV-lijn ook in de toekomst vanuit Huizen door zal rijden naar Amsterdam Amstelstation.

Het materieel dat op de HOV-lijn Hilversum – Huizen – Amsterdam wordt ingezet moet geschikt zijn om de lijn op een hoogwaardige wijze te exploiteren. Dit betekent allereerst een maximum snelheid van 100 kilometer per uur. Door de hoge exploitatiesnelheid zullen de HOV-bussen dagelijks veel kilometers afleggen. Uitgaande van een kwartierdienst van 's morgens 6:00 uur tot middernacht maakt elke bus 8 retourritten per dag, waarbij een afstand van 800 kilometer wordt afgelegd. De actieradius van de bussen zal daarom ten minste 70 kilometer per rit en 850 kilometer per dag moeten bedragen.

Het materieel dat op de HOV-verbinding in 't Gooi zal worden ingezet moet dus in ieder geval voldoen aan de onderstaande eisen:

- ▶ maximum snelheid van 100 kilometer per uur;
- ▶ actieradius van 70 kilometer per rit en 850 kilometer per dag.

2.3 Geschiktheid technieken

In deze paragraaf worden vijf typen schonere bussen nader beschouwd op hun geschiktheid voor de Gooise HOV-verbinding. Daarbij wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met de te verwachten technologische ontwikkeling over de periode tot 2016. Wanneer een inzet vanaf december 2017 gewenst is zal namelijk in dat jaar een definitieve keuze voor het gewenste materieeltype gemaakt moeten worden.

Dieselmotoren

De huidige generatie dieselmotoren (Euro 6) voldoet aan de gestelde eisen. Te verwachten is dat de Euro-6-norm tussen 2017 en 2020 wordt opgevolgd door een Euro-7-norm, die verdere beperkingen aan de emissies zal stellen. Gelet op de ontwikkelingen zal met name de uitstoot van fijnstof, CO₂ en NO_x verder worden beperkt. Om dit te bereiken wordt enerzijds gebruik gemaakt van kleinere en zuiniger motoren, anderzijds wordt de emissie beperkt door het toepassen van nabehandeling van de uitlaatgassen. De bereikte winst op het gebied van brandstofgebruik wordt echter (deels) verloren aan het energiegebruik van comfortverhogende componenten in de bussen, zoals beeldschermen, WiFi, computers voor de OV-chipkaart en –vooral– airconditioning. Te verwachten is dat het brandstofgebruik van toekomstige dieselmotoren niet significant zal afwijken van het verbruik van de huidige generatie bussen van 25 tot 30 liter per 100 kilometer.

De tankinhoud van een OV-bus bedraagt in de regel ongeveer 300 liter, waarmee een afstand van 1.000 tot 1.200 kilometer kan worden afgelegd. Dieselmotoren zullen ook in de toekomst (optioneel) geschikt zijn voor een maximum snelheid van 100 kilometer per uur.

Aard-/biogasbussen

De huidige generatie (aard)gasbussen voldoet ruim aan de EEV-normen; te verwachten is dat de eerste bussen die voldoen aan de Euro-6-norm binnenkort op de markt komen. Gasbussen zijn zowel geschikt voor aardgas als voor biogas, mits dit laatste gas voldoende is opgewerkt. In de praktijk verschillen de gebruiksmogelijkheden van beide brandstofsoorten niet. De toepassing van biogas leidt lokaal niet tot lagere emissies ten opzichte van aardgas; omdat het gas is gemaakt uit bestaande afvalstoffen wordt het wel aangemerkt als CO₂-neutraal. De CO₂-neutraliteit wordt echter alleen gerealiseerd wanneer de energie die nodig is voor de productie van biogas afkomstig is uit hernieuwbare bronnen (wind, water, zon). Het belangrijkste voordeel van gasmotoren ten opzichte van dieselmotoren is de geringere uitstoot van fijnstof; ten opzichte van de huidige generatie dieselmotoren (Euro-6) is dit verschil echter klein geworden.

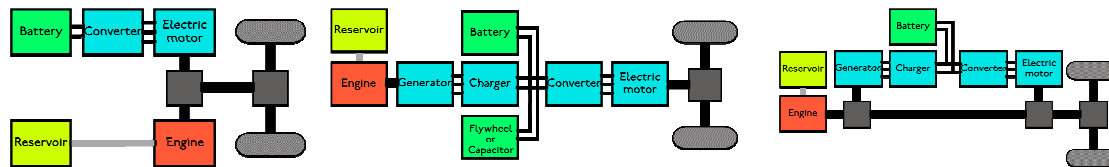
Aard- en biogasbussen hebben op het dak van de bus tanks waarin het benodigde gas onder hoge druk wordt opgeslagen (feitelijk is het daarmee CNG, ofwel compressed natural gaz). Moderne gasmotoren kennen een gemiddeld verbruik van 0,4 tot 0,5 kilogram per kilometer; bij een soortelijk gewicht van 0,8 kilogram per m³ bedraagt het verbruik per 100 kilometer dus 50 tot 62 m³. De actieradius van gasbussen ligt in de praktijk tussen 350 en 450 kilometer per dag; door toepassing van grotere tanks is een actieradius tot 600 kilometer mogelijk. Door het grotere gewicht neemt het brandstofgebruik echter licht toe.

CNG bussen worden vooral toegepast in stads- en voorstadsvervoer. Gegevens over de inzet van gasbussen met snelheden van 100 kilometer per uur zijn niet bekend. Gelet op de gangbare maximum snelheid van 85 kilometer per uur lijkt dit echter wel mogelijk te zijn.

Hybride bussen

Bussen met een hybride aandrijving beschikken over twee motoren, namelijk een dieselmotor en een elektromotor. Bij hybride bussen moet onderscheid worden gemaakt naar twee aandrijfconcepten, te weten:

- ▶ **Parallel hybride:** de diesel- en elektromotor worden beide gelijktijdig gebruikt voor de aandrijving van de bus. De elektromotor wordt gevoed vanuit accu's die worden opgeladen met remenergie en via een door de dieselmotor aangedreven generator. Het opladen gebeurt op momenten dat de aandrijving minder vermogen vraagt, bijvoorbeeld bij stilstand. De dieselmotor is hierdoor voortdurend in bedrijf.
- ▶ **Serieel hybride:** alleen de elektromotor(en) zorgen voor de aandrijving van de bus; de dieselmotor levert via een generator de benodigde elektrische energie. De bus beschikt over accu's waarin overtollige energie en remenergie tijdelijk wordt opgeslagen, waardoor de dieselmotor steeds op een optimaal toerental kan draaien. Indien de accu's (of supercapitors) voldoende gevuld zijn kan de dieselmotor tijdelijk worden uitgeschakeld, zodat de bus elektrisch rijdt.
- ▶ **Parallel-serieel hybride:** een combinatie van beide aandrijfsystemen, waarbij de verbrandingsmotor zowel direct als indirect (via de generator en de elektromotor) de aandrijving verzorgt. Bekendste voorbeeld is de Toyota Prius. Dit type aandrijving wordt (nog) niet gebruikt in bussen.



Figuur 2.3: Hybride aandrijfconcepten parallel (links), serieel (midden) en gecombineerd (rechts)

De hybride aandrijving is om twee redenen ontwikkeld, namelijk vermindering van emissies en beperking van het brandstofgebruik. De parallelle hybride is vooral bedoeld voor regionaal vervoer met lange halteafstanden en hogere snelheden, de seriële hybride is meer geschikt voor inzet in stadsvervoer. De ervaringen wijzen tot nu toe uit dat een besparingen in het brandstofgebruik (en dus de emissies) van 20 tot 35 procent haalbaar zijn. Zoals aangegeven is het met een seriële hybride mogelijk om op kortere afstanden volledig elektrisch te rijden, zodat emissies in kwetsbare gebieden worden vermeden. In Rotterdam loopt een proef met hybride bussen waarbij de elektrische aandrijving via GPS geactiveerd wordt.

De actieradius van (diesel-)hybride bussen is als gevolg van het lagere brandstofgebruik groter dan die van gewone dieselbussen. In de praktijk is dit verschil minder groot omdat een kleinere brandstoftank kan worden toegepast. Een maximum snelheid van 100 kilometer per uur is mogelijk, hoewel bussen met hybride aandrijvingen tot nu toe worden gebouwd voor een maximum snelheid tot 85 kilometer per uur. Reden is dat de meerwaarde van een hybride aandrijving vooral tot uiting komt bij lagere snelheden en frequente stops.

Elektrische bussen

Elektrisch aangedreven bussen bestaan al ruim honderd jaar in de vorm van trolleybussen¹⁾. De term elektrische bussen heeft thans echter betrekking op bussen die door middel van accu's of supercapacitors van energie worden voorzien. Hierdoor wordt het voordeel van emissieloos rijden gecombineerd met de vrije inzetbaarheid van een dieselbus. Deze ontwikkeling is nog relatief jong; de thans verkrijgbare elektrische bussen zijn vooralsnog te beschouwen als prototypes.

De toepassing van accu's voor de energie-opslag vormt op dit moment nog een belangrijke beperking in de toepassing van elektrische aandrijving bij bussen. De actieradius van de huidige modellen bedraagt in theorie ongeveer 250 kilometer, in de praktijk geldt 160 kilometer als maximum. Door toepassing van meer accu's kan de actieradius weliswaar worden vergroot; de voor die accu's benodigde ruimte gaat echter ten koste van de ruimte voor passagiers. De toepassing van elektrische bussen is daardoor vooralsnog beperkt tot korte lijnen in binnensteden, waar emissieloos rijden overigens ook het meeste effect sorteert. De lange laadtijd van circa zeven uur maakt inzet op langere lijnen voorlopig onmogelijk.

¹⁾ De eerste trolleybus reed in 1900 in Parijs ter gelegenheid van de wereldtentoonstelling. Voordien bestonden in Berlijn en de Verenigde Staten al enkele testtrajecten.

De toepassing van elektrisch rijden in het streekvervoer vergt de ontwikkeling van een nieuwe generatie accu's met een hoog vermogen. Alternatief hiervoor is de mogelijkheid om de accu's tussentijds op te laden. Tot nu toe zijn enkele systemen ontwikkeld die deze functionaliteit bieden. In Wenen worden in de binnenstad elektrische bussen ingezet die bij het eindpunt aan een kort stukje bovenleiding worden opgeladen; de laadtijd voor één (korte) rit bedraagt ongeveer een kwartier. Een alternatief is het door Bombardier ontwikkelde systeem PriMove, waarbij de accu's van trams en bussen via inductie worden opgeladen. De inductieplaten bevinden zich in het wegdek of tussen de tramrails en worden alleen geactiveerd als er een bus of tram boven staat of rijdt. Beide systemen bevinden zich echter in het beginstadium van de ontwikkeling; pas over meerdere jaren kan worden vastgesteld of deze systemen een toekomst hebben.

Brandstofcellbussen

Een alternatief voor elektrische bussen met accu's is de toepassing van brandstofcellen. Deze worden gevoed door waterstof dat in tanks op het dak van de bus wordt opgeslagen. De brandstofcel zet de waterstof met zuurstof om elektriciteit, warmte en (zuiver) water. Voor de productie van waterstof wordt meestal gebruik gemaakt van chemie, waarbij aardgas met stoom wordt omgezet in waterstof en koolmonoxide. In een tweede stap kan via water-gassplitsing de koolmonoxide met water nog worden omgezet in kooldioxide (CO₂) en waterstof. Beide reacties vereisen de toevoer van energie in de vorm van warmte. Alternatief kan gebruik worden gemaakt van elektrolyse, waarbij water onder hoge druk wordt gesplitst in zuurstof en waterstof; ook hierbij is energie nodig.

In Amsterdam is een proef gehouden met de inzet van bussen met brandstofcellen als onderdeel van een Europees pilot-project. De bus is technisch vergelijkbaar met een hybride bus, met dien verstande dat de dieselmotor is vervangen door een brandstofcel. De actieradius van de bussen wordt bepaald door de omvang van de brandstoftank, deze is tot nu toe voldoende voor een reikwijdte van ongeveer 350 kilometer. De toepassing van brandstofcellen staat nog aan het begin van de ontwikkelingscyclus, zodat nog geen uitspraken kunnen worden gedaan over de levensvatbaarheid op langere termijn. Mogelijk wordt de ontwikkeling ingehaald door de elektrische bus op accu's en/of methoden voor inductief opladen.

2.4 Geschiktheid HOV in 't Gooi

De vijf beschouwde aandrijftechnieken zijn niet allemaal geschikt voor toepassing voor de HOV-verbinding Hilversum – Huizen – Amsterdam. In de onderstaande tabel is aangegeven in hoeverre de technieken kunnen voldoen aan de belangrijkste exploitatie-eisen, te weten een maximum snelheid van 100 kilometer per uur en een actieradius van 850 kilometer.

Tabel 2.5: *samenvatting geschiktheid aandrijftechniek voor HOV in 't Gooi*

Techniek	Actieradius 850 km	Snelheid 100 km/h
Dieselmotor	ja	ja
Aard-/biogas	meerkosten ¹⁾	mogelijk ²⁾
Diesel-hybride	ja	mogelijk ²⁾
Elektrisch accu	nee (250 km)	nee
Brandstofcel	nee (350 km)	nee

¹⁾ Door tussentijds tanken kan de actieradius van de bussen worden vergroot. Wanneer het tanken buiten de spitsuren kan plaatsvinden blijven de meerkosten beperkt tot extra personeel.

²⁾ Praktijkvoorbeelden waarbij 100 km/h gereden wordt in de normale dienst zijn niet bekend, technisch wordt deze snelheid echter mogelijk geacht.

Uit de tabel is af te leiden dat de toepassing van zero emission bussen (elektrische aandrijving met accu's of brandstofcel) nog niet tot de mogelijkheden behoort. De actieradius van deze bussen is minder dan de helft van de benodigde actieradius. Daarnaast is de maximum snelheid van de bussen nog te gering om de vereiste snelheid van 100 kilometer per uur op de autosnelweg te halen. Hoewel beide technieken nog verder ontwikkeld worden, is voorsnog niet te verwachten dat in 2017 wel aan deze eisen voldaan kan worden.

De toepassing van bussen op aard- of biogas kent nog beperkingen in de actieradius. Verwacht wordt dat deze in 2017 gegroeid kan zijn naar circa 700 kilometer, wat net te weinig is voor inzet op de HOV-verbinding. Met tussentijds bijtanken kan dit bezwaar worden weggenomen, hoewel dit wel leidt tot extra kosten voor het personeel dat de bussen vanaf een eindpunt naar de tankplaats en terug moet brengen. Daarnaast zijn extra bussen nodig wanneer het tanken niet buiten de spitsuren plaats kan vinden, wat tot extra kosten leidt. Bovendien moet in dat geval het onderhoud in de nacht gebeuren, wat eveneens kostenverhogend is.

Hybride bussen en gasbussen zijn nog niet gebouwd voor een snelheid van 100 kilometer per uur. Technisch lijkt dit echter goed mogelijk te zijn, gelet op de beschikbare motorvermogens. Dieselmotoren kennen geen beperkingen.

3. Kosten en effecten

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan wij nader in op de kosten van de drie aandrijftechnieken die op basis van de analyse uit het voorgaande hoofdstuk toepasbaar zijn voor HOV in 't Gooi. Achtereenvolgens wordt ingegaan op de exploitatiekosten en de milieu-effecten.

3.2 Exploitatiekosten

Uitgangspunten

De vervanging van bestaande bussen door nieuwe, schonere exemplaren leidt in de regel tot een toename van de exploitatiekosten. De belangrijkste reden hiervoor is dat de nieuwe bussen technisch verder ontwikkeld zijn, waardoor een deel van de investeringen in de ontwikkeling van die techniek moet worden terugverdiend. Bij een aantal bustypen moet ook worden geïnvesteerd in bijvoorbeeld tank- of oplaadapparatuur. Voor bustypen met een te kleine actieradius is bovendien de inzet van extra personeel en soms de aanschaf van een extra bus vereist. In het KpVV-rapport 'lucht voor schone bussen' is uitgebreider ingegaan op de berekening van kosten en baten van schone(re) bussen²⁾. Onderstaand zijn de verwachte kosteneffecten per bustype beschreven.

De berekening gaat uit van het gehele traject van lijn 320, dus de route Amsterdam – Huizen – Hilversum. De frequentie bedraagt altijd 4 ritten per uur en richting, met uitzondering van de brede spits (6:30 – 9:30 en 15:30 – 18:30), waarin 6 maal per uur gereden wordt. Als materieeltype is uitgegaan van bussen met een lengte van ongeveer 15 meter, wat iets groter is dan de thans geboden capaciteit. Op die manier wordt rekening gehouden met vervoergroei. De rijtijd over het gehele traject bedraagt 64 minuten, de keertijd aan elk eindpunt 6 minuten. Dit betekent dat in de spitsuren 14 bussen beschikbaar moeten zijn. Gelet op het grote aantal kilometers dat de bussen per dag moeten afleggen is frequent onderhoud nodig, waartoe steeds twee bussen nodig zijn. Het hoge kilometrage heeft ook tot gevolg dat de afschrijving van de bussen sneller verloopt; uitgegaan wordt van acht jaar en een restwaarde van tien procent.

Dieselbussen

De inzet van dieselbussen komt overeen met het huidige exploitatiemodel. De aanschafprijs van een Euro-6-bus met een lengte van 15 meter bedraagt thans ongeveer € 280.000, wat tot een afschrijving van € 31.500 per jaar per bus leidt (afgezien van financieringslasten). Te verwachten is dat deze prijs (prijsspeil 2013) in 2018 geldt voor een dieselbus die aan de dan geldende milieunormen voldoet. Een brandstofverbruik van 30 liter per 100 kilometer leidt tot een jaarlijkse consumptie van 853.000 liter diesel nodig, wat bij een literprijs van € 1,25 (excl. BTW) € 1,07 miljoen kost. De kosten van

²⁾ Lucht voor schone bussen: handreiking milieuvriendelijk busmaterieel, MuConsult in opdracht van KpVV, 23.11.2009. Dit rapport is te downloaden via <http://www.kpvv.nl/KpVV/KpVVHome/Kennisbank/Onderwerpen-Publicaties/Onderwerpen-Publicaties-Duurzame-Mobiliteit/Lucht-voor-schone-bussen-Handreiking-milieuvriendelijk-busmaterieel.html>.

tanken/reinigen en onderhoud zijn op basis van algemene kentallen geschat op € 700.000 per jaar. De totale materieelkosten voor de inzet van dieselbussen bedragen daarmee circa € 2,26 miljoen.

Gasbussen

Bussen op aard- of biogas zijn in de aanschaf tussen € 30.000 en € 50.000 duurder dan dieselbussen. Omdat voor HOV in 't Gooi grotere bussen (15 meter) met zwaardere motoren nodig zijn wordt uitgegaan van een prijsverschil van € 50.000. Hoewel gasbussen in de praktijk een wat lagere beschikbaarheid hebben (circa 92% in plaats van 96%) is de beoogde omvang van het wagenpark (16 bussen) voldoende om tijdens de spitsuren 14 bussen in te kunnen zetten. De afschrijvingskosten bedragen daardoor 594.000 per jaar exclusief financieringslasten.

Het brandstofgebruik van aardgasbussen ligt voor een 12-meterbus in het streekvervoer op ongeveer 55 kilo per 100 kilometer. Omdat gebruik wordt gemaakt van grotere bussen die harder rijden is het gebruik geschat op 63,5 m³ per 100 kilometer. Bij een aardgasprijs van 45 cent per m³ bedragen de jaarlijkse brandstofkosten € 812.000. De kosten van onderhoud, tanken en reinigen zijn geschat op € 1,04 miljoen. Het kostenverschil ten opzichte van dieselbussen is toe te schrijven aan hogere onderhoudskosten en de kosten van extra tankbeurten. Omdat de actieradius van gasbussen zelfs bij gebruik van grotere tanks onvoldoende is om één dagdienst te rijden moeten de bussen buiten de spitsuren worden bijgetankt; dit betekent dat extra kosten ontstaan voor het halen en brengen alsmede voor de extra tankhandelingen. In de berekening is uitgegaan van een slimme opzet van het bijtanken, waarbij de bussen die na de ochtendspits inrukken worden volgetankt en vervolgens andere bussen vrijmaken voor een tankbeurt. Dit is alleen mogelijk wanneer in de omgeving van een van de eindpunten een fast fill-tankstation wordt gerealiseerd. De kosten hiervan bedragen circa € 1 miljoen. Toepassing van een slow fill-tankstation is weliswaar goedkoper; nadeel is echter dat het tanken van een bus enkele uren duurt. Gevolg hiervan is dat het tussentijds tanken aanzienlijk meer tijd in beslag neemt, waardoor vier tot zes extra bussen nodig zijn. Deze meerkosten wegen niet op tegen de hogere kosten van een fast fill-station.

Een alternatief voor het gebruik van aardgas is de toepassing van biogas. Dit gas wordt gewonnen uit natuurlijke afvalstoffen als mest en landbouwafval. De kosten die met de productie en opwerking van biogas gemoeid zijn maken dat biogas in prijs per m³ vergelijkbaar is met aardgas. Wel bestaat de mogelijkheid om de prijs door gebruikmaking van subsidies te verlagen; onzeker is echter of die subsidies bij de start van HOV in 't Gooi nog bestaan.

De totale materieelkosten bij de inzet van gasbussen bedragen jaarlijks € 2,45 miljoen exclusief de investering van circa € 1 miljoen in een fast fill-tankstation.

Hybride bussen

De aanschafprijs van hybride bussen is de afgelopen jaren gedaald, met name door de steeds grotere aantallen hybride bussen die besteld worden. Desondanks zal een hybride 15-meterbus in aanschaf duurder zijn dan een gewone dieselbus. De aanschafprijs ligt naar verwachting rond de € 400.000. De afschrijving voor de benodigde 16 bussen bedraagt dan (exclusief kapitaallasten) jaarlijks € 720.000.

Het brandstofgebruik van een hybride bus is 20 tot 35 procent lager dan bij een vergelijkbare dieselbus, afhankelijk van het type hybride (parallel of serieel) en het inzetgebied. Gelet op de karakteristieken van de HOV-verbinding (hoge snelheid, lange halteafstand) is een besparing van 20% realistisch. Dit betekent een consumptie van 682.500 liter per jaar; de kosten hiervan bedragen op prijspeil 2013 € 853.000.

De actieradius van een hybride bus is ruim voldoende om de dagelijkse afstand van 850 kilometer af te leggen. Uitgaande van een tankinhoud van 300 liter is het bereik te schatten op 1.250 kilometer. Het aantal tankbeurten zal hierdoor lager zijn, wat leidt tot een kleine kostenbesparing. De kosten van onderhoud zijn daarentegen iets hoger dan bij een conventionele dieselbus. Per saldo liggen de onderhouds- en tankkosten met € 708.000 iets hoger dan bij een gewone dieselbus.

De totale materieelkosten bedragen bij de inzet van hybride bussen ongeveer € 2,28 miljoen per jaar. Deze kosten zijn vergelijkbaar met de kosten van een dieselbus.

Samengevat

In de onderstaande tabel zijn de materieelgeboden exploitatiekosten voor de inzet van de drie beschouwde bustypen samengevat. Uit deze opstelling blijkt dat de kosten van de dieselbus en de hybridebus vergelijkbaar zijn, de inzet van aard- of biogasbussen is circa 8% duurder en vergt bovendien een extra investering.

Tabel 3.1: *samenvatting materieelkosten per jaar HOV in 't Gooi*

	Diesel	Aard-/biogas	Hybride
Afschrijving	€ 504.000	€ 594.000	€ 720.000
Brandstof	€ 1.066.450	€ 812.635	€ 853.160
Onderhoud/tanken	€ 693.903	€ 1.039.377	€ 708.691
Totale kosten	€ 2.264.353	€ 2.446.011	€ 2.281.851
Investering tankplaats		€ 1.000.000	
Milieusubsidies biogas		pm	

3.3 Milieu-effecten

De mogelijke keuze voor de inzet van extra schone bussen wordt gemaakt vanuit de overweging dat hiermee een bijdrage wordt geleverd aan de luchtkwaliteit op lokaal (directe omgeving van de busroute) en mondiaal niveau (opwarming van de aarde). Het uitwerken van deze gegevens wordt bemoeilijkt door het gegeven dat de emissienormen voor bussen en zwaardere vrachtwagens zijn gerelateerd aan het motorvermogen in plaats van aan het gereden aantal kilometers. De emissies zijn daarom afgeleid uit vergelijkende tests van EEV-bussen, waarbij de resultaten op basis van de verhouding tussen de EEV- en Euro-6-eisen zijn vertaald naar emissies per gereden kilometer. In die vertaling is ook rekening gehouden met het verschil in vermogen en emissie tussen 12- en 15-meterbussen. De berekeningen hebben daardoor uitsluitend betrekking op de lokale emissies, ofwel de stoffen die via de uitlaat van de bus in de omgeving terecht komen.

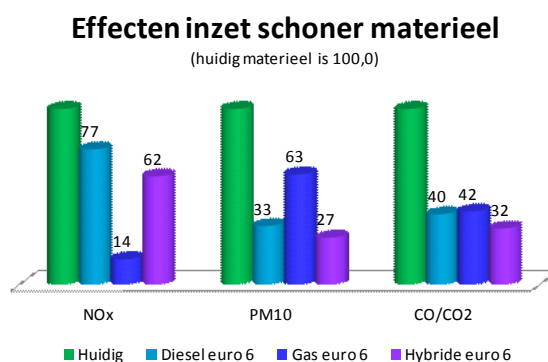
Op basis van deze uitgangspunten is een schatting gemaakt van de emissies die op jaarbasis ontstaan op de gehele HOV-lijn tussen Hilversum en Amsterdam. Ter vergelijking is op dezelfde wijze een schatting gemaakt van de huidige uitstoot. De resultaten zijn in tabel 3.2. Deze tabel beschrijft de geschatte emissies die voortkomen uit de exploitatie van de gehele lijn 320.

Tabel 3.2: emissies in tonnen per jaar voor lijn 320 Amsterdam – Hilversum

Emissies	(huidig)		(varianten)	
	Diesel EEV	Diesel Euro 6	Aard/biogas	Hybride
NO _x	10,5	8,1	1,5	6,5
PM ₁₀	0,02	0,01	0,01	0,01
CO / CO ₂	3.872	1.548	1.612	1.239
CH ₄	0,0	0,0	0,04	0,0

Uit tabel 3.2 blijkt dat alle onderzochte bustypen leiden tot een vermindering van de emissies vergeleken met de huidige situatie. Een eenduidige uitspraak over de 'beste' techniek is hier niet uit af te leiden, temeer omdat de eenheden sterk verschillen. Om die reden zijn in figuur 3.3 de relatieve verschillen ten opzichte van de huidige situatie (EEV-dieselmotoren) gegeven.

Hieruit is in ieder geval af te leiden dat de hybride bussen tot een grotere besparing van emissies leiden dan een euro-6-bus. De verschillen ten opzichte van gasbussen zijn minder uitgesproken. De emissies van CH₄ konden niet in de vergelijking worden betrokken omdat deze in de huidige situatie niet voor komen.



Figuur 3.3: bespaarde emissies schone bussen

Om de resultaten uit tabel 3.2 in perspectief te plaatsen is de omvang van de bespaarde emissies per dag uitgedrukt in de emissie van een gemiddelde auto³⁾. De emissies van de thans ingezette bussen zijn vergelijkbaar met circa 5 gemiddelde auto's. De inzet van euro-6-dieselmotoren leidt al tot een flinke verbetering, waarbij de fijnstof-uitstoot zelfs lager wordt dan die van de gemiddelde auto. De inzet van gas- of hybride bussen leidt tot een bescheiden additionele verbetering.

Tabel 3.4: emissies schonere bussen in relatie tot emissies gemiddelde auto

Emissies	gem. auto gram/km	emissie bus ten opzichte van gemiddelde auto			
		Huidig (EEV)	Diesel Euro 6	Aard/biogas	Hybride
NO _x	0,8	4,9	3,8	0,7	3,0
PM ₁₀ (fijnstof)	0,005	1,6	0,5	1,0	0,4
CO ₂	256	5,3	2,1	2,2	1,7

Bron: berekening MuConsult op basis van Compendium voor de Leefomgeving 2012

³⁾ De emissie van een gemiddelde auto is berekend door de aan het wegverkeer toe te rekenen uitstoot per jaar te delen door het aantal voertuigkilometers uit het Compendium voor de Leefomgeving 2012. Deze bedragen 0,075 gram NO_x, 0,005 gram fijnstof (PM₁₀) en 256 gram CO₂.

Samenvatting

De realisatie van HOV in 't Gooi heeft tot gevolg dat het busvervoer wordt geconcentreerd op één busbaan in plaats van meerdere routes. Omwonenden vrezen voor negatieve effecten op de leefomgeving en vragen om de inzet van schone bussen, waarbij onder meer naar de ontwikkeling van emissieloze bussen wordt gekeken. In dit onderzoek zijn vijf verschillende technieken beoordeeld op geschiktheid, kosten en milieu-effecten. Bij de bepaling van de kosten en de milieu-effecten is ook een vergelijking gemaakt met het thans ingezette materieel, dat voldoet aan de EEV-normen. Onderzocht zijn:

- ▶ **Euro-6-dieselbus:** het schoonste type dieselbus dat nu te verkrijgen is voldoet al aan de in 2014 in werking tredende emissienorm Euro 6;
- ▶ **Aard-/biogasbus:** bussen met een motor die geschikt is voor aard- of biogas, dat in tanks op het dak wordt meegenomen;
- ▶ **Hybride bus:** bussen die zijn van een gecombineerde aandrijving met een diesel- en een elektromotor. Sommige typen kunnen korte afstanden elektrisch (emissievrij) rijden;
- ▶ **Elektrische bus:** emissieloze bussen die worden aangedreven door elektromotoren. De energie wordt geleverd door accu's of supercapitors;
- ▶ **Brandstofcelbus:** de brandstofcelbus beschikt ook over een elektrische aandrijving; de benodigde elektrische energie wordt geleverd door met waterstof gevoede brandstofcellen.

Geschiktheid voor HOV in 't Gooi

De dienst op HOV-lijn in 't Gooi zal worden verzorgd door lijn 320 Hilversum – Huizen – Blaricum – Amsterdam Amstel. Deze lijn maakt deels gebruik van de autosnelweg, wat inhoudt dat de bussen een snelheid van 100 kilometer per uur moeten kunnen rijden. Door de hoge exploitatiesnelheid leggen de bussen dagelijks een afstand van circa 800 kilometer af. Dit betekent dat de actieradius van de in te zetten bussen ten minste 850 kilometer moet bedragen. Twee van de onderzochte schone bussen, de **elektrische bus** en de **brandstofcelbus**, voldoen aan geen van beide eisen en zijn dus niet geschikt voor gebruik op de HOV-lijn. De actieradius van gasbussen is ook onvoldoende, doch het tussentijds tanken is bij deze bussen relatief eenvoudig.

Kosten schonere bussen

De kosten voor het gebruik van de drie resterende bustypen zijn bepaald op basis van de voor de HOV-verbinding gekozen route en verwachte rijtijden. Daarbij is uitgegaan van handhaving van de doorgaande verbinding Hilversum – Huizen – Blaricum – Amsterdam; vanwege de hoge kilometerprestatie moeten de bussen in acht jaar worden afgeschreven. In de analyse is voorts rekening gehouden met afschrijving, brandstof, onderhoud en tankkosten. De exploitatiekosten voor diesel- en hybride bussen zijn vergelijkbaar; gasbussen zijn jaarlijks bijna € 200.000 duurder en vergen bovendien een investering van circa één miljoen euro in een gastankstation.

Milieuprestaties schonere bussen

De milieuprestaties van de drie nader onderzochte bustypen zijn zowel onderling als met de bestaande bussen en met de gemiddelde auto in Nederland vergeleken. Dit leidt tot een divers beeld, waarbij diesel- en hybride bussen beter scoren op de uitstoot van fijnstof en CO₂, gasbussen scoren beter op de emissie van NOx. Opmerkelijke uitkomst van de vergelijking is dat de fijnstof-uitstoot van Euro-6- en hybride bussen ongeveer de helft bedraagt van de uitstoot van de gemiddelde auto in Nederland. Tevens blijkt de uitstoot van de thans ingezette EEV-bussen vergelijkbaar te zijn met de emissie van vijf gemiddelde auto's.

In de onderstaande tabel zijn de resultaten per in te zetten bustype samengevat.

Tabel 4.1: emissies schonere bussen in relatie tot emissies gemiddelde auto

Aspect	Diesel Euro6	Aard/biogas	Hybride	Elektrisch	Brandstofcel
Geschiktheid HOV in 't Gooi					
Actieradius	1.100	600	1.300	200	400
Max. snelheid	100	100	100	70	75
Exploitatiekosten (in € per jaar)					
Afschrijving	504.000	594.000	720.000		
Brandstof	1.067.000	813.000	853.000	bustype ongeschikt	bustype ongeschikt
Onderhoud	694.000	1.039.000	709.000		
Exploitatiekosten	2.264.000	2.446.000	2.282.000		
Investering tank	-	1.000.000	-		
Milieu-effecten (emissies uitgedrukt in emissies van gemiddelde auto)					
NOx	3,8	0,7	3,0	bustype ongeschikt	bustype ongeschikt
PM ₁₀ (fijnstof)	0,5	1,0	0,4		
CO / CO ₂	2,1	2,2	1,7		