

# De vergeten transportsectoren

Anco Hoen, Sander Wortman en Jacco Farla

*De sector verkeer en vervoer moet aanzienlijk minder broeikasgas uitstoten om de Nederlandse klimaatdoelen te halen. Voor het personenautoverkeer zijn de oplossingsrichtingen veelvuldig onderzocht. Aan de luchtvaart, het vrachtvervoer over de weg en de scheepvaart, samen verantwoordelijk voor bijna een kwart van de totale mondiale CO<sub>2</sub>-emissie<sup>1</sup>, wordt echter veel minder aandacht besteed. Dit artikel analyseert de mate waarin innovatie in ons land van de grond komt voor deze drie sectoren. Hieruit blijkt dat zowel marktpartijen als de overheid hun invloed kunnen aanwenden om de vergeten transportsectoren klimaatneutraler te maken.*

## Klimaatdoelen

Op 24 november 2009 had KLM een primeur. Voor het eerst in de geschiedenis vloog een vliegtuig met passagiers op biokerosine. Eerder al vlogen andere vliegmaatschappijen met biobrandstoffen, maar dat waren vluchten zonder passagiers. Tijdens de vlucht van het KLM-toestel werd één van de vier motoren aangedreven met een 50-50 mix van fossiele kerosine en 3.000 liter biokerosine. De primeur was een prijzige aangelegenheid: de fossiele kerosine kostte zo'n € 2.000, terwijl de biokerosine maar liefst een half miljoen euro kostte.

KLM is niet de enige die zoekt naar duurzame vormen van transport. De Nederlandse overheid heeft zich ten doel gesteld om de broeikasgasemissies in 2020 te reduceren met 30% ten opzichte van 1990. Alhoewel er nog geen officiële langetermijndoelen zijn, worden voor 2050 reducties tussen de 60 en 95% ten opzichte van 2005 nodig geacht. De sector verkeer en vervoer heeft na de Nederlandse energiesector het grootste aandeel in de Nederlandse broeikasgasemissies. In 2008 bedroeg de uitstoot 20% van de totale Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissies. Dat aandeel zal toenemen omdat het vrachtvervoer en de luchtvaart naar verwachting sterker zullen groeien dan andere sectoren. Daar komt bij dat de CO<sub>2</sub>-emissies van de internationale luchtvaart en zeevaart (nog) niet worden toegerekend aan individuele landen en nog niet bij die 20% zijn opgeteld.

Voor het halen van de klimaatdoelen voor de lange termijn moet ook de transportsector een bijdrage leveren. Die bijdrage kan bestaan



uit een combinatie van alternatieve aandrijftechnologieën en CO<sub>2</sub>-neutrale brandstoffen<sup>2</sup>. Dit artikel baseert zich op een afstudeeronderzoek bij het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) waarin is gekeken naar de mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-emissiereductie in de luchtvaartsector, het vrachtvervoer over de weg en de scheepvaart. Deze vervoersmodaliteiten zijn gekozen omdat ze naar verhouding weinig aandacht krijgen in het bestaande beleid en onderzoek en zoals hierboven vermeld een steeds belangrijker aandeel krijgen in de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot. In het onderzoek is met name gekeken naar de Nederlandse situatie: in welke mate ontplooiën Nederlandse sleutelactoren activiteiten om CO<sub>2</sub>-emissiereductie te realiseren in de drie vergeten sectoren?\*

## Emissiereductiepotentieel en diffusiecurves

Er zijn verschillende technische opties voor emissiereductie voor de drie beschouwde sectoren. Op basis van de literatuur zijn verschillende nieuwe aandrijftechnologieën (bijvoorbeeld hybride, elektrisch en brandstofcel) en alternatieve brandstoffen (biobrandstoffen, waterstof en elektriciteit) geïnventariseerd. De alternatieven zijn gescoord op basis van de energie- en vermogensdichtheid die nodig is voor de afzonderlijke vervoersmodaliteiten. Hieruit bleek als snel dat de luchtvaart, scheepvaart en het langeafstandsvervoer over de

\* Het onderzoek heeft zich uitsluitend gericht op de mogelijke CO<sub>2</sub>-reductie binnen de beschouwde modaliteiten. Omdat bepaalde modaliteiten energie- en CO<sub>2</sub>-intensiever zijn dan andere zou modal shift ook mogelijkheden bieden voor CO<sub>2</sub>-reductie. Dit viel echter buiten de scope van dit onderzoek.

## OVER DE AUTEURS

**Drs. A. Hoen** (anco.hoen@pbl.nl) is beleidsonderzoeker bij het Planbureau voor de Leefomgeving.

**S. Wortman MSc.** (s.wortman@xtnt.nl) is afgestudeerd aan Universiteit Utrecht, masteropleiding Science and Innovation Management en is nu werkzaam bij adviesbureau XTNT te Utrecht.

**Dr. J. Farla** (J.Farla@geo.uu.nl) is universitair docent bij Innovatie en Milieuwetenschappen van Universiteit Utrecht.



weg vooral zijn aangewezen op biobrandstoffen om CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren.

De mogelijke nadelen van biobrandstoffen ten aanzien van voedselcompetitie en verlies aan biodiversiteit zijn in deze studie niet expliciet meegenomen: het emissiereductiepotentieel was leidinggevend in de selectie. Wel is geconstateerd dat de biobrandstoffen met het grootste emissiereductiepotentieel veelal geavanceerde (nu nog experimentele) biobrandstoffen zijn die ook beter scoren ten aanzien van duurzaamheidscriteria. Het emissiereductiepotentieel is natuurlijk ook afhankelijk van de hoeveelheid (mondiaal) beschikbare biomassa voor biobrandstoffen. Uit berekeningen van het Planbureau voor de Leefomgeving blijkt dat daar naar verwachting geen knelpunt zal ontstaan. Met behoud van biodiversiteit en zonder vervanging van landbouwgrond voor voedsel is er in 2050 voldoende capaciteit om de mondiale scheepvaart, luchtvaart en het vrachtwegvervoer van biobrandstoffen te voorzien, mits de voorziene groei van de productiviteit in de landbouw doorzet<sup>1</sup>.

Verder is gebleken dat nieuwe aandrijftechnologieën (hybride en batterij-elektrisch) binnen de drie beschouwde sectoren eigenlijk alleen een optie zijn voor vrachtwagens die worden ingezet voor korte afstanden (bijvoorbeeld stadsdistributie). Tabel 1 geeft een overzicht van de meest kansrijke alternatieve aandrijftechnologieën en brandstoffen en de bijbehorende potentiële emissiereducties. De emissiereductie in tabel 1 geeft niet alleen het technisch potentieel dat in de literatuur is gevonden, maar houdt ook rekening met het feit dat de beschouwde technologie-/brandstofcombinaties nog moeten worden geïmplementeerd en dat daarvoor vaak een lange tijd nodig is.

Deze lange implementatietijd (ook aangeduid als de diffusie van innovaties) wordt vaak weergegeven met een zogenoemde S-vormige curve. Deze diffusiecurve is op te delen in vier fasen. De eerste fase is de 'pre-development' fase. Deze loopt via diverse prototypes tot het aanwezig zijn van een verklaarbaar product. Daarna volgt de 'take-off' fase. Hierin ontstaat een beperkte vraag naar de technologie en wordt een aantal producten commercieel verkocht. Vervolgens is er sprake van een versnellingsfase. Hierin neemt de diffusie van de technologie sterk toe. De laatste fase is die van stabilisatie; de diffusiefase is dan voorbij en de technologie is onderdeel van de maatschappij geworden. In het onderzoek dat ten grondslag ligt aan dit artikel is uitgegaan van een studie door Grübler<sup>4</sup> waarin

265 historische diffusieprocessen zijn geanalyseerd. Grübler heeft bepaald dat de gemiddelde tijd die nodig is om vanuit een take-off fase tot de stabilisatiefase te komen gemiddeld zo'n 40 jaar duurt. Dit geeft al direct aan dat de kans dat emissiereducties door nieuwe technologieën op korte termijn geogst kunnen worden niet groot is.

De alternatieve aandrijftechnologieën waar dit artikel zich op richt bevinden zich alle nog in deze pre-development fase<sup>3</sup>; ze worden dus niet of nauwelijks commercieel verkocht. Grübler geeft geen aanknopingspunten voor de gemiddelde doorlooptijd. Soms duurt deze fase heel lang; zo heeft die van de brandstofcel zo'n 150 jaar geduurd. Voor dit onderzoek is verondersteld dat de innovaties (de alternatieve aandrijftechnologieën) nog minimaal 5 jaar nodig hebben om de pre-development fase te volbrengen. Dit betekent dat de take-off fase op zijn vroegst in 2015 start. Als dat bewaarheid wordt is eenvoudig uit te rekenen dat, bij de gemiddelde diffusietijd van 40 jaar, maximaal 10% diffusie in 2020 en 95% diffusie in 2050 mogelijk is. Het CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel voor 2020 en 2050 is berekend aan de hand van die percentages. Ter illustratie: het technisch potentieel voor CO<sub>2</sub>-reductie van een hybride vrachtwagen bedraagt bijvoorbeeld 30%. Dat betekent dat er in 2020 maximaal 10% x 30% = 3% van de maximale CO<sub>2</sub>-emissiereductie kan worden verwacht. In 2050 is de verwachte CO<sub>2</sub>-reductie 95% x 30% = 28,5%.

De daadwerkelijk benodigde diffusietijd voor een aandrijftechnologie of brandstof kan natuurlijk afwijken van het gemiddelde van 40 jaar. Een kortere diffusietijd zorgt ervoor dat de CO<sub>2</sub>-emissiereducties met name in 2020 hoger zullen uitvallen en een langere diffusietijd leidt tot lagere CO<sub>2</sub>-emissiereducties in 2020 en 2050. Daarom is ook bekeken wat bijvoorbeeld een diffusietijd van 20 jaar en 60 jaar betekent voor het emissiereductiepotentieel. Bij een totale diffusietijd van 20 jaar is in 2020 een implementatiegraad van 25% en in 2050 een diffusie van 100% mogelijk. Een totale diffusietijd van 60 jaar maakt de diffusie maximaal 5% in 2020 en 70% in 2050. Hieruit blijkt dat variaties in de totale diffusietijd relatief weinig invloed hebben op het emissiereductiepotentieel in 2020 en 2050.

	2020		2050	
	Absoluut (Mton)	Percentage	Absoluut (Mton)	Percentage
<b>Luchtvaart</b>				
Fischer-Tropsch	1,5 (+/- 0,1)	8,5 – 9,5	29,5 (+/- 1,5)	81 – 90
Jatropha	0,9 (+/- 0,4)	2,7 – 8,0	17,5 (+/- 9)	25 – 76
Algen	1,6 (+/- 0,1)	9,0 – 9,9	31,5 (+/- 1,5)	85 – 94
<b>Vrachtwegvervoer-distributie</b>				
Hybride Diesel	0,06 (+/- 0,01)	2,9 – 5,0	0,9 (+/- 0,3)	23 – 49
Batterij Elektrisch	0,13 (+/- 0,01)	8,6 – 10	2,2 (+/- 0,3)	76 – 95
<b>Vrachtwegvervoer-lange afstand</b>				
FAME	0,4 (+/- 0,1)	2,5 – 4,5	5,0 (+/- 1,5)	24 – 43
Fischer-Tropsch	0,95 (+/- 0,05)	8,5 – 9,5	12,8 (+/- 0,7)	81 – 90
<b>Zeevaart</b>				
Pure Plantaardige Olie	3,1 (+/- 1,1)	2,6 – 5,5	50 (+/- 18)	25 – 52
<b>Binnenvaart</b>				
FAME	0,03 (+/- 0,01)	2,2 – 4,4	0,5 (+/- 0,15)	24 – 42
Fischer-Tropsch	0,08 (+/- 0,01)	8,9 – 9,6	1,4 (+/- 0,1)	83 – 89

Tabel 1. CO<sub>2</sub>-emissiereductie mogelijkheden

Uit tabel 1 blijkt dat in de drie sectoren flinke CO<sub>2</sub>-emissiereducties mogelijk zijn in 2020 en 2050. Daarbij moet dus wel bedacht worden

dat tabel 1 de emissiereducties weergeeft bij een take-off binnen vijf jaar en dat de gemiddelde diffusiesnelheid 40 jaar is. Voor zo'n korte take-off fase is het nodig dat verschillende partijen op korte termijn investeringen doen die in de ( nabije) toekomst hun vruchten afwerpen. Oftewel, om de CO<sub>2</sub>-emissiereductie uit tabel 1 te kunnen realiseren is het nodig dat er reeds nu aandacht wordt besteed aan de ontwikkeling van alternatieve aandrijftechnologieën en brandstoffen voor de drie vergeten transportsectoren. Het volgende deel van dit artikel gaat in op de vraag of dat in Nederland ook het geval is.

### Innovatiesystemen en belangrijke activiteiten

Onderzoekers op het gebied van innovatie stellen dat innovaties niet door enkele briljante uitvinders tot stand komen, maar door een langdurig samenspel van vele maatschappelijke spelers. Al deze benodigde spelers kunnen samen met de institutionele infrastructuur worden aangeduid met de term 'Innovatiesysteem'. Naast voldoende actoren in het innovatiesysteem zijn allerlei activiteiten nodig voor de ontwikkeling en implementatie van nieuwe technologieën. Deze belangrijke activiteiten worden ook wel de 'functies' van het innovatiesysteem genoemd. Veelal zijn een zevental belangrijke functies te onderscheiden\*, te weten: ondernemersactiviteiten, kennisontwikkeling, kennisverspreiding, richting geven aan het zoek- en ontwikkelingsproces, marktformatie, beschikbaar stellen van middelen en creëren van legitimiteit c.q. doorbreken van weerstand door lobby<sup>5,7</sup>. Hoe meer actoren er in een innovatiesysteem actief zijn, en hoe meer functies van het innovatiesysteem vervuld zijn, des te groter is de kans dat de potentiële CO<sub>2</sub>-emissiereducties uit tabel 1 ook daadwerkelijk kunnen worden behaald in 2020 en 2050. Een snelle opbouw van de specifieke innovatiesystemen rondom een technologie kan dus zorgen voor een snelle diffusietijd, van take-off tot stabilisatie

Op basis van een literatuurstudie en vijftien interviews met diverse actoren\*\* is een beeld gevormd van in totaal vier Nederlandse innovatiesystemen en de vervulling van de functies. Het betreft: luchtvaart, scheepvaart, langeafstandsvervoer over de weg en stadsdistributie. Weliswaar spelen deze sectoren een beperkte rol in het verminderen van de mondiale uitstoot van broeikasgasemissies, toch leent Nederland zich, met een grote zee- en luchthaven en relatief veel doorvoer van goederen over de weg, goed voor het analyseren van de potentiële van innovaties. Op basis van de interviews en de literatuur zijn scores toegekend aan de zeven functies van het innovatiesysteem én aan vijf typen actoren die erin opereren. De mate van invulling van het innovatiesysteem is uitgedrukt als een score op basis van een 5-punts schaal waarbij 1 'zeer zwak' is en 5 'zeer sterk'. Het toekennen van deze scores is mogelijk door gebruik te maken van een standaardlijst van ruim veertig specifieke diagnostische vragen<sup>6</sup>. Voorbeelden van die vragen zijn: Zijn er voldoende ondernemers actief?, Werken sleutelactoren voldoende samen? Zijn er voldoende financiële en personele middelen aanwezig? Is er beleid dat zich richt op het innovatiesysteem?

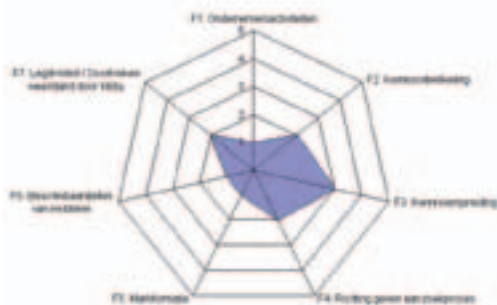
Figuur 1 en 2 geven het momenteel in Nederland meest en minst vervulde innovatiesysteem weer, respectievelijk voor stadsdistributie (elektrisch vrachtwegvervoer) en voor scheepvaart (biobrandstoffen). Voor de beoordeling van het innovatiesysteem voor de luchtvaart en het langeafstandsvervoer over de weg verwijzen wij naar het onderzoek van Wortman<sup>3</sup>.

\* Zie ook het artikel van Roald Suurs in Milieu 2009, nr. 8, pag. 23-26.

\*\* Onder de geïnterviewden waren vertegenwoordigers van onder andere het Platform Duurzame Luchtvaart (PDL), e-Traction, Scheepsbouw Nederland, Energy Valley, Cleanera (TU Delft), KLM, SenterNovem, het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), PeakOil, Rijkswaterstaat, DAF, TNO, Mercedes Benz Group.



**Figuur 1.** Score per innovatiesysteemfunctie en voor de kwaliteit en kwantiteit van innovatiesysteemcomponenten van het elektrisch vrachtwegvervoer innovatiesysteem.



**Figuur 2.** Score per innovatiesysteemfunctie en voor de kwaliteit en kwantiteit van innovatiesysteemcomponenten van het biobrandstof scheepvaart innovatiesysteem.

Figuur 1 en 2 laten zien dat de innovatiesystemen voor stadsdistributie en scheepvaart laag scoren. Een lage score houdt in dat het in Nederland op dit moment nog moeilijk is om een succesvolle introductie van alternatieve aandrijftechnologieën en brandstoffen te bewerkstelligen. Ook de innovatiesystemen voor de luchtvaart en het langeafstandsvervoer over de weg scoren matig (zie evt. de rapportage van het onderzoek<sup>3</sup>). Indien een manier zou kunnen worden gevonden om het innovatiesysteem te verbeteren zou dat een succesvolle introductie van alternatieve aandrijftechnologieën of CO<sub>2</sub>-neutrale brandstoffen bespoedigen. Daarnaast geldt ook dat een innovatiesysteem kan 'instorten' indien het onvoldoende is ingevuld. De benodigde positieve wisselwerking tussen de functies komt dan niet tot stand, en de ontwikkeling van de innovatie stagneert. De ontwikkeling en implementatie van een aandrijftechnologie



of CO<sub>2</sub>-neutrale brandstof zal in dat geval stil blijven staan tot de componenten en functies wel weer voldoende worden ingevuld. De lage scores geven aan dat meer activiteiten en betere samenwerking tussen de sleutelactoren nodig is om de kans op introductie van deze innovaties in Nederland te vergroten.

Wanneer we inzoomen op een specifiek innovatiesysteem is te zien dat de vraag naar biobrandstoffen in de scheepvaartsector erg laag is (score vraagkant 'zeer zwak', zie figuur 2). De bereidheid van gebruikers om over te schakelen op biobrandstoffen is relatief laag. De voornaamste redenen hiervoor zijn de reeds hoge efficiëntie van de huidige aandrijfsystemen en de lage kosten van de fossiele brandstoffen (het betreft relatief zware oliefracties, en er wordt geen accijns op geheven). Hierdoor is ook de prikkel om te innoveren en CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren laag in deze sector. Dit wordt versterkt door het feit dat er voor deze sector nog weinig klimaatbeleid van kracht is (zoals bijvoorbeeld verplichte bijmenging van biobrandstoffen of emissienormen). Specifiek voor de zeescheepvaart is die regulering lastig op poten te zetten omdat zeevaart, net als de luchtvaart, grotendeels buiten territoriale gebieden plaatsvindt. Individuele landen worden momenteel niet verantwoordelijk gehouden voor de CO<sub>2</sub>-emissies van zee- en luchtvaart.

De geïnterviewden gaven verder aan dat de overheid haar aandacht veelal niet specifiek richt op het verbeteren van het functioneren van de innovatiesystemen. Volgens de geïnterviewden probeert de overheid wel kennis te vergroten en het verspreiden van kennis over biobrandstoffen voor verkeer en vervoer in het algemeen, maar niet specifiek voor luchtvaart of scheepvaart. Ook vonden geïnterviewden dat de overheid meer zou kunnen doen op het gebied van marktformatie en het richting geven aan het zoek- en ontwikkelingsproces. Een actievere rol van de overheid zou de ontwikkeling van verschillende innovatiesysteemfuncties kunnen versterken. Daarbij zou de focus moeten liggen op kennisontwikkeling, kennisverspreiding, richting geven aan het zoek- en ontwikkelingsproces, marktformatie en het beschikbaar stellen van (financiële) middelen. Bovendien wordt gevraagd om duidelijker doelen per innovatiesysteem. De overheid zou bijvoorbeeld kunnen zorgen voor een stabiel(er) investeringsklimaat door aan te geven welke emissiereducties in de verschillende sectoren nodig zijn. Dat geeft bedrijven die investeren in innovaties ook meer vertrouwen dat ze voldoende rendement op hun investeringen kunnen krijgen.

De analyse die ten grondslag ligt aan dit artikel zegt vooral iets over de Nederlandse situatie. Als de onderzochte technieken hier niet van de grond komen, zouden innovaties vanuit het buitenland nog steeds op de Nederlandse markt kunnen komen. In dat geval zou ook de benodigde CO<sub>2</sub>-reductie kunnen worden gerealiseerd, mits uiteraard die buitenlandse innovatiesystemen zich wel voldoende ontwikkelen. Omdat Nederland een grote zee- en luchthaven en relatief veel doorvoer van goederen over de weg en het water heeft, is het echter niet ondenkbaar dat het een goede voedingsbodem is voor innovaties in de beschouwde transportsectoren. Ook uit de (internationale) literatuur die is geraadpleegd ontstaat het beeld dat luchtvaart, scheepvaart en vrachtwegvervoer over de weg niet alleen in Nederland relatief weinig aandacht krijgen. Het zou goed zijn om te onderzoeken of de internationale innovatiesystemen voor de drie vergeten transportsectoren in andere landen inderdaad nog slecht ontwikkeld zijn.

## Conclusie

Wanneer we alleen naar het technische potentieel kijken zijn substantiële CO<sub>2</sub>-emissiereducties op lange termijn mogelijk in de

Nederlandse luchtvaart, het vrachtwegvervoer en de scheepvaart. Daarvoor is het nodig dat alternatieve aandrijftechnologieën en CO<sub>2</sub>-neutrale brandstoffen op grote schaal worden ingezet. De luchtvaart, het langeafstandsvervoer over de weg en de scheepvaart zijn voor die CO<sub>2</sub>-reductie afhankelijk van de introductie van geavanceerde biobrandstoffen. Het gebruik van (hybride) elektrische systemen is een kansrijke optie voor stadsdistributie.

Een evaluatie van de Nederlandse innovatiesystemen van de drie 'vergeten sectoren' laat echter zien dat het technisch potentieel voor CO<sub>2</sub>-reductie in 2020 en 2050 wellicht nog niet zo eenvoudig te realiseren zal zijn. De actoren die er voor kunnen zorgen dat de innovaties voor deze sectoren van de grond komen zouden beter moeten samenwerken, en meer kennis moeten uitwisselen. De overheid zou daarbij een waardevolle rol kunnen spelen. Enerzijds zou ze kunnen zorgen voor gericht milieubeleid voor deze transportsectoren, waardoor er voor marktpartijen een stabiel(er) investeringsklimaat ontstaat. Anderzijds kan de overheid een waardevolle rol spelen in kennisontwikkeling en kennisverspreiding.

Op dit moment is de kwaliteit van de innovatiesystemen van de drie 'vergeten sectoren' in Nederland onvoldoende. Onderzocht zou moeten worden of de innovatiesystemen buiten Nederland ook slecht scoren. Als dat het geval is bestaat de kans dat het potentieel aan emissiereductie (bij lange na) niet benut zal worden. Indien overheden en marktpartijen verzuimen om de innovatiesystemen van luchtvaart, vrachtwegvervoer over de weg en scheepvaart gericht te verbeteren bestaat de kans dat de klimaatdoelen voor de lange termijn buiten bereik blijven.

## Referenties

1. Bakkes, J.A. en anderen, 2009  
Getting into the Right Lane for 2050. Netherlands Environmental Assessment Agency. Report no. 500150001, Den Haag/Bilthoven
2. Hoen, A. en anderen, 2009  
CO<sub>2</sub> emission reduction in transport. Confronting medium-term and long-term options for achieving climate targets in the Netherlands. Netherlands Environmental Assessment Agency. Report no. 500076009, Den Haag/Bilthoven
3. Wortman, S., 2009  
The forgotten Sectors – Alternative drivetrain technologies and fuels to diminish CO<sub>2</sub> emission in the Dutch aviation, the freight road and the maritime sector in 2020 and 2050. Master Thesis 'Science and Innovation Management', Universiteit Utrecht. Uitgevoerd bij het Planbureau voor de Leefomgeving (Den Haag/Bilthoven).
4. Grübler, A., N. Nakicenovic en D. Victor, 1999  
Dynamics of Energy Technologies and Global Change. *Energy Policy*, 34 (17), pp. 247-280
5. Hekkert, M.P. en anderen, 2007  
Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change. *Technological Forecasting & Social Change*, 74 (4) pp. 413-432.
6. Hekkert, M.P. en anderen, 2007  
Innovatiesysteemanalyse: een methode voor het monitoren/evalueren van transitieprocessen. Universiteit Utrecht.
7. Negro, S.O., 2007  
Dynamics of Technological Innovation Systems – The case of biomass energy. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
8. Suurs, R.A.A., 2009  
Motors of Sustainable Innovation – Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems. Proefschrift, Universiteit Utrecht.