

**Titel: Forsøgsordning med biodiesel**

**Forfatters titel: Civilingeniør**

**Navn: Niels Frees**

**Ansættelsessted: Center for Grøn Transport - Trafikstyrelsen**

## Baggrund

Den daværende Færdselsstyrelse, der nu er fusioneret med Trafikstyrelsen, fik i starten af 2007 bevilliget 60 mio. kr. til en forsøgsordning med anvendelse af biodiesel i køretøjer.

De nærmere formål med forsøgsordningen var, at en eller flere afgrænsede flåder af køretøjer skulle anvende en hvis mængde biodiesel. Yderligere skulle der ske en afprøvning og erfaringsindsamling vedrørende blandt andet tekniske, organisatoriske og økonomiske aspekter ved anvendelse af biodiesel i praksis samt vedrørende forsyning med biodiesel. Vurdering af de anvendte biodieslers klimaegenskaber var ikke en del af opgaven, men væsentlige begrundelser for anvendelse af biobrændstoffer er reduktion af klimabelastningen i forhold til fossile brændstoffer samt hensyn til forsyningssikkerhed.

Efter i 2007 at have udfærdiget en bekendtgørelse, der regulerer forsøgsordningen og indkaldelse af ansøgninger, blev der i foråret 2008 iværksat fire projekter:

- Forsøg med forsyning (B5Next) med 5 pct. biodiesel til den almindelige forbruger fra 75 tankstationer i Århus Kommune – ved DAKA Biodiesel sammen med Region Midtjylland og EOF (energi- og olieforum). Forsøget omfatter også bybusser, der tanker hjemme.
- Forsøg med ren koldpresset rapsolie (KRO) i busser, lastbiler og varebiler – ved Odense Kommune sammen med DTU og Teknologisk Institut.
- Forsøg med 10 – 30 pct. blandinger af animalsk biodiesel (AFME) i busser, lastbiler og varebiler – ved Teknologisk Institut
- Forsøg med 10 – 100 pct. blandinger af vegetabilsk biodiesel (RME) i busser og lastbiler – ved Niras Rådgivende Ingeniører.

Forsøget med forsyning er afsluttet med udgangen af 2010. De øvrige projekter er afsluttet med udgangen af marts 2010. De tekniske rapporter for de enkelte projekter kan findes på Trafikstyrelsens, Center for Grøn Transports hjemmeside, <http://www.fstyr.dk/grontransport/Kampagner%20og%20projekter/Forsog%20med%20biodiesel.aspx>

## Resumé

Forsøgene har vist, at biodiesel fungerer som brændstof i dieselmotorer ved iagttagelse af forskellige forholdsregler, og for koldpresset rapsolie er der visse forbehold jf. nedenstående.

Forsøget med forsyning har arbejdet med opblanding og lagring af en 5 % blanding af animalsk biodiesel, der opfylder standarden EN590 for salg fra tankstationer. Udfordringerne har især været kuldestabilitet om vinteren, men også opfyldelse af standardens massefyldekrav. En anden udfordring har været at kontrollere biologisk vækst i biodieselblandingen. Endelig er der gjort erfaring med opbygning af den nødvendige infrastruktur, fx blandings- og lagertanke, herunder myndighedsgodkendelse. Erfaringerne er anvendt i Energistyrelsens udrulning af den tvungne iblanding af biodiesel, der implementeres fra 2010 – 2012. Der har ikke været reklamationer fra bilejere under forsøget, hvilket

indikerer, at det har været fuldstændigt problemfrit at køre med blandingen, også i vinterperioden.

Erfaringerne med 10 – 30 % blandinger af animalsk biodiesel og 10 – 100 % vegetabilsk biodiesel viser, at køretøjerne kører problemfrit, hvis man træffer enkelte forholdsregler omkring olieskift, evt. udskiftning af brændstofslinger mv. på nogle typer køretøjer samt vinterberedskab ved hård frost ved at gå ned i blandingsforhold afhængigt af frostgraderne for især den animalske biodiesel. Bilerne forurener som helhed ikke mere end med almindelig dieselolie, men forureningsmønsteret kan ændres noget (mere NO<sub>x</sub>, mindre CO og HC, partikeludslippets karakteristika kan ændres).

Kørsel på koldpresset rapsolie kræver en mindre ombygning af køretøjets brændstofforsyning, da rapsolien er mere tyktflydende end dieselolie. Bilerne må derfor enten køre på almindelig diesel indtil motoren er driftsvarm og herefter slå om på rapsolie, eller rapsolien må forvarmes. Der har været forskellige udfordringer med ombygningsudstyret og dets funktion. Ved et driftsmønster med megen tomgangskørsel skal motorolien skiftes hyppigt, hvis risiko for motorskader skal undgås. Forureningsmønsteret viser nogenlunde samme billede som for biodiesel.

### **Forsøg med forsyning**

Forsøget med forsyning blev udført af et konsortium bestående af Daka Biodiesel (projektansvarlig), Region Midtjylland og Energi- og Olieforum, der repræsenterer den samlede danske oliebranche: A/S Dansk Shell, Kuwait petroleum A/S (Q8), OK a.m.b.a., Samtank A/S, Statoil A/S, Statoil Automat Danmark (Jet) og Uno-X Energi A/S. Center for Bioenergi og Miljøteknologisk Innovation i Agro Business Park varetog projektledelsen.

Udlevering har fundet sted på samtlige 75 kommercielle tankstationer i Århus Kommune. Yderligere har Busselskabet Århus Sporveje og De Grønne Busser medvirket for at få erfaring fra distribution til flåder.

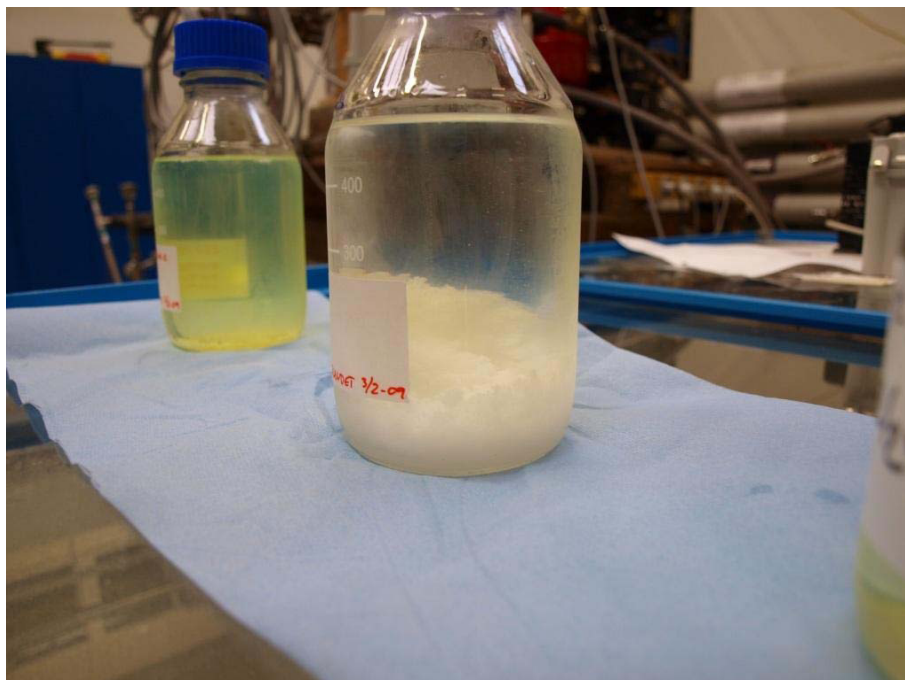
Projektet har demonstreret, at biodiesel fremstillet af animalsk fedt (AFME, Animalsk Fedtsyre Metyl Ester) kan indgå som biokomponent i traditionel fossil diesel med henblik på salg på danske tankstationer. Derudover også til brug i private flåder uden negative konsekvenser for funktionalitet eller forbrug af brændstof for bilister eller flådeejere.

Projektet har etableret og afprøvet en hensigtsmæssig logistik til distribution af en 5 % biodieselblanding, B5. Lagre på Århus Havn er opdateret i forhold til håndtering af biodiesel. I denne forbindelse er godkendelser fra offentlige myndigheder indhentet. Samtlige tankanlæg på kommercielle tankstationer og hos de udvalgte flåder er inden forsøget rensede for smuds og vand for at minimere risikoen for mikrobiel vækst i tankanlæggene.

Der er udviklet en metode til storskala iblanding af AFME. Dette sker ved en 2-trins blanding med etablering af en 50/50 % tank (B50) og efterfølgende opblanding til B5 på udleveringsrampen. Tillige anvendes opvarmning af den rene biodiesel.

B5-produktet skal opfylde kravene i forhold til lovgivning og gældende brændstofstandarder på det danske og europæiske marked (EN 590). Forud for den praktiske distribution er produktets egenskaber derfor optimeret baseret på flere laboratorieforsøg. Herunder er der fastlagt specifikationer for den basisdiesel, som skulle anvendes og indkøbes til blanding med AFME, idet basisdieselen skulle leve op til krav mht. densitet og kuldeegenskaber..

Især kuldeegenskaberne har været en udfordring, dvs. temperatur for udskillelse af paraffiner (CP, Cloud Point og CFPP, Cold Filter Plugging Point), se figuren. Målet var at kunne benytte 5 % biodieselblandingen i hele testperioden, altså også om vinteren. I vinterperioden var import af norsk standard vinterkvalitet den mest hensigtsmæssige løsning mht. basisdiesel, men der er arbejdet med additiver, så en normal dansk vinterdiesel – evt. lettere modificeret – kan anvendes fremadrettet. EN590 tillader nu 7 % iblanding, og det er muligt, at dette kun kan opnås om vinteren ved iblanding af en andel af vegetabilsk biodiesel, fx RME, Rapsolie Metyl Ester, som der er udført en vellykket afprøvning af som supplement til forsøget med RME.



Figur 1. Tydelig krystallisering i biodiesel udsat for ekstrem kulde (Foto: Kim Winther, TI)

Biodiesel indebærer en risiko for mikrobiel vækst grundet lettere biologiske omsættelighed end for fossil diesel. Det er vigtigt med en god tankhygiejne, hvor man sikrer, at der ikke ophobes vand og sediment i tankene. Ved forsøgets afslutning er prøver udtaget til tjek af vandindhold i tankene samt en screening af omfanget af mikrobiel vækst. Der blev generelt fundet et lavt vandindhold og bakterieniveau i tankene.

Generelt er det produkt, som er blevet distribueret gennem forsøgsperioden meget stabilt i forhold til oxidation i lager- og brændstofsyst. Dette understøttes af, at B5-produktet opfylder nye strengere krav til oxidationsstabilitet i EN590.

Det grundige forarbejde har betydet en problemfri drift for selskaberne, bilister og busselskaber. Der er således ikke registreret én eneste fejl eller reklamation hos slutbrugerne, der har kunnet henføres til brændstoffet. En gennemgang af kørselsregnskabet hos Århus Sporveje og De Grønne Busser viser, at der ikke kan registreres nogen ændringer i hverken effekt eller brændstofforbrug som følge af iblandingen af 5 % biodiesel i fossil diesel.

I håndteringen af det rene biobrændstof (B100) er der registreret tæthedsproblemer i en pumpepakning på to af de vogne, som har været anvendt til transport af ren biodiesel fra Daka Biodiesel til lagrene i Århus. Det er generelt kendt, at ren eller høj iblanding af biodiesel kan være aggressiv overfor slanger og pakningstyper, der ikke er resistente over for biodiesel.

En brugerundersøgelse blev gennemført i løbet af projektet. Fx var det her en smule overraskende, at de som havde det største transportbehov var mest villige til at betale mere for et mindre miljøbelastende brændstof.

Der har været ført en kommunikationskampagne, og der har således kun været et begrænset antal henvendelser på spørgsmål omkring produktet. Dog erfares det, at der ligger en opgave i fortsat at kommunikere ud omkring bilfabrikanternes brug af begrebet biodiesel. I denne sammenhæng menes der ifølge bilimportørerne, at brændstoffet skal opfylde EN590, altså max. indeholde 7 % biodiesel efter den opdaterede standard.

Oliebranchen vurderer bl.a. på baggrund af dette projekt, at en komplet omstilling af branchen til håndtering af biodiesel, inkl. myndighedsgodkendelse, kan tage op til halvandet år. Erfaringerne er tilgået Energistyrelsen, der har myndigheden for implementering af den tvungne iblanding.

### **Forsøg med koldpresset rapsolie og højere iblandinger af biodiesel**

Der blev udført tre forsøg med praktisk anvendelse af henholdsvis ren koldpresset rapsolie (KRO) samt højere blandinger af animalsk biodiesel (AFME) og vegetabilisk rapsoliebaseret biodiesel (RME). Anvendelsen er sket i afgrænsede flåder, fx busselskaber og vognmænd, og her er der ingen krav om opfyldelse af EN590 på nær enkelte krav til bl.a. massefylde og cetantal, der fremgår af brændstoffebekendtgørelsen for blandinger op til 30 %. For KRO og ren biodiesel er der ingen regler, men der findes standarder for disse produkter, som blev forudsat opfyldt i forsøgene.

Forsøget med KRO blev udført af et konsortium bestående af Odense Kommune (projektansvarlig), Egeskov Oliemølle, Teknologisk Institut og Institut for Mekanisk Teknologi på DTU. I forsøget medvirkede flåder af lastbiler, busser og varebiler fra Odense Renovation, Arriva, Bergholt Busser, Årstiderne og DHL. I alt 21 køretøjer medvirkede i afprøvningen. Koldpresset rapsolie (KRO) er blevet afprøvet, fordi der er en række fordele forbundet med produktionen af brændstoffet frem for biodiesel, hvor basisolie eller fedt ændres kemisk for at få diesellignende egenskaber. Ulempen er, at KRO har en betydeligt højere viskositet, hvilket kræver visse modifikationer af motorens brændstofs-system.

Forsøget med AFME blev udført af Teknologisk Institut. I projektet deltog olieleverandørerne DAKA Biodiesel og Statoil samt flåder af lastbiler, busser og

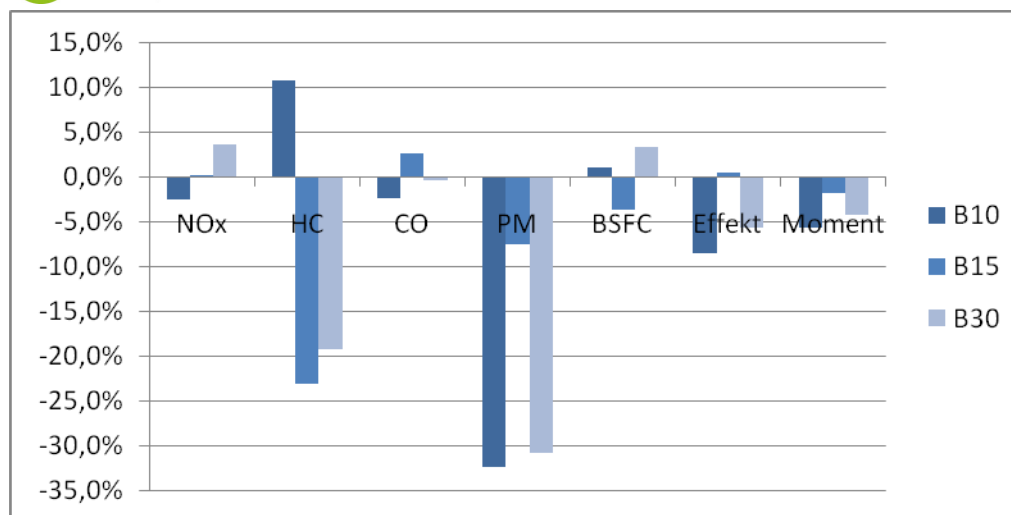
varebiler fra Fynbus, Tidebus, Arla Foods og Forsyningen Esbjerg Kommune. Virksomhederne Stroco og DPF Service medvirkede ved forsøg med henholdsvis oliefyr og partikelfiltre. Alm. Brand Forsikring forsikrede forsøgsvis køretøjerne mod tekniske skader ved at køre på højere blandinger af biodiesel. I alt 158 køretøjer medvirkede i afprøvning af AFME-baseret B10, B15 og B30.

Forsøget med RME blev udført af NIRAS A/S. Parterne BioFuel Express og Oliemæglerne varetog tankløsninger og olieforsyning. Der deltog flåder af busser og lastbiler fra Fjordbus, City-Trafik og Forsvaret. Dansk Tanktransport og Vikingbus medvirkede i dele af forsøgsperioden. I alt ca. 125 køretøjer medvirkede i afprøvning af RME-baseret B10, B15, B30 og B100.

I alle forsøgene er der udført rullefeltmålinger af ydelse og emissioner. Målingerne er udført af Teknologisk Institut med undtagelse af varebilerne i KRO forsøget, der er målt på DTU's rullefelt. I alle forsøgene er der desuden udført driftsforsøg, inspektion af motorer, oliepumper og oliefiltre, og der er foretaget analyser af motorenes smøreolie, idet biodiesel og KRO har en højere fordampningstemperatur end almindelig dieselolie, og derfor i højere grad kan opbygges i smøreolien. For TI er der yderligere forsøg med oliefyr til kabineopvarmning og med partikelfiltre.

Ved forsøgene på rullefelt ville man forvente, at motorenes ydelse faldt ved drift på KRO og biodiesel, da disse brændstoffer har en lavere volumetrisk brændværdi end almindelig diesel. Dette blev delvist bekræftet, men ydelsen faldt ikke i det omfang det kunne forventes ud fra forskel i brændværdi. Årsagen er måske, at KRO og biodiesel har en hvis mængde oxygen i molekylekæderne, hvilket kan give en bedre forbrænding. Dette skulle så give højere NO<sub>x</sub> og lavere HC, CO og partikler. Dette blev til en hvis grad bekræftet, men resultatet var ikke entydigt i alle forsøg. NO<sub>x</sub> steg ikke markant i nogen af forsøgene, men generelt var der fald i HC og partikler – i nogle tests var dette markant, se figur 2. Brændstofforbruget målt i kilometer per liter steg som følge af lavere volumetrisk brændværdi, hvorimod det specifikke brændstofforbrug (BSFC) målt i forhold til vægt var nogenlunde uændret. Biodiesel og KRO har en lidt højere massefylde end almindelig diesel.

KRO i store køretøjer (busser) og mindre (varebiler) opførte sig forskelligt, idet KRO i de store køretøjer opførte sig nogenlunde som ovenfor beskrevet, hvorimod KRO i de mindre køretøjer gav det præcist modsatte resultat med mindre NO<sub>x</sub> og øget HC og partikler. Årsagen antages at være, at de indkøbte ombygningsæt er dårligt optimeret til de specifikke køretøjer. Resultatet skyldes derfor teknikken og ikke brændstoffet.



Figur 2. Procentvise ændringer i specifikke emissioner og ydelsestal opdelt på produkttyper i forhold til referencediesel ved drift på AFME.

Driften på KRO har ikke været uproblematisk. De mest positive erfaringer er indhentet for de køretøjer, som har haft få brugere til et specifikt ombygget køretøj, og hvor der har været motivation til stede for at følge køretøjerne tættere end normalt mht. service og olieskift.

For de store køretøjer har der været småfejl på rapsolie ombygningssystemerne, som har besværliggjort kørslen på rapsolie. Senere i forløbet opstod der alvorligere problemer med både elektronisk styring af systemerne og mekaniske fejl. En gennemgående fejl på busserne var bibeholdelsen af de originale brændstofslinger, som giver driftsstop i koldt vejr pga. for små dimensioner af brændstofslingerne. Årsagen er, at rapsolien har en høj viskositet, og brændstofpumpen kan derfor ikke suge tilstrækkelig mængde brændstof under kolde vejrforhold. På de mindre køretøjer har ombygning til kørsel på KRO generelt været besværlig, og der har været problemer med at opnå de korrekte tryk i brændstofsyste­met. Der har været problemer for køretøjerne med at skifte til drift på rapsolie om vinteren pga. af ombygningssystemernes opbygning eller fejl.

Smøreolieanalyserne viser en ophobning af rapsolie, som igen er bestemt af køretøjstype, driftsmønster og ikke mindst årstiden. For busserne har der dog ikke været motorhavarier, da smøreoliens tilstand blev fulgt tæt. Nogle køretøjer tilbagelagde 30.000 km på motorolien, mens andre køretøjer har været forårsaget til at skifte indenfor 10.000 km. For de mindre køretøjer var havari af turboladeren på to af de involverede køretøjer, og måling viste et højt (ca. 10 %) indhold af KRO i smøreolien. Kendetegnet for disse køretøjer er megen tomgangskørsel (kølebiler), og at der ikke har været disciplin hos vognmanden om at sende olie til analyse som aftalt eller skifte olie hyppigere.

Drift på AFME og RME har været relativt uproblematisk. Teknisk kan iblandinger over 7 % kræve visse særlige foranstaltninger. Væsentligst skal man følge bilimportørens eller -fabrik­kens forskrifter med hensyn til eventuel udskiftning af visse motordele, fx brændstofslinger og pakninger. De tekniske forudsætninger varierer blandt motorfabrikater og -typer, hvorfor det er væsentligt at indhente leverandørens specifikke forskrifter for biodiesel-drift.

I forsøget med AFME er kuldeegenskaberne en udfordring, og der er, i lighed med forsyningsforsøget, arbejdet med at forbedre disse egenskaber ved hjælp af forskellige basisdieselolier og additiver. De fremstillede B10- og B15-blandinger var anvendelige som vinterdiesel med nattemperaturer ned til  $\div 15^{\circ}\text{C}$ . B30 dannede synlige udfældninger ved temperaturer under  $\div 2^{\circ}\text{C}$  og blev derfor ikke anvendt som vinterbrændstof. Dette er uproblematisk for RME.

Blandinger af AFME og RME i forholdet 3:4 er testet i en 7 % iblanding i begyndelsen af 2010, altså under deciderede vinterforhold. Blandingen har ikke givet anledning til driftsproblemer, og er et bud på en blanding, der kan opfylde kuldekravene i den opdaterede EN590 standard, der tillader 7 % biodiesel.

Der blev ikke konstateret unormalt øget nedbrydning af motorolier i lighed med KRO. Generelt anbefaler bilfabrikanterne olieskift dobbelt så hyppigt ved kørsel på biodiesel som på almindelig diesel. Dette blev fulgt, idet enkelte køretøjer dog kørte længere under hyppig kontrolmåling af motorolien. For bybusser, der har meget tomgangskørsel, er der grund til de hyppigere olieskift, hvorimod køretøjer der har et normalt driftsmønster egentlig godt kan køre med olieskift som for kørsel på almindelig dieselolie.

Der var ingen problemer med fabriksmonteret eller eftermonteret emissionsudstyr (partikelfiltre m.m.) der kunne tilskrives anvendelsen af biodiesel.

Brændstoffiltre blev tilstoppet i enkelte tilfælde. Forekomsten af polyethylen i filtrene kunne antyde et potentielt problem med plastictanke og slanger.

Der er inden projektstart via ventiler gennemført motorundersøgelser af cylindervægges, indsprøjtningdysers og stemplers tilstand. Der er ikke fundet nogen form for uregelmæssigheder ved drift på biodiesel og KRO ud over de nævnte turboladere for KRO varebiler.

En Stroco kabinevarmer til busser blev med positivt resultat langtidstestet samt koldstartet ved  $\div 5^{\circ}\text{C}$  på B30. O-ringe og lignende blev sendt til nærmere analyse. Her er konklusionen, at materialet er egnet til brug med B30.

## Konklusion

Forsøget med forsyning konkluderer, at storskala opblanding, forsyning og drift med en 5 % AFME biodieselblanding er mulig hele året. AFME er i den henseende vanskeligere end RME grundet dårligere kuldeegenskaber (udfældning af paraffin).

Forsøgene med anvendelse af højere iblandinger konkluderer, at drift på ren KRO, 10 – 30 % AFME eller 10 – 100 % RME er mulig med visse forholdsregler.

KRO kræver ombygning af køretøjer og kræver hyppigere olieskift. Det er mindre egnet for et kørselsmønster med meget tomgang, og der kan være problemer med vinterdrift, da ombygningsanlægget kan være utilbøjeligt til at skifte fra diesel til rapsoliedrift.





AFME og RME kan kræve udskiftning af pakninger og slanger, jf. køretøjsfabrikantens anvisninger, og fabrikanten vil som regel kræve hyppigere olieskift. AFME B10 og B15 kan anvendes sommer og vinter (ned til -15 grader), hvorimod AFME B30 ikke er vinteregnet. RME kan anvendes året rundt.