



**Rapsolie til opvarmning
Teknik, økonomi og miljø**

Maj 2001

Videncenter for Halm- og Flisfyring



Rapsolie til opvarmning Teknik, økonomi og miljø

Denne rapport er resultatet af en indsamling af viden omkring anvendelse af rapsolie til opvarmning. Der er opstået et akut behov for viden på området, og denne rapport er et skridt til at opfylde dette behov.

Hidtil har det især været interessant for den enkelte landmand at anskaffe en rapspresse og producere foderkager til sine dyr og olie til sit fyr. Men med de stigende fyringsoliepriser og lave rapsoliepriser er interessen for at fyre med rapsolie blandt almindelige olieforbrugere også steget markant.

Således er der dukket flere leverandører af brændere til rapsolie op på det danske marked, og grovvarereselskaber, oliemøller m.fl. sælger og leverer rapsolie direkte til private forbrugere. Alle melder om overvældende interesse, hvorfor myndigheder, rådgivere, installatører m.fl. har fået et akut behov for at kunne rådgive brugere og agere på markedet.

Som følge af den danske afgiftsstruktur er Danmark et foregangsland for brug af rapsolie til opvarmning. Endnu er der dog kun få praktiske erfaringer omkring fyring med rapsolie i Danmark og ikke nogen udenlandsk erfaring at trække på. Generelt kan det siges, at området er kendetegnet ved en vis pionerånd, hvor der anvendes modificeret teknologi, der oprindeligt er udviklet til andre olietyper. Der er således ikke mange analyser og langtidserfaringer at basere sin viden på.

Formålet med rapporten er derfor at samle tilgængelige oplysninger, der belyser teknik, økonomi, lovgivning og miljøforhold ved anvendelse af rapsolie til opvarmning.

Rapporten omhandler anvendelse af rapsolie i mindre fyr, idet der p.t. ikke er givet tilladelse til anvendelse i opvarmningsanlæg over 250 kW (se Afsnit 5). Ligeledes er priserne for rapsolie ikke konkurrencedygtige med afgiftsfritaget olie og gas, hvorfor anvendelse til procesformål ikke er medtaget.

Rapporten kunne ikke være udarbejdet uden konstruktive input og kritik fra fagekspertise, olieproducenter og brænderleverandører m.fl. Jeg vil især rette en personlig tak til engagerede fagfolk fra Århus Olie, Emmelev Mølle, Midt-Vest Planteolie, Christian Christensen Eg-tved, Dyma & Danheat, Vejen Bioenergi og Danfoss.

Jeppe Bjerg
Videncenter for Halm- og Flisfyring

dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ



Sammenfatning

Rapsplanten kan udnyttes til flere formål. Ved presning af rapsfrø udvindes rapsolien, presseresten kan bruges til foderkager og rapshalmen kan anvendes i et halmfyr til opvarmning.

Rapsolie findes i flere kvaliteter afhængigt af pressemetode og forarbejdningsproces. Overordnet skelnes mellem den rå rapsolie og den raffinerede rapsolie. Den rå rapsolie kan være udvundet af frøene ved enten koldpresning, varmpresning eller ekstrahering. I den raffinerede rapsolie er visse bestanddele fjernet gennem forarbejdning af den rå rapsolie.

Ved kold- og varmpresningsmetoden fremstilles rapskager, mens der ved ekstraheringsprocessen fremstilles rapsskrå. Jo mere olie, der udvindes af frøene, jo lavere bliver foderværdien af presseresten. Rapskager har således højere foderværdi end rapsskrå.

Ved dyrkning af raps på hele braklægningsarealet svarende til 10% af det danske landbrugsareal kan der produceres ca. 275.000.000 liter rapsolie. Det vil kunne erstatte en fjerdedel af det samlede fyringsolieforbrug til opvarmning i enfamilieshuse, etageejendomme og offentlige bygninger.

Ved omstilling af alle danske oliefyre til rapsoliefyre skal der anvendes ca. 1.000.000 ha landbrugsjord, svarende til ca. 40% af det danske landbrugsareal. Så stort et areal kan ikke opdyrkes med raps.

Fremstillingsmetodens betydning for rapsoliens egenskaber ved fyring i rapsoliebrændere er dårlig belyst. På det nuværende grundlag kan det ikke konstateres om der er forskel på at anvende koldpresset, varmpresset, ekstraheret eller raffineret rapsolie til brændsel. Fagfolk i fyringsbranchen vurderer, at der ikke er nogen brændselsteknisk forskel på de tre kvaliteter rapsolie – så længe olierne lever op til samme krav om renhed for partikler.

En meget væsentlig forudsætning for sikker drift af rapsoliefyret er, at rapsolien er fint rensat og fri for partikler.

Rapsolie er forskellig fra fyringsolie i flere henseender. Forbrændingsteknisk, har det en lavere brændværdi, højere flammepunkt og er mere tykflydende. Rapsolie kan opsuge og indeholde vand og olien er aggressiv overfor visse former for gummi.

Danske og internationale undersøgelser har vist, at rapsolie ikke umiddelbart kan anvendes i almindelige oliefyre. Her vil rapsoliefyre forårsage sod og belægninger, der medfører, at dyser og kanaler kokser til og anlægget stopper.

For at den tykke rapsolie kan forstøves og brænde kræves højt tryk og opvarmning. Derfor er det nødvendigt at udskifte den eksisterende oliebrænder med en rapsoliebrænder. En rapsoliebrænder indeholder typisk kompressor, forvarmer, filtre og fødepumpe. Herefter er det muligt at fyre med rapsolie i det eksisterende anlæg.

I forhold til investering i et anlæg til faste biobrændsler har anlæg til rapsolie den fordel, at den eksisterende oliekedel og lagertank kan beholdes med begrænsede modifikationer. Samtidig kan der skiftes tilbage til fyring med fyringsolie, hvis brændselspriserne ændres væsentligt.

Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at ikke alle fyringsanlæg er velegnede til konvertering. Således er fritstående udendørs tanke ikke egnede til opbevaring af rapsolie, og nogle kedler er for små til rapsoliebrænderes øgede flammelængde.



Til tilsyn, skift af filtre og rensning af støvskive skal der påregnes minimum 1 times arbejdsindsats om måneden. Der kræves derfor en smule teknisk indsigt og motivation til at tilse og vedligeholde rapsoliefyret.

De hidtidige danske erfaringer med rapsoliefyring er blandede, og området er dårligt belyst. Mens nogle anlæg tilsyneladende kører problemfrit, konstateres der driftsproblemer på andre. Om driftsproblemerne skyldes rapsoliens kvalitet, anlæggets konstruktion, manglende know-how eller kombinationer af disse forhold, er ikke dokumenteret.

Det er tilladt at anvende rapsolie til fremstilling af varme og elektricitet. Ud fra etiske betragtninger har Folketinget imidlertid ønsket at reducere energimæssig anvendelse af biomasse, der kunne være anvendt til fødevarer. Når rapsolie anvendes til opvarmningsformål gælder derfor at:

- Rapsolie må gerne anvendes i anlæg under 250 kW
- Rapsolie må ikke uden særlig tilladelse anvendes i blokvarme-, fjernvarme- og kraftvarmeværker med en installeret effekt over 250 kW
- Rapsolie må anvendes til procesvarme uanset anlægsstørrelse.

Disse begrænsninger gælder også rapsolie produceret som nonfood-afgrøder på braklægningsarealer.

Afgiftsmæssigt er det anlægstypen, der er afgørende for, om der skal svares afgift af rapsolie, når den bruges til opvarmningsformål:

- I oliefyret er fyring med rapsolie fritaget for afgifter
- I motorer på kraftvarmeværker skal der svares afgift af rapsolie brugt til varmeproduktion.

Det er besparelsen ved lavere brændselspriser på rapsolie, der skal forrente investeringen i en ny oliebrænder. Landmanden, der selv producerer sin rapsolie og anvender rapskagerne til foder, kan producere rapsolie til ca. 1.700 kr. pr. 1.000 liter ex. moms. Den almindelige forbruger, der skal købe rapsolie til villafyret, kan få leveret rapsolie til mellem 4.200 og 4.700 kr. for 1.000 liter inklusiv moms.

Rapsolieprisen har i år 2000 været meget lav pga. en overskudssituation på markedet. Tidligere har prisen på rapsolien varieret meget og i flere perioder været dyrere end fyringsolie.

Beregningseksempler viser, at landmanden, der presser egne rapsfrø til foderkager og olie, opnår den bedste anlægsøkonomi. Almindelige forbrugere kan opnå tilbagebetalingstider for investeringen på 4 år, men er sårbare overfor prisudviklingen på fyrings- og rapsolie.

Hvor ikke andet er nævnt refererer priserne i rapporten til april 2001.



Råd og korte svar på ofte stillede spørgsmål

Det bedste råd, der kan gives til personer, der overvejer at investere i et rapsoliefyr eller andre opvarmningsformer er:

Få anvist et referenceanlæg – andres gode erfaringer er den bedste garanti for at anlægget fungerer i praksis samt at leverandører og installatører er seriøse.

Rapsolien skal være rensat og uden partikler.

Rapsolie har en 6% mindre brændværdi pr. liter end fyringsolie.

Rapsolie er mindre brandfarligt end fyringsolie.

Rapsolie er CO₂ neutralt og har lavere emissioner af svovl m.m..

Rapsolie er bionedbrydeligt og forurener derved mindre ved udslip.

Rapsolie kan ikke lagres i fritstående udendørs olietanke, mens rapsolien tilsyneladende kan opbevares i såvel jordtanke, palletanke som indendørs tanke.

Rapsolie kan ikke anvendes direkte i konventionelle oliefyr. Oliebrænderen skal udskiftes og rapsolien forvarmes til ca. 100°C for at kunne forstøves tilstrækkelig til, at problemfri forbrænding opretholdes.

Rapsolie angriber visse materialer, der anvendes i pakninger m.m. Disse bør derfor udskiftes til pakninger af materialer, der er holdbart overfor rapsolie.

Rapsolie og fyringsolie kan blandes.



Indholdsfortegnelse

1. Dyrkning af raps til fyringsformål	6
1.1 Dyrkning og anvendelse af raps	6
1.2 Rapsproduktion på braklægningsarealer	7
1.3 Forbruget af olie til opvarmning	7
2. Fremstilling af rapsolie	9
2.1 Koldpresning af rapsolie	9
2.2 Varmpresning og ekstrahering af rapsolie	9
2.3 Raffinering af rapsolie	10
2.4 Produktion af rapsolie i Danmark	10
3. Rapsoliens brændselstekniske egenskaber	11
3.1 Brændværdi	11
3.2 Viskositet	12
3.3 Urenheder og partikler	12
3.4 Vandindhold	13
3.5 Smøreevne	13
3.6 Flammepunkt, kokspunkt og vakuumpunkt	13
3.7 Bionedbrydelighed	14
3.8 Additiver	14
4. Fyringsanlæg til rapsolie	15
4.1 Tank til lagring af rapsolie	15
4.2 Filtre	16
4.3 Fødepumpe og kompressor	16
4.4 Forvarmning af rapsolien	17
4.5 Rapsoliebrænder	17
4.6 Kedel	18
4.7 Drift af anlæg	18
4.8 Blanding af raps- og fyringsolie	18
5. Lovgivning og afgiftsforhold	19
5.1 Blokvarmecentraler, fjernvarmeværker og kraftvarmeanlæg over 250 kW	19
5.2 Afgiftsforhold ved anvendelse i anlæg under 250 kW	19
5.3 Lagerforhold og brandfare	20
6. Brændselspriser	21
6.1 Priser på rapsolie	21
6.2 Prisudvikling for raps	22
7. Anlægsøkonomi	25
7.1 Beregningseksempel for en landbrugsbedrift	25
7.2 Beregningseksempel for en større bolig	26
8. Energi- og miljøforhold	27
8.1 Energiregnskab	27
8.2 Emissioner ved fyring med rapsolie	28
8.3 Bionedbrydelighed	28
9. Bilag	29



1. Dyrkning af raps til fyringsformål

I dette afsnit beskrives dyrkning og anvendelse af raps i Danmark, og perspektiverne for at opfylde det danske olieforbrug til opvarmning ved udnyttelse af braklægningsarealer belyses.

Rapsplanten kan udnyttes til flere formål. Ved presning af rapsfrø udvindes rapsolien, presseresten kan bruges til foderkager og rapshalmen kan anvendes i et halmfyr til opvarmning. Ud fra en overordnet betragtning kan det konstateres:

- Ved dyrkning af raps på hele braklægningsarealet på 250.000 ha (10% af landbrugsarealet) kan der produceres ca. 275.000.000 liter rapsolie. Det vil kunne erstatte 24% af fyringsolieforbruget til opvarmning i enfamiliehuse, etageejendomme og offentlige bygninger.
- Ved omstilling af alle danske oliefyr til rapsoliefyring skal der anvendes ca. 1.030.000 ha landbrugsjord, svarende til ca. 41% af det danske landbrugsareal. Så stort et areal kan ikke opdyrkes med raps.

1.1 Dyrkning og anvendelse af raps

Rapsolie udvindes af frøene fra rapsplanten, der i Danmark dyrkes enten som vinter- eller vårraps. Rapsolien anvendes i dag primært som fødevarerolie, men kan også bruges til tekniske formål som smørelolie og brændsel. Rapskagen anvendes som kraftfoder, især til fodring af svin. Rapshalmen kan anvendes i et halmfyr eller på varmekrøer.

Rapsafgrøden har en god forfrugtsvirkning i et sædskifte, men kan kun dyrkes på samme areal hvert 5. år. Vinterraps er den bedste sort at anvende til brændselsformål, da den giver størst udbytte og kræver mindst energiforbrug til dyrkning.

Vinterraps er også lettest at dyrke som økologisk afgrøde. I 2000 var der tilplantet ca. 1.000 ha med økologisk dyrket raps – hovedsageligt vinterraps. De økologiske rapsudbytter er lavere, da landmænd bl.a. savner erfaring med økologisk dyrkning af raps. Der arbejdes med at forbedre dyrkningsmetoderne /Jørgensen 2000/.

Rapsudbyttet er afhængigt af jordbund, klima og dyrkningsvilkår. Erfaringsmæssigt regner man med, at udbyttet fra 1 ha konventionelt dyrket vinterraps er omkring 3 ton rapsfrø. Herfra kan der fremstilles ca. 1 ton rapsolie og ca. 2 ton rapskager afhængigt af pressemetode. Som biprodukt produceres omkring ca. 4 tons rapshalm. Rapsolieproduktionen svarer til ca. 1.100 liter rapsolie pr. hektar.

Der blev i 1998 produceret 359.000 tons rapsfrø i Danmark med en arealmæssig fordeling på 90.000 ha vinterraps og 21.000 ha vårraps. Produktionen har været stigende siden 1996, men er lav i forhold til 1980'erne, hvor den toppede i 1990 med en produktion på 793.000 tons rapsfrø /Landbrugsstatistik/. Markedet for økologisk rapsolie og foderkager, der er garanteret fri for genmodificeret indhold, forventes at vokse.

Med udgangspunkt i et samlet opdyrket areal på 2,5 mio. ha og i at raps kun kan dyrkes hvert femte år på samme areal, vurderes bruttoarealpotentialet til 500.000 ha /Folkecenteret/.



1.2 Rapsproduktion på braklægningsarealer

Raps som energiafgrøde kan indgå i den almindelige omdrift, men interessen har især været knyttet til udnyttelse af landbrugets braklægningsarealer. Ved at dyrke raps som nonfood-afgrøde på braklægningsarealet kan landmanden opnå en ekstra indtægt i forhold til at lade arealet ligge brak.

For landbrugsbedrifter med husdyr giver nonfood-produktionen endvidere mulighed for at sprede gylle på det dyrkede brakareal /Wiborg 2000/. Således opnår opdyrket braklægningsareal ekstra værdi, idet gylleproduktionen og dermed antallet af dyr kan øges på den enkelte bedrift.

Tilskudsreglerne for nonfood-raps kræver, at rapsfrøene sælges via kontrakt til tredjepart, samt at rapsolien denatureres, så den ikke kan bruges til føde. Ved denaturering af rapsolien kunne det være interessant at tilsætte fyringsolie til rapsolien. Man skal dog være opmærksom på, at den denaturerede rapsolie derved afgiftsmæssigt ville blive betragtet som mineralsk olie. Der ville således skulle svares afgift af rapsolien, hvorved det økonomiske incitament forsvinder /Energistyrelsen/.

Raps har hidtil været den vigtigste nonfood-afgrøde i Danmark. I år 2000 var der opdyrket ca. 23.000 ha med nonfood-raps, hvilket udgjorde ca. 90% af nonfood-afgrøderne. Men i forhold til det samlede braklægningsareal på 250.000 ha har udnyttelsen været minimal - under 10% af braklægningsarealet.

Der er således flere barrierer for at udnytte braklægningsarealet. En af dem er, at landmænd betragter nonfood-ordningen som usmidig og med risiko for ikke at kunne hente den ekstra fortjeneste hjem i sidste ende.

1.3 Forbruget af olie til opvarmning

Rapsolien kan teknisk set bruges til forskellige opvarmningsformål i det danske energisystem. Teknisk og miljømæssigt set ville det være hensigtsmæssigt, at anvende rapsolie i større anlæg som blokvarmecentraler, fjernvarmeværker og kraftvarmeværker. I øjeblikket er det imidlertid kun fyringsanlæg under 250 kW, der må benytte afgiftsfritaget rapsolie til opvarmning.

I tabel 1.1 er forbruget af fyringsolie i 1999 opgjort, og det er beregnet hvilket rapsolieforbrug det ville svare til. Som det ses, er det især enfamilieshuse, der udgør det store marked. De større anlæg, der teknisk er velegnede til rapsoliefyring, udgør en mindre del af det potentielle marked.

	Forbrug af fyringsolie 1999		Ækvivalent rapsolieforbrug
Enfamilieshuse	32.900 TJ	920 mio. liter	977 mio. liter
Etageboliger	2.740 TJ	76 mio. liter	81 mio. liter
Offentlig service	2.280 TJ	64 mio. liter	68 mio. liter
Samlet forbrug		1.060 mio. liter	1.130 mio. liter

Tabel 1.1 Rapsolieforbruget til opvarmning ved konvertering af alle oliefyr
Beregnet på baggrund af data fra Energistatistik. Forudsat en brændværdi for fyringsolie og rapsolie på hhv. 35,9 MJ/l og 33,8 MJ/l samt samme virkningsgrad ved omskiftning til rapsoliefyr.



Kraftvarmeproduktion vil medføre en bedre udnyttelse af rapsolien, idet der i stedet for lavværdig varme produceres højtstående energi i form af elektricitet. Ved kraftvarmeproduktion udnyttes den spildvarme, der uundgåeligt fremkommer fra el-produktion ved forbrændingsprocesser. Teknisk set kan rapsolien anvendes i såvel større kraftvarmeverker som på mini-kraftvarmeanlæg på gårde o.l.

Rapsolien kan også anvendes til transport i både biler, lastbiler, traktorer og skibe. Rapsolie har den fordel, at den ved mindre tekniske modifikationer kan benyttes i eksisterende dieselmotorer. Det er således en af de få eksisterende muligheder for at forsyne transportsektoren med vedvarende energi. Derfor argumenterer nogle for, at energimæssig anvendelse af rapsolie skal reserveres til transportformål.



2. Fremstilling af rapsolie

I dette afsnit gives et overblik over fremstillingen af forskellige rapsoliekvaliteter, samt produktionen af rapsolie i Danmark.

Rapsolie findes i flere kvaliteter afhængigt af pressemetode og forarbejdningsproces. Overordnet skelnes mellem den rå rapsolie og den raffinerede rapsolie. Den rå rapsolie kan være udvundet af frøene ved enten koldpresning, varmpresning eller ekstrahering. I den raffinerede rapsolie er visse bestanddele fjernet gennem forarbejdning af den rå rapsolie.

Ved kold- og varmpresningsmetoden fremstilles rapskager, mens der ved ekstraheringsprocessen fremstilles rapsskrå. Jo mere olie, der udvindes af frøene, jo lavere bliver foderværdien af presseresten. Rapskager har således højere foderværdi end rapsskrå.

Fremstillingsmetodens betydning for rapsoliens egenskaber ved fyring i rapsoliebrændere er dårligt belyst. På det nuværende grundlag kan det ikke konstateres, at der er forskel på at anvende koldpresset, varmpresset, ekstraheret eller raffineret rapsolie til brændsel. Imidlertid kan det konstateres, at en meget væsentlig kvalitetsparameter for sikker drift af rapsoliefyret er, at rapsolien er fint rensed og fri for partikler.

Rapsolien kan også esterificeres til RME, også kaldet biodiesel, der direkte kan erstatte fyringsolie uden modifikationer af det eksisterende fyringsanlæg. Produktion og anvendelse af biodiesel beskrives dog ikke nærmere i denne rapport.

2.1 Koldpresning af rapsolie

Koldpresning af olien foregår ved, at frøene presses rent mekanisk. Der tilføres således ikke varme eller andre hjælpemidler til presningen. Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi har indsamlet oplysninger om forskellige oliepressere, der kan anvendes til decentral koldpresning af rapsfrø. Oplysningerne fremgår af hjemmesiden http://www.folkecenter.dk/plant-oil/efdcpos_ef.pdf.

Den vigtigste kvalitetsparameter for den koldpressede rapsolie er, at den er tilstrækkelig ren og uden partikler. Rensning af rapsolien bør ske ved en kombination af sedimentation (bundfældning) og filtre. Sedimentationstiden bør være mindst 20 døgn /Noren 1994/. Bundfaldet i sedimentationstankene er næringsstoffer, der kan tilsættes rapskagerne.

Garantien, der gives af flere danske leverandører af rapsoliebrændere, forudsætter at rapsolien renses ned til 10 μ . For at opnå denne renhed skal olien efter bundfældning renses yderligere, og normalt vælges rensning med filtre.

2.2 Varmpresning og ekstrahering af rapsolie

På de større oliemøller i Danmark varmpresses eller ekstraheres olien. Ved varmpresning tilsættes der damp for at få mere olie ud af rapsfrøene, hvorved foderværdien af rapskagerne falder. Ved ekstrahering tilsættes kemiske hjælpemidler for at få den sidste olierest ud af frøene. Herved reduceres foderværdien af presseresten yderligere og den sælges som rapsskrå.

At rapsolien er varmpresset eller ekstraheret er ikke nogen garanti for, at den er finere rensed end koldpresset olie. Således er der konstateret store forskelle i partikelindhold og bundfald i leverancer af rapsolie fra større inden- og udenlandske oliemøller. Det er således vigtigt at sikre sig, at leverandøren af rapsolie garanterer en renhedsgrad af den olie, der leveres.



2.3 Raffinering af rapsolie

Den rå olie kan raffineres, hvor den gennemgår aflecithinering, afsyring, blegning, filtrering og deodorisation. Ved aflecithinering fjernes lecitiner og gummi fra den rå rapsolie. Derefter fjernes frie fedtsyrer og partielle glycerider ved tilsætning af en base. Farvede forbindelser, pesticidrester m.m. fjernes ved blegning før oliefrørester og andre ikke opløselige stoffer filtreres fra.

Den raffinerede rapsolie har muligvis flere lagrings- og fyringstekniske fordele. Ved fjernelse af lecitiner reduceres risikoen for kvældning, og ved fjernelse af voks mindskes problemer ved håndtering af rapsolie ved lave temperaturer. Samtidig er raffineret olie et produkt af meget ensartet kvalitet og fint filtreret /Århus Olie/.

Raffineret rapsolie er naturligvis også dyrere end rå rapsolie. Det vurderes, at omkostningerne til raffinering af rå rapsolie ligger i størrelsesordenen 0,5 - 1 kr./liter.

Raffineringsprocessen er udviklet til fremstilling af fødevarerolier og det er ikke belyst, hvilke trin, der er væsentlige for oliens egenskaber som brændsel. Det er dog ikke sandsynligt, at de større oliemøller indretter raffineringsteknologien til decideret fremstilling af brændsel før markedet har vist, at det kan bære en sådan investering.

2.4 Produktion af rapsolie i Danmark

Langt størstedelen af den danske rapsolieproduktion produceres til fødevarerformål på 4 større oliemøller, som det ses af tabel 2.1. Århus Olie raffinerer rapsolien, mens de resterende hovedsageligt fremstiller rå rapsolie udvundet ved varmpresning og ekstrahering. Emmelev har gennem længere tid leveret rapsolie til energiformål, men flere andre møller er nu også begyndt at levere. Desuden sælger et antal små decentrale oliemøller rapsolie til private olie-fyr. Der findes en liste over mindre decentrale møller med koldpresset rapsolie på www.folkecenter.dk/plant-oil/Lev_planteolier.htm.

Fabrik	Adresse	Oliepris ab mølle Inkl. moms	Kapacitet [tons olie/år]	Produktion [tons olie/år]
Danraps A/S	Kvisselholtvej 90, 9330 Dronninglund Tlf 98 85 43 00	Ca. 3-3.500 kr./ton	30.000	27-30.000
Emmelev A/S	Emmelevgyden 25 5450 Otterup Tlf 64 82 25 40	Ca. 3.500 kr./1000 liter	80.000	80.000
Scanola A/S	Østhavnsvej 8000 Århus C Tlf. 86 12 03 00	Ca. 3.000 kr./ton Kun storkunder Fødevarer	70.000	45-50.000
Århus Olie A/S	M P Bruuns Gade 27 8000 Århus C Tlf. 87 30 60 00	Pris ikke oplyst.	Oplyses ikke.	0 Kapacitet p.t. til andre frø
Små decentrale oliemøller			Skøn < 1%	Skøn < 1%
Samlet dansk rapsolieproduktion i 1999				~160.000 tons olie

Tabel 2.1 Dansk produktion af rapsolie i 1999

I de senere år er salget af oliepressere til brug på gårde øget kraftigt, hvorfor egenproduktionen af rapsolie på de enkelte landbrug tilsyneladende er steget. Det har ikke været muligt at indhente oplysninger om, hvor meget der egentlig produceres på gårde rundt omkring i landet.



3. Rapsoliens brændselstekniske egenskaber

I dette afsnit beskrives de væsentligste brændselstekniske egenskaber, der har betydning for lagring og fyring med rapsolie.

Rapsolie er forskellig fra fyringsolie i flere henseender. Forbrændingsteknisk har det en lavere brændværdi, højere flammepunkt og er mere tyktflydende. Rapsolie kan opsuge og indeholde vand, og olien er aggressiv overfor visse former for gummi. I tabel 3.1 sammenlignes de væsentligste fyringstekniske egenskaber for raps- og fyringsolie.

	Rapsolie	Fyringsolie
Vægtfylde	0,90-0,93 kg/l	0,84 kg/l
Vandindhold	max. 0,075* vægt%	-
Svovlindhold	max. 0,002* vægt%	0,05 Vægt%
Flammepunkt	min. 220* °C	70 °C
Effektiv brændværdi	min. 35,0* MJ/kg	42,7 MJ/kg
Viskositet	38* Cst ved 40°C	5 Cst ved 20°C
Flydepunkt	- 24 til - 27 °C	
Cloudpoint	- 30 °C	

Tabel 3.1 Egenskaber for raps- og fyringsolie

Værdier for rapsolie markeret med * er minimum- og maksimumværdier fastlagt i forbindelse med standardiseringsarbejde

I modsætning til anvendelse af rapsolie i motorer til transport, hvor koldpresset rapsolie tilsyneladende foretrækkes, er sammenhængen mellem fremstillingsmetode og rapsoliens brændselsegenskaber ved fyring ikke tilstrækkeligt belyst. Fagfolk i fyringsbranchen vurderer, at der ikke er nogen brændselsteknisk forskel på de tre kvaliteter rapsolie – så længe olierne lever op til samme krav om renhed for partikler.

3.1 Brændværdi

Som for mineralske olier kan brændværdien for rapsolie variere. En analyse af danskt varm-presset rapsolie har påvist en effektiv brændværdi på 37,0 MJ/kg (ASTM D240) /dk-TEKNIK/, mens en anden analyse har påvist en nedre brændværdi på 41,8 MJ/kg (ASTM D4868) /ITS/. Sidstnævnte må dog vurderes at være unormalt høj.

I forbindelse med udarbejdelse af en standard for koldpresset rapsolie til energiformål er der foretaget en del analyser af tysk rapsolie. Analyserne påviste effektive brændværdier på 36 - 40 MJ/kg med størsteparten af prøverne omkring 37 MJ/kg. Dette standardiseringsarbejde har foreløbigt resulteret i en anbefalet minimums-brændværdi for rapsolie på 35 MJ/kg (DIN 51900-38) /TUM 2000/.

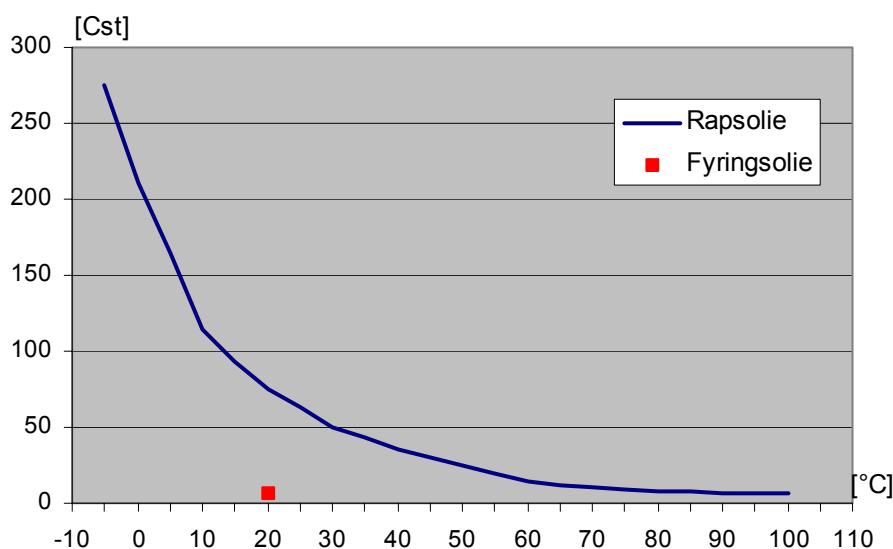
På denne baggrund må det vurderes, at en gennemsnitlig effektiv brændværdi for rapsolie vil ligge omkring 37 MJ/kg. Dette svarer til 34 MJ/liter rapsolie eller ca. 6% lavere brændværdi end for en liter fyringsolie.



3.2 Viskositet

Som det ses af figur 3.1 har rapsolien en væsentlig højere viskositet end fyringsolie ved normale opbevaringstemperaturer. Det betyder, at rapsolien er meget mere tyktflydende end fyringsolie og vanskeligere at forstøve så olien kan brænde. Derfor skal rapsolien opvarmes til omkring 100°C, før den ledes ind i oliebrænderen. Dermed opnår den nogenlunde samme viskositet som fyringsolie.

Som det ses af kurven, bliver rapsolie meget tyktflydende når temperaturen sænkes under frysepunktet. Hvis rapsolien bliver for tyk til at fødepumpen kan transportere olien til forvarmeren, er det muligt at tilsætte additiver. Analyser har vist, at ren rapsolie er flydende helt ned til -27°C (ISO 3016) /dk-TEKNIK/.



Figur 3.1 Viskositet for rapsolie afhængig af temperatur
Med markering af viskositet for fyringsolie ved 20°C. /Folkecenter og VB 156, 2000/

3.3 Urenheder og partikler

Den vigtigste parameter for problemfri fyring med rapsolie er måske, at olien er rensset for partikler og urenheder. Partikler og urenheder vil sætte sig i dyser og kanaler og resultere i nedsat virkningsgrad, slid og driftsproblemer med anlægget.

Urenhederne består især af plante- og frørester, der ender i olien ved presningen. Derudover kan urenhederne skyldes støv fra opbevaring af rapsolien i åbne tanke. Normalt filtreres olien umiddelbart før pumper og dyser, men en uren olie vil medføre mere vedligeholdelse i form af oftere udskiftning af filtre og mere bundfældning i olietanken.

Køberen kan kontrollere rapsolien visuelt ved at se, om der er skidt eller svæv i rapsolien. Han kan også forlange en garanti af olieleverandøren for rapsoliens renhed.

Flere leverandører af rapsoliebrændere stiller krav til rapsoliens renhed, for at brænderens garanti gælder. Normalt kræves det, at rapsolien ikke indeholder partikler over 10µ.



3.4 Vandindhold

I modsætning til mineralske olier kan rapsolie indeholde vand. Noget vand stammer fra selve presningen af frø, hvor en del af rapsfrøenes 5-10% vandindhold vil ende i olien /Jensen 2000/. Desuden kan rapsolie ved kvældning optage den kondensvand, der uundgåeligt dannes i olietank og rør.

Den største del af vandet vil efterhånden udskilles i olietanken og falde til bunds som følge af større vægtykkelse end rapsolie. Men en del vand vil blive bragt videre med rapsolien gennem rør og pumper til fyret.

Det skal understreges, at det ikke er belyst om vandindholdet forårsager problemer i fyringsanlægget. Men der er formodninger om flere mulige problemer. Dels kan vand forårsage rust i rør og dyser. Dels kan blandinger af olie og vand emulgere, når det piskes – eksempelvis i pumper. Der er meldinger om, at der i nogle anlæg er konstateret margarineagtige belægninger, der kunne stamme fra emulgering.

3.5 Smøreevne

Rapsolie har til flere anvendelsesformål en rigtig god smøreevne, men smøreevnen kan ved høj temperaturpåvirkning i længere tid mindskes. Oliens smøreevne er vigtig for drift af pumper m.m. i fyringsanlægget, men der er ikke gennemført langtidsundersøgelser af rapsoliens smøreevne i fyringsanlæg.

På grund af rapsoliens polaritet binder rapsolie bedre til metal end mineralske olier /Sovero 1993/. Rapsolie bruges således i tekniske smøreolier som eksempelvis kædesavsolie. En svensk undersøgelse fra Statens Maskinprovninger viser, at rapsoliebaserede kædesavsolier sikrer lavere temperaturer ved drift af kædesave end mineralsk baserede smøreolier /Århusolie/. Der er ligeledes flere forsøg, der viser, at dieselloles smøreevne forbedres ved tilsætning af rapsbaseret biodiesel /Schwarz 1995/.

Heroverfor står, at der i forbindelse med brug af rapsolie i motorer er konstateret, at rapsolien efter længere tids påvirkning af høje temperaturer mister noget af sin smøreevne.

3.6 Flammepunkt, kokspunkt og vakuumpunkt

Rapsolie har et flammepunkt på 220°C i forhold til 70°C for fyringsolie. Det højere flammepunkt gør rapsolien sværere at antænde end fyringsolie. På den ene side har det den fordel, at der er mindre eksplosionsfare og risiko for brand. På den anden side er rapsolien sværere at antænde i en oliebrænder. Dertil kræves højere temperatur og fin forstøvning af rapsolien.

Kokspunktet betegner temperaturen, hvor olien krakker og udskilles i krystaller. Et højt kokspunkt er vigtigt, idet nogle anlægsdele – især forvarmer og dyse – kan opnå høje temperaturer. Hvis disse anlægsdele kokser til, vil virkningsgraden forringes og anlægget stoppe. Et dansk forsøg viste, at den anvendte rapsolie forkoksede ved ca. 230°C /Koch/.

Ved vakuumpunktet forgasser de flygtige stoffer. Vakuumpunktet er vigtigt i anlæg, hvor olien transporteres gennem lange slanger fra tank til fyr. Ved et lavt vakuumpunkt kan der opstå afgang, hvorved der opstår luftbobler i olien. Anlægget skal så kunne håndtere luftbobler /Danfoss/.



Fyringsolie har et vakuum punkt på 4 m vandsøjle. Hvis rapsolie har et lavere vakuum punkt kan det medføre luftbobler i rapsolien. Det har ikke været muligt at finde dokumentation af vakuum punktet for rapsolie. Det skal dog understreges, at der ikke er rapporteret om problemer af denne karakter.

3.7 Bionedbrydelighed

Mens den egenskab, at rapsolie let nedbrydes i naturen har flere miljømæssige fordele, kan bionedbrydeligheden skabe problemer i forbindelse med lagring af rapsolien. Kombinationen af bakterier og en bionedbrydelig olie kan skabe problemer i lagertanken, især hvis temperaturen er høj og rapsolien lagres over længere perioder. Derfor anbefales det at rapsolien ikke lagres i fritstående, uisolerede udendørs tanke, der udsættes for direkte sollys.

I hvor høj grad bionedbrydeligheden er et problem i andre tanktyper og olieanlæg generelt, er ikke belyst.

3.8 Additiver

Ved at tilsætte additiver vil det være muligt at imødegå nogle af de driftsmæssige problemer ved lagring og fyring med rapsolie. Samtidig kunne additiver opfylde behovet for denaturering af rapsolie fra non-food-rapsafgrøder. Det har imidlertid ikke været muligt at finde undersøgelser, der belyser dette område. Danske møller har ikke ønsket at oplyse, hvilke additiver de tilsætter rapsolien.

Ved valg og anvendelse af additiver bør det sikres, at rapsoliens miljømæssige fordele ikke ødelægges – eksempelvis bionedbrydelighed.



4. Fyringsanlæg til rapsolie

I dette afsnit beskrives, hvilke anlægsændringer, der skal foretages på almindelige oliefyr til fyringsolie for at kunne fyre med rapsolie, og hvilke forhold det er vigtigt at være opmærksom på.

Danske og internationale undersøgelser har vist, at rapsolie ikke umiddelbart kan anvendes i almindelige oliefyr. Her vil rapsoliefyring forårsage sod og belægninger, der medfører, at dyser og kanaler kokser til og anlægget stopper.

For at den tykke rapsolie kan forstøves og brænde kræves højt tryk og opvarmning. Derfor er det nødvendigt at udskifte den eksisterende oliebrænder med en rapsoliebrænder. En rapsoliebrænder indeholder typisk kompressor, forvarmer, filtre og fødepumpe. Herefter er det muligt at fyre med rapsolie i det eksisterende anlæg.

I forhold til investering i et anlæg til faste biobrændsler har anlæg til rapsolie den fordel, at den eksisterende oliekedel og lagertank kan beholdes med begrænsede modifikationer. Samtidig kan der skiftes tilbage til fyring med fyringsolie, hvis brændselspriserne ændres væsentligt.

Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at ikke alle anlæg er velegnede til konvertering. Således er fritstående udendørs tanke ikke egnede til opbevaring af rapsolie og nogle kedler er for små til rapsoliebrænderes øgede flammelængde.

Der skal også påregnes minimum 1 times arbejdsindsats om måneden til tilsyn, skift af filtre og rensning af støvskive. Der kræves derfor en smule teknisk indsigt og motivation til at tilse og vedligeholde rapsoliefyret.

De hidtidige danske erfaringer med rapsoliefyring er blandede og området er dårligt belyst. Mens nogle anlæg tilsyneladende kører problemfrit, konstateres der driftsproblemer på andre. Om driftsproblemerne skyldes rapsoliens kvalitet, anlæggets konstruktion, manglende know-how eller kombinationer af disse forhold er ikke dokumenteret. Undersøgelse af disse sammenhænge er en forudsætning for at kunne komme de børnesygdomme til livs, der altid følger med ny teknologi.

Det bedste råd, der kan gives til personer, der overvejer at investere i et rapsoliefyr eller andre opvarmningsformer er:

Få anvist et referenceanlæg – andres gode erfaringer er den bedste garanti for at anlægget fungerer i praksis og leverandøren er seriøs.

4.1 Tank til lagring af rapsolie

For rapsolie til fødevarer anbefales det, at olien lagres mørkt, tørt og køligt, men frostfrit. Herved kan olien holde minimum et år fra produktionsdato /CYB Group Plc. 2000/. Overholdes disse krav til lagertanken vurderes det, at rapsolie til fyringsformål også kan opbevares i minimum et år.

Rapsolie bør ikke lagres i uisolerede udendørs olietanke, der udsættes for store temperaturudsving i løbet af året. Om sommeren er der risiko for meget høje temperaturer og dermed bakterievækst, der reagerer med rapsolien. Om vinteren er der risiko for, at rapsolien bliver så tykflydende eller stivner, at der opstår driftsproblemer.



En jordtank har den fordel, at den sikrer mørke og konstant temperatur - 8°C – hvorved risici for, at rapsolien reagerer med bakterier minimeres. Til gengæld er en jordtank svær at komme til, hvis der skal fjernes bundfald, vand og lignende.

En indendørs tank har den fordel, at den er let at komme til at servicere og tømme. Flere af disse tanke har haner i bunden, der gør det muligt at aftappe vand, der med tiden synker til bunden af tanken. Man skal dog være opmærksom på den risiko for bakterievækst, der er forbundet med, at en indendørs tank ofte befinder sig i fyrrum med høje temperaturer. Derfor bør man regne med en kortere holdbarhed i indendørs tanke.

Rapsolie kan leveres i palletanke, der normalt består af plastic og indeholder 1.000 liter rapsolie. Palletanke er en fleksibel løsning på levering og lagring af rapsolie, der har flere fordele. Palletanken kan nemt tømmes eller bortskaffes, hvis der skulle opstå problemer med rapsolien under lagring. Den kan placeres, hvor det passer forbrugeren og hvor de bedste betingelser for opbevaring af rapsolie er til stede. Dermed minimeres risici for lager- og driftsproblemer for forbrugeren. En palletank kræver dog ekstra plads og rørføring for at tilsluttes det eksisterende centralvarmeanlæg.

Der vil altid være vand i en tank med rapsolie. Dels er der ofte vand i rapsolien og dels dannes der kondens i tanken. Når der benyttes fyringsolie, vil kondensvandet udskilles, synke til bunds og blive i tanken. Når der benyttes rapsolie, kan vandindholdet optages i rapsolien og føres videre gennem rør, pumper og fyr. Om dette udgør et problem over længere tid, er ikke belyst.

Som i olietanke med fyringsolie dannes der med tiden bundfald i tanken. Partikler og frørester i en dårlig filtreret olie vil øge bundfældningen og behovet for oprensning.

4.2 Filtre

En af de vigtigste forudsætninger for problemfri fyring med rapsolie er, at olien er rensat for urenheder. Urenheder vil slide på dyser o.l. og kan forårsage stop af oliefyret. Derfor skal der altid være påmonteret et filter før rapsoliebrænderen.

Urenheder kan stamme fra den tilførte rapsolie, hvilket man kan sikre sig mod før rapsolien hældes i tanken. Derudover kan urenheder stamme fra belægnings i tank og rør, idet rapsolie har den egenskab, at den løser belægnings. Det anbefales derfor at tank, rør m.m. rengøres inden man starter med at anvende rapsolie /Noren/.

Rapsolie er aggressivt over for flere materialer, der anvendes i elastomer (pakninger, membraner o.l.) /Norén/.

Forskellige brændere stiller forskellige krav til renhed af rapsolien.

4.3 Fødepumpe og kompressor

Det er vigtigt at være opmærksom på, at nogle kompressorer larmer. Hvis oliefyret derfor er placeret et sted, hvor støj vil genere brugerne eller andre, bør der vælges en støjsvag kompressor.

Det har ikke været muligt indenfor denne rapports rammer at belyse problematikken omkring rapsolietyper og valg af gummi nærmere. Der henvises til bl.a. producenter af smøreolier, der har lister over hvilke gummityper, der anbefales til brug ved rapsoliebaserede smøremidler.



4.4 Forvarmning af rapsolien

Rapsoliens høje viskositet medfører, at den skal forvarmes for at kunne forstøves så meget, at problemfri forbrænding opnås. Normalt opvarmes rapsolien til omkring 90-130°C, før den ledes til brænderen.

Det er vigtigt, at forvarmeren er egnet til opvarmning af rapsolie. Dels må forvarmeren ikke kokske til, og dels er det hensigtsmæssigt, at varmelegemet kan renses for de belægninger, der ofte forekommer når rapsolie opvarmes. I forbindelse med danske afprøvninger har konventionelle forvarmere baseret på varmeoverførsel fra små bronzekugler kokset til – uanset om der blev benyttet rå eller raffineret rapsolie /Koch 2000/.

4.5 Rapsoliebrænder

Der findes forskellige brændertyper på det danske marked – bl.a. trykforstøvnings-, rotations-, emulsions- og injektorbrændere. Generelt egner brændere i større anlæg sig udmærket til fyring med rapsolie, hvis rapsolien forvarmes. Forsøg har vist, at rapsolie brænder problemfrit i en konventionel svær fueloliebrænder med forvarmning /Norén/. Der berettes også om problemfri rapsoliefyring i anlæg med rotations- og emulsionsbrændere /Koch/.

De fleste oliefyr i danske villaer har i dag trykforstøvningsbrændere. Ved forvarmning af rapsolien kan det i princippet lade sig gøre at fyre med disse brændere, men erfaringer viser, at denne brændertype kan være mindre god til rapsolie. Flere fyr med konventionelle trykforstøvningsbrændere har haft problemer med tilstopning af dyser og kanaler m.m. Således er en dansk udviklet rapsoliebrænder på trykforstøvningsprincippet trukket tilbage fra markedet, fordi urenheder i rapsolien forårsagede driftsproblemer.

Fyring med rapsolie er nyt i Danmark og det er først nu, at der kan indhentes erfaringer fra rapsoliebrændere, der har kørt en hel fyringssæson. Leverandører af rapsoliebrændere har derfor ikke kunnet anviser referenceanlæg for mindre forbrugere med længere tids praktiske erfaringer. Kun én leverandør har fået rapsoliebrænderen testet af et dansk laboratorium /Teknologisk Institut/.

I tabel 4.1 er gengivet en liste over leverandører af rapsoliebrændere i Danmark med beskrivelse af, hvilke effektstørrelser der kan leveres. For yderligere oplysninger om teknik, priser, lokale forhandlere og installation henvises til leverandørerne.

Fabrikat	Leverandør	Effektstørrelser
Danheat	Dyma og Danheat Niels Ebbesensvej 9 7500 Holstebro Tlf. 97 42 30 99, Danheat@mail.dk	23 – 233 kW
Kroll	Christian Christensen Egtved Hesselballevej 39 6040 Egtved 75 55 30 16, www.rapsoliefyr.dk	21 – 195 kW
Ruhr Brenner	Anteco Lucernemarken 9 5260 Odense S 70 26 83 26, www.anteco.dk	20 – 300 kW
Scheer BlauTherm DUO	Vejen Bio Energi Stavnsbjergvej 13 6600 Vejen Tlf. 75 36 42 13, www.vebe.dk	7 – 65 kW

Tabel 4.1 Leverandører af rapsoliebrændere



4.6 Kedel

Flammelængden ved afbrænding af rapsolie i en oliebrænder er ca. 15% større end ved afbrænding af fyringsolie /Koch/. Nogle mindre kedeltyper er derfor ikke velegnede til rapsoliefyring, da rapsolien ikke kan nå at brænde ud. I nogle kedler er det muligt at montere et rør, hvor fuld forbrænding af rapsolien sikres ved at flammen ledes tilbage gennem røret.

Det er vigtigt at sikre tilpas høj temperatur i røggassen. Ved forbrænding af 1 kg rapsolie dannes mere end 1 kg vanddamp, der ellers vil kondensere i skorstenen. /Noren 1994/.

I svenske forsøg er der konstateret brune belægninger i kedelen, når der fyres med rapsolie, men det fremgår ikke, om dette er et problem /Norén/.

4.7 Drift af anlæg

Ejeren af et rapsoliefyr skal regne med at bruge ekstra tid til tilsyn og drift i forhold til et almindeligt oliefyr. Filtre skal renses og udskiftes, støvskiven skal renses ca. en gang om måneden og vand med bundfald tappes af tanke om muligt. Nogle installatører anbefaler, at rapsoliefyret tilses dagligt for justeringer og aftapning af kondens.

Brugeren skal således være i stand til at foretage tekniske indgreb, der bl.a. involverer afmontering af brænder ved rensning af støvskiven. Alternativt kan brugeren indgå en aftale med installatøren af brænderen.

Leverandører af rapsoliebrændere anslår det ekstra tidsforbrug til omkring 1 time om måneden. Dette er stadig mindre end for anlæg til faste biobrændsler som halm, flis og træpiller.

4.8 Blanding af raps- og fyringsolie

En af de store fordele ved rapsoliebrændere er, at man kan anvende fyringsolie i brænderen. Således kan man skifte mellem fyring med raps- og fyringsolie, hvis priserne ændres eller der er for lang leveringstid på rapsolie.

Man skal imidlertid være opmærksom på, at rapsoliebrændere ikke er optimeret til fyringsolie. Hvis man permanent vælger at skifte tilbage til fyringsolie kan det ofte betale sig at have gemt den gamle oliebrænder og geninstallere denne.

Ifølge danske erfaringer er det muligt at fyre med blandinger af raps- og fyringsolie i en rapsoliebrænder. Hvis der i en periode bruges fyringsolie, slås forvarmeren blot fra. Når der senere blandes rapsolie i fyringsolien kan anlægget køre indtil blandingen bliver for tykflydende og anlægget stopper. Herefter tilsluttes forvarmeren, og der fyres igen med rapsolie.

Blandinger af let fyringsolie og rapsolie er lagerstabile i mindst et år, hvis olien lagres køligt, mørkt og i tanke, der hindrer udskiftning af luft /Norén/.



5. Lovgivning og afgiftsforhold

I dette afsnit beskrives lovgivning og afgiftsforhold ved anvendelse af rapsolie til opvarmningsformål.

Det er tilladt at anvende rapsolie til fremstilling af varme og elektricitet. Ud fra etiske betragtninger har Folketinget imidlertid ønsket at reducere energimæssig anvendelse af biomasse, der kunne være anvendt til fødevarer. Når rapsolie anvendes til opvarmningsformål gælder derfor at:

- Rapsolie må gerne anvendes i anlæg under 250 kW
- Rapsolie må ikke uden særlig tilladelse anvendes i blokvarme-, fjernvarme- og kraftvarmeværker med en installeret effekt over 250 kW
- Rapsolie må anvendes til procesvarme uanset anlægsstørrelse.

Disse begrænsninger gælder også rapsolie produceret som nonfood-afgrøder på braklægningsarealer.

Afgiftsmæssigt er det anlægstypen, der er afgørende for, om der skal svares afgift af rapsolie, når den bruges til opvarmningsformål:

- I oliefyr er fyring med rapsolie fritaget for afgifter
- I motorer på kraftvarmeværker skal der svares afgift af rapsolie brugt til varmeproduktion.

5.1 Blokvarmecentraler, fjernvarmeværker og kraftvarmeanlæg over 250 kW

Disse anlæg er godkendt af kommunalbestyrelser og Energistyrelsen ud fra generelle forudsætningskrav af 13. september 1990. Ifølge forudsætningskravene skal der ved væsentlige anlægsændringer, deriblandt indførelse af et nyt brændsel som rapsolie, indhentes godkendelse fra kommunalbestyrelse og Energistyrelsen. Undlader værket at indhente godkendelse kan det efter varmeforsyningslovens bestemmelser straffes med bøde.

Angående hvilke brændsler, det er tilladt at benytte, er rapsolie ikke specifikt nævnt i forudsætningskravene. Det fremgår, at der ikke må benyttes potentielle fødevarer som *"fiskeolie, overskudssmør, korn o. lign."*

Bestemmelsen om, hvilke biobrændsler, der ikke må benyttes, er udarbejdet med det formål, at der ikke anvendes biomasse, der kan være anvendt til fødevarer, idet Folketinget finder dette uetisk.

Energistyrelsen har endnu ikke haft projekter med rapsolie til godkendelse. Den umiddelbare tolkning er ifølge Energistyrelsen, at rapsolie må anses som liggende indenfor ovenstående definition af brændsler, der ikke må benyttes. Det er ligeledes Energistyrelsens tolkning, at denne bestemmelse gælder for raps dyrket på non-food-arealer /Energistyrelsens 8. kontor/.

5.2 Afgiftsforhold ved anvendelse i anlæg under 250 kW

Told & Skat har tilkendegivet, at der ikke vil blive pålignet mineralolieafgift ved anvendelse af vegetabilsk olie til fyrringsformål i et oliefyr. Det er et krav, at der ikke tilsættes additiver eller fyrringsolie af mineralsk oprindelse, dvs. at der skal indfyres rå rapsolie i fyret /LRC 2000/.



Anvendes rapsolie derimod i stationære eller mobile motorer er olien som udgangspunkt afgiftsbelagt svarende til afgift på mineralolie. Rapsolie anvendt til varmfremstilling på stationære motorer i kraftvarmeværker er således afgiftsbelagt. Der skal svares afgift efter den sats, der gælder for tilsvarende fyring med mineralske olier på pågældende værk /Told & Skat/.

Kristelig Folkeparti har stillet forslag om at pålægge afgift på rapsolie anvendt til fyringsformål. Afgiftsprovenuet herfra skal ifølge lovforslaget benyttes til at afgiftsfritage rapsolie, der anvendes som brændstof til transport.

5.3 Lagerforhold og brandfare

Der findes ikke særlig lovgivning for opbevaring af rapsolie til fyringsformål, hvorfor det må formodes, at der stilles de samme krav som til opbevaring af fyringsolie. Det har ikke været muligt at afklare om opbevaring i palletanke – eksempelvis indendørs i kældre – er i konflikt med det eksisterende regelsæt.

Hvis rapsolie udbredes som brændsel i Danmark, ville det være hensigtsmæssigt at udforme særlige regler for rapsolie. Blandt andet kunne man i den forbindelse tilgodese de fordele rapsolie har i forbindelse med bionedbrydelighed og langt mindre eksplosionsfare.



6. Brændselspriser

I dette afsnit gives et overblik over priser på forskellige kvaliteter rapsolie. Derefter sammenlignes udviklingen af rapsolieprisen med alternative brændsler til opvarmning.

Det er besparelserne ved lavere brændselspriser på rapsolie, der skal forrente investeringen i en ny oliebrænder. Landmanden der selv producerer sin rapsolie og anvender rapskagerne til foder, kan producere rapsolie til ca. 1.500 kr. pr. 1.000 liter. Den almindelige forbruger, der skal købe rapsolie til villafyret, kan få leveret rapsolie til mellem 4.000 og 4.700 kr. for 1.000 liter.

Rapsolieprisen har i år 2000 været meget lave pga. en overskudssituation på markedet. Tidligere har prisen på rapsolien varieret meget og i flere perioder været dyrere end fyringsolie.

6.1 Priser på rapsolie

Det er vigtigt, at være opmærksom på, hvilken kvalitet, og dermed hvilken pris, der skal benyttes, når økonomien i en given brænder vurderes. Af tabel 6.1 ses, at der er forskel på rapsoliepriser afhængigt af kvalitet og leveringsform.

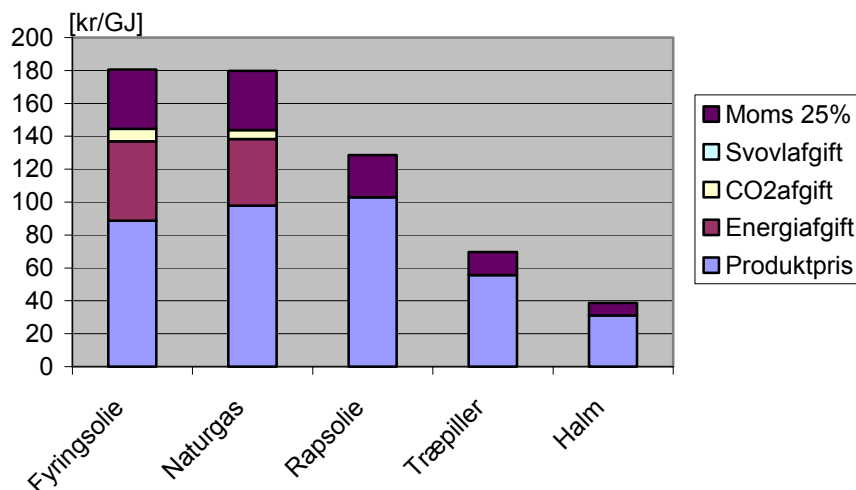
Rapsoliekvalitet	Leveret	Rapsoliepris [kr./1.000 l]
Egenproduceret rapsolie		
Omkostninger, normal	-	1.700 (ex. moms)
Omkostninger, marginal	-	1.400 (ex. moms)
Koldpresset rapsolie		
Decentral oliemølle	Ab mølle	5.300
Varmpresset rapsolie		
Oliemølle	Ab dansk mølle – hel tankbil	4.200
	An forbruger – 1.000 liter palletank	4.500
	An forbruger – 1.000 liter tankbil	4.200-4.700
Verdensmarkedspris	Ab leverandør (>30 ton)	3.500
Raffineret rapsolie		
Verdensmarked	Ab leverandør (>30 ton)	~ 3.900

Tabel 6.1 Priser på konventionelt fremstillet rapsolie i april 2001

Priser er inklusiv moms /Oliemøller, LRC og Jensen/

I figur 6.1 på næste side er prisen for varmpresset rapsolie sammenlignet med alternative brændsler til opvarmning. Prisen på varmpresset rapsolie er ca. 72% af prisen på fyringsolie og naturgas baseret på brændslets energiindhold. Uden afgiftsfritagelse ville rapsolie være dyrere end både fyringsolie og naturgas.

I sammenligning med de faste biobrændsler (træpiller og halm) er rapsolie væsentligt dyrere. Baseret på energiindhold udgør prisen på træpiller og halm hhv. 40% og 22% af prisen på fyringsolie. Anlæg til faste biobrændsler er dog generelt dyrere end rapsoliebrændere, kræver mere plads og mere tid til drift og vedligeholdelse.

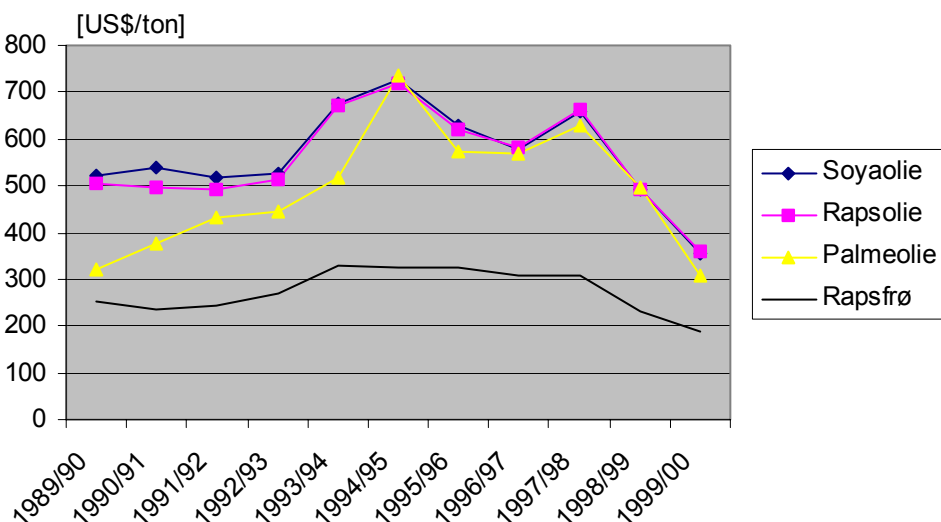


Figur 6.1 Brændselspriser for private forbrugere baseret på energiindhold i brændslet
 Beregnet for rapsolie til 4.500 kr. og listepriiser pr. 5/12 2000.
 /OFR, HNG, Shell, Videncenter for Halm- og Flisfyring/

6.2 Prisudvikling for raps

Det er også vigtigt at være opmærksom på, at priserne på raps- og fyringsolie ændrer sig. Siden efteråret 2000 er prisen på rapsolie steget med ca. 400 kr. pr. 1.000 liter /DLA/, mens prisen på fyringsolie er faldet et par hundrede kroner pr. 1.000 liter. Det er derfor interessant at belyse prisudviklingen for disse brændsler.

Rapsolie og rapsfrø er varer, der handles på verdensmarkedet. Som det ses af figur 6.2 har verdensmarkedspriserne på rapsolie fulgt priserne på soja- og palmeolie. Det skyldes, at de vegetabiliske olier bruges i stor stil i fødevarerbranchen og generelt kan erstatte hinanden i fødevarerprodukterne. Derfor er priserne på raps afhængig af såvel soja- som palmeoliermarkedet, hvor markedspriserne bestemmes dels af efterspørgslen til fødevarerindustrien, dels af høstudbytter, globale lagerbeholdninger m.m. Den samlede produktion af vegetabiliske olier var i 1999/2000 84,7 mio. tons. Heraf udgjorde soja-, palme- og rapsolie hhv. 24,8, 21,1 og 13,8 mio. tons.

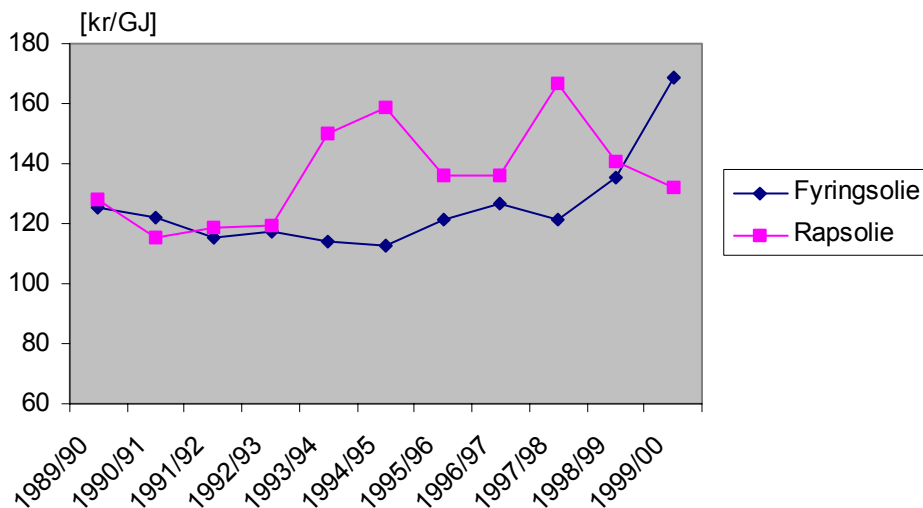


Figur 6.2 Verdensmarkedspriser på rapsolie, rapsfrø og vegetabiliske olier
 Faste priser /USDA/



Ifølge US Department of Agriculture er markedet for vegetabiliske olier i øjeblikket kendetegnet ved en overskudssituation, hvor fyldte lagre medfører en meget lav pris for vegetabiliske olier. Samtidig med at bl.a. svigtende palmeoliehøst tidligere medførte høje priser på vegetabilisk olie øgedes produktionen af raps- og sojaolie. Da palmeolieproduktionen nu igen har nået sit normale leje er der opstået en overskudssituation, hvor udbuddet er større end efterspørgslen. Dette har bevirket, at priserne på vegetabilisk olie er faldet drastisk. På rapsolie er prisen næsten halveret med et fald fra gennemsnitlig 637 US\$/ton i 1997/98 til 328 US\$/ton i september 1999. I april 2000 vurderede US Department of Agriculture at de fyldte lagre ville præge markedsprisen i hvert fald året ud.

Større møller forventer at priserne stiger i løbet af 2001. Bl.a. forventes, at det nyligt indførte forbud mod brug af benmel til foder vil medføre en øget efterspørgsel på vegetabilisk fedt og olie til foder. I figur 6.3 er vist den hidtidige prisudvikling for fyrings- og rapsolie baseret på energiindhold i brændslet. Figuren illustrerer brændselspriserne for mindre private forbrugere og er for rapsolies vedkommende beregnet ud fra nuværende salgspriser af varmpresset rapsolie og udviklingen i verdensmarkedsprisen.



Figur 6.3 Udvikling i forbrugerpriser pr. energiindhold i raps- og fyringsolie beregnet ud fra gennemsnitspriser pr. år. Løbende priser

Forbrugerpriser på rapsolie er beregnet på basis af udviklingen i verdensmarkedspriser og nuværende differens mellem verdensmarked- og forbrugerpriser på rapsolie. Differensen indeholder omkostninger til transport, avance m.m. Differensen er justeret for inflation. Nuværende forbrugerpris på rapsolie 4.500 kr./1000 liter. Priser på fyringsolie er inklusiv afgifter. /USDA, OFR, Videncenter for Halm og Flisfyring/

For det første kan det konstateres, at priserne på raps- og fyringsolie ikke følger samme mønster – altså vil stigning og fald i mineralske oliepriser ikke nødvendigvis resultere i samme ændring af rapsoliepriser. For det andet, at priserne på rapsolie har svinget meget. For det tredje, at den beregnede pris for rapsolie i perioder har været væsentlig dyrere end fyringsolie. Først i år 1998/99 er rapsolie blevet billigere end fyringsolie.

Om fyringsolien vil fortsætte med at stige, stabilisere sig på det nuværende leje eller falde, kan der ikke siges noget om med sikkerhed. Ligeledes er det uvist om rapsolieprisen vil stabilisere sig eller variere kraftigt som hidtil. Med den hidtidige fluktuation på rapsoliepriser – baseret på svigtende høstudbytter – der er det nok en fortsat høj fyringsoliepris, der skal sikre vedvarende god økonomi i opvarmning med rapsolie.



Det er vigtigt at gøre sig overvejelser omkring dette for alle aktører på markedet. Blandt andet når der skal vælges brænderteknologi. Som beskrevet tidligere har nogle brændere den fordel at være billige og dermed have en kort tilbagebetalingstid, mens andre har den fordel at kunne anvende flere oliequaliteter og derved være mindre afhængig af priser på raps- og fyringsolie.



7. Anlægsøkonomi

I dette afsnit belyses anlægsøkonomien i omstilling til rapsolie for hhv. landbrugsbedrifter, der selv presser olien og forbrugere med villafyr, der køber rapsolie af leverandører.

Afsnittets beregningseksempler viser, at landmanden, der presser egne rapsfrø til foderkager og olie, opnår den bedste anlægsøkonomi. Almindelige forbrugere kan opnå tilbagebetalings-tider for investeringen på 4 år, men er sårbare overfor prisudviklingen på fyrings- og rapsolie.

7.1 Beregningseksempel for en landbrugsbedrift

Landbrugets Rådgivningscenter har regnet på økonomien for landbrugsbedrifter, der skal udskifte et eksisterende oliefyrr med andre opvarmningsformer. I beregningseksemplet sammenlignes balancepriserne for udskiftning af en oliebrænder med investering i hhv.

- en ny oliebrænder,
- en ny rapsoliebrænder, hvortil der købes rapsolie fra oliemøller, samt
- en ny rapsoliebrænder med oliepresse og egen produktion af rapsolie og foderkager.

Af tabel 7.1 fremgår, at det økonomisk bedst kan betale sig for landbrugsbedriften at producere olien selv og bruge rapskagen til foder. I dette tilfælde skal prisen på fyringsolie falde til 2.732 kr./1.000 liter før det bedre kan betale sig at fortsætte med fyringsolie. Hvis bedriften i stedet køber rapsolie på en oliemølle kan det betale sig, at konvertere til rapsoliefyring indtil fyringsolieprisen er nede på 5.215 kr./1.000 liter. Fyringsolieprisen var 5.815 kr./1.000 liter d. 1/4 2001.

	Ny oliebrænder med fyringsolie	Rapsoliebrænder med købt rapsolie fra mølle	Rapsoliebrænder med presning af rapsolie og -kage
Privat investering	5.000 kr.	15.000 kr.	24.375 kr.
Erhvervsmæssig investering			22.500 kr.
Brændselspriser	6.570 kr./1.000 liter	4.500 kr./1.000 liter	
Nødvendige mængder brændsel	4.000 l fyringsolie	4.250 l rapsolie	4.250 l rapsolie
Manglende salg af afgrøde			23.800 kr.
Værdi af rapskager			19.125 kr.
Årlige opvarmningsomkostninger - i alt	27.896 kr.	22.474 kr.	12.546 kr.
Balancepris v. fyringsoliepris pr. 1.000 liter på:		5.215 kr.	2.732 kr.

Tabel 7.1 Årlige opvarmningsomkostninger og balancepris ved fyring med henholdsvis købt og egenproduceret rapsolie /LRC/

Ved egenproduktion af rapsolie skal man være opmærksom på dels de høje krav til filtrering af olien, dels at den valgte brænder kan håndtere egenproduceret rapsolie.



7.2 Beregningseksempel for en større bolig

For private forbrugere, der køber færdigproduceret rapsolie tegner økonomien sig lidt anderledes. I tabel 7.2 er vist et overslag på en simpel tilbagebetalingstid for konvertering af et oliefyr i en større bolig. Eksemplet er baseret på en af de lidt dyrere brændere og med levering af rapsolie til 4,50 kr./liter. Overslaget belyser tilbagebetalingstidens afhængighed af brændselsprisen. Hvis fyringsoliepriserne stiger fra 5.500 og 6.500 kr. reduceres tilbagebetalingstiden således til en tredjedel.

Olieforbrug 3.500 l fyringsolie	5.500 kr. pr. 1000 l fyringsolie	6.500 kr. pr. 1000 l fyringsolie
Årlig udgift til fyringsolie	19.250 kr.	22.750 kr.
Årlig udgift til 3.890 l rapsolie, 4,50 kr./l	17.505 kr.	17.505 kr.
Årlig besparelse i forhold til fyringsolie	1.745 kr.	5.245 kr.
Investering – tilbud fra VVS-installatør	21.125 kr.	21.125 kr.
Simplet tilbagebetalingstid	12,1 år	4,0 år

Tabel 7.2 Tilbagebetalingstid for konvertering til rapsoliefyring i større bolig med et årligt fyringsolieforbrug på 3.500 liter

I overslaget er ikke medregnet ekstra tidsforbrug til tilsyn og drift af fyret og ikke taget højde for en mulig reduktion af fyrets virkningsgrad. De væsentligste ekstra driftsudgifter for rapsoliefyret vil være elforbruget til kompressor og forvarmer. Derudover vil der være mindre stigninger i udgifter til udskiftning af filtre og reservedele på et mere kompliceret anlæg.



8. Energi- og miljøforhold

Den energi- og miljømæssige problemstilling omkring energimæssig udnyttelse af rapsolie er kompleks, idet denne skal vurderes i sammenhæng med såvel landbrugets som energisystemets problemstillinger. I dette afsnit er det valgt at beskrive tre delelementer ved fyring med rapsolie, nemlig energiregnskab, emissioner ved fyring og rapsoliens bionedbrydelighed.

8.1 Energiregnskab

Den store fordel ved rapsolie og andre biobrændsler er, at de er CO₂ neutrale. Ved vækst af biomassen optages ligeså meget CO₂ som der frigives ved forbrænding eller forrådnelse af biomassen. Ved erstatning af fossile brændsler nedsættes derfor udledningen af CO₂, der er en af de væsentligste drivhusgasser.

Mængden af CO₂, der fortrænges bestemmes af nettoenergiproduktionen samt hvilke typer og mængder fossilt brændsel, der erstattes. Her opstilles et simpelt energiregnskab, der belyser energistrømmene fra afgrødeproduktion til endelig energitjeneste hos forbrugeren. Det er vanskeligt, at sammenligne energiregnskaber fra forskellige undersøgelser pga. forskellige afgrænsninger og forudsætninger. Der er endnu ikke lavet en samlet vurdering, hvor forskellige processer til fremstilling af rapsolie sammenlignes.

	[GJ/ha]
Samlet brændselsforbrug	22,3
Samlet brændselsproduktion	119,1
Energibalance: Output/input	5,3
Energertilvækst pr. areal	96,8

Tabel 8.1 Energiregnskab for konventionel dyrket vinterraps på lerjord
Se /bilag B/ for detaljer

I tabel 8.1 er opstillet et energiregnskab for konventionel dyrkning af vinterraps på lerjord. Heri er medregnet det indirekte energiforbrug til fremstilling af produktionens hjælpemidler (kunstgødning, pesticider, maskiner o.l.) samt det direkte energiforbrug ved dyrkning af rapsafgrøden. Ved sammenligning med et regnskab for fossile brændsler skal man være opmærksom på, at der også forbruges energi til tilvejebringelse af disse. Til tilvejebringelse af olie bruges 11,4% af energiindholdet i olien /Fock et al. 2001/.

For fremstilling af koldpresset rapsolie bruges der 1,43 MJ/liter rapsolie til drift af oliepressen. For fremstillingsprocessen af rapsolie ved varmpresning og ekstrahering er det beregnet, at der benyttes 3,63 MJ pr. liter rapsolie til energiforbrug og fremstilling af hjælpemidler /Mortensen et. al. 1997/.

Rapsoliebrændere bruger elektricitet til forvarmning af rapsolien. Den tilførte varmeenergi ender stort set som varme hos forbrugeren og har derfor ikke stor indflydelse på energiregnskabet.



Lattergasemissioner

Ved dyrkning af raps udledes der lattergas til atmosfæren. Lattergasemissionerne stammer fra nedbrydning af den relativt høje mængde kvælstof, der efterlades i jorden ved dyrkning af raps. Lattergas er en kraftig drivhusgas med en effekt, der er 271 gange kraftigere end CO₂. Derfor arbejdes der med at kvantificere, hvor meget lattergasemissionerne betyder for drivhusregnskabet. Metoderne til måling af lattergasemissioner indebærer betydelig usikkerhed og der arbejdes med at forbedre og standardisere disse.

I 1995 blev det beregnet, at lattergasemissionerne svarede til en CO₂ emission på 1.006 kg CO₂/ha for vårbyg. Dette skal ses i forhold til lavere lattergasemissioner fra andre afgrøder som eksempelvis hvede med emissioner svarende til 352 – 503 kg CO₂/ha. Det var dog stadig nettoenergiproduktionen, der havde den helt afgørende indflydelse på CO₂ fortrængningen ved dyrkning og udnyttelse af energiafgrøder /Lind et. al. 1995/.

8.2 Emissioner ved fyring med rapsolie

CO og NOx

Der er hidtil kun foretaget danske emissionsmålinger på én rapsoliebrænder. Denne test viste, at rapsoliebrænderen overholdt kravene til CO- og NOx-emissioner i henhold til DS/EN 267. Prøvningsresultaterne viste emissioner på 43-68 mg CO /kWh og 147-158 mg NOx/kWh /Teknologisk Institut, 2001/.

Tyske fyringsforsøg med rapsolie i en Porenbrenner har vist, at røggassen indeholder 20 ppm CO, hvor der i en sammenlignelig med en konventionel brænder til let fyringsolie forekommer en koncentration på 100 ppm CO /Genenger, 1999/.

Svovlemissioner

Rapsolie indeholder omkring 20 gange mindre svovl end almindelig fyringsolie. Ved tilstedeværelsen af svovl under forbrændingen dannes der svovldioxid i udstødningsgassen, ligesom svovlpartikler i udstødningsgassen danner kim for partikeldannelse. Emissionen af svovlforbindelser forårsages direkte af brændstoffets svovlindhold og reduceres således ved konvertering fra fyringsolie til rapsolie.

Sod

Sod består af kulstofpartikler og opstår under forbrændingen som et resultat af iltunderskud. Det hævdes, at sodemissionen reduceres med mindst 50% ved anvendelse af planteolie under samme motortekniske betingelser og ved alle de hyppigst forekomne belastningssituationer /Elsbett 1999/. En af årsagerne hertil skulle være, at planteolie indeholder 12% ilt, hvorimod diesel ikke indeholder ilt. Om der også er mindre soddannelse ved anvendelse af rapsolie i oliefyr er ikke dokumenteret.

8.3 Bionedbrydelighed

Rapsolie er biologisk nedbrydeligt og har dermed flere miljømæssige fordele fremfor mineralske olier. Efter 21 dage er omkring 95% nedbrudt, mens mineralske olier i bedste fald er 20% nedbrudt (testmetode CEC-L-33-T 82). Dermed minimeres de miljømæssige skadevirkninger i jorden, der kunne følge af spild fra lagertanke, både, biler, traktorer o.l. /UFOP 2000/.

Derimod nedbrydes rapsolie dårligt i vand, hvorfor udledninger til åer og søer kan medføre betydelig forurening.



9. Bilag

Bilag A - Referencer

Bjerg, J. 1998. "Bæredygtige biobrændsler? En analyse af muligheder for økologisk forbedret produktion af landbrugets biomasse." Aalborg Universitet

Elsbett, Günter 1999. "Argumenter for planteolie." www.folkecenter.dk

Energistatistik 1999

Folkecenter for Vedvarende Energi. www.folkecenter.dk

Genenger, Berned 1999. "Heizen und Fahren mit Rapsöl im Tank." Friedrich Alexander Universität Erlangen Nürnberg

Jensen, Bjarne H. 2000. Midt-Vest Planteolie. Personlig kommunikation

Jensen, Johannes. 2001. "Praktiske erfaringer med presning af raps på gårdniveau. Økonomiberegninger." Indlæg ved rapsseminar 28/2 2001 på Flinchs Hotel, Samsø

Jørgensen, Thomas Vang 1999. "Demonstrationsprojekt: Dyrk økologisk raps."

Landbrugsstatistik 98, Danmarks Statistik

Lind, Anne-Margrethe et. al. 1995. "N₂O-emission ved dyrkning af energiafgrøder." SP-rapport nr. 21. Statens Planteavlsvforsøg. Forskningscenter Foulum

LRC 2000. "Fyring med biobrændsler." Notat fra Landbrugets Rådgivningscenter

LTV, 2000. LTV-Arbeitskreises "Decentrale Pflanzenölgewinnung." Technische Universität München. "Standardisierung von Pflanzenöl als Kraftstoff."

Mortensen, B. et al. 1997. "Livscyklusvurdering af produkter baseret på fornybare råvarer." Institut for Produktudvikling

Norén, Olle. "Burning of rape seed oil, pure and in mixes with fuel oil of fossil origin."

Pontius, P. 1992. "Verwendung von Rapsöl zu Motorentreibstoff und als Heizölersatz in technischer und umweltbezogener Hinsicht." Gelbes Heft Nr. 40. Teil 3. Technische Universität München

RK-Qualitätsstandard

Schwartz, B. 1995. SGS, Speyer. Fra www.biodiesel.de

Sovero, M. 1993. "Rapeseed, a new oilseed crop for the United States."

Teknologisk Institut 2001. "Prøvningsrapport. Rapport nr.: 300-TELA-4061." Se testen på www.vebe.dk

UFOP 2000. "Scmierstoffe – Zahlen & Fakten."



Videncenter for Halm- og Flisfyring 2000. Videnblad nr. 156 om "Anvendelse af rapsolie i oliefyr."

Wiborg, Irene 2000. Landskontoret for Planteavl. "*Fint at fyre med korn og rapsolie.*" Artikel i Morsø Folkeblad 3/11 2000

Wightman, P.S. et al. 1999. "*Life-cycle assessment of chainsaw lubricants made from rapeseed oil or mineral oil.*"

Århusolie 1999. Personlig kommunikation



Bilag B - Energiregnskab for konventionelt dyrket vinteraps på lerjord

/Bearbejdning af Bjerg/

	Værdier		Afgrødenormer		Udbytte og forbrug	
OUTPUT						
Udbytte		[MJ/kg]		[kg/ha]		[MJ/ha]
Frø				3.000		
Halm		14,5		3.000		43.500
Rapskage		19,3		2.000		38.600
Rapsolie		37,0		1.000		37.000
Output i alt						119.100
INPUT	Int.	Eks.			Int.	Eks.
Udsæd		[MJ/kg]		[kg/ha]		[MJ/ha]
		6,4		4		30
Gødningstilførsel		[MJ/kg]		[kg/ha]		[MJ/ha]
Kvælstof, kunstgød.		60		200		12.000
Fosfor, kunstgød.		15		25		400
Kalium, kunstgød.		10		100		1.000
Gylle		0,44				0
Kalk		0,6		1.500		900
Gødning i alt						14.300
Pesticider		[MJ/kg]		[kg/ha]		[MJ/ha]
Herbicer		355		2,82		1.000
Fungicider		240		0,5		120
Insekticider		478		0,11		53
Pesticider i alt						1.200
Etablering		[MJ/ha]		[Udkørsler]		[MJ/ha]
Efterharvning	251	91	2		502	182
Pløjning	825	435	1		825	435
Såbedsharvning	179	187	2		358	374
Såning	108	486	1		108	486
Tromling	72	85	1		72	85
I alt					1.900	1.600
Vedligeholdelse		[MJ/ton]		[ton/ha]		[MJ/ha]
Gødskning, kunstg.	72	75	2		144	150
Kalkspredning v. 3 ton/ha	54	123	0,25		14	31
Sprøjtning	54	74	3		162	222
I alt					300	400
Vanding	[MJ/m ³]	[MJ/ha]	[Udk.]	[m ³ /ha]		[MJ/ha]
Selvk. vandkanon	8	841	5	1400		
Vanding i alt						
Høst		[MJ/ha]		[Udk.]		[MJ/ha]
Mejetærskning	502	995	1		502	995
Skårlægning	18	31		[ton/ha]	6,6	119
Halmpresning	62	82		3	186	246
I alt					800	1.400
Transport		[MJ/ton]		[ton/ha]		[MJ/ha]
Hjemkørsel v. 15 ton	14,7	46		6,6	97	304
I alt					100	300

