

Kosten-batenanalyse van pure plantenolie als transportbrandstof

Gevalstudie voor twee transportbedrijven

Jolien CLIJSTERS

promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Woord vooraf

Deze eindverhandeling vormt het sluitstuk van mijn opleiding tot Handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt. Mijn bezorgdheid om het milieu en de opwarming van ons klimaat deed mij kiezen voor een onderwerp waarin de economische aspecten van deze problematiek behandeld worden. Derhalve wil ik graag mijn promotor Prof. Dr. Theo Thewys bedanken omdat hij mij de mogelijkheid heeft geboden om dit onderwerp uit te werken. Ik wil hem eveneens bedanken voor zijn professionele adviezen en ervaringen die mij enorm geholpen hebben bij mijn onderzoek. Verder wil ik graag mijn dank richten tot Dhr. Lenaerts van Group H. Essers en Dhr. Duchateau van De Lijn voor hun bereidwillige medewerking aan mijn onderzoek. De gevalstudies die ik met behulp van hun gegevens heb kunnen uitwerken, betekenen een enorme meerwaarde voor mijn eindverhandeling. Ook Dhr. Jansens van de firma Plantenolie, Dhr. Hellings van Transpo Hellings en in het bijzonder Dhr. Janssen van de firma Oliepers wil ik oprecht bedanken om hun ervaringen met mij te delen waardoor ik mijn theoretische bevindingen kon toetsen aan de praktijk. Dhr. Holmstock en Mevr. Campens van het Departement Landbouw en Visserij van de Vlaamse Overheid en Dhr. Lampaert zou ik graag bedanken voor de informatie die ze mij bezorgden.

Tot slot zou ik graag iedereen bedanken die mij op de een of andere manier heeft geholpen bij het tot stand komen van deze eindverhandeling. Ook wil ik graag mijn ouders bedanken voor de mogelijkheid om deze studie te voltooien en voor de steun die ze mij de afgelopen vijf jaar gegeven hebben. Een laatste woord van dank gaat uit naar mijn vrienden en kotgenoten voor al de toffe momenten die ik samen met hen beleefd heb. Zij maakten mijn studentenjaren tot een ongelooflijk plezierige ervaring.

Jolien Clijsters
Mei 2007

Samenvatting

De problematiek omtrent de opwarming van het klimaat is momenteel niet meer weg te denken uit het nieuws. Na het record van de warmste januarimaand werd dit jaar ook het record van de droogste aprilmaand gebroken. De link met de opwarming van het klimaat is niet wetenschappelijk bewezen maar deze records doen wel het besef groeien dat er iets grondig mis is met ons klimaat. Wel werd reeds aangetoond dat de sterk toegenomen CO₂-uitstoot één van de oorzaken is voor de opwarming van de aarde. Daarom heeft de internationale gemeenschap de handen in elkaar geslagen om gezamenlijk de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. In het Kyoto-protocol werden voor een korf van zes broeikasgassen reductiedoelstellingen vastgelegd. De totale emissie van deze broeikasgassen moet in de periode 2008-2012 gereduceerd worden met minstens 5% ten opzichte van 1990. De verplichtingen van het protocol verschillen van land tot land. Voor de Europese Unie is een algemene daling van 8% vooropgesteld. Binnen de EU is hiertoe een interne overeenkomst opgesteld die België ertoe verplicht om de uitstoot van broeikasgassen met 7,5% te doen dalen ten opzichte van het niveau van 1990.

Eén van de belangrijkste redenen voor de gestegen CO₂-uitstoot is het almaar toenemende wegvervoer. In 2004 was de transportsector in België verantwoordelijk voor 18,5% van de productie van broeikasgassen. Bovendien is de uitstoot in de transportsector gestegen met 34% ten opzichte van het referentieniveau in 1990, in tegenstelling tot andere vervuilende sectoren waar de uitstoot gedaald is in vergelijking met dit niveau. Binnen de Europese Unie wil men de uitstoot van de transportsector doen dalen door het gebruik van biobrandstoffen te stimuleren.

Het gebruik van biobrandstoffen vermindert niet alleen de uitstoot van schadelijke stoffen maar heeft daarnaast nog andere voordelen. Zo zijn de meeste Europese landen, waaronder ook België, momenteel enorm afhankelijk van de olieproducerende landen in het Midden-Oosten. De olieproductie is er in handen van een klein aantal landen wat de voorzieningszekerheid in gedrang kan brengen omdat men onzeker is over het gedrag van deze landen in de toekomst. Bovendien wordt de huidige olievoorraad in sneltempo verbrand terwijl het omzettingsproces van dode organismen naar fossiele brandstof miljoenen jaren in beslag neemt. We moeten dus alternatieve energiebronnen aanwenden om op die manier de uitputting van onze olievoorraden te vermijden.

Het gebruik van biobrandstoffen wordt binnen de Europese Unie gepromoot sinds 2001. Toen werden er twee conceptrichtlijnen ingevoerd die het gebruik van biobrandstoffen moeten stimuleren. Zo werden de lidstaten verplicht om vanaf 2005 minimum 2% biobrandstoffen te garanderen in de nationale verkoop van brandstoffen. Een tweede richtlijn geeft de lidstaten de mogelijkheid om biobrandstoffen fiscaal gunstiger te behandelen, om op die manier de prijs concurrentieel te kunnen maken.

De meest bekende biobrandstoffen zijn ongetwijfeld bio-ethanol en biodiesel. Bio-ethanol wordt voornamelijk geproduceerd en gebruikt in de Verenigde Staten en Brazilië. In Europa is Spanje de belangrijkste producent mede doordat ethanol er vrijgesteld is van accijnzen. Bio-ethanol, dat in onze contreien veelal gemaakt wordt van suikerbiet, wordt meestal tot zo'n 5% bijgemengd bij benzine. In België zal het naar verwachting vanaf oktober 2007 op de markt verschijnen. Biodiesel kan men reeds vanaf november 2006 aan de Belgische pompen tanken. Het wordt meestal geproduceerd van warm geperste koolzaadolie. De koolzaadolie wordt dan door een transesterificatiereactie omgezet in glycerol en biodiesel. Daar deze biodiesel niet stabiel is, verdient de opslag ervan extra aandacht. Bovendien worden de leidingen door de hogere zuurgraad aangetast indien ze niet uit het juiste materiaal vervaardigd zijn.

Men kan de koolzaadolie, die men als grondstof gebruikt voor biodiesel, ook puur gebruiken als transportbrandstof. We spreken dan van pure plantaardige olie of pure plantenolie (PPO) die koud geperst kan worden door de landbouwer op de boerderij. Deze biobrandstof is milieuvriendelijker dan biodiesel omdat er geen vervuilende industriële processen nodig zijn voor de productie en omdat het minder energie verbruikt. Een nadeel van PPO is wel dat de motor omgebouwd dient te worden vooraleer men op deze brandstof kan rijden. We zullen ons in deze eindverhandeling toespitsen op PPO en onderzoeken of de kosten van de ombouw opwegen tegen de baten en dit in het bijzonder voor transportbedrijven.

Bij de analyse van de kosten en de baten van een dergelijke beslissing zijn er twee mogelijke standpunten, het privaat en het sociaal standpunt. Vanuit het privaat standpunt zijn de brandstofkost en de ombouwkost de belangrijkste kosten. Wat de brandstofkost betreft wordt de (fossiele)dieselskost vergeleken met de PPO-kost. Om de PPO-prijs te bepalen, werd er gekeken naar het inkomen dat de landbouwer uit de koolzaadteelt en het persen van de olie wil genereren. In de brandstofkost speelt echter niet alleen de brandstofprijs een rol, maar ook bijvoorbeeld het (meer-)verbruik, het aantal gereden kilometers en de accijnzen. Indien de kosten voor het gebruik van PPO lager zijn dan deze

voor het gebruik van diesel, dan spreken we van een positieve brandstofkostbaat. Over het algemeen is PPO goedkoper dan diesel, maar grote transportbedrijven krijgen vaak fikse kortingen op hun dieselprijs waardoor deze baat verkleint of soms zelfs negatief kan worden. In het theoretisch model worden deze kosten en baten afgewogen met behulp van de berekening van de netto contante waarde (NCW). Indien de NCW van de omschakeling positief is, dan wil dit zeggen dat de ombouwkost terugverdiend kan worden tijdens de levensduur van het voertuig. De bekomen resultaten hebben we vervolgens aan een sensitiviteitsanalyse onderworpen om de invloed van bepaalde parameters te meten. Hieruit blijkt dat ook de groeivoet van de dieselprijs, het meerverbruik van een motor op PPO en de verhouding 'PPO-prijs/dieselprijs' een belangrijke invloed hebben op de NCW.

Vanuit sociaal standpunt zijn er ook baten en kosten die gepaard gaan met de omschakeling naar PPO. Deze situeren zich voornamelijk op het vlak van het milieu. Om een goed beeld te krijgen van de milieubelasting van PPO hebben we voor elke schakel in de productieketen onderzocht hoeveel energie er verbruikt wordt en welke schadelijke emissies er veroorzaakt worden. De emissie van broeikasgassen in de PPO-keten hebben we vervolgens vergeleken met deze veroorzaakt door dieselproductie en -verbruik. Op die manier werd bepaald hoeveel CO₂-uitstoot er vermeden wordt door om te schakelen van diesel naar PPO. We hebben deze baat in rekening gebracht met behulp van de prijs van de CO₂-emissierechten die verhandeld kunnen worden. Zo kwam een theoretisch analysemodel tot stand waarin zowel het private als het sociale standpunt weerspiegeld wordt.

Tot slot hebben we dit theoretisch model toegepast in de praktijk. Voor Group H. Essers en voor De Lijn werd op basis van hun bedrijfsgegevens de NCW van de omschakeling naar PPO berekend. Vervolgens werd aan de hand van simulaties ingeschat hoe groot de kans is op een positieve NCW. Hiertoe werd voor de belangrijkste parameters een interval vastgelegd om op die manier de factor onzekerheid in te calculeren. Voor Group H. Essers kunnen we besluiten dat al naargelang de veronderstellingen omtrent de kansverdeling van de PPO-prijs, het niveau van zekerheid omtrent een positieve NCW 86% of 95% bedraagt. Bij De Lijn zijn reeds een aantal bussen omgebouwd om te rijden op PPO. De Lijn koopt de benodigde PPO echter niet aan bij de Belgische landbouwers maar importeert de olie vanuit Duitsland om zeker te zijn van de kwaliteit. Tegen deze invoerprijs is de NCW van de omschakeling echter negatief omdat deze hoger ligt dan hun dieselprijs. We kunnen bijgevolg besluiten dat zij de omschakeling niet doorvoeren om financiële redenen maar om het gebruik van PPO te stimuleren en een voorbeeld te stellen voor de maatschappij.

Inhoudsopgave

<u>WOORD VOORAF</u>	<u>II</u>
<u>SAMENVATTING</u>	<u>III</u>
<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>VI</u>
<u>LIJST VAN FIGUREN</u>	<u>VIII</u>
<u>LIJST VAN TABELLEN</u>	<u>IX</u>
<u>HOOFDSTUK 1 PROBLEEMSTELLING</u>	<u>1</u>
1.1 EXTERNE EFFECTEN VAN FOSSIELE BRANDSTOFFEN	1
1.2 BIJDRAGE VAN DE TRANSPORTSECTOR AAN DE CO ₂ - UITSTOOT	4
1.3 CENTRALE ONDERZOEKSVRAGEN	7
1.4 ONDERZOEKSOPZET	8
<u>HOOFDSTUK 2 BIOBRANDSTOFFEN</u>	<u>10</u>
2.1 ALTERNATIEVE BIOBRANDSTOFFEN	10
2.1.1 <i>Bio-ethanol</i>	11
2.1.2 <i>Biodiesel</i>	13
2.1.3 <i>Pure Plantenolie (PPO)</i>	15
2.1.4 <i>2^e generatie biobrandstoffen</i>	17
2.2 KEUZE VOOR PPO	20
2.3 OVERHEIDSBELEID	22
2.3.1 <i>Het Kyoto-protocol</i>	22
2.3.2 <i>Europees beleid</i>	24
2.3.3 <i>Het Belgisch beleid</i>	28
<u>HOOFDSTUK 3 TOEPASSING IN DE TRANSPORTSECTOR</u>	<u>31</u>
3.1 BATEN EN KOSTEN VANUIT PRIVAAT STANDPUNT	31
3.1.1 <i>Brandstofkost fossiele brandstof</i>	31
3.1.2 <i>Brandstofkost PPO</i>	33

3.1.3	<i>Ombouwkost</i>	36
3.1.4	<i>Baten</i>	36
3.1.5	<i>Kosten–batenanalyse</i>	37
3.1.6	<i>Berekening netto contante waarde (NCW)</i>	38
3.1.7	<i>Sensitiviteitsanalyse</i>	40
3.2	BATEN EN KOSTEN VANUIT SOCIAAL STANDPUNT	44
3.2.1	<i>Energieverbruik</i>	46
3.2.2	<i>Emissies</i>	49
HOOFDSTUK 4 GEVALSTUDIES		56
4.1	GROUP H. ESSERS	56
4.1.1	<i>Algemeen</i>	56
4.1.2	<i>Gegevens</i>	57
4.1.3	<i>Berekening NCW voor scenario a en b</i>	59
4.1.4	<i>Simulatie</i>	61
4.1.5	<i>Sociale baat</i>	64
4.1.6	<i>Praktische aspecten</i>	66
4.1.7	<i>Besluit</i>	67
4.2.	DE LIJN	68
4.2.1	<i>Algemeen</i>	68
4.2.2	<i>Gegevens</i>	69
4.2.3	<i>Berekening NCW</i>	70
4.2.4	<i>Sociale baat</i>	71
4.3	VERALGEMENING	73
CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN		79
LIJST VAN DE GERAADPLEEGDE WERKEN		85
BIJLAGEN		91

Lijst van figuren

Figuur 1: Productiescenario's.....	1
Figuur 2: Het broeikaseffect	3
Figuur 3: Bijdrage sectoren aan uitstoot broeikasgassen.....	5
Figuur 4: Evolutie uitstoot per sector.....	6
Figuur 5: Evolutie van het wegvervoer in België.....	7
Figuur 6: Evolutie productie bio-ethanol en biodiesel	10
Figuur 7: Productie bio-ethanol.....	12
Figuur 8: Productie van biodiesel	14
Figuur 9: Viscositeit van PPO en diesel.....	16
Figuur 10: Trigeneratie	19
Figuur 11: Vergelijking energie-inhoud en energieconsumptie biodiesel – PPO - fossiele diesel	20
Figuur 12: 'Distance to target' van de Europese lidstaten in 2004	25
Figuur 13: Evolutie gemiddelde maximumprijzen van diesel sinds 1988 excl BTW	43
Figuur 14: Milieubelasting in de PPO-keten.....	45
Figuur 15: Niveau van zekerheid omtrent de positieve NCW (1).....	63
Figuur 16: Niveau van zekerheid omtrent de positieve NCW (2).....	64
Figuur 17: Niveau van zekerheid omtrent positieve NCW over 4,6,8 en 15 jaar.....	78

Lijst van tabellen

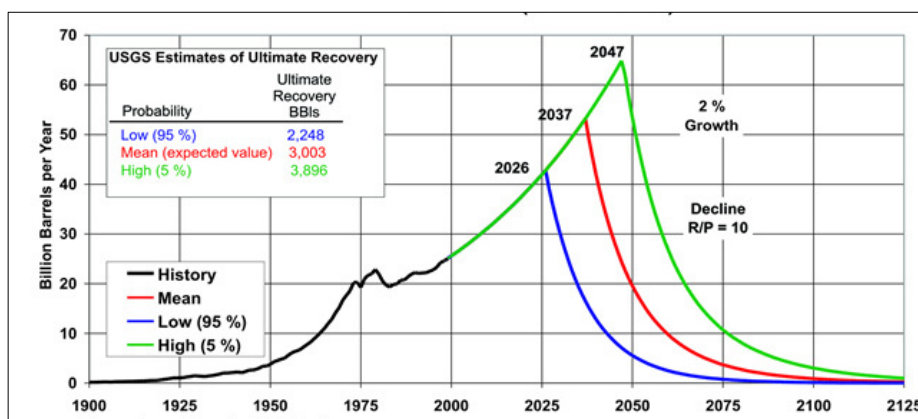
Tabel 1: Evolutie uitstoot broeikasgassen.....	3
Tabel 2: Saldo koolzaadproductie.....	30
Tabel 3: Samenstelling dieselprijs	33
Tabel 4: Variabele teeltkosten koolzaad	34
Tabel 5: Gegevens basisscenario's	38
Tabel 6: Berekening netto contante waarde scenario a	39
Tabel 7: Berekening netto contante waarde scenario b	40
Tabel 8: Invloed extra verbruik op de NCW	41
Tabel 9: Invloed aantal verreden kilometers en verbruik op NCW.....	41
Tabel 10: Invloed accijnsvrijstelling op maximale PPO prijs voor positieve NCW.....	42
Tabel 11: Invloed groeivoet dieselprijs op NCW	43
Tabel 12: Invloed verhouding 'PPO-prijs/dieselprijs' op NCW	44
Tabel 13: Overzicht energieverbruik.....	48
Tabel 14: Uitdrukking broeikasgassen in CO ₂ -equivalenten	50
Tabel 15: Emissies gerelateerd aan kunstmestgebruik.....	50
Tabel 16: Overzicht emissies	52
Tabel 17: Berekening vermeden CO ₂ -uitstoot	54
Tabel 18: Berekening reële sociale baat.....	55
Tabel 19: gegevens gevalstudie Group H. Essers	58
Tabel 20: Berekening netto contante waarde scenario a	59
Tabel 21: Berekening netto contante waarde scenario b	61
Tabel 22: Parameters voor simulatie Group H. Essers.....	62
Tabel 23: Berekening vermeden CO ₂ -uitstoot per vrachtwagen (132.222 km)	65
Tabel 24: Berekening reële sociale baat.....	65
Tabel 25: Gegevens basisscenario De Lijn	70
Tabel 26: Berekening vermeden CO ₂ -uitstoot per bus (60.000 km)	72
Tabel 27: maximumprijs diesel 2000-2007.....	75
Tabel 28: Parameters simulatie algemeen model	76
Tabel 29: Berekening NCW algemeen model voor levensduur van 8 jaar.....	77

Hoofdstuk 1 Probleemstelling

1.1 Externe effecten van fossiele brandstoffen

Fossiele brandstoffen vormen de voornaamste energiebron op aarde. Het zijn stoffen, zoals aardolie, aardgas en steenkool, die ontstaan zijn door omzetting van dode organismen. Ze zijn een aantrekkelijke energiebron omdat ze een hoge energiewaarde hebben en eenvoudig en in grote hoeveelheden verkrijgbaar zijn. Het is moeilijk om een wereld zonder fossiele brandstoffen voor te stellen. De gedachte van een dergelijke wereld is echter niet onwaarschijnlijk. Het omzettingsproces neemt namelijk miljoenen jaren in beslag terwijl wij deze voorraden op een zeer hoog tempo verbranden. Men moet er dus rekening mee houden dat deze bronnen niet onuitputtelijk zijn. (Wikipedia, 2006)

In een studie van het USGS, United States Geological Survey, worden er verschillende productiescenario's voorgesteld naargelang de verschillende reserveniveaus. Er wordt hierbij uitgegaan van een groei van 2% in de vraag naar ruwe aardolie. Verder veronderstelt men dat dit groeipercentage van de laatste jaren kan worden doorgetrokken tot de productiepiek. In onderstaande grafiek wordt deze stijging getoond, gevolgd door een daling van de productie tegen een constante reserves/productie (R/P) ratio van 10.



Figuur 1: Productiescenario's

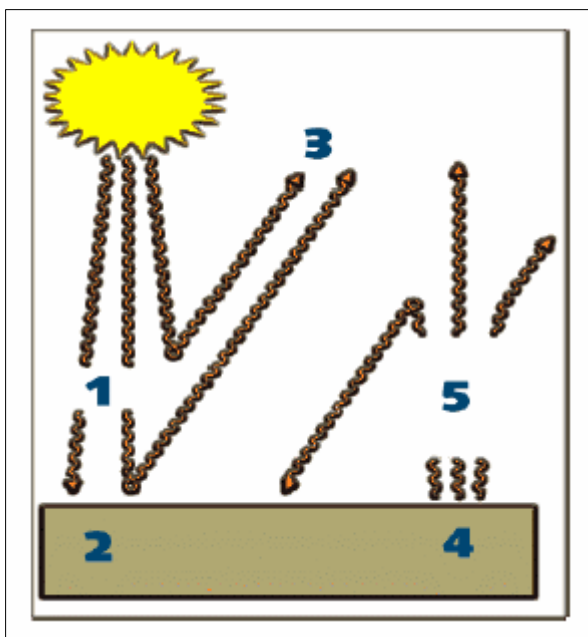
Bron: Wood et al. (2004)

Wanneer de schatting van het USGS van de gemiddelde hoeveelheid bronnen correct is, de vraag naar ruwe aardolie met 2% blijft stijgen tot de productiepiek en vervolgens de productie daalt tegen een R/P ratio van 10, dan zal de conventionele productie van ruwe aardolie pieken in 2037. Volgens deze studie zal de wereld echter nooit effectief zonder aardolie komen te zitten, doordat aardolie uiteindelijk zeer duur zal worden terwijl er geen goedkopere alternatieven zijn¹. Wanneer de productiepiek er in werkelijkheid zal komen, is gedeeltelijk afhankelijk van de groei in de vraag. Deze zal namelijk verminderen door technologische ontwikkelingen in het gebruik van petroleumproducten en de substitutie van nieuwe energiebronnen. De productiepiek ligt waarschijnlijk dus niet vlak om de hoek, wat echter niet wil zeggen dat men alles zomaar op zijn beloop kan laten gaan. (Wood et al., 2004)

Een tweede belangrijk effect van het gebruik van fossiele brandstoffen is de afhankelijkheid van de olie-import uit het Midden-Oosten, waar zich de landen met de grootste bewezen olievoorraden bevinden. Momenteel produceert het Midden-Oosten 30% van de olie voor de wereldmarkt. De olieproductie is er grotendeels in handen van een klein aantal landen, waarvan de olie-importerende landen steeds afhankelijker worden. Op die manier kan de voorzieningszekerheid in gevaar komen omdat er onzekerheid bestaat over het gedrag van deze landen in de toekomst. In het verleden speelden politieke ontwikkelingen in het Midden-Oosten namelijk een belangrijke rol bij het ontstaan van een oliecrisis. Wanneer zij bijvoorbeeld beslissen om de productie in te perken en zo de olieprijzen te laten stijgen, dan kan dit een belangrijk effect hebben op onze economie daar enkele belangrijke sectoren zoals de transportsector sterk afhankelijk zijn van olie-import. (van Thuijl, 2002)

Naast de voorgenoemde effecten hebben fossiele brandstoffen nog een ander belangrijk nadeel. Bij de verbranding van deze stoffen wordt namelijk in grote mate koolstofdioxide (CO₂) uitgestoten. Bij de verbranding van 1 kilogram aardolie komt 1 liter water en 3 kilogram CO₂ vrij (Ecopower, nd.). CO₂ is het belangrijkste broeikasgas en speelt zodoende een grote rol in de opwarming van de aarde, het broeikaseffect genaamd. Aan de hand van onderstaande figuur wordt dit proces meer in detail besproken.

¹ Bij deze uitspraak heb ik mijn bedenkingen. Naar mijn mening zullen er wel goedkopere alternatieven zijn als de aardolie heel duur wordt. Men zal daarom geheel of gedeeltelijk overschakelen naar deze alternatieven waardoor de aardolievoorraden niet uitgeput zullen geraken.



De warmte op aarde komt van de zon (1). Een deel van deze warmte wordt opgenomen door de aarde (2) terwijl een groot deel wordt teruggekaatst de ruimte in (3). De aarde straalt de opgenomen warmte uit in de vorm van infraroodstralen (4). Sommige gassen, zoals koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4) en distikstofoxide, oftewel lachgas (N_2O), slorpen deze straling op en stoten deze opnieuw als warmte uit (5).

Figuur 2: Het broeikaseffect

Bron: Federale Overheidsdienst Volksgezondheid (2005)

Op deze manier zorgen de gassen ervoor dat een deel van de warmte, uitgestraald door de zon, toch binnen de atmosfeer blijft. Men noemt dit het broeikaseffect omdat, net zoals bij een serre, de warmte binnen kan en wordt binnengehouden door de gassen. Het is daarom dat men deze gassen broeikasgassen noemt. Dit natuurlijke broeikaseffect zorgt ervoor dat de temperatuur op aarde gemiddeld 15°C bedraagt. Indien dit effect er niet zou zijn, zouden we al de teruggekaatste warmte verliezen en zou de gemiddelde temperatuur op aarde 18°C onder nul bedragen.

Sinds de Industriële Revolutie is de uitstoot van broeikasgassen sterk toegenomen door het intensiever verbranden van fossiele brandstoffen, ontbossing en industriële processen. Deze evolutie wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1: Evolutie uitstoot broeikasgassen

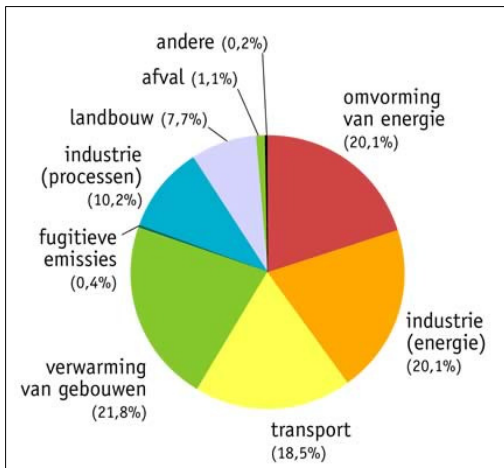
Broeikasgas	Toename tussen 1750 en 1998
Koolstofdioxide (CO_2)	+30%
Methaan (CH_4)	+149%
Distikstofoxide/lachgas (N_2O)	+16%

Bron: Federale Overheidsdienst Volksgezondheid (2005)

Tezamen met deze toename van broeikasgassen in de atmosfeer is sinds het einde van de 19^{de} eeuw ook de gemiddelde temperatuur van de aarde toegenomen met ongeveer 0,5° C. Het vermoeden dat deze twee fenomenen verband houden met elkaar is intussen wetenschappelijk bewezen. De mens draagt dus wel degelijk actief bij tot de opwarming van de aarde. De gevolgen van deze temperatuurstijging zijn niet voor elke plaats op aarde nauwkeurig te voorspellen, maar er zijn toch een aantal belangrijke veranderingen te verwachten. Zo zal de zeespiegel stijgen ten gevolge van de smeltende ijskappen en het toenemende volume van het opwarmende zeewater. Bovendien zullen de grote zeestromen beïnvloed worden en zal het neerslagregime veranderen. Extreme weersomstandigheden zullen zich vaker voordoen en de grote klimaatzones zullen gaan verschuiven. Deze veranderingen zullen ook voelbaar zijn voor de mensheid. De landbouw zal bijvoorbeeld ernstig verstoord raken en ook de gezonde zoetwatervoorraden zullen afnemen. (Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2005)

1.2 Bijdrage van de transportsector aan de CO₂ - uitstoot

Het zijn voornamelijk de ontwikkelde landen, die hun rijkdom te danken hebben aan de industrialisatie, die verantwoordelijk zijn voor de stijgende broeikasgasemissies. In het jaar 2000 waren West-Europa en Noord-Amerika de grootste verantwoordelijken met een respectievelijk aandeel van 14% en 25% in de wereldwijde uitstoot. (Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2005) Het tegenstrijdige aan deze problematiek is echter dat juist de armste landen met de minste mogelijkheden om zich aan te passen, het zwaarst getroffen dreigen te worden door de klimaatveranderingen, waar de rijkste landen schuldig aan zijn.

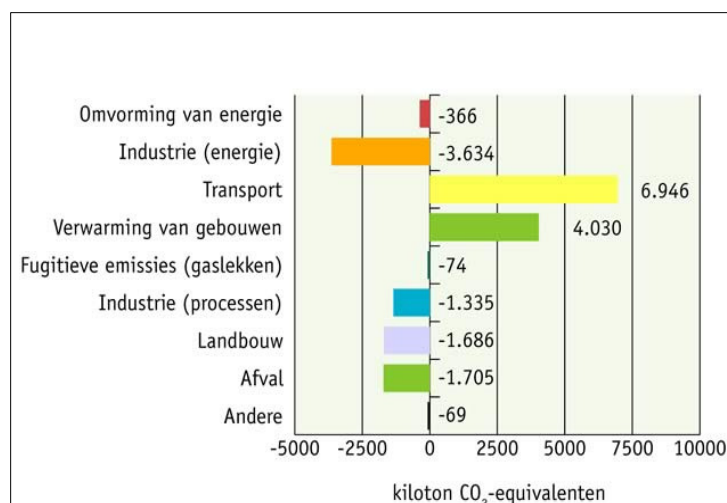


In België speelt de transportsector een belangrijke rol in de uitstoot van broeikasgassen. Deze sector was verantwoordelijk voor 18,5% van de uitstoot in het jaar 2004. Zoals zichtbaar op figuur 3 is de transportsector met deze score één van de vier meest vervuilende sectoren. (Klimaat.be, 2007)

Figuur 3: Bijdrage sectoren aan uitstoot broeikasgassen

Bron: Klimaat.be (2007)

De evolutie van de uitstoot van de verschillende sectoren in verhouding tot het niveau van 1990 is weergegeven in onderstaande figuur. Belangrijk om op te merken hierbij is dat, daar waar de uitstoot van broeikasgassen in de meeste andere belangrijke sectoren gedaald is in verhouding tot het niveau van 1990, de uitstoot in de transportsector sterk toegenomen is. De uitstoot van processen ter omvorming van energie, zoals de productie van elektriciteit en de raffinage van petroleumproducten, is met 1,2% gedaald in vergelijking met 1990. Andere industriële processen kennen zelfs een daling in de uitstoot van 14% ten opzichte van het referentieniveau van 1990. Terwijl echter in 1990 de uitstoot van broeikasgassen in de transportsector 20.402 kiloton CO₂-equivalenten bedroeg, was dit in 2004 reeds 27.348 kiloton. Dit komt overeen met een groei van 34%, de grootste groei van alle sectoren. (Klimaat.be, 2007)

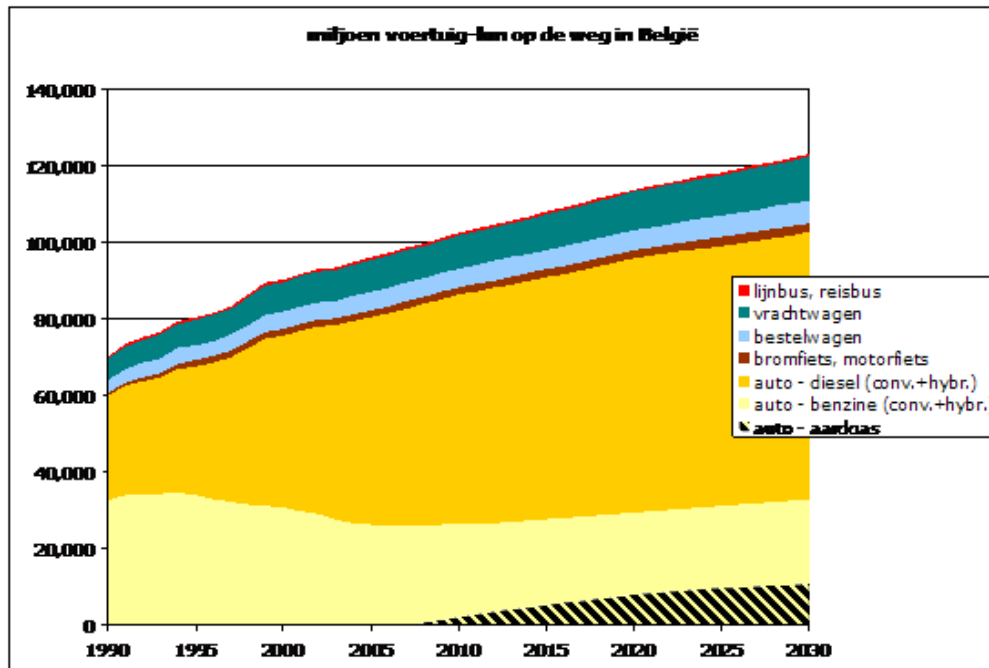


Figuur 4: Evolutie uitstoot per sector

Bron: Klimaat.be (2007)

In de totale uitstoot van broeikasgassen is CO₂ veruit de belangrijkste component met een aandeel van 85,8% in het jaar 2004. Andere broeikasgassen, met name methaan en lachgas, hebben een aandeel van respectievelijk 5,4% en 7,6%. In vergelijking met het niveau van 1990 is de CO₂-uitstoot sterk gestegen, terwijl de uitstoot van de andere broeikasgassen gedaald is. (Klimaat.be, 2007) De transportsector is zeker medeverantwoordelijk voor deze toename. De CO₂-uitstoot ten gevolge van het wegvervoer steeg namelijk van ruim 8 miljoen ton in 1980 tot bijna 15 miljoen ton in 2001. (Brussels Observatorium voor Duurzame Consumptie, 2006)

De stijging in de CO₂-uitstoot hangt samen met de toename van het wegvervoer. Het aantal afgelegde kilometers op de Belgische wegen stijgt namelijk enorm. Waar er in 1990 nog 60 miljard kilometers afgelegd werden door personenwagens, waren er dit in 2004 reeds 80 miljard en zullen dit er, volgens experts, in 2030 100 miljard zijn. In het vrachtverkeer voorspelt men een evolutie van 5,6 miljard kilometers in 1990 tot 11,5 miljard in 2030. Deze voorspellingen, die weergegeven worden in figuur 5, zijn gebaseerd op een Europees transportmodel dat rekening houdt met zowel het BNP, als de demografie en de transportinfrastructuur. (Febiac, 2006)



Figuur 5: Evolutie van het wegvervoer in België

Bron: Febiac (2006)

Het terugdringen van de CO₂-uitstoot in de transportsector is bijgevolg zeer belangrijk wil ons land de uitstoot van broeikasgassen verminderen en op die manier de opwarming van de aarde trachten tegen te gaan. Hiertoe zijn er meerdere mogelijkheden.

1.3 Centrale onderzoeksvragen

In deze eindverhandeling wordt één van de mogelijke oplossingen om de uitstoot van CO₂ in de transportsector te verminderen, onderzocht. Deze oplossing bestaat erin om af te stappen van de fossiele brandstoffen en over te schakelen naar biobrandstoffen en in het bijzonder naar pure plantenzie (PPO). Onze centrale onderzoeksvraag luidt als volgt:

“Heeft het invoeren van PPO als transportbrandstof een netto baat?”

We kunnen de kosten en baten analyseren vanuit twee standpunten die worden opgenomen in de volgende deelvragen:

- *"Is er vanuit privaat standpunt een netto baat verbonden aan de omschakeling naar PPO?"*
- *"Is er vanuit sociaal en meer bepaald ecologisch standpunt een netto baat verbonden aan de omschakeling naar PPO?"*

1.4 Onderzoeksopzet

De opzet van deze eindverhandeling is het analyseren van de kosten en de baten die de omschakeling naar pure plantenolie (PPO) als transportbrandstof met zich meebrengt. Hiertoe wordt vooreerst aan de hand van een literatuurstudie een theoretisch kader geschetst. Vervolgens zullen we de resultaten uit de literatuur toetsen aan de praktijk door enkele diepte-interviews met ervaringsdeskundigen. Op die manier kunnen we dan een theoretisch analysemodel van de kosten en de baten opstellen. Om dit model toe te passen in de praktijk worden tot slot gevalstudies uitgevoerd bij twee transportbedrijven.

Bij het uitvoeren van de literatuurstudie zullen we ondermeer artikels, studies en (overheids)brochures gebruiken die we voornamelijk raadplegen via het internet. Bij het gebruik van internetdocumenten bestaat echter het probleem van de accuraatheid. Daarom hanteren we enkele criteria zoals de verbondenheid met een officieel onderzoeksinstituut of met de overheid. Uit de artikels en studies willen we voornamelijk informatie halen over de verschillende alternatieve biobrandstoffen en de impact van CO₂ op het milieu. De informatiebrochures van de overheid bieden ondermeer informatie over de kosten en de baten van de koolzaadteelt voor de landbouwers en de accijnspolitiek die de overheid momenteel toepast. Daarnaast zullen we ook enkele boeken raadplegen over het uitvoeren van een kosten-batenanalyse teneinde een theoretische achtergrond omtrent deze materie te verwerven.

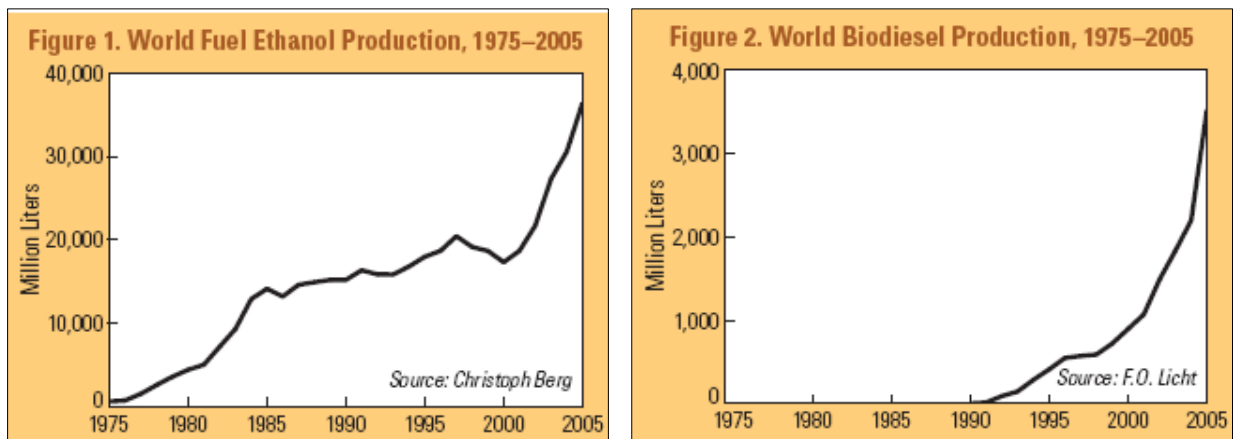
Om een goed beeld te krijgen van de toepassing van pure plantenolie in de praktijk zullen we enkele ervaringsdeskundigen interviewen. In eerste instantie willen we Dhr. Jansens, bedrijfsleider van het bedrijf Plantenolie, interviewen om een beter beeld te krijgen van de mogelijkheden die er momenteel bestaan in België wat betreft het ombouwen van voertuigen. Daarnaast zouden we graag Dhr. Janssen, bedrijfsleider van Oliepers interviewen. Hij is meer bezig met het totaalconcept waarbij de boer de olie perst en die dan op kleine schaal verkoopt aan consumenten. Op basis van deze gegevens uit de

praktijk zullen we een model opstellen om de kosten en baten van de omschakeling te analyseren. Vervolgens willen we dit model gebruiken om de baten en de kosten van de omschakeling voor één of meer transportbedrijven te analyseren. Hiertoe gaan we op zoek naar grote transportbedrijven die geïnteresseerd zijn in biobrandstoffen en die willen meewerken aan ons onderzoek.

Hoofdstuk 2 Biobrandstoffen

2.1 Alternatieve biobrandstoffen

De twee belangrijkste biobrandstoffen van dit moment zijn ongetwijfeld bio-ethanol en biodiesel. De productie op wereldvlak van ethanol is meer dan verdubbeld in de periode 2000-2005, terwijl de productie van biodiesel in dezelfde periode zelfs verviervoudigd is. Zoals blijkt uit onderstaande grafieken wordt er al langer en in grotere hoeveelheden ethanol geproduceerd. Dit is voornamelijk te danken aan de overheidssteun die het product sinds de jaren '70 krijgt in Brazilië en de Verenigde Staten. Biodiesel daarentegen wordt pas sinds de jaren '90 in belangrijke mate geproduceerd en verbruikt en dit voornamelijk in de Europese Unie. In zijn geheel zorgen de biobrandstoffen nu voor 1% van 's werelds vloeibare transportbrandstoffen. (Worldwatch Institute, 2006)



Figuur 6: Evolutie productie bio-ethanol en biodiesel

Bron: Worldwatch Institute (2006)

Een derde belangrijke biobrandstof is de pure plantaardige olie (PPO). Deze biobrandstof is niet zo bekend bij het grote publiek, terwijl dit eigenlijk de meest pure biobrandstof is. Bovendien levert PPO, van alle biobrandstoffen, de grootste afname in CO₂ op. Het gebruik van PPO vereist echter een aanpassing aan de motor waardoor het minder populair is. Biodiesel, bio-ethanol en PPO worden 1^e generatie biobrandstoffen genoemd omdat de biomassa wordt omgezet met conventionele, beschikbare conversietechnieken. Men

spreekt echter ook reeds van 2^e generatie biobrandstoffen. Hieronder verstaat men de productie van biobrandstoffen met nog in ontwikkeling zijnde conversietechnieken. In de komende paragrafen worden, naast de drie soorten 1^e generatie biobrandstof, ook de 2^e generatie biobrandstoffen kort besproken. De verdere analyse zal echter toegespitst zijn op het gebruik van pure plantaardige olie als brandstof.

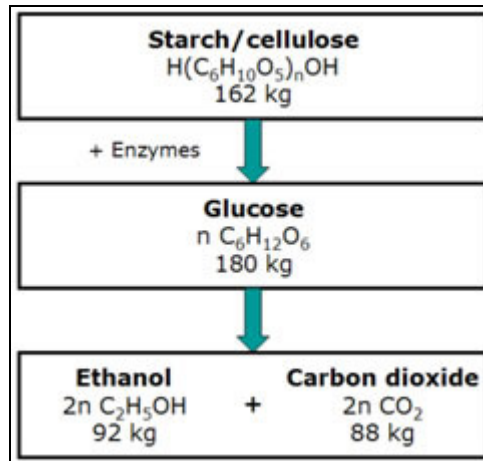
2.1.1 Bio-ethanol

Bio-ethanol is waarschijnlijk de meest gebruikte alternatieve brandstof in de wereld. De belangrijkste producenten van ethanol zijn Brazilië en de Verenigde Staten die samen goed zijn voor meer dan 65% van de globale ethanolproductie. In Brazilië wordt ethanol geproduceerd op basis van suikerriet, terwijl men in de Verenigde Staten maïs als grondstof gebruikt. In Europa wordt slechts 13% van de wereldproductie geproduceerd, waarvan het merendeel in Spanje. Reden voor dit Spaanse succes is de accijnsvrijstelling op ethanol in Spanje. (EUBIA, 2006)

Suikers zijn de belangrijkste grondstof voor de productie van ethanol. Plantaardige materialen, zoals granen, stengels en bladeren, zijn voornamelijk samengesteld uit suikers en in principe kunnen dus ongeveer alle planten dienen als grondstof voor de productie van ethanol. In de praktijk zal de grondstofkeuze meestal afhangen van wat best groeit onder de heersende condities zoals het klimaat en de samenstelling van de bodem. Ook de hoeveelheid suiker die aanwezig is in de plant en de mogelijke productieproblemen spelen een rol bij deze keuze. In Europa wordt vooral gebruik gemaakt van tarwe of suikerbiet voor de productie van ethanol. Suikerbiet is van deze twee grondstoffen het meest interessant, omdat het in nagenoeg alle Europese landen groeit en beduidend meer ethanol per hectare oplevert. (EUBIA, 2006)

De meest gebruikte technologie voor de omzetting van biomassa in ethanol is fermentatie, gevolgd door destillatie. Fermentatie is een biochemisch omzettingsproces waarbij de biomassa ontbonden wordt met behulp van bijvoorbeeld enzymen. Bij de productie van ethanol maakt men hiervoor meestal gebruik van bakkersgist. Als grondstof heeft men dan enkel monomere suikers nodig. De meeste planten zijn echter opgebouwd uit polymeren, zoals zetmeel. Er is bijgevolg eerst een hydrolyse nodig om de bindingen te breken en monomeren te bekomen. Uit één kilogram monomere suikers zoals glucose, sucrose of mannose wordt vervolgens door fermentatie een halve kilogram ethanol geproduceerd. De ethanol die men op deze manier bekomt, is echter verdund met water. Bovendien komt er bij dit proces CO₂ vrij, wat nadelig is daar men door het gebruik van

bio-ethanol net de CO₂-uitstoot wil terugdringen. Tot slot wordt door een aantal destillaties en door dehydratie de ethanolconcentratie verhoogd. Voor het gebruik van ethanol als brandstof is er namelijk een zuiverheid van bijna 100% vereist. (EUBIA, 2006)



Figuur 7: Productie bio-ethanol

Bron: EUBIA (2006)

Enkele belangrijke eigenschappen van bio-ethanol zijn ondermeer de lagere energie-inhoud, het lage cetaangetal en het hoge octaangetal². De energie-inhoud van ethanol ligt ongeveer één derde lager dan deze van benzine, wat tot gevolg heeft dat de actieradius met dezelfde tankinhoud lager ligt. Door het lage cetaangetal ontvlamt bio-ethanol moeilijk en is het bijgevolg minder geschikt voor het gebruik in dieselmotoren. Daartegenover staat dat bio-ethanol een hoog octaangetal heeft waardoor het best gebruikt wordt in een benzinemotor. De dampspanning van ethanol ligt zeer laag, wat duidt op een trage verdamping. Dit heeft als voordeel dat de concentratie van vluchtige deeltjes in de lucht relatief laag blijft, wat op zijn beurt het risico op ontploffingen vermindert. Deze lage dampspanning is in combinatie met het enkelvoudige kookpunt van ethanol nadelig voor de koude start van de motor. Zonder hulpmiddelen kan een motor op ethanol namelijk niet starten bij temperaturen onder de 20° C. (EUBIA, 2006)

² Het cetaangetal is een referentiewaarde waarmee van een brandstof de bereidheid tot zelfontbranding wordt aangeduid onder druk en aanwezigheid van zuurstof. Het octaangetal is een eenheid voor de klopvastheid van benzine. In feite is het cetaangetal voor diesel wat het octaangetal is voor benzine. Beide waarden zeggen iets over de kwaliteit van de brandstof. (Wikipedia, 2007)

In Europa wordt bio-ethanol reeds als bijmenging bij benzine gebruikt en in België zal bio-ethanol vanaf oktober 2007 op de markt verschijnen (Pelkmans, 2006). Bijmenging van ethanol gebeurt in Europa hoofdzakelijk onder de vorm van ETBE (Ethyl Tertiair Butyl Ether), dat gemaakt wordt uit ethanol en isobutyleen. Indien men bio-ethanol gebruikt, dan spreekt men van bio-ETBE. Binnen de Europese benzinenormen kan men tot 15% ETBE bijmengen, waardoor het aandeel biobrandstoffen hoger kan liggen dan bij direct bijmengen van bio-ethanol. In Frankrijk en Zweden vindt tot 5% bijmenging van bio-ethanol of ETBE in benzine plaats. In Zweden bevat zelfs alle benzine 5% bio-ethanol. Bij toevoeging van enkele procenten bio-ethanol wordt de uitstoot van broeikasgassen reeds gereduceerd. (VROM, 2006; Senternovem, 2006)

2.1.2 Biodiesel

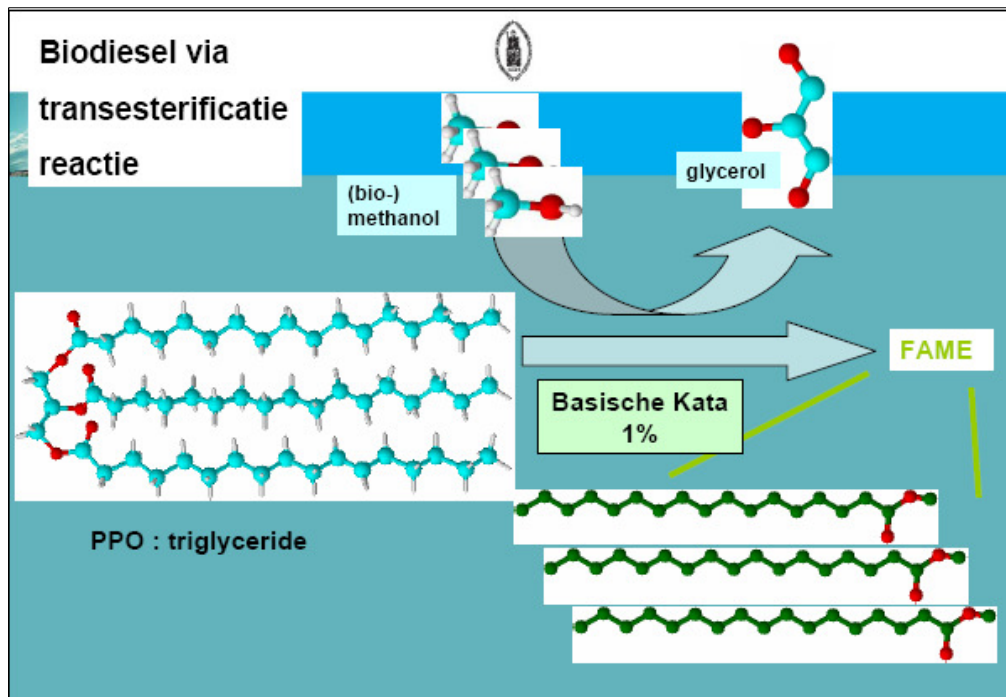
De eerste biodiesel in België dateert reeds uit de jaren '30 van vorige eeuw. In 1937 werd er voor het eerst een octrooi aangevraagd en een jaar later werden de eerste testen met een lijnbus beschreven. Het betrof een succesvolle test waarbij men mengsels met gewone brandstof gebruikte voor een lijnbus tussen Brussel en Leuven. De eerste vermelding van de term biodiesel kwam er in 1988. Intussen staat men reeds heel wat verder met de productie en het gebruik van biodiesel. Sinds november 2006 kan men aan de pompen in België immers diesel tanken waar zo'n 5% biodiesel aan toegevoegd is. (Jacobs, 2006)

Biodiesel wordt geproduceerd van plantaardige oliën, die gewonnen worden uit de zaden of de pulp van oliehoudende gewassen zoals koolzaad, zonnebloem, sojabonen of palmbomen. Koolzaad was de eerste grondstof die men gebruikte voor de productie van biodiesel. Het toeval wil dat koolzaadolie hier bijzonder geschikt voor is en tegenwoordig nog steeds de belangrijkste grondstof is voor biodiesel met een aandeel van 84%, gevolgd door zonnebloem met een aandeel van slechts 13%. Reden hiervoor is dat koolzaad in heel Europa kan groeien, terwijl zonnebloemen alleen in de warmere gebieden kunnen bloeien. (EUBIA, 2006)

Er dient wel een onderscheid gemaakt te worden tussen winter- en zomerkoolzaad. Winterkoolzaad is het meest geschikt omdat het minder kwetsbaar is en 40% meer korrelopbrengst heeft dan zomerkoolzaad. Net zoals wintertarwe heeft winterkoolzaad meer meststoffen nodig dan de gemiddelde graanteelt. Maar, in tegenstelling tot tarwe, geeft winterkoolzaad het surplus aan meststoffen terug aan de bodem zodat het volgende gewas hiervan kan profiteren. Naast een vruchtbare bodem laat de teelt van koolzaad ook

een goed doorwortelde bodem achter. Winterkoolzaad is het meest rendabel in een vierjaarlijkse teeltrotatie. In België is de teelt van koolzaad echter nog niet echt populair, omdat de boeren onvoldoende op de hoogte zijn van de mogelijkheden van het gewas. (Lamont en Lambrechts, 2005)

Biodiesel wordt geproduceerd uit pure plantenolie (PPO), die men bekomt door de warme persing van bijvoorbeeld koolzaad. PPO is een triglyceride dat via een transesterificatiereactie wordt omgezet in glycerol en biodiesel, opgebouwd uit vetzuurmethylesters (FAME). Bovendien worden de lange, vertakte ketens van de olie omgezet in korte, onvertakte ketens die gelijkaardig zijn aan de koolwaterstoffen die voorkomen in de gewone diesel. Op onderstaande figuur wordt de reactie schematisch voorgesteld. (Jacobs, 2006) Een voordeel van dit type reactie is dat ze kan plaatsvinden bij lage temperatuur en druk. Bovendien heeft ze een hoge opbrengst en weinig nevenreacties. Er wordt ook meteen biodiesel gevormd, zonder tussenproducten. De methylesters die op deze manier bekomen worden, worden nadien nog verder gezuiverd tot een zuiverheidsgraad van 98%. (EUBIA, 2006)



Figuur 8: Productie van biodiesel

Bron: (Jacobs, 2006)

Twee belangrijke parameters van biodiesel zijn de viscositeit en de stabiliteit. De hogere viscositeit levert problemen bij het starten en veroorzaakt ook problemen wat betreft de dieseltoevoer naar de motor bij temperaturen onder het vriespunt. De biodegradeerbaarheid van biodiesel is een voordeel vanuit het natuurstandpunt, maar betekent echter ook dat de vloeistof minder stabiel is. De opslag ervan vereist daarom speciale aandacht. De hogere zuurtegraad van biodiesel heeft ook tot gevolg dat, bij permanent biodieselgebruik, de brandstofleidingen moeten vervaardigd worden uit een materiaal dat zich hierdoor niet laat aantasten. (EUBIA, 2006; Emis, 2002) Een voordeel van biodiesel is de emissiereductie van een aantal schadelijke stoffen. Zo wordt de uitstoot van sulfaat, koolstofmonoxide en onverbrande koolwaterstoffen sterk gereduceerd, net zoals de roetuitstoot. De emissie van stikstofoxides (NO_x) stijgt daarentegen lichtjes. (Jacobs, 2006)

Europa is op dit moment de wereldleider wat betreft de productie van biodiesel. In 2003 werd er 1.434.000 ton biodiesel geproduceerd, wat overeenkomt met 26 keer de productiehoeveelheid in 1992. Een voordeel van biodiesel is dat de motor niet aangepast dient te worden wanneer men rijdt op een mengsel van biodiesel en gewone diesel. In Europa heeft men bovendien standaarden ingevoerd om de kwaliteit van de biodiesel te garanderen en het vertrouwen van de consument te winnen. In België kan men sinds november 2006 biodiesel tanken aan de pomp. In bijlage 1 zijn de Belgische producenten van biodiesel opgenomen.

2.1.3 Pure Plantenolie (PPO)

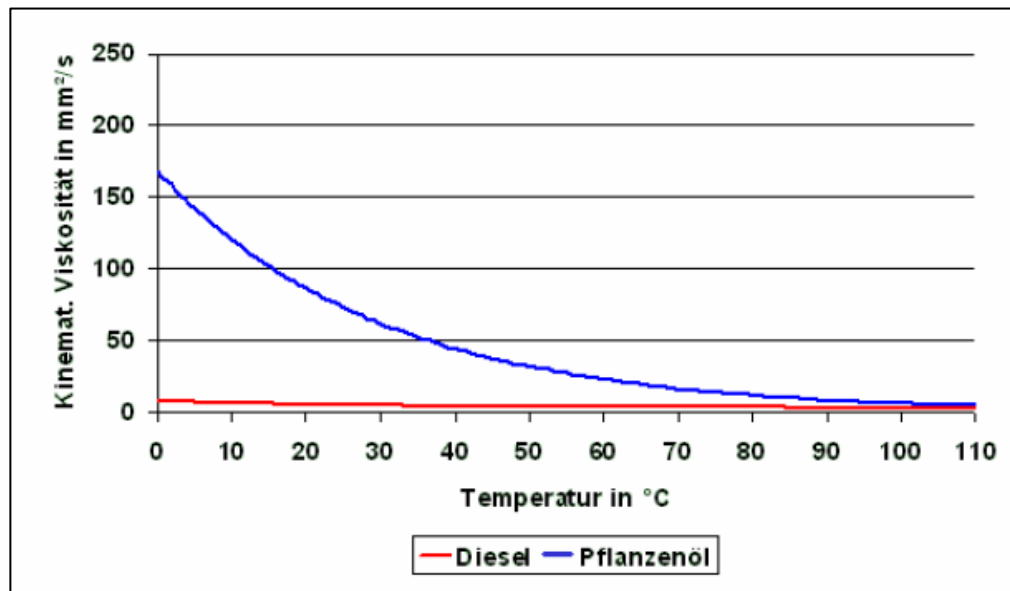
De idee om pure plantenolie, zoals koolzaadolie, te gebruiken als brandstof voor de dieselmotor is al zo oud als de dieselmotor zelf. Rudolf Diesel gebruikte bij het uitvinden en het ontwikkelen van de motor in de periode 1893-1897 plantaardige olie. Het was pas na de ontdekking van grote hoeveelheden, gemakkelijk te winnen, aardolie dat massale consumptie ervan mogelijk werd. Tot dan speelde aardolie een zeer beperkte rol op het gebied van brandstoffen. (Ecopower, nd.)

De voordelen van de teelt van koolzaad werden reeds in de vorige paragraaf toegelicht. Een belangrijk voordeel van het gebruik van koolzaadolie als pure plantaardige olie is echter dat de productie op de boerderij kan gebeuren. Het koolzaad wordt in dit geval namelijk koudgeperst. Het enige wat een landbouwer nodig heeft om koolzaadolie te produceren, is een persinstallatie en een filterinstallatie. De filterinstallatie is één van de belangrijkste onderdelen van het productieproces en vereist ook de grootste investering.

De kwaliteit van de PPO wordt immers voornamelijk bepaald door de zuiverheid. (Vlaams Agrarisch Centrum, nd.)

In tegenstelling tot vele andere energiegewassen is de teelt van winterkoolzaad echt een geïntegreerde productie. Dit wil zeggen dat de producten die verkregen worden door de persing van koolzaad gebruikt kunnen worden op de boerderij. Deze koude persing kan op de boerderij gebeuren en levert voor 2/3 koolzaadkoek en voor 1/3 koolzaadolie. De koolzaadolie kan gebruikt worden om tractoren en andere machines te laten werken, kan verkocht worden of kan gebruikt worden in de voeding. De koolzaadkoek is een belangrijke eiwit- en energiedrager en is daarom zeer geschikt als veevoeder. (Ecopower, nd.)

De energetische waarde van plantaardige oliën is vergelijkbaar met die van minerale oliën als men naar het volume kijkt. Verbrandingstechnisch heeft PPO echter voordelen. Plantaardige oliën verbranden namelijk gelijkmatiger en in een kortere tijd. Ook wat de productie betreft vergen plantaardige oliën minder van het milieu. Er is simpelweg minder energie nodig voor de productie, waardoor de energiebalans gunstiger is. PPO is bovendien niet giftig en niet explosief en dus ook niet schadelijk voor het milieu. Hierdoor zijn er minder problemen met de opslag en distributie. (Ecopower, nd.)



Figuur 9: Viscositeit van PPO en diesel

Bron: Senternovem (2005)

Zoals in figuur 9 is weergegeven, verschilt de viscositeit van koolzaadolie en diesel bij kamertemperatuur. Bij een temperatuur van ongeveer 80° C is de viscositeit van PPO en diesel echter wel van gelijke grootte. Deze eigenschap van koolzaadolie zorgt er, samen met de hogere ontstekings temperatuur, voor dat een aanpassing van de motor noodzakelijk is om op PPO te kunnen rijden. Volgens Dhr. Jansens van 'Plantenolie' worden er dan zwaardere gloeibougies en nieuwe verstuivers geplaatst. Meestal is het echter ook nodig om een tweede tank te installeren. Er wordt dan koolzaadolie in de originele tank gedaan en gewone diesel in de tweede tank. Men start 's morgens op gewone diesel en wanneer de motor warm genoeg is, schakelt het systeem automatisch over op PPO die opgewarmd wordt. 's Avonds worden de laatste kilometers terug op diesel gereden zodat men 's morgens probleemloos terug op diesel kan starten.

Een belangrijk voordeel van PPO is de gesloten CO₂-kringloop. Bij de verbranding van PPO komt namelijk eenzelfde hoeveelheid CO₂ vrij dan deze nodig voor de groei van een koolzaadplant. Rijden op koolzaadolie draagt dus geen CO₂ toe aan de atmosfeer, in tegenstelling tot het rijden op diesel of benzine. Ook de uitstoot van koolstofmonoxide (CO) en koolwaterstoffen (HC) daalt met ongeveer de helft, net zoals de uitstoot van roetdeeltjes. Stikstofoxide (NO_x) wordt daarentegen iets meer uitgestoten. PPO is echter wel zwavelvrij en veroorzaakt bijgevolg geen zure regen. (Hülsbrinck, 2006)

2.1.4 2^e generatie biobrandstoffen

2^e generatie biobrandstoffen onderscheiden zich van de 1^e generatie door de gebruikte conversietechnieken. Deze nieuwe technieken maken het mogelijk om meer biomassa stromen om te zetten en om ook residuen die voorheen onbruikbaar waren om te zetten. De mogelijke biomassa die in Vlaanderen kan ingezet worden voor de productie van 2^e generatie biobrandstoffen zijn ondermeer wilg, populier, houtafval, stro en olifantengras. Er zijn verschillende redenen om over te schakelen naar dit soort materialen. Ze zijn eerst en vooral overvloedig aanwezig en minder duur dan voedingsgewassen, zoals suikerbiet. Bovendien hebben ze een hogere netto energiebalans. We zullen hier twee conversietechnieken bespreken, namelijk de productie van ethanol uit houtachtige biomassa en grassen en de productie van Fischer-Tropsch diesel (FT-diesel). (Govaerts et al., 2006)

De celwanden van houtachtige biomassa en grassen zijn opgebouwd uit cellulose, hemicellulose en lignine. De eerste twee componenten zijn polymeren van suikers. Cellulose is opgebouwd uit glucosemoleculen in lange ketens die een kristallijne structuur

vormen. Hemicellulose bestaat uit een mix van polymeren zoals xylose, mannose of galactose en is veel minder stabiel dan cellulose. Lignine is een complex polymeer dat functioneert als een natuurlijke bindstof en als steun voor de cellulosevezels. Het conversieproces van dergelijke biomassa, ook wel lignocellulose genoemd, tot ethanol verschilt enkel van het conventioneel omzettingsproces met betrekking tot de hydrolyse. De hydrolyse van lignocellulose is namelijk veel moeilijker dan de hydrolyse van zetmeel. (EUBIA, 2006)

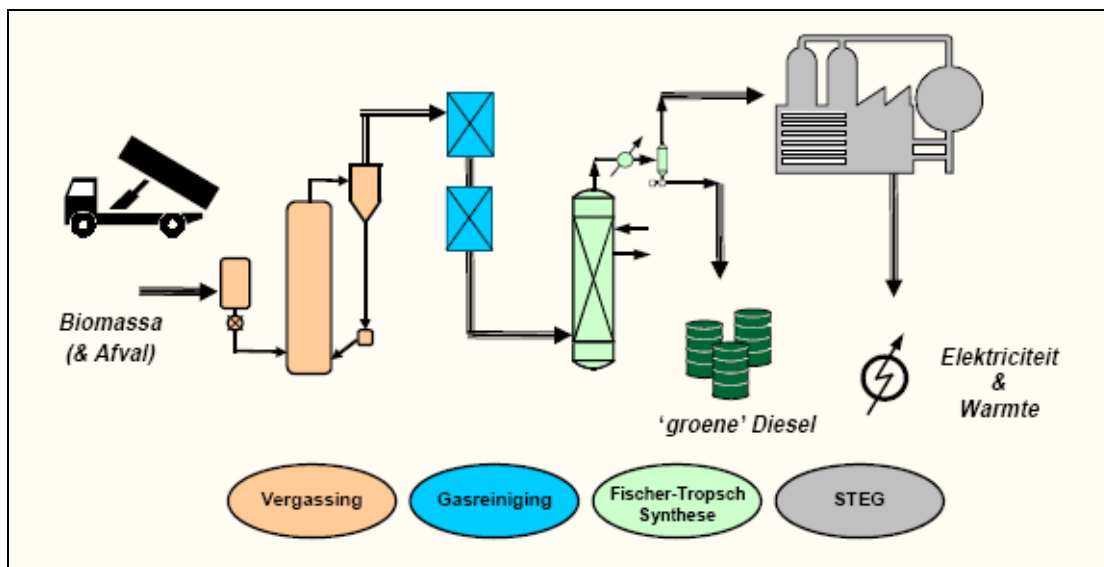
Het productieproces van bio-ethanol op basis van lignocellulose begint met mechanische en fysische voorbereidingsstappen waarbij de biomassa wordt gereinigd en verkleind en waarbij de celstructuur kapot wordt gemaakt om verdere bewerking te vergemakkelijken. Vervolgens wordt de biomassa geweekt in water, waarna verschillende chemische of biologische bewerkingen kunnen worden uitgevoerd, al naargelang het gevolgde ontwikkelingspad. In een volgende stap wordt eerst de hemicellulose gehydrolyseerd tot suikers waarna de cellulose gehydrolyseerd wordt tot glucose. Deze laatste reactie wordt, net zoals bij het conventionele omzettingsproces, gekatalyseerd door zuren of enzymen. Op die manier worden verschillende types suikers geproduceerd, welke niet allemaal even gemakkelijk kunnen worden gefermenteerd tot alcohol. Zo zijn de methoden voor C6-suikers zoals glucose reeds jarenlang gekend, terwijl de fermentatie van bijvoorbeeld C5-suikers nog relatief jong is. (Govaerts et al., 2006)

Naast bio-ethanol kan men ook synthetische diesel verkrijgen uit houtachtige biomassa. Hiertoe wordt de biomassa eerst vergast tot syngas dat daarna via de Fischer-Tropsch synthese kan omgezet worden tot vloeibare brandstof. Bij de vergassing, die gebeurt door contact met verwarmde zuurstof, wordt het organisch deel van de biomassa op hoge temperaturen omgezet tot een gasmengsel, syngas. Het syngas dat op deze manier bekomen wordt, bestaat uit koolstofmonoxide, koolstofdioxide, waterstof, methaan, sporen van etheen en ethaan, water, stikstof en verschillende pollutanten zoals kleine stofdeeltjes. Het belangrijkste knelpunt in de ontwikkeling van het proces is de gasreiniging van het syngas waarbij ondermeer stofdeeltjes en NO_x uit de rookgassen gewassen worden. (García Ciudad et al., 2003)

De Fischer-Tropsch synthese is een katalytische reactie waarin koolstofmonoxide en waterstof reageren tot koolwaterstoffen bij een temperatuur van 200 - 350° C. Hierbij wordt 30 tot 50% van het gas omgezet in vloeibare brandstoffen. Indien de systemen gebaseerd zijn op atmosferische vergassing schommelt de energie-efficiëntie tussen 33 en 40%. Als de vergassing daarentegen onder druk plaatsvindt, dan kan de energie-

efficiëntie 42 tot 50% bedragen. Deze processen vergen een grote schaal die zich laat vergelijken met een elektriciteitscentrale. Dit proces wordt reeds grootschalig toegepast op steenkool en aardgas, maar nog niet op biomassa. (Govaerts et al., 2006)

Een economisch zeer interessante piste is de gecombineerde productie van groene FT-diesel, elektriciteit en warmte met de Fischer-Tropsch synthese en een stoom- en gasturbine (STEG), oftewel trigeneratie. Net zoals bij de normale productie van FT-diesel wordt de biomassa vergast en het synthesegas gereinigd. Tussen de vergasser en de stoom- en gasturbine wordt een Fischer-Tropsch reactor geplaatst. Het gas dat niet wordt omgezet door de FT-synthese in vloeibare brandstoffen wordt gebruikt om elektriciteit en warmte op te wekken in de STEG. (Energieonderzoek Centrum Nederland, nd.)



Figuur 10: Trigeneratie

Bron: Energieonderzoek Centrum Nederland (nd.)

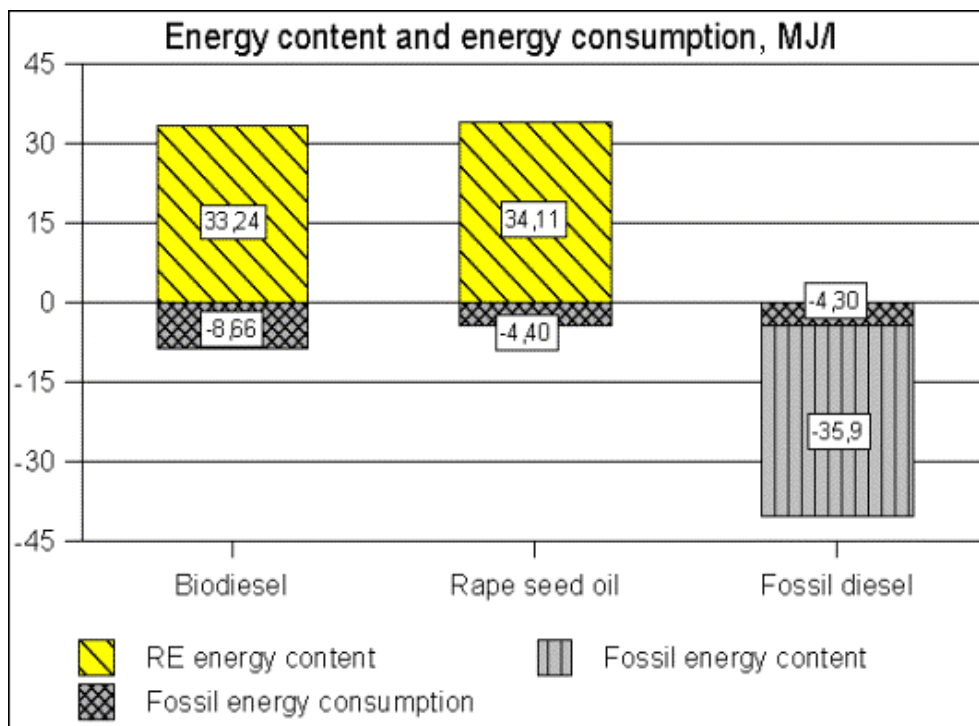
2^e generatie biobrandstoffen bieden enkele belangrijke voordelen in vergelijking met hun voorgangers. Zo kunnen ze geproduceerd worden met meer verschillende grondstoffen, voornamelijk afval. Dit kan de kost van de grondstoffen aanzienlijk doen verminderen. De aldus bekomen biobrandstoffen zijn van een hoge kwaliteit en hebben mogelijk een lagere well-to-wheel³ CO₂-waarde dan andere vloeibare biobrandstoffen. Hierover bestaat momenteel echter nog geen zekerheid maar de verwachtingen zijn hoog gespannen. Het eventuele teeltproces is waarschijnlijk minder intensief dan dit van andere gewassen, wat resulteert in lagere broeikasgasemissies veroorzaakt door de teelt. De conversietechnieken

³ Met well-to-wheel bedoelt men de hele keten vanaf de groei van de plant tot en met het eindverbruik.

staan echter nog niet volledig op punt, waardoor de 2^e generatie biobrandstoffen voorlopig nog niet op grote schaal geproduceerd worden. (Green Car Congres, 2005)

2.2 Keuze voor PPO

Het belangrijkste verschilpunt tussen biodiesel en PPO is de productiemethode en meer bepaald de milieubelasting ervan. Eerst en vooral verbruikt het productieproces van biodiesel veel meer energie. In onderstaande figuur wordt de energie-inhoud en energieconsumptie van zowel koolzaadolie als biodiesel weergegeven ten opzichte van de fossiele diesel. Hierbij wordt er voor koolzaadolie geen rekening gehouden met het energiepotentieel van het koolzaadstro. Zoals blijkt uit de grafiek is de energie-inhoud van koolzaadolie iets groter dan deze van biodiesel. Van deze energie gaat er 26% verloren bij de productie van biodiesel, tegenover slechts 13% voor de productie van PPO. De productie van fossiele diesel vereist evenveel energie als deze van PPO, maar bij gebruik ervan komt in grote mate CO₂ vrij. (Ecopower, nd.)



Figuur 11: Vergelijking energie-inhoud en energieconsumptie biodiesel – PPO - fossiele diesel

Bron: Ecopower (nd.)

Indien we de energiebalans van bio-ethanol, biodiesel en PPO vergelijken, komen we tot dezelfde conclusie. De energiebalans geeft weer hoeveel eenheden fossiele energie er nodig zijn om een eenheid 'groene energie' te creëren. Wanneer er meer energie nodig is dan er geproduceerd wordt, is deze balans negatief. Technologische ontwikkelingen hebben de productie-efficiëntie van bio-ethanol en biodiesel verhoogd, waardoor alle huidige biobrandstoffen een positieve energiebalans hebben. Voor biodiesel op basis van koolzaadolie en bio-ethanol op basis van suikerbiet bedraagt deze respectievelijk 2,5 en 2 (Worldwatch, 2006). Voor koolzaadolie bedraagt deze echter 11 en wanneer de hernieuwbare energie gebruikt wordt op de boerderij zelfs 25. Deze score ligt een pak hoger en toont nogmaals aan dat de productie van PPO minder energie vereist. Bovendien komt er bij de productie van PPO, in tegenstelling tot die van bio-ethanol, geen CO₂ vrij.

Het productieproces van biodiesel heeft nog een ander nadeel. Het is namelijk gebaseerd op het giftige methanol. Omwille van de giftige bestanddelen moet biodiesel dan ook als fossiele brandstof verhandeld worden, terwijl PPO zonder vergunning kan opgeslagen worden tot 10.000 liter. Bovendien is iedereen met een goede pers- en filterinstallatie in principe in staat om PPO te produceren. Dit in tegenstelling tot biodiesel wat een industrieel raffinageproces vereist. Voor de boeren die koolzaad telen, is PPO bijgevolg voordeliger omdat ze het zelf kunnen produceren en op die manier waarde kunnen toevoegen aan het koolzaad. Daarenboven bevat het restproduct na koude persing, de koolzaadkoek, meer vetten dan het koolzaadschroot dat overblijft na warme persing⁴. (Lamont en Lambrechts, 2005)

Een nadeel van het gebruik van PPO is echter de noodzakelijke aanpassing van de motor. Deze is op dit moment nog behoorlijk duur waardoor veel mensen de overstap niet wagen. De ombouw van een vrachtwagen kost ongeveer € 5000 exclusief BTW. De kost voor het ombouwen van een personenwagen bedraagt volgens Dhr. Jansens € 2500. Biodiesel wordt bijgevolg meer gepromoot en wordt intussen op vrij grote schaal geïmplementeerd, hoewel het minder milieuvriendelijk is dan PPO. Omdat PPO aantrekkelijk zou worden, dient het vrijgesteld te worden van accijnzen om op die manier een prijsvoordeel ten opzichte van fossiele diesel te bekomen en de ombouwkost te kunnen recupereren. Omdat bio-ethanol geen alternatief is voor fossiele diesel en omwille van de voordelen voor het milieu van PPO in vergelijking met biodiesel, zullen we ons in deze verhandeling focussen op het gebruik van PPO als transportbrandstof. In een volgende paragraaf zullen we het

⁴ Koude persing wordt toegepast voor de productie van PPO op de boerderij. Warme persing wordt toegepast bij de industriële verwerking tot biodiesel.

overheidsbeleid bespreken. Dit heeft namelijk een niet te onderschatten invloed op de (bio)brandstofkeuze van de consument.

2.3 Overheidsbeleid

2.3.1 Het Kyoto-protocol

Op het einde van vorige eeuw groeide de ongerustheid omtrent de opwarming van de aarde. Als reactie hierop werd door de Verenigde Naties in 1992 'The United Nations Framework Convention on Climate Change' oftewel een Raamverdrag inzake Klimaatverandering afgesloten en geratificeerd door 186 landen. Een belangrijke prestatie van dit Raamverdrag was de erkenning van het probleem van de 'global warming'. Dit was een tiental jaren geleden niet zo evident daar er toen nog maar weinig wetenschappelijk bewijs was voor dit fenomeen, waarvan de gevolgen bovendien pas tot uiting zouden komen binnen enkele decennia of zelfs enkele eeuwen. De ultieme doelstelling van dit Raamverdrag is het stabiliseren van de concentraties broeikasgassen in de atmosfeer op een niveau waarop gevaarlijke antropogene verstoring van het klimaatsysteem wordt voorkomen. Het verdrag vereist van de geïndustrialiseerde landen een regelmatige en precieze update van de inventaris van broeikasgasemissies. Ook ontwikkelingslanden worden gestimuleerd om dergelijke inventarissen op te stellen, hoewel het verdrag de meeste verantwoordelijkheid en druk legt bij de geïndustrialiseerde landen. (UNFCCC, nd.)

In het Raamverdrag werd overeengekomen dat de industrielanden hun uitstoot in het jaar 2000 zouden terugschroeven tot het niveau van 1990. Deze doelstelling werd echter door weinig landen gehaald en men zag in dat men behoefte had aan bijkomende kwantitatieve doelstellingen met een horizon na 2000. In 1997 werd op de top van Kyoto de tekst voor het Kyoto-protocol unaniem aangenomen. Hierin werden voor een korf van zes broeikasgassen, met name CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFK's en PFK's, reductiedoelstellingen vastgelegd⁵. De totale emissie van deze broeikasgassen moet in de periode 2008-2012 gereduceerd worden met minstens 5% ten opzichte van 1990. Het Kyoto Protocol is officieel in werking sinds 16 februari 2005. (Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2002)

⁵ HFK's (fluorkoolwaterstoffen), PFK's (perfluorkoolwaterstoffen) en SF₆ (zwavelhexafluoride) zijn gefluoreerde gassen

De verplichtingen van het Protocol verschillen van land tot land. De algemene daling van 5% dient bereikt te worden door ondermeer een daling van 8% in de EU, 6% in Canada en 7% in de Verenigde Staten, hoewel de VS zich hebben teruggetrokken uit het Protocol. Dit verzwakt het Kyoto-protocol aanzienlijk, daar de Verenigde Staten de mogelijkheid zijn die het meest beslag legt op schaarse grond- en brandstoffen en op de grootste milieugebruiksruimte per inwoner op onze planeet. (Belgische Senaat, 2001) De EU heeft een eigen interne overeenkomst om het doel van 8% te bereiken waarin voor iedere lidstaat een ander reductiepercentage is vastgelegd. Voor België betekent dit de verplichting om de uitstoot met 7,5% te doen dalen ten opzichte van het niveau van 1990. (UNFCCC, nd.)

Ter compensatie van de verplichte doelen die vooropgesteld zijn, biedt het Kyoto-protocol flexibiliteit wat betreft de manier waarop de landen hun doelstelling kunnen bereiken. Hiertoe werden een aantal nieuwe internationale beleidsinstrumenten ontwikkeld die partijen mogen gebruiken in aanvulling op nationale maatregelen. Deze 'flexibiliteitsmechanismen' geven landen de mogelijkheid om broeikasgasemissierechten uit te wisselen en op die manier de totale kost voor het bereiken van de doelen te beperken. Men kan bijvoorbeeld in een ander land op een kosteneffectieve manier de emissies reduceren. Terwijl de kost om emissies te beperken, verschilt van gebied tot gebied is de baat voor de atmosfeer hetzelfde, ongeacht van waar men actie onderneemt. Men heeft wel bepaald dat het gebruik van deze mechanismen slechts aanvullend mag zijn ten opzichte van de binnenlandse acties waar de nadruk op moet liggen. Bovendien moet men aan een aantal geschiktheidsvereisten voldoen om gebruik te kunnen maken van deze mechanismen. In het eigenlijke Protocol zijn deze mechanismen slechts in algemene lijnen uitgewerkt. De invulling van richtlijnen, modaliteiten en procedures en de institutionele omkadering van deze instrumenten is in 2001 vastgelegd in de Marrakesh Akkoorden. (UNFCCC, nd.)

Een eerste beleidsinstrument is het 'Clean Development Mechanism' (CDM) oftewel het Mechanisme voor Schone Ontwikkeling. Dit systeem geeft geïndustrialiseerde landen de mogelijkheid om in ontwikkelingslanden projecten te implementeren die de uitstoot van broeikasgassen verminderen. Indien deze investeringen leiden tot het verminderen van de emissies beneden de niveaus die zonder het project het geval zouden zijn, dan genereert dit emissierechten. Belangrijk hierbij is wel dat deze projecten het ontwikkelingsland moeten helpen om tot duurzame ontwikkeling te komen. Men verwacht dat dit mechanisme (voornamelijk private) investeringen zal genereren in ontwikkelingslanden en de transfer van milieuvriendelijke technologieën in hun richting zal promoten. Het gebruik

van de emissierechten, die industrielanden op deze manier bekomen om hun doel te bereiken, wordt wel beperkt. (UNFCCC, nd.; Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2005)

Vervolgens heeft men in het Kyoto-protocol een systeem voor nationale of internationale emissiehandel opgesteld. In dit systeem krijgen entiteiten, zoals bedrijven, een vergunning om een bepaalde hoeveelheid broeikasgassen uit te stoten. Wanneer bedrijven hun emissies terugdringen tot onder het niveau van hun vergunning, dan kunnen ze hun 'overschot' verkopen aan andere ondernemingen die hun doelstellingen minder eenvoudig halen. Dit heeft geen negatieve gevolgen voor het milieu, daar het totaal aan emissierechten vastligt. Het biedt daarentegen wel een kosteneffectieve manier om de totale doelstelling te verwezenlijken en het stimuleert bedrijven om te investeren in milieuvriendelijke technologie. Het risico tot 'overselling' wordt beperkt door het invoeren van een 'Commitment Periode Reserve' (CPR). Partijen wiens emissiekredieten beneden dit CPR vallen, zijn niet langer gemachtigd om kredieten te verkopen. (UNFCCC, nd.; Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2005)

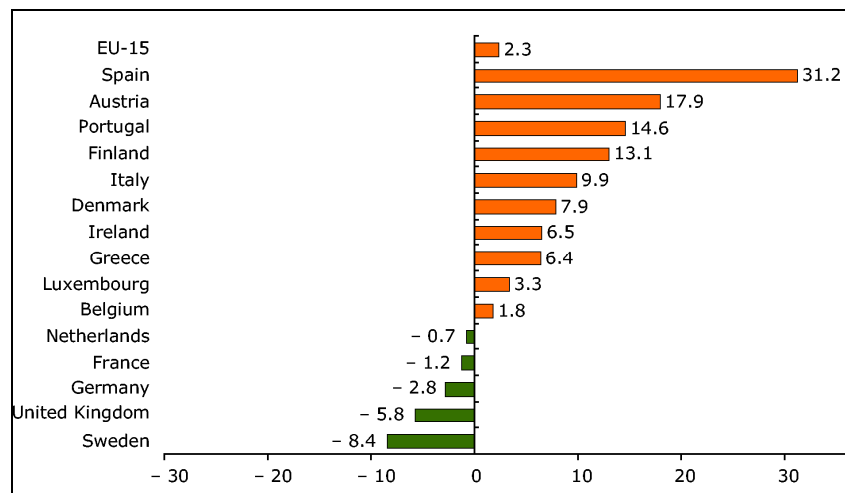
Een derde en laatste mechanisme is de 'Joint Implementation' of gezamenlijke uitvoering. Joint Implementation is, net zoals het Clean Development Mechanism, een projectgebonden mechanisme. Dit betekent dat het verkrijgen van bijkomende emissiekredieten in beide mechanismen gebonden is aan de uitvoering van een bepaald project. Bij de Joint Implementation kunnen industrielanden namelijk ook investeren in projecten. In tegenstelling tot het CDM gaat het hier echter om projecten die de emissies in andere geïndustrialiseerde landen verlagen. In ruil voor de investering mogen deze landen dan een deel van de resulterende netto-emissiereductie op eigen rekening schrijven door deze af te trekken van hun eigen nationale doelstelling. Ook rechtspersonen, zoals bedrijven, kunnen deelnemen aan dergelijke projecten indien ze toestemming krijgen van de betrokken landen. Het zijn dan de betrokken staten die de eindverantwoordelijkheid dragen. (UNFCCC, nd.; Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2005)

2.3.2 Europees beleid

De Europese Unie is vastbesloten haar uit het Kyoto-protocol voortvloeiende verbintenissen na te komen. De Europese Unie heeft de officiële inwerkingtreding niet afgewacht en heeft reeds in 2000 een Europees Programma Inzake Klimaatverandering gelanceerd. Dit programma bevat 40 maatregelen die, indien volledig uitgevoerd, de

emissies twee keer verder zouden verlagen dan vooropgesteld in het Kyoto-protocol. Voor elke lidstaat werden er ook afzonderlijk een aantal doelstellingen opgelegd. Voor België betekent dit concreet dat het tegen 2012 de uitstoot van CO₂ met 7,5 % moet verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. (Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, 2005)

De 'distance to target' indicator meet de afwijking van de werkelijke emissies ten opzichte van een hypothetisch pad. Dit pad geeft de weg aan die de lidstaten zouden moeten afleggen om de vooropgestelde doelstelling wat betreft de emissie van broeikasgassen te bereiken in 2010. Een positieve waarde op de grafiek geeft aan dat de emissies op dit moment te hoog liggen om het doel te kunnen bereiken. (European Environment Agency, 2006) Uit deze grafiek kunnen we aflezen dat België momenteel nog een iets te hoge uitstoot heeft en 1,8% punt afwijkt van het pad. Er zijn echter andere lidstaten, zoals Spanje, die er nog heel wat slechter voorstaan.



Figuur 12: 'Distance to target' van de Europese lidstaten in 2004

Bron: European Environment Agency (2006)

Sinds 2001 heeft de Europese Commissie in haar beleid ook oog voor de promotie van biobrandstoffen. In het Groenboek 'Op weg naar een Europese strategie voor een continue energievoorziening' uit 2000 zijn een aantal redenen terug te vinden om de toepassing van biobrandstoffen in de verkeerssector te stimuleren. Vooreerst wil men voorkomen dat de EU nog meer afhankelijk wordt van de import van olie. Verder verwacht men dat de uitstoot van broeikasgassen door de transportsector zal blijven toenemen, hetgeen indruist tegen de doelstelling om deze te verminderen. Bovendien ziet men in de productie van biomassa nieuwe inkomstenbronnen en mogelijkheden voor werkgelegenheid in

landbouwgebieden, wat met name van belang kan zijn voor de nieuwe en toekomstige Oost-Europese lidstaten. Ook is men ervan overtuigd dat energieteelt een bijdrage kan leveren aan de multifunctionaliteit en duurzaamheid van de landbouw. In dit Groenboek wordt als doel een aandeel van 20% vooropgesteld voor de biobrandstoffen in het totale brandstofverbruik van de vervoerssector in 2020. (van Thuijl, 2002)

Teneinde de doelstelling uit het Groenboek te behalen, werden er in 2003 twee ontwerprichtlijnen ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen in het transport aangenomen. De eerste conceptrichtlijn verplicht de lidstaten om voor de periode 2005-2010 een minimum percentage aan biobrandstoffen te garanderen in de nationale verkoop van transportbrandstoffen. Deze streefcijfers werden op 2% gesteld voor 2005, waarna deze jaarlijks oplopen met 0,75% tot 5,75% in 2010. Vanaf 2009 moet tevens een minimum percentage aan biobrandstoffen bijgemengd worden bij de conventionele transportbrandstoffen, namelijk 1% in 2009 en 1,75% in 2010. Deze maatregel geldt zowel voor benzine als voor diesel. Door bij te mengen wil men de investeringen beperken tot de landbouw- en raffinagesector door zoveel mogelijk gebruik te maken van de bestaande voertuigen en infrastructuur en de ombouw van motoren te vermijden. Deze richtlijn vereist ook dat de lidstaten jaarlijks rapporteren over de promotionele maatregelen die ze genomen hebben en de doelen die bereikt zijn. (van Thuijl, 2002)

De prijzen van biobrandstoffen zijn in principe hoger dan deze voor traditionele transportbrandstoffen. Opdat biobrandstoffen op dit vlak kunnen concurreren met de traditionele brandstoffen, geeft de tweede richtlijn lidstaten de mogelijkheid om hun heffingenstelsel aan te passen ten gunste van de biobrandstoffen. Op die manier wordt een lagere accijns of zelfs een accijnsvrijstelling mogelijk voor de biobrandstoffen. De aanpassing aan het accijnsstelsel is wel beperkt in die zin dat de handel op de interne Europese markt in transportbrandstoffen niet belemmerd mag worden. Ook mag het verlies aan accijnsinkomsten voor de lidstaten niet te groot zijn. (van Thuijl, 2002)

Eind 2005 werd echter duidelijk dat de Europese Unie haar streefcijfer van 2% voor dat jaar niet zou halen en dat ook de doelstelling van 2010 waarschijnlijk niet gehaald zou worden, tenzij nieuwe maatregelen genomen werden. In december 2005 werd het 'Biomass Action Plan' voorgesteld door de Europese Commissie. In dit gecoördineerd programma zijn maatregelen opgenomen om de vraag naar biomassa te stimuleren, het aanbod ervan te verbeteren en onderzoek ernaar verder te ontwikkelen. In februari 2006 werd hieraan een vervolg gebreed met een nieuwe communicatie 'An EU strategy for biofuels'. Deze strategie heeft drie belangrijke doelen. Eerst en vooral wil men

biobrandstoffen verder promoten binnen de Europese Unie en ontwikkelingslanden en ervoor zorgen dat de productie en het gebruik ervan in zijn geheel gunstig is voor het milieu. Verder wil men zich voorbereiden op het grootschalige gebruik van biobrandstoffen door de kostencompetitiviteit te verbeteren. Tot slot wil men de mogelijkheden voor de ontwikkelingslanden voor de productie van grondstoffen en biobrandstoffen onderzoeken.

De nieuwe strategie is gebaseerd op zeven 'policy axes' met name :

1. Het stimuleren van de vraag naar biobrandstoffen
2. Het weergeven van de milieuvoordelen
3. Het ontwikkelen van de productie en distributie van biobrandstoffen
4. Het uitbreiden van het grondstoffenaanbod
5. Het verbeteren van handelsmogelijkheden
6. Het steunen van ontwikkelingslanden
7. Het steunen van onderzoek en ontwikkeling

Op basis van deze strategie tracht de Europese Unie zijn doelstellingen uit het Kyoto-protocol alsnog te bereiken. (Euractiv, 2006)

Teneinde de kwaliteit van de biobrandstoffen te garanderen heeft Europa CEN-normen opgesteld. Hierbij staat CEN voor Centre Européen de Normalisation. In deze normen staan de karakteristieken opgesomd met maximumwaarden waaraan de biobrandstof moet voldoen. Deze normering is noodzakelijk om fraude te kunnen opsporen en om te vermijden dat een onstabiele, onzuivere of kwalitatief minderwaardige vloeistof schade zou berokkenen aan het voertuig. Het gebruik van dergelijke minderwaardige biobrandstoffen zou bovendien omwille van een niet optimale verbranding in de motor aanleiding kunnen geven tot schadelijke emissies, slechtere emissieresultaten en een hoger verbruik. (Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie, nd.)

De CEN-normen laten momenteel reeds een bijmenging van biobrandstoffen tot een bepaald percentage toe. Voor diesel wordt een inmenging van maximum 5 volume% biodiesel toegestaan onder de norm EN590. Voor benzine laat de norm EN228 een bijmenging van maximum 2,7% m/m O₂ toe onder de vorm van zuurstofhoudende verbindingen zoals ethanol, methanol, MBTE en ETBE⁶. Deze zuurstofhoudende verbindingen mogen gecombineerd worden voor zover per specifieke verbinding het maximum niet overschreden wordt en de combinatie het maximum toegelaten zuurstofgehalte van 2,7% m/m niet overschrijdt. Voor zuivere biobrandstoffen bestaat momenteel nog maar één norm, meer bepaald de norm EN14214 voor biodiesel (FAME).

⁶ Maximum 2,7% m/m O₂ = maximum 27g O₂ op 1kg benzine

Deze norm slaat zowel op FAME die ongemengd als motorbrandstof wordt aangewend, de zogenaamde B100, als op biodiesel die tot maximum 5 volume% wordt bijgemengd bij de gewone diesel (B5). (Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie, nd.)

2.3.3 Het Belgisch beleid

Het Belgisch beleid is in grote mate gelijkaardig aan het Europees beleid. De Europese richtlijn ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen in het vervoer heeft België omgezet door middel van het Koninklijk Besluit van 4 maart 2005. Dit KB neemt de Europese definities met betrekking tot biomassa, biobrandstoffen en hernieuwbare brandstoffen over en legt het minimum aandeel van biobrandstoffen op de Belgische markt vast. Het regelt bovendien het op de markt brengen van biobrandstoffen op het Belgische grondgebied waarbij de toelating om biobrandstoffen op de Belgische markt te brengen, wordt gekoppeld aan het beantwoorden aan de Europese CEN-normen. (Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie, nd.)

Het Koninklijk Besluit van 4 maart 2005 voorziet echter ook de mogelijkheid om af te wijken van de regel dat voor een biobrandstof een CEN-norm moet bestaan. De Belgische accijnswetgeving biedt immers de mogelijkheid om motorbrandstoffen op de markt te brengen voor de gewestelijke vervoersmaatschappijen met een hoger gehalte aan biobrandstof dan toegelaten in de Europese normen. Ook is het mogelijk om koolzaadolie te verkopen aan de gewestelijke vervoersmaatschappijen en aan de individuele automobilist. Voor geen van beide biobrandstoffen bestaat er evenwel een Europese norm momenteel. Deze afwijkingen kunnen echter enkel ingeroepen worden op voorwaarde dat de Ministers van Energie en Leefmilieu hiervoor gezamenlijk de toelating geven of voor twee specifieke gevallen. Een eerste specifiek geval is het verhandelen of in verbruik stellen van niet-genormeerde biobrandstoffen tussen een beperkt aantal partijen in het kader van een specifiek project. Een tweede geval bestaat uit het in verbruik stellen van pure plantenolie (PPO) door de producerende landbouwer of de landbouwcoöperatieve rechtstreeks aan de eindgebruiker. Deze laatste afwijking wordt echter enkel toegekend indien de aanvrager zich registreert en een kwaliteitscertificaat ondertekent. Hiermee verklaart de aanvrager zich bereid om:

- PPO van een goede en stabiele kwaliteit in verbruik te stellen, die beantwoordt aan de Duitse DIN-norm
- Een kwaliteitscontrole toe te laten
- Mee te werken aan de ontwikkeling van een Belgische norm voor PPO

- Zeer duidelijk aan te geven op zijn pomp dat het om PPO gaat, die uitsluitend geschikt is voor aangepaste dieselloerluigen
- De eindgebruiker correct te informeren over ondermeer de specificiteit van PPO en de mogelijkheden voor het laten ombouwen van dieselloerluigen.

De beslissingen tot afwijking gelden slechts voor een periode van drie jaar, maar zijn hernieuwbaar. Ze kunnen echter ook opgeheven worden indien de aanvrager zich niet aan de voorwaarden houdt. (Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie, nd.)

In een tweede Europese richtlijn laat de Europese Unie de lidstaten toe om biobrandstoffen onder bepaalde voorwaarden fiscaal gunstig te behandelen. In België legt de Wet betreffende biobrandstoffen⁷ een vermindering van de accijnzen vast voor benzine en diesel waarin een hoeveelheid biobrandstoffen is vermengd. Ook motorbrandstoffen, die gebruikt worden door de gewestelijke vervoersmaatschappijen en waarin een biocomponent aanwezig is die hoger is dan de in de diesel- en benzinenorm voorziene percentages, kunnen genieten van lagere accijnzen. Dankzij het Koninklijk Besluit van 10 maart 2006 wordt PPO, die gebruikt wordt als motorbrandstof, onder bepaalde voorwaarden vrijgesteld van accijnzen sinds 3 april 2006. Deze voorwaarde bestaat erin dat de teler of een coöperatie van telers het koolzaad afkomstig van de eigen gronden zelf verwerkt en commercialiseert. Er mag dus geen koolzaad bijgekocht worden om de persinstallatie rendabel te maken. Op deze voorwaarde is één uitzondering. De openbare vervoersmaatschappijen zoals De Lijn kunnen voorlopig tot einde 2007 accijnsvrij rijden op koolzaadolie onafhankelijk van de herkomst ervan. (Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie, nd.)

De overheid tracht ook de koolzaadteelt te promoten. Hierbij kan er gebruik gemaakt worden van twee subsidiesystemen. Men kan koolzaad gebruiken om de braakleggingstoelagerechten te activeren wanneer men koolzaad als niet-voedingsgewas beschouwt. Dit komt neer op ongeveer € 350 per hectare. Hierbij kan er geen beroep gedaan worden op de energiesteun. Deze kan men wel bekomen in een ander systeem waarin men koolzaad als energieteelt beschouwt. Koolzaad kan dan als akkerbouwgewas gebruikt worden om de gewone toelagerechten te activeren, die voor de meeste bedrijven ongeveer € 400 per hectare bedragen. Indien in dit geval gekozen wordt voor de teelt van koolzaad als grondstof voor PPO of biodiesel is er een bijkomende beperkte steun voor energieteelten van € 45 per hectare. (Lamont en Lambrechts, 2005)

⁷ Wet betreffende biobrandstoffen van 10 juni 2006

Tabel 2: Saldo koolzaadproductie

euro/hectare	productie winterkoolzaad	
	non-food braak	energieteelt
vaste teeltkosten	400	400
veranderlijke teeltkosten	605	605
opbrengst	980	980
gewone bedrijfstoelage	/	400
braakleggingstoelage	350	/
energiepremie	/	45
saldo (incl. premie)	325	420

Bron: Lamont en Lambrechts (2005)

Indien men het saldo vergelijkt van koolzaad voor de zaadproductie in de twee subsidiesystemen dan blijkt dat de teelt van winterkoolzaad als energieteelt financieel het meest interessant is. Hierbij wordt er geen rekening gehouden met de opbrengst uit de verwerking van de olie.

Het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds voorziet steun voor investeringen die gericht zijn op de productie en het gebruik van hernieuwbare energie. De investering moet wel rendabel zijn en minstens € 6250 bedragen indien gefinancierd met eigen middelen en € 12.500 bij een financiering met krediet. Deze steun bedraagt 30% voor installaties of materieel dat voor deze doeleinden op bedrijfsniveau of op coöperatief niveau aangekocht wordt. Wanneer de productie van energiegewassen ook specifieke investeringen vereist, dan kan hiervoor een bijkomende steun van 30% verkregen worden. De benodigde grondstoffen voor de productie van de hernieuwbare energie moeten wel voornamelijk op het bedrijf van de aanvrager of op de bedrijven van de landbouwers die mee in de coöperatieve zitten, geteeld worden. Het verband tussen de investeringen en de landbouwactiviteit op de betrokken bedrijven moet duidelijk aanwezig zijn. (Lamont et al., 2005)

Hoofdstuk 3 Toepassing in de transportsector

Indien men opteert voor het gebruik van biobrandstoffen in de transportsector, dan brengt dit een aantal kosten en baten met zich mee. Wanneer men de kosten en de baten van deze beslissing analyseert, zijn er twee mogelijke standpunten, met name het private en het sociale standpunt. Bij een private kosten-batenanalyse wordt er enkel rekening gehouden met de eigen kosten en opbrengsten van een onderneming of individu. Men gaat na of het project, over de gehele levensduur beschouwd, voor voldoende opbrengsten zorgt om de kosten te rechtvaardigen. De opbrengsten waarmee men rekening houdt, zijn in dit geval enkel van financiële aard. Een private kosten-batenanalyse van de omschakeling naar PPO bestaat dus uit een afweging van de kosten en de opbrengsten van de omschakeling voor het transportbedrijf. Een sociale kosten-batenanalyse beschouwt alle voordelen die ontstaan uit het project als baten. Vanuit het sociale standpunt kijkt men naar het maatschappelijke rendement, in dit geval de milieueffecten, van het project wat een ruimer perspectief is dan dit van de private onderneming. In dit hoofdstuk worden de kosten en baten, zowel vanuit privaat als vanuit sociaal standpunt, op een rijtje gezet. (De Brabander, 2005)

3.1 Baten en kosten vanuit privaat standpunt

In deze paragraaf komen de private kosten en baten van de omschakeling naar PPO voor een transportbedrijf aan bod.

3.1.1 Brandstofkost fossiele brandstof

De brandstofkosten zijn een belangrijke kostenpost voor een transportbedrijf. De prijs van fossiele brandstof is opgebouwd uit een viertal componenten. De opbouw van de fossiele brandstofprijs is weergegeven in tabel 3. De prijs exclusief taksen bestaat uit de prijs ex-raffinaderij (de basisprijs) en de distributie- en stockagekosten. Bij de prijs exclusief taksen worden vervolgens de bijdrage aan APETRA en BOFAS opgeteld. APETRA is een naamloze vennootschap die instaat voor het beheer van de Belgische olievoorraden. België heeft namelijk als lid van de Europese Unie en van het Internationaal Energie Agentschap

de verplichting om een kwart van zijn jaarlijkse consumptie van aardolieproducten als strategische voorraad te houden. Deze maatregel is ingevoerd om te vermijden dat de economie en de gebruikers, op het moment van een breuk in de aardoliebevoorrading, met een schaarste of totaal gebrek aan brandstoffen geconfronteerd worden. Ter financiering van APETRA wordt er een bijdrage geheven op aardolieproducten die hieraan onderworpen zijn en die de accijnsplichtige onderneming 'in verbruik stelt'. Transportbedrijven die fossiele diesel aankopen zijn bijgevolg ook verplicht om deze bijdrage te betalen. (Apetra, 2007) Zoals eerder reeds vermeld, gaat een andere bijdrage naar BOFAS. Dit is een fonds dat werd opgericht ter ondersteuning van tankstations die de bodem, al dan niet vrijwillig, saneren. Elke exploitant van een tankstation die aan de wettelijk vastgelegde voorwaarden van het Samenwerkingsakkoord voldoet, kan bij BOFAS een aanvraag indienen voor financiële en/of operationele steun. De financiering van dit fonds gebeurt voor de helft door de petroleumsector. De andere helft wordt doorgerekend aan de automobilist volgens het principe 'de vervuiler betaalt'. (Bofas, nd.)

Om te komen tot de prijs exclusief BTW worden hierbij nog accijnzen en een energiebijdrage opgeteld. De accijns is een vast bedrag in euro per liter dat door de regering wordt vastgelegd. Transportbedrijven kunnen een klein deel van de accijnzen, met name de bijzondere accijnzen, terugvorderen van de staat. Momenteel bedragen deze bijzondere accijnzen volgens Dhr. Lenaerts van Group H. Essers slechts 0,0122 €/liter. Uit tabel 3 kunnen we afleiden dat de accijns een belangrijke component is die iets meer dan dertig procent van de totale maximumprijs uitmaakt.

Tot slot wordt op dit geheel, wat op 30 maart 2007 € 0,88 bedroeg, een BTW-percentage van 21% toegepast om zo te komen tot de uiteindelijke verbruikersprijs inclusief BTW. Deze laatste prijs is voor een transportbedrijf echter niet relevant daar zij de BTW kunnen terugvorderen. De brandstofprijs voor fossiele brandstof bedraagt voor een transportbedrijf bijgevolg 0,88 €/liter. In onderstaande tabel is de samenstelling van de dieselprijs weergegeven, met in de rechterkolom het procentuele aandeel van elke component.

Tabel 3: Samenstelling dieselprijs

Geldig vanaf	30/03/2007	
EUR/l	Diesel 10 ppm	
Prijs ex-raffinaderij	0,3912	36,74%
Distributiemarge	0,1475	13,85%
Prijs (excl. taksen)	0,5388	50,59%
Bijdrage APETRA	0,0082	0,77%
Bijdrage BOFAS	0,002	0,18%
Accijnzen + energiebijdrage	0,3311	31,09%
Prijs (excl. BTW)	0,88	82,63%
BTW	0,1848	17,35%
Maximumprijs (BTW incl.)	1,065	100,00%

Bron : Belgische petroleumfederatie (2007)

Indien we de kosten per vrachtwagen bekijken, dient deze brandstofkost vermenigvuldigd te worden met het verbruik en het aantal gereden kilometers per vrachtwagen om te komen tot de totale brandstofkost. Het verbruik van een vrachtwagen kan variëren van 30 liter/100 km tot 40 liter/100 km afhankelijk van het type wagen. In het theoretisch model veronderstellen we dat het gemiddeld verbruik 35 liter/100 km bedraagt. Het aantal gereden kilometers van een vrachtwagen per jaar schommelt eveneens. Vrachtwagens die internationale ritten maken, leggen over het algemeen meer kilometers af dan vrachtwagens die enkel nationale ritten maken. Volgens Dhr. Lenaerts kan het aantal kilometers variëren van 150.000 km per jaar voor een internationale wagen tot minimum 100.000 km per jaar voor andere wagens. We veronderstellen een gemiddelde van 120.000 km in ons model.

3.1.2 Brandstofkost PPO

De brandstofkost voor koolzaadolie is op dezelfde manier opgebouwd als deze van fossiele diesel met dit verschil dat er geen bijdragen aan Apetra en Bofas betaald dienen te worden en dat er een BTW-percentage van 6% wordt toegepast. Voor een transportbedrijf is dit lager BTW-percentage echter geen voordeel, daar zij de BTW kunnen recupereren. De prijs exclusief taksen is simpelweg de prijs die de boer wenst te krijgen voor de koolzaadolie. Indien we veronderstellen dat de boer eenzelfde arbeidsinkomen wil bekomen uit winterkoolzaad als uit wintertarwe, dan zou de teelt van winterkoolzaad hem 597 €/ha moeten opbrengen. In bijlage 2 is de berekening van het arbeidsinkomen

opgenomen. Zoals in hoofdstuk 2 reeds werd vermeld⁸, is de teelt van koolzaad als energieteelt financieel het meest voordelig. We veronderstellen dan ook dat de landbouwer voor koolzaad als energieteelt kiest. Volgens Lamont et al. (2005) bedragen de variabele teeltkosten voor winterkoolzaad 604 €/ha. Hierin zijn ondermeer de kosten voor zaaizaad, onkruid- en ziektebestrijding, loonwerk en bemesting opgenomen. De verdeling van de kosten wordt weergegeven in tabel 4. Naast de variabele teeltkosten dienen er ook vaste teeltkosten in rekening gebracht te worden. Deze kosten zijn structureel gebonden aan elk bedrijf en omvatten ondermeer de pacht, machinekosten, gebouwen en kleinere diverse kosten. De totale vaste teeltkosten worden door Lamont et al. (2005) geschat op 400 €/ha.

Tabel 4: Variabele teeltkosten koolzaad

	Winterkoolzaad (€/ha)
Zaaizaad	40
Bemesting N ₂ O	99
Bemesting P ₂ O ₅ + K ₂ O	20
Behandeling	10
Halmverkorting	75
Ziektebestrijding	40
Onkruidbestrijding	95
Insectenbestrijding	15
Loonwerk: ploegen, zaaien, dorsen	100
Zaadschoning	110
Totaal	604

Bron: Lamont et al. (2005)

Een andere belangrijke kost voor de boer die koolzaadolie wil produceren, is de aankoopkost van een pers- en filterinstallatie en een kunststof opslagtank. Indien men een pers aankoopt die 50 ton koolzaad per jaar kan persen, dan betaalt men hiervoor naar schatting € 2800. De kosten voor een filterinstallatie en een opslagtank bedragen respectievelijk € 4700 en € 500. Samen zijn deze aankopen goed voor een kost van € 8000. Indien men deze machines afschrijft op 5 jaar, dan kan in totaal 250 ton koolzaad geperst, gefilterd en opgeslagen worden. Uit 250 ton koolzaad kan men volgens Bugge (2000) 90.500 liter koolzaadolie persen, wat de totale kost van het persen brengt op 0,088 €/liter olie⁹. Volgens Lamont en Lambrechts (2005) kan men uit 250 ton koolzaad

⁸ Zie paragraaf 2.3.3 op p. 30

⁹ 3 ton koolzaad/ha levert 1086 liter olie/ha op, dus 1 ton koolzaad levert 362 liter olie op. (Bugge, 2000)

echter slechts 82.500 liter koolzaadolie persen¹⁰. Dit zou de perskost op 0,097 €/liter brengen. We zullen beide scenario's vergelijken. In het scenario van Lamont en Lambrechts (2005) wordt gerekend met een perskost van 0,097 €/liter. In het scenario van Bugge (2000) geldt een perskost van 0,088 €/liter. Een laatste kost is de distributiekost om de koolzaadolie van bij de boer tot bij de eindgebruiker te krijgen. Deze kost wordt door Senternovem (2005) geschat op 0,10 €/liter.

Een eerste belangrijke opbrengst voor de boer zijn subsidies. Zoals in hoofdstuk 2 reeds werd aangehaald¹¹, kan koolzaad als akkerbouwgewas gebruikt worden om de gewone toeslagrechten te activeren. Deze toeslagrechten variëren per bedrijf maar schommelen voor de meeste bedrijven rond 400 €/ha. Indien men, zoals hier het geval is, kiest voor de teelt van koolzaad als grondstof voor PPO of biodiesel, dan kan een bijkomende steun voor energieteelten van 45 €/ha bekomen worden. Men kan koolzaad ook gebruiken om de braakleggingstoelagerechten te activeren. Deze bedragen ongeveer 350 €/ha en kunnen niet gecombineerd worden met de energiesteun. Daar de braakleggingstoelagerechten minder bedragen, zullen we in ons model uitgaan van een activering van de gewone toeslagrechten en energiesteun. (Lamont en Lambrechts, 2005)

De teelt van koolzaad levert twee producten op waarvan koolzaad het hoofdproduct is en koolzaadstro het bijproduct. Dit laatste is zeer geschikt als strooisel en de meerwaarde ervan wordt door Lamont et al. (2005) ingeschat op een bruto-opbrengstverhoging van 80 €/ha. Bugge (2000) veronderstelt dat één hectare 3 ton koolzaad oplevert en de koude persing hiervan 1086 liter koolzaadolie en 2 ton koolzaadkoek. Lamont en Lambrechts (2005) veronderstellen daarentegen dat één hectare veel meer opbrengt, namelijk 4,5 ton koolzaad en na persing 1485 liter koolzaadolie en 3 ton koolzaadkoek. De koolzaadkoek heeft een hoge voedingswaarde als krachtvoer voor het vee en kan zelfs soja vervangen. Men kent daarom een waarde van 145 €/ton toe aan de koolzaadkoek. De prijs die de boer wil voor de olie zullen we afleiden uit de vergelijking van het totale arbeidsinkomen van winterkoolzaad en wintertarwe. Uit deze berekening, opgenomen in bijlage 2, blijkt dat de boer een prijs van 0,629 €/liter of 0,912 €/liter wil in het scenario van respectievelijk Lamont en Lambrechts (2005) of Bugge (2000).

Het scenario van Bugge (2000) is echter niet realistisch in een Belgische context. De olieopbrengst die hij per hectare vooropstelt, ligt ver beneden het Belgische gemiddelde. Om deze reden zullen we dit scenario niet in acht nemen in het verdere verloop van het

¹⁰ 4,5 ton koolzaad/ha levert 1485 liter olie/ha op, dus 1 ton koolzaad levert 330 liter olie op. (Lamont en Lambrechts, 2005)

¹¹ Zie paragraaf 2.3.3 op p. 29

onderzoek. Volgens praktijkdeskundige Dhr. Janssen bedraagt de prijs van PPO momenteel 70 à 75 eurocent/liter inclusief 6% BTW. In bijlage 3 is een grafiek opgenomen waarop de prijsevolutie van PPO wordt weergegeven van augustus 2003 tot augustus 2005. Hieruit blijkt dat deze prijs inderdaad rond de 70 eurocent/liter schommelt. We zijn echter geïnteresseerd in de prijs exclusief BTW. Deze varieert dan van minimum 0,6604 €/liter tot maximum 0,7075 €/liter¹². We zullen in het model de prijs uit het scenario van Bugge vervangen door deze maximumprijs van 0,7075 €/liter. Zo bekomen we dus twee scenario's a en b met een respectievelijke PPO-prijs van 0,629 €/liter en 0,7075 €/liter.

3.1.3 Ombouwkost

Bij de omschakeling van fossiele brandstof naar PPO is de kost voor de ombouw van de motor veruit de belangrijkste kost. Volgens Dhr. Janssens ligt de ombouwkost van een vrachtwagen tussen de € 5000 en € 6000 exclusief BTW. Indien men de vrachtwagen zelf ombouwt, kan men ombouwkits aankopen die ongeveer € 2000 kosten. Een bijkomende kost van € 300 ontstaat doordat de olie vaker verversd dient te worden bij een omgebouwde motor.

3.1.4 Baten

Wanneer we de brandstofkost voor fossiele brandstof verminderen met de brandstofkost voor koolzaadolie, dan bekomen we de brandstofkostbaat van PPO. We kunnen deze brandstofkost wijzigen met behulp van enkele variabelen en op die manier verschillende scenario's uitwerken. Zo kunnen we bijvoorbeeld stellen dat een motor die op PPO draait méér verbruikt dan een gewone motor. Volgens Senternovem (2005) ligt het verbruik bij PPO maximaal 10% hoger dan bij diesel. In het basisscenario veronderstellen we dat een motor die op PPO rijdt 7,5% meer verbruikt dan een gewone motor. Een bijkomende parameter is de groeivoet van de basisprijs. We veronderstellen dat de basisprijs van fossiele brandstof in de toekomst feller zal stijgen dan deze van PPO omdat fossiele brandstof wordt ingevoerd terwijl PPO in eigen land of in de EU geproduceerd kan worden. Voor diesel schatten we de groeivoet daarom op 4% en voor PPO op 2%.

¹² $0,6604 = \frac{0,70}{1,06}$ en $0,7075 = \frac{0,75}{1,06}$

Een andere belangrijke factor die we kunnen laten variëren, is de accijnsvrijstelling. Zoals in hoofdstuk 2 reeds vermeld¹³, is de gebruiker van PPO momenteel vrijgesteld van accijnzen indien hij deze rechtstreeks bij een erkende boer aankoopt. De brandstofkost voor PPO bestaat in dit geval enkel uit de basisprijs en 6% BTW. We kunnen het percentage accijnsvrijstelling laten variëren van 0% (geen accijnsvrijstelling) tot 100% (volledige accijnsvrijstelling). We weten namelijk niet welke accijnspolitiek de overheid in de toekomst zal voeren. In het basisscenario veronderstellen we een volledige accijnsvrijstelling omdat we ervan uit gaan dat transportbedrijven die de omschakeling doorvoeren ervoor zullen opteren om de koolzaadolie zo goedkoop mogelijk, en dus rechtstreeks bij de boer, aan te kopen.

3.1.5 Kosten–batenanalyse

Vervolgens kunnen we de kosten vergelijken met de baten van de omschakeling naar PPO. Deze vergelijking kan echter niet zomaar gebeuren daar de kosten en baten niet op hetzelfde moment plaatsvinden. We dienen met andere woorden rekening te houden met de tijdswaarde van geld. Wanneer men eenzelfde opbrengst nu of een jaar later kan hebben, dan zal de voorkeur uitgaan naar de opbrengst in het huidige jaar. Elke euro waarover men nu beschikt, kan immers onmiddellijk interest opbrengen wanneer men deze belegt. De toekomstige waarde of future value is bijgevolg groter dan één euro. Omgekeerd geldt eveneens dat de contante waarde of present value van een toekomstige euro kleiner zal zijn dan één euro. (Laveren et al., 2002)

Men kan algemeen stellen dat de contante waarde van een toekomstige kasstroom gelijk is aan het product van deze kasstroom met een discountfactor. Deze discountfactor wordt ook wel de opportuniteitskost van het geld genoemd, namelijk de opportuniteitskost die ontstaat door het feit dat geld geïnvesteerd in het project niet meer op de kapitaalmarkt kan renderen. Het project moet bijgevolg voldoen aan deze norm die door de kapitaalmarkt wordt gesteld. Met behulp van de discountfactor kunnen we de kosten en baten herrekenen naar eenzelfde referentiejaar, meestal het jaar van de initiële investering. Bij een investeringsuitgave is echter de netto contante waarde (NCW) van belang. Deze is gelijk aan het verschil van de contante waarde van de baten en de contante waarde van de kosten. Een project is rendabel indien de som van alle baten de som van alle kosten overtreft of met andere woorden wanneer $NCW > 0$. Onderstaande

¹³ Zie paragraaf 2.3.3 op p. 29

formule dient toegepast te worden om de brandstofkostbaat te vergelijken met de ombouwkost. (De Brabander, 2005)

$$NCW = \sum_{t=1}^T \frac{(B_t - K_t)}{(1+r)^{t-1}}$$

met B_t : de baten van het project in jaar t
 K_t : de kosten van het project in jaar t
 r : de discontovoet
 T : de tijdsduur van het project in jaren

3.1.6 Berekening netto contante waarde (NCW)

We zullen deze formule toepassen om de netto contante waarde van beide basisscenario's te berekenen. In tabel 5 zijn de gegevens en veronderstellingen voor de basisscenario's opgenomen. Zoals hoger reeds vermeld, verschillen beide scenario's enkel in de prijs exclusief BTW voor PPO. De prijs voor scenario a bedraagt namelijk slechts 0,629 €/liter terwijl de prijs voor scenario b 0,7075 €/liter bedraagt.

Tabel 5: Gegevens basisscenario's

Gegevens basisscenario	a	b
Aantal km (km)	120.000	120.000
Verbruik (liter/100km)	35	35
Prijs excl BTW fossiele brandstof (€/liter)	0,880	0,880
Prijs excl taken fossiele brandstof groeivoet (%)	4,0%	4,0%
Extra verbruik PPO (%)	7,5%	7,5%
Accijnsvrijstelling (%)	100%	100%
Discontovoet (%)	7,0%	7,0%
Prijs excl BTW PPO (€/liter)	0,629	0,7075
Prijs excl taken PPO groeivoet (%)	2,0%	2,0%
Kost ombouw (€)	5500	5500
Extra olie verversen (€/jr)	300	300

Bron: Eigen opmaak

Voor scenario a bekommen we in jaar 1 op basis van deze gegevens een brandstofkost voor fossiele brandstof van € 36.964. De totale brandstofkost voor PPO bedraagt, op basis van een prijs van 0,629 €/liter, in datzelfde jaar € 28.384. Indien we het verschil van deze twee kosten nemen, bekommen we een brandstofkostbaat van € 8581 voor jaar 1. We

veronderstellen dat in de daaropvolgende jaren zowel de prijs van fossiele brandstof als van PPO zal toenemen, zij het dat de prijs van fossiele brandstof sneller zal stijgen dan de prijs van PPO. Om tot de netto baat te komen, dienen we de kosten af te trekken van de brandstofkostbaat. Terwijl de ombouwkost enkel in jaar 1 voorkomt, is de kost voor olieverversing een jaarlijks terugkerende kost.

De jaarlijkse nominale netto baat die we op deze manier bekomen, dienen we vervolgens te disconteren naar jaar 1 om te komen tot de reële netto baat. We passen hierbij een discontovoet van 7% toe omdat we zo na aftrek van 2,5% inflatie een reële vereiste rentevoet van 4,5% bekomen, wat algemeen als een gemiddelde aanvaard wordt. In tabel 6 zijn de resultaten van deze berekening weergegeven. Zoals onderaan in de tabel staat weergegeven, bedraagt de NCW voor dit scenario € 67.643. Dit bedrag is duidelijk positief, wat aantoont dat de omschakeling naar PPO in dit geval rendabel is.

Tabel 6: Berekening netto contante waarde scenario a

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Aant Km (cumulat)		120.000	240.000	360.000	480.000	600.000	720.000	840.000	960.000
Aantal liter diesel (lit)		42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Kost ombouw		5.500							
Extra olieverversing		300	300	300	300	300	300	300	300
Brandstof kost fossiel		36.964	38.443	39.980	41.580	43.243	44.973	46.772	48.642
Brandstof kost PPO		28.384	28.951	29.530	30.121	30.723	31.338	31.964	32.604
Brandstofkost baat		8.581	9.492	10.450	11.459	12.520	13.635	14.807	16.039
Netto baat nomin		2.781	9.192	10.150	11.159	12.220	13.335	14.507	15.739
Netto baat reël		2.781	8.590	8.866	9.109	9.322	9.508	9.667	9.801
NCW		67.643							

Bron: Eigen opmaak

Voor scenario b is de situatie minder positief. De totale brandstofkost voor fossiele brandstof blijft gelijk in vergelijking met scenario a, maar de brandstofkost voor PPO ligt hoger. Met een prijs van 0,7075 €/liter bedraagt deze in het totaal € 31.944 en ligt bijgevolg slechts € 5021 lager dan de brandstofkost voor fossiele brandstof die nog steeds € 36.964 bedraagt in jaar 1. De kosten voor ombouw en extra olieverversing blijven constant in vergelijking met scenario a. De berekeningen van de nominale en reële netto baat verlopen analoog. De resultaten voor scenario b zijn weergegeven in tabel 7. Zoals blijkt uit de laatste regel is de NCW voor dit scenario nog steeds positief, met een waarde van € 43.410.

Tabel 7: Berekening netto contante waarde scenario b

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Aant Km (cumulat)		120.000	240.000	360.000	480.000	600.000	720.000	840.000	960.000
Aantal liter diesel (lit)		42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Kost ombouw		5.500							
Extra olieverversing		300	300	300	300	300	300	300	300
Brandstof kost fossiel		36.964	38.443	39.980	41.580	43.243	44.973	46.772	48.642
Brandstof kost PPO		31.944	32.582	33.234	33.899	34.577	35.268	35.974	36.693
Brandstofkost baat		5.021	5.860	6.746	7.681	8.666	9.704	10.798	11.949
Netto baat nomin		-779	5.560	6.446	7.381	8.366	9.404	10.498	11.649
Netto baat reël		-779	5.197	5.630	6.025	6.382	6.705	6.995	7.255
NCW	43.410								

Bron: Eigen opmaak

3.1.7 Sensitiviteitsanalyse

Uit bovenstaande berekeningen kunnen we afleiden dat de prijs van PPO een belangrijke factor is voor de rentabiliteit van de omschakeling. We vragen ons echter af of er nog andere parameters zijn die een belangrijke invloed hebben op het resultaat. Met behulp van een sensitiviteitsanalyse zullen we een antwoord proberen te vinden op deze vraag. Hierbij laten we een aantal parameters variëren en kijken we vervolgens wat hiervan de invloed is op het resultaat. De gedetailleerde tabellen die gebruikt zijn voor de sensitiviteitsanalyse zijn opgenomen in bijlage 4.

Een eerste belangrijke parameter die we hierbij opmerken, is het **extra verbruik** van de motor bij het rijden op koolzaadolie. In beide basisscenario's hadden we dit geschat op 7,5%. Dit is echter een vrij hoog percentage en heeft een negatieve impact op de netto contante waarde van de omschakeling naar PPO. Indien we het extra verbruik met 2% punt laten dalen van 7.5% naar 5.5 % (zie bijlage 4, tabel 4.1, kolom 1) ceteris paribus, dan neemt de NCW van het project in scenario a met 5% toe (zie bijlage 4, tabel 4.1, kolom 2). Voor het tweede scenario is deze procentuele toename nog groter. De NCW stijgt voor dit scenario van € 43.410 tot € 47.455, een procentuele stijging van 9% (zie bijlage 4, tabel 4.2 en 4.3, kolom 6).

Het theoretisch verbruik van een motor die op PPO rijdt, ligt 4% hoger dan het verbruik van een dieselmotor (Hanzehogeschool, nd.). Dit percentage ligt heel wat lager dan de 7,5% die we in het basisscenario geschat hadden op basis van gegevens uit Senternovem (2005). Indien we een extra verbruik van 4% veronderstellen, een daling van 3,5% punt

ten opzichte van het basisscenario, dan stijgt de NCW in scenario a met 9% (zie bijlage 4, tabel 4.1, kolom 1 en 2), terwijl er in scenario b een procentuele toename van 16% kan worden waargenomen (zie bijlage 4, tabel 4.2, kolom 1 en 6). Volgens enkele gebruikers van PPO is er in de praktijk echter niets te merken van dit meerverbruik. Dit zou betekenen dat het extra verbruik op 0% gesteld kan worden, wat een positieve invloed heeft op de netto contante waarde. Deze zou dan zelfs met 20% toenemen voor scenario a en met 35% voor scenario b, met een respectievelijke NCW van € 81.123 en € 58.580. In onderstaande tabel zijn de procentuele veranderingen van de NCW weergegeven voor beide scenario's.

Tabel 8: Invloed extra verbruik op de NCW

procentuele verandering extra verbruik tov basisscenario (7,5%)	procentuele verandering scenario a	procentuele verandering scenario b
-2,00%	+5%	+9%
-3,50%	+9%	+16%
-7,50%	+20%	+35%

Bron: Eigen opmaak

Het aantal **gereden kilometers per jaar** van een vrachtwagen heeft ook een invloed op de NCW (zie bijlage 4, tabel 4.4). Indien de prijs van PPO lager ligt dan de dieselprijs, dan stijgt de NCW met een stijgend aantal gereden kilometers. Indien PPO duurder is dan diesel, dan heeft een stijging van het aantal verreden kilometers een negatieve invloed op de NCW. Wat betreft **het verbruik** (liter/100 km) van de vrachtwagens bemerken we eenzelfde invloed (zie bijlage 4, tabel 4.5). Bij een hoger verbruik is er een grotere NCW op voorwaarde dat de PPO prijs lager is dan de dieselprijs. Indien aan deze voorwaarde niet voldaan is, heeft een hoger verbruik een negatieve invloed op de NCW.

Tabel 9: Invloed aantal verreden kilometers en verbruik op NCW

	aantal verreden kilometers / verbruik	NCW
PPO prijs > dieselprijs	stijgt	daalt
PPO prijs < dieselprijs	stijgt	stijgt

Bron: Eigen opmaak

Een parameter die de overheid kan beïnvloeden, is de mate van **defiscalisatie** (zie bijlage 4, tabel 4.6). In de basisscenario's hebben we een volledige accijnsvrijstelling verondersteld, omdat deze momenteel geldt voor de aankoop van PPO bij een

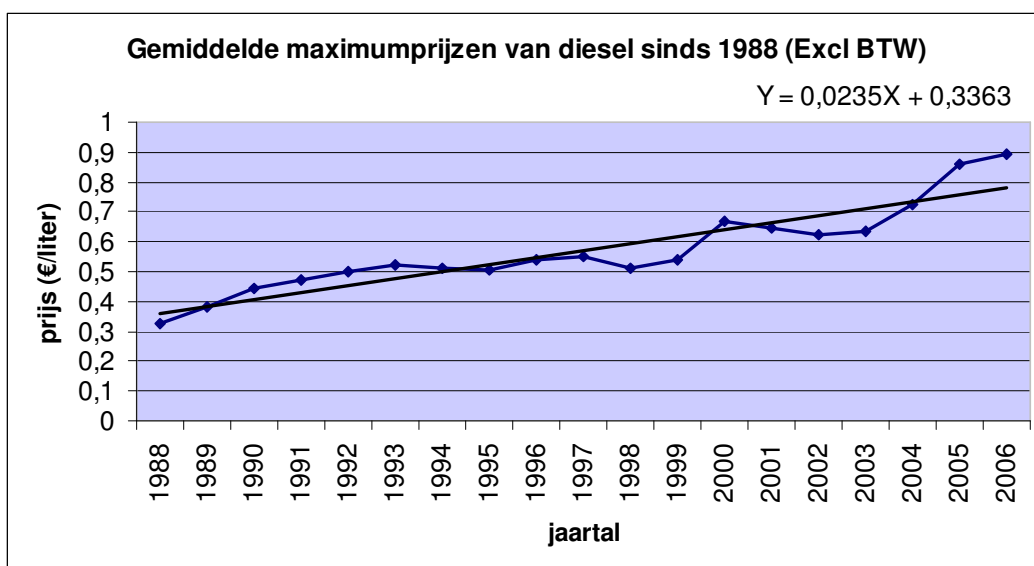
geregistreerde boer. Het is echter mogelijk dat de overheid in de toekomst geheel of gedeeltelijk accijnzen zal heffen op PPO. Wanneer de prijs van PPO 0,649 €/liter bedraagt, dan is bij een accijnsvrijstelling van 50% de netto contante waarde nog steeds positief. Een hoger accijnspercentage zou betekenen dat bij deze prijs de NCW negatief wordt. Indien de overheid voor 100% accijnzen heft en er dus 0% vrijstelling is, dan zou PPO slechts 0,525 €/liter mogen kosten opdat de NCW positief is. (tabel 4.6, kolom 1 en 2) Zet de overheid de huidige accijnspolitiek echter verder (100% vrijstelling) dan kan een positieve NCW bekomen worden tot een maximale PPO-prijs van 0,848 €/liter (tabel 4.6, kolom 12). In onderstaande tabel zijn de maximumprijzen voor PPO weergegeven die een positieve NCW opleveren bij geen, gedeeltelijke of volledige accijnsvrijstelling.

Tabel 10: Invloed accijnsvrijstelling op maximale PPO prijs voor positieve NCW

accijnsvrijstelling	max PPO prijs
0%	0,525
50%	0,649
100%	0,848

Bron: Eigen opmaak

De laatste jaren is de **dieselprijs** fors gestegen. Op 30 maart 2007 bedroeg deze volgens de Belgische Petroleumfederatie 0,880 €/liter exclusief BTW. In onderstaande grafiek is de evolutie van de gemiddelde maximumprijs van diesel sinds 1988 weergegeven. Uit deze grafiek blijkt dat de dieselprijs een stijgende trend vertoont die zich naar alle waarschijnlijkheid zal verder zetten in de toekomst. Indien we deze trend schatten op basis van de achterliggende data, dan bekomen we een gemiddelde jaarlijkse **groei** **voet voor de dieselprijs** van 2,35%.



Figuur 13: Evolutie gemiddelde maximumprijzen van diesel sinds 1988 excl. BTW

Bron: Belgische Petroleumfederatie (2007)

We kunnen deze waarde gebruiken als referentiewaarde voor de gevoeligheidsanalyse. In het basisscenario hebben we een groeivoet van 4% verondersteld voor de dieselprijs exclusief taksen. Uit de sensitiviteitsanalyse blijkt dat de netto contante waarde behoorlijk gevoelig is voor veranderingen in deze groeivoet. Een groeivoet van 5% in plaats van 4% betekent een relatieve toename van 8% (zie bijlage 4, tabel 4.7, kolom 1 en 2) en 12% (zie bijlage 4, tabel 4.8, kolom 1 en 6) van de NCW in respectievelijk scenario a en b. Een daling van de groeivoet tot de referentiewaarde van 2,35%, een daling van 1,65% punt ten opzichte van het basisscenario, veroorzaakt een daling van de NCW met respectievelijk 13% en 19% voor scenario a en b.

Tabel 11: Invloed groeivoet dieselprijs op NCW

procentuele verandering groeivoet dieselprijs tov basisscenario (4%)	procentuele verandering scenario a	procentuele verandering scenario b
+1%	+8%	+12%
-1,65%	-13%	-19%

Bron: Eigen opmaak

Indien we de impact van de groeivoet van de dieselprijs vergelijken met deze van het extra verbruik dan blijkt dat de groeivoet een grotere impact heeft op de NCW dan het

extra verbruik. De NCW daalt namelijk met respectievelijk 16% (zie bijlage 4, tabel 4.7, kolom 1 en 2) en 23% (zie bijlage 4, tabel 4.8, kolom 1 en 6) voor scenario a en b bij een daling van de groeivoet met 2% punt. De invloed van een daling van 2% punt in het extra verbruik van PPO bedraagt daarentegen slechts 5% en 9% voor respectievelijk scenario a en b, zoals hoger reeds vermeld.

Een laatste belangrijke parameter is de **verhouding van de PPO-prijs ten opzichte van de dieselprijs**. Voor scenario a bedraagt deze ongeveer 71%¹⁴. In scenario b ligt de PPO-prijs hoger en dus dichterbij de dieselprijs. De verhouding ligt bijgevolg ook hoger met een waarde van ongeveer 80%¹⁴. Indien deze verhouding daalt met 5% punt, dan neemt de NCW met respectievelijk 20% (zie bijlage 4, tabel 4.9, kolom 1 en 9) en 31% (zie bijlage 4, tabel 4.10, kolom 1 en 10) toe voor scenario a en b. Een daling van de verhouding met 20% punt heeft een stijging van de NCW met 80% en zelfs 125% tot gevolg voor respectievelijk scenario a en b. Wanneer de prijs van PPO en de dieselprijs elkaar meer benaderen, dan stijgt de verhouding. Het effect hiervan op de NCW is exact het tegenovergestelde van het effect van een daling. Uit deze bevindingen blijkt dat de brandstofprijzen, en in het bijzonder hun verhouding, een belangrijke invloed uitoefenen op de netto contante waarde van de omschakeling.

Tabel 12: Invloed verhouding 'PPO-prijs/dieselprijs' op NCW

procentuele verandering verhouding PPOprijs/dieselprijs tov basisscenario's	procentuele verandering scenario a	procentuele verandering scenario b
-5%	+20%	+31%
-20%	+80%	+125%
+5%	-20%	-31%

Bron: Eigen opmaak

3.2 Baten en kosten vanuit sociaal standpunt

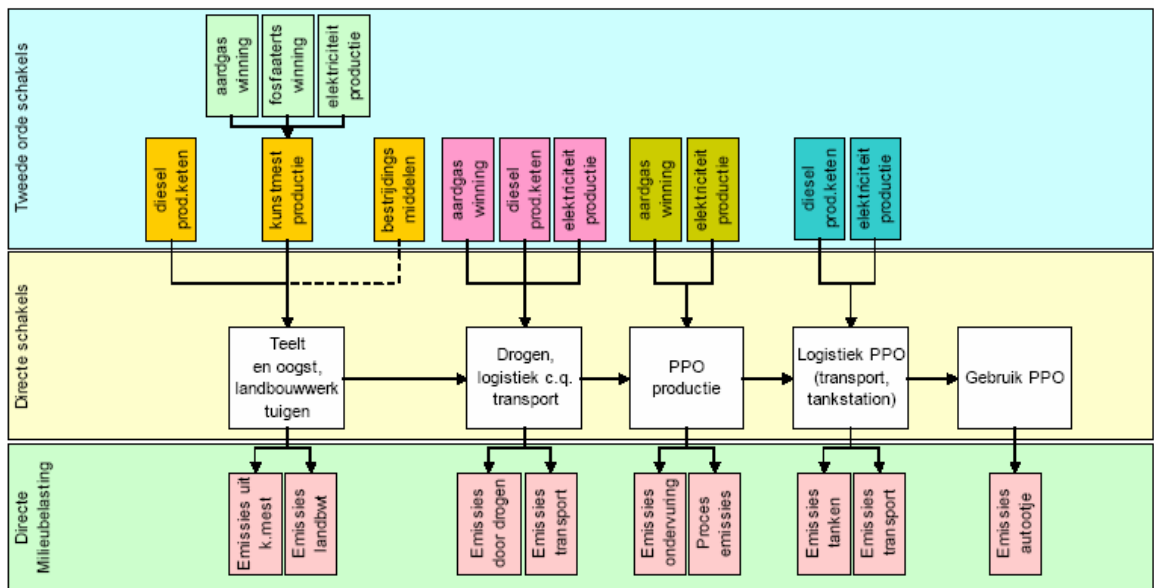
Indien men de omschakeling naar pure plantenziegelen bekijkt vanuit het sociaal standpunt dient men rekening te houden met alle kosten en baten die hiermee gepaard gaan. Het is hierbij vooral van belang om de gevolgen voor het milieu in kaart te brengen. Het is vaak moeilijk om deze milieuaspecten uit te drukken in monetaire termen, doch ze zijn daarom

¹⁴ $\frac{0,629}{0,880} = 0,71$ en $\frac{0,7075}{0,880} = 0,80$

niet minder belangrijk. Met behulp van resultaten gebaseerd op de levenscyclusanalyse zullen we trachten de impact op het milieu in elke schakel van de 'well-to wheel' PPO-keten te beoordelen. Deze keten is opgebouwd uit volgende schakels :

- teelt van koolzaad
- oogst van koolzaad
- productie van koolzaadolie
- distributie van verwerker naar afnemer
- eindgebruik

Zoals weergegeven in onderstaande figuur brengt iedere schakel een bepaalde milieubelasting met zich mee. Bij de belasting voor het milieu wordt er een onderscheid gemaakt tussen energieverbruik en emissies. We zullen eerst het energieverbruik in de PPO-keten bespreken om vervolgens over te gaan naar de emissies.



Figuur 14: Milieubelasting in de PPO-keten

Bron: Senternovem (2005) p. 14

3.2.1 Energieverbruik

Teelt en oogst van koolzaad

Bij de teelt en oogst van koolzaad wordt er veelal gebruik gemaakt van fossiele energie. Met directe energie wordt het energieverbruik op de boerderij onder de vorm van diesel, smeerolie en elektriciteit bedoeld. De energie die verbruikt wordt buiten het landbouwbedrijf voor de productie van zaaizaad, machines, kunstmest en plantenbeschermingsmiddelen wordt indirecte energie genoemd. Wat betreft het directe energieverbruik stelt Senternovem (2005) een best case scenario en een worst case scenario op, met respectievelijke waarden van 2289 MJ/ton PPO en 4258 MJ/ton PPO. In deze waarden is ook het energieverbruik voor het drogen van de zaden opgenomen. Dit is een belangrijke activiteit bij de oogst van het koolzaad en is nodig om degradatie en omzetting van de olie in de zaden door inwerking van vocht tegen te gaan. Bugge (2000) schat het directe energieverbruik heel wat hoger in met een waarde van 6,989 GJ/ha oftewel 6989 MJ/ton PPO¹⁵. Hiervan is 4,893 GJ/ha onder de vorm van diesel en smeerolie en de overige 2,096 GJ/ha onder de vorm van elektriciteit. We vermoeden dat hierbij ook het drogen in rekening is gebracht. Volgens García Ciudad et al. (2003) bedraagt het direct energieverbruik daarentegen slechts 2,909 GJ/ha koolzaad of 2968 MJ/ton PPO¹⁶. Er wordt hierbij het meeste energie verbruikt onder de vorm van diesel door de tractoren bij het ploegen, eggen en oogsten. Het drogen van de zaden vereist volgens García Ciudad et al. (2003) geen energie.

De indirecte energieconsumptie wordt door Bugge (2000) geschat op 5187 MJ/ton PPO, wat vrij laag is in vergelijking met García Ciudad et al. (2003). In deze laatste studie wordt een indirect energieverbruik van 10.901 MJ/ha of 11.123 MJ/ton PPO vooropgesteld¹⁶. Indien we deze waarde meer in detail bekijken, bemerken we dat deze hoge waarde vooral te wijten is aan de productie van stikstof. De gedetailleerde tabel is opgenomen in bijlage 5. Dit energieverbruik ligt zelfs hoger dan de 7600 MJ/ton PPO van het worst case scenario van Senternovem (2005). Het best case scenario veronderstelt een waarde van 4737 MJ/ton PPO.

¹⁵ Opbrengst per hectare = 1 ton PPO (Bugge, 2000)

¹⁶ Opbrengst per hectare = 0,98 ton PPO (García Ciudad et al., 2003)

Productie van koolzaadolie

Een volgende schakel in de PPO-keten is de productie van koolzaadolie, die zowel op kleine als op grote schaal kan gebeuren. Kleinschalige productie vindt plaats op de boerderij met behulp van een wormpers en een filterinstallatie. Men noemt dit ook koud persen omdat de zaden op kamertemperatuur geperst worden. Bij grootschalige productie daarentegen worden de zaden verwarmd tot ongeveer 80° C om op die manier een hoger rendement te verkrijgen. In deze analyse wordt kleinschalige productie verondersteld. Daar deze plaatsvindt op de boerderij is het energieverbruik voor het transport van de zaden zeer klein. Volgens García Ciudad et al. (2003) bedraagt dit 0,03 GJ/ha oftewel 30,61 MJ/ton PPO¹⁷.

Het energieverbruik voor de productie van koolzaadolie bedraagt volgens Senternovem (2005) in het slechtste geval 1871 MJ/ton koolzaadolie. Gemiddeld wordt gesteld dat een kleinschalige persinstallatie, zonder droger, 45 kWh/ton droog zaad verbruikt. Wetende dat 1 kWh overeenkomt met 3,6 MJ geeft dit een energieverbruik van 594 MJ/ton PPO¹⁸ voor de productie van koolzaadolie. Volgens García Ciudad et al. (2003) vereist de conversie van koolzaad naar koolzaadolie 0,56 GJ/ha of 571,43 MJ/ton PPO energie¹⁷.

Distributie van verwerker naar afnemer

De koolzaadolie dient vervolgens tot bij de afnemer te geraken. Indien de PPO bij de lokale koolzaadboer wordt verkocht, is het energieverbruik van de distributie zeer laag. Indien dit niet het geval is, wordt het verbruik in Senternovem (2005) geschat op 10 liter diesel per ton koolzaadolie. Omgerekend geeft dit een energieverbruik van ongeveer 359 MJ/ton PPO¹⁹.

Eindgebruik

Het energieverbruik bij het rijden op PPO ligt in termen van energie in dezelfde ordegrootte als het energieverbruik van standaard dieselveertuigen volgens Senternovem (2005). Met een energiedichtheid van 9,2 kWh/liter leunt koolzaadolie dicht aan bij diesel, wat een energiedichtheid van 9,8 kWh/liter heeft. (ppo.be, nd.) Door deze iets lagere energiedichtheid per liter ligt het energiegebruik in liters van een aangepaste motor voor PPO echter iets hoger dan het energiegebruik van een standaard dieselmotor. Zoals in paragraaf 3.1.7 (p. 40) reeds vermeld werd, bedraagt het theoretisch meerverbruik 4%. (Hanzehogeschool, nd.)

¹⁷ Opbrengst per hectare = 0,98 ton PPO (García Ciudad et al., 2003)

¹⁸ Opbrengst per hectare = 3,3 ton droog zaad wat na persing 0,90ton PPO oplevert (Senternovem, 2005)

¹⁹ Energie-inhoud van diesel = 35,9 MJ/liter (Senternovem, 2005)

Algemeen

Om tot een totaalbeeld van de PPO-keten te komen, dienen we het energieverbruik van alle schakels op te tellen. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de waardes uit de verschillende studies. De laatste schakel, het eindverbruik, is hier niet in opgenomen.

Tabel 13: Overzicht energieverbruik

<i>MJ/ton PPO</i>	Senternovem best case	Senternovem worst case	Bugge	García Ciudad et al.
direct energieverbruik	2289	4258	6989	2968
indirect energieverbruik	4737	7600	5187	11.123
transport				30,61
productie MJ/ton ppo	594	1871		571,43
distributie MJ/ton ppo	359	359		
Totaal energieverbruik	7979	14.088	12.176	14.693

Bron: Eigen opmaak

Zoals blijkt uit bovenstaande gegevens ligt de waarde voor het totaal energieverbruik van het best case scenario van Senternovem (2005) een pak lager dan de andere waardes. We zullen deze waarde in het verdere verloop dan ook buiten beschouwing laten. Met een waarde van 14.693 MJ/ton PPO schat García Ciudad et al. (2003) het totale energieverbruik in de PPO-keten het hoogst in. De waarde in het worst case scenario van Senternovem (2005) ligt iets lager op 14.088 MJ/ton PPO. Bugge (2000) tenslotte bekomt een tussenliggende waarde van 12.176 MJ/ton PPO. We kunnen op basis van deze resultaten dus besluiten dat het **totale energieverbruik** in de PPO-keten, van 'well-to-tank'²⁰ gemiddeld 13.652 MJ/ton PPO²¹ of **12,65 MJ/liter PPO**²² bedraagt.

Indien we deze waarde vergelijken met de energie-inhoud van PPO, dan kunnen we berekenen hoeveel procent van de energie-inhoud van koolzaadolie nodig is voor de productie ervan. Volgens Bugge (2000) en ppo.be (nd.) bedraagt de energie-inhoud van PPO respectievelijk 37,53 MJ/liter en 33,12 MJ/liter. Indien we ongeveer een gemiddelde

²⁰ Met 'well-to-tank' bedoelt men de PPO-keten vanaf de bloei van de plant tot en met de distributie tot bij de eindverbruiker. Het eindverbruik wordt dus niet in beschouwing genomen.

²¹ Gemiddeld energieverbruik = $\frac{14088+12176+14693}{3} = 13652$

²² 1 ton PPO = 1079 liter = $\frac{1086+1072}{2}$ (Bugge, 2000 ; García Ciudad et al., 2005)

waarde van 35 MJ/liter nemen, dan blijkt dat 36% van de energie-inhoud van de koolzaadolie nodig is voor de productie ervan²³. Dit percentage wordt bevestigd door Senternovem (2005), waar gesteld wordt dat 25 tot 40% van de energie-inhoud nodig is voor de productie. Als we echter ook de energie-inhoud van de koolzaadkoek en het koolzaadstro in rekening brengen, dan verbetert deze energiebalans aanzienlijk. De energie-inhoud van de koolzaadkoek bedraagt 38,64 GJ/ha, die van het koolzaadstro 56,55 GJ/ha. Indien we ook de energie-inhoud van de koolzaadolie uitdrukken in GJ/ha dan bekomen we een totale energie-inhoud van 132,95 GJ/ha²⁴. Vergeleken met het energieverbruik van 12,65 MJ/liter of 13,65 GJ/ha²⁵, blijkt dat slechts 10% van de energie-inhoud van het koolzaad, dus zowel koolzaadkoek, -stro als -olie, gebruikt wordt voor de productie van de koolzaadolie²⁶. Men kan ook stellen dat de energie-inhoud van het gewas 9,74 keer groter is dan het verbruik van fossiele energie²⁷. Dit betekent dat bijna 10 eenheden biomassa kunnen geproduceerd worden met 1 eenheid fossiele energie. (Bugge, 2000)

3.2.2 Emissies

Zoals blijkt uit figuur 14 (p. 45) gaan met elke schakel in de PPO-keten emissies gepaard. Dit kan zowel gaan over de emissie van broeikasgassen als over de emissie van roetdeeltjes en verzurende stoffen. We zullen deze voor elke schakel uit de keten bespreken om voor de broeikasgassen uiteindelijk te komen tot een totale uitstoot uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Dit is een rekeneenheid die gebaseerd is op de mate waarin een gas bijdraagt aan het broeikaseffect. Op die manier kunnen de bijdragen van de verschillende broeikasgassen onderling vergeleken worden. Uit tabel 14 kunnen we bijvoorbeeld aflezen dat methaan een waarde van 23 CO₂-equivalenten heeft. Dit wil zeggen dat 1 kg methaan over een periode van 100 jaar 23 maal zoveel bijdraagt aan het broeikaseffect dan 1 kg CO₂.

²³ $\frac{12,65}{35} = 0,36$ of 36%

²⁴ 35 MJ/liter = 37.765 MJ/ha of 37,765 GJ/ha bij gemiddelde opbrengst van 1079 liter per hectare
37,765 + 38,64 + 56,55 = 132,95

²⁵ Gemiddelde opbrengst van 1079 liter per hectare

²⁶ $\frac{13,65}{132,95} = 0,10$

²⁷ $\frac{132,95}{13,65} = 9,74$

Tabel 14: Uitdrukking broeikasgassen in CO₂-equivalenten

	kg CO ₂ equivalenten
CO ₂	1
CH ₄	23
SF ₆	23900
N ₂ O	296

Bron : De Ruyck et al. (2006)

Teelt en oogst van koolzaad

De teelt van koolzaad levert een grote bijdrage aan de totale milieubelasting in de 'well-to-wheel' keten van PPO door het gebruik van meststoffen en diesel voor landbouwwerktuigen. De emissies gerelateerd aan meststoffen zijn NH₃, door vervluchting, NO₃, door uitspoeling, en N₂O. N₂O-emissies treden op uit gewasresten en door nitrificatie van stikstof uit kunstmest. In de NO₂-emissies is reeds verdisconteerd dat bij teelt van volggewassen minder kunstmest hoeft te worden gebruikt door het beschikbaar komen van stikstof uit gewasresten. (Senternovem, 2005). In onderstaande tabel is de omvang van de emissies weergegeven.

Tabel 15: Emissies gerelateerd aan kunstmestgebruik

	Koolzaad opbrengst (ton verse zaden/ha)		
	3	4	5
Kunstmestgebruik (kg/ha jaar)	195	195	225
Emissie (kg/ha jaar)			
NH ₃	3,9	3,9	4,5
N ₂ O	3,2	3,3	3,9
NO ₃	45,5	33,9	30,6

Bron : Senternovem (2005) p.21

Uitgedrukt in CO₂-equivalenten bedraagt de uitstoot van N₂O 976,8 kg per hectare²⁸. Volgens Bugge (2000) bedraagt de uitstoot van veld en gewas slechts 509 kg CO₂-equivalenten per hectare. De uitstoot veroorzaakt door het gebruik van diesel voor het aandrijven van landbouwwerktuigen bedraagt volgens Senternovem (2005) 390 kg CO₂ per hectare. Volgens Bugge (2000) is deze uitstoot iets groter met een waarde van 395 kg CO₂ per hectare, waarvan 31 kg veroorzaakt wordt door de bodembewerking van braakliggende grond. Verder lezen we bij Senternovem (2005) dat de indirecte emissies

²⁸ Opbrengst van 4 ton verse zaden per hectare : N₂O-emissie= 3,3 kg/ha. Uitgedrukt in CO₂-equivalenten : 3,3*296= 976,8 kg

die optreden bij de productie van kunstmest en elektriciteit tussen de 345 en 647 kg CO₂ per hectare liggen. We zullen in de verdere berekeningen werken met het gemiddelde van deze twee waarden, 496 kg CO₂ per hectare²⁹.

De belangrijkste activiteit bij de oogst is het drogen van de zaden. De emissies die vrijkomen bij het drogen van het zaad bestaan uit CO₂ en NO_x. De CO₂-emissie kan variëren van 15 tot 26 kg per ton koolzaad af akker. We zullen het gemiddelde van deze twee waarden, namelijk 20,5 kg, in rekening brengen. De NO_x-uitstoot per ton koolzaad schommelt tussen 0,14 en 0,23 kg. Indien de verwerking van het zaad niet op de boerderij gebeurt, dient men hier ook rekening te houden met transport. (Senternovem, 2005) We gaan er echter vanuit dat de verwerking op de boerderij gebeurt. Bij Bugge (2000) vinden we een emissie terug van 483 kg CO₂ per hectare voor de verwerking. Hiermee wordt de uitstoot bedoeld die veroorzaakt wordt door zaaien, machines, kunstmest en pesticiden. Verder brengt Bugge (2000) nog de CO₂-uitstoot in rekening die het gevolg is van lokale energieconsumptie op de boerderij onder de vorm van elektriciteit. Deze bedraagt 217 kg CO₂ per hectare. Govaerts et al. (2006) en De Ruyck et al. (2006) geven enkel een totaalwaarde voor de productie van koolzaad, respectievelijk 1760 kg en 1889 kg CO₂-equivalenten/hectare. Indien we de CO₂-uitstoot van teelt en oogst optellen, bekomen we voor Bugge (2000) en Senternovem (2005) respectievelijke waarden van 1604 kg en 1883,3 kg CO₂-equivalenten/hectare voor de productie van koolzaad³⁰.

Productie van koolzaadolie

Voor de omzetting van koolzaad tot koolzaadolie veronderstellen we het gebruik van een koude pers. Senternovem (2005) stelt dat bij het gebruik van een dergelijke pers geen directe emissies naar de lucht optreden. De Ruyck et al. (2006) en Govaerts et al. (2006) veronderstellen daarentegen een beperkte uitstoot van respectievelijk 257,62 kg en 218,46 kg CO₂-equivalenten/hectare.

Distributie van verwerker naar afnemer

De distributie van de koolzaadolie van bij de boer tot bij de afnemer is een schakel in de PPO-keten waarin ook uitstoot van broeikasgassen plaatsvindt, meer bepaald in de vorm van uitlaatgassen. Senternovem (2005) veronderstelt namelijk dat de distributie per vrachtwagen gebeurt. Deze uitstoot is echter klein in vergelijking met de uitstoot

²⁹ $\frac{345+647}{2} = 496$

³⁰ $509 + 395 + 483 + 217 = 1604$ (Bugge, 2000)
 $976,8 + 390 + 496 + 20,5 = 1883,3$ (Senternovem, 2005)

tengevolge van de productie van het koolzaad. Volgens Senternovem (2005) bedraagt deze emissie slechts 25,6 kg CO₂ /ton PPO oftewel 23,04 kg CO₂/hectare³¹.

Eindgebruik

Wat betreft de uitlaatgassen van een wagen die op PPO rijdt, zijn er slechts een beperkt aantal testen uitgevoerd. De beschikbare gegevens tonen echter aan dat bij een goed omgebouwd voertuig en gebruik van kwalitatief goede PPO de emissies van CO, koolwaterstoffen en roetdeeltjes lager liggen als wanneer hetzelfde voertuig op diesel zou rijden. De NO_x-emissie daarentegen zal hoger liggen. De CO₂-uitstoot wordt geneutraliseerd door de opgenomen CO₂ tijdens de groei van de koolzaadplant. (Hülsbrinck, 2006)

Algemeen

Op basis van bovenstaande gegevens kunnen we de gehele broeikasgasemissie van de PPO-keten berekenen. In tabel 16 wordt een overzicht gegeven van de verschillende cijfergegevens die we hebben teruggevonden in de literatuur. De emissies van het eindgebruik zijn niet opgenomen in deze tabel en bijgevolg ook niet in de berekeningen die op deze tabel gebaseerd zijn.

Tabel 16: Overzicht emissies

<i>kg CO₂ equivalenten/hectare</i>	Senternovem	Bugge	Govaerts et al.	De Ruyck et al.
Teelt				
veld en gewas	976,8	509		
landbouwwerktuigen	390	395		
productie kunstmest	496			
Bewerking				
drogen	20,5			
kunstmest, pesticiden		483		
elektriciteit		217		
Productie koolzaad	1883,3	1604	1760	1889
conversie			218,46	257,62
distributie	23,04			
TOTALE EMISSIE	1906	1604	1978	2147

Bron: Eigen opmaak

³¹ Opbrengst per hectare = 0,90ton PPO (Senternovem, 2005)

Op basis van de gegevens uit bovenstaande tabel kunnen we stellen dat de totale emissie van de PPO-keten gemiddeld 1908,75 kg CO₂-equivalenten per hectare bedraagt³². Senternovem (2005) heeft de meest gedetailleerde gegevens waaruit blijkt dat de N₂O-emissie uit gewasresten en door nitrificatie van stikstof uit kunstmest het zwaarst doorweegt in de totale emissie. Kunstmest speelt duidelijk een belangrijke rol in de milieubelasting van koolzaad daar ook de productie van het kunstmest meer dan 400 kg CO₂-equivalenten/hectare uitstoot veroorzaakt. Bij Bugge (2000) vinden we een lagere totale emissie terug die ongeveer 300 kg kleiner is dan het gemiddelde van 1908,75 kg CO₂-equivalenten/hectare. Deze kleinere waarde is het gevolg van een lagere inschatting van de emissies van veld en gewas.

Om de CO₂-reductie te kunnen berekenen die het rijden op PPO met zich meebrengt, dienen we deze waarde te vergelijken met de broeikasgasuitstoot van diesel. De broeikasgasuitstoot van **PPO** bedraagt gemiddeld **1947,70 kg CO₂-equivalenten/ton PPO**³³. Volgens Govaerts et al. (2006) bedraagt de broeikasgasemissie van fossiele diesel 2,8 kg CO₂-equivalenten/liter diesel³⁴. Indien we veronderstellen dat het meerverbruik van PPO 4% bedraagt, dan geeft dit een uitstoot van 2,69 kg/0,96 liter diesel die vervangen wordt door 1 liter PPO. We kunnen dit ook uitdrukken per verbruikte ton PPO. We bekomen dan een waarde van 2945 kg CO₂-equivalenten/ton PPO³⁵. Senternovem (2005) schat de broeikasgasemissie van fossiele diesel iets hoger in met een waarde van 2960 kg CO₂-equivalenten/ton PPO. Hiervan wordt 410 kg veroorzaakt door de productie van diesel en de overige 2550 kg door het eindgebruik. Indien we het gemiddelde nemen van beide emissiewaarden dan bekomen we een gemiddelde emissie voor **diesel** van **2952,5 kg CO₂-equivalenten/ton PPO**³⁶.

Uit bovenstaande berekeningen blijkt dat de broeikasgasemissies van de dieselketen hoger liggen dan deze van de PPO-keten. Het verschil tussen beide emissiewaarden bedraagt 1004,8 kg CO₂-equivalenten/ton PPO³⁷, de CO₂-reductie door vervanging van diesel door PPO. Indien we de uitstoot van CO₂ voor diesel en PPO willen vergelijken, dan kunnen we dit niet simpelweg doen door het verbruikte aantal liter diesel te vervangen door hetzelfde aantal liter PPO. Reden hiervoor is de lagere energiewaarde en dus het hogere verbruik

³² $\frac{1906+1604+1978+2147}{4} = 1908,75$

³³ Opbrengst per hectare = 0,98 ton PPO en gemiddelde uitstoot van 1908,75 kg/hectare

³⁴ Bij Bugge (2000) vinden we een waarde van 2,93 kg CO₂-equivalenten/liter diesel.

³⁵ 0,98 ton PPO = 1072 liter PPO dus 1 ton PPO = 1093,88 liter PPO

³⁶ $\frac{2945+2960}{2} = 2952,5$

³⁷ 2952,5 - 1947,7 = 1004,8

van PPO in vergelijking met diesel. Volgens Senternovem (2005) bedraagt de energiewaarde van PPO 35 GJ/ton PPO of 32 MJ/liter PPO³⁸. De energiewaarde van diesel daarentegen bedraagt 35,9 MJ/liter diesel. Indien we het verbruik van de vrachtwagen en de CO₂-uitstoot uitdrukken in verbruikte energie (MJ) dan kunnen we op die manier berekenen hoeveel de CO₂-reductie bedraagt bij vervanging van diesel door PPO.

In beide basisscenario's hebben we verondersteld dat het verbruik van een vrachtwagen gemiddeld 35 liter/100 km bedraagt. Indien we dit verbruik vermenigvuldigen met het aantal gereden kilometers per jaar dan bekomen we een dieselverbruik van 42000 liter/jaar wat overeenkomt met een totaal energieverbruik van 1.507.800 MJ³⁹. Als we weten dat 1 ton PPO overeenkomt met 35 GJ dan kunnen we berekenen met hoeveel ton PPO deze totale verbruikte energie overeenkomt. Vervolgens kunnen we de overeenkomstige CO₂-uitstoot van diesel en PPO berekenen omdat deze beiden zijn uitgedrukt per ton PPO. De totale verbruikte energie bedraagt 1507,80 GJ wat overeenkomt met de energiewaarde van 43,08 ton PPO⁴⁰. Uitgaande van een CO₂-uitstoot van 2952,5 kg CO₂/ton PPO bedraagt de jaarlijkse CO₂-uitstoot van diesel bijgevolg 127.193,7 kg oftewel 127 ton⁴¹. De totale jaarlijkse uitstoot van PPO bedraagt 83.906,92 kg CO₂ of 84 ton CO₂ daar 1 ton PPO goed is voor een uitstoot van 1947,7 kg CO₂⁴².

Tabel 17: Berekening vermeden CO₂-uitstoot per vrachtwagen (120.000 km)

Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot diesel (ton)	127
Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot PPO (ton)	84
Jaarlijkse vermeden CO₂ uitstoot (ton)	43

Bron: Eigen opmaak

Op basis van deze berekening kunnen we stellen dat een vrachtwagen op PPO die 120.000 km per jaar rijdt, over een periode van acht jaar ongeveer 344 ton CO₂ minder uitstoot dan een vrachtwagen die op diesel rijdt⁴³. We kunnen deze reductie ook in monetaire termen uitdrukken met behulp van de prijs voor CO₂-emissierechten. Deze schommelt momenteel rond de € 18 maar men verwacht dat deze vanaf 2008 boven de

³⁸ 35 GJ/ton PPO = 0,031996 GJ/liter PPO want 1 ton PPO = 1093,88 liter PPO.
= 32,00 MJ/liter PPO

³⁹ 35 liter/100 km * 120000 km/100 = 42000 liter
42000 liter * 35,9 MJ/liter = 1.507.800 MJ

⁴⁰ $\frac{1507,80GJ}{35GJ / tonPPO} = 43,08tonPPO$

⁴¹ 43,08 ton PPO * 2952,5 kg CO₂/ton PPO = 127193,7 kg CO₂ of 127 ton

⁴² 43,08 ton PPO * 1947,70 kg CO₂/ton PPO = 83906,92 kg CO₂ of 84 ton

⁴³ 43ton/jaar * 8jaar = 344 ton

€ 20 zal liggen. (emissierechten.nl, 2007) We zullen in onze berekening van de sociale baat een prijs van € 20 veronderstellen.

De jaarlijks vermeden CO₂-uitstoot bedraagt dus 43 ton. De nominale baat bekomen we door deze reductie te vermenigvuldigen met de CO₂-prijs van € 20. Net als bij de private baten en kosten dienen we ook hier rekening te houden met de tijdswaarde van het geld. Deze nominale baat moet bijgevolg nog verdisconteerd worden om te komen tot de reële sociale baat. De sociale baat van de vermeden CO₂-uitstoot van één vrachtwagen bedraagt € 5531, zoals aangegeven in onderstaande tabel.

Tabel 18: Berekening reële sociale baat

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8
(ton)		43,29	43,29	43,29	43,29	43,29	43,29	43,29	43,29
nominaal		865,74	865,74	865,74	865,74	865,74	865,74	865,74	865,74
Vermeden CO ₂ baat reëel		865,74	809,1	756,17	706,7	660,47	617,26	576,88	539,14
Sociale baat reël	5.531								

Bron: Eigen opmaak

Het is moeilijk om de volledige sociale baat in monetaire termen uit te drukken. Bij de CO₂-uitstoot is dit mogelijk door de emissierechten die verhandeld kunnen worden. Er zijn echter ook sociale voordelen van bijvoorbeeld een verminderde roetuitstoot, doch deze zijn moeilijk te kwantificeren. De hoger berekende waarde voor de sociale baat is bijgevolg slechts een indicatie die enkel rekening houdt met de vermeden CO₂-uitstoot. Indien we de sociale baat vergelijken met de private baat die in paragraaf 3.1.6 berekend werd, dan stellen we vast dat de sociale baat veel kleiner is dan de private baat. Hierbij dienen we echter wel op te merken dat de berekening van de private baat sterk afhankelijk is van de gekozen parameterwaarden. In de berekening van de sociale baat daarentegen is er enkel onzekerheid omtrent de prijs van de CO₂-emissierechten. De overige parameters zijn afkomstig uit de natuurwetenschappelijke literatuur en vertonen weinig variabiliteit.

Hoofdstuk 4 Gevalstudies

4.1 *Group H. Essers*

4.1.1 Algemeen

Group H. Essers is een logistieke dienstverlener die voor meer dan 20.000 internationale klanten op maat gemaakte logistieke diensten aanbiedt. Zij verzorgen niet enkel het transport voor hun klanten, maar ook het opslaggebeuren en de volledige afhandeling van de goederen. Ze hebben zowel het transport als de opslag in eigen beheer, een vrij unieke combinatie zo blijkt. (Group H. Essers, nd.) Over het algemeen hebben de concurrenten namelijk ofwel geen vrachtwagens, ofwel geen eigen opslagruimte. Volgens Dhr. Lenaerts, fleetmanager van Group H. Essers, zijn ze voor de combinatie opslag-transport de nummer één in de Benelux.

De groei die het bedrijf de laatste jaren doormaakte, is dan ook voornamelijk te danken aan deze koppeling tussen transport en opslag. De omzet van Group H. Essers is de afgelopen vijf jaar verdriedubbeld en bedraagt momenteel ongeveer 250 miljoen euro. Ze zijn de grootste Belgische transporteur en ook op internationaal vlak zijn ze een belangrijke speler. De totale groep stelt in binnen- en buitenland 2300 mensen te werk, waarvan ongeveer de helft chauffeurs. Group H. Essers heeft vestigingen in 12 landen en kan daarnaast terugvallen op een uitgebreid correspondentennetwerk van 62 familiale bedrijven over heel Europa. Dit zijn stuk voor stuk sterke bedrijven die operationeel heel degelijk zijn en goed kunnen samenwerken. Communicatie gebeurt op een gestandaardiseerde manier zodat ze klanten over heel Europa dezelfde service kunnen bieden. (Radio Vlaanderen Internationaal, nd.)

Wat het transportgebeuren betreft, heeft Group H. Essers een jarenlange ervaring. Ze zijn reeds meer dan 70 jaar actief in het nationaal en internationaal transportgebeuren en kunnen in feite alle mogelijke transporten uitvoeren. Een combinatie van rechtstreekse leveringen en groupage verkeer⁴⁴ geeft hen de mogelijkheid om snel te leveren en tevens

⁴⁴ Groupage verkeer is het samenvoegen tot 1 lading van verschillende kleine ladingen voor verschillende klanten.

flexibel te kunnen reageren op last minute wijzigingen. Dhr. Lenaerts wist ons te vertellen dat ze jaarlijks meer dan 400.000 transportorders over heel Europa verzorgen. Om dit alles te kunnen verwezenlijken, beschikt Group H. Essers over 900 trekkers en 1950 trailers. Deze trekkers leggen gezamenlijk 119 miljoen kilometer af per jaar.

Zoals in hoofdstuk 1 reeds is aangehaald⁴⁵, is de transportsector in belangrijke mate verantwoordelijk voor de CO₂-uitstoot en voor de uitstoot van fijn stof. Sinds de jaren '90 heeft de Europese Unie verplichte grenswaarden gesteld waaraan de emissies van nieuw op de markt gebrachte vrachtwagens moeten voldoen. Momenteel is de euro IV motor reeds de norm en zijn ook de grenswaarden voor 2008 reeds vastgelegd in de euro V norm. Deze euronormen hebben vooral betrekking op de uitstoot van CO₂ en fijn stof. Volgens Dhr. Lenaerts voldoen de vrachtwagens van Group H. Essers momenteel aan de euro IV norm. Verder besteden zij aandacht aan de milieuproblematiek door opleidingen te voorzien voor de chauffeurs waarin hen geleerd wordt om zo zuinig mogelijk te rijden. Hiervoor hebben zij fulltime drie mensen in dienst. Er wordt niet op biodiesel gereden omdat dit niet toegestaan is met de huidige motoren. Door de hoge inspuitsdrukken is dit namelijk technisch niet mogelijk. Ook het ombouwen van de motoren wordt niet toegestaan door de leverancier, die dan bepaalde garanties intrekt. Niettegenstaande dit verbod, zullen we in deze gevalstudie trachten te bepalen welke de kosten en baten zijn voor Group H. Essers indien zij hun vrachtwagens zouden laten ombouwen om te rijden op PPO.

4.1.2 Gegevens

Volgens Dhr. Lenaerts rijden de 900 vrachtwagens die de groep momenteel bezit 119 miljoen kilometer per jaar. Iedere vrachtwagen rijdt bijgevolg jaarlijks gemiddeld 132.222 km. Het verbruik bedraagt 32,4 liter/100 km en ligt dus lager dan het veronderstelde verbruik uit de basisscenario's. Dit kan verklaard worden door de nauwkeurige opvolging van het verbruik en de opleidingen waarin de chauffeurs geleerd wordt om zo zuinig mogelijk te rijden. Group H. Essers koopt dagelijks diesel aan en krijgt door de grote afname een fikse korting van de leveranciers. Op 30 april 2007 kochten zij diesel aan voor de prijs van 0,7467 €/liter exclusief BTW. Deze prijs schommelt natuurlijk dagelijks, maar we zullen deze prijs gebruiken in de berekeningen.

⁴⁵ Zie paragraaf 1.2 op p. 6

De levensduur van de vrachtwagens hadden we in het basisscenario op acht jaar verondersteld. Deze veronderstelling geldt echter niet voor Group H. Essers daar zij een buy-back systeem hebben opgesteld met de leverancier. Dit houdt in dat ze bij aankoop van de trekker overeenkomen dat de leverancier na vier jaar de vrachtwagen terugkoopt tegen een vastgelegde prijs. Verder veronderstellen we in deze gevalstudie dat er een volledige accijnsvrijstelling geldt en dat het meerverbruik van PPO 4% bedraagt. De groeivoet van de dieselprijs leggen we vast op de referentiewaarde van 2,35%. We veronderstellen, net zoals in het basisscenario, dat de PPO-prijs slechts een groeivoet van 1,2% heeft. In tabel 19 worden de gegevens en veronderstellingen voor de gevalstudie weergegeven.

We zullen bij de berekening van de netto contante waarde in eerste instantie uitgaan van de twee basisscenario's a en b uit het theoretisch model met een respectievelijke PPO-prijs van 0,629 €/liter en 0,7075 €/liter. Voor een onderneming als Group H. Essers is de prijs een zeer belangrijke parameter. Daarom zullen we in deze gevalstudie ook de verhouding tussen de PPO-prijs en de dieselprijs berekenen om op die manier te kunnen inschatten bij welke verhouding 'PPO-prijs/dieselprijs' een omschakeling interessant is. In basisscenario a bedraagt deze verhouding 0,84 en in scenario b ligt deze hoger met een waarde van 0,95⁴⁶. In scenario a bedraagt de PPO-prijs bijgevolg 84% van de dieselprijs. In scenario b ligt de PPO-prijs hoger en bedraagt deze 95% van de dieselprijs. Deze verhoudingen liggen hoger dan deze uit het basisscenario door de lagere dieselprijs die Group H. Essers betaalt.

Tabel 19: Gegevens gevalstudie Group H. Essers

Gegevens gevalstudie Group H. Essers	a	b
Aantal km (km)	132.222	132.222
Verbruik (liter/100km)	32,4	32,4
Prijs excl BTW fossiele brandstof (€/liter)	0,7467	0,7467
Prijs excl taksen fossiele brandstof groeivoet (%)	2,35%	2,35%
Extra verbruik PPO (%)	4,0%	4,0%
Accijnsvrijstelling (%)	100%	100%
Discontovoet (%)	7,0%	7,0%
Prijs excl BTW PPO (€/liter)	0,629	0,7075
Prijs excl taksen PPO groeivoet (%)	1,2%	1,2%
Kost ombouw (€)	5500	5500
Extra olie verversen (€/jr)	300	300
Levensduur (jaar)	4	4

Bron: Eigen opmaak

⁴⁶ $\frac{0,629}{0,7467} = 0,84$ of 84% en $\frac{0,7075}{0,7467} = 0,95$ of 95%

4.1.3 Berekening NCW voor scenario a en b

Voor scenario a bekomen we in jaar 1 op basis van deze gegevens een brandstofkost voor fossiele brandstof van € 31.989. De totale brandstofkost voor PPO bedraagt, op basis van een prijs van 0,629 €/liter, in datzelfde jaar € 28.025. Indien we het verschil van deze twee kosten nemen, bekomen we een brandstofkostbaat van € 3964. Deze neemt toe in de daaropvolgende jaren daar de dieselprijs sneller stijgt dan de prijs van PPO. Om vervolgens tot de netto baat te komen, dienen we de kosten hiervan af te trekken. Terwijl de ombouwkost enkel in jaar 1 voorkomt, is de kost voor olieversing een jaarlijks terugkerende kost.

De jaarlijkse nominale netto baat die we op deze manier bekomen, dienen we vervolgens te disconteren naar jaar 1 om te komen tot de reële netto baat. We passen hierbij een discontovoet van 7% toe. In onderstaande tabel zijn de resultaten van deze berekening weergegeven. Zoals onderaan in de tabel staat weergegeven, bedraagt de netto contante waarde voor dit scenario € 9955. Bij een verhouding van 84% tussen de PPO-prijs en de dieselprijs genereert de omschakeling bijgevolg een positieve netto contante waarde. Indien alle 900 vrachtwagens omgebouwd zouden worden, dan zou de totale NCW € 8.962.200 bedragen.

Tabel 20: Berekening netto contante waarde scenario a

Jaar	0	1	2	3	4
Aant Km (cumulat)		132.222	264.444	396.666	528.888
Aantal liter diesel (lit)		42.840	42.840	42.840	42.840
Kost ombouw		5.500			
Extra olieversing		300	300	300	300
Brandstof kost fossiel		31.989	32.740	33.510	34.297
Brandstof kost PPO		28.025	28.361	28.702	29.046
Brandstofkost baat		3.964	4.379	4.808	5.251
Netto baat nominaal		-1.836	4.079	4.508	4.951
		3.664	4.079	4.508	4.951
Netto baat reël		-1.836	3.812	3.937	4.042
NCW 4 jr	9.955				

Bron: Eigen opmaak

De NCW voor de ombouw van één vrachtwagen is dus positief, maar is beduidend kleiner dan de theoretisch NCW van scenario a die we in hoofdstuk 3 berekend hadden⁴⁷. De belangrijkste oorzaak van de lagere NCW is de lage dieselprijs die Group H. Essers betaalt, waardoor de verhouding van hun PPO prijs en de dieselprijs 13% hoger ligt dan deze uit het basisscenario. Het gevolg hiervan is dat de brandstofkostbaat in deze gevalstudie ongeveer de helft kleiner is dan diezelfde baat uit het basisscenario. Een tweede aspect dat nadelig is voor de omschakeling naar PPO is de kortere levensduur van de vrachtwagens. De kost van de ombouw weegt hier zwaarder door in de NCW omdat men na het jaar van ombouw slechts drie jaar heeft om de totale netto baat op te trekken. Indien men een levensduur van acht jaar heeft dan kan men het jaar van ombouw, met een negatieve baat, gedurende zeven jaar compenseren met een positieve baat die almaar toeneemt door het toenemende verschil tussen diesel- en PPO-prijs. Maar ondanks deze negatieve aspecten is de NCW nog steeds positief en kan een ombouw dus overwogen worden.

Daar waar de netto contante waarde in scenario a nog licht positief is, is deze in scenario b negatief. Deze negatieve waarde wordt veroorzaakt door de hogere PPO prijs die slechts 5% lager ligt dan de prijs die Group H. Essers moet betalen voor de diesel. De brandstofkostbaat is bijgevolg onvoldoende om de ombouwkost te kunnen terugverdienen over de levensduur van 4 jaar. In tabel 21 is de berekening voor de NCW weergegeven. Met een waarde van € -2935 is deze licht negatief. Indien de PPO-prijs dus te dicht bij de dieselprijs ligt, dan is de omschakeling niet rendabel voor Group H. Essers. Daar waar bij een verhouding van 84% de ombouwkost wel terugverdiend kan worden over een levensduur van 4 jaar is dit niet mogelijk bij een verhouding van 95%.

⁴⁷ Zie paragraaf 3.1.6 op p. 39 : NCW = € 67.643

Tabel 21: Berekening netto contante waarde scenario b

Jaar	0	1	2	3	4
Aant Km (cumulat)		132.222	264.444	396.666	528.888
Aantal liter diesel (lit)		42.840	42.840	42.840	42.840
Kost ombouw		5.500			
Extra olieerversing		300	300	300	300
Brandstof kost fossiel		31.989	32.740	33.510	34.297
Brandstof kost PPO		31.522	31.900	32.283	32.670
Brandstofkost baat		467	840	1.227	1.627
Netto baat nominaal		-5.333	540	927	1.327
		167	540	927	1.327
Netto baat reël		-5.333	505	810	1.083
NCW 4 jr		-2.935			

Bron: Eigen opmaak

4.1.4 Simulatie

Enkel een positieve NCW zoals in scenario a is onvoldoende voor een bedrijf om tot omschakeling over te gaan. Deze berekeningen zijn namelijk gebaseerd op puntschattingen en houden geen rekening met onzekerheid omtrent de geschatte waarden. Een onderneming als Group H. Essers heeft een bepaald niveau van zekerheid nodig omtrent deze waarde vooraleer zij de omschakeling in overweging zullen nemen. Met behulp van een Monte-Carlosimulatie⁴⁸ kunnen we nagaan hoe zeker het is dat de NCW voor dit scenario positief is. Hiertoe hebben we een aantal belangrijke parameters laten variëren over een bepaald interval. In tabel 22 zijn de minimum-, de meest waarschijnlijke en de maximumwaarde voor deze parameters opgenomen.

⁴⁸ Monte-Carlo simulatie is een simulatietechniek waarbij door vele herhalingen, elke keer met andere startwaarden voor de determinerende variabelen, een verdelingsfunctie (voor de NCW) wordt verkregen. (Wikipedia, 2007)

Tabel 22: Parameters voor simulatie Group H. Essers

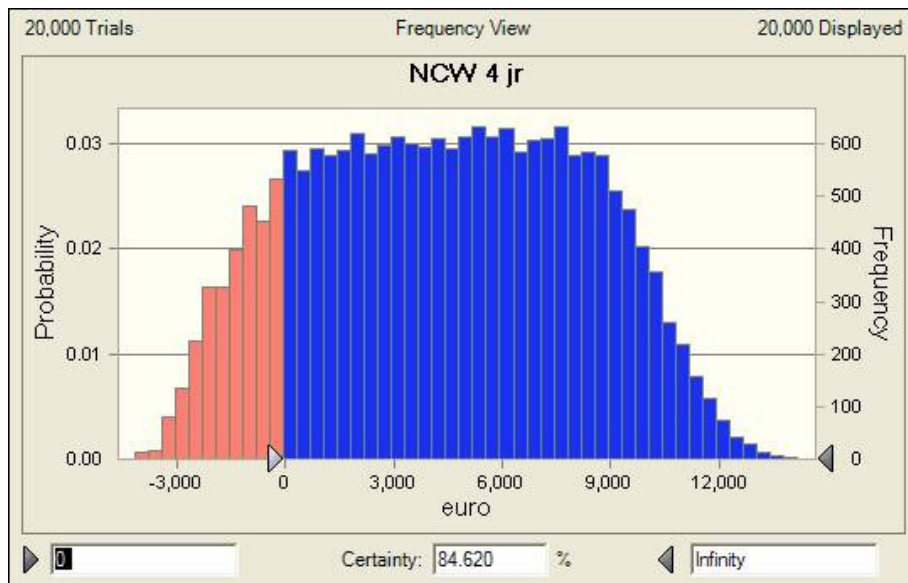
Parameters simulatie Group H. Essers	minimum	meest waarschijnlijk	maximum
Aantal km (km)	125.611	132.222	138.833
Verbruik (liter/100km)	30,78	32,4	34,02
Prijs diesel excl taksen groeivoet (%)	2,00%	2,35%	3,00%
Prijs PPO excl taksen groeivoet (%)	1,00%	1,18%	1,50%
Prijs diesel excl BTW (€/liter)	0,6720	0,7467	0,7467
Extra verbruik PPO (%)	0%	4%	5%
Prijs PPO excl BTW (€/liter)	0,6290	0,6604	0,7075
Verhouding prijs PPO/dieselprijs	84%	89%	95%

Bron: Eigen opmaak

Wat betreft het aantal verreden kilometers per jaar en het verbruik hadden we van Dhr. Lenaerts concrete waarden gekregen omdat deze waarden vrij stabiel zijn. We specificeren daarom slechts een klein interval met minimum- en maximumwaarden die telkens 5% afwijken van de opgegeven, meest waarschijnlijke waarde. De groeivoet van de fossiele brandstof laten we 0,5% afwijken van de meest waarschijnlijke waarde die we berekend hebben in hoofdstuk 3, 2,35%. Voor de groeivoet van PPO veronderstellen we dat de waarden telkens de helft bedragen van de waarden voor de fossiele groeivoet. De eigenlijke prijs van fossiele brandstof laten we enkel naar beneden toe afwijken met 10% omdat een stijging van de prijs al verwerkt zit in de groeivoet. De meest waarschijnlijke waarde voor het extra verbruik van PPO is deze uit het basisscenario. Het minimum is 0%, namelijk geen meerverbruik. We kennen aan deze parameters een driehoekskansverdeling toe waarbij de meest waarschijnlijke waarde de grootste kans op voorkomen heeft.

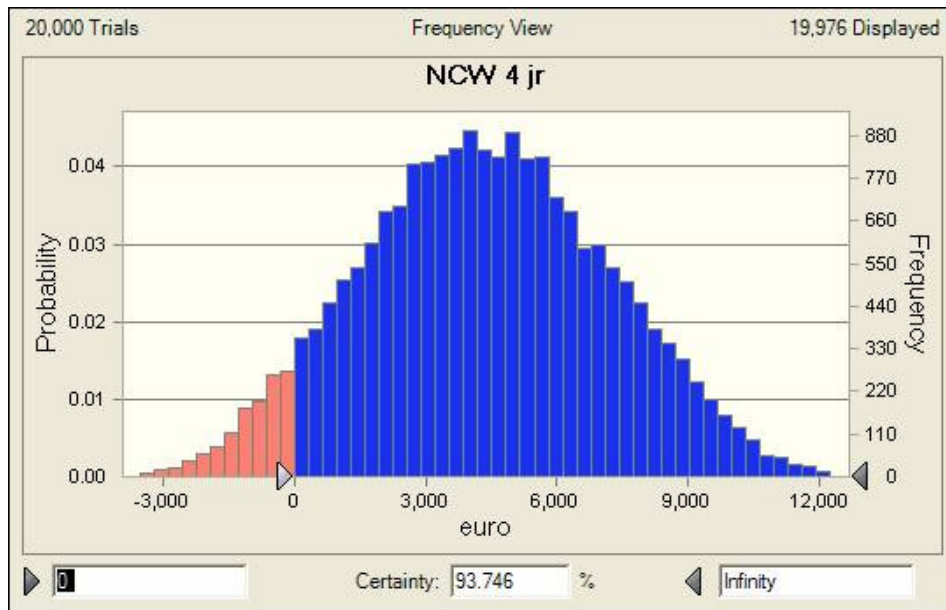
De PPO-prijs laten we variëren van minimum 0,629 €/liter, de prijs uit basisscenario a, tot maximum 0,7075 €/liter, de prijs uit scenario b. We veronderstellen in eerste instantie dat de tussenliggende waarden evenveel kans hebben om voor te komen. De PPO-prijs is bijgevolg uniform verdeeld met de prijzen uit scenario a en b als grenswaarden. De verhouding van de prijs van PPO ten opzichte van de dieselprijs werd bepaald door de verschillende waarden van de PPO-prijs te delen door de meest waarschijnlijke dieselprijs in deze gevalstudie, 0,7467€/liter. In deze gevalstudie zullen we gebruik maken van de verhouding van de prijzen in plaats van de PPO-prijs om de brandstofkost voor PPO te berekenen. Het resultaat is identiek aan de berekening met de PPO-prijs, maar deze berekeningswijze laat ons toe om de prijsverhouding als parameter te gebruiken. Het is namelijk deze verhouding die de onderneming vooral zal interesseren. Daar de PPO-prijs een uniforme verdeling heeft, neemt ook de verhouding deze verdeling aan. In bijlage 6 zijn de kansverdelingen van de verschillende parameters grafisch weergegeven.

Na simulatie blijkt dat onder de gemaakte veronderstellingen de kans op een positieve NCW 84,6% bedraagt, zoals kan afgelezen worden in figuur 15. We kunnen aan de PPO-prijs ook een driehoeksverdeling toekennen met dezelfde minimum- en maximumwaarde als bij de uniforme verdeling en als meest waarschijnlijke waarde 0,6604 €/liter, de minimumprijs volgens Dhr. Janssen. Zoals blijkt uit figuur 16 stijgt de kans op een positieve NCW dan tot 93,7%. Dit is een zeer hoog niveau van zekerheid, dat volgens Dhr. Lenaerts van Group H. Essers echter onvoldoende is voor de onderneming om de omschakeling door te voeren. Zij eisen namelijk 100% zekerheid omdat de marges in de logistieke sector zo klein zijn dat ze het niet kunnen riskeren om de kosten op te drijven. Slechts indien zij 100% zeker kunnen zijn dat de private kosten voor de onderneming niet zullen toenemen, zullen zij de omschakeling overwegen.



Figuur 15: Niveau van zekerheid omtrent de positieve NCW (1)

Bron: Eigen opmaak



Figuur 16: Niveau van zekerheid omtrent de positieve NCW (2)

Bron: Eigen opmaak

4.1.5 Sociale baat

Zoals in hoofdstuk 3 reeds werd aangehaald, heeft de omschakeling naar PPO ook sociale voordelen. Indien 900 vrachtwagens omschakelen naar PPO wordt er namelijk een aanzienlijke CO₂-uitstoot vermeden. We zullen ook in de gevalstudie vertrekken van de totale energie die verbruikt wordt per vrachtwagen om de CO₂-reductie te berekenen. Uit tabel 21 (op p. 61) kan worden afgelezen dat een vrachtwagen van Group H. Essers jaarlijks afgerond 42.840 liter diesel verbruikt, wat overeenkomt met een totaal energieverbruik van 1.537.953 MJ⁴⁹. Daar 1 ton PPO 35 GJ aan energie bevat, kunnen we stellen dat dit energieverbruik overeenkomt met 43,9 ton PPO⁵⁰.

De CO₂-uitstoot van fossiele diesel bedraagt 2952,5 kg/ton PPO wat een jaarlijkse CO₂-uitstoot van 130 ton oplevert⁵¹. Daartegenover staat de CO₂-uitstoot van de PPO-keten die 1947,7 kg/ton PPO bedraagt. Dit geeft een jaarlijkse uitstoot per vrachtwagen van 86 ton

⁴⁹ 42839,93 * 35,9 MJ = 1537953 MJ

⁵⁰ 1537953 MJ = 1537,953 GJ wat overeenkomt met $\frac{1537,953GJ}{35GJ / tonPPO} = 43,94tonPPO$

⁵¹ 2952,5kg CO₂/ton PPO * 43,9ton PPO = 129737kg of 130ton CO₂

CO₂ na de omschakeling naar PPO⁵². In onderstaande tabel zijn beide waarden weergegeven evenals de uitstoot die vermeden wordt door de omschakeling naar PPO.

Tabel 23: Berekening vermeden CO₂-uitstoot per vrachtwagen (132.222 km)

Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot diesel (ton)	130
Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot PPO (ton)	86
Jaarlijkse vermeden CO₂-uitstoot (ton)	44

Bron : Eigen Opmaak

Uit deze tabel blijkt dat de CO₂-uitstoot per vrachtwagen jaarlijks met 44 ton gereduceerd wordt. Als de 900 vrachtwagens van Group H. Essers allemaal zouden omschakelen naar PPO dan zou er jaarlijks 39.600 ton CO₂ minder uitgestoten worden. Dit levert echter geen rechtstreekse financiële voordelen op voor de onderneming. In de transportsector gebeurt er momenteel namelijk nog geen verhandeling van CO₂-emissierechten. Een verhoogde CO₂-uitstoot heeft dus geen negatieve financiële gevolgen, tenzij de motoren niet aan de euronormen voldoen. In het geval dat ze met verouderde motoren rijden, dienen ze namelijk meer wegentaks te betalen. Indien deze CO₂-emissierechten in de toekomst toch zouden worden ingevoerd in de transportsector dan zou deze daling van de CO₂-uitstoot wel financiële voordelen hebben. Verondersteld dat de emissierechten verhandeld worden tegen een prijs van € 20, zou dit een reële netto baat van € 3200 per vrachtwagen of een totale reële netto baat van € 2.880.000 voor 900 vrachtwagens opleveren⁵³. In onderstaande tabel is weergegeven hoe deze reële netto baat voor één vrachtwagen berekend werd.

Tabel 24: Berekening reële sociale baat

Jaar	0	1	2	3	4
Vermeden CO ₂ uitstoot (ton)		44,15	44,15	44,15	44,15
Vermeden CO ₂ baat nominaal		883,05	883,05	883,05	883,05
Vermeden CO ₂ baat reëel		883,05	825,28	771,29	720,83
Sociale baat reël 8 jr	3.200				

Bron: Eigen opmaak

⁵² 1947,7kg CO₂/ton PPO * 43,9ton PPO = 85504kg of 86ton CO₂

⁵³ € 3200 * 900 = € 2880000

4.1.6 Praktische aspecten

Naast het financiële en het sociale aspect zijn er ook enkele praktische aspecten die we in overweging moeten nemen. Zo is het koolzaadareaal in België vooralsnog vrij beperkt. In 2004 werd in België 5556 ha koolzaad verbouwd waarvan slechts 85 ha in Vlaanderen en 5470 ha in het Waalse gewest. Het koolzaadareaal is in Vlaanderen op één jaar tijd wel drastisch toegenomen tot 800 ha in 2005 (VILT, 2005). Govaerts et al. (2006) verwachten dat in 2010 het theoretisch potentieel aan koolzaad 85.425 ha zal omvatten. Dit wordt echter beperkt door technische mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld teeltrotatie, bodemtypes en beschikbare infrastructuur. Bovendien spelen er ook sociale factoren mee zoals de publieke perceptie en acceptatie van energiegewassen zoals koolzaad. Op die manier komen we tot een verwacht sociaal aanvaardbaar potentieel in Vlaanderen van 31.300 ha koolzaad in 2010 en 42.700 ha koolzaad in 2015. Indien we dit potentieel vergelijken met de benodigde PPO voor de 900 vrachtwagens van Group H. Essers, dan bemerken we dat bijna het volledige potentieel in 2010 nodig zou zijn om deze vrachtwagens op PPO te laten rijden. Eén vrachtwagen zou namelijk jaarlijks ongeveer 44.554 liter PPO verbruiken⁵⁴. Gerekend met een gemiddelde opbrengst van 1285,5 liter PPO/hectare⁵⁵, komt dit voor 900 vrachtwagens overeen met een benodigde oppervlakte van 31.193 hectare koolzaad⁵⁶.

Uit bovenstaande berekening blijkt duidelijk dat het koolzaadareaal ontoereikend is om bijvoorbeeld alle transportbedrijven op PPO te laten rijden. Een mogelijke oplossing voor de transportbedrijven bestaat erin om vrachtwagens die via Duitsland rijden daar te laten tanken. In Duitsland kan men namelijk reeds accijnsvrije PPO tanken. De invoer van PPO is een andere mogelijkheid om het tekort aan koolzaadolie op te vangen. Nadeel hiervan is echter dat ingevoerde PPO momenteel niet is vrijgesteld van accijnzen. Op die manier wordt de koolzaadolie duurder, waardoor de omschakeling minder aantrekkelijk wordt. Hier lijkt dan ook een belangrijke rol voor de overheid weggelegd. Zij kunnen in eerste instantie de teelt van koolzaad financieel aantrekkelijker maken voor de landbouwer en in tweede instantie het rijden op koolzaadolie verder fiscaal stimuleren.

⁵⁴ $132222 * \frac{32,4}{100} * 1,04 = 44554$

⁵⁵ $\frac{1485+1086}{2} = 1285,5$ (Lamont et al., 2005 ; Bugge, 2000)

⁵⁶ $\frac{900 * 44554}{1285,5} = 31193$

Zoals reeds in hoofdstuk 2 werd aangehaald⁵⁷, is het tanken van accijnsvrije PPO momenteel niet zo eenvoudig. Het zijn enkel landbouwers en samenwerkingsverbanden van landbouwers die volgens de wet accijnsvrije plantenolie als autobrandstof mogen verkopen. Ook dient het volume beperkt te blijven tot de eigen oogst en mogen er geen tussenpersonen aan te pas komen. Een coöperatie van landbouwers mag wel plantenolie aan eindverbruikers verkopen, maar dat geldt dus niet voor handelaars of loonwerkers. Bovendien moet de landbouwer zich laten erkennen als entrepouhouder door de administratie der douane en accijnzen. Dit brengt een aantal verplichtingen met zich mee. Zo moet de olieverkopende boer ondermeer een boekhouding bijhouden, een plaatsbeschrijving van installatie en gebouw overmaken en controles toelaten. De gebruiker van de PPO moet een aankoopfactuur kunnen voorleggen ofwel kunnen bewijzen dat hijzelf producent is van de plantenolie. Al deze administratieve rompslomp is niet bepaald motiverend voor de landbouwer en voor de gebruiker. (Ghent Bio-Energy Valley, 2006)

4.1.7 Besluit

De omschakeling naar PPO is dus voor Group H. Essers op dit moment nog niet mogelijk. Een eerste belangrijke reden is het verbod van hun motorconstructeur MAN om de motoren om te bouwen. Indien de constructeurs de transportbedrijven niet ondersteunen in hun keuze voor deze biobrandstof, zullen zij de omschakeling niet doorvoeren daar dit dan teveel risico's met zich meebrengt door het wegvallen van garanties. De onzekerheid omtrent de positieve netto baat van het project is voor Group H. Essers een tweede negatief aspect. Zij zijn namelijk een private onderneming die tenslotte winst moet maken. De overheid zou de omschakeling naar PPO voor transportbedrijven aantrekkelijker kunnen maken door fiscale voordelen of subsidies toe te kennen. Ook bij het uitbreiden van het koolzaadareaal is een belangrijke rol weggelegd voor de overheid, die de teelt van koolzaad beter zou moeten promoten bij de landbouwers.

⁵⁷ Zie paragraaf 2.3.3 p. 29

4.2. De Lijn

4.2.1 Algemeen

De Lijn is een autonoom overheidsbedrijf dat verantwoordelijk is voor het openbaar vervoer in Vlaanderen. Het is in feite een privébedrijf dat nauwe banden heeft met de Vlaamse overheid. Sinds de oprichting in 1991 is het bedrijf sterk gegroeid en momenteel is het openbaar vervoer populairder dan ooit. Daar waar De Lijn in de jaren '90 220 miljoen klanten had, is dit aantal in 2005 meer dan verdubbeld tot 450 miljoen klanten. Het merendeel hiervan zijn abonnees, de trouwe reizigers. Bovendien blijft het aantal abonnees stijgen en verwacht men dat in de komende jaren de kaap van het half miljard bereikt zal worden. (Jaarverslag De Lijn, 2005)

De Lijn is voortdurend op zoek naar nieuwe technologieën om haar voertuigenpark milieuvriendelijker te maken. Volgens een rapport van het Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO) rijden de milieuvriendelijkste dieselmotoren op het Europese Vasteland in Gent. Dankzij de combinatie van een roetfilter en ureum-injectie stoten deze bussen veel minder schadelijke stoffen uit. In 2005 reden in Gent twee proefbussen rond om de haalbaarheid van de nieuwe technologie te onderzoeken. Naar de toekomst toe wil Vlaams minister van Mobiliteit Kathleen Van Brempt 106 bussen met ureum-injectie. De injectie van ureum in de uitlaatgassen vermindert de uitstoot van NO_x met 85%. De roetfilter vermindert daarenboven de uitstoot van fijn stof, koolstofmonoxide en onverbrande koolwaterstoffen met 90%. De gassen die na injectie van het ureum de uitlaat verlaten, bestaan naast CO₂ uit onschadelijke stikstof en waterdamp. Met dit systeem loopt De Lijn voor op de nieuwe Europese normen. De bussen voldoen nu namelijk al aan de Euro V norm die pas van kracht wordt in 2009. (De Lijn, 2005)

Naast de proefprojecten met ureuminjectie en roetfilters voert De Lijn ook experimenten uit met bussen op pure plantenolie. Dhr. Duchateau van De Lijn Limburg wist ons te vertellen dat een eerste bus in de loop van 2005 werd omgebouwd naar een Elsbett systeem in Nürnberg, Duitsland. Deze bus heeft gedurende één jaar zonder veel noemenswaardige problemen rondgereden. Het enige nadeel was dat de bus niet zo goed optrok door de lagere energie-inhoud van PPO in vergelijking met diesel. Op basis van dit experiment werd beslist om in Limburg nog 22 bussen om te bouwen. De ombouw werd dit keer echter niet in Duitsland, maar in de eigen garages van De Lijn uitgevoerd. De

ombouw verliep aanvankelijk vlot maar stootte nadien op technische moeilijkheden. In afwachting van de aankoop van een opslagtank voor PPO reden de omgebouwde bussen voorlopig op diesel. Vier van de tien reeds omgebouwde motoren sloegen hierbij echter op hol. Dit is een zeer gevaarlijke toestand daar de bus een eigen leven gaat leiden en onbestuurbaar wordt. Daarop werd beslist om de ombouw voorlopig op te schorten.

Volgens Dhr. Duchateau zijn er twee mogelijke oorzaken voor het op hol slaan van de motoren. Een eerste mogelijkheid bestaat erin dat het oliepeil zo hoog komt dat de krukas in de olie begint te slaan waardoor er zodanig veel verdunde olie op de zuigerwanden en tenslotte in de verbrandingsruimte terecht komt dat de motor op hol slaat. Het is ook mogelijk dat de olie door het bijmengen van de brandstof in het carter zo dun wordt dat er teveel olie via de turbo in het inlaatkanaal terecht komt. Als de motor die opgehoopte olie aanzuigt, slaat hij op hol. Het bijmengen van de brandstof bij de olie is het gevolg van een combinatie van een zwakke dichting, hoge temperatuur en hoge druk, waardoor de dichting brandstof doorlaat. Beide factoren kunnen ook gezamenlijk het op hol slaan veroorzaakt hebben.

Recent is de ombouw van de motoren terug opgestart. De technische problemen zijn van de baan en men verwacht dat er in het najaar van 2007 22 bussen op pure plantenzieolie zullen rijden. Ook het aankoopdossier van de PPO-opslagtank van 35.000 liter is intussen rond en de bestelling zal binnenkort geplaatst worden (VILT, 2007). Naast deze bussen die volledig op pure plantenzieolie zullen rijden, rijden al de overige bussen van De Lijn sinds eind 2005 op een mengsel van diesel en 2 tot 5% PPO.

4.2.2 Gegevens

We zullen op basis van de gegevens van Dhr. Duchateau berekenen of het vanuit financieel oogpunt batig is voor De Lijn om om te schakelen naar PPO. Volgens Dhr. Duchateau rijden de bussen van De Lijn jaarlijks gemiddeld 60.000 km. Zij hebben een gemiddeld verbruik van 36 liter/100 km wat hoger ligt dan de standaard die ongeveer 30 tot 35 liter/100 km bedraagt. Reden hiervoor is het veelvuldig stoppen en optrekken van de bussen aan de haltes. Zij rijden over het algemeen kortere stukken dan bijvoorbeeld een vrachtwagen die meestal op autosnelwegen rijdt. De levensduur van een bus ligt heel wat hoger dan in de basisscenario's en zeker dan deze van de vrachtwagens bij Group H. Essers. In theorie wordt namelijk 14 à 16 jaar gereden met een bus. We zullen in deze gevalstudie een levensduur van 15 jaar veronderstellen.

De Lijn is vrijgesteld van accijnzen voor zowel diesel als pure plantenolie hoewel ze deze laatste niet aankopen bij een erkende landbouwer maar invoeren vanuit Duitsland. Ze kopen PPO voorlopig nog niet aan bij een Belgische landbouwer omdat ze zeker willen zijn van de kwaliteit van de brandstof. Op 15 februari 2007 kochten zij diesel aan tegen een prijs van 0,6646 €/liter en PPO tegen een iets hogere prijs van 0,686 €/liter. Verder ligt volgens Dhr. Duchateau het verbruik van PPO 5% hoger en stijgen de kosten van onderhoud doordat men de oliefilters vaker moet vervangen. We zullen de kost van € 300 voor het extra olie verversen dus behouden. Deze gegevens zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 25: Gegevens basisscenario De Lijn

Gegevens basisscenario De Lijn	
Aantal km/jaar (km)	60.000
Verbruik (liter/100km)	36
Prijs excl BTW fossiele brandstof (€/liter)	0,6646
Prijs excl taksen fossiele brandstof groeivoet (%)	2,35%
Extra verbruik PPO (%)	5,0%
Accijnsvrijstelling (%)	100%
Discontovoet (%)	7,0%
Prijs excl BTW PPO (€/liter)	0,686
Prijs excl taksen PPO groeivoet (%)	1,2%
Kost ombouw (€)	2300
Extra olie verversen (€/jr)	300
Levensduur (jaar)	15

Bron: Eigen opmaak

4.2.3 Berekening NCW

Indien we deze gegevens invoeren in het model dan bekomen we een negatieve brandstofkostbaat voor de eerste zeven jaren van de levensduur van de bus. De daaropvolgende jaren is deze brandstofkostbaat positief door de snellere prijsstijging van de dieselprijs in vergelijking met de PPO-prijs. Ook de langere levensduur speelt in het voordeel van de omschakeling naar PPO. Verder werd in de sensitiviteitsanalyse reeds vermeld dat de NCW kleiner is al naargelang het verreden aantal kilometers indien de prijs van PPO groter is dan de dieselprijs, wat hier het geval is. Het feit dat de bussen jaarlijks slechts 60.000km rijden, is dus voordelig voor de omschakeling. De kost van de ombouw weegt bij De Lijn minder door dan in de basisscenario's doordat ze de ombouw zelf uitvoeren. Naast de materiaalkosten van € 2030 dient men enkel nog de loonkosten te tellen. Gemiddeld werkt men 6 mandagen aan een ombouw wat een gemiddelde loonkost

van € 250 oplevert. Op die manier ligt de kost van ombouw de helft lager bij De Lijn dan bij bijvoorbeeld Group H. Essers, wat een positieve invloed heeft op de netto baat. Deze positieve effecten zijn echter onvoldoende om een positieve NCW te bekomen. De NCW voor deze gevalstudie bedraagt namelijk € -6899. De berekening van de NCW is analoog aan het basisscenario en is opgenomen in bijlage 7.

Momenteel koopt De Lijn de nodige plantenolie aan in Duitsland. Indien zij deze echter zouden aankopen bij een erkende Belgische landbouwer dan is het mogelijk, volgens scenario a, om een lagere prijs te bekomen. In scenario a bedraagt de prijs namelijk slechts 0,629 €/liter, ongeveer € 0,05 lager dan de invoerprijs. Indien we de NCW berekenen tegen deze PPO-prijs dan blijkt de NCW positief te zijn met een waarde van € 6592. Reden voor deze positieve waarde is de lagere PPO-prijs die beneden de dieselprijs ligt. Deze berekening is ook opgenomen in bijlage 7.

Volgens VILT (2005) was het oorspronkelijk de bedoeling van Vlaams minister van Mobiliteit Kathleen Van Brempt om de koolzaadolie effectief bij de Vlaamse boeren aan te kopen. Zij moedigde de koolzaadboeren dan ook aan om meer koolzaad te telen omdat De Lijn de garantie biedt om een grote afnemer te worden. Het koolzaadareaal is intussen al fiks uitgebreid, dus wordt het in de toekomst misschien mogelijk om dergelijke hoeveelheden PPO in Vlaanderen aan te kopen. Om één bus een jaar lang op PPO te laten rijden is er ongeveer 18 hectare koolzaad nodig. Een bus op PPO verbruikt immers jaarlijks 22.680 liter PPO wat, bij een gemiddelde opbrengst van 1285,5 liter PPO/hectare, overeenkomt met 17,6 hectare koolzaad. Met het huidige areaal van 800 hectare in Vlaanderen zouden 45 bussen jaarlijks op PPO kunnen rondrijden. Zoals reeds eerder aangehaald bij de gevalstudie van Group H. Essers, is het dus zeer belangrijk dat de landbouwers gestimuleerd worden om meer koolzaad te telen.

4.2.4 Sociale baat

Wat betreft de sociale baten kunnen we op basis van de emissie die we in hoofdstuk 3 berekend hebben, afleiden hoeveel CO₂-uitstoot er vermeden wordt door de omschakeling naar PPO. De berekening is analoog aan de berekening van de vermeden CO₂-uitstoot in hoofdstuk 3 en is dus gebaseerd op het totale energieverbruik. Dit bedraagt bij De Lijn jaarlijks 775.440 MJ per bus⁵⁸, wat overeenkomt met de energiewaarde van 22,16 ton

⁵⁸ 21600liter/jaar *35,9MJ/liter = 775.440 MJ

PPO⁵⁹. In hoofdstuk 3 werd berekend dat de CO₂-uitstoot van diesel en PPO respectievelijk 2952,5 kg/ton PPO en 1947,7 kg/ton PPO bedraagt⁶⁰. Op basis van deze gegevens kunnen we bepalen hoeveel CO₂ er jaarlijks vermeden wordt door een bus te laten omschakelen van diesel naar PPO. In onderstaande tabel is zowel de jaarlijkse CO₂-uitstoot van diesel en PPO opgenomen, als de vermeden CO₂-uitstoot door omschakeling naar PPO⁶¹.

Tabel 26: Berekening vermeden CO₂-uitstoot per bus (60.000 km)

Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot diesel (ton)	65
Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot PPO (ton)	43
Jaarlijkse vermeden CO₂ uitstoot (ton)	22

Bron: Eigen opmaak

De totale reductie van de CO₂-uitstoot zou voor de 22 Limburgse bussen oplopen tot jaarlijks 484 ton. De totale reductie die gerealiseerd zou worden door alle andere bussen van De Lijn op een mengsel van diesel en plantenziep te laten rijden, zou volgens VILT (2005) jaarlijks 5000 ton bedragen. Indien alle 2000 bussen op PPO zouden gaan rijden, dan zou de CO₂-uitstoot volgens onze berekening met 44.000 ton⁶² gereduceerd worden. Deze waarde ligt beduidend hoger dan de waarde die we terugvinden bij VILT (2005), maar ze geldt dan ook enkel indien alle bussen volledig op pure plantenziep zouden rijden.

We kunnen deze sociale baat uitdrukken in monetaire termen met behulp van de prijs van de emissierechten, die € 20 bedraagt. De jaarlijks vermeden CO₂-uitstoot per bus bedraagt 22 ton, wat een jaarlijkse netto baat van € 440 oplevert. Indien we deze verdisconteren dan bekomen we een totale reële netto baat van € 4339 per bus. Voor alle 22 omgebouwde bussen zou de totale reële netto baat € 95.458 bedragen. We merken hierbij op dat voor de PPO-prijs die De Lijn momenteel betaalt, de sociale baat niet groot genoeg is om de negatieve NCW positief te maken. In bijlage 8 is de berekening van de sociale netto baat opgenomen.

We kunnen besluiten dat de omschakeling naar PPO bij De Lijn duidelijk gestimuleerd wordt door de overheid. Bij de PPO-prijs die De Lijn momenteel betaalt, is de netto

⁵⁹ $775440 \text{ MJ} = 775,44 \text{ GJ}$ wat overeenkomt met $\frac{775,44 \text{ GJ}}{35 \text{ GJ / tonPPO}} = 22,16 \text{ tonPPO}$

⁶⁰ Zie paragraaf 3.2.2 op p. 53

⁶¹ $\frac{2952,5 \text{ kg / tonPPO} * 22,16 \text{ tonPPO}}{1000} = 65 \text{ ton}$ en $\frac{1947,7 \text{ kg / tonPPO} * 22,16 \text{ tonPPO}}{1000} = 43 \text{ ton}$

⁶² $2000 \text{ bussen} * 22 \text{ ton/bus} = 44.000 \text{ ton}$

contante waarde van de omschakeling immers negatief. Het is onder impuls van de overheid, die het gebruik van PPO wil promoten, dat De Lijn dit project uitvoert. Financiële voordelen zijn er momenteel immers niet aan verbonden.

4.3 Veralgemening

Op basis van gegevens uit beide gevalstudies en gegevens uit de literatuur zullen we nu trachten een algemener beeld te schetsen. Deze gegevens toetsen we aan de visie van deskundigen en op die manier kunnen we voor de belangrijkste variabelen een interval of 'range' specificeren. Zo willen we komen tot één algemeen model waarvan we vervolgens met behulp van een Monte-Carlosimulatie het niveau van zekerheid van een positieve netto contante waarde bepalen.

Uit beide gevalstudies is gebleken dat er een aantal belangrijke verschillen zijn tussen een transportbedrijf als Group H. Essers of één zoals De Lijn. Ze voeren beide transporten uit, zij het op een totaal verschillende manier. Een eerste verschil wat meteen opvalt, is de levensduur van de voertuigen. Bij Group H. Essers heeft men een overeenkomst met de leverancier om de vrachtwagens na 4 jaar terug over te kopen. Bij De Lijn daarentegen is de gemiddelde levensduur van een bus 15 jaar. Dit heeft een impact op de netto contante waarde van de omschakeling doordat men bij een langere levensduur meer tijd heeft om de kost van ombouw terug te verdienen. We zullen in het algemeen model echter een levensduur van 8 jaar veronderstellen als meest waarschijnlijke waarde omdat we ervan uitgaan dat zowel De Lijn als Group H. Essers extremen zijn. Volgens Dhr. Hellings van Transpo Hellings, een gemiddeld transportbedrijf qua grootte, is de gemiddelde levensduur van een vrachtwagen namelijk 8 à 9 jaar. We stellen verder dat 4 jaar het minimum en 15 jaar het maximum is.

Het aantal kilometer dat een voertuig jaarlijks aflegt, ligt bij De Lijn beduidend lager dan bij Group H. Essers. Daar waar de bussen van De Lijn jaarlijks ongeveer 60.000 km rijden, ligt dit bij Group H. Essers beduidend hoger met een gemiddelde van 132.222 km. We veronderstellen in het algemeen model dat het aantal gereden kilometers kan variëren van 60.000 km tot 140.000 km. De meest waarschijnlijke waarde stellen we op 120.000 km.

Wat betreft het verbruik is het verschil minder groot. Group H. Essers volgt het verbruik minutieus op en heeft zo een zeer laag verbruik met 32,4 liter/100 km. De Lijn heeft een

hoger verbruik, dat voornamelijk veroorzaakt wordt door de aard van het vervoer. De bussen moeten kortere stukken afleggen, vaak in het stadscentrum, en moeten daardoor frequenter stoppen en optrekken. De vrachtwagens rijden veel meer op de autosnelweg en kunnen zo gemakkelijker het verbruik minimaliseren. Het verbruik van De Lijn ligt dus hoger met een waarde van 36 liter/100 km. We veronderstellen dat deze waardes uit de gevalstudies de extremen zijn en dat een gemiddeld verbruik van 34 liter/100 km het meest waarschijnlijk is.

Het meerverbruik van een motor op pure plantenolie bedraagt volgens Dhr. Duchateau van De Lijn 5%. Het theoretisch verbruik van een motor op plantenolie ligt in principe 4% hoger dan het verbruik van een dieselmotor. (Hanzehogeschool, nd.) Volgens Dhr. Janssen is in de praktijk daarentegen geen meerverbruik merkbaar. Het is echter mogelijk dat dit gewoon niet waargenomen wordt omdat het om een dergelijk klein percentage gaat. Daarom zullen we in ons algemeen model veronderstellen dat de meest waarschijnlijke waarde van het extra verbruik 4% bedraagt. Als minimum zullen we 0% veronderstellen en het maximum leggen we op 5%.

Bij de simulatie van de NCW bij Group H. Essers werd een 'range' van de PPO-prijs vooropgesteld die we ook in de veralgemening zullen toepassen. De prijs die De Lijn betaalt voor de ingevoerde PPO, 0,686 €/liter, ligt namelijk in dit interval. De PPO-prijs laten we dus variëren van minimum 0,629 €/liter, de prijs uit basisscenario a, tot maximum 0,7075 €/liter, de prijs uit scenario b. Als meest waarschijnlijke waarde nemen we 0,6604 €/liter, de minimumprijs exclusief BTW volgens Dhr. Janssen⁶³. De verhouding van de prijs van PPO ten opzichte van de dieselprijs werd bepaald door de verschillende waarden van de PPO-prijs te delen door de meest waarschijnlijke dieselprijs, 0,7467 €/liter. Deze varieert dan van 87% tot 98% met als meest waarschijnlijke waarde 92%. Deze verhoudingen liggen vrij hoog wat impliceert dat de netto contante waarde lager zal liggen dan in het basisscenario of in de gevalstudie van Group H. Essers.

Voor de dieselprijs is het ook de prijs exclusief BTW die van belang is. De Lijn kocht op 15 februari 2007 diesel aan tegen een prijs van 0,686 €/liter. Deze prijs ligt vrij laag doordat De Lijn is vrijgesteld van taksen. Group H. Essers kocht op 30 april 2007 diesel aan tegen een prijs van 0,7467 €/liter. De maximumprijs exclusief BTW stond op dat moment op 0,880 €/liter. Group H. Essers kreeg bijgevolg een korting van 15% van zijn leverancier⁶⁴.

⁶³ Zie paragraaf 3.1.2 op p. 36

⁶⁴ $\frac{0,880 - 0,7467}{0,880} = 0,15$

In het algemeen model stellen we de minimumwaarde gelijk aan de dieselprijs van De Lijn. We vermoeden dat transportbedrijven bij de huidige dieselprijzen geen lagere prijs kunnen bekomen. Group H. Essers is namelijk de grootste Belgische transporteur en krijgt bijgevolg de beste dieselprijs, die duidelijk hoger ligt dan de prijs van De Lijn. Als maximumprijs zullen we een prijs veronderstellen die 15% hoger ligt dan deze van Group H. Essers op 0,851 €/liter. Als meest waarschijnlijke waarde nemen we het gemiddelde van de maximum dieselprijs exclusief BTW van de afgelopen zeven jaar. Deze waarden zijn opgenomen in onderstaande tabel. Het gemiddelde bedraagt 0,7209 €/liter.

Tabel 27: Maximumprijs diesel 2000-2007

Jaar	Maximumprijs excl. BTW
2000	0,6701
2001	0,6455
2002	0,6227
2003	0,6330
2004	0,7230
2005	0,8600
2006	0,8918
<i>gemiddelde</i>	<i>0,7209</i>

Bron : Belgische petroleumfederatie (2006)

De groeivoet van de dieselprijs exclusief taksen werd in hoofdstuk 3⁶⁵ op basis van de gemiddelde maximumprijzen van diesel sinds 1988 geschat op 2,35%. We zullen deze in de simulatie laten variëren van 2% tot 3% met 2,35% als meest waarschijnlijke waarde. Net zoals in de gevalstudie van Group H. Essers is de groeivoet van PPO de helft kleiner als deze van diesel. Al deze gegevens met hun grenswaarden vormen de basis van het algemeen model. In tabel 28 zijn de waarden voor de verschillende parameters opgenomen.

⁶⁵ Zie paragraaf 3.1.7 op p. 43

Tabel 28: Parameters simulatie algemeen model

Parameters simulatie	minimum	meest waarschijnlijk	maximum
Aantal km (km)	60.000	120.000	140.000
Verbruik (liter/100km)	32,4	34	36
Prijs PPO excl BTW (€/liter)	0,6290	0,6640	0,7075
Levensduur (jaar)	4	8	15
Extra verbruik PPO (%)	0%	4%	5%
Prijs excl BTW diesel (€/liter)	0,686	0,7209	0,851
Prijs fossiel excl taksen groeivoet (%)	2,00%	2,35%	3,00%
Prijs PPO excl taksen groeivoet (%)	1,00%	1,18%	1,50%
Verhouding prijs PPO/dieselprijs	87%	92%	98%

Bron: eigen opmaak

We zullen op basis van de meest waarschijnlijke waardes de netto contante waarde berekenen. Voor de parameters die we niet laten variëren, met name de accijnsvrijstelling en de discontovoet, nemen we de waarden uit de basisscenario's die respectievelijk 100% en 7% bedragen.

Voor jaar 1 wordt een brandstofkost voor PPO berekend van € 28.176. De dieselmotorkost bedraagt € 29.413, wat een brandstofkostbaat van € 1237 oplevert in jaar 1. Indien we deze baat verminderen met de ombouwkost en de kost voor extra olie verversen dan bekomen we een negatieve netto baat voor jaar 1 van € -4563. Deze baat neemt echter toe in de daaropvolgende jaren door de hogere groeivoet van de dieselprijs in vergelijking met de groeivoet van de PPO-prijs. Bovendien is de ombouwkost een eenmalige kost en dient in de overige jaren enkel de kost van extra olie verversen in rekening gebracht te worden. De netto baat die we zo voor elk jaar bekomen, dient vervolgens verdisconteerd te worden naar jaar 1. De som van de netto baat over de levensduur van het voertuig is de netto contante waarde. In onderstaande tabel is de berekening van de NCW voor een levensduur van 8 jaar weergegeven. Uit deze berekening volgt dat op basis van de meest waarschijnlijke waardes van het algemeen model de berekende NCW positief is en € 8065 bedraagt.

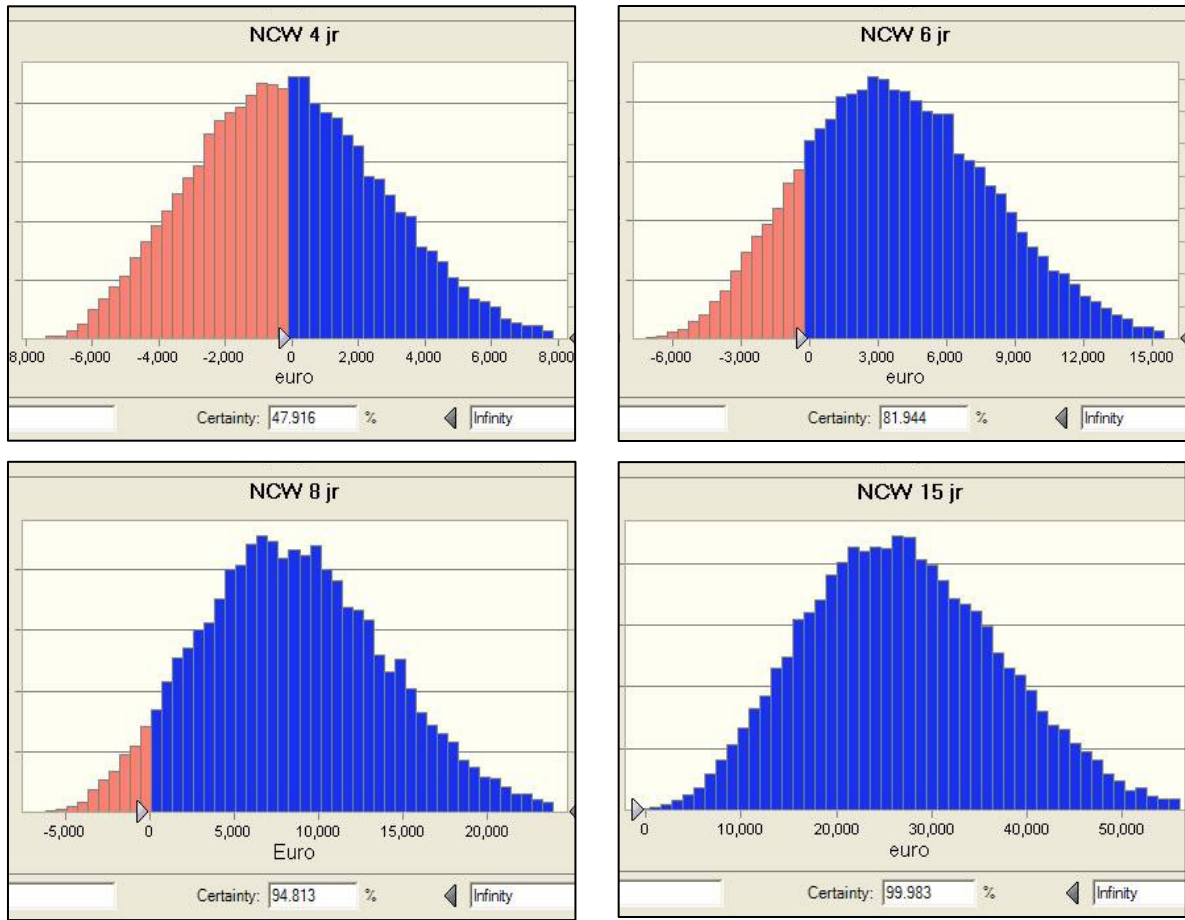
Tabel 29: Berekening NCW algemeen model voor levensduur van 8 jaar

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Aant Km (cumulat)		120.000	240.000	360.000	480.000	600.000	720.000	840.000	960.000
Aantal liter diesel (lit)		40.800	40.800	40.800	40.800	40.800	40.800	40.800	40.800
Kost ombouw		5.500							
Extra olieerversing		300	300	300	300	300	300	300	300
Brandstof kost fossiel		29.413	30.104	30.811	31.535	32.277	33.035	33.811	34.606
Brandstof kost PPO		28.176	28.514	28.856	29.202	29.553	29.907	30.266	30.629
Brandstofkost baat		1.237	1.590	1.955	2.333	2.724	3.128	3.545	3.976
Netto baat nominaal		-4.563	1.290	1.655	2.033	2.424	2.828	3.245	3.676
		937	1.290	1.655	2.033	2.424	2.828	3.245	3.676
Netto baat reël		-4.563	1.206	1.446	1.660	1.849	2.016	2.162	2.290
NCW 8 jr		8.065							

Bron: eigen opmaak

In bijlage 9 is deze berekening ook opgenomen voor de levensduur van 4 jaar, 6 jaar en 15 jaar. Hieruit kunnen we afleiden dat de ombouwkost over een periode van 4 jaar net niet terugverdiend kan worden. De NCW bedraagt in dit geval € -249. Een levensduur van 6 jaar is wel reeds voldoende om een positieve NCW te bekomen, die dan € 3613 bedraagt. Bij een levensduur van 15 jaar is de NCW drie keer zo groot als over een periode van 8 jaar met een waarde van € 26.354. Deze waardes zijn echter onzeker daar ze gebaseerd zijn op puntschattingen.

We zullen vervolgens met behulp van Monte-Carlosimulatie de kans op een positieve netto contante waarde bepalen voor 4 scenario's, die enkel verschillen wat betreft de levensduur van het voertuig. Hiertoe laten we de parameters uit tabel 28 voor de 4 scenario's variëren over het vooropgestelde bereik. In figuur 17 zijn de resultaten weergegeven. We kunnen aflezen dat bij een levensduur van 4 jaar de kans op een positieve NCW slechts 47,9% bedraagt. Dit impliceert dat de kans op een negatieve NCW zelfs iets groter is dan de kans op een positief resultaat. Voor een levensduur van 6 en 8 jaar bedraagt het niveau van zekerheid respectievelijk 81,9% en 94,8%. Bij een levensduur van 15 jaar is de zekerheid omtrent een positief resultaat quasi 100%. Deze resultaten zijn behoorlijk positief. Bij de meest waarschijnlijke levensduur van 8 jaar is de kans op een positieve NCW bijna 95% wat zeer hoog is.



Figuur 17: Niveau van zekerheid omtrent positieve NCW over 4,6,8 en 15 jaar

Bron: eigen opmaak

Conclusies en aanbevelingen

In dit laatste hoofdstuk zullen we de conclusies die we uit ons onderzoek kunnen trekken, bespreken. In de literatuur kunnen we terugvinden dat er nood is aan een vervanger voor de klassieke, fossiele, brandstoffen omdat de Westerse landen momenteel te zeer afhankelijk zijn van het Midden-Oosten voor de olie-import. Bovendien zijn de huidige olievoorraden ontoereikend om aan de groeiende behoefte te voldoen. Er wordt namelijk tegen een sneltempo energie verbruikt terwijl het miljoenen jaren in beslag neemt om dode organismen om te zetten in fossiele brandstoffen. Een tweede belangrijke reden om af te stappen van de klassieke brandstoffen is de opwarming van ons klimaat. Er is bewezen dat CO₂, dat vrijkomt bij de verbranding van deze brandstoffen, hier een belangrijke rol in speelt. De laatste jaren is de CO₂-uitstoot sterk toegenomen. Naast de bijdrage van andere sectoren, hangt deze stijging ook samen met het toenemende wegvervoer, daar momenteel het overgrote deel van de personen- en vrachtwagens op diesel of benzine, twee fossiele brandstoffen, rijdt. De afgelopen twintig jaar steeg het aantal afgelegde kilometers door personenwagens op de Belgische wegen van 60 tot 80 miljard en men voorspelt dat dit cijfer in de toekomst nog verder zal stijgen. Zoals op figuur 5 (p. 7) is weergegeven voorspelt men ook voor het vrachtvervoer een sterke stijging.

Biobrandstoffen kunnen de klassieke fossiele brandstoffen vervangen en op die manier voor beide problemen een oplossing bieden. Ze veroorzaken in de eerste plaats minder CO₂-uitstoot dan hun fossiele tegenhanger. Daarnaast worden ze geproduceerd uit biomassa, een belangrijke vorm van hernieuwbare energie, en verminderen ze op die manier de afhankelijkheid van de olie-import en het risico op uitgeputte olievoorraden in de toekomst. Naast de meer bekende biobrandstoffen biodiesel en bio-ethanol is er ook de meest pure vorm, de pure plantaardige olie (PPO). In deze eindverhandeling werd ervoor geopteerd om de toepassing van PPO ter vervanging van diesel meer in detail te bekijken. De toepassing van bio-ethanol werd niet onderzocht omdat deze enkel ter vervanging van benzine gebruikt kan worden. Verder werd PPO verkozen boven biodiesel omdat de productie van PPO minder belastend is voor het milieu dan deze van biodiesel. Een aspect wat in het nadeel van PPO speelt, is de ombouw van de motor die in de meeste gevallen noodzakelijk is om op deze biobrandstof te kunnen rijden. Een voordeel van PPO in

vergelijking met diesel is de, door toedoen van de accijnsvrijstelling, mogelijk lagere brandstofprijs. In de volgende paragrafen zullen we onze besluiten omtrent deze kosten en baten van PPO op een rijtje zetten.

De kosten en baten werden zowel vanuit het private als vanuit het sociale standpunt bekeken. Er werd een analysemodel opgesteld waarin de private kosten en baten afgewogen werden met behulp van de berekening van de netto contante waarde (NCW). Zoals hoger reeds vermeld is de belangrijkste private kost de ombouwkost van de motor die om en bij de € 5000 bedraagt voor een vrachtwagen. Daarnaast werd de brandstofkost van zowel fossiele brandstof als PPO berekend. Op basis hiervan werd de brandstofkostbaat bekomen. Deze is positief indien de brandstofkost van PPO kleiner is dan deze van diesel. Tot slot werd de netto baat tijdens de levensduur van het voertuig berekend door de baten te verminderen met de kosten. Om tot de NCW te komen, moesten deze waarden verdisconteerd worden om de tijdswaarde van het geld in rekening te brengen.

In het theoretisch model werden er een aantal veronderstellingen gemaakt omtrent de verschillende variabelen die een invloed hebben op de brandstofkost. Er werden twee basisscenario's opgesteld met elk een verschillende prijs voor PPO van respectievelijk 0,629 €/liter en 0,7075 €/liter. Voor elk van deze basisscenario's werd op basis van puntschattingen van de overige variabelen een NCW berekend. Voor scenario a bedroeg deze € 67.643 tegenover € 43.410 voor scenario b. Deze waarden moeten echter voorzichtig geïnterpreteerd worden. Er is namelijk een bepaald niveau van onzekerheid verbonden aan deze waarden, doordat deze gebaseerd zijn op geschatte, en dus onzekere, waarden voor de variabelen. Om de invloed van bepaalde variabelen op het resultaat in te kunnen schatten, werd er een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd.

Dat de brandstofprijzen een belangrijke invloed hebben op het resultaat blijkt uit de invloed van de groeivoet van de prijs van fossiele brandstof op de NCW. De groeivoet werd op basis van het verloop van de gemiddelde maximumprijzen exclusief BTW sinds 1988 geschat op 2,35%. Uit de sensitiviteitsanalyse blijkt dat indien deze groeivoet daalt met 2% punt, de NCW daalt met respectievelijk 16% en 23% voor scenario a en b. Het wordt bijgevolg minder voordelig om diesel te vervangen door PPO. De invloed van deze groeivoet is sterker dan de invloed van het extra verbruik van de motor, veroorzaakt door het gebruik van PPO als transportbrandstof. In het theoretisch model werd een extra verbruik van 7,5% aangenomen. Deze waarde ligt echter hoog in vergelijking met het theoretisch meerverbruik van 4%. Als we het meerverbruik, net als de fossiele groeivoet,

met 2% punt laten dalen, dan heeft dit een stijging van de NCW van respectievelijk 5% en 9% tot gevolg voor scenario a en b, zoals is weergegeven in tabel 8 (p 41).

Uit de sensitiviteitsanalyse blijkt zeer duidelijk hoe groot de invloed van de verhouding 'PPO-prijs/dieselprijs' op het resultaat is. Indien deze verhouding verandert met 5% dan heeft dit een procentuele verandering van de NCW in scenario a en b tot gevolg van respectievelijk 20% en 31%. De invloed van deze verhouding komt ook tot uiting in de gevalstudie van Group H. Essers. De dieselprijs ligt in dit geval lager dan deze uit de basisscenario's met een waarde van 0,7467 €/liter doordat Group H. Essers een aanzienlijke hoeveelheidskorting kan bedingen. De PPO-prijs wordt echter gelijkgesteld aan deze uit de basisscenario's waardoor de verhouding van de PPO-prijs ten opzichte van de dieselprijs stijgt. Waar deze in het theoretisch model respectievelijk 71% en 80% bedraagt voor scenario a en b, stijgt deze in de gevalstudie tot respectievelijk 84% en 95%. Dit heeft een negatieve invloed op de NCW die in scenario a met een waarde van € 9955 sterk gedaald is in vergelijking met de NCW voor scenario a in het theoretisch model (€ 67.643). Bij een verhouding van 95% is de NCW zelfs licht negatief met een waarde van € - 2935. Deze waarden voor de NCW zijn wel gebaseerd op puntschattingen, waardoor we ook hier nog rekening moeten houden met onzekerheid. Het grote effect van de verhouding 'PPO-prijs/dieselprijs' op de NCW blijkt desalniettemin uit hoger vermelde resultaten van de sensitiviteitsberekeningen.

Om de onzekerheid betreffende de berekende NCW voor scenario a en b in kaart te brengen, werd er gebruikt gemaakt van een Monte Carlo-simulatie. Door middel van 20.000 herhalingen met elke keer andere startwaarden voor de bepalende variabelen werd er een verdelingsfunctie van de NCW verkregen. Hiertoe werd er voor de belangrijkste variabelen naast een minimum- en maximumwaarde ook een meest waarschijnlijke waarde bepaald. Aan deze variabelen werd vervolgens een driehoekige kansverdeling toegekend waarbij de meest waarschijnlijke waarde de grootste kans op voorkomen heeft. Aan de PPO-prijs werd voor de gevalstudie van Group H. Essers zowel een driehoeksverdeling als een uniforme verdeling toegekend. Voor Group H. Essers werd op basis van deze simulatie een kans van ongeveer 85% en 94% op een positieve NCW bekomen bij respectievelijk de uniforme verdeling en de driehoeksverdeling. Hoewel de kans op een positieve NCW zeer groot is, is deze onvoldoende voor Group H. Essers om de omschakeling naar PPO door te voeren. Zij willen namelijk 100% zeker zijn dat hun kosten niet zullen toenemen.

Deze simulatie werd ook toegepast op een meer algemeen model dat gebaseerd is op gegevens uit de literatuur, gegevens uit de gevalstudies en de visie van ervaringsdeskundigen. Ook hier werd voor de belangrijkste variabelen een interval opgesteld, waaraan vervolgens een kansverdeling werd toegekend. De grenswaarden van het interval en de meest waarschijnlijke waarde van de verschillende parameters zijn opgenomen in tabel 28 (p 76). Op basis van de meest waarschijnlijke waarden werd een positieve NCW van € 8065 bekomen. Om het effect van onzekerheid omtrent de gebruikte waarden in rekening te brengen, werd voor een levensduur van het voertuig van 4, 6, 8 en 15 jaar aan de hand van een Monte Carlo-simulatie de kans op een positieve NCW berekend. Hieruit bleek dat daar waar bij een levensduur van 4 jaar de kans op een negatieve NCW net iets groter is dan deze op een positieve waarde, de kans op een positieve NCW bij een levensduur van 6 jaar reeds 82% bedraagt. Bij een levensduur van 8 en 15 jaar stijgt de zekerheid sterk tot de respectievelijke waarden van 95% en 99%. We kunnen dus besluiten dat de omschakeling naar PPO vanuit privaat standpunt zeker het overwegen waard is hoewel we geen 100% zekerheid kunnen bieden dat het project rendabel is.

Vanuit sociaal standpunt kijken we vooral naar het ecologisch voordeel van de omschakeling naar PPO. Hierbij werden het energieverbruik en de emissies gedurende de hele levenscyclus van diesel en PPO in beschouwing genomen. Voor PPO bleek vooral de teelt en oogst van het koolzaad veel energie te verbruiken. De productie van de olie vereist zeer weinig energie omdat we aannemen dat deze koud geperst wordt. Ook wat de emissies betreft, weegt de teelt en oogst van het koolzaad het zwaarst door. Hierin speelt het gebruik van kunstmest een belangrijke rol. Er wordt namelijk niet alleen N_2O uitgestoten door nitrificatie van stikstof uit de kunstmest maar ook de productie van kunstmest veroorzaakt een aanzienlijke broeikasgasuitstoot van 400 kg CO_2 -equivalenten per hectare. De totale broeikasgasuitstoot van PPO bedraagt gemiddeld 1947,70 kg CO_2 -equivalenten/ton PPO. Het is deze waarde die we vergeleken hebben met de uitstoot van diesel om zo te berekenen hoeveel uitstoot er vermeden wordt door om te schakelen naar PPO. De broeikasgasuitstoot van diesel bedraagt volgens Govaerts et al. (2006) 2,8 kg/liter. Door de lagere energie-inhoud van PPO in vergelijking met diesel, kan één liter PPO niet simpelweg één liter diesel vervangen. Indien we uitgaan van een meerverbruik van 4% door PPO dan kunnen we stellen dat er 2,69 kg CO_2 wordt uitgestoten door het verbruik van 0,96 liter diesel, die vervangen kan worden door 1 liter PPO. Uitgedrukt per ton PPO komen we voor de uitstoot van diesel tot een waarde van 2952,5 kg CO_2 -equivalenten/ton PPO.

Uit bovenstaande waarden blijkt dat de vermeden uitstoot door de omschakeling van diesel naar PPO 1004,8 kg CO₂-equivalenten/ton PPO bedraagt. Op basis van deze waarde hebben we vervolgens berekend in welke mate de uitstoot gereduceerd wordt indien een vrachtwagen op PPO rijdt in plaats van op diesel. We zijn hierbij uitgegaan van het totale energieverbruik van een vrachtwagen om op die manier de lagere energie-inhoud, en bijgevolg het meerverbruik, van PPO in rekening te brengen. We kwamen tot de conclusie dat een vrachtwagen die jaarlijks gemiddeld 120.000 km aflegt en 35 liter/100 km verbruikt, 43 ton minder CO₂ uitstoot indien hij op PPO rijdt. Deze sociale baat hebben we met behulp van de prijs van CO₂-emissierechten gekwantificeerd om te komen tot een reële monetaire waarde van € 5531 over een periode van 8 jaar.

Indien we de sociale baat vergelijken met de private baat uit de basisscenario's dan blijkt dat de sociale baat veel kleiner is. We moeten hierbij echter wel opmerken dat enkel de baat van de vermeden CO₂-uitstoot in rekening gebracht werd en niet de andere voordelen voor het milieu en de maatschappij in de vorm van bijvoorbeeld vermeden roetuitstoot. Bovendien is er, zoals hoger reeds vermeld, heel wat onzekerheid omtrent de private NCW doordat er zoveel parameters zijn die kunnen variëren. De sociale baat die berekend werd, is in mindere mate onderworpen aan onzekerheid. Deze berekening is namelijk gebaseerd op betrouwbare gegevens uit de natuurwetenschappelijke literatuur die weinig variabiliteit vertonen. Enkel de prijs van een ton CO₂-uitstoot is een aanname omgeven door onzekerheid.

Tot slot willen we nog enkele aanbevelingen doen naar de overheid toe. Momenteel is het koolzaadareaal in Vlaanderen nog vrij beperkt met een oppervlakte van 800 ha. Govaerts et al. (2006) verwachten dat het sociaal aanvaardbaar potentieel in Vlaanderen in 2010 31.300 ha en in 2015 42.700 ha zal bedragen. Hierbij werden reeds technische beperkingen en sociale factoren zoals publieke perceptie in rekening gebracht. Indien we dit potentieel vergelijken met de benodigde PPO voor de 900 vrachtwagens van Group H. Essers dan blijkt dat hiervoor 31.193 hectare koolzaad nodig is. Het volledige Vlaamse potentieel in 2010 zou dus nodig zijn om enkel de vrachtwagens van één transportbedrijf op PPO te laten rijden. Hieruit blijkt duidelijk dat het koolzaadareaal in Vlaanderen ontoereikend is om van PPO een goed alternatief voor diesel te maken. De import van PPO vanuit Duitsland zou een oplossing kunnen zijn voor dit koolzaadtekort. Ingevoerde PPO is echter nog niet vrijgesteld van accijnzen waardoor de kostprijs toeneemt en het bijgevolg minder interessant wordt om deze PPO te gebruiken.

De overheid zou een oplossing kunnen bieden door het telen van koolzaad te stimuleren bij de boeren om op die manier het areaal verder uit te breiden. Zij zou bovendien de ingevoerde PPO kunnen vrijstellen van accijnzen. Momenteel is het in België behoorlijk omslachtig om accijnsvrije PPO te kunnen tanken. Indien de overheid deze procedure zou vereenvoudigen dan zou ze het gebruik van PPO ook reeds stimuleren. We kunnen besluiten dat er een belangrijke rol is weggelegd voor de overheid om PPO tot een volwaardig alternatief te maken. Zij zou in hun beleid meer aandacht kunnen besteden aan deze biobrandstof en door middel van voornamelijk fiscale maatregelen PPO voor zowel de gebruiker als de landbouwer aantrekkelijker maken.

Lijst van de geraadpleegde werken

- Agripress (2006) 'Biobrandstoffenmakers zitten vooral in Vlaanderen' (online) (Geraadpleegd op 28 mei 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.agripress.be/start/artikel/186326/nl>>
- Apetra (2007) (online) (Geraadpleegd op 5 april 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.apetra.be>>
- Belgische Senaat (2001) 'Vraag om uitleg van de heer Johan Malcorps aan de vice-eerste minister en minister van Buitenlandse Zaken over de houding van België en de Europese Unie ten aanzien van de Verenigde Staten na de opzegging van het Kyoto-protocol' (online) (Geraadpleegd op 28 mei 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.senate.be/www/?Mival=/publications/viewPubDoc&TID=33611485&LANG=nl>>
- Bofas (datum onbekend) (online) (Geraadpleegd op 5 april 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.bofas.be/index.php?group=4&nav=bofas>>
- Brussels Observatorium voor Duurzame Consumptie (2006) 'Hoeveel kilometers bevat uw bord' (online) Beschikbaar op <URL:<http://www.observ.be/beta/nl/pdf/dossiernl.pdf>>
- Bugge J. (2000) 'Rape seed oil for transport 1: Energy balance and CO₂ balance' (online) Beschikbaar op <URL: http://www.folkecenter.dk/plant-oil/publications/energy_co2_balance.pdf>
- De Belgische Petroleum Federatie (2007) (online) (Geraadpleegd op 5 april 2007) Beschikbaar op <URL:http://www.petrolfed.be/dutch/fed_nl.htm>
- De Brabander B. (2005) Investerings in verkeersveiligheid in Vlaanderen een handleiding voor kosten-batenanalyse, Tielt, Uitgeverij Lannoo.
- De Lijn (2005) 'Jaarverslag 2005' (online) Beschikbaar op <URL:http://www.delijn.be/documentatie/jaarverslag/jaarverslag_2005.pdf>

- De Lijn (2005) 'Milieuvriendelijkste dieselbussen op Europese vasteland rijden in Gent' (online) (Geraadpleegd op 6 mei 2007) Beschikbaar op <URL:http://www.delijn.be/nieuws/nieuws_milieuvriendelijke_dieselbussen.asp>
- De Ruyck, J., Jossart, J.M., Palmers, G., Lavric, D., Bram, S., Novak, A., Remacle, M.S., Dooms, G., Hamelinck, C. en Van den Broek, R. (2006) 'Liquid biofuels in Belgium in a global bio-energy context' (online) Beschikbaar op <URL:http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/CPen/rappCP53_en.pdf>
- Ecopower (datum onbekend) 'Schoon dieselen op PPO' (online) (Geraadpleegd op 20 oktober 2006). Beschikbaar op <URL:<http://www.ecopower.be/plantenolie.htm>>
- Emis (2002) 'Milieuvriendelijke voertuigen' (online) (Geraadpleegd op 28 december 2006) Beschikbaar op <URL:<http://www.emis.vito.be/autoverbruik/index.asp?pageChoice=Biomotor&Bc=B randstoffen>>
- Emissierechten.nl (2007) 'Analyse van de CO₂ markt' (online) (Geraadpleegd op 23 april 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.emissierechten.nl/marktanalyse.htm>>
- Energieonderzoek Centrum Nederland (datum onbekend) 'Productie van 'groene' diesel uit biomassa & afval met het Fischer Tropsch Proces' (online) Beschikbaar op <URL:<http://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bio/Overig/pdf/Publ10.pdf>>
- Euractiv (2006) 'Biofuels for transport' (online) (Geraadpleegd op 19 december 2006) Beschikbaar op <URL:<http://www.euractiv.com/en/transport/biofuels-transport/article-152282>>
- European Biomass Industry Association (2006) 'Biofuels for transport' (online) (Geraadpleegd op 19 december 2006) Beschikbaar op <URL:<http://p9719.typo3server.info/212.0.html>>
- European Environment Agency (2006) 'Distance-to-target (burden-sharing targets) for EU-15 Member States in 2004, including Kyoto mechanisms and carbon sinks' (online) (Geraadpleegd op 17 mei 2007) Beschikbaar op <URL:<http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2574>>

- Febiac (2005) 'Accijnzen op motorbrandstof' (online) (Geraadpleegd op 5 april 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.febiac.be/public/content.aspx?FID=528>>
- Febiac (2006) 'Emissies van het wegverkeer in België 1990-2030' (online) (Geraadpleegd op 19 december 2006) Beschikbaar op <URL:<http://www.febiac.be/public/content.aspx?FID=518>>
- Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie (datum onbekend) 'Biobrandstoffen' (online) (Geraadpleegd op 29 oktober 2006) Beschikbaar op <URL:http://www.mineco.fgov.be/energy/biofuels/biofuels_nl.htm#kwaliteitsnorm>
- Federale Overheidsdienst Volksgezondheid (2005) 'Nationaal klimaatplan 2002-2012' (online) Beschikbaar op <URL:https://portal.health.fgov.be/pls/portal/docs/PAGE/INTERNET_PG/HOMEPAGE_MENU/MILIEU1_MENU/KLIMAAT1_MENU/KLIMAAT1_DOCS/NATIONAAL_KLIMAATPLAN.PDF>
- García Ciudad, V., Mathijs, E., Nevens, F. en Reheul, D. (2003) 'Energiegewassen in de Vlaamse landbouwsector', Steunpunt Duurzame Landbouw, Publicatie 1, 94 p.
- Ghent Bio-Energy Valley (2006) 'Boer kan vraag naar plantenolie nooit bijbenen' (online) (Geraadpleegd op 6 mei 2007) Beschikbaar op <URL:http://www.gbev.org/news_0027.htm>
- Govaerts, L., Pelkmans, L., Dooms, G., Hamelinck, C., Geurds, M., De Vlieger, I., Schrooten, L., Ooms, K. en Timmermans, V. (2006) 'Potentieelstudie biobrandstoffen in Vlaanderen', VITO & 3 E, 350p.
- Green Car Congress (2005) 'Second-Generation Biofuels: Heavy Focus on Biomass-to-Liquids' (online) (Geraadpleegd op 1 mei 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.greencarcongress.com/2005/12/secondgeneratio.html>>
- Group H. Essers (datum onbekend) (online) (Geraadpleegd op 4 mei 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.essers.com>>

- Hanzehogeschool Groningen (datum onbekend) 'Techniek PPO' (online) (Geraadpleegd op 16 april 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.hanze.nl/home/Schools/Instituut+voor+Engineering/Projecten/Duurzamere+Automobiliteit/Systeem+PPO+en+CNG.htm>>
- Hülsbrinck M. (2006) 'Ik rijd op plantenolie. U ook al?' (online) Beschikbaar op <URL:<http://www.inverde.be/content/pdf/StudiedagBiobrandstoffen/Martina.pdf>>
- Jacobs P. (2007) 'Biodiesel, hype of duurzame oplossing?' (online) Beschikbaar op <URL:http://www.hiw.kuleuven.ac.be/ned/lessen/cursumateriaal/0607/jacobs_pres.pdf>
- Klimaat.be (2007) 'Nationale inventaris voor broeikasgasemissies 2006' (online) (Geraadpleegd op 29 oktober 2006) Beschikbaar op <URL:http://www.climatechange.be/climat_klimaat/inventemis/inventaris1.html>
- Lamont J.L. en Lambrechts Y. (2005) 'Koolzaad het nieuwe goud?' (online) Beschikbaar op <URL:http://www.senternovem.nl/mmfiles/Vlaamse_gemeenschap-Koolzaad_tcm24-152477.pdf>
- Lamont, J.L., Lambrechts, Y., Baert, J., Chow, T.T., Campens, V., Cloet, B., De Boever, J., Demeyere, A., De Schryver, J., Desimpelaere, P., De Temmerman, L., Fernagut, B., Holmstock, K., Lysens, L., Van Laecke, K., Windey, S. (2005) 'Koolzaad, van zaad tot olie' (online) Beschikbaar op <URL:http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/landbouw/downloads/plant/koolzaad_van_zaad_tot_olie.pdf>
- Laveren, E. en Engelen, P.J. (2002) Handboek financieel beheer, Antwerpen, Intersentia.
- Pelkmans L. (2006) 'Waarom wachten we al zo lang op bio-ethanol?' (online) Beschikbaar op <URL:http://www.inverde.be/content/pdf/StudiedagBiobrandstoffen/Luc_Pelkmans.pdf>
- PPO.be (datum onbekend) 'Waarom Pure Plantenolie als hernieuwbare energiebron inzetten?' (online) (Geraadpleegd op 20 oktober 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.ppo.be/index.asp?p=100&l=1>>

- Radio Vlaanderen Internationaal (datum onbekend) 'Essers: met de vlam in de pijp' (online) (Geraadpleegd op 4 mei 2007) Beschikbaar op
<URL:http://www.rvi.be/rvi_master/insite/rvi_insite_essers_a/index.shtml>
- Senternovem (2005) 'Op (de) weg met pure plantenolie?' (online) Beschikbaar op
<URL:[http://www.senternovem.nl/mmfiles/2GAVE%2005.05%20Op%20\(de\)%20weg%20met%20plantenolie%20-%20CE_tcm24-192135.pdf](http://www.senternovem.nl/mmfiles/2GAVE%2005.05%20Op%20(de)%20weg%20met%20plantenolie%20-%20CE_tcm24-192135.pdf)>
- Senternovem (2006) 'Wie op benzine rijdt, tankt straks ook bio-ETBE' (online) (Geraadpleegd op 17 mei 2007) Beschikbaar op
<URL:http://www.senternovem.nl/energietransitie/nieuws/2006/wie_op_benzine_rijdt_tankt_straks_ook_bio-etbe.asp>
- Thuijl van E. (2002) 'Grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen' (online). Beschikbaar op
<URL:<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2002/i02008.pdf>>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (datum onbekend) 'Kyoto Protocol' (online) (Geraadpleegd op 28 december 2006) Beschikbaar op
<URL:http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>
- Vlaams Agrarisch Centrum (datum onbekend) 'Installaties en normen voor koude persing en filtering van koolzaad en het gebruik van koolzaadkoek in veevoeding' (online) Beschikbaar op
<URL:<http://www.vacvzw.be/vacweb.nsf/125c149dc3a52bb9c1256e1c004de773/15e26946b4f5394cc12571fc002de2b3!OpenDocument&AutoFramed>>
- Vlaams Informatiecentrum over Land- en Tuinbouw (2005) 'Vlaams koolzaadareaal vertienvoudigd tot 800ha' (online) (Geraadpleegd op 6 mei 2007) Beschikbaar op
<URL:<http://www.vilt.be/nieuwsarchief/detail.phtml?id=7888>>
- Vlaams Informatiecentrum over Land- en Tuinbouw (2005) '20 bussen van De Lijn rijden dit jaar op plantenolie' (online) (Geraadpleegd op 6 mei 2007) Beschikbaar op
<URL:<http://www.vilt.be/nieuwsarchief/detail.phtml?id=6639>>

- Vlaams Informatiecentrum over Land- en Tuinbouw (2007) '22 bussen van De Lijn rijden dit najaar op PPO' (online) (Geraadpleegd op 6 mei 2007) Beschikbaar op <URL:<http://www.vilt.be/nieuwsarchief/detail.phtml?id=13483>>
- VROM (2006) 'Dossier biobrandstoffen' (online) (Geraadpleegd op 19 december) Beschikbaar op <URL:<http://www.vrom.nl/pagina.html?id=20930>>
- Wikipedia (2007) (online) (Geraadpleegd op 19 december 2006). Beschikbaar op <URL:<http://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>>
- Wood, J.H., Long, G.R. en Morehouse, D.F. (2004) 'Long-term world oil supply scenarios' (online). Beschikbaar op <URL:http://www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/petroleum/feature_articles/2004/worldoil_supply/pdf/itwos04.pdf>
- Worldwatch Institute (2006) 'Biofuels for transportation' (online) Beschikbaar op <URL:http://www.worldwatch.org/system/files/EBF008_1.pdf>

Bijlagen

<u>BIJLAGE 1 Biodieselproducenten in België</u>	<u>92</u>
<u>BIJLAGE 2 Berekening arbeidsinkomen landbouwer</u>	<u>93</u>
<u>BIJLAGE 3 Prijsevolutie van PPO</u>	<u>94</u>
<u>BIJLAGE 4 Tabellen sensitiviteitsanalyse</u>	<u>95</u>
<u>BIJLAGE 5 Indirect energieverbruik bij teelt en oogst</u>	<u>98</u>
<u>BIJLAGE 6 Kansverdeling van parameters Group H. Essers</u>	<u>99</u>
<u>BIJLAGE 7 Berekening NCW voor De Lijn</u>	<u>102</u>
<u>BIJLAGE 8 Berekening sociale netto baat De Lijn</u>	<u>102</u>
<u>BIJLAGE 9 Berekening NCW algemeen model</u>	<u>104</u>

Bijlage 1 Biodieselproducenten in België

Biobrandstof in België

BIODIESEL

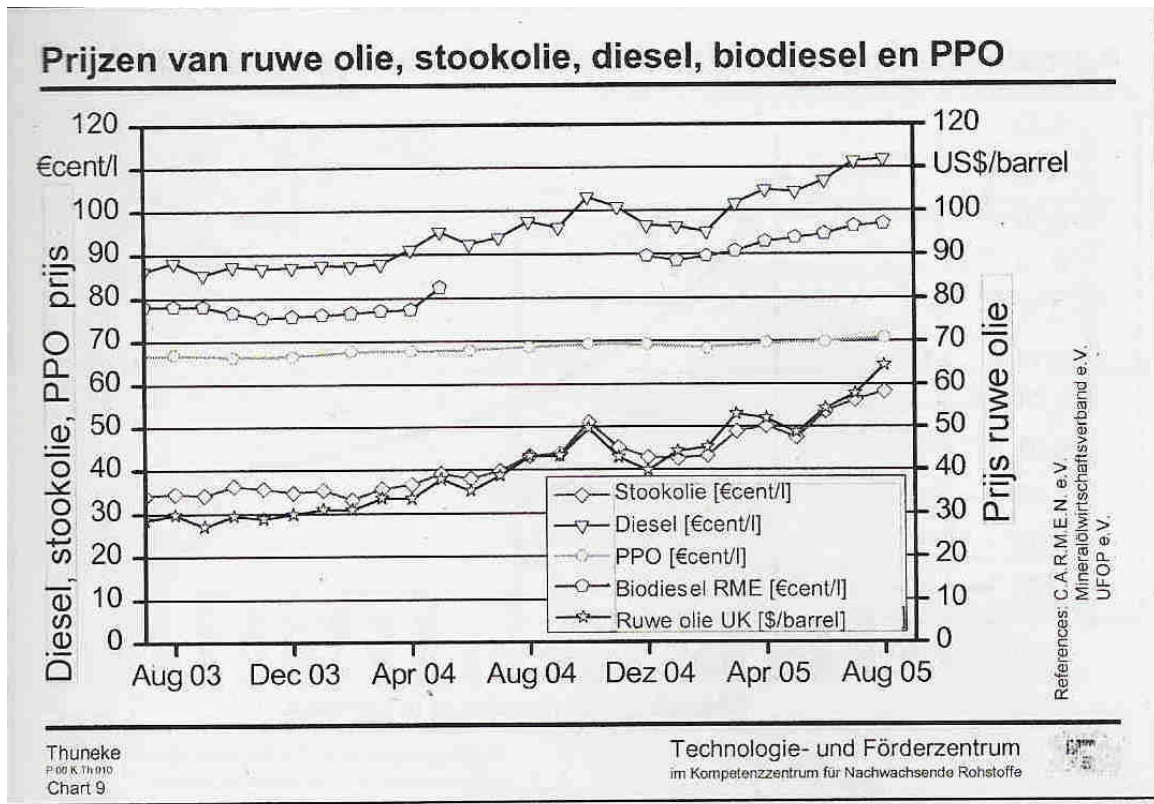
- Neochim in Feluy:
jaarproductie: 200.000 ton
investering: euro9.500.000
Operationeel eind 2006
- Bioro in Gentse haven:
Jaarproductie: 200.000 ton
Investering: euro25.000.000
Operationeel eind 2007
- Oleon in Ertvelde:
Jaarproductie: 140.000 ton
Investering: euro 28.500.000
Operationeel eind 2006
- Proviron in Oostende:
Jaarproductie: 100.000 ton
Investering: euro10 miljoen
Operationeel eind 2006
- Dow Halterman (Waaslandhaven):
Jaarproductie: 100.000 ton
Is operationeel met beperkte capaciteit

Bron: Agripress (2006)

Bijlage 2 Berekening arbeidsinkomen landbouwer

	Lamont en Lambrechts (2005)	Bugge (2000)
Subsidies		
Gewone toeslagrechten (ook bij graan of suikerbieten) (€/ha)	400,00	400,00
Bijkomende steun indien KZ als energieteelt (€/ha)	45,00	45,00
Kosten		
Veranderlijke teeltkosten (€/ha)	604,00	604,00
Vaste teeltkosten (€/ha)	400,00	400,00
Aankoop pers (50 ton KZ/jaar) (€)	2.800,00	2.800,00
Aankoop filter (€)	4.700,00	4.700,00
Aankoop opslagtank 1000l (€)	500,00	500,00
Totale perskost	8.000,00	8.000,00
50 ton KZ/jaar, kost afschrijven over productie van 5 jaar van respectievelijk 82500liter en 90500l KZO	0,097	0,088
distributiekosten €/l	0,10	0,10
Opbrengsten		
Opbrengst koolzaad (ton/ha)	4,50	3
Opbrengst olie (liter/ha)	1485	1086
Koolzaadstro (€/ha)	80	80
Koolzaadkoek (ton/ha)	3	2
Prijs eindverbruiker (€/liter)	0,629	0,912
Berekening inkomen		
Koolzaadstro (€/ha)	80,00	80,00
Opbrengst koek (145 €/ton)	435,00	290,00
Opbrengst olie (€)	933,55	990,17
Perskosten (€)	144,05	95,57
Distributiekosten (€)	148,50	108,60
Teeltkosten (€)	1.004,00	1.004,00
Arbeidsinkomsten voor 1 ha winterkoolzaad zonder subsidie (€)	152,00	152,00
Subsidies energieteelt (€)	445,00	445,00
Totaal arbeidsinkomen winterkoolzaad (€/ha)	597,00	597,00
Vergelijk : opbrengst wintertarwe (€/ha)	597,00	597,00

Bijlage 3 Prijs evolutie van PPO



Bron: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachhaltige Rohstoffe (2006)

Bijlage 4 Tabellen sensitiviteitsanalyse

Invloed extra verbruik PPO

Tabel 4.1 Procentuele verandering NCW (scenario a)

		prijs ppo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0,6286	0,6490	0,6690	0,6890	0,7075	0,7290	0,7490	0,7690	0,7890	0,8090	0,8290
Extra verbruik KZ	0,0%	120	111	103	94	87	78	69	61	52	44	35
	3,5%	111	102	93	84	76	67	58	49	40	32	23
	4,0%	109	100	92	83	75	65	56	48	39	30	21
	4,5%	108	99	90	81	73	64	55	46	37	28	19
	5,0%	107	98	89	80	72	62	53	44	35	27	18
	5,5%	105	96	87	78	70	61	52	43	34	25	16
	6,0%	104	95	86	77	69	59	50	41	32	23	14
	6,5%	103	93	84	75	67	57	48	39	30	21	12
	7,0%	101	92	83	74	66	56	47	38	29	20	11
	7,5%	100	91	82	73	64	54	45	36	27	18	9
8,0%	99	89	80	71	63	53	44	35	25	16	7	

Tabel 4.2 Procentuele verandering NCW (scenario b)

		prijs ppo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0,6286	0,6490	0,6690	0,6890	0,7075	0,7290	0,7490	0,7690	0,7890	0,8090	0,8290
verbruik KZO extra	0,0%	187	173	160	147	135	121	108	94	81	68	55
	3,5%	172	159	145	131	119	104	90	77	63	49	36
	4,0%	170	156	143	129	116	102	88	74	60	47	33
	4,5%	168	154	140	127	114	99	85	72	58	44	30
	5,0%	166	152	138	124	112	97	83	69	55	41	28
	5,5%	164	150	136	122	109	94	80	67	53	39	25
	6,0%	162	148	134	120	107	92	78	64	50	36	22
	6,5%	160	146	132	118	105	90	76	62	47	33	19
	7,5%	156	141	127	113	100	85	71	56	42	28	14

Tabel 4.3 Invloed op NCW

		prijs ppo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	43.410	0,6286	0,6490	0,6690	0,6890	0,7075	0,7290	0,7490	0,7690	0,7890	0,8090	0,8290
verbruik KZO extra	0,0%	81.123	75.305	69.587	63.869	58.580	52.433	46.715	40.998	35.280	29.562	23.844
	3,5%	74.832	68.811	62.893	56.975	51.501	45.139	39.221	33.303	27.385	21.467	15.549
	4,0%	73.934	67.883	61.936	55.990	50.489	44.097	38.150	32.203	26.257	20.310	14.364
	4,5%	73.035	66.955	60.980	55.005	49.478	43.055	37.079	31.104	25.129	19.154	13.179
	5,0%	72.136	66.027	60.024	54.020	48.466	42.012	36.009	30.005	24.001	17.997	11.994
	5,5%	71238	65100	59067	53035	47455	40970	34938	28906	22873	16841	10809
	6,0%	70339	64172	58111	52050	46444	39928	33867	27806	21745	15685	9624
	6,5%	69440	63244	57155	51065	45432	38886	32797	26707	20618	14528	8439
	7,5%	67643	61389	55242	49095	43410	36802	30655	24509	18362	12215	6068

Invloed aantal verreden kilometers en verbruik

Tabel 4.4 Invloed aantal verreden kilometers op de NCW (prijs PPO vgl met prijs diesel)

		prijs ppo										
	67.643	0,6286	<i>0,6490</i>	<i>0,6690</i>	<i>0,6890</i>	0,7075	<i>0,7290</i>	<i>0,7490</i>	<i>0,7690</i>	<i>0,7890</i>	<i>0,8090</i>	<i>0,9000</i>
Aantal km	<i>80.000</i>	42.623	38.454	34.356	30.258	26.468	22.062	17.965	13.867	9.769	5.671	-12.974
	<i>100.000</i>	55.133	49.921	44.799	39.677	34.939	29.432	24.310	19.188	14.065	8.943	-14.363
	120.000	67.643	61.389	55.242	49.095	43.410	36.802	30.655	24.509	18.362	12.215	-15.752
	<i>140.000</i>	80.153	72.856	65.685	58.514	51.881	44.172	37.001	29.830	22.658	15.487	-17.142
	<i>160.000</i>	92.663	84.324	76.128	67.933	60.352	51.542	43.346	35.150	26.955	18.759	-18.531

Tabel 4.5 Invloed verbruik op de NCW (prijs PPO vgl met prijs diesel)

		prijs ppo										
	67.643	0,6286	<i>0,6490</i>	<i>0,6690</i>	<i>0,6890</i>	0,7075	<i>0,7290</i>	<i>0,7490</i>	<i>0,7690</i>	<i>0,7890</i>	<i>0,8090</i>	<i>0,9000</i>
verbruik	33	63.354	57.457	51.662	45.866	40.505	34.275	28.480	22.684	16.889	11.093	-15.276
	34	65.499	59.423	53.452	47.481	41.958	35.539	29.568	23.596	17.625	11.654	-15.514
	35	67.643	61.389	55.242	49.095	43.410	36.802	30.655	24.509	18.362	12.215	-15.752
	36	69.788	63.355	57.032	50.710	44.862	38.065	31.743	25.421	19.098	12.776	-15.991
	37	71.932	65.321	58.823	52.325	46.314	39.329	32.831	26.333	19.835	13.337	-16.229

Tabel 4.6 Invloed defiscalisatie op NCW en PPO prijs

		prijs ppo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	67.643	<i>0,5250</i>	<i>0,6286</i>	<i>0,6490</i>	<i>0,6890</i>	<i>0,7075</i>	<i>0,7290</i>	<i>0,7490</i>	<i>0,7690</i>	<i>0,7890</i>	<i>0,8090</i>	<i>0,8480</i>	
accijnsrijstelling	0%	346	-51.085	-61.182	-81.030	-90.210	-100.878	-110.802	-120.726	-130.650	-140.574	-159.926	
	10%	10.261	-39.212	-48.925	-68.018	-76.848	-87.110	-96.656	-106.203	-115.749	-125.295	-143.910	
	20%	20.176	-27.339	-36.668	-55.005	-63.486	-73.342	-82.511	-91.679	-100.848	-110.016	-127.895	
	30%	30.092	-15.466	-24.411	-41.993	-50.124	-59.574	-68.365	-77.156	-85.947	-94.737	-111.879	
	40%	40.007	-3.594	-12.154	-28.980	-36.762	-45.806	-54.219	-62.632	-71.045	-79.458	-95.864	
	50%	49.922	8.279	103	-15.967	-23.400	-32.038	-40.073	-48.109	-56.144	-64.179	-79.848	
	60%	59.837	20.152	12.360	-2.955	-10.038	-18.270	-25.928	-33.585	-41.243	-48.901	-63.833	
	70%	69.753	32.025	24.617	10.058	3.324	-4.502	-11.782	-19.062	-26.342	-33.622	-47.817	
	80%	79.668	43.898	36.875	23.070	16.686	9.266	2.364	-4.538	-11.441	-18.343	-31.802	
	90%	89.583	55.770	49.132	36.083	30.048	23.034	16.510	9.985	3.461	-3.064	-15.786	
100%	99.498	67.643	61.389	49.095	43.410	36.802	30.655	24.509	18.362	12.215	229		

Invloed groeivoet dieselprijs op NCW

Tabel 4.7 Procentuele verandering NCW (scenario a)

		prijs ppo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0	<i>0,6286</i>	<i>0,6490</i>	<i>0,6690</i>	<i>0,6890</i>	<i>0,7075</i>	<i>0,7290</i>	<i>0,7490</i>	<i>0,7690</i>	<i>0,7890</i>	<i>0,8090</i>	<i>0,8290</i>	
fossiel groeivoet	2,35%	87	78	69	60	52	43	34	25	16	7	-2	
	2,50%	88	79	70	61	53	44	35	26	17	8	-1	
	2,00%	84	75	67	58	50	40	31	23	14	5	-4	
	3,50%	96	87	78	69	60	51	42	33	24	15	6	
	4,00%	100	91	82	73	64	54	45	36	27	18	9	
	4,50%	104	95	86	77	68	58	49	40	31	22	12	
5,00%	108	99	90	81	72	62	53	44	34	25	16		

Tabel 4.8 Procentuele verandering NCW (scenario b)

	prijs ppo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0,6286	0,6490	0,6690	0,6890	0,7075	0,7290	0,7490	0,7690	0,7890	0,8090	0,8290
fossiel groeivoet	2,35%	135	121	108	94	81	66	52	39	25	11	-3
	2,50%	137	123	109	96	83	68	54	40	26	13	-1
	2,00%	131	117	104	90	77	63	49	35	21	8	-6
	3,50%	149	135	121	107	94	79	65	51	37	23	9
	4,00%	156	141	127	113	100	85	71	56	42	28	14
	4,50%	162	148	134	119	106	91	76	62	48	34	19
	5,00%	169	154	140	126	112	97	82	68	54	39	25

Invloed verhouding PPOprijs/dieselprijs op NCW

Tabel 4.9 Procentuele verandering NCW (scenario a)

	extra verbruik											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0,0%	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%	6,0%	7,5%	8,0%	9,0%	10,0%
verhouding prijs PPO/prijs diesel	51,4%	194	193	191	189	187	185	183	180	179	177	175
	55,0%	181	179	177	175	173	171	169	166	165	163	161
	61,4%	157	155	153	150	148	146	144	140	139	137	134
	66,4%	139	136	134	131	129	126	124	120	119	116	114
	71,4%	120	117	115	112	109	107	104	100	99	96	93
	76,4%	101	99	96	93	90	87	84	80	79	76	73
	80,4%	87	84	81	78	75	72	69	64	63	60	57
	85,0%	69	66	63	60	57	54	50	46	44	41	38
	90,0%	51	48	44	41	37	34	31	26	24	21	17
	95,0%	32	29	25	22	18	15	11	6	4	0	-3
	100,0%	14	10	6	2	-1	-5	-9	-14	-16	-20	-24

Tabel 4.10 Procentuele verandering NCW (scenario b)

	extra verbruik											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0,0%	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%	6,0%	7,5%	8,0%	9,0%	10,0%
verhouding prijs PPO/prijs diesel	50,0%	311	308	305	302	299	297	294	289	288	285	282
	55,0%	282	279	276	273	269	266	263	258	257	253	250
	60,4%	251	247	244	240	237	233	230	225	223	219	216
	65,0%	224	220	217	213	209	205	202	196	194	190	186
	70,4%	193	189	185	181	177	172	168	162	160	156	152
	75,4%	164	159	155	151	146	142	138	131	129	125	120
	80,4%	135	130	126	121	116	112	107	100	98	93	88
	85,4%	106	101	96	91	86	81	76	69	66	61	56
	90,0%	79	74	69	64	58	53	48	40	38	32	27
	95,0%	50	45	39	34	28	23	17	9	6	1	-5
	100,0%	21	15	10	4	-2	-8	-14	-22	-25	-31	-37

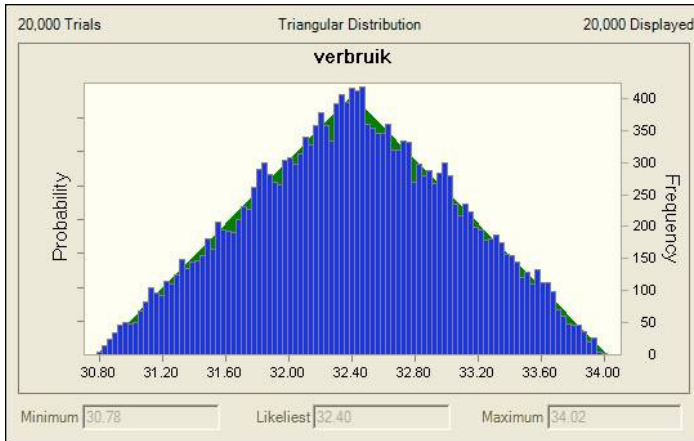
Bijlage 5 Indirect energieverbruik bij teelt en oogst

	Indirect energieverbruik (MJ/ha)
Machines	784
Zaden	40
Stikstof, mineraal	8750
Fosfor, mineraal	900
Kalium, mineraal	315
Kalk	0
Plantenbeschermingsmiddelen	112
Totaal	10901

Bron : García Ciudad et al. (2003)

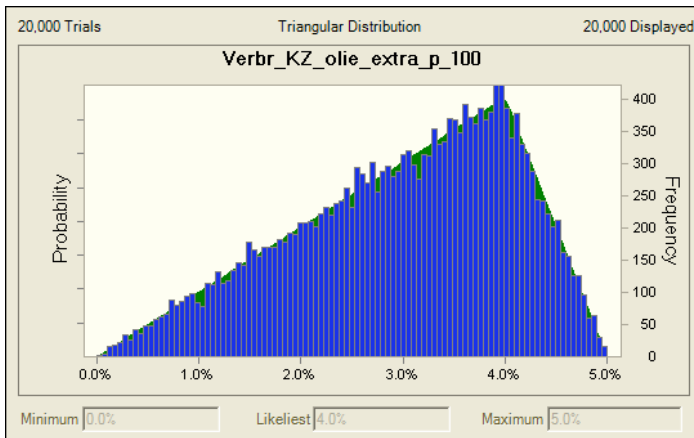
Bijlage 6 Kansverdeling van parameters Group H. Essers

Verbruik (liter/100 km)



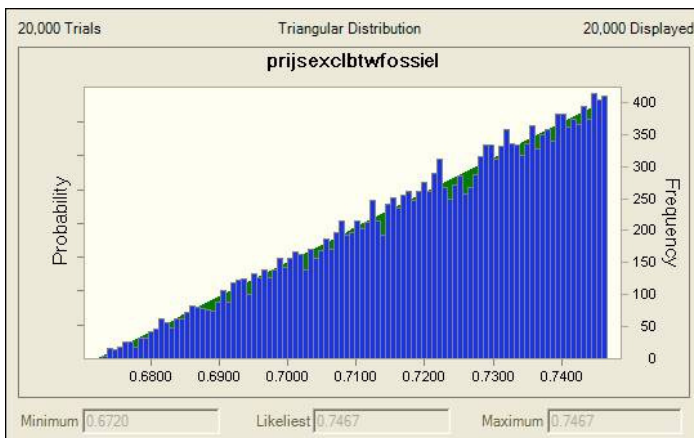
Minimum: 30,78
Meest waarschijnlijk: 32,4
Maximum: 34,02

Extra verbruik van PPO



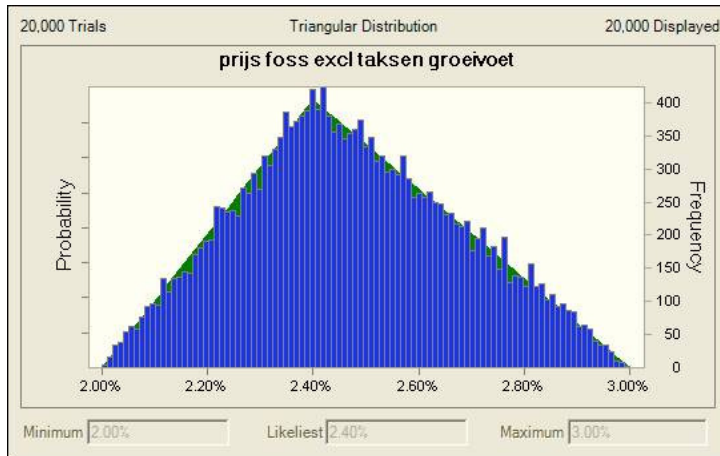
Minimum: 0%
Meest waarschijnlijk: 4%
Maximum: 5%

Dieselprijs (exclusief BTW)



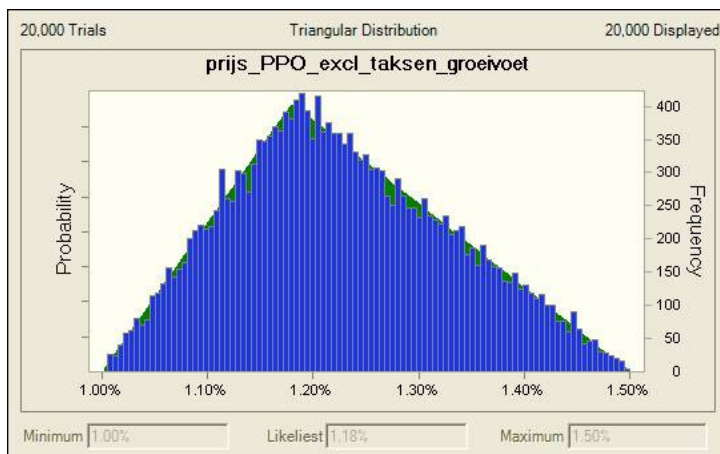
Minimum: 0,6720
Meest waarschijnlijk: 0,7467
Maximum: 0,7467

Groeivoet dieselprijs excl. taken



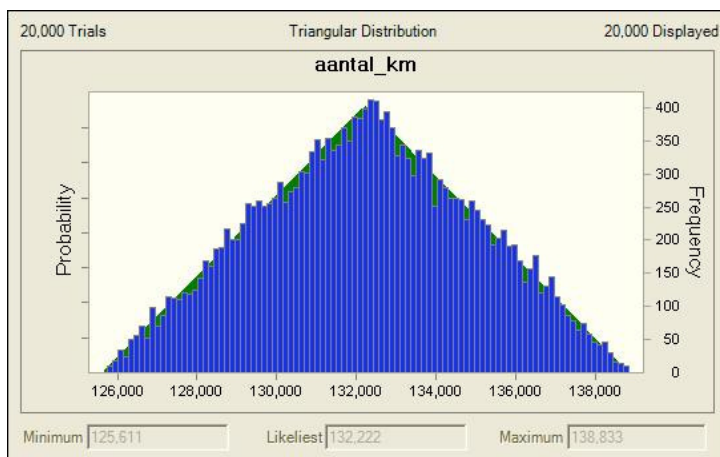
Minimum: 2%
Meest waarschijnlijk: 2,35%
Maximum: 3%

Groeiwoet PPO-prijs excl. taken



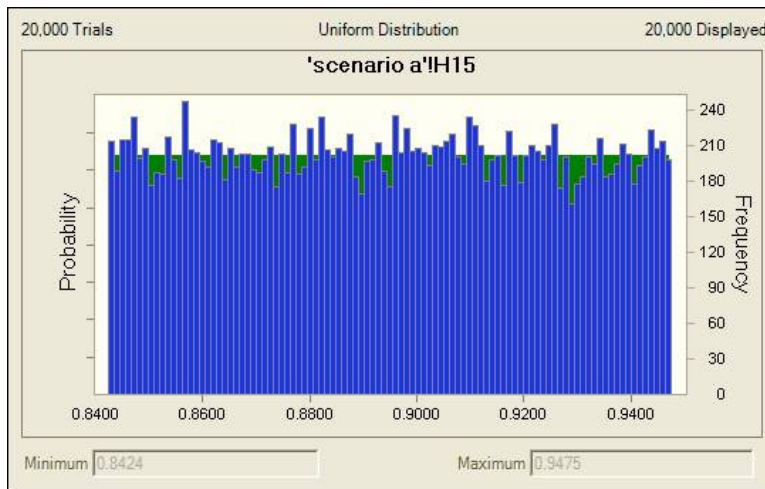
Minimum: 1%
Meest waarschijnlijk: 1,18%
Maximum: 1,5%

Aantal verreden kilometers



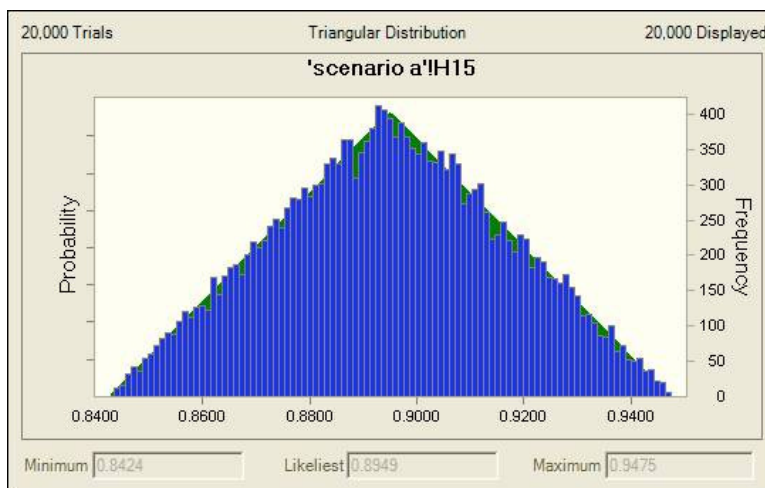
Minimum: 125611
Meest waarschijnlijk: 132222
Maximum: 138833

Verhouding PPO-prijs/dieselprijs (Uniforme verdeling)



Minimum: 84%
Maximum: 95%

Verhouding PPO-prijs/ dieselprijs (Driehoeksverdeling)



Minimum: 84%
Meest waarschijnlijk: 89%
Maximum: 95%

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Kosten-batenanalyse van pure plantenziezie als transportbrandstof. Gevalstudie voor twee transportbedrijven

Richting: **Handelsingenieur**

Jaar: **2007**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

Jolien CLIJSTERS

Datum: **01.06.2007**