NTNU
Det skapende universitet

Biodiesel i Trondheim

Biodiesel fra oljeholdig restaurantavfall - En mulighetsstudie

Olav Andreas Opdal

Master i energi og miljø
Oppgaven levert: Juni 2007
Hovedveileder: Johan Einar Hustad, EPT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for energi og prosessteknikk

Oppgavetekst

Bakgrunn
EU har satt mål for introduksjon av utvikling av bærekraftig transport som inkluderer bruk av biobaserte drivstoffer. Dette er nå også aktuelt i Norge og incentiver i form av avgiftsfritak er iverksatt. Både biodiesel og etanol er aktuelle drivstoffer i denne sammenheng. Biodiesel kan produseres fra oljeholdige planter. I tillegg produserer restauranter og gatekjøkken i en storby betydelige mengder oljeholdig avfall, som er et problem siden det må dumpes eller destrueres.
I Europa hadde man flere prosjekter hvor man konverterer denne oljen til miljøvennlig drivstoff. I Bergen har man også begynt med liknende studier. Imidlertid er lite utført for å optimalisere kvaliteten på denne biodieselen. Forbrenning av biodiesel gir mindre utslipp av SOx og partikler sammenlignet med kommersiell diesel, mens utslippet av NOx er noe mer usikkert. I tillegg er det rapportert noen problemer med motordrift, spesielt med tanke på vinterforhold.

Mål
Studenten skal se om og hvordan det er mulig å bruke oljeholdig restaurantavfall (frityrolje) til drivstoff med tanke på ressurser, framstilling og bruk i Trondheim.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter:

1. Undersøk tilgangen på oljeholdig restaurantavfall i Trondheim. Hvordan kan dette avfallet samles inn? Hva trengs for mest mulig effektiv og billigst innsamling?
2. Studer hvordan man lager biodiesel av frityrolje og hvilke standarder som finnes for kommersiell biodiesel. Hva må til for å møte standardkrav.
3. Framstill biodiesel av en avtalt mengde av frityroljen i laboratoriet.
4. Planlegg og utfør motortester på konvensjonell diesel, kommersiell biodiesel og egenprodusert biodiesel. Sammenlign utslipp, motorytelser og andre relevante data.
5. Undersøk om det er mulig å starte en mindre bedrift basert på frityrolje-diesel i Trondheim. Se på mengder, inntekter, utgifter osv.
6. Undersøk om og hvordan det er mulig å lage et felles system for innsamling og utnyttelse av frityrolje til diesel for norske storbyer.

Oppgaven gitt: 15. januar 2007
Hovedveileder: Johan Einar Hustad, EPT

"The use of vegetable oils for engine fuels may seem insignificant today, but such oils may become, in the course of time, as important as petroleum and the coal-tar product of our time"

Rudolf Diesel, 1912

Forord:

Hensikten med denne rapporten har vært å undersøke hvorvidt det var mulig å benytte brukt frityrolje til drivstoff med tanke på ressurser, framstilling og bruk.

Først vil jeg rette en stor takk til mine veiledere Johan E. Hustad, Marie Bysveen, Inge Saanum og Judit Adam som under hele arbeidet med masteroppgaven har stilt opp når jeg har trengt assistanse, deres hjelp har vært uvurderlig.

I tillegg er det mange å takke som på forskjellig måter har bidratt til at oppgaven har kommet i havn. Takk til Erik Langørgen og Morten Grønli som begge har hjulpet meg med laboratoriearbeidet. Takk også til Rolf Solheim og resten av de ansatte ved Burger Kings restaurant i St. Olavs gate, for at dere hjalp meg og stilte frityrolje til disposisjon når jeg måtte trenge det.

Følgende personer, bedrifter og institusjoner fortjener også takk for at de på forskjellige måter har vært med å hjelpe meg med oppgaven: Sintef Marintek og Ole Berg, BVenergi og Glenn Sunstad, Milvenn AS og Mark Pettit, Trondheim Renholdsverk og Kjell Hansen, Institutt for Kjemisk Prosessteknologi ved NTNU og Martin Fossen, tusen takk til dere alle! Takk også til alle som har svart på epost, telefon eller på annen måte har hjulpet meg med oppgaven.

Jeg håper rapporten kan være med å sette søkelyset på tiltakslyst innen miljøvennlig teknologi og være med på bevisstgjøring av muligheter for biodrivstoff som et miljøtiltak i Norske storbyer.

Trondheim, juni 2007
Olav A. Opdal

Sammendrag:

Med bakgrunn i de økte problemene med global oppvarming og de store klimagassutslippene fra transportsektoren, har det i det siste blitt rettet søkelys på klimavennlige alternativer for fossile brennstoff. Transportsektoren står i dag for 22 % av CO_2-utslippene i Norge. Biodiesel laget av brukt frityrolje er et mulig alternativ som kan være med å redusere klimagassutslippene fra transportsektoren. Ved at man tar i bruk det som opprinnelig var et avfallsprodukt og gjør det om til drivstoff vil bruk ikke bidra til noen netto økning av klimagassutslipp.

Denne oppgaven retter søkelyset på muligheten for å ta i bruk brukt frityrolje til drivstoff med tanke på ressurser, framstilling og bruk.

I laboratoriet ble en bestemt mengde biodiesel fremstilt fra brukt frityrolje innhentet fra en restaurant i Trondheim. Det ble så utført en rekke analysetester som viste at det var biodiesel som var tillaget, selv om ikke den oppfylte standarden EN14214 på alle punkter. Biodieselen ble så testet på en Scania DC11 02 motor, som er lik en bussmotor. Testene viste at motoren fungerte fint på dette drivstoffet. Resultatene på ytelse og utslipp fra denne biodieselen ble vurder opp mot kommersiell biodiesel og konvensjonell petroleumsdiesel. Resultatene viste at drivstofforbruket økte med 10 % ved bruk av biodiesel fra brukt frityrolje i forhold til petroleumsdiesel, men var det samme som for kommersiell biodiesel.

Resultatene viste også at NOx-utslippene av biodiesel fra brukt frityrolje var ca. 13 % høyere enn fra petroleumsdiesel, dette er uheldig pågrunn av forpliktelsene i Gøteborg konvensjonen. Imidlertid var det en klar reduksjon i både partikkelutslipp 90 %, hydrokarboner nesten 80 % og karbonmonoksid 75 %. En slik reduksjon i de lokale utslippene vil gi et betydelig positiv bidrag til lokalmiljøet i Trondheim.

I oppgaven er det vurdert hvorvidt det kan være lønnsomt å opprette en bedrift som samler inn brukt frityrolje fra byens restauranter prosesserer det og selger det som biodiesel. Det ble funnet at en slik bedrift vil kunne være lønnsom og ha ca. 400 000 kroner i årlig overskudd når ikke lønnskostnader er medregnet. Likevel vil det i et slikt selskap være forholdsvis dårlig økonomi og det må vurderes om andre utviklingsmuligheter må vurderes for å øke omsetningen.

Abstract

On the basis of the increased awareness of global warming and the high emissions of greenhouse gases from the transport sector it is drawn increased attention to the possibility of switching to more environmental friendly transport fuels. Today the emissions of CO_2 from the transport sector represent 22 % of the overall emissions of CO_2 in Norway. Biodiesel made from used cooking oil could be one possibility, which could help reduce the overall greenhouse gas emissions. By using what was waste to produce transport fuels, one does not increase the overall climate gas emissions.

This report aims to investigate whether it is possible to make use of the used cooking oils for transport fuels, in respect to resources, production and use.

In the laboratory a certain amount of biodiesel was made from used cooking oil, collected from a restaurant in Trondheim. Analyses of the fuel were made, and it could be confirmed that the fuel was indeed biodiesel, at least to some extent although the fuel did not comply with the standard EN14214 on all parameters. Then motor test was then conducted on a Scania DC11 02 engine, the same as for buses in Trondheim. The tests showed that the engine worked fine on the fuel. Biodiesel from used cooking oil was then compared with conventional petroleum diesel and commercial biodiesel. The result showed that the fuel consumption increased by about 10 % when biodiesel was used compared to petroleum diesel.

The results from the motor test also showed that a slight increase of about 13 % in the NOx emissions could be noted. This is unfavorable, due to the Norwegian commitment in the Gothenborg protocol. Nevertheless, the results showed considerable reductions in local pollution; particle emissions were reduced by almost 90 %, hydrocarbons emission by up to 80 % and carbon monoxide by up to 75 %. This would be a very favorable effect for the local environment in Trondheim.

The report investigated whether a small business could be established collecting used cooking oils from restaurants in Trondheim, make biodiesel and sell it to the population or to large companies like the bus company. In the report it was found that such a business could indeed be economically viable and have a yearly outcome in the area of 400 000 Norwegian kroners, when personal wages

are not included. Nevertheless, such a company would have a quite small turnover and further development of the company should be considered.

1 Innholdsfortegnelse

1 Innholdsfortegnelse ..... *vi*

2 Introduksjon *1*

2.1 Hvorfor bør vi velge biodiesel? **1**

2.2 Rudolf Diesel **4**

2.3 Brukt frityrfett som råvare i Trondheim **5**

2.4 Oppgavens begrensninger **6**

3 Teoridel *7*

3.1 Hva er biodiesel? **7**

3.1.1 Kjemi 7

3.1.2 Egenskaper og kompatibilitet 8

3.1.3 Viskositet 9

3.1.4 Kuldeegenskaper 9

3.1.5 Cetantall 10

3.2 Miljøbetraktninger **11**

3.2.1 Lokale utslipp 11

3.2.2 Livssyklusbetraktninger 13

3.2.3 Konkurranse med matproduksjon 14

3.3 Standarder **14**

3.4 Biodiesel status **16**

3.4.1 Biodiesel i Europa 16

3.4.2 Biodiesel i USA 18

3.4.3 Resten av verden 19

3.4.4 Biodiesel i Norge 19

3.4.5 Biodiesel i Trondheim 20

4 Metodikk *23*

4.1 Tillaging av biodiesel **23**

4.1.1 Fremgangsmåte: 24

4.1.2 Erfaringer 28

4.2 Analyser **28**

4.3 Motortester **31**

4.3.1 Effekt og drivstofforbruk 33

4.3.2 Utslipp 34

4.3.3 Feilkilder 36

5 Bedriftspotensiale ***37***

5.1 Ressursgrunnlag: **37**

5.2 Innsamling og prosessering **38**

5.3 Fabrikk **40**

5.4 Salg **41**

5.5 Markedspotensiale **42**

5.5.1 Aktører i Trondheim 42

5.5.2 Økonomi 43

5.5.3 Tilpasningsdyktighet 45

5.6 Utviklingsmuligheter **46**

5.6.1 Utvikling i Trondheim 46

5.6.1 Utarbeiding av et felles innsamlingssystem for hele Norge 46

6 Konklusjon ***49***

7 Referanser ***51***

APPENDIKS A ***54***

APPENDIKS B ***55***

APPENDIKS C ***56***

APPENDIKS D ***63***

APPENDIKS E ***67***

Figurindeks

Figur 1: Historisk temperaturvariasjon og CO_2-konsentrasjon i atmosfæren [4] 2
Figur 2: Historisk utvikling i verdens oljeproduksjon [5] 3
Figur 3: Rudolf Diesel 4
Figur 4: Generell ligning for transesterifisering av triglyserider [3] 7
Figur 5: Utslipp fra biodiesel på kraftige motorer [8]..... 12
Figur 6: Utvikling i produksjon av biodiesel i EU25 1998-2005 [21]..... 17
Figur 7: Salg av biodiesel i USA [23]..... 18
Figur 8: Oljen forvarmes..... 24
Figur 9: Ubehandlet brukt frityrolje, før transesterifisering 26
Figur 10: Ufiltrert og useparert biodiesel med bunnfall av glyserol, etter transesterifisering..... 26
Figur 11: Scania DC11 02 med tilkoblet måleutstyr, brukt til drivstofftester 32
Figur 12: Drivstofforbruk ved forskjellig effekt..... 33
Figur 13: Forskjell i utslipp mellom petroleumsdiesel og tillaget biodiesel..... 34
Figur 14: Prosentvis forskjell i utslipp mellom kommersiell biodiesel og den tillagte biodieselen fra frityrolje 35
Figur 15: Prosessflytskjema for biodiesel produksjon [1] 39
Figur 16: Greenfuels LTD prosesseringsenhet Fuelmeister [31]..... 40
Figur 17: Grafisk fremstilling av en biodiesel prosesserings enhet [26] 41

Tabellindeks:

Tabell 1: Sammenligning av drivstoff egenskapene til diesel og biodiesel [10] 9
Tabell 2: Sammenligning av biodiesel standarder [12] 15

Forkortelser

CH_4 – Metan

CO – Karbonmonoksid

CO_2 – Karbondioksid

CP – Cloud point

FA – Fettsyrer

FAME – Fatty Acid Methyl Esther

FSN – Filter smoke number

HMN – Heptametylnonane

KOH – Kaliumhydroksid (kaliumlut)

MJ = Mege joule

NAOH – Natriumhydroksid (natriumlut)

Nm – Newton meter

N_2O – Nitrogenoksid (lystgass)

NTNU – Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

RME – Raps Methyl Esther

PP – Pour point

PM – Particulate matter (svevestøv)

SO_2 – Svoveldioksid

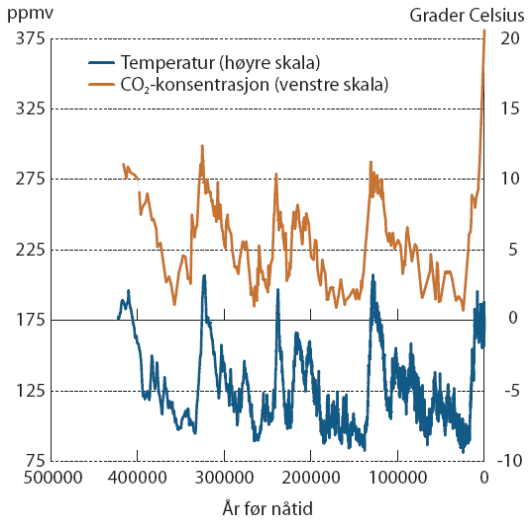
TAG – Triglycerider

2 Introduksjon

Denne rapporten er utarbeidet som et resultat av en masteroppgave utført ved institutt for energi- og prosessteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven er en mulighetsstudie rundt temaet introduksjon av biodiesel i Trondheim, med fokus på utnyttelsen av brukt frityrolje fra byens restauranter. Oppgaven har en praktisk og en teoretisk del som til sammen prøver å gi et innblikk i mulighetene som finnes. Først gis en kort introduksjon på temaet generelt om biodiesel i kapittel 2, så følger en teknologisk innføring i biodiesel produksjon samt ett status overblikk på biodiesel i verden i kapitel 3. I kapittel 4 gis en rapportering på det praktiske arbeidet som er utført, samt resultater på laboratoriearbeide, analyser og motortester. Kapittel 5 prøver å belyse mulighetene for å opprette en bedrift basert på produksjon av biodiesel fra frityrolje i Trondheim før rapporten kommer med konklusjoner i kapittel 6.

2.1 Hvorfor bør vi velge biodiesel?

Økt fokus på global oppvarming har satt reduksjon av drivhusgasser på dagsorden. Forskere enes nå i stor grad om utfordringene som verdenssamfunnet står ovenfor skal global oppvarming bremses. Historisk har det vært store svingninger i temperaturen på jordkloden, likevel er dagens klimaendringer alarmerende, det er fordi endringene skjer hurtig og de er i stor grad menneskeskapte [4]. Drivhusgasser som karbondioksid (CO_2) slippes ut i atmosfæren etter forbrenning av fossile brensler til energiformål. I figur 1 gies en fremstilling av historisk temperaturvarisajon og konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren. Av grafen ser man at konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren aldri har væt så høy som nå. Det som gjør situasjonen alvorlig er sammenhengen mellom konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren og temperatur-svingningene på jorden (figur 1), hvilket skulle tilsi at verden står ovenfor en temperaturstigning.



Figur 1: Historisk temperaturvariasjon og CO_2-konsentrasjon i atmosfæren [4]

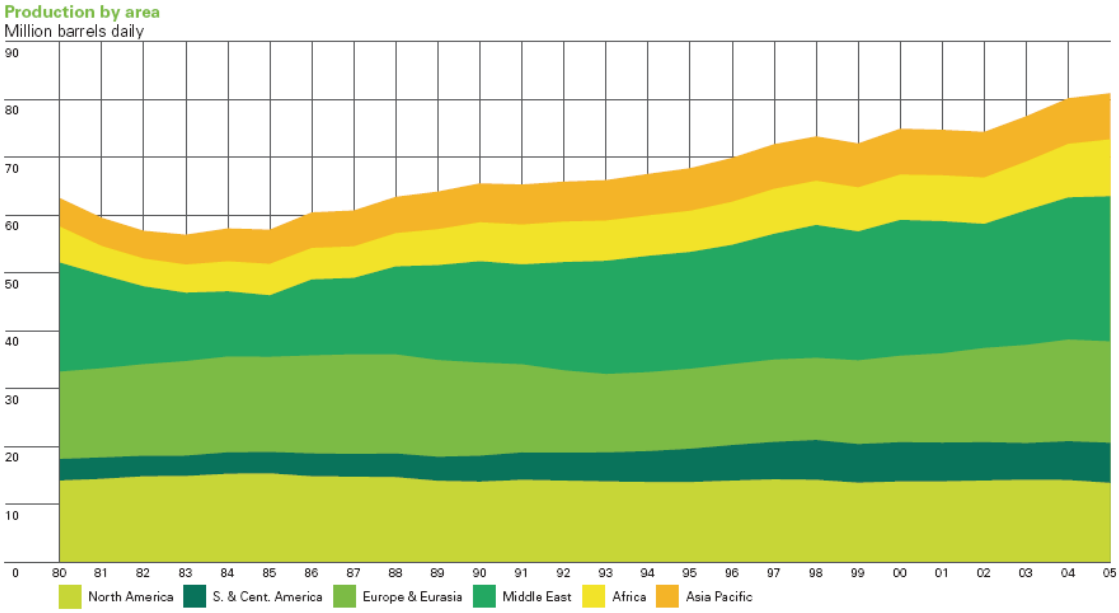
Siden 1750 og starten på den industrielle revolusjon har innholdet av karbondioksid, metan CH_4) og nitrogenoksid (N_2O) i atmosfæren økt betydelig. Før 1750 var innholdet av CO_2 i atmosfæren 280 ppm, i følge målinger gjort av Earth Systems Research Labaratory på Mauna Loa, Hawaii er innholdet CO_2 i atmosfæren nå 383 ppm og økende [27]. En omfattende studie av omfanget av konsekvensene av menneskeskapte klimaendringer utført av den britiske økonomen Nicolas Stern (2006) konkluderer med at klimaforandringene truer de mest nødvendige behov for mennesker rundt omkring på jorden, Stern mener videre at de vitenskapelige bevisene nå er så overveldende at det ikke lenger kan være tvil om de menneskeskapte utslippene bidrar til klimaendringer og at øyeblikkelig handling kreves. I følge rapporten vil kostnadene med å gjøre noe med klimaendringene nå bli mindre enn kostnadene ved å tilpasse seg klimaendringene når de har skjedd [16].

For å opprettholde dagens levestandard i vesten og samtidig få en utvikling i den tredje verden må forbruksmønsteret omlegges på en mer bærekraftigmåte. Forskning og utvikling av fornybar energi er den mest åpenbare løsningen på denne utfordringen.

Transportsektoren utgjør en betydelig del av disse utslippene, i Norge representerer transportsektoren 22 % av de samlede klimagassutslippene. Per i dag eksisterer få alternativer til

petroleums basert drivstoff. Sammen med elbiler og hydrogenbiler kan biodiesel være et av alternativene som i fremtiden bidrar til å redusere klimagassutslippene i verden [4].

Knapphet på ressurser er et annet tema som promoterer satsning på alternative drivstoff for transportsektoren. Forbruket av petroleumsbaserte produkter øker stadig i takt med verdens oljeproduksjon, samtidig minsker reservene på verdensbasis. Når disse reservene er brukt opp, vil verden tvinges til å benytte seg av andre løsninger. Noen steder, som på norsk sokkel har produksjonen av olje allerede passert toppen. I følge Agarwal (2007) har vi nok olje til 41 år, gitt at verden skulle bruke like mye olje som før [17]. I tillegg øker etterspørselen, den enorme utviklingen i Kina og India har presset etterspørselen etter olje på verdensmarkedet til nye høyder (se figur 2). Den økte etterspørselen, uroligheter i noen av verdens største oljeproduserende land samt nedgang i produksjon på blant annet norsk sokkel førte i 2005 til at verdensmarkedet opplevde de høyeste relative oljeprisene siden oljekrisene på 1970 tallet [35].



Figur 2: Historisk utvikling i verdens oljeproduksjon [5]

Ved å øke bruken av biodrivstoff vil det gi et bidrag til å få kuttet avhengigheten av fossile brennstoff samt redusere den globale oppvarmingen. I EUs biodrivstoffdirektiv er det nedfelt at 5,75 prosent av drivstofforbruket ved utgangen av 2010 skal være biodrivstoff. I Soria Moria erklæringen som den norske regjeringen gav ut da den tiltrådte i 2005 slåes det fast at regjeringen

ønsker å følge opp EUs biodrivstoffdirektiv, et lignende vedtak kan altså forventes å komme også i Norge [15].

2.2 Rudolf Diesel

Figur 3: Rudolf Diesel

Det er interessant å se litt på historien til dieselmotorens skaper Rudolf Diesel for å illustrere litt om hvilke motiver som lå bak utviklingen av motoren. Greg Pahl er benyttet som kilde i dette avsnittet [2].

Rudolf Diesel ble født i Paris den 18. Mars 1858, foreldrene hans, Theodor og Elise var opprinnelig Bayere fra byen Augsburg. Rudolf utviklet tidlig en interesse for det mekaniske og begynte på et maskiningeniørstudium i Augsburg i 1873.

Etter endt studium ble han tatt opp til et stipend ved den Tekniske Høyskolen i München hvor han studerte termodynamikk under professor Carl von Linde. Det var her Diesel først begynte å tenke på å konstruere hva han kalte en ”varmemaskin”. Hans motivasjon for dette var datidens dominerende kilde til industriell kraft, nemlig dampmaskinen. Dampmaskinen hadde meget dårlig

varmeutnyttingsgrad og i tillegg var den meget dyr, noe som favoriserte de store og rike bedrifter og gjorde det vanskelig for nydannede selskap. Diesel så dette som meget urettferdig og brydde han som den sosialt beviste mannen han var. Etter endt utdanning i 1880 begynte Diesel å jobbe på en stor maskinfabrikk, før han ble ansatt som fabrikksjef ved en kjøleskapsfabrikk i Paris. Her jobbet han videre med planene om en varmemaskin og i 1892 patenterte han maskinen.

I 1893, med støtte fra Augsburg machine works og Friedrich Krupp Werke bygde han den første prototypen av dieselmotoren. Denne prototypen gikk en liten stund, men så stoppet den etter at trykkventilen eksploderte, også med den andre prototypen var det problemer. Med den tredje prototypen i 1896 fikk endelig Diesel den suksessen han hadde ventet på. Motoren fungerte uten problemer og parafin ble brukt som drivstoff. Diesel ville skape en motor som kunne gå på forskjellige typer drivstoff, og han mente at motorens mulighet til å gå på vegetabilsk olje var bra for utviklingen av jordbruket. Likevel ble etter hvert et laverestående delprodukt av bensinraffineringsprosessen etter hvert benyttet som drivstoff i dieselmotoren, dette fordi petroleumsprodukter var lette å få tak i og relativt billig. Dette petroleumsproduktet fikk etter hvert navn etter motorens opphavsmann og ble simpelthen hetende diesel eller petroleumsdiesel. Motoren ble etter hvert finstemt etter dette produktet og mistet etter hvert muligheten til å gå på ren vegetabilsk olje og mistet også fleksibiliteten som Diesel hadde tenkt på.

2.3 Brukt frityrfett som råvare i Trondheim

I Trondheim er det et veldig begrenset innslag av alternative drivstoff i byens transportsektor. Utslippene av klimagasser i byen bidrar til global oppvarming og problemer med lokal forurensing er stor. I følge rapporten ”bedre luftkvalitet i Trondheim” er det hyppige overskridelser av grensene satt for partikkelutslipp flere steder i Trondheim året rundt. Problemet med partikkelutslipp er komplisert, men stammer blant annet fra bileksos [20]. Samtidig blir en stor ressurs, brukt frityrfett, sendt til Nord-Sverige for videre prosessering der. Restaurantene i Trondheim betaler Trondheim Renholdsverk eller lignende aktører for å hente brukt frityrolje og den utgjør dermed et avfallsproblem for restaurantene [19]. Avfallet, frityroljen, kan potensielt benyttes til produksjon av biodiesel. I denne oppgaven vil en slik mulighet undersøkes praktisk, og tester på motor vil bli gjennomført. Dette for å se hvorvidt det er en mulighet å etablere en bedrift og om det kan ha en positiv effekt på lokalmiljøet å introdusere biodiesel i Trondheim.

2.4 Oppgavens begrensninger

Masteroppgaven er et begrenset arbeidet, og det hadde vært ønskelig med en større tidsramme på prosjektet. Likevel er det mulig prosjektet videreføres i kommende prosjekt og masteroppgaver ved NTNU. Med en arbeidsbelastning tilsvarende et semester ved NTNU, er tidsrammen ved denne oppgaven 1056 timer.

3 Teoridel

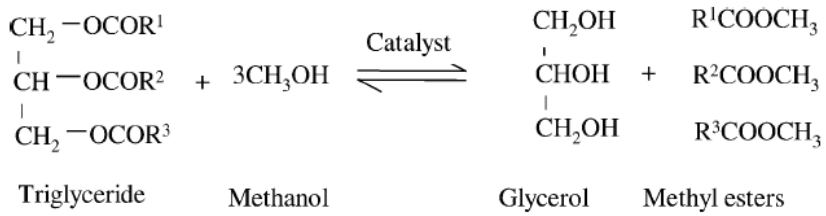
3.1 Hva er biodiesel?

For å få et bedre innblikk i hva biodiesel er det viktig å skjønne den kjemiske reaksjonen som skjer når man lager biodiesel, hvilke egenskaper den har og andre aspekter rundt teknologien.

3.1.1 Kjemi

Hovedbestanddelen i vegetabilske oljer og animalsk fett er triglycerid (TAG). Den kjemiske komposisjonen av TAG er fettsyrer (FA) med glyserol (1,2,3-propantriol, ofte kalt glyserin). Hvert molekyl av olje består av tre fettsyre kjeder tilkoblet et glyserolatom. Oljen består av til sammen 14 forskjellige typer fettsyrer. Glyserol fremstår som et problem for moderne dieselmotorer fordi det er en tykk flytende substans. Pågrunn av den høye viskositeten som denne substansen har er den uegnet i dagens dieselmotorer, der det vil tettes til i filtre og slanger [1, 2, 10].

For å produsere biodiesel må glyserol fjernes fra fettsyrene, dette gjøres gjennom en kjemisk reaksjon kalt transesterifisering. I denne reaksjonen blir hvert oljemolekyl brutt ned til tre fettsyre kjeder og et separat glyserin molekyl. Dette gjøres ved å tilsette alkohol (fortrinnsvis metanol) og en katalysator (vanligvis lut). Alle de tre fettsyrene tilkobles et av de nye alkohol molekylene og tre mono-alkyl ester. På denne måten kan man si at prosessen har skiftet ester, fra triglyserol og alkohol, til alkyl ester (biodiesel) og glyserol, derav navnet transesterifisering. Prosessen er vist kjemisk ved figur 4 [1, 2, 3].



Figur 4: Generell ligning for transesterifisering av triglyserider [3]

Methyl ester (FAME) er et annet navn på biodiesel som bruker metanol i reaksjonen og er den mest vanlige biodiesel i dag. Ethyl ester kalles biodiesel laget med etanol i reaksjonen [1]. Glyseroldelen inneholder i tillegg til glyserol, overskudds metanol og det meste av katalysatoren. For videre bruk av glyserolen må derfor denne delen raffineres, første steg er å tilsette syre for å splitte opp i fettsyrer og salt. Saltet blir igjen i glyserolen, mens fettsyrene kan fjernes. Metanolen kan fjernes ved en vakuumprosess eller en annen type fordampningsprosess [1]. Hvordan dette gjøres praktisk blir omtalt i avsnitt 5.2.

Biodiesel kan fremstilles fra en imponerende variasjon av råstoff, både planteoljer og dyrefett kan brukes til biodiesel produksjon. Avfallstoff som for eksempel brukt frityrolje kan få nytt liv ved å benyttes som råstoff til biodieselproduksjon. Valget av råstoff til biodieselproduksjon er i stor grad avhengig av geografi og tilgjengelighet. Produksjonsprosessen må tilpasses valgt råstoff og kan derfor variere en del [1].

3.1.2 Egenskaper og kompatibilitet

Konvensjonell diesel er et produkt av petroleumsdestillering og er en fraksjon for produkter med kokepunkt midt mellom ytterpunktene, petroleumsdiesel omtales derfor også som mellomdestillater. Biodiesel er laget for å være tilpasset motoren, og er derfor svært lik konvensjonell diesel, men noen ulikheter finnes [2].

Biodiesel har lavere energitetthet enn konvensjonell diesel, dette kommer av at biodiesel har et høyere oksygeninnhold. Biodiesel og konvensjonell diesel har lik koketemperatur, men biodiesel har lavere flammepunkt. Noe som betyr at biodiesel er tryggere og kan behandles ved høyere temperaturer, da den tar fyr ved en høyere temperatur [10]. Tabell 1 gir en sammenligning av egenskapene til konvensjonell diesel og biodiesel.

	Konvensjonell diesel	Biodiesel
Drivstoff sammensetning	C10 – C21 HC	C12 – C22 FAME
Lavere brennverdi	36,8 MJ/liter	32,8 MJ/liter
Tetthet v/ 15 °C	0,8435 Kg/liter	0,8782 Kg/liter
Karbon vektprosent	87	77
Hydrogen vektprosent	13	12
Oksygen vektprosent	0	11
Svovel	0,05 Maksimum	0,0 – 0,0024
Kokepunkt	188 - 343 °C	182 – 338 °C
Flammepunkt	60 – 80 °C	100 – 170 °C
Cloud point	-15 – 5 °C	-3 – 12 °C
Pour point	-35 – -15 °C	-15 – 10 °C
Cetan nummer	40 – 55	48 – 65

Tabell 1: Sammenligning av drivstoff egenskapene til diesel og biodiesel [10]

3.1.3 Viskositet

Om viskositeten i brenselet er for høyt, fører det til at innsprøytningen i brennkammeret blir dårligere og fortetning i motoren skjer lettere. Høy viskositet er grunnen til at ren planteolje ikke er blitt foretrukket som drivstoff på dagens dieselmotorer. Biodiesel har høyere viskositet enn konvensjonell diesel, men likevel en akseptabel viskositet for en del dieselmotorer, viskositeten varierer også avhengig av hvilket råstoff som er brukt [1].

3.1.4 Kuldeegenskaper

Biodiesel har dårligere kuldeegenskaper enn konvensjonell diesel. Når diesel utsettes for synkende temperaturer mot metningstemperatur, begynner en dannelse av vokskrystaller i dieselen. Den temperaturen disse vokskrystallene blir synlig på (diameter $\geq$ 0,5 μm), defineres som cloud point (CP), faller temperaturen videre når dieselen pour point (PP), ved denne temperaturen slutter dieselen å flyte gjennom drivstoffslangene og dieselen blir geleaktig. Dette skaper fortetning i drivstoffslanger og filtre. Problemet er større i biodiesel, pågrunn av at biodiesel har høyere CP og PP enn petroleumsdiesel. Avhengig av hvilket råstoff som brukes for biodieselproduksjon varierer CP og PP. Generelt er det slik at råstoff med lavt innhold av mettede fettsyrer, slik som raps, oliven eller linfrø har lavere CP og PP. Mens animalske oljer har et høyere CP og PP [1, 2].

Det finnes måter å forbedre kuldeegenskapene til biodiesel, slik at biodiesel også kan brukes om vinteren, forslagene som har fått mest oppmerksomhet er: innblanding i petroleumsdiesel, tilsetninger for å forbedre flytegenskapene og krystallisering/fraksjonering [1].

- **Blanding med petroleumsdiesel**
  En enkel og effektiv måte å forbedre kuldeegenskapene til biodiesel på er å blande biodieselen med petroleumsdiesel. Dette kan gjøres i forskjellig forhold, avhenging av hvor stor virkning man ønsker eller trenger. En blanding der det er 80 % biodiesel kalles B80, likeledes kalles en blanding der det er 95 % petroleumsdiesel for B5. Med innblanding av petroleumsdiesel forsvinner naturligvis også miljøeffekt i henhold til prosentvis innblanding [1].

- **Tilsetningsstoffer**
  Mange forskjellige tilsetningsstoffer for å senke CP og PP finnes allerede og brukes i konvensjonell diesel, disse kan også brukes på biodiesel. For mer informasjon om tilsetningsstoffene og bruken av de, se ”The biodiesel hanbook” side 95 – 103 [1].

- **Krystallisering/fraksjonering**
  Med bakgrunn i biodieselens natur kan krystallisering/fraksjonering vise seg å være et godt alternativ for å senke CP. Dette skjer ved å redusere det totale mettede alkyl ester innholdet. Krystallisering/fraksjonering er separasjon av lipidkomponentene basert på forskjell i krystalliseringstemperatur.

3.1.5 Cetantall

Cetantallet er en dimensjonsløs beskrivelse for tenningsegenskapene til dieselen, altså den hovedbestemmende faktor for dieselkvaliteten. Skalaen for cetannummeret er bestemt av en blanding av to rene hydrokarboner, cetan ($C_{16}H_{34}$) som har høy tenningskvalitet og finnes i toppen av skalaen med cetannummer 100 og isocetan (*heptamethylnonane*, HMN) som har lav tenningskvalitet med cetannummer 15 [6]. Heywood, 1988 gir denne formelen for å finne cetannummeret:

$$CN = percent\ n\text{-}cetane + 0.15 \times percent\ HMN \qquad (1)$$

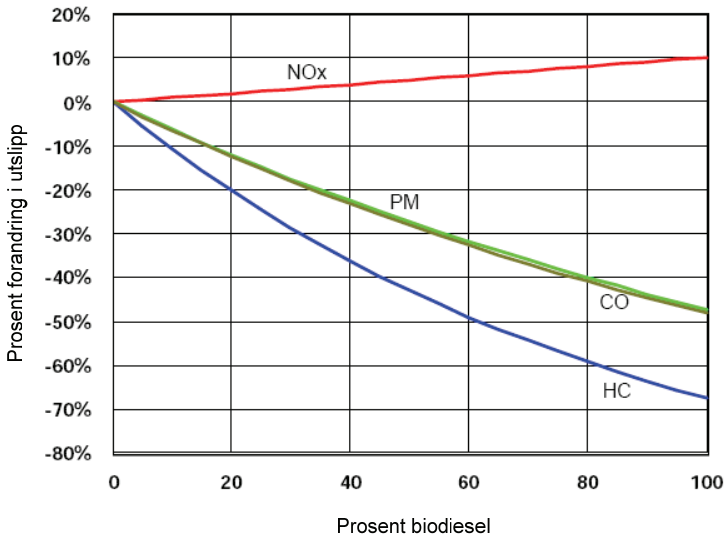
Biodiesel har et cetantall som normalt er litt høyere enn vanlig petroleumsdiesel. I en studie utført av Agarwal et. al. (2001) anslås petroleumsdiesel å ha et cetantall på 50, mens biodiesel har et cetantall på 52 [7]. Dette gjør at biodieselen har positive fordeler over petroleumsdiesel fra et forbrenningsperspektiv.

3.2 Miljøbetraktninger

Selv om bruk av biodiesel reduserer CO_2-utslippene er det likevel en del utslipp av klimagasser som følge av måten den er produsert på. Ved å se på biodiesel i et livsløpsperspektiv kan man få bedre oversikt over klimagassutslippene knyttet til bruk av fossil energi til fremstilling og gjødsling av plantene. I tillegg er det ved bruk av biodiesel en del andre utslipp, slik som NOx og partikkelutslipp som må undersøkes nærmere.

3.2.1 Lokale utslipp

De lokale utslippene varierer veldig fra hvilken motor som brukes og hvilket råstoff som blir brukt til framstilling av biodieselen. Figur 5 er hentet fra en amerikansk studie og kan gi en antydning på hvordan utslippene er fra en kraftig motor som går på biodiesel laget av soya[1, 8]



Figur 5: Utslipp fra biodiesel på kraftige motorer [8]

Av figur 5 går det frem at NOx-utslippene øker ved bruk av biodiesel i motoren, dette henger sammen med at biodiesel har litt andre mekaniske egenskaper enn konvensjonell diesel, og fører til at det blir en liten forandring i drivstoffsinjiseringen [1]. Dette fører til en høyere forbrenningstemperatur som igjen leder til høyere NOx-utslipp [17]. Mulige justeringer som kan rette opp dette problemet er å heve cetannummeret eller å redusere innholdet av aromatiske forbindelser i biodieselen. Dette kan for eksempel gjøres ved å tilsette høyverdig diesel slik som syntetisk fremstilt Fischer-Tropsch diesel. Knothe et. al. (2005) peker på at jo høyere innhold av mettede fettsyrer som er finnes i råmaterialet jo mindre utslipp av NOx blir det fra biodieselen. For PM (Particulate Matter, partikkelutslipp) er det motsatt, PM utslippene fra biodiesel er lavere enn fra konvensjonell diesel [1]. I testen som er lagt til grunn for figur 5 er det benyttet soyaolje som råstoff, generelt er det for forskjellige typer av biodiesel ganske like utslipp, men studier har vist at man kan forvente lavere NOx-utslipp fra biodiesel fra mer mettede oljer. For partikkelutslipp er det omtrent de samme verdiene [1]

Biodieselens komposisjon er essensiell for utslippene som medfølger ved forbrenning. Biodiesel inneholder mindre karbon, svovel og vann enn konvensjonell diesel, men inneholder mer oksygen. Mindre karbon fører til mindre utslipp av CO, CO_2 og sot. Biodieselens lavere innhold av svovel

fører til minimale utslipp av SO_2. Høyere innhold av oksygen i biodiesel fører til den forbrenner mer fullstendig enn konvensjonell diesel, og derfor reduserer utslipp av hydrokarboner og CO [10].

En tillaget biodiesel fra brukt frityrolje ble i forbindelse med denne oppgaven tillaget og testet i laboratoriet, og utslipp fra dette drivstoffet ble sammenlignet med konvensjonell petroleumsdiesel og kommersiell biodiesel, resultatene fra denne testen er gjengitt i avsnitt 4.3.2.

3.2.2 Livssyklusbetraktninger

Hvis hele livssyklusen til biodiesel betraktes møter man på temaer som berører bærekraft for drivstoffet. Det er av stor interesse hvordan råstoffet til biodiesel er tilaget, er det for eksempel brukt fossile brensel til maskiner som har vært med i produksjonen og hvor mye N_2O er sluppet ut ved kultivering fra åkrene [1]. N_2O (eller lystgass) er en meget kraftig klimagass, opp til 300 ganger så sterk som CO_2, dette fører til at utslipp selv i moderate mengder har stor innvirkning på klimaet [36]. En LCA analyse er et analyseverktøy som betrakter disse spørsmålene. I Knoethe et. al. (2005) er flere LCA analyser gjengitt, resultatene som kommer frem viste at:

- Alle biodieseltyper har positive energi- og klimagassbalanser. Alle biodieseltyper bruker mindre fossil energi enn konvensjonell diesel og hjelper til å redusere utslipp av drivhusgasser [1]
- Mest å hente er det ved å bruke raps- og solsikkeolje, fulgt av Canola. Uansett må planting tilpasses de geografiske områder. Ikke alle oljeplanter passer like bra overalt [1].

En såkalt well-to-wheel analyse utført av EUCAR, CONCAWE og JRC (2007) viser at RME (raps methyl ester) kan spare 53 % av klimagassene i forhold til konvensjonell diesel. I rapporten påpekes det imidlertid at bildet er ganske usikkert pågrunn av N_2O utslippene ved gjødsling, disse varierer mye og er sterkt avhengig av produksjonsmetode [36].

Produksjon av biodiesel kan også medføre noen økologiske uønskede resultater som eutrofiering og forsurning [1].

Når det gjelder biodiesel fra brukt frityrolje er det slik at det regnes som et avfallsprodukt i utgangspunktet og er ikke produsert med tanke på biodieselbruk. Dette gjør at man kan betrakte livssykluserspektivet på en litt annen måte en for vanlig biodiesel. Utnyttelse av dette avfallet blir da en forlengelse av livsløpet til frityroljen og vil forbedre livsløpsperspektivet til frityrolje brukt i restauranter.

3.2.3 Konkurranse med matproduksjon

Bruk av biodiesel har også et annet aspekt, i den siste tiden er det kommet frem at produksjon av råstoff til biodieselproduksjon har ført til økte matpriser på verdensmarkedet. Biodieselprodusenter konkurrerer om råstoff som også kunne vært brukt til mat for mennesker eller for til dyr. I Mexico har det for eksempel vært store demonstrasjoner mot økte priser på tortilla, dette har blitt koblet til den økte produksjonen av biodiesel. Selv om produksjon av biodrivstoff kan ha vært en medvirkende årsak til den stigende matprisen må tørke og dårlig avling samt en reduksjon av importlisensen ta en like stor del av ansvaret for de økte prisene på matvarer [15]. For fremtidig satsning på biodrivstoff er det imidlertid viktig å få på plass retningslinjer for import av bærekraftig produsert biodiesel, slik at konflikter som dette ikke oppstår.

I forbindelse med produksjon av biodiesel fra et avfallsprodukt som brukt frityrolje kommer man naturlig nok ikke inn på disse problemene i like stor grad.

3.3 Standarder

Etter hvert har det blitt utviklet flere standarder for biodiesel for at alle involverte parter skal kunne gå god for at produktet er av akseptabel kvalitet. Standarder for biodiesel er også viktig for at styresmaktene skal kunne vurdere sikkerhetsspørsmål og miljøbelasting. For bilprodusenter er det viktig å kunne forholde seg til et standardisert drivstoff slik at kompatibilitet kan vurderes [12].

Den første biodiesel standarden ble publisert i Østerrike i 1990, den fikk navnet ONORM C1190. Denne standarden dannet grunnlaget for flere som har kommet senere, i blant annet Frankrike og Tyskland kom nye standarder etter hvert. En koordinerings gruppe for EU ble etter hvert nedsatt

og standarden EN 14214 ble utarbeidet og har tatt over for de nasjonale standardene i europeiske land [12].

I USA er standarden ASTM D 6751-02 gjeldende. Denne standarden setter det nødvendige omfang av transesterifiseringsreaksjonen gjennom spesifikasjon av gjenværende glyserol i drivstoffet [11].

Brasil, Canada og Australia er eksempler på andre land som har utviklet egne standarder for biodiesel [12].

Tabellen under er hentet fra Prankl et. al. (2004) og gir en sammenligning av et utvalg av standarder:

			EU	**USA**	**Brasil**	**Australia**
Standard/spesifikasjon		**Enhet**	**EN 14214**	**ASTM D6751-02**	**ANP 255**	
Tetthet	15 °C	Kg/m^3	860 - 900		Som diesel	860 – 900
Flammepunkt		°C	≥ 120	≥ 130	≥ 100	≥ 120
Maksimalt svovelinnhold		% av masse	≤ 0,0010	≤ 0,05	≤ 0,0010	0,0010
Cetan nummer			≥ 51	≥ 47	≥ 45	≥ 51
Viskositet	20 °C	mm^2/s	3,5-5,0	1,9 – 6,0	Som diesel	3,5 – 5,0
Monoglyserid innhold		% (m/m)	0,80		1,00	
Diglyserid innhold		% (m/m)	0,20		0,25	
Triglyserid innhold		% (m/m)	0,20		0,25	
Ester innhold		% (m/m)	96,5	96,5		96,5
Metaller (gruppe 1, Na, K)		Mg/kg	5		10	5
Metaller (gruppe 2, Ca, Mg)		Mg/kg	5			5
Syreverdi		mgKOH/g	≤ 0,50	≤ 0,80	≤ 0,80	≤ 0,80

Tabell 2: Sammenligning av biodiesel standarder [12]

Ut fra tabellen er det klart at den australske og den europeiske standarden ligner mye på hverandre. De er generelt også de standardene som er strengest. Likevel, standarder er dynamiske og i stadig utvikling og representerer det beste som er å få tak i på markedet. I fremtiden kan man se for seg en internasjonal standard, kanskje i form av en ISO standard [12].

Den europeiske standarden EN14214 som ville blitt aktuell for en eventuell produksjon i Trondheim fokuserer i størst grad på hvorvidt prosessen er komplett. Biodieselens innhold av

mono-, di-, og triglyserider, samt biodieselens esterinnhold er blant parametrene som klarest indikerer dette. Kravet om esterinnhold i EN14214 er ifølge Knoethe et al. (2005) et strengt krav. EN14214 inneholder også en egen del som omhandler kaldflytegenskaper, der blir det opp til nasjonale standardiserings komiteer å velge mellom seks forskjellige klasser for kaldflyt egenskaper for moderat klima og fem forskjellige klasser for kaldflyt egenskaper i arktiske klima [1].

3.4 Biodiesel status

Selv om ikke biodiesel fra brukt frityrolje er spesielt utbredt i verden finnes det etter hvert en stor industri som benytter transesterifiseringsteknologien til å fremstille biodiesel og industrien er sterkt voksende. I de følgende avsnittene følger en oppsummering av dagens status på biodiesel produksjon og handel i verden.

3.4.1 Biodiesel i Europa

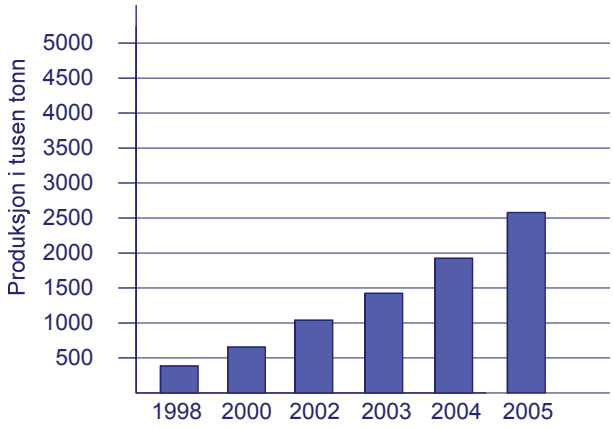
I følge Pahl (2005) er verdens produksjon av biodiesel nå 2,16 milliarder liter per år og Ifølge Bozbas (2005) var verdens produksjon i 2003 på 1,8 milliarder liter [2, 14]. Men produksjonen er allerede nå langt større og produksjonen stiger kraftig, ifølge European Biodiesel Board var det i 2006 en produksjonskapasitet bare i EU-land på over 6 millioner tonn biodiesel [21]. Likevel er det et stykke igjen til målet som er satt av EU på at 5,75 % av drivstofforbruket i unionen skal bli dekt av biodrivstoff i løpet av 2010. Ifølge Dieter Bockey (2005) er det i EU fire gode grunner til å iverksette videre satsning på biodrivstoff, (i) bekjempe klimaendringer, (ii) redusere lokal forurensning, (iii) skape arbeidsplasser og (iv) leveringssikkerhet av drivstoff [1].
I EU brukes skattefradrag på biodrivstoff som et viktig virkemiddel for å oppnå målet som er satt for innføring av biodrivstoff. Tidligere ble disse skattefradragene bestemt fra land til land og møtte noen ganger problemer med konkurranselovgivning i EU, men i 2003 ble det vedtatt et europeisk skattedirektiv for energi, der det ble slått fast at alle land kunne la være å skattlegge biodrivstoff. Denne lovendringen har ført til gunstige betingelser for biodiesel i Europa [2].

For tiden er Tyskland verdens største biodieselprodusent, i løpet av 2007 er det antatt at produksjonskapasiteten vil nå 4.5 millioner tonn. Dette er en enorm øking tatt i betraktning av at

det i 2000 var en produksjonskapasitet på 265 000 tonn i Tyskland. I følge UFOP (Union Zur Förderung von Oel- und Proteinplanzen E. V.) er det imidlertid en overkapasitet av produksjonskapasitet pågrunn av manglende nasjonal biodrivstoffstrategi som gir manglende salg [22].

Det finnes en del andre store produsenter i Europa og per i dag er Frankrike Europas neste største produsenten av biodiesel. Per 2006 var produksjonskapasiteten i Frankrike på 775 000 tonn. Med ca. 400 000 tonn produsert biodiesel i 2005 er Italia Europas tredje største produsent, men kan forventes å forbigå Frankrike med en litt høyere produksjonskapasitet. I tillegg er Østerrike, Tsjekkia og Slovakia store europeiske biodiesel produsenter [2, 21]

For å illustrere utviklingen som har vært i produksjonskapasitet kan vi se på utviklingen som har vært i EU over de siste årene i figur 6.



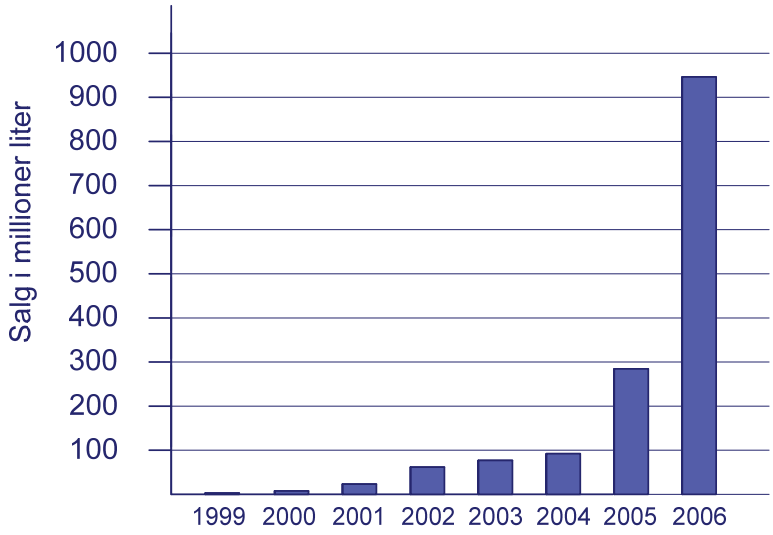
Figur 6: Utvikling i produksjon av biodiesel i EU25 1998-2005 [21]

Det har også blitt gjennomført en del eksempler på utnyttelse av brukt frityrolje til biodieselproduksjon i Europa, et godt eksempel på det er byen Graz i det sørøstlige Østerrike. I forbindelse med det europeiske programmet Trendsetter har det i byen Graz i Østerrike blitt iverksatt et prosjekt som har til mål å gjøre byen mer miljøvennlig og forebygge den økte personbiltrafikken mellom byens utkanter og bykjernen. Prosjektet har gått ut på å få byens bussflåte til å gå 100 % på lokalt produsert biodiesel. Dette har nå blitt gjennomført og byens 120

busser går på biodiesel, prosjektet vurderes nå utvidet til også å gjelde for byens taxier. Med tanke på byens størrelse, med et innbyggertall på ca. 280 000, er dette prosjektet noe som kanskje kunne overføres til norske forhold og Trondheim [24]. Som en kuriositet kan det også taes med at Graz vennskapskommune med Trondheim. For mer om miljøprogrammet Trendsetter anbefales det å gå inn på hjemmesidene deres: http://www.trendsetter-europe.org.

3.4.2 Biodiesel i USA

I USA har det også vært en voldsom vekst i biodieselproduksjonen, mens det i 1995 var det en produsent og distributør i USA, var det per januar 2007; 105 produsenter og over 1100 distributører [1, 23]. Ifølge National Biodiesel Board i USA er det per 2007 en produksjonskapasitet for biodiesel i USA på ca. 2,8 millioner tonn [23]. Salg av biodiesel har også økt kraftig i USA de seneste årene, i 2006 ble det solgt ti ganger så mye biodiesel i USA som i 2004. Figur 7 viser utviklingen i salg av biodiesel i USA fra 1999 til 2006.



Figur 7: Salg av biodiesel i USA [23]

Amerikanske myndigheter har signalisert at de ønsker å fortsette satsningen på biodrivstoff, og også i USA er det skattefradrag for biodiesel [2].

3.4.3 Resten av verden

Selv om Europa og USA til nå har vært de største produsenter av biodiesel er det skjedd ting i andre deler av verden også. Dette er interessant med tanke på at potensialet i mange land kan være større enn i Europa og USA. For mange land handler det om å skape et alternativ til oljeimport og sikre innenlands energisikkerhet. India har satt i gang pilotprosjekt for biodiesel produksjon, 5 fabrikker skal bygges til en kostnad av ca. 1,86 millioner dollar. I Kina er interessen økende og der produseres en del biodiesel fra rapsolje. I Afrika er mange prosjekter iverksatt, men få industrielle prosjekter har kommet særlig langt, fokuset her er på oljeplanten Jatropha. For øvrig er det også mange prosjekter i Sør-Amerika som har kommet i gang, selv om fokuset her, spesielt i Brasil har vært etanol fra sukkerrør [2].

3.4.4 Biodiesel i Norge

I Norge har produksjonen av biodiesel frem til nå vært meget begrenset, men produksjonen økes nå kraftig. HydroTexaco importerer fra Tyskland til anlegg i Oslo og Kristiansand, denne biodieselen blir i all hovedsak blandet inn som 2-5 % tilsetning i diesel som selges i omkringliggende områder. All deres biodiesel er importert biodiesel basert på raps som tilfredsstiller standarden EN14214 [13].

Milvenn AS i Bergen er et selskap som produserer biodiesel fra brukt frityrolje. Siden oppstarten i 2002 har gründerne Mark Pettit og Paul Wilson bygd opp bedriften i samarbeid med vestlandsforskning til å bli den viktigste leverandør av biodiesel i Bergen. Råvarene hentes fra restauranter som tidligere hadde et avfallsproblem med brukt frityrfett [18]. I følge Mark Pettit produserer Milvenn AS 1200 liter om dagen og henter råstoffet sitt hovedsakelig fra nærområdene, men også fra Østlandet. Milvenn har ifølge Pettit foreløpig ingen planer om å starte innsamling i Trondheimsområdet, men han legger til at det kunne vært interessant å årlig kjøre en eller to store leveranser av brukt frityrolje fra Trondheim til Milvenn anlegget i Bergen. Biodieselen som produseres av Milvenn AS møter ikke alltid standarden EN14214, men enkelte porsjoner klarer å tilfredsstille denne standarden [29].

I Osloområdet er flere fabrikker under planlegging. Selskapet BV energi er allerede i gang med produksjon i Dyneas tidligere limfabrikk på Hurum. Produksjonen baserer seg på importert

rapsolje, når anlegget er utbyd regner de med å ha en produksjonskapasitet på rundt 300 millioner liter i året. Selskapene Uniol og Oleon planlegger å bygge to produksjonsanlegg med en kapasitet hver på 100 millioner liter. Med den nye utbygde kapasiteten vil det i Norge kunne produseres biodiesel tilsvarende en femtedel av dagens forbruk av petroleumsdiesel [15].

En av hovedgrunnene til at produksjon av biodiesel nå øker er at de økonomiske rammebetingelsene for produksjon nå er langt bedre enn de var for noen år siden. Siden 1999 har det i Norge vært avgiftsfritak både for mineraloljeavgift (kr 3,02 per liter) og CO_2-avgift (kr 0,54 per liter). I tillegg har økende pris på råolje ført til en økte priser på konvensjonell diesel. Likevel er det fortsatt det eneste virkemidlet som er tatt i bruk for å legge til rette for økt produksjon av biodiesel i Norge, men regjeringen har nå signalisert at den vil komme med et omsetningspåbud i løpet av 2007 [15].

I forbindelse med revidert nasjonalbudsjett (mai, 2007) har myndighetene nå sendt ut til høring et forslag om to prosent omsetningspåbud for biodrivstoff i 2008, med opptrapping til fem prosent i 2009. I tillegg har regjeringen signalisert et ikke-forpliktende mål om syv prosent omsetning innen 2010 [15].

3.4.5 Biodiesel i Trondheim

Per i dag er det ikke et betydelig innslag av biodiesel i Trondheim. Selskapet Estra AS omsatte tidligere 10 millioner liter biodiesel årlig produsert fra fiskeavfall. Imidlertid imøtegikk ikke denne biodieselen standarden EN 14214 pågrunn av for høyt jodinnhold. Dette gjorde at innblanding av denne typen biodiesel i vanlig diesel ikke var sannsynlig, dette fordi oljeselskapene ikke ville ta risikoen. I stedet ble denne dieselen solgt på egne fyllestasjoner og til storkunder [13]. Bedriften har nå stoppet produksjon av biodiesel fra fiskeoljer, dels pågrunn av problemet med for høyt jodtall og dels pågrunn av problemer med økende verdi av foredlet fiskeolje [15]. På nettsiden til Estra AS opplyses det nå at bedriften selger biodiesel produsert fra raps av en ledende dansk produsent, denne dieselen oppfyller ifølge Estra AS de krav som er satt i EN14214 [30]. Estra AS opplyser i en e-post at de ikke har til hensikt å starte med produksjon av biodiesel fra brukt frityrolje i Trondheim pågrunn av det ifølge Geir Ivar Stokke i Estra AS er et for lite ressursgrunnlag i Trondheim til at det vil være økonomisk lønnsomt [32].

Statoil Norge opplyser på sine hjemmesider at man etter hvert skal kunne fylle lavinnblandet biodiesel på de fleste statoilstasjoner i Midt-Norge [15].

4 Metodikk

Som del av masteroppgaven skulle det gjennomføres en del praktisk arbeide, dette skulle gjøres for å få et innblikk i hvordan man kunne fremstille biodiesel og hvordan den fremstilte biodieselen var sammenlignet med annen biodiesel og petroleumsdiesel.

Følgende arbeid er blitt utført:

- Tillaging av biodiesel fra brukt frityrolje
- Analyser av den tillagte biodieselen
- Motortester på biodieselen

Et HMS datablad er lagt ved i appendiks E, selv om ikke databladet gjengir biodiesel fra brukt frityrolje er databladet likevel interessant siden komposisjonen er veldig lik.

4.1 Tillaging av biodiesel

For fremstilling av biodiesel ble fremgangsmåten beskrevet av Carter et. al. (2005) brukt [9]. Råstoffet, brukt frityrolje ble innsamlet fra en lokal Burger King restaurant der personalet var veldig behjelpelig med å skaffe tilveie frityrolje når det behøvdes. I tilegg ble det bestilt metanol og katalysator fra leverandøren VWR (NTNUs faste leverandør av kjemikalier) [33]. Under forsøkene ble laboratoriene til institutt for energi- og prosessteknikk ved NTNU tatt i bruk. Her var en del utstyr tilgjengelig, det som ikke var tilgjengelig ble kjøpt inn. Figur 8, 9 og 10 viser bilder fra tillagingsprosessen i laboratoriet.

4.1.1 Fremgangsmåte:

Denne fremgangsmåten er hentet fra Carter et. al. (2005), og den ble fulgt under fremstillingsperioden 26.3.2007 til 14.5.2007 [9].

1. **Forbehandlig av frityroljen:**

   Den brukte frityroljen kan inneholde mye vann, vannet må bort før reaksjonen kan skje, fordi vannet kan skape emulsjon kombinert med vannet. Oljen varmes opp til over 100 grader slik at vannet kokes bort, oljen kjøles så ned igjen.

Figur 8: Oljen forvarmes

2. **Titrering:**

   I teoridelen ble det beskrevet at man trenger en katalysator, lut, for å transesterifiseringsreaksjonen til å gå. I fremstillingen ble det benyttet kaliumlut (natriumlut kan også benyttes). I tillegg til å være en katalysator for prosessen nøytraliserer luten de frie fettsyrene i frityroljen. For å bestemme den riktige mengden lut som må tilsettes må det utføres en titrering. Siden innholdet av frie fettsyrer varierer i brukt frityrolje fra gang til gang må det gjennomføres titrering av hver porsjon. Titreringen må

skje etter at oljen er avvannet og godt mikset. Først må en standard løsning av kaliumlut tillages.

1. Vei ut 1 gram med KOH
2. Fyll en flaske med 1 liter de-ionisert vann.
3. bland så KOH ut i flasken med vann
4. Merk flasken ”KOH standard løsning”

Selve titreringen utføres slik:

1. Tilsett 10ml isopropyl alkohol i et beger, som mikser og oppvarmer.
2. Tilsett KOH standard løsning til PH har nådd 8,5. Bruk 0,5 ml om gangen ved bruk av en pipette.
3. Tilsett 1 ml avvannet og godt mikset av oljen som skal benyttes
4. tilsett 0,5 liter KOH standard løsning om gangen overvåk PH. Fortsett til PH-verdien er 8,5 igjen. Da er fettsyrene i oljen nøytralisert.
5. Det antallet milliliter KOH standard løsning som tilsettes tilsvarer antall gram KOH som skal brukes per liter olje i tillegg til 9 gram per liter som er den mengden som brukes for fersk vegetabilsk olje. Altså ble titreringsresultatet 4 ml, skal 4 + 9 gram KOH tilsettes pr. liter.

3. Miks metoksid

For hver liter olje trengs 200 ml metanol, dette tallet er fast. Den beregnede mengde katalysator løses ut i metanolen. Denne miksturen kalles metoksid, den skal så tilsettes oljen. Bland i en flaske og rist til all luten er løst ut.

4. Reaksjonen

Nå skal metoksiden tilsettes oljen for at transesterifiseringen kan starte. Dette må skje ved ca. 45 °C, om det blir mye varmere enn det vil metanolen begynne å fordampe (metanolen har kokepunkt ved 65 °C). Mens reaksjonen skjer må det mikses i blandingen for å få en best mulig reaksjon. Dette gjøres gjerne med en malingsmikser eller lignende, i små porsjoner skal det mikses i 10-20 minutter. Til å begynne med har blandingen en melkeaktig farge, når reaksjonen er ferdig er fargen mørk og klart.

5. **La blandingen stå**

Blandingen må nå stå over natten slik at biodieselen og glyserolen kan skille seg. Om reaksjonen har vært vellykket vil man den påfølgende dagen ha en lys brun og klar væske på toppen, dette er biodiesel. På bunnen vil det være en tykk mørk væske, dette er glyserol. Når reaksjonen har gått bra er det et veldig klart skille mellom biodiesel og glyserol.

Figur 9: Ubehandlet brukt frityrolje, før transesterifisering

Figur 10: Ufiltrert og useparert biodiesel med bunnfall av glyserol, etter transesterifisering

6. **Separere**

   Separer så glyserolen og biodieselen ved å tømme av biodieselen fra toppen, eventuelt kan glyserolen tømmes av i bunn. Biodieselen bør så filtreres igjen i et fint filter, i dette tilfellet ble kaffefilter benyttet.

7. **Tester**

   For å sjekke om det virkelig er biodiesel som er fremstilt kan noen enkle tester gjennomføres. For det første er de visuelle testene viktig, det skal være et klart skille mellom biodiesel og glyserol, er det veldig lite glyserol er det ikke sikkert prosessen ble komplett. I tilfellet med lite glyserol er den sannsynlige årsaken for lite katalysator, i motsatt fall med for mye katalysator kan det føre til geledannelse. Er det brukt for lite katalysator kan hele porsjonen reprosesseres og tilsettes mer katalysator.
   Andre tester er blant annet tetthetstesten, 1 liter biodiesel skal veie mellom 880 og 900 g/l.

8. **Vask biodieselen**

   Før biodieselen kan brukes må den vaskes. Urenheter som lut, såpe, metanol og vann må fjernes fra biodieselen ellers kan de skape problemer i motoren den skal brukes på. Den enkleste måten å fjerne disse urenhetene er ved å vaske biodieselen med vann. Tilsett vann forsiktig, ca 300 ml per liter biodiesel og rør forsiktig. Lut, såpe og metanol løser seg bedre i vann enn i biodiesel og går etter hvert over i vannet, mens biodieselen blir renere. Denne prosessen gjentas til vannet forblir klart etter vaskingen har skjedd.

9. **Avvanning**

   Det kan være nødvendig å avvanne biodieselen etter bruk, hvis biodieselen er godt vasket holder ikke biodieselen godt på vann fra atmosfæren likevel kan biodieselen noen ganger ha for høyt innhold av vann. I så tilfelle må biodieselen avvannes ved å varme biodieselen opp til 50 – 55 °C slik at vannet kan fordampes av.

4.1.2 Erfaringer

Tillagingen av biodieselen skjedde altså etter oppskriften gjengitt over. Produksjonen av biodiesel ble gjort i porsjoner fra 1 til 10 liter. Av ulike grunner ble mange av porsjonene mislykket, hvorfor dette skjedde forble uklart. Erfaringer viste imidlertid at mengde katalysator var meget viktig og etter hvert som fremgangsmåten for titrering ble mer nøye, det ble skaffet til veie en røremaskin slik at titreringen kunne utføres mer nøyaktig, og da ble også resultatene bedre. Det som gjorde at en mislykket porsjon kunne skilles fra en vellykket var mange ting, det viktigste var at man ikke kunne se et klart skille mellom biodiesel og glyserol. Noen ganger var det også en geledannelse på toppen. Etter hvert med nye titreringer viste det seg at det hadde blitt brukt for lite katalysator. De gangene dette skjedd kunne porsjonen reprosesseres, ny titrering gjennomføres og mer katalysator tilsettes. Enkelte ganger ble også porsjonen overkatalysert, altså for mye katalysator ble tilsatt, dette førte til at store deler ble til en geleaktig masse. De gangene dette skjedde kunne ingenting gjøres med porsjonen.

For videre forskning og tillaging av biodiesel i en mindre skala kunne med fordel utstyr på laboratoriet vært forbedret, i alle fall om større produksjon skulle vært gjennomført. Det beste tipset er å kjøpe inn et ferdig mini anlegg fra en av leverandørene (se appendiks A) til laboratoriet. Slike mini anlegg kan kjøpes inn fra ca. 10 000 kroner og oppover.

4.2 Analyser

For å kunne se litt nærmere på kvaliteten til biodieselen som ble tillaget i laboratoriet, ble det gjennomført noen enkle analyser. Det som av de visuelle testene så ut som vellykkede porsjoner ble blandet sammen til en stor porsjon. Denne store porsjonen var på ca. 20 liter og det var prøver av den som ble sendt til analyse. En full standardiseringstest av biodieselen var vanskelig å få gjennomført av praktiske hensyn, derfor ble enkelte viktige parametere valgt ut.

- **Brennverdi**
  Gjennomført i samarbeid med Erik Langørgen i termisk energiteknisk laboratorie ved NTNU.
  Høyere brennverdi ble funnet til 39,75 MJ/kg

- **Tetthet**

  Tetthetstest for den tillagte biodieselen ble gjennomført ved termisk energiteknisk laboratoriet ved NTNU.

  Tettheten til den tillagte biodieselen ble funnet til 864,1 g/liter. Dette er over kravet i standarden EN14214.

- **Vanninnhold**

  Analyse utført av institutt for kjemisk prosessteknologi ved NTNU, ved bruk av den såkalte Karl-Fischer metoden.

  Vanninnholdet i biodieselen er etter et gjennomsnitt av flere tester målt til 1,06 gram/kg, det vil si over de tillatte 500 mg per liter som standarden EN14214 krever.

- **Jodinnhold**

  Analyse utført av institutt for kjemisk prosessteknologi ved NTNU.

  Jodinnholdet i biodieselen ble målt med stor variasjon, resultatene ble (g iodine/100 g FAME)

  1: 115,86, **2:** 75,02, **3:** 96,24, **4:** 101,15

  Selv med stor variasjon er alle verdiene innenfor den verdien standarden EN14214 krever, på 120 g iodine / 100 g FAME

- **Esterinnhold**

  Analysen er utført av selskapet BVenergi ved Glenn Sunstad.

  Esterinnholdet ble målt til å ikke tilfredsstille standarden med resultatet: 82,1 % (m/m), det vil si under de 96,5 % tillatt ifølge standarden EN14214.

  Utskriftene fra analysetesten er vedlagt i appendiks C.

- **Innhold av mono- di- og triglyserider**

  Analysen er utført av BVenergi ved Glenn Sunstad

  Innholdet av de forskjellige fettsyrene i biodieselen ble målt, under gjengis resultatet med standardkravet i EN14214 gitt bak.

Monoglyserider: 0,43 % (m/m), krav <0,8 % (m/m)
Diglyserider: 2,0 % (m/m), krav <0,2 % (m/m)
Triglyserider: 5,3 % (m/m), krav <0,2 % (m/m)

En utskrift av analyseprøvene ligger vedlagt i appendiks C.

- **Metanolinnhold**
  Analyse utført av selskapet BVenergi ved Glenn Sunstad
  Metanolinnholdet ble målt til: 1 %, dette er høyere enn kravet satt i standarden EN14214, på maksimum 0,2 %.

Kommentar til analysetester:
Brennverdien er gitt i høyere brennverdi; 39,75 MJ/Kg omregnet til lavere brennverdi med en antagelse om 12 % hydrogeninnhold blir det 37,18 MJ/Kg.

Tettheten til vanlig petroleumsdiesel er ifølge datablad funnet på Statoil sine hjemmesider ca. 835 g/l, dette er ca. 3 % lavere enn tettheten til den tillagte biodieselen [40]. For den tillagte biodieselen som har en lavere brennverdi på 37,18 MJ/kg, blir det da på volumbasis: 32,13 MJ/liter i forhold til 35,74 MJ/liter for petroleumsdiesel. Dette gir altså en lavere energiintensitet på 10,10 %, og det bør forventes et høyere drivstofforbruk ved bruk av den tillagte biodieselen enn for vanlig petroleumsdiesel.

Vanninnholdet var alt for høyt, over dobbelt så høyt som maksimumsgrensen i standarden EN14214 krever, det er imidlertid å anta at dette vanninnholdet kommer fra produksjonen og vaskingen. Ved en mer profesjonell produksjon er det nærliggende å anta at dette ikke ville være noe problem.

Jodinnholdet som ble målt av kjemisk prosessteknologi ved NTNU var veldig varierende og det medfører dermed en del usikkerhet rundt dette tallet. Likevel siden ingen av de fire målingene overstiger grensen satt i EN14214 er det ingen grunn til å anta at biodieselen ikke klarer standarden på dette punktet.

Når det gjelder esterinnholdet i biodieselen viste analyseprøvene at det ikke var så høyt som standarden EN14214 krever, ser man dette i sammenheng med de høye glyserid veridene som ble målt i de påfølgende analysene er det grunn til å anta at transesterifisering ikke har blitt fullført. Restinnholdet av metanol som er en del høyere en det tillatte i standarden viser også at prosessen ikke har blitt komplettert. Likevel er ikke disse resultatene urovekkende ved videre satsning, dette pågrunn av at en mer profesjonell og nøyaktig tillaging av biodieselen vil kunne klart å heve esterinnholdet.

Studien "Biodiesel – Running vehicles sucsessfully on bio-diesel" av Haupt et al. (2005) gjennomgår hva utilstrekkelig kvalitet av biodiesel har å si for motoren. Er innholdet av glyserider for høyt som i den tillagte biodieselen kan det føre til koksavsetting på innsprøytningspumpen og stempelringer og kan være årsak til økt koksrest. I den samme studien slås det og fast at et for høyt vanninnhold, slik som i den tillagte biodieselen, vil føre til korrosjonsproblemer i motoren [39].

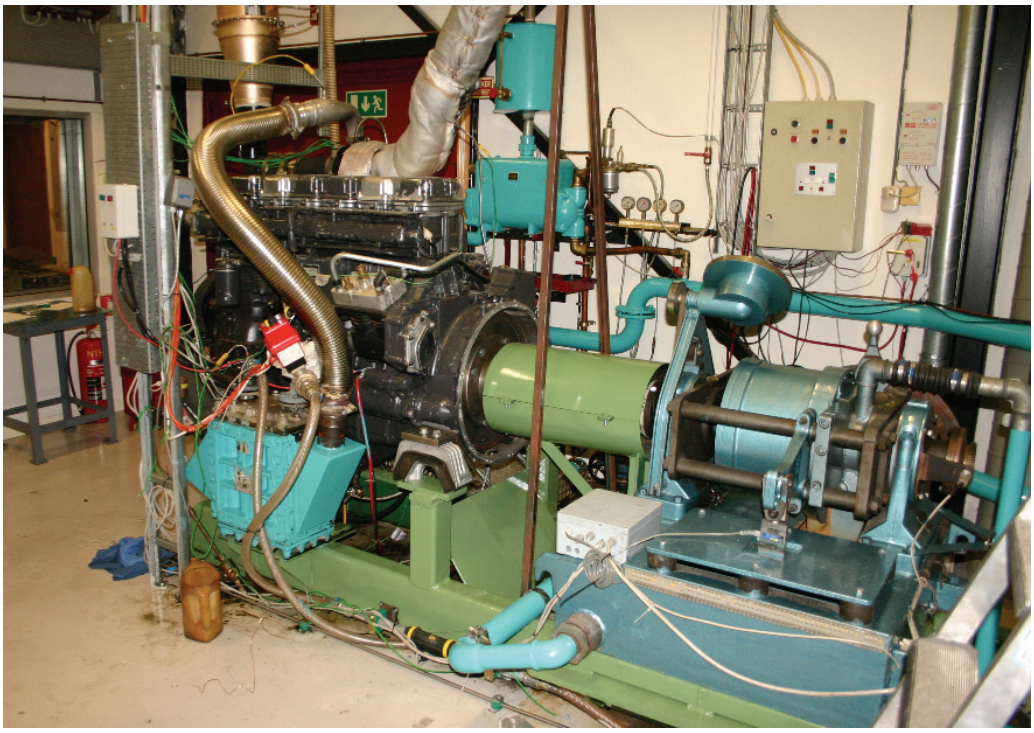
På bakgrunn av de gjennomførte analyser ble det tatt en generell vurdering av drivstoffet. Siden det var et esterinnhold på 82,1 %, må transesterifiseringsprosessen ha godt til en viss grad mot fullføring. Mangel på miksing eller feil i katalysatortilsetning kan ha vært årsaken til at ikke alt ble transesterifisert. Tetthet og brennverdi antydet også at dette var drivstoff som kunne brukes på motor. På bakgrunn av analysene ble det dermed avgjort at det skulle gåes videre å kjøre motortester på drivstoffet.

4.3 Motortester

Den 29. mai 2007 ble det gjennomført i samarbeid med Sintef Marintek motortester av den tillagte biodieselen, kommersiell biodiesel og petroleumsdiesel ved Marinteks laboratorier på Tyholt i Trondheim. Målet med testene var å se hvordan den tillagte biodieselen av frityrolje sammenlignet med konvensjonell petroleumsdiesel og kommersiell biodiesel.

Motoren som ble tatt i bruk var en Scania DC11 02, typisk for lastebiler, busser og ellers tunge kjøretøy. Motoren tilfredsstiller eurokrav 2 for tunge kjøretøy, dette er krav som er på mange av

bussene som opererer i Trondheim i dag, men nye busser må fra 2009 oppfylle eurokrav 5 som er langt strengere med henhold til utslipp. For å måle parametrene er det på laboratoriet installert måleutstyr, en oversikt over hvilket utstyr som ble benyttet er vedlagt i appendiks D. Målingene ble gjennomført i henhold til standard for avgassmålinger på forbrenningsmotorer ISO8178. Figur 11 viser et bilde av motoren som ble brukt under testene.



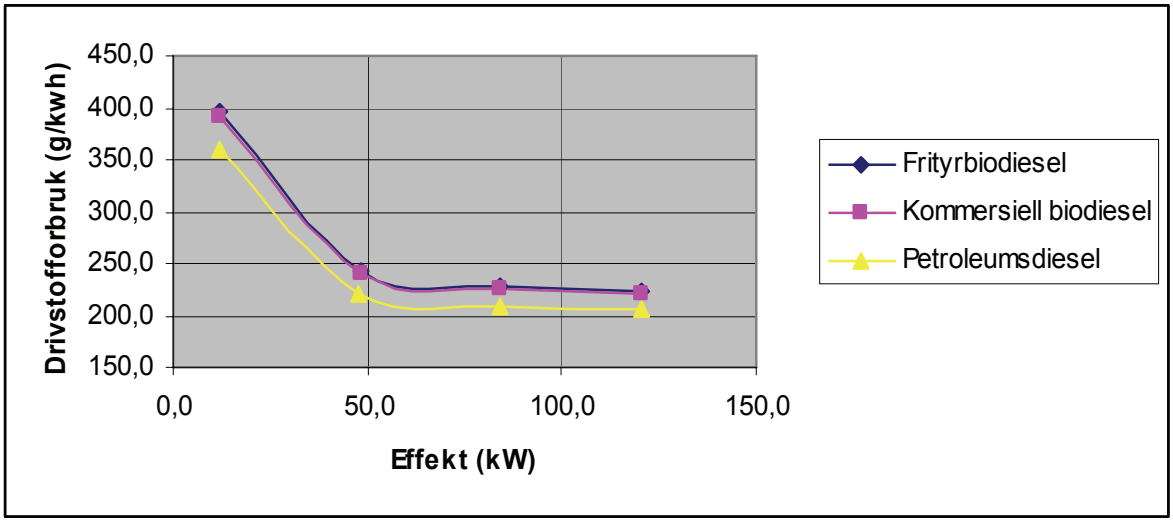
Figur 11: Scania DC11 02 med tilkoblet måleutstyr, brukt til drivstofftester

Testene ble gjennomført med tre forskjellige drivstoff for sammenligning. Først ble marin gassolje testet, som er essensielt det samme som vanlig petroleumsdiesel, så ble en blanding av 80 % raps metyl ester og 20 % palme metyl ester testet, før den tillagte biodieselen fra frityrolje ble testet. I alle testene ble det kjørt fire forskjellige belastninger med samme turtall. De fire belastningene var 100, 400, 700 og 1000 Nm dreiemoment. Grunnen til at disse belastningene ble valgt var å sjekke utslipp ved lav og høy last, da utslipp varier mye pågrunn av temperatur og opperasjonsforhold. Det er også viktig å ha en viss driftstid for å kunne få stabile driftsforhold å ta målinger ved. En begrensende faktor ved dette var at det var bare 20 liter tilgjengelig av den tillagte biodieselen, driftsbetingelsene var likevel så stabile at målinger kunne foretas. Parametrene som ble målt under motortestene var ytelse og utslipp, fullstendig tabell for de målte parametrene er vedlagt i

appendiks D. I tillegg vil noen av de viktigste resultatene bli gjengitt og kommentert i det påfølgende avsnitt 4.3.1.

4.3.1 Effekt og drivstofforbruk

I følge Pahl et. al (2005) har biodiesel lavere energiinnhold enn vanlig petroleumsdiesel, ca 10-12 prosent. Dette skulle føre til et tilsvarende høyere drivstofforbruk for biodiesel enn petroleumsdiesel [2]. I analysedelen (4.2) ble det antydet at det kunne forventes et økt drivstofforbruk på den tillagte biodieselen siden analyser og beregninger viste 10,1 % mindre energiinnhold på den tillagte biodieselen. Ved motortestene ble drivstofforbruket overvåket for alle de tre forskjellige drivstoffene og ved fire forskjellige laster. Grafen under (figur 12) viser en gjengivelse av drivstofforbruket som ble målt.

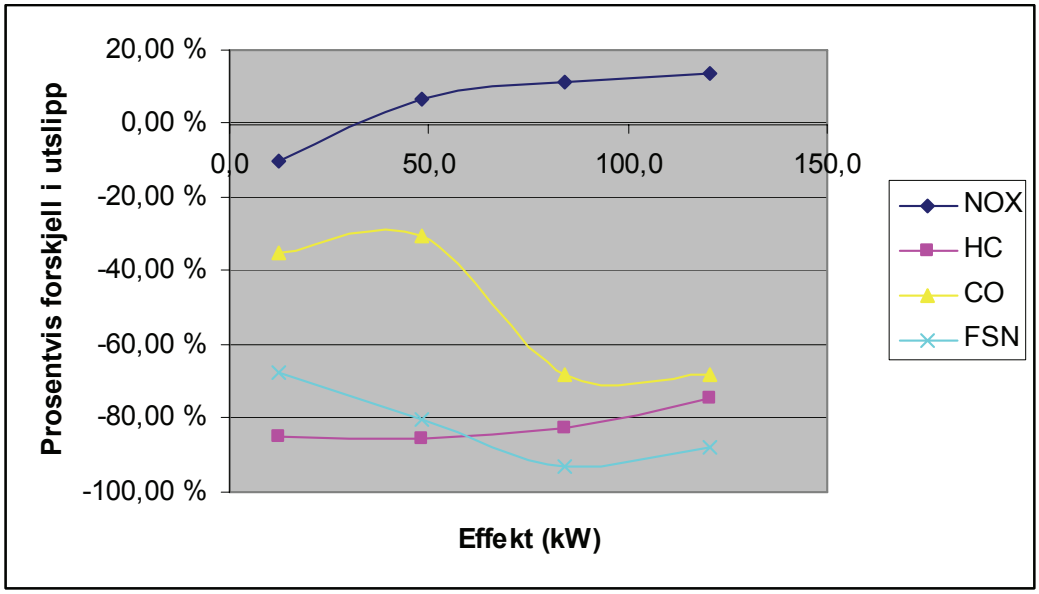


Figur 12: Drivstofforbruk ved forskjellig effekt

Drivstofforbruk er som antydet i litteraturen høyere for biodieselen enn for petroleumsdieselen. Begge typer biodiesel har omtrent likt drivstofforbruk, mens petroleumsdiesel har ca.10 % lavere forbruk. Dette stemmer bra overens med litteraturen og den beregnede forskjell i energiinnhold. Man må altså forvente seg å bruke ca 10 % mer drivstoff ved en overgang til biodiesel enn ved bruk av petroleumsdiesel.

4.3.2 Utslipp

Utslipp fra biodiesel er omtalt i avsnitt 3.2.1, her vises det at alle utslippene unntatt NOx-utslipp reduseres ved bruk av biodiesel. I den påfølgende figuren gjengis forskjellen mellom petroleumsdiesel og den tillagte frityroljedieselen som ble målt under motortestene. De dataene som er tatt med er et utvalg av de mest interessante verdiene målt under testen, for flere verdier se appendiks D. FSN eller filter smoke number er en størrelse for hvor mye sot det er i avgassen.



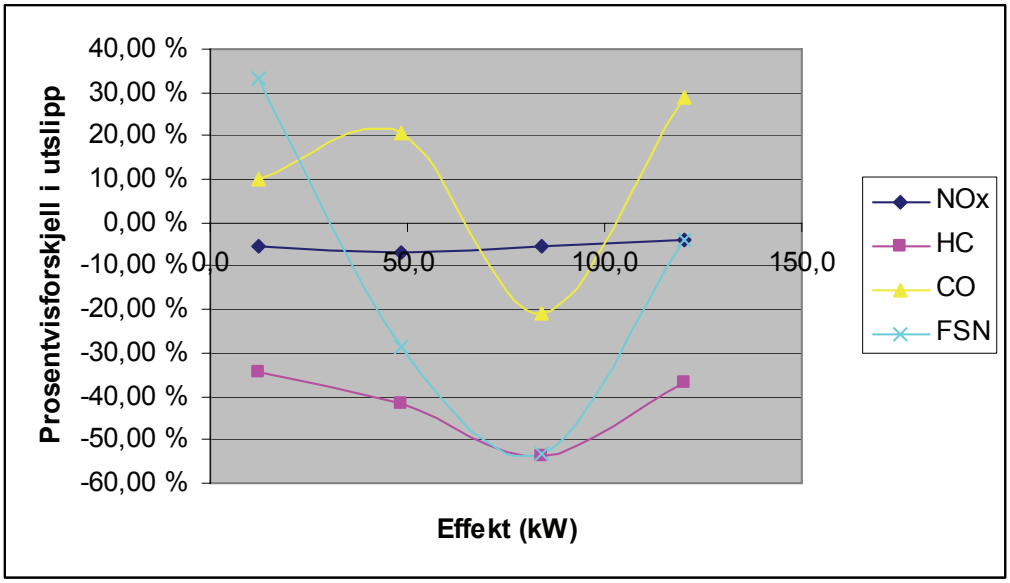
Figur 13: Forskjell i utslipp mellom petroleumsdiesel og tillaget biodiesel

Figur 13 viser en gjengivelse av resultater fra motortestene, representert med prosent økning eller reduksjon av utslipp ved bruk av tillaget biodiesel mot petroleumsdiesel.

For økende last øker NOx utslippene fra biodieselen i forhold til petroleumsdiesel, ved 120 kw er forskjellen 13 % større NOx-utslipp fra biodiesel enn fra petroleumsdiesel. Dette er omtrent som det forventede verdier omtalt i avsnitt 3.2.1. Økte NOx-utslipp er uheldig, siden Norge i følge Gøteborgprotokollen har forpliktet seg til å redusere NOx-utslippene med 29 % siden 1990-nivå. Økte NOx-utslipp vil imidlertid ikke bidra til noen økt økonomisk problem for brukerne, siden biltrafikk er unntatt NOx-avgift. Ifølge Jon Olav Sætertrø i Team Trafikk må bussene som kjøpes inn holde spesielle krav (eurokrav 5 fra 2009) i forhold til utslipp, men det går på motoren som benyttes og ikke drivstoffet [41, 42].

Partikkelutslippene er betydelig bedre enn for petroleumsdiesel, dette er resultater som er bedre enn de omtalt i 3.2.1, der resultatene var en forbedring på ca. 50 %. Med en reduksjon på nærmere 90 % av partikkelutslippene vil det dermed ha en ganske stor innvirkning på lokalmiljøet. Også HC og CO reduksjonen er betydelig bedre med den tillagte biodieselen. Alt i alt kan det sies at disse resultatene er i alle fall til en viss grad i samsvar med det som ble lagt frem i teoridelen 3.2.1.

Det er også av interesse og se hvordan den tillagte biodieselen er sammenlignet med konvensjonell biodiesel. I den påfølgende figuren er utslipp fra den 80 % raps – 20 % palmedieselen sammenlignet med den tillagte biodieselen.



Figur 14: Prosentvis forskjell i utslipp mellom kommersiell biodiesel og den tillagte biodieselen fra frityrolje

I figur 14 er det stor variasjon i utslippene, dette kan skyldes temperaturvariasjoner, ladelufttemperaturen som egentlig skulle være lik var opptil to grader forskjellig mellom disse målingene, dette kan ha ført til unøyaktige målinger. Med så store variasjoner er det vanskelig å si noe sikkert om forskjellene. Det kan allikevel antas at noe lavere NOx-utslipp kan oppleves med bruk av biodiesel fra frityrolje, samt lavere partikkelutslipp og HC-utslipp. Imidlertid ser det ut som man kan forvente noe høyere CO-utslipp fra biodiesel laget av brukt frityrolje. Det kan også

antas at siden utslippene varier med både økning og minskning av utslippene at det ikke er så stor forskjell mellom de to drivstoffene.

4.3.3 Feilkilder

Det er veldig viktig å påpeke at det ved disse målingene kan ha vært betydelige feilkilder. Alle målinger er avhenging av at temperaturen holdes stabil under forsøkene, dette krever nøye overvåking og noe lengre driftstid. Pågrunn av at det var en begrenset mengde med biodiesel måtte målingene tas og man kunne ikke bestandig vente til det var optimal temperatur. Dette kan ha ført til unøyaktige utslippsmålinger, da disse er meget avhenging av temperaturen.
Mange faktorer kan påvirke utslippene, forskjellige drivstoffsystemer og motorkalibreringer kan forandre resultatene ganske betraktelig, det er derfor viktig å påpeke at disse resultatene kan variere ganske mye også av den grunn.

5 Bedriftspotensiale

Med bakgrunn i mengden brukt frityrolje som blir samlet inn i Trondheims regionen hvert år, kan det taes et nærmere blikk på mulighetene for etablering av en bedrift i Trondheim som produserer biodiesel fra frityroljen.

En etablering av en bedrift i Trondheimsområde kan basere seg på en lignende modell som Milvenn AS i Bergen (se avsnitt 3.4.4). Ressursgrunnlaget i Trondheim skulle være sammenlignbart med den litt større byen Bergen, og overførbart til forholdene som råder i Trondheim. Også prosjektet Trendsetter i Graz i Østerrike kan være en fornuftig sammenligning for Trondheimsområdet (se avsnitt 3.4.1). Dette vil imidlertid bli nærmere undersøkt i de følgende avsnittene.

Det er mange viktige aspekter som må vurderes rundt etableringen av en slik bedrift. I de følgende avsnittene skal det taes et nærmere blikk på disse mulighetene.

5.1 Ressursgrunnlag:

I Trondheim er flere såkalte hurtigmatkjede tilstedet, blant annet McDonalds og Burger King, i tillegg finnes mange gatekjøkken og restauranter som til sammen bruker store mengder frityrolje for tilberedning av mat. Alle disse serveringsstedene må kvitte seg med frityroljen etter bruk, for restaurantene utgjør den et avfallsproblem. Ifølge Rolf Solheim daglig leder på en av Burger Kings restauranter i Trondheim, forbruker de hver 14. dag ca. 400 liter frityrolje [25].

Trondheim renholdsverk står for innsamlingen av brukt frityrolje i Trondheim. Ifølge Trondheim Renholdsverk utgjør den totale mengden innsamlet frityrolje mellom 100 - 150 tonn per år [19] hvorav Trondheim Renholdsverk samler inn ca. 60 tonn. Trondheim Renholdsverk sender i dag frityroljen til Pajala i Nord-Sverige hvor den videre prosesseres til bruk som kjedeolje for motorsager [28].

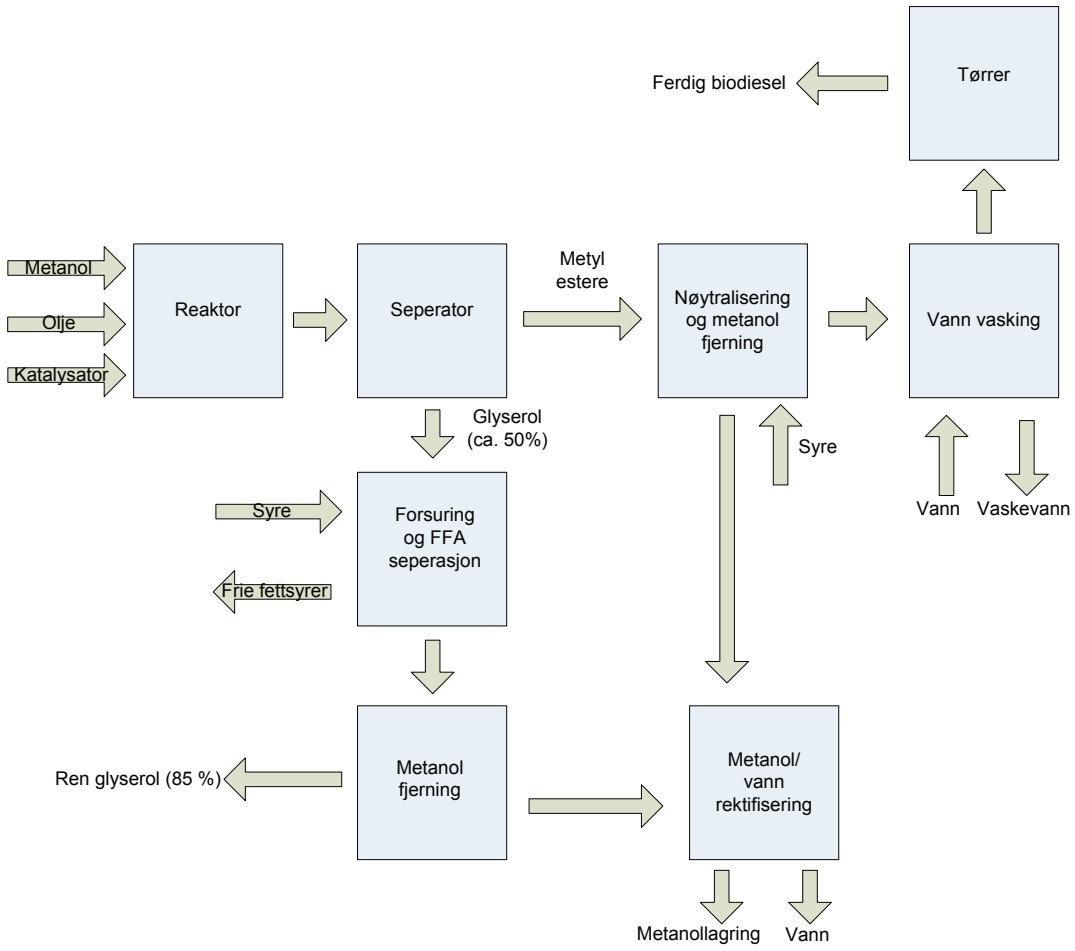
Import fra andre områder eller bruk av andre råstoff kan også vurderes om et større ressursgrunnlag er ønskelig, slakteavfall, fiskeavfall eller fiskeoljer kan for eksempel benyttes.

5.2 Innsamling og prosessering

Det er ingen grunn til å endre rutinene for innsamling og Trondheim Renholdsverks rutiner kan brukes som mal, oljen hentes jevnlig og/eller ved behov i beholdere som taes med og en tom beholder settes igjen. Ifølge restaurantbransjen er det viktigste punktlighet for innsamling slik at ikke brukt frityrfett hoper seg opp [25].

All frityrolje kan så etter innsamling kjøres til en prosesseringsenhet hvor den videre behandlingen skjer. Ved tillaging av biodiesel fra brukt frityrolje brukes prinsippene for transesterifisering som er forklart i avsnitt (3.1.1).

En prosesseringsenhet av den størrelsen på ca. 150 000 liter i året er ikke den største innretningen, det vil tilsvare 1000 liter i uka å kunne gjøres ved porsjons prosesser, såkalte ”batch” prosesser, altså lage biodieselen i store porsjoner og ikke i kontinuerlige systemer. Dette underbygges av Van Gerpen et. al (2005) som mener at for bruk av kontinuerlige systemer bør det være et produksjonsvolum på over 4 millioner liter i året [1]. Ved hjelp av prosess flytskjema som i figur 15 kan vi få bedre oversikt over hvordan en slik prosesseringsenhet vil fungere.



Figur 15: Prosessflytskjema for biodiesel produksjon [1]

Når man produserer biodiesel ender man opp med store mengder glyserol, for hver 100 liters porsjon man lager blir mellom 8-15 liter igjen som glyserol. Dette er fra et biodieselsynspunkt et avfallsprodukt, men ren glyserol kan faktisk også være en ressurs. I restproduktet finnes imidlertid også mange andre stoffer, så som overskudds-metanol og katalysator. Glyserolen må altså renses før den kan videreforedles. Store biodieselfabrikker bør ha renseutstyr for glyserol, inkludert avansert destillasjonsteknologi for å få ut metanol. Etter at rensingen er gjennomført har glyserolen en renhet på ca. 85 %, om det er en stor nok mengd kan råglyserolen selges til en glyserolforedlingsfabrikk, en slik fabrikk får gjerne renheten opp til ca. 99,5 – 99,7 % [1]. Ved mindre mengder glyserol kan en videreforedle glyserolen til for eksempel såpe eller den kan brukes i kompost [9].

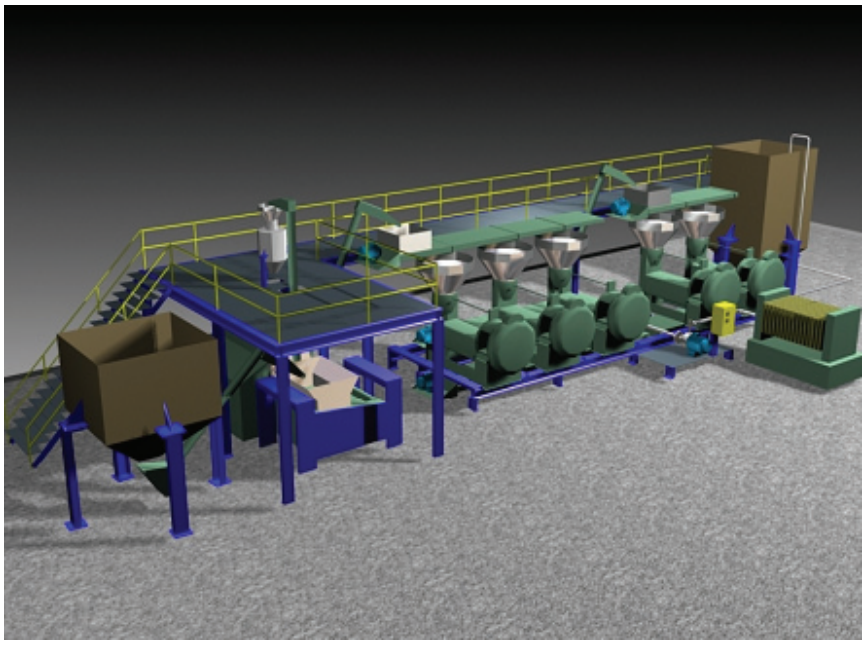
5.3 Fabrikk

For et anlegg i den størrelsen som kan være aktuelt kan vi for eksempel ta utgangspunk i det britiske selskapet Greenfuels LTD produkter for å gi et overslag over kostnader (greenfuels.co.uk). Selskapet Milvenn AS (omtalt i 3.4.4) i Bergen selger for øvrig utstyr fra Greenfuels i Skandinavia.

Anlegget skal altså dimensjoneres for å kunne produsere 150 000 liter biodiesel i året eller 412 liter per dag. Siden det porsjonsprosess må det overdimensjoneres litt per porsjon for å ta høyde for ferieavvikling, fridager, helg osv. Tar utgangspunkt i et anlegg som kan produsere 600 liter per porsjon. Som et eksempel for hvordan et slikt anlegg kan se ut kan vi se på Greenfuels LTD anlegg kalt ”fuelmeister”. Anlegget har en prosesseringstank, samt en formikser for katalysator, 2 KW forvarmer av oljen, en tank der dieselen kan tappes av samt et uttak for glyserol. Anlegget er vist i figur 16 [31].

Figur 16: Greenfuels LTD prosesseringsenhet Fuelmeister [31]

I tillegg må en slik fabrikk ha installert et laboratorium slik at kvaliteten på den ferdige biodieselen kan overvåkes, dette er med bakgrunn i at kvaliteten på innsamlet frityrolje kan variere sterkt, med henblikk på innhold av frie fettsyrer, hvor hardt frityroljen er varmebehandlet og lignende [1, 9] Det finnes flere kommersielle leverandører av utstyr til biodieselfabrikker, i appendiks A er det lagt ved en oversikt over leverandører av biodiesel utstyr. Figur 17 viser enda et anlegg som alternativt kunne blitt installert.



Figur 17: Grafisk fremstilling av en biodiesel prosesserings enhet [26]

Etter gjennomgang av en rekke tilbydere av biodiesel prosesserings utstyr er det på det rene at teknologien er godt utviklet og det er mulig å få tak i komplette prosesseringsanlegg. Som angitt i appendiks en er det en rekke selskaper som tilby porsjons eller kontinuerlige anlegg.

En fabrikk vil trenge et lokale i Trondheim eller i omegn, for denne størrelsen anslått i denne rapporten trengs ikke et betydelig område, men et lokale på ca. 100 kvadratmeter regulert for næringsvirksomhet. Årlig leiepris for næringslokale ligger på ca. 1000 kroner per m^2 etter søk på et utvalg av eiendomsmeglerne som opererer i Trondheim.

5.4 Salg

For å kunne distribuere biodieselen trengs det et system for salg, dette kan gjøres etter modell av Estra og Milvenn AS som opererer med egne fyllestasjoner, pumper. Disse kan for enkelhets skyld plasseres ved produksjonslokalet. I tillegg må det vurderes om det skal settes opp en pumpe for petroleumsdiesel i tillegg til biodieselpumpen. Dette for å kunne tilby mulighet for miksing av biodiesel med petroleums, spesielt er dette interessant for å forbedre vinteregenskapene til

biodieselen. Egne fyllestasjoner vil naturligvis også gi en ekstra investeringskostnad. Et alternativ til dette kan være å få i stand en avtale med for eksempel team trafikk, og bruke den eksisterende infrastruktur for fyllestasjoner som de har. Dette kunne også gjøres med andre transportselskap, offentlige institusjoner som for eksempel NTNU eller Trondheim kommune. For en bedrift ville et slikt samarbeid helt klart vært å foretrekke i en oppstartsituasjon, da det ville kunne spart den betydelige utgiften som en etablering av fyllestasjoner er. For bedrifter som vil være med på et slikt samarbeid kan det gi en positiv reklameeffekt for firmaet. Busselskapet vil for eksempel kunne kjøre bussene med reklame på bussene om at de kjører på miljøvennlig biodiesel. Ifølge Jon Olav Sætertrø i Team-Trafikk er miljøprofil viktig for selskapet [42].

5.5 Markedspotensiale

5.5.1 Aktører i Trondheim

- **Restaurantbransjen**
  For restaurantbransjen er brukt frityrolje et avfall de må betale for, en biodieselaktør som tar imot frityroljen gratis vil være velkommen, hvis hentingen er like pålitelig som den renholdsverket tilbyr, frityrolje må ikke hope seg opp på bakrommet [25].

- **Renholdsverket**
  Ifølge Kjell Hansen i Trondheim Renholdsverk stiller de seg positive til alternative gjenbruksmetoder av frityroljen. Kjell Hansen mener det hadde vært bra for Trondheim Renholdsverk å markedsføre seg med gjenbruk av brukt frityrolje til biodiesel, kanskje kunne noen av renholdsverkets biler brukt denne typen biodiesel.

- **Myndigheter**
  Kan ikke forventes å spille en stor rolle, utover den rollen de formelt har med skattefradrag for biodiesel. Dette beror på de sentrale myndigheter og er beskrevet i kapitel 3.4.4.

- **Forbrukerne**

  Det er viktig at biodieselen konkurrerer med petroleumsdiesel både på pris, kvalitet og ytelse. For innpass i markedet kan prisen settes noe lavere enn petroleumsdiesel. Mark Pettit i Milvenn AS peker på et viktig aspekt for forbrukerne, om de skal ha en blanding av petroleumsdiesel og biodiesel er det viktig at de kan få begge deler på samme plass ellers har det vist seg at forbrukerne ikke tar seg bryet med å tanke på mer enn en plass [29]

- **Konkurrenter**

  Per i dag eksisterer ingen som har tatt i bruk frityroljen i Trondheim til produksjon av biodiesel. Likevel er frityroljen en ressurs som brukes til sagkjedeolje og derfor er den produksjon på sett og vis en konkurrent.

  Estra AS har heller ingen planer om å sette i gang med produksjon av biodiesel fra brukt frityrolje, Geir Ivar Stokke i Estra AS påstår at ressursgrunnlaget i Norge er for lite til økonomisk forsvarlig drift [32].

  Andre aktører har ifølge Kjell Hansen i Trondheim Renholdsverk vurdert å ta i bruk frityroljen i Trondheim til biodiesel produksjon, men ingen har så langt realisert planene [28].

5.5.2 Økonomi

Ifølge Mark Pettit i Milvenn AS må grundere som ønsker å satse på et slikt prosjekt, belage seg på et par år med jobb uten at særlig mye penger kommer inn i selskapet [29]. Innsamling av frityrolje antas å foregå slik at en eventuell bedrift henter frityroljen gratis. Salgsprisen på biodieselen må vurderes

Utgifter:

Prosesseringsenhet dimensjonert til 150 tonn i året [31]: 42 000 NOK

Metanol årlig utgift: 470 700 NOK [34] [1]

Kaliumhydroksid: 498 000 NOK [33] [2]

Årlig leieutgifter: 100 000 NOK

Inntekter:

Salg av ferdig biodiesel (antar salgspris på 10 kroner): 1 500 000 NOK

[1] Metanolprisen er beregnet med grunnlag i opplysninger fra Statoils listepris. I en e-post opplyser imidlertid Ellen Berg i Statoil Norge at man kan forvente en god rabatt på denne prisen med et så stort behov som en slik biodieselproduksjon vil ha. Et system med bulkleveranse av metanol til en tank vil være å foretrekke for så store kvantum i følge Statoil, prisen vil da bli mye lavere, uten at Statoil vil gå inn på å antyde et prisoverslag. Det er i beregning gjort et anslag på 30 000 liter metanol i året, basert på råvaretilgang og mengde metanol som trengs per liter olje for transesterifisering.

[2] Denne prisen er basert på NTNU's innkjøpsavtale med VWR, prisen er basert på et forbruk av 3000 kg kaliumhydroksid, det er et veldig høyt anslag, i tillegg kan det taes i bruk NaOH som er betydelig billigere. Med et så stort kvantum er det også sikkert mulig å få en betydelig rabatt.

I tillegg kan salg av overskuddsglyserol gi noe inntekt. Dette er likevel noe usikkert og ikke tatt med i regnestykket, skulle ikke glyserolen la seg selge eller videreprosesseres, må glyserolen behandles som farlig avfall og kan i så tilfelle bli et avfallsprodukt som bedriften kan komme til å måtte betale for å kvitte seg med [9].

Etablering av egne fyllestasjoner som ble antydet i 5.4 er ikke tatt med i regnestykket da det blir anbefalt å søke samarbeid med andre bedrifter som er storforbrukere av diesel, som for eksempel et busselskap som har egen infrastruktur for fylling av diesel.

Overskuddet blir da etter et grovt anslag ca. 400 000 kroner i året. Dette skal dekke lønnsutgifter og andre uforutsette utgifter selskapet måtte ha. Dette er ikke spesielt mye og man kan ikke anta det vil mer enn en person. Derfor vil det nok være nødvendig å se seg om etter alternative råstoff eller en samproduksjon med andre produkt, mer om det i avsnitt 5.6.

5.5.3 Tilpasningsdyktighet

Standardisering av biodieselen er meget viktig, og å oppfylle kravene satt i den europeiske standarden EN14214 er viktig for å få omsatt det ferdige produktet. Det er prosessen fra raffineringen av råstoffet til produksjonen av biodiesel, samt råstoffets kvalitet som bestemmer om biodieselen vil tilfredsstille standarden.

Mark Pettit i Milvenn AS er en av de i Norge med mest inngående kunnskap om produksjon av biodiesel fra brukt frityrolje, han peker på mange utfordringer knyttet til produksjonen. Blant annet peker Pettit på problemene med kuldeegenskapene til biodiesel som er en av de største utfordringer. Disse problemene vil naturlig nok være større i Trondheim enn i Bergen (der Milvenn AS opererer) på grunn av kaldere og lengre vintre. Hvis forbrukerne skal blande inn halvparten biodiesel i petroleumsdiesel, kan det by på problemer for salg, pågrunn av at forbrukerne ifølge Pettit har en tendens til å ikke ville tanke på to plasser. Pettit påpeker også utfordringene knyttet til oppstart av et slikt selskap som det tar lang tid å få økonomi i, råstoffgrunnlaget er også en viktig faktor som Pettit påstår kan være litt lite til å bli økonomisk lønnsomt i Midt-Norge [29].

Når det gjelder tilpasningsdyktigheten for biodiesel er det også viktig å se litt på hvordan drivstoffet kan brukes på forskjellige kjøretøy. Et britisk selskap, rixbiodiesel, har utarbeidet en liste over hvilke bilmodeller som er tilpasset å bruke biodiesel som oppfyller den europeiske standarden EN14214, listen er gjengitt i appendiks B. Det er likevel viktig å påpeke at basert på de analysene som ble gjort av tillaget biodiesel i laboratoriet oppfylte ikke denne standarden EN14214. I tillegg er det viktig å påpeke at selv om produsentene sier at bilen er tilpasset biodiesel er det per i dag ingen norske leverandører som godkjenner bruk av biodiesel i sine kjøretøy [37, 38]

Det er også viktig å vurdere enda et aspekt rundt innføringen av biodiesel i Trondheim og det er det kalde vinterklimaet, kanskje må salg av biodiesel stoppes i et par måneder om året på grunn av de begrensede vinteregenskapene til biodiesel. Men det finnes måter å forbedre vinteregenskapene på, se avsnitt 3.1.4, dette ville kunne blitt optimalisert ved testing.

5.6 Utviklingsmuligheter

5.6.1 Utvikling i Trondheim

På bakgrunn av den økonomiske situasjonen i prosjektet som ble antydet i 5.5.2 er det viktig å se om det er mulig å utvikle prosjektet og gjøre det større.

Siden det er en begrenset mengde råstoff i Trondheim er derfor avgjørende å se seg om etter andre råstoffer hvis det skal være utviklingsmuligheter av betydning. De mest naturlige alternative råstoffene for produksjon av biodiesel er slakteavfall og fiskeoljer. Imidlertid er det interessant å legge merke til at de fleste norske biodieselprodusenter legger opp til å importere råstoffet for prosessering av biodiesel, da i første rekke rapsolje fra Europa. Dette var blant annet fordi verdien av foredlet fiskeolje har steget og problemer med høyt jod tall [15].

I tillegg kan en samproduksjon av andre biodrivstoff basert på annen teknologi, for eksempel et førstegenerasjons bioetanol-anlegg basert på lokalprodusert korn kan være et alternativ. Dette bør imidlertid sjekkes nærmere opp om det er mulig å ha en samdrift med biodiesel fra brukt frityrolje og bioetanol produksjon i samme anlegg.

Et annet interessant råstoff for biodiesel kan i fremtiden bli alger, de fettrike encelleplantene vokser ekstremt raskt og kan dyrkes overalt. De mest aktuelle algesortene antas å produsere opptil 80 ganger så mye planteolje per arealenhet som for eksempel raps. Denne teknologien er imidlertid lite utviklet og ligger en del frem i tid [15].

5.6.1 Utarbeiding av et felles innsamlingssystem for hele Norge

Med en utarbeidelse av et felles innsamlingssystem for hele Norge, ville råstoffmengden kunne økt betraktelig for en potensiell bedrift. Tar man utgangspunkt i Milvenn AS som allerede henter inn store deler av den brukte frityroljen som finnes i Norges to største byer produserer de altså 1200 liter om dagen og har fire ansatte i bedriften, en bedrift ville kanskje klare med hele Norge som innsamlingsområde klare å produsere det dobbelte av det. De logistiske problemene med et slikt

prosjekt er imidlertid store, med bakgrunn i Norges utstrekning. Et alternativ kan være å ha en eller to årlige transporter av brukt frityrolje fra mellomstore byer til et sentralt anlegg for eksempel i Trondheim. Man venter altså til en konteiner med brukt frityrolje er full, og sender den til det sentrale anlegget. Et åpenbart problem med dette er at det utvikles mye fettsyrer når frityroljen blir gammel, slik at det blir vanskeligere å få en god transesterifikasjon. Med bakgrunn i de allerede igangsatte prosjekt med biodiesel fra brukt frityrolje og den påpekte utviklingen av frie fettsyrer i gammel brukt frityrolje kan det virke som et felles innsamlingssystem for hele Norge ikke vil være et lønnsomt prosjekt.

6 Konklusjon

Global oppvarming er et økende problem i verden, konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren har økt dramatisk siden den industrielle revolusjon. Transportsektoren står i dag for 22 % av utslippene av klimagasser i Norge, og alternativene til fossile brennstoff er få. For å få bukt med klimautfordringen er det viktig å finne gode, bærekraftige alternativer til fossile brennstoff i transportsektoren. Biodiesel fra brukt frityrolje kan tillages med bruk av transesterifiserings-teknologi, dette er et drivstoff som kan redusere utslippene av klimagasser, ved at det opprinnelig er et avfallsprodukt og dermed ikke bidrar til noen netto økning av klimagassutslipp når det blir forbrent.

Denne oppgaven søkte å finne svar på om og hvordan det var mulig å bruke brukt frityrolje til drivstoff med tanke på ressurser, framstilling og bruk i Trondheim.

I forbindelse med oppgaven ble det tillaget en viss mengde biodiesel fra brukt frityrolje med hjelp av transesterifikasjon. Biodiesel ble fremstilt ved å mikse brukt frityrolje med metanol og lut. Tillagingen viste at selv om det var noen problemer med tillagingen underveis er transesterifikasjon en ikke spesielt avansert teknologi som ikke trenger avansert utstyr for å benytte seg av.

Biodiesel fra brukt frityrolje ble testet på en Scania DC11 02 motor og motorytelse og utslipp ble vurdert opp mot kommersiell biodiesel og konvensjonell petroleumsdiesel. Biodieselen fungerte fint på motoren som er lik de man finner i busser i Trondheim. Resultatene fra motortestene viste at drivstofforbruket økte med ca. 10 % når biodiesel ble benyttet i stedet for petroleumsdiesel. Dette stemte bra også med beregninger av brennverdien fra analyser tatt av drivstoffet. Kommersiell biodiesel hadde omtrent likt drivstofforbruk som biodiesel fra brukt frityrolje. Med en innføring av biodiesel fra brukt frityrolje i Trondheim må forbrukerne altså forberede seg på å bruke mer drivstoff per kjørt kilometer.

I forbindelse med motortestene ble også avgassutslipp målt. I forhold til konvensjonell petroleumsdiesel viste målingene at NOx-utslippene økte med ca. 13 %, partikkelutslippene ble

redusert med ca. 90 %, hydrokarbon utslippene ble redusert med nesten 80 % og karbonmonoksid utslippene ble redusert med nesten 75 %. Økte NOx-utslipp er en uheldig effekt av biodiesel bruk siden Norge har forpliktet seg til å redusere Nox-utslippene med 29 % ifølge Gøteborg protokollen. Trondheim har store problemer med lokalmiljøet, for høye konsentrasjoner av partikler fra blant annet eksos fra biler fører til store helsemessige problemer for byens innbyggere. En reduksjon av partikkelutslippene med ca 90 % vil kunne gi et positiv bidrag til lokal miljøet i byen. I forhold til kommersiell biodiesel var resultatene ganske varierende, men en viss reduksjon av NOx, hydrokarboner, partikkelutslipp, samt en økning i karbonmonoksidutslipp kan antydes.

Det er mulig å opprette en bedrift som kan samle inn brukt frityrolje i Trondheim transesterifisere det og selge det videre til byens befolkning eller til et stort selskap. Bedriften kan hente inn brukt frityrolje fra byens restauranter gratis. Innhentningen av brukt frityrolje skjer etter avtale med de forskjellige restauranter og bringes til et sentralt prosesseringsanlegg. Prosesseringsanlegget kan etter en sjekk på tilgangen på råstoff dimensjoneres til å kunne produsere 600 liter biodiesel per dag. Bedriften kan selge biodiesel for 1,5 millioner kroner i året og ha årlige utgifter på ca 1,1 millioner kroner, noe som vil gi et overskudd på 400 000 kroner. Anslaget viser at inntektene blir små for en slik bedrift og kan ha maksimum en ansatt. Det anbefales at for et slikt lite produksjonsvolum inngåes spesielle avtaler med for eksempel busselskapet og deres infrastruktur for fyllestasjoner benyttes.

For å bedre økonomien i bedriften bør det ved vurdering av videre utviklingsmuligheter fokuseres på bruk av andre råstoff, import fra andre deler av landet eller samproduksjon med annen industri.

7 Referanser

[1.] **Knoethe, G., Gerpen, J. V., Krahl, J.,** *The Biodiesel Handbook*, AOCS Press., 2005

[2.] **Pahl, Greg,** *Biodiesel - growing a new world economy,* Chelsea Green Publishing Company, 2005

[3.] **Meher, L. C., Vidya Sagar, D., Naik, S., N.,** *Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review*, Renawable and sustainable energy reviews, 10/2006 248-268

[4.] **Norsk offentlig utredning**, *Et klimavennlig Norge*, NOU 18/2006

[5.] **BP,** *Statistical review of world energy*, tilgjengelig på nettside: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2006/STAGING/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2006.pdf

[6.] **Heywood, John B.,** *Internal combustion engine fundementals*, McGraw-Hill internatilonal editions, 1988

[7.] **Agarwal, A. K., Das, L. M.,** *Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines*, Journal of engineering for gas turbines and power, Vol. 123/447, April 2001.

[8.] **EPA - U.S. Environmental Protection Agency,** *A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions*, EPA420-P-02-001, Oktober 2002, tilgjengelig på: http://www.nbb.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20021001_gen-323.pdf

[9.] **Carter, D., Darby, D., Hallé, J., Hunt, P.,** *How to make biodiesel*, Low-impact living initiative, 2005

[10.] **Strong C., Erickson, C., Shukla, D.,** *Evaluation of biodiesel fuel: Literature review*, Western Transport Institute – College of engineering – Montana State University

[11.] **Gerpen J. V.**, *Biodiesel processing and production*, Fuel processing Technology 86 (2005) 1097 – 1107

[12.] **Prankl, H., Körbitz W., Mittelbach M., Wörgetter M.,** *Review on Biodiesel Standarization World-wide,* Mai 2004, tilgjengelig på: http://www.task39.org/members.htm

[13.] **Bernhard, P.,** *Samfunnsmessige aspekter ved introduksjon av biodrivstoff I Norge*, 2005, Prosjekt nr: 05/002 KanEnergi AS

[14.] **Bozbas K.,** *Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European union*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Juni 2005

[15.] *Fra biomasse til biodrivstoff - et veikart til Norges fremtidige løsninger*, mai 2007, tilgjengelig på: http://www.zero.no/transport/bio/Veikart%20for%20biodrivstoff.pdf

[16.] **Stern N.,** *The Stern Review - The Economics of Climate Change*, tilgjengelig på: http://www.hm-treasury.gov.uk/media/8AC/F7/Executive_Summary.pdf

[17.] Agarwal, A., K., *Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines*, Progress in Energy and Combustion Science 33 (2007) 233-271

[18.] **Parliament magazine**, artikkel om Milvenn AS på nettet besøkt 10/04/2007 http://www.milvenn.no/bilder/parliament_mag.pdf

[19.] Telefonsamtale med Trondheim Renholdsverk 05.03.2007

[20.] **Trondheim kommune, Statens vegvesen,** bedre luftkvalitet i Trondheim, tilgjengelig på: http://www.luftkvalitet.info/data/reports/TUluft-Trondheim.pdf

[21.] **European Biodiesel Board** statistikk, nettside besøkt 17.4.2007, http://www.ebb-eu.org/stats.php

[22.] **UFOP,** *Biodiesel in Germany 2006 – market trends and competition*, tilgjengelig på: http://www.ufop.de/downloads/Biodieselreport_2006.pdf

[23.] **National Biodiesel Board**, nettside besøkt 17.4.2007, tilgjengelig på http://www.biodiesel.org/resources/fuelfactsheets/default.shtm

[24.] **Trendsetter Europe**, nettside besøkt 18.4.2007, tilgjengelig på: http://www.trendsetter-europe.org/index.php?ID=714

[25.] **Rolf Solheim,** intervju, daglig leder ved Burger King Olav Trygvasonsgate, 5.3.2007

[26.] **Biofuelcanada**, nettside besøkt 5.5.2007, www.biofuelcanada.ca

[27.] **Earth System Research Labaratory**, overvåkning av CO_2-innholdet I atmosfæren, nettside besøkt 7.5.2007, tilgjengelig på: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/

[28.] **Kjell Hansen**, Trondheim Renholdsverk, telefonsamtale 8.5.2007

[29.] **Mark Pettit**, Milvenn AS, telefonsamtale 9.5.2007

[30.] **Estra AS,** nettside, besøkt 9.5.2007, tilgjengelig på www.estra.net

[31.] **Greenfuels LTD,** nettside besøkt 09.5.2007, tilgjengelig på www.greenfuels.co.uk

[32.] **Geir Ivar Stokke**, Estra AS, korrespondanse på e-post, 11. 5.2007

[33.] **VWR,** Leverandør av kjemikalier, nettside besøkt 11.5.2007, www.vwr.no

[34.] **Ellen Berg,** Statoil Norge, korrespondanse på e-post 14.5.2007

[35.] **Ragauskas, L. M., et al.,** *The Path Forward for Biofuels and Biomaterials*, Science 311, 484 (2006), tilgjengelig på: http://www.scienceonline.org/cgi/reprint/311/5760/484.pdf

[36.] **EUCAR,** *well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the european context, well-to-wheels report version 2c march 2007*, tilgjengelig på http://ies.jrc.ec.europa.eu/wtw.html

[37.] **Miljøstiftelsen ZERO**, Informasjon om biodiesel, nettside besøkt 24.5.2007, tilgjengelig på http://www.zero.no/transport/bio/200511151629.

[38.] **Rixbiodiesel,** informasjon om biodieselkompabilitet for biler, nettside besøkt 24.5.2007, nettside tilgjengelig på: http://www.rixbiodiesel.co.uk/

[39.] **Haupt, J., Bockey, D.,** *Biodiesel – running vehicles successfully on bio-diesel*, Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagment biodiesel e. V, 2005.

[40.] **Statoil Norge,** nettsider, besøkt 6.6.2007, tilgjengelig på www.statoil.no

[41.] **Miljøstatus Norge,** nettside besøkt 7.6.2007, tilgjengelig på www.miljostatus.no

[42.] **Jon Olav Sætertrø,** Team-Trafikk, telefonsamtale 8.6.2007

APPENDIKS A

Oversikt over et utvalg bedrifter som selger utstyr til biodieselproduksjon.

Bedriftsnavn	Land	Type utstyr	Internet adresse	E-postadresse
Biodieselgear	USA	Reaktorer	www.biodieselgear.com	tech@biodieselgear.com
Biofuelcanada	Canada	Fullt anlegg	www.biofuelcanada.ca	info@biofuelcanada.ca
Greenfuels Ltd	Storbritannia	Fullt anlegg	http://greenfuels.co.uk	Info@greenfuels.co.uk
Biofuel Systems	Storbritannia	Fullt anlegg	www.biofuelsystems.com	info@biofuelsystems.com
ENERGEA	Østerrike	Ikke definert	www.energea.at	mail@energea.at
Ageratec	Sverige	Fullt anlegg	www.carryon.se	info@ageratec.com
Superior process techonolgies	USA	Fullt anlegg	www.superiorprocesstech.com	jdrexler@superiorpt.com
B100 Supply LLC	USA	Mindre anlegg	www.b100supply.com	support@b100supply.com
Euro fuel Tech	Storbritannia	Diverse utstyr	www.eurofueltech.com	

APPENDIKS B

Nedenfor er en liste over biler som skal kunne tåle å på 100 prosent ren biodiesel, listen er laget på bakgrunn av informasjon hentet fra selskapet rixbiodiesel [38].

Merke	Type kjøretøy	Modeller tilpasset biodiesel
Audi	Personbiler	Alle TDI modeller etter 1996
BMW	Personbiler	Model 525 tds/1997 og nyere, 3 + 5 serien etter 2001
Case-IH	Traktorer	Alle modeller siden 1971
Caterpillar	Anleggsmaskiner, båtmotorer	Alle maskiner unntatt noen med Perkins motor
Claas	Skurtreskere, traktorer	Ulike garantier
Fareyman Diesel	Motorer	Ulike garantier
Fiatagri	Traktorer	Nye modeller
Ford	Landbruks traktorer	Nye modeller
Holder	Traktorer	Ulike garantier
Iseki	Traktorer	3000 og 5000 serien
Iveco	Lastebiler	Cursor siden 2000
John Deere	Skurtreskere, traktorer	Garantier siden 1987
KHD	Traktorer	Ulike garantier
Kubota	Traktorer	OC-serien, super mini, 05,03
Lamborghini	Traktorer	1000-serien
MAN	Lastebiler	Motornummer 8953591 til 8953001
Mercedes-Benz	Personbiler, lastebiler og busser	C og E 220, C200 og C220 mfl. BR300, 400, Unimog 1988 mfl.
Nissan	Personbiler	Primera siden 2001
PSA	Personbiler	Alle HDI opp til 30 % Biodiesel, Tractors siden 1990
Seat	Personbiler	Alle TDI modeller siden 1996
Skoda	Personbiler	Alle TDI modeller siden 1996
Steyr	Traktorer, båtmotorer	Traktorer siden 1988, båtmotor M16, TCAM, M14 TCAM
Valmet	Traktorer	Siden 1991
Volkswagen	Personbiler	Alle TDI siden 1996, nye SDI serien
Volvo	Personbiler	S80-D, S70-TDI, V70-TD

APPENDIKS C

Utskrift av analysetest av mono-, di-, og triglyseridinnhold samt metanolinnhold, utført av Glenn Sunstad ved BVenergi.

```
Data File C:\CHEM32\2\DATA\070524G 2007-05-24 13-26-45\206B0601.D
Sample Name: NTNU Stud

    ==================================================================
    Acq. Operator   : Glenn                          Seq. Line :   6
    Acq. Instrument : Glycerol                        Location : Vial 206
    Injection Date  : 5/24/2007 14:17:33                   Inj :   1
                                                     Inj Volume : 1 µl
    Acq. Method     : C:\Chem32\2\DATA\070524G 2007-05-24 13-26-45\EN14105.M
    Last changed    : 5/21/2007 14:06:43  by Glenn
    Analysis Method : C:\CHEM32\2\DATA\070524G 2007-05-24 13-26-45\206B0601.D\DA.M (EN14105.
                      M)
    Last changed    : 5/24/2007 15:21:16  by Glenn
                      (modified after loading)
```

Glycerol < 0,05%

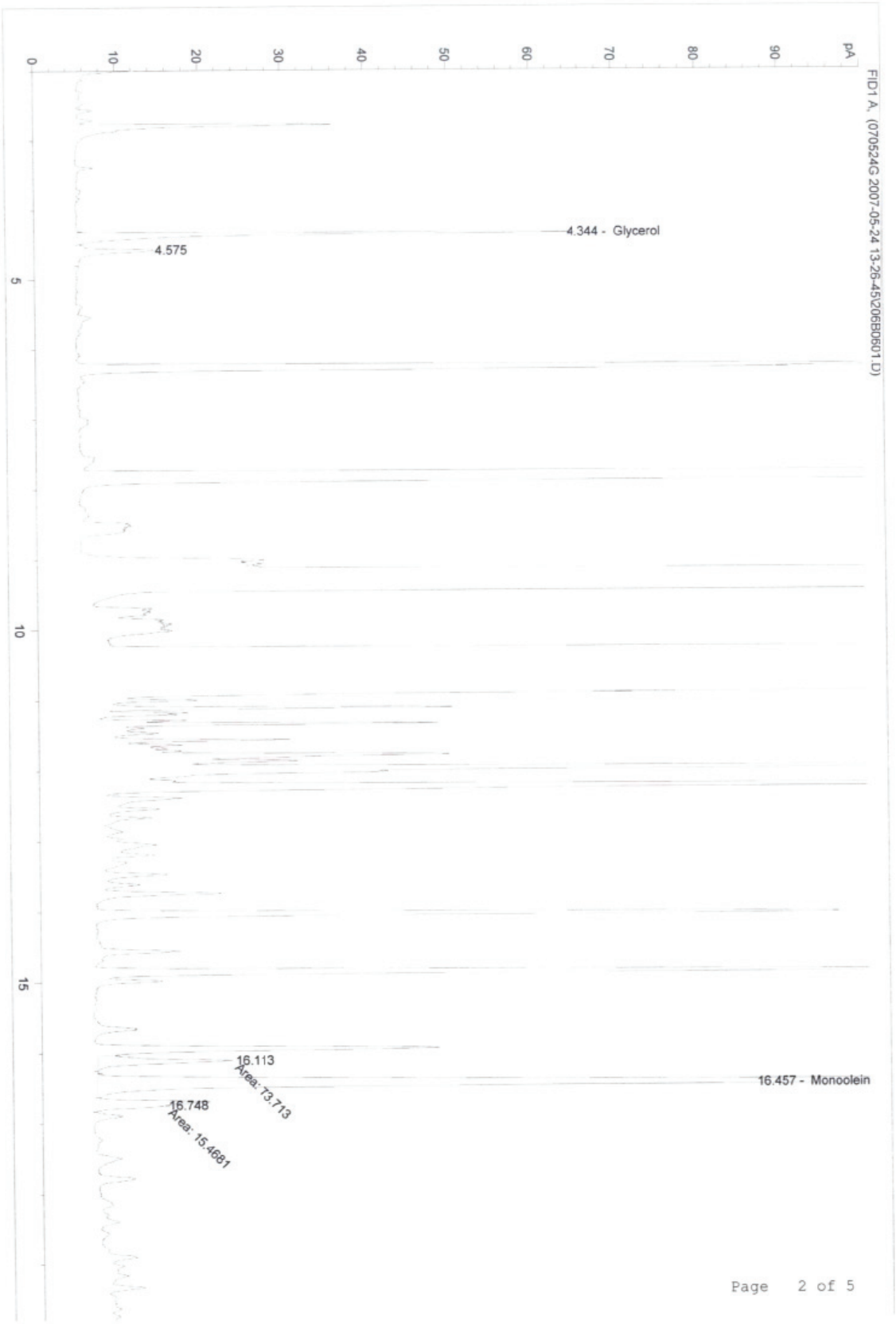
M : 0,43%

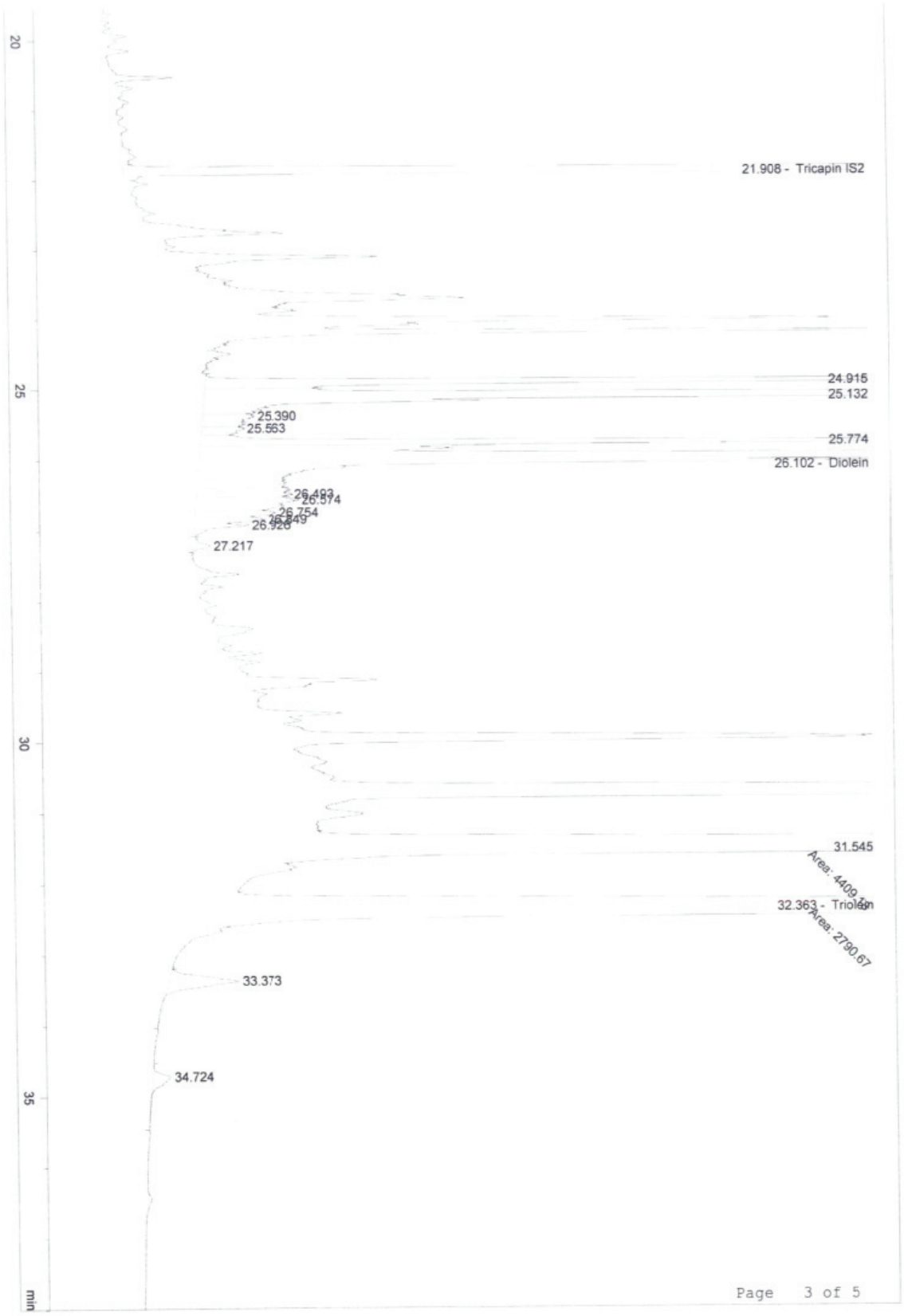
D : 2,01%

T : 5,26%

} utenfor kalibrert område

```
Glycerol 5/24/2007 15:21:22  Glenn                                  Page   1 of 5
```


FID1 A, (070524G 2007-05-24 13-26-45\2065B0501.D)
pA
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
4.344 - Glycerol
4.575
5
10
15
16.113
Area: 13.713
16.457 - Monoolein
16.748
Area: 15.4681
Page 2 of 5


20
25
30
35
min
21.908 - Tricapin IS2
24.915
25.132
25.390
25.563
25.774
26.102 - Diolein
26.493
26.574
26.754
27.217
31.545
Area: 4409.59
32.363 - Triolein
Area: 2790.67
33.373
34.724
Page 3 of 5

Data File C:\CHEM32\2\DATA\070524G 2007-05-24 13-26-45\206B0601.D
Sample Name: NTNU Stud

ISTD Percent Report

Sorted By : Retention Time
Calib. Data Modified : 5/21/2007 13:40:41
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 109.[illegible]000 [mg]
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs
Sample ISTD Information:

ISTD #	ISTD Amount [mg]	Name
2	8.00000e-1	Tricapin IS2

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Sig	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount %	Grp	Name
4.344	1	BV	163.46077	3.87218e-1	0.039103		Glycerol
4.952	1		-	-	-		Butanetriol IS1
16.457	1	BV	860.98779	7.38957e-1	0.393058		Monoolein
21.908	1	VV I	1178.28931	1.00000	0.727934		Tricapin IS2
26.102	1	VVA+	1851.26929	8.16698e-1	0.934053		Diolein
32.363	1	MM	2790.67114	1.17544	2.026507		Triolein

Totals without ISTD(s) : 3.392721

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compcund(s) not found

Summed Peaks Report

Name	Start Time [min]	End Time [min]	Total Area [pA*s]	Amount %
Monoglycerides	14.500	17.200	89.18111	0.0410
Diglycerides	24.000	28.000	2795.23153	1.4684
Triglycerides	31.200	35.500	4501.99869	4.1096
Totals :				5.6189

Final Summed Peaks Report

Name	Total Area [pA*s]	Amount %
Monoglycerides	89.18111	0.0410
Diglycerides	2795.23153	1.4684
Triglycerides	4501.99869	4.1096
Glycerol	163.46077	0.0391
Butanetriol IS1	0.00000	0.0000
Monoolein	860.98779	0.3931

Data File C:\CHEM32\2\DATA\070524G 2007-05-24 13-26-45\206B0601.D
Sample Name: NTNU Stud

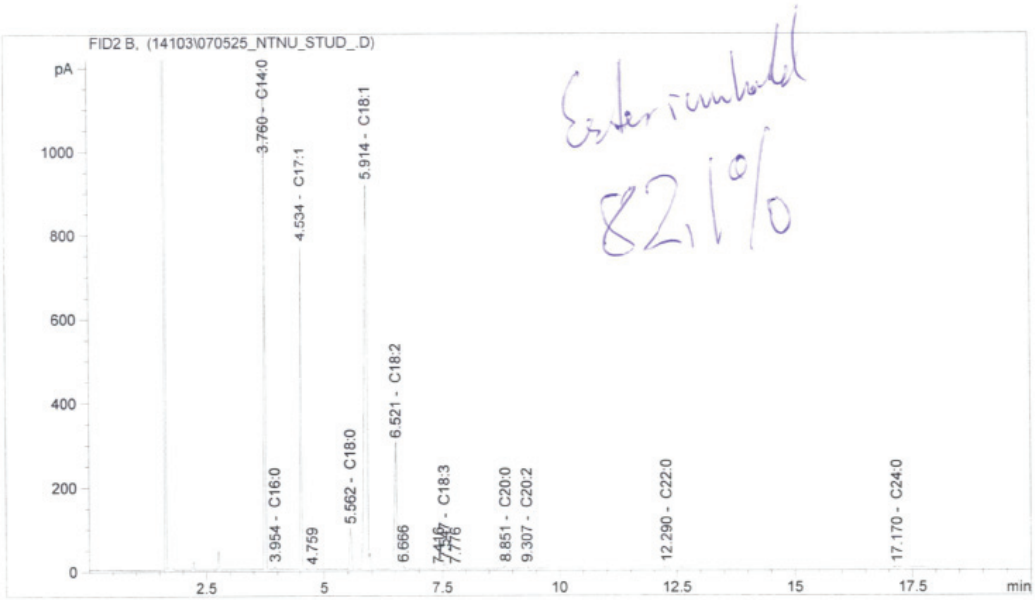
Name	Total Area [pA*s]	Amount %
Tricapin IS2	1178.28931	0.7279
Diolein	1851.26929	0.9341
Triolein	2790.67114	2.0265
Totals :		9.7396

*** End of Report ***

Resultater av analysetester, esterinnhold målt av Glenn Sunstad, BVenergi, 25.5.2007:

```
Data File C:\Chem32\1\DATA\141C3\070525_NTNU_STUD_.D
Sample Name: NTNU stud

==========================================================================
Acq. Operator   : Glenn
Acq. Instrument : Ester                          Location : Vial 201
Injection Date  : 5/25/2007 07:37:46                  Inj :   1
                                               Inj Volume : 1 µl
Acq. Method     : C:\CHEM32\1\METHODS\EN14103.M
Last changed    : 5/24/2007 21:34:38  by hg
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\EN14103.M
Last changed    : 5/25/2007 07:57:46  by Glenn
Sample Info     : Std: 501,3 mg
                  Sample: 250,9 mg
```




```
==========================================================================
                          Area Percent Report
==========================================================================

Sorted By             :      Signal
Calib. Data Modified  :      4/17/2007 16:06:46
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Sample Amount         :      1.00000  [ng/ul]   (not used in calc.)
Do not use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs


Signal 1: FID2 B,

Peak RetTime  Type   Width     Area      Area    Name
  #   [min]          [min]   [pA*s]        %
----|-------|------|-------|----------|--------|---------------------
   1   3.760 BB      0.0309 2376.31836 24.94776 C14:0
   2   3.954 BV      0.0348   17.13774  0.17992 C16:0
   3   4.534 BB      0.0382 1863.65576 19.56557 C17:1

Ester 5/25/2007 07:57:48  Glenn                                  Page   1 of 2
```

Data File C:\Chem32\1\DATA\14103\070525_NTNU_STUD_.D
Sample Name: NTNU stud

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
4	4.759	BV	0.0356	3.14082	0.03297	?
5	5.562	BB	0.0480	300.58740	3.15571	C18:0
6	5.914	BB	0.0628	3830.20801	40.21141	C18:1
7	6.521	BV	0.0499	979.94281	10.28792	C18:2
8	6.666	VB	0.0473	19.84651	0.20836	?
9	7.416	BV	0.0555	5.40578	0.05675	?
10	7.547	VB	0.0578	45.78049	0.48063	C18:3
11	7.776	BB	0.0594	5.09606	0.05350	?
12	8.851	BB	0.0685	28.96954	0.30414	C20:0
13	9.307	BB	0.0679	24.54458	0.25768	C20:2
14	12.290	VB	0.0622	15.60682	0.16385	C22:0
15	12.743		0.0000	0.00000	0.00000	C22:1
16	17.170	BB	0.0984	8.93735	0.09383	C24:0
17	17.895		0.0000	0.00000	0.00000	C24:1

Totals : 9525.17802

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

Summed Peaks Report

Signal 1: FID2 B,

Final Summed Peaks Report

Signal 1: FID2 B,

Name	Total Area [pA*s]	Area %
C14:0	2376.31836	24.9478
C16:0	17.13774	0.1799
C17:1	1863.65576	19.5656
C18:0	300.58740	3.1557
C18:1	3830.20801	40.2114
C18:2	979.94281	10.2879
C18:3	45.78049	0.4806
C20:0	28.96954	0.3041
C20:2	24.54458	0.2577
C22:0	15.60682	0.1638
C22:1	0.00000	0.0000
C24:0	8.93735	0.0938
C24:1	0.00000	0.0000

Totals : 99.6484

*** End of Report ***

APPENDIKS D

Tabeller over målte verdier fra drivstofftester utført ved Sintef Marintek, 29.5.2007.

TYPE TEST : Referansetest 1(MGO)		Fuel:	MGO	Dato:	29 mai 2007
Parameter	**Unit**	**MODE 1000**	**MODE 700**	**MODE 400**	**MODE 100**
Filnavn	#				
Effekt	kW	*120,3*	*84,2*	*48,0*	*12,0*
Dreiemoment	Nm	*998,6*	*699,8*	*398,0*	*99,1*
Turtall	RPM	*1150,2*	*1149,3*	*1151,2*	*1151,5*
Eksostemp f. lader 1,2,3	°C	*536*	*445*	*331*	*174*
Eksostemp f. lader 4,5,6	°C	*561*	*482*	*363*	*194*
Snitt eksostemp f. lader	°C	*549*	*464*	*347*	*184*
Ladelufttemp.	°C	*39,4*	*50,0*	*46,0*	*39,5*
Laderlufttrykk	baro	*0,56*	*0,33*	*0,16*	*0,06*
Drivstoff-forbruk	cm^3/sek	*8,02*	*5,68*	*3,44*	*1,39*
Drivstoff-forbruk	g/kWh	*206,0*	*208,3*	*221,5*	*359,3*
Drivstofftemperatur	°C	*41*	*41*	*42*	*43*
Luftforbruk	cm Vannsøyle	*5,45*	*4,54*	*3,86*	*3,50*
Lufttemp i celle	°C	*28,0*	*28,5*	*28,7*	*29,1*
Luftfuktighet	%	*22,8*	*20,9*	*20,7*	*20,4*
Barometertrykk	mm HG	*749,8*	*749,8*	*749,8*	*749,8*
NOx	ppm	*1332,9*	*1242,2*	*929,8*	*388,2*
THC (C_3)	ppm	*28,8*	*29,3*	*27,3*	*30,2*
CO	ppm	*903,0*	*314,5*	*78,7*	*128,7*
CO_2	%	*9,72*	*8,04*	*5,45*	*2,30*
O_2	%	*7,89*	*10,09*	*13,48*	*17,74*
Filter Smoke Number (1)	FSN	*2,05*	*1,02*	*0,25*	*0,12*
Filter Smoke Number (2)	FSN	*1,99*	*1,04*	*0,26*	*0,12*
Filter Smoke Number (3)	FSN	*2,02*	*0,96*	*0,24*	*0,12*
Filter Smoke Number snitt	FSN	*2,02*	*1,01*	*0,25*	*0,12*

TYPE TEST : Kommersiell biodiesel		Fuel:	SaanumBio	Dato:	29 mai 2007
Parameter	**Unit**	**MODE 1000**	**MODE 700**	**MODE 400**	**MODE 100**
Filnavn	#				
Effekt	kW	*120,6*	*84,1*	*48,3*	*12,1*
Dreiemoment	Nm	*1001,5*	*699,4*	*401,0*	*100,1*
Turtall	RPM	*1150,3*	*1149,1*	*1150,2*	*1151,4*
Eksostemp f. lader 1,2,3	°C	*519*	*442*	*326*	*172*
Eksostemp f. lader 4,5,6	°C	*538*	*474*	*357*	*192*
Snitt eksostemp f. lader	°C	*529*	*458*	*342*	*182*
Ladelufttemp.	°C	*39,5*	*51,8*	*46,0*	*39,0*
Laderlufttrykk	baro	*0,52*	*0,32*	*0,16*	*0,06*
Drivstoff-forbruk	cm^3/sek	*8,62*	*6,13*	*3,76*	*1,53*
Drivstoff-forbruk	g/kWh	*220,7*	*225,0*	*240,5*	*391,6*
Drivstofftemperatur	°C	*36*	*38*	*39*	*40*
Luftforbruk	cm vannsøyle	*5,34*	*4,46*	*3,85*	*3,50*
Lufttemp i celle	°C	*30,0*	*29,3*	*29,0*	*29,1*
Luftfuktighet	%	*23,5*	*21,7*	*21,1*	*22,1*
Barometertrykk	millibar	*749,7*	*749,7*	*749,7*	*749,7*
NOx	ppm	*1574,3*	*1459,4*	*1069,9*	*368,8*
THC (C_3)	ppm	*11,7*	*11,0*	*6,7*	*7,0*
CO	ppm	*224,5*	*126,3*	*49,9*	*76,2*
CO_2	%	*10,20*	*8,37*	*5,60*	*2,36*
O_2	%	*7,85*	*10,07*	*13,55*	*17,80*
Filter Smoke Number (1)	FSN	*0,25*	*0,16*	*0,07*	*0,06*
Filter Smoke Number (2)	FSN	*0,25*	*0,15*	*0,07*	*0,05*
Filter Smoke Number (3)	FSN	*0,26*	*0,15*	*0,07*	*0,06*
Filter Smoke Number snitt	FSN	*0,25*	*0,15*	*0,07*	*0,06*

TYPE TEST : Frityroljebiodiesel		Fuel:	TESTBIO	Dato:	29 mai 2007
Parameter	**Unit**	**MODE 1000**	**MODE 700**	**MODE 400**	**MODE 100**
Filnavn	#				
Effekt	kW	*120,3*	*84,2*	*48,3*	*12,2*
Dreiemoment	Nm	*999,3*	*699,3*	*400,8*	*101,3*
Turtall	RPM	*1149,8*	*1149,4*	*1150,6*	*1150,6*
Eksostemp f. lader 1,2,3	°C	*515*	*437*	*328*	*176*
Eksostemp f. lader 4,5,6	°C	*534*	*463*	*358*	*196*
Snitt eksostemp f. lader	°C	*525*	*450*	*343*	*186*
Ladelufttemp.	°C	*39,0*	*49,7*	*44,5*	*39,0*
Laderlufttrykk	baro	*0,52*	*0,31*	*0,15*	*0,05*
Drivstoff-forbruk	cm^3/sek	*8,70*	*6,21*	*3,80*	*1,57*
Drivstoff-forbruk	g/kWh	*223,4*	*227,9*	*243,1*	*397,4*
Drivstofftemperatur	°C	*34*	*35*	*36*	*37*
Luftforbruk	cm vannsøyle	*3,35*	*4,50*	*3,88*	*3,50*
Lufttemp i celle	°C	*29,1*	*29,4*	*29,5*	*28,9*
Luftfuktighet	%	*26,3*	*26,1*	*26,3*	*26,5*
Barometertrykk	millibar	*749*	*749*	*749*	*749*
NOx	ppm	*1514,2*	*1384,0*	*994,3*	*349,3*
THC (C_3)	ppm	*7,4*	*5,1*	*3,9*	*4,6*
CO	ppm	*289,8*	*100,1*	*60,2*	*83,9*
CO_2	%	*10,24*	*8,28*	*5,59*	*2,36*
O_2	%	*7,82*	*10,19*	*13,55*	*17,79*
Filter Smoke Number (1)	FSN	*0,23*	*0,07*	*0,04*	*0,04*
Filter Smoke Number (2)	FSN	*0,23*	*0,07*	*0,05*	*0,04*
Filter Smoke Number (3)	FSN	*0,26*	*0,08*	*0,04*	*0,03*
Filter Smoke Number snitt	FSN	*0,24*	*0,07*	*0,04*	*0,04*

Utstyr anvendt under motortester ved Sintef Marintek, Tyholt, Trondheim, 29.5.2007:

Målingen er utført i henhold til standard for avgassmålinger på forbrenningsmotorer ISO8178

Motor: Scania DC11 02, Pumpediesel, typisk for lastebil og busser og ellers tunge kjøretøy

Måleinstrument:

NOx: CLD måleprinsipp

THC: FID måleprinsipp

CO, CO_2: IR Måleprinsipp

O_2: Paramagnetisk måleprinsipp

Temperaturmålere: Termoelement type K

Forbruksmåler: Fortregningsvolumprinsipp

Dynamisk sylindertrykk: piezoelektrisk måleprinsipp

Andre trykkgivere: Strekklappbasert

Luftforbruk: Miriam laminærstrømsmåler

APPENDIKS E

HMS-Datablad for biodiesel

HMS-DATABLAD
Biodiesel

1. Identifikasjon av kjemikaliet og ansvarlig firma

Utgitt dato	15/01-2007
Kjemikaliets navn	Biodiesel
Synonymer	Drivstoff
Produktgruppe	DRIVSTOFF
Kjemikaliets bruksområde	Drivstoff.

Produsent/Importør

Firmanavn	YX Energi Norge AS
Besøksadresse	Drammensveien 134
Postadresse	Drammensveien 134
Postnr.	0212
Poststed	OSLO
Land	NORGE
Telefon	22124000
Telefaks	22124050
E-post	per.helge.moller@yx.no
Hjemmeside	http://www.yx.no
Org. nr.	921 757 131
Kontaktperson	Per Helge Møller
Utarbeidet av	Hydro Production Partner, Kari-Anne Barstad

2. Stoffblandingers sammensetning og stoffenes klassifisering

CAS-nr.	EC-nr.	Komponentnavn	Innhold	Merking/klassifisering
99035-75-3		Rapsolje, metylestere, rester	60 - 100 %	
		Vinteradditiv	0 - 1.2 %	

Kolonneforklaring	CAS-nr. = Chemical Abstracts Service; EU (Einecs- eller Elincsnummer) = European inventory of Existing Commercial Chemical Substances; Ingrediensnavn = Navn iflg. stoffliste (stoffer som ikke står i stofflisten må oversettes hvis mulig). Innhold oppgitt i; %, %vkt/vkt, %vol/vkt, %vol/vol, mg/m3, ppb, ppm, vekt%, vol%
Symbolforklaringer	T+ = Meget giftig, T = Giftig, C = Etsende, Xn = Helseskadelig, Xi = Irriterende, E = Eksplosiv, O = Oksiderende, F+ = Ekstremt brannfarlig, F = Meget brannfarlig, N = Miljøskadelig.

3. Viktigste faremomenter

Farebeskrivelse	GENERELT Vurdert ikke merkepliktig. HELSE Ingen helsefare forventes ved normal bruk. BRANN OG EKSPLOSJON Produktet er ikke klassifisert som brann- eller eksplosjonsfarlig. MILJØ Produktet er ikke klassifisert som miljøskadelig.

4. Førstehjelpstiltak

Innånding	Frisk luft, ro og varme.
Hudkontakt	Tilsølt hud vaskes med såpe og lunkent vann. Fjern tilsølt tøy.
Øyekontakt	Ved sprut i øynene skylles med rikelig mengde vann i minst 15 minutter. Søk lege hvis øyeirritasjon vedvarer.
Svelging	FREMKALL IKKE BREKNINGER! Om pasienten er bevisst gi straks et glass vann, deretter melk, fløte eller matolje. Aktivt kull oppløst i vann, dersom tilgjengelig. Kontakt lege.
Informasjon til helsepersonell	Symptomatisk behandling. Pasienten observeres med henblikk på faren for

	kjemisk pneumoni som følge av aspirasjon. Ventrikkelskylling foretas bare hvis pasienten har fått i seg store mengder og kun etter intubering.
Annen informasjon	Kontakt evt. Giftinformasjonen, tlf. 22 59 13 00.

5. Tiltak ved brannslukning

Passende brannslukningsmiddel	Skum, pulver, karbondioksid
Uegnet brannslukningsmiddel	Vann må ikke sprayes direkte inn i lagringsbeholdere, pga fare for overkoking, men kan brukes til avkjøling av beholdere og overflater.
Brann- og eksplosjonsfarer	Produktet har høyt flammepunkt og er ikke karakterisert som brannfarlig.
Personlig verneutstyr	Bruk personlig verneutstyr ved slukking av brann.

6. Tiltak ved utilsiktet utslipp

Generelle tiltak	Forhindre utslipp til gater, grøfter og vassdrag.
Metoder til opprydding og rengjøring	Søl fjernes med absorberende midler, som sand, kiselgur, syrebinder, universalbinder, sagflis og bark. Spyl etter med vann og strø med sand. NB! Meget glatt på ulykkesstedet!

7. Håndtering og oppbevaring

Håndtering	Unngå kontakt med hud og øyne. Hold unna åpen flamme.
Oppbevaring	Lagres i tett lukkede beholdere ved maksimalt 40 ºC. Beskytt mot frost.

8. Eksponeringskontroll og personlig verneutstyr

Eksponeringskontroll

Annen informasjon	Vask huden med såpe og vann før spising, drikking, røyking og før bruk av toalett. Gå ikke med tilsølte klær.
Håndvern	Bruk vernehansker av gummimateriale, f. eks. nitril. Gjennomtrengningstiden for hanskematerialet vil variere med hanskens tykkelse, arbeidsoperasjon og eksponering. Sørg for at hansken er hel, uten huller og rifter, og skift hansker ofte.
Øyevern	Ved fare for sprut, bruk vernebriller.
Annen informasjon	Alt verneutstyr skal være CE-merket og testet i henhold til relevant CEN-standard.

9. Fysiske og kjemiske egenskaper

Tilstandsform	Væske
Lukt	Karakteristisk
Farge	Gulaktig
Løselighet i vann	ikke løselig
Relativ tetthet	**Verdi:** 0.875-0.885 g/cm³
Smeltepunkt/smeltepunktsintervall	**Verdi:** - 18 °C
Kokepunkt/ kokepunktintervall	**Verdi:** ~ 300 °C
Flammepunkt	**Verdi:** 180 °C
Viskositet	**Kommentarer:** 4.0 mm²/s (40 °C) 6.5-7.0 mm²/s (20 °C) 1.7 mm²/s (100 °C)

10. Stabilitet og reaktivitet

Materialer som skal unngås	Hold unna åpen flamme. Rapsolje løser opp lakk og maling, samt enkelte typer plast og gummi etter lang tids bruk.
Farlige spaltningsprodukter	Ved forbrenning dannes damp, røyk, karbonmonoksid og karbondioksid.
Stabilitet	Produktet er stabilt når det lagres i lukket beholder. Med tilgang til luft vil rapsolje være ustabil, da det lett reagerer med oksygenet i lufta.

11. Opplysninger om helsefare

Dette HMS-databladet er utarbeidet i ECO Publisher (ECOonline)

Toksikologiske data fra komponenter

Øvrige helsefareopplysninger

Generelt	Produktet er ikke helsefarlig ved vanlig bruk.
Innånding	Høyt kokepunkt og liten avdamping ved normale temperaturer. Varm olje avgir oljedamp som kan irritere.
Hudkontakt	Langvarig og gjentatt hudkontakt kan føre til hudirritasjon.
Øyekontakt	Sprut i øynene er ubehagelig, men varig skade er usannsynlig.
Svelging	Risiko for at produktet kan komme ned i lungene. eks. ved brekninger.

12. Miljøopplysninger

Toksikologiske data fra komponenter

Øvrige miljøopplysninger

Persistens og nedbrytbarhet	Lett og rask biologisk nedbrytning.

13. Fjerning av kjemikalieavfall

Annen informasjon	Ikke klassifisert som farlig avfall.

14. Opplysninger om transport

Andre relevante opplysninger	Ikke transportklassifisert.

15. Opplysninger om lover og forskrifter

Sammensetning på merkeetiketten	Rapsolje, metylestere, rester: 60 - 100 %, Vinteradditiv: 0 - 1.2 %
R-setninger	Vurdert ikke merkepliktig.
Referanser (Lover/Forskrifter)	Norsk Stoffliste 2005 (Statens forurensningstilsyn, Arbeidstilsynet, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap). Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære (Arbeidstilsynet, best. nr. 361), ADR, RID, IMDG, IATA, Micromedex Tomes CPS System. Forskrift om utarbeidelse, distribusjon m.v. av helse-, miljø og sikkerhetsdatablad. Forskrift om farlig avfall med vedlegg (2003). Forskrift om klassifisering, merking m.v. av farlige kjemikalier (2005). Arbeidstilsynets brosjyre om løsemidler.

16. Andre opplysninger av betydning for helse, miljø og sikkerhet

Erstatter HMS-datablad av	21/12-2005
Opplysninger som er nye, slettet eller revidert	Endret: Firmanavn, pkt. 15
Leverandørens anmerkninger	*HMS-databladet er kvalitetskontrollert og godkjent i henhold til gjeldende regelverk. Hydro Production Partner har ikke ansvar for feil og mangler i opplysninger fra produsent / leverandør. Produsent/ leverandør oppgitt i seksjon 1 er juridisk ansvarlig for databladets innhold.