



Maskiner og planteavl | nr. 43 | 2006

FarmTest

Mindre, stokerfyrede biobrændselsfyr



Mindre, stokerfyrede biobrændselsfyre

af Jørgen Pedersen, Dansk Landbrugsrådgivning,
Landscentret Byggeri og Teknik og Karl Jørgen Nielsen,
Byggeri & Teknik I/S, Randers.



Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret | Byggeri og Teknik

Udkærvej 15, 8200 Århus N · Tlf. 87 40 50 00 · www.landscentret.dk

Titel: Mindre, stokerfyrede biobrændselsfy

Forfatter: Konsulent Jørgen Pedersen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik og Karl Jørgen Nielsen, Byggeri & Teknik I/S, Randers

Review: Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik

Layout: Grafiker Vagn Brostrup, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Kommunikation

Tryk: Dansk Landbrugsrådgivning

Udgave: 1. udgave 2006

Oplag: 50 stk.

Udgiver: Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret, Byggeri og Teknik
Udkærsevej 15, Skejby
8200 Århus N
Telefon 8740 5000 • Fax 8740 5010
E-mail farmtest@landscentret.dk
www.landscentret.dk/farmtest

ISSN 1601-6777

Forord

Interessen for at fyre med biobrændsel er stor. Opvarmning med træpiller eller korn er økonomisk set attraktiv grundet den høje oliepris. Hertil kommer, at det er lykkedes producenterne af biobrændselsfyr at forbedre brændselsudnyttelsen i fyrene væsentligt. Ifølge undersøgelser ved Teknologisk Institut kan de bedste komme op på 90 % virkningsgrad. I praksis er virkningsgraden i reglen markant lavere – af forskellige årsager.

Målet med FarmTesten har været, at kortlægge brændselsudnyttelsen i mindre biobrændselsfyr, som er opstillet på ejendomme med et moderat varmekonsum. Endvidere har det været målet at afdække betydningen af rensning og optimering af fyrene.

De undersøgte biobrændselsfyr er testet under forskellige driftsforhold. Fyrene er opstillet og undersøgt på private ejendomme, hvor de leverer varme til beboelse, dvs. til opvarmning og varmt brugsvand. Et enkelt af de undersøgte fyr leverer også varme til et staldanlæg.

Fyring med korn og træpiller er undersøgt.

FarmTesten er udført i samarbejde mellem Byggeri & Teknik I/S i Randers og Landscentret, begge Dansk Landbrugsrådgivning.

Dansk Landbrugsrådgivning takker de landmænd, som velvilligt har stillet deres biobrændselsfyr til rådighed for undersøgelsen. Uden forsøgsværternes hjælp og engagerede indstilling var FarmTesten ikke nået i mål.

FarmTest er orienterende undersøgelse af ny teknologi og nye metoder til dansk landbrug. Undersøgelserne foregår under praktiske forhold. Undersøgelserne bliver udført i et tæt samarbejde mellem Dansk Landbrugsrådgivning, leverandører af ny teknologi, forsknings- og forsøgsinstitutionerne, lokale rådgivere og sidst, men ikke mindst, landmænd.

Du kan læse denne FarmTest og mange andre på vores hjemmeside på adressen www.farmtest.dk.

Ivar Ravn
Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret | Byggeri og Teknik
Skejby, juni 2006.

Indhold

Forord	4	5.2.4 Fyret på ejendom nr. 4	30
1. Sammendrag og konklusion ..	6	5.2.5 Fyret på ejendom nr. 5	31
2. Baggrund	7	5.3 Renholdelse af fyret	32
2.1 Formål	7	5.4 Varmebehov contra fyrets størrelse	33
2.1 Mål	7	5.4.1 Hvad med sommerfyring?	34
3. Indledning	8	5.5 Elforbrug	35
3.1 Afgifter	10	5.6 Økonomiske beregninger	35
4. Metode, målinger og testede fyr	11	5.7 De årlige omkostninger varierer med fyrets virkningsgrad	39
4.1 Virkningsgrad	11	5.8 Samlede varmeomkostning ...	39
4.2 Effektafgivelse	12	5.9 Bedste henholdsvis ringeste udnyttelse af biobrændsel	40
4.3 Brændslerne	12	6. Konklusioner og anbefalinger	42
4.4 De undersøgte fyr	13	7. Bilag	43
4.4.1 Fyrene er anonymiserede.	13	7.1 Ejendom nr. 1 – fyring med korn	43
4.4.2 Fyret på ejendom nr. 1	13	7.2 Ejendom nr. 1 – fyring med træpiller	44
4.4.3 Fyret på ejendom nr. 2	15	7.3 Ejendom nr. 1 – fyring med fyringsolie	45
4.4.4 Fyret på ejendom nr. 3	16	7.4 Ejendom nr. 2 – fyring med korn	46
4.4.5 Fyret på ejendom nr. 4	17	7.5 Ejendom nr. 2 – fyring med træpiller	47
4.4.6 Fyret på ejendom nr. 5	18	7.6 Ejendom nr. 2 – fyring med fyringsolie	48
4.5 Varmemålinger i undersøgelsen .	20	7.7 Ejendom nr. 3 – fyring med korn	49
4.6 Placering af varmeenergimåler. 21		7.8 Ejendom nr. 2 – fyring med træpiller	50
4.7 Varmemålernes nøjagtighed. . .	21	7.9 Ejendom nr. 2 – fyring med fyringsolie	51
4.8 Måling af elforbrug	22	7.10 Registreringsskema	52
4.9 Røggastemperatur	23		
5. Resultater og diskussion	24		
5.1 Orienterende måling af røggas- temperatur	25		
5.2 Diagrammer over effektafgivelse og virkningsgrader	27		
5.2.1 Fyret på ejendom nr. 1	27		
5.2.2 Fyret på ejendom nr. 2	29		
5.2.3 Fyret på ejendom nr. 3	29		

1. Sammendrag og konklusion

Korn og træpiller er billige brændsler, og fyring med dem fungerer generelt set tilfredsstillende. Når der fyres med korn, kan der dog være tendens til ustabil forbrænding ved lav last – fyret kan ganske enkelt "gå i stå".

Virkningsgraden ved fyring med korn og træpiller er blevet undersøgt på fem fyringsanlæg opstillet på fem forskellige ejendomme. Der var en (stor) variation i virkningsgraden mellem fyringsanlæggene. For fire af anlæggene er den totale variation "på tværs" af ejendommene fundet til at være:

- i korn: 64,0 – 80,7 %
- i træpiller: 66,4 – 87,0 %

Variationen skyldes flere forhold:

- Biobrændselsfyrene er forskellige med hensyn til fabrikat, alder, størrelse, stand og brændselsparametre.
- Driftsforholdene har i undersøgelsen været forskellige med hensyn til prøvetidspunktet på året, belastning og daglig pasning.

På en af ejendommene var virkningsgraden uventet lav, nemlig ca. 56 % i korn og ca. 60 % i træpiller. Denne lave virkningsgrad blev fundet i en periode, hvor røggasttemperaturen var meget høj (220-255 °C). En høj røggasttemperatur kan ikke alene forklare den lave virkningsgrad på 56 % i korn. Andre årsager kan være utæt slukningsdyse og ikke ordentligt forbrændt brændsel. Ingen af disse fejlmuligheder er undersøgt.

Virkningsgraderne er fundet på anlæg, der som nævnt er opstillet under forskellige driftsforhold. De fundne virkningsgrader er derfor et resultat af konstruktionsmæssige forskelle mellem fyrene og driftsforholdene på de enkelte ejendomme.

Et vigtigt element i undersøgelsen var at klarlægge betydningen af rene overflader i kedel og konvektionsrør. Det blev fundet, at virkningsgraden kan forbedres med ca. 10 procentpoint ved hyppig rengøring. Allerede én uge efter børstning af overfladerne inde i fyret er effekten aftaget mærkbart, og efter to uger er fyret tilbage på den oprindelige virkningsgrad, dvs. ca. 10 procentpoint lavere end lige efter rengøring. Det kan derfor anbefales at rengøre biobrændselsfyret ca. en gang om ugen.

Det var gennemgående for samtlige undersøgte biobrændselsfyr, at effekten ikke udnyttes. Typisk udgjorde belastningen, i gennemsnit over et døgn på kolde vinterdage, blot 30 – 60 % af den nominelle effekt. Det er betryggende at have overkapacitet, men det er næppe uden omkostninger, fordi: 1) Et mindre fyr er billigere; 2) en højere belastningsgrad (udnyttelsesgrad af nominel effekt) giver som hovedregel en bedre virkningsgrad; 3) en lav belastning øger risikoen for tæring. Forklaringen på den nævnte overkapacitet er oftest manglende valgmuligheder. "Springet ned til et fyr nummeret mindre var for stort", siges det. Eller "det mindre fyr var ikke egnet til korn".

De samlede omkostninger ved fyring med korn og træpiller er stort set ens, nemlig 18,4-19,9 øre/MJ udnyttelig energi. Så sammenholdt med fyringsolie, der typisk koster 26 øre/MJ varme, er der store besparelsesmuligheder ved at fyre med biobrændsler.

På baggrund af forsøgsbetingelserne har det ikke været muligt at lave en statistisk sikker sammenligning mellem fyrene. De er derfor anonymiserede, og benævnelsen af dem er sket ved at anføre et nummer (fra 1 til 5) for de ejendomme, hvor de var opstillet.

2. Baggrund

På ejendomme med et betydeligt varmeforbrug kan det i mange tilfælde være fordelagtigt at anvende biobrændsler til opvarmning. Den forholdsvis høje oliepris har øget efterspørgslen på alternativer til oliefyret de seneste år. I dag er det muligt at købe biobrændselsfyre med en ganske god brændselsudnyttelse, og samtidig er kedlerne og stokerdelen konstrueret til at kunne håndtere træpiller, korn og eventuelt flis. Ikke mindst sidstnævnte valgfrihed med hensyn til brændsel har været med til at gøre biobrændselsfyre mere attraktive end tidligere. For de fleste er det vigtigste dog stadig, at der er penge at tjene ved at fyre med træpiller eller korn i stedet for med fyringsolie. Og her spiller brændselsudnyttelsen en afgørende rolle. Fidusen kan nemlig gå fløjten, hvis biobrændselsfyret udnytter brændslet dårligt. En ringe brændselsudnyttelse og det heraf afledte betydelige energitab vil i værste fald kunne gå hen og spænde ben for glæden ved at fyre med billigt biobrændsel i stedet for dyr fyringsolie.

I praksis vil man ikke kunne genfinde samme høje virkningsgrad, som er fundet på Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut. Afvigelsen kan være betragtelig. Årsagen er flerfoldig, men den mest betydende er antagelig en forholdsvis lav belastning af biobrændselsfyret i en (stor) del af året på mange ejendomme.

Prøvestationen skriver:

“Ved typeprøvning på Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler, Teknologisk Institut, følger man et standardiseret testforløb, som er fastlagt i en europæisk standard (DS/EN303-5). Testen skal foretages ved nominel ydelse (100%) samt ved lavlast (30% af nominel ydelse). Der køres ikke test ved lavere ydelse end dette, ej heller ved vekslende belastning. Alle parametre, såsom skorstenstræk, vandflow og kedlens styringsparametre indstilles optimalt i henhold til fabrikantens anvisninger. Testen foretages altid på en rengjort, som regel fabriksny, kedel. Testen er således udtryk for det bedste kedlen kan yde, under optimale forhold.

Der findes ikke officielle tal for årsvirkningsgraden, men beregninger udført af Prøvestationen viser, at kedlens dimensionering i forhold til huset har afgørende betydning for årsvirkningsgraden. Det er således af allerstørste vigtighed at kedlen ikke vælges for stor.

Hvis man udsætter kedlen for varierende belastning, navnlig belastning under 30%, vil virkningsgraden falde markant. Det samme gør sig gældende ved uhensigtsmæssige driftsforhold, afvigende brændselskvalitet, manglende rengøring af kedel osv.”

Brugere og fremtidige købere af biobrændselsfyre har længe efterspurgt vejledning vedr. nyanskaffelse og drift af mindre, stokerfyrede biobrændselsfyre

2.1 Formål

Det har været formålet at udbygge grundlaget for økonomisk og teknisk rådgivning om mindre biobrændselsfyre.

2.1 Mål

Det har været målet at kortlægge brændselsudnyttelsen i mindre biobrændselsfyre, som er opstillet på ejendomme med et moderat varmeforbrug. Endvidere har det været målet at afdække hovedårsagerne til, at brændselsudnyttelsen (som oftest) er ringere end forventet.

De undersøgte biobrændselsfyre er blevet afprøvet med korn og træpiller.

3. Indledning

Siden begyndelsen af 1990'erne er anvendelsen af biobrændsler til opvarmning af såvel beboelser som til erhvervsmæssig opvarmning i landbrug, gartneri og industri steget voldsomt. Årsagen er, at biobrændslerne pr. kWh energi er markant billigere end fyringsolie og el, se tabel 1 side 6. Prisen på fyringsolie har varieret en del gennem de seneste 7-8 år. Der har været en række prisstigninger og prisfald, men tendensen de seneste år er tydelig: en lang periode med prisstigninger uden markante prisfald.

Ifølge Oliebranchen i Danmark var prisen på fyringsolie (excl. moms og afgifter):

- 2535,60 kr./1000 liter i dec. 1999
- 3977,60 kr./1000 liter i dec. 2005

Priserne på biobrændsler er ligeledes steget; dog ikke så voldsomt som prisen på fyringsolie.

Virkningsgraden på mindre biobrændselsfyr er inden for de seneste år blevet forbedret betragteligt. I dag er det således muligt at få biobrændselsfyr med en virkningsgrad på næsten 90 %. Det viser undersøgelser ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut. I praksis er virkningsgraden som oftest noget lavere, fordi brændselstype, belastningsgrad samt fyrets indstilling og renhed har afgørende indflydelse på brændselsudnyttelsen. Netop virkningsgraden har der været gjort meget for at hæve. Det er indlysende, at det spiller en stor rolle at brændslet udnyttes godt. I salgsøjemed er virkningsgraden et vigtigt konkurrenceelement firmaerne imellem.

Mange ejere af biobrændselsfyr er gennem tidens løb blevet overrasket over gennemtæring på kedler, der kun var få år gamle. Bedre materialer og konstruktionsændringer har nu øget levetiden på biobrændselskedlerne væsentligt. Især har anvendelsen af ildfaste materialer og varme- og syrefaste jernplader været med til at øge levetiden.

Hvis røggassen kondenserer inden den når ud i skorstenen, kan der ske tæring på kedel og konvektionsrør. Risikoen for kondensering er stor ved lav røggastemperatur. Et iltoverskud i røggassen er ligeledes med til at begrænse risikoen for kondensering.

Ifølge fabrikanterne er det sjældent, at der er problemer med tæring i biobrændselskedler med automatisk iltstyring. Flertallet af nye biobrændselsfyr sælges i dag med iltstyring.

Forekomster af tæring i forbindelse med biobrændselsfyring er, som følge af ovenstående, nu næsten udelukkende lokaliseret til skorsten. Især er stålskorstene hyppigt udsat for tæring. Det er en fordel at vælge skorstene af keramisk materiale.

Ved fyring med korn kan der dannes slagger, som kan "cementere" riste og konvektionsrør. Problemet kan løses ved at blande lidt kridt i kornet; typisk iblandes 1 % kridt. Alternativt kan bevægelige riste forhindre tilstopning med slagger. I konvektionsrørene vil en hyppig rengøring i reglen kunne forhindre tilstopning.

Mange biobrændselsanlæg har den fordel, at det er forholdsvis nemt at skifte mellem forskellige slags biobrændsler, typisk mellem korn og træpiller. Ofte er det blot et spørgsmål om at foretage en programmæssig ændring af den automatiserede styring af stokersneglen, blæseren mv. Blandt styringsparametrene er varmeforbrug, luft, temperatur og i nogle tilfælde røggassens iltindhold.

Biobrændselsfyr er normalt dyrere at etablere end et almindeligt olie-fyr.

Et olie-fyr kan nærmest passe sig selv – der skal blot fyldes fyringsolie på tanken en gang imellem.

Ifølge "Bekendtgørelse om eftersyn af kedel- og varmeanlæg i bygninger" skal kedler i oliefyrede anlæg renses mindst én gang om året. Desuden skal oliefyrede anlæg, der er mere end 5 år gamle, efterses mindst hvert andet år af en godkendt teknisk ekspert. Ved eftersynet kontrolmåles forbrændingsluftens temperatur, røggassens temperatur, sodtal samt iltindhold.

Ifølge "Bekendtgørelse om brandværnsforanstaltninger for skorstene og ildsteder":

- skal skorstene tilsluttet oliefyrede anlæg med en mindre indfyret effekt end 120 kW renses 1 gang årligt
- skal skorstene tilsluttet pejse, brændeovne eller lignende ildsteder for fast brændsel renses 1 gang årligt
- skal fejningsterminerne for skorstene tilsluttet halm-, flis-, træspåns-, træforbrændings- eller lignende anlæg fastsættes af skorstensfejereren efter forhandling med ejeren på grundlag af en konkret vurdering af anlæggenes drifts- og vedligeholdelsestilstand, anvendeshyppighed og omfanget af de aflejrede sodmængder.

Fyring med biobrændsler kræver en vis arbejdsindsats:

- Der skal jævnligt fyldes brændsel i magasinet
- Asken skal tages ud af og til
- Konvektionsrørene skal renses

Askeudtagning og rensning af konvektionsrør bør gøres ugentligt. Tilsnudsede konvektionsrør virker nemlig isolerende og forringer varmeoverførslen til vandet i kedlen

Et biobrændselsfyr kan umiddelbart tilsluttes det vandbårne varmesystem i tilfælde af, at der skiftes fra et oliefyr.

Et biobrændselsfyr fylder lidt mere end et oliefyr, og biobrændslet fylder 2-3 gange mere pr. MJ end fyringsolie.

Når man skal vælge, hvilket brændsel der skal anvendes til opvarmning i bygninger, nye eller bestående, er der en række forhold, som bør tages i betragtning:

- Brændselsprisen med indregning af diverse afgifter
- Hvor stor er investeringen i et biobrændselsfyr
- Overvejelser omkring arbejdet ved fyring og pasning
- Hvor meget anlægget fylder rent fysisk
- Er der centralvarmesystem på ejendommen? Det er mest praktisk med centralvarmesystem, men der findes faktisk "brændeovne" til træpiller og korn
- Miljøpåvirkning

Ved indretning af fyrrum til træpille-/kornfyr skal reglerne i Brandteknisk Vejledning nr. 32 (BT 32) følges. Drejer det sig om fyrrum til halmfyr, skal BT 22 følges.

I tabellen på side 10 er vist en typisk brændselspris på nogle forskellige energi- og brændselstyper.

Tabel 1. Biobrændsler sammenlignet med el og fyringsolie.

Brændsel	Enhed	Rumvægt, kg/m ³	MJ/enhed	Virkn. Grad	Enheder pr. l. olie	Pris, kr. pr. enhed	Pris kr./ kWh
El til produktion	kWh		3,6	100	9,9	0,65	0,65
El til privat	kWh		3,6	100	9,9	1,70	1,70
Fyringsolie til staldopvarmning	liter	840	35,6	85	1	4,42	0,52
Fyringsolie til stuehus	liter	840	35,6	85	1	7,85	0,93
Halm	kg	110	14,4	75	2,8	0,45	0,15
Korn, 15 % vand	kg	730	14,0	80	2,7	0,85	0,27
Skovflis, 40 % fugt	kg	235	10,4	80	3,6	0,26	0,11
Træpiller	kg	650	17,4	85	2,0	1,20	0,29

Kilde: www.landbrugsinfo.dk

Tabel 1 gør det muligt at sammenligne energiindhold, forventede brændværdier, samt studere prisrelationerne mellem brændslerne. Hvis brændselsprisen eller virkningsgraden er anderledes end angivet i tabellen, kan man hurtigt lave et forholdsregnestykke og derefter sammenligne priserne. Priserne i tabellen er inkl. CO₂-afgift, men ekskl. moms og energiafgifter.

3.1 Afgifter

Til erhvervmæssige formål kan der opnås refusion af moms, og på el og fyringsolie tillige af energiafgift. Energiafgiften er pr. 1. januar 2006 53,6 øre/kWh el og 185,7 øre/liter fyringsolie.

Biobrændsler pålægges ikke energi- eller CO₂-afgift, hverken til privat eller erhvervmæssigt formål. Der skal betales moms af biobrændsel anvendt til privatformål – undtaget er eget halm, som ikke pålægges moms.

4. Metode, målinger og testede fyr

Der er foretaget målinger af varmeproduktionen på fem biobrændselsfyr. Varmeproduktion skal i denne sammenhæng forstås som den mængde varme, som var tilgængelig til det vandbårne varmesystem. Spildvarmen, som er forskellen mellem frigjort varme fra brændslet og ovennævnte tilgængelige varmemængde, vil i nogle sammenhænge kunne udnyttes.

Alle fem fyr er testet med korn og træpiller. Anvendte kornarter:

- Hvede – anvendt på tre ejendomme
- Byg – anvendt på én ejendom
- Rug – anvendt på én ejendom

Kun på én af de fem ejendomme var der træpiller tilstede. Til de øvrige fire ejendomme blev der anskaffet mindre portioner af træpiller i 25 kg sække.

Forsøgsplanen omfattede som udgangspunkt tre måleperioder for hvert fyr:

1. En uge, hvor der blev fyret med korn
2. Igen en uge med korn, men denne gang blev fyret grundigt rensset lige inden testperioden
3. En uge med træpiller

Ejerne eller brugerne af de testede biobrændselsfyr har i måleperioden foretaget registrering af varmeproduktionen, forbrug af brændsel mv. I bilaget er der vedlagt et eksempel på et registreringsskema.

FarmTesten er gennemført i perioden februar - december 2005. Det skal bemærkes, at de enkelte fyr er testet på forskellige tidspunkter i denne periode, se nærmere herom i kapitlet Resultater. Belastningen af et fyr er normalt ikke den samme om sommeren som ved vintertide. En lav belastning medfører en forholdsvis lav virkningsgrad.

4.1 Virkningsgrad

På baggrund af registreringer af varmeproduktion og brændselsforbrug kan fyrets virkningsgrad beregnes.

Et fyrs varmevirkningsgrad (eller brændselsudnyttelse) er defineret ved:

$$\text{Varmevirkningsgrad} = \frac{\text{Energi afgivet til vandbårnet varmesystem}}{\text{Energi i indfyret brændsel}} \times 100\%$$

(Formel 1)

Den udregnede virkningsgrad gælder som et gennemsnitstal for perioden mellem to brændselspåfyldninger, dvs.:

$$\text{Varmevirkningsgrad} = \frac{\text{Varmemålervisning}_{\text{Brændselspåfyldning}_{(n+1)}} - \text{Varmemålervisning}_{\text{Brændselspåfyldning}_{(n)}}}{\text{Energiindhold i forbrugt brændsel}} \times 100$$

(Formel 2)

Energiindholdet i det forbrugte brændsel gælder for perioden mellem to aflæsninger af varmemåleren angivet ved "Brændselspåfyldning(n+1)" og "Brændselspåfyldning(n)". Normalt beregnes varmevirkningsgraden for en større mængde brændsel, typisk hvad der svarer til magasinets volumen.

En korrekt beregning af varmevirkningsgraden kræver to ting:

1. Den anvendte mængde brændsel skal være kendt præcis
2. Varmefølgelsen i den periode, hvor en kendt brændselsmængde er anvendt, skal også være kendt.

Et tomt brændselsmagasin er udgangspunktet for registreringerne og følgende procedure anvendes:

1. Magasinet fyldes (helt eller delvist), og brændselsmængden måles
2. Varmemålerens visning registreres straks derefter
3. Varmemålerens visning registreres igen, når brændselsmagasinet er tomt

Så har man de tal, der er nødvendige for at beregne virkningsgraden, jvf. formel 2, side 11.

Tidsrummet mellem to på hinanden følgende brændselspåfyldninger kan variere fra få dage til ca. en uge. Imidlertid er der foretaget daglige registreringer af varmeproduktion. Disse varmetal – mellem brændselspåfyldningerne - kan bruges til at beregne gennemsnitlige døgnværdier for varmfølgelsen fra fyret, se næste afsnit om effektfølgelse.

Mængden af anvendt brændsel er enten afvejet eller beregnet på baggrund af rumfang og rumvægt. Energiindholdet i brændslerne er analyseret af Force Technology. I tabel 2 side 8 ses data for de anvendte brændsler.

4.2 Effektfølgelse

Virkningsgraden skal vurderes på baggrund af effektfølgelsen fra fyret, dvs. den afgivne effekt til det vandbårne varmesystem. Ved at sammenholde den faktuelle effektfølgelse med fyrets nominelle effekt har man et udtryk for udnyttelsen af fyret.

En belastning på 30 – 100 % af fyrets nominelle ydelse giver den bedste virkningsgrad. Undersøgelser ved Prøvestationen har vist, virkningsgraden ved 100 % belastning ikke er signifikant forskellig fra virkningsgraden ved 40 % belastning.

På baggrund af de daglige registreringer af varmeproduktion er det muligt at beregne en gennemsnitlig effektfølgelse fra fyret i tidsrummet mellem to på hinanden følgende registreringer:

$$\text{Gns. døgn effekt} = \frac{\text{Varmemålervisning}_{\text{Tidspunkt}_{(n+1)}} - \text{Varmemålervisning}_{\text{Tidspunkt}_{(n)}}}{\text{Tidspunkt}_{(n+1)} - \text{Tidspunkt}_{(n)}}$$

(Formel 3)

Oftest er tidsrummet mellem to målerregistreringer omtrent 24 timer, men nogle gange er der gået væsentlig længere tid mellem registreringerne.

4.3 Brændslerne

De anvendte brændsler er analyseret af:

FORCE Technology
Park Allé 345
2605 Brøndby
www.force.dk

Til fyrene på ejendommene nr. 1, 2, 3 og 4 blev der til undersøgelsen indkøbt træpiller i 25 kg sække. Heraf er der udtaget og analyseret en prøve af det parti, der blev anvendt i fyret på ejendom nr. 1. Denne prøve betragtes som repræsentativ for de anvendte træpiller på de øvrige tre ejendomme. På ejendommen nr. 5 var der i forvejen et større parti træpiller til stede, og disse blev anvendt i undersøgelsen.

Tabel 2. Anvendte brændsler og data herfor. Brændselsanalyserne er foretaget af Force Technology.

Brændsel				Brændværdi	
	Ejendom, nr.	Vandprocent	Aske, %	MJ/kg	kWh/kg
Hvede	1	16,0	1,3	13,97	3,88
Byg	2	15,4	1,8	14,11	3,92
Rug	3	14,0	1,5	14,46	4,02
Hvede	4	15,7	1,4	14,05	3,90
Hvede	5	14,7	1,6	14,41	4,00
Træpiller, 25 kg sække	1	9,1	0,3	17,29	4,80
Træpiller, løsvare	4	8,3	0,3	17,40	4,83

Bemærk, at forskellen i askeindholdet (fra 1,3 til 1,8 %) mellem kornprøverne ikke er statistisk sikker.

4.4 De undersøgte fyr

Der er gennemført målinger af brændselsforbrug og varmeproduktion på fem stokerfyrede biobrændselsfyr opstillet på fem forskellige ejendomme.

Biobrændselsfyr svarende til de undersøgte er blevet testet ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut. Under beskrivelsen af biobrændselsfyrene på de fem ejendomme er resultaterne fra Prøvestationen gengivet.

4.4.1 Fyrene er anonymiserede

De undersøgte biobrændselsfyr er anonymiserede. Dette skyldes en række forhold:

- Biobrændselsfyrene var forskellige med hensyn til fabrikat, alder, størrelse, stand og brændsel
- Driftsforholdene var forskellige med hensyn til prøvetidspunkt på året, belastning og daglig pasning
- Undersøgelsen fandt sted på de ejendomme, hvor fyrene var opstillet

“Forsøgsbetingelserne” for de undersøgte fyr var med andre ord på ingen måde ensartede. De målte talværdier for belastning, brændselsforbrug og virkningsgrad er derfor et resultat af såvel forskellige egenskaber ved de undersøgte fyr som forskellige driftsforhold i bred forstand, jvf. ovenstående. Det er ikke muligt at fastslå præcis, hvad der er årsag til de målte forskelle i eksempelvis virkningsgrad mellem fyrene. Metodemæssigt er det ikke muligt at lave en statistisk sikker sammenligning af de undersøgte biobrændselsfyr. Fyrene er på den baggrund ikke benævnt ved fabrikat; der er alene anført et nummer for de ejendomme, hvor fyrene var opstillede. Ejendommene er nummeret fra 1 til 5.

4.4.2 Fyret på ejendom nr. 1

Ifølge fabrikanten af biobrændselsfyret er den nominelle ydelse:

- 29 kW med træpiller
- 24 kW med korn

Et fyr magen til det undersøgte er blevet afprøvet med korn, træpiller og flis ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut.

Tabel 3. Prøvestationen for mindre biobrændselskedler, Teknologisk Institut, har testet et fyr magen til fyret på ejendom nr. 1. Tabellen viser resultater fra testen.

	Last-niveau	Indfyret effekt	Afgiven effekt	Virkningsgrad	Røggas-temperatur
		kW	kW	%	°C
Korn	Fuldlast	25,1	21,7	87,0	151
	Dellast	6,2	5,1	82,0	77
Træpiller	Fuldlast	31,7	27,9	88,0	178
	Dellast	8,9	7,9	89,0	87
Flis	Fuldlast	26,2	22,0	84,0	156
	Dellast	6,7	5,8	87,0	68

Fyret er fra 2001 og opstillet i et eksisterende rum, hvor det indtil sommeren 2005 var tilsluttet en stor, gammel skorsten, der tidligere har været anvendt til smedeesse. Inden sidste måling på fyret blev skorstenen udskiftet med en ny isokern skorsten. Brændslet (hvede) hentes fra et kornlager i et tilstødende lokale, hvorfra det fyldes i magasinet med en kornsnegl.

Fyret opvarmer ca. 380 m² beboelse, heriblandt to lejemål.

Det årlige forbrug af korn, som primært er hvede, har været ca. 14 tons, og dertil kommer et træpilleforbrug på ca. 1 ton.

Prisen for anlægget inkl. montering og rørføring mm. til de to lejemål, som ligger på ejendommen, beløb sig til 104.000,- kr. + moms. Ejeren har selv opstillet den nye skorsten. Omkostningerne til isokernblokkene beløb sig til ca. 8000,- kr.

Eneste vedligeholdelse siden 2001 har været udboring af huller i brændehoved og udskiftning af lambda-sonder (til iltstyring); dertil kommer udskiftningen af skorstenen: i alt ca. 12.000 kr. + moms på fire år.

Ejeren har oplyst, at der anvendes ca. 10 minutter dagligt til askeudtagning og én gang om ugen ca. 30 minutter til rensning af konvektionsrør med børste.

Fremover vil der kun blive anvendt træpiller, da der har været for mange problemer med kornfyring.



Bemærk spor af kridt i kornet i magasinet på fyret.



Kridt, der tilsættes kornet ved fyring med korn.

4.4.3 Fyret på ejendom nr. 2

Ifølge fabrikanten af biobrændselsfyret er den nominelle ydelse:

- 25 kW med træpiller
- 23 kW med korn

Et fyr magen til det undersøgte er blevet afprøvet med korn, træpiller og flis ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut.

Tabel 4. Prøvestationen for mindre biobrændselskedler, Teknologisk Institut, har testet et fyr magen til fyret på ejendom nr. 2. Tabellen viser resultater fra testen.

	Last-niveau	Indfyret effekt	Afgiven effekt	Virkningsgrad	Røggastetemperatur
		kW	kW	%	°C
Korn	Fuldlast	26,2	23,1	88,0	140
	Dellast	7,6	6,7	87,3	78
Træpiller	Fuldlast	26,9	24,1	89,3	148
	Dellast	8,0	7,1	88,2	79
Flis	Fuldlast	27,9	24,0	86,0	166
	Dellast	8,0	6,9	86,0	79

Fyret er fra efteråret 2002 og opstillet i et eksisterende rum i laden. Et kornlager ligger på loftet, så påfyldning sker med en snegl fra kornlageret hen til et hul i loftet med et lukkespjæld. Der er ventilationsåbning i siden af fyrrummet, hvorfra blæseren får luft.

Problemer med løbesod er blevet afhjulpnet ved at forlænge skorstenen med ca. 2 meter, så den nu er ca. 6 meter høj. Med blæseren reguleres skorstenstemperaturen, så den holder sig over 170 °C. Der opstår løbesod, når skorstenstemperaturen kommer ned på ca. 80 °C, oplyser ejeren.

Fyret opvarmer et stuehus på ca. 250 m² i to plan + kælder.

Det årlige brændselsforbrug af primært byg ligger på 8,5 tons tørt korn med 15-16 % vandindhold.

Ejeren oplyser, at skulle han investere i et nyt biobrændselsfyre i dag, ville han vælge et fyr, der er nummeret mindre, end det han har. På købstidspunktet (2002) kunne producenten af fyret ikke anbefale fyret nummeret mindre til kornfyring, siger ejeren.

Pris for fyret incl. montering, skorsten, småændringer i fyrrum mm. var 66.580,- kr. + moms.

Eneste vedligeholdelse siden købstidspunktet har været udskiftning af herd (sten)

Der går 5-10 minutter dagligt med askeudtagning og 45 min. én gang ugentlig til rensning af konvektionsrør med børste på boremaskine.



Brandslukker placeret i fyrrummet.

Boremaskine med børste anvendes til rengøring af konvektionsrørene.

4.4.4 Fyret på ejendom nr. 3

Ifølge fabrikanten af biobrændselsfyret er den nominelle ydelse:

- 23 kW med træpiller
- 19 kW med korn

Et fyr magen til det undersøgte er blevet afprøvet med træpiller ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut.

Tabel 5. Prøvestationen for mindre biobrændselskedler, Teknologisk Institut, har testet et fyr magen til fyret på ejendom nr. 3. Tabellen viser resultater fra testen.

	Last-niveau	Indfyret effekt	Afgiven effekt	Virkningsgrad	Røggas-temperatur
		kW	kW	%	°C
Korn	Fuldlast	26,4	24,0	91,0	161
	Dellast	7,0	6,3	90,0	78

Fyret er fra 2003 og opstillet i et eksisterende rum i en staldlænge, hvor det umiddelbart kunne tilsluttes skorstenen fra et tidligere halmfyr. Brændslet, som er rug, hentes fra et kornlager i en anden staldlænge og fyldes i magasinet med spand. Om vinteren skal beholderen fyldes hver tredje dag i det 400 liter store magasin.

Der er eftermonteret en trækstabilisator i forbindelse med FarmTesten, fordi skorstenstrækket var for varierende, se billedet nedenfor.



Trækstabilisator på fyret på ejendom nr. 3.

Fyret opvarmer et stuehus på ca. 250 m² i to plan, hvoraf halvdelen er dårligt isoleret.

Det årlige brændselsforbrug af primært korn (rug og til dels byg) ligger på ca. 20 tons.

Prisen for fyret incl. montering mm. var 41.000,- kr. + moms. Som nævnt blev den eksisterende skorsten anvendt, og der var kun meget lidt vvs-arbejde.

Der har ikke været vedligeholdelsesomkostninger på fyret. Nogle kakler i siden af kedlen er brændt i stykker, men de er ikke skiftet endnu.

Ejeren anfører, at der går ca. 10 minutter dagligt med askeudtagning og 20 minutter én gang ugentligt til rensning af konvektionsrør med børste.

4.4.5 Fyret på ejendom nr. 4

Ifølge fabrikanten af biobrændselsfyret er den nominelle ydelse på fyret 20 kW.

Et fyr magen til det undersøgte er blevet afprøvet med træpiller ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut.

Tabel 6. Prøvestationen for mindre biobrændselskedler, Teknologisk Institut, har testet et fyr magen til fyret på ejendom nr. 4. Tabellen viser resultater fra testen.

	Last-niveau	Indfyret effekt	Afgiven effekt	Virkningsgrad	Røggas-temperatur
		kW	kW	%	°C
Træpiller	Fuldlast	21	19	92	112
	Dellast	7,8	5,8	75	76

Fyret er fra sommeren 2005 og opstillet i et eksisterende rum i laden.

På den pågældende ejendom fyres der med korn, men fyret kan også anvendes til andre vanskelige brændsler, så som kornafrens, smuld mm. Brændselsbeholderen er med bevægelige skrabere i bunden, så brændslet ikke danner bro.

Fyret har bevægelig trapperist, som fører asken ud mod lågen.

Påfyldning sker manuelt ved hjælp af en spand, og kornet tages fra frontskovlen på en traktorfrontlæsser.

Fyret opvarmer et dårligt isoleret stuehus på ca. 250 m². Fremover skal det også levere varme til en slagtesvinestald med 500 stipladser.

Der er et oliefyr på ejendommen, som kan tages i anvendelse som backup.

Ifølge ejeren har fyret i vinteren 2005/2006 været fuldt belastet i de koldeste vinterdage.

I sensommeren og den første del af efteråret 2005 kørte fyret ved lav last – udetemperaturen var i perioden relativt høj og varmebehovet derfor ret lavt. Den lave last af fyret gav ikke anledning til driftsproblemer.

Det årlige brændselsforbrug til fyret kendes ikke, da fyret endnu ikke er fyldt ét år; endvidere er der, som nævnt, planer om at tilslutte en stald til fyret.

Ejeren har nu skiftet fra korn (hvede) som brændsel til såkaldt biosmuld.

Prisen for fyret inkl. montering, skorsten og småændringer i fyrrum var 66.580,- kr. + moms.

Der har ikke været behov for vedligeholdelse på fyret i det første halve år.

Ifølge ejeren tager det ca. 10 minutter dagligt at tage aske ud. Der renses med håndbørste hver anden dag, og det overvejes at anvende børste på boremaskine.

4.4.6 Fyret på ejendom nr. 5

Ifølge fabrikanten af biobrændselsfyret er den nominelle ydelse:

- 80 kW med træpiller
- 64 kW med korn

Et fyr magen til det undersøgte er blevet afprøvet med korn, træpiller og flis ved Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut.

Tabel 7. Prøvestationen for mindre biobrændselskedler, Teknologisk Institut, har testet et fyr magen til fyret på ejendom nr. 5. Tabellen viser resultater fra testen.

	Last-niveau	Indfyret effekt	Afgiven effekt	Virkningsgrad	Røggas-temperatur
		kW	kW	%	°C
Korn	Fuldlast	77,4	69,9	90,2	138
	Dellast	26,3	22,3	85,1	88
Træpiller	Fuldlast	81,9	73,4	89,6	147
	Dellast	25,7	22,1	85,9	89
Flis	Fuldlast	85,4	76,0	89,0	146
	Dellast	23,8	21,0	88,0	88

Fyret er fra dec. 2001 og opstillet i et eksisterende rum i laden på ejendommen.

Brændslet ligger på loftet over fyrrummet og fyldes i beholderen via en lem i loftet. Det løftes på loftet med en rendegraver. Der anvendes forskellige brændsler såsom træpiller, korn og kaffebønner, alt efter hvilke typer der kan købes og hvor det er billigst. Kornet blandes ofte med træpiller, for at sikre en god forbrænding.

Ud over de nævnte brændsler bruges der også ca. 60 m³ brænde, primært om vinteren. Brændet bruges til at hæve ydelsen på kedlen, der ellers ikke ville kunne give varme nok til det store varmeforbrug ved opvarmning af stalde. Ved denne form for supplerende fyring med brænde i fyret, yder kedlen, ifølge ejeren, mere end 100 % af nominal ydelse, dvs. over 80 kW.

Når der fyres med brænde, er fyret tilsluttet en 5000 liters akkumuleringstank.

Fyret opvarmer ca. 140 m² stuehus fordelt på to plan og diverse stalde som farestald, klimastald, forrum mm.

Det årlige forbrug af brændsel kendes ikke.

Pris for fyret inkl. montering, skorsten og småændringer i fyrrum mm. var 125.000,- kr. + moms.

Vedligeholdelsesomkostningerne siden ibrugtagning har været ca. 10.000 kr., bl.a. til reparation af brændehead og udskiftning af stokersnegl.

Én gang om året tages brændeheadet ud til rensning; hvis lufthullerne er stoppet til, bores de ud.

Ejeren oplyser, at der dagligt går 5-10 minutter med askeudtagning og 30-45 min én gang ugentlig til rensning af konvektionsrør med håndbørste.



Svær dør ind til separat fyrrum.



Varmemåler monteret i fremløb.

4.5 Varmemålinger i undersøgelsen

Den energi, biobrændselsfyret afgiver til det tilkoblede vandbårne varmesystem, er målt med Kamstrup varmemålere. En varmemåler er opbygget som en unit og består af tre dele:

- Ultraflowmåler
- Multical energimåler, type C66
- Termoføler

Ultraflowmåleren måler vandets hastighed gennem en nøje defineret rørstørrelse. På baggrund af impulserne fra ultraflowmåleren og termofølerens kontinuerlige måling af fremløbs- og returtemperatur beregner multical energimåleren vandets energiindhold.



Kamstrup varmemåler, nominelt flow på 6 m³ pr. h.

Der er anvendt to størrelser af Kamstrup ultraflowmålere

1. På fyrene 2 og 5 er anvendt varmemåler med nominelt flow på 6 m³ pr. h; rørdimension på 260 mm x 5/4".
2. På fyrene 1, 3 og 4 er anvendt varmemåler med nominelt flow på 1,5 m³ pr. h; rørdimension på 110 mm x 3/4".

4.6 Placering af varmeenergimåler

De undersøgte biobrændselsfyre var alle etableret med shunt, dvs. en del af fremløbsvandet blandes i returvandet, så temperaturen i returvandet ved indløb i kedlen minimum er 60-65 grader Celsius. Formålet med dette er at begrænse tæringen i kedlen.

Kamstrup varmemålerne blev placeret der, hvor varmeenergien fra fyrene har været til rådighed for brugerne i det vandbårne varmesystem, hvilket vil sige lige efter shunten regnet i vandets fremløbsretning.



Placering af varmemåler i forhold til shunten på fyret på ejendom nr. 1. Shunten er afmærket inden for den gule ellipse. I den blå ellipse ses varmemåleren med de to termofølere.

Som det ses af billedet, er rørene til shunten ikke isolerede. Det bør de være. I et koldt fyrrum med et åbentstående vindue kan varmetabet fra uisolerede rør være betydeligt.

4.7 Varmemålernes nøjagtighed

De anvendte varmemålere fra Kamstrup er såkaldte klasse 2 målere, og fejlvisningen må max. være 4 %. Den store varmemåler (nominelt flow på 6 m³/h) er testet på Teknologisk Institut, og den maksimale afvigelse blev målt til -0,49 % i trykområdet 0,4 – 2,5 bar og ved et flow på 0,5 – 6,0 m³/h.

Kamstrup varmeenergimålerne er venligst udlånt af:
Kamstrup A/S
Industrivej 28
8660 Skanderborg
Tlf.: 89 93 10 00
www.kamstrup.com

4.8 Måling af elforbrug

Der er målt elforbrug på fyret på ejendom nr. 1.

Blandt de elforbrugende komponenter er stokersnegl, blæser og styring.
Elforbruget til brændselspåfyldning er ikke målt.

Der er anvendt en digital elmåler (bimåler), se billedet nedenfor.



Digital elmåler ved fyret på ejendom nr. 1

4.9 Røggastemperatur

På fire af de fem biobrændelsfyr er der foretaget målinger af røggastemperatur. Da en større eller mindre del af varmeenergien forsvinder med røggassen vil eventuelle lave virkningsgrader måske kunne forklares på baggrund af (for) høj røggastemperatur.

Røggastemperaturen er målt med en Testo 330-2 røggasmåler. Målesonden har været placeret i røgrøret til skorstenen umiddelbart ved fyret.



Røggasmåler Testo 330-2 anvendt til måling af røggastemperatur.

5. Resultater og diskussion

Målingerne er gennemført i 2005.

I tabel 8 er der for bibrændselsfyrene på de fem ejendomme angivet:

- Måleperiode
- Brændselstype i perioden
- Virkningsgrad i perioden
- Gennemsnitlig effektafgivelse over ca. et døgn

Afgiven energi er her ækvivalent med energi afgivet til det vandbårne varmesystem.

Tabel 8. Virkningsgrad og gennemsnitlig døgn effekt for bibrændselsfyrene på de fem ejendomme angivet periodevis og i relation til brændselstype.

Fyr på ejendom nr.	Måleperiode	Brændsel	Virkningsgrad, %	Gns. døgn effekt, kW	Bemærkning
1	3.-15. feb.	Hvede	71,3	9,5	Konvektionsrør ikke renset
	15.-21. feb.	Hvede	80,7	10,3	Konvektionsrør renset 15. feb.
	15.-25. feb.	Hvede	74,3	11,1	Konvektionsrør renset 15. feb.
	15. feb. - 8. mar.	Hvede	75,6	11,0	konvektionsrør renset 15. feb.
	8.-18. mar.	Træpiller	87,0	9,4	konvektionsrør renset 8. mar.
	20.-29. juli	Træpiller	77,4	3,2	Konvektionsrør renset 20. juli
	29. juli - 11. aug.	Hvede	64,0	4,1	
2	3.-9. feb.	Byg	80,0	5,8	
	9.-24. feb.	Byg	78,5	7,1	
	24. feb. - 3. mar.	Træpiller	78,4	6,4	
3	7.-16. april	Rug	56,1	4,9	
	19. apr. - 2. maj	Rug	56,3	4,3	*Fyr justeret 19. april
	18.-28. maj	Træpiller	60,0	3,2	
4	8.-25. sept.	Hvede	65,1	5,9	Konvektionsrør renset hver 2. dag
	26. sept. - 2. okt.	Træpiller	66,4	4,6	Konvektionsrør renset 26. sept.
	17.-24. nov.	Hvede	64,8	10,8	Konvektionsrør renset ca. hver 2.dag
	24. nov. - 1. dec.	Træpiller	69,1	11,6	Konvektionsrør renset to gange
5	8.-20. april	Træpiller	73,3	17,1	Konvektionsrør renset 11.+ 16. apr.
	20.-30. april	Hvede	75,6	19,3	Konvektionsrør renset 20.+ 29. apr.
	12.-19. maj	Træpiller	71,5	16,6	Kedel renset før igangsætning.
	20. maj - 2. juni	Hvede	68,1	10,6	

* Servicemontør har optimeret fyrets drift.

Af tabel 8 ses det, at spændet i virkningsgrad for biobrændselsfyrene på de fem ejendomme er:

- 64,0 – 80,7 % for korn
- 66,4 – 87,0 % for træpiller

Dataene fra fyret på ejendom nr. 3 er ikke repræsentative for normal drift af et biobrændselsfyret og indgår derfor ikke i ovennævnte intervaller; sandsynlige årsager til den lave virkningsgrad er diskuteret nedenfor.

Det er værd at bemærke, at de højeste virkningsgrader, såvel med korn (80,7 %) som træpiller (87,0 %), blev fundet på ét og samme fyr, nemlig fyret på ejendom nr. 1. Det er ligeledes bemærkelsesværdigt at begge de laveste virkningsgrader ligeledes stammer fra samme ejendom, nemlig nr. 4. (når der som nævnt ses bort fra ejendom nr. 3).

Fyret på ejendom nr. 1 kunne altså præstere en høj virkningsgrad i både korn og træpiller. Men som det også ses, kræver det, at kedel og konvektionsrør holdes rene, og helst skal der rengøres ugentligt. Det er også bemærkelsesværdigt, at fyret kan holde en virkningsgrad på godt 77 % i træpiller om sommeren, hvor fyret sandsynligvis har kørt i pausefyring en del af tiden.

Også fyret på ejendom nr. 2 ligger gennemgående på et højt niveau (78,4 – 80,0 %) i både korn og træpiller. Forsøgsværten var da også flittig til at rense kedel og konvektionsrør, dvs. 1-2 gange om ugen.

Virkningsgraden i fyret på ejendom nr. 3 er meget lav (56,1 – 60,0 %). Der kan peges på tre mulige grunde til dette:

- Slukningsdysen på fyret kan have været utæt (dette er ikke kontrolleret). Følgen af en utæt slukningsdys er vådt brændsel. Fordampning af vand kræver varme, og da kedlen ikke kondenserer røggassen, går denne fordampningsvarme fra den mængde varme, der kan udnyttes. Resultat: virkningsgraden bliver for lav.
- Uforbrændt brændsel i asken (dette er ikke kontrolleret). Hvis ikke brændslet forbrændes ordentligt, er det klart, at virkningsgraden, dvs. brændselsudnyttelsen, bliver lavere end den ellers kunne have været.
- En meget høj røggastemperatur. Dette var faktisk tilfældet på det pågældende fyr. Der blev målt en temperatur på 255 °C. Dette omtales i afsnittet om "Orienterende måling af røggastemperatur.

Det er overraskende, at fyret på ejendom nr. 4 ikke kommer højere op – fyret var omkring 2-3 mdr. gammelt ved undersøgelsens start. Og en fordobling af effektafgivelsen har åbenbart kun haft en mindre betydning for virkningsgraden med træpiller; i korn er der ikke konstateret nogen forbedring som følge af effektførøgelsen.

Fyret på ejendom nr. 5, som er 3-4 gange større end de øvrige fyr, lå med virkningsgrader "på det jævne" (73,3 – 75,6 %). Ifølge ejeren renses konvektionsrørene ugentligt, men en grundig rengøring af kedelflader og fladerne omkring brænderhoved forbedrede ikke virkningsgraden, snarere tværtimod. I slutningen af maj falder effektafgivelsen, og virkningsgraden følger lidt med ned.

5.1 Orienterende måling af røggastemperatur

I tabel 9 ses de målte røggastemperaturer på nogle af de testede fyr. Det skal bemærkes, at den angivne virkningsgrad for hvert fyr er gældende for den periode, hvori temperaturmålingen fandt sted.

Tabel 9. Røggastemperatur målt med Teste 330-2 på fyrene på fire af de fem ejendomme.

Røggastemperatur			
Fyr på ejendom nr.	Brændsel	Temp. °C	Virkningsgrad %
1	Hvede	147	72,0
1	Træpiller	93	84,5
2	Byg	143	80,6
3	Rug	255	58,0
4	Hvede	107	65,8

På Teknologisk Instituts hjemmeside står der følgende om røggastemperatur og skorsten:

- "Hvis man monterer en højeffektiv kedel på en ældre skorsten kan man risikere problemer med bl.a. løbesod. Det vil derfor i nogle tilfælde være nødvendigt at udskifte skorstenen for at få det fulde udbytte af den nye kedel.
- Hvis det ikke er muligt at skifte eller forbedre skorstenen må kedlen omstilles til at køre på den gamle skorsten. Dette kan lade sig gøre i de fleste tilfælde, men det betyder at kedlen ikke kan opnå sin optimale virkningsgrad.
- Man må altså være indstillet på at det koster noget at bruge en ældre skorsten. Skorstensfejeren, kedelleverandøren eller den lokale KSO-installatør kan give yderligere oplysninger om brug af ældre skorstene samt mulighederne for at forbedre en eksisterende skorsten."

KSO: "Kvalitetssikringsordning for biobrændselsanlæg, solvarmeanlæg og solcelleanlæg".

Ét tal i tabel 9 springer i øjnene, og det er 255 °C på fyret på ejendom nr. 3. Det er en unormal og meget høj røggastemperatur. Typisk vil røggastemperaturen i skorstenen på et velfungerende og optimeret fyr være 100-150 °C, jvf. de angivne røggastemperaturer i tabellerne 3-7 under beskrivelserne af ejendommenes biobrændselsfyr.

Med en røggastemperatur på 255 °C er det forventeligt med et relativt stort varmetab til skorstenen. Virkningsgraden for det pågældende fyr lå som nævnt kun på 56-60 %, jvf. tabel 8. Men ifølge Prøvestationen kan den høje røggastemperatur redegøre for max. ekstra 5-6 % i varmetab via røggassen (i forhold til det normale røggastab på ca. 10 %). Så den lave virkningsgrad skyldes antagelig også andre forhold, som påpeget ovenfor.

Årsagen til den høje røggastemperatur er sandsynligvis følgende: Fyret har lodret stående konvektionsrør, hvori der skal isættes spiraler. Formålet med disse spiraler er at skabe turbulens i røggassen. Turbulensen fremmer varmeafgivelsen fra røggassen til det vandbårne varmesystem. Spiralerne var imidlertid **ikke** sat i konvektionsrørene i fyret på ejendom nr. 3. Røggassen er dermed ikke blevet ordentligt afkølet, inden den gik i skorstenen. Begrundelsen for ikke at have spiralerne i konvektionsrørene var ifølge ejeren af fyret, at den høje røggastemperatur mindsker tæring og aflejring af aske og sod i fyret. Omkostningen er til gengæld en ringe brændselsudnyttelse.

Ejeren kunne i øvrigt oplyse, at fyret skal give alarm, hvis temperaturen kommer over 200 graders C; en defekt temperaturmåler var årsag til den udeblevne alarm. Fejlen er nu udbedret.

5.2 Diagrammer over effektafgivelse og virkningsgrader

Nedenfor er vist diagrammer over effektafgivelse og virkningsgrad for biobrændelsfyrene på de fem ejendomme. De daglige registreringer af varmemålerens visning, danner grundlag for beregning af en gennemsnitlig effektafgivelse mellem to på hinanden følgende måleraflæsninger, jvf. metodeafsnittet. For hvert døgn er den gennemsnitlige effektafgivelse angivet ved et mærke:

- Grønne trekkanter for korn
- Blå ruder for træpiller

Virkningsgraden er ikke tilsvarende beregnet døgnvis men for en periode over flere døgn. For at sikre en stabil varmforsyning fyldes der brændsel på fyret (dvs. i magasinet) til flere døgn forbrug, hvorfor man kun kender forbruget af brændsel mellem to påfyldningstidspunkter. Der er så beregnet en virkningsgrad for en periode mellem sådanne to tidspunkter.

5.2.1 Fyret på ejendom nr. 1

Fyret blev undersøgt i to perioder: ved vintertide og om sommeren.

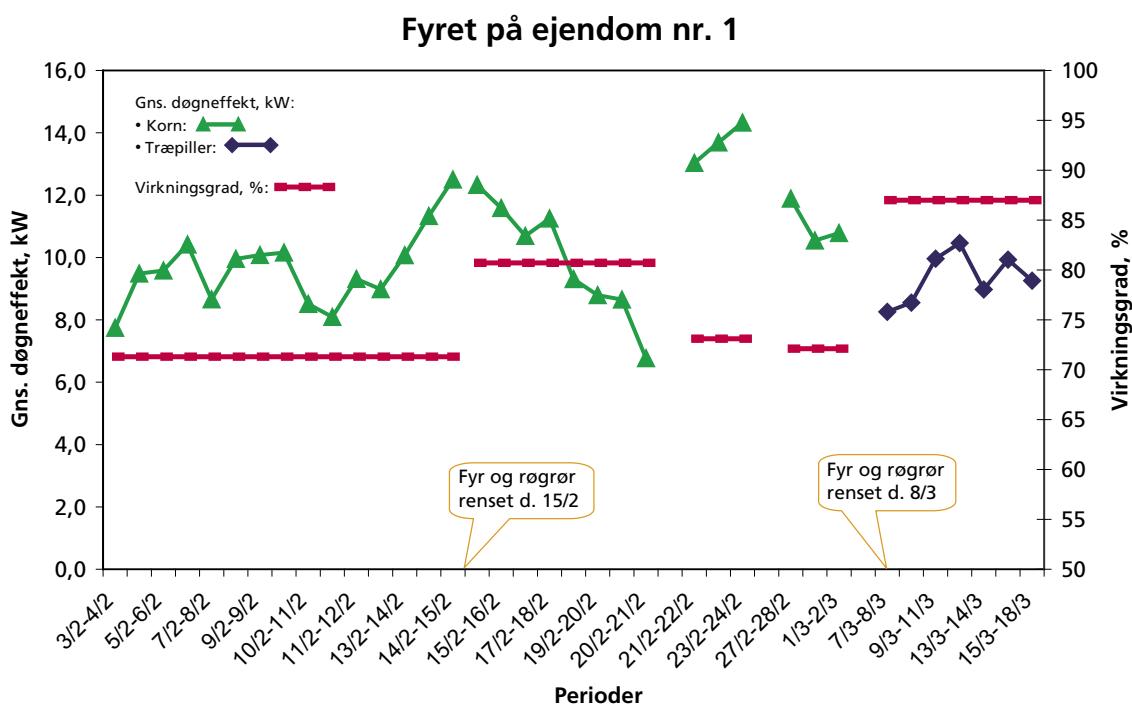


Fig. 1. Gennemsnitlig døgneffekt ved fyring med hvede (grønne trekkanter) og træpiller (blå ruder), jvf. lodret akse til venstre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 29 kW med træpiller og 24 kW med korn. Virkningsgraden er angivet med røde streger, jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

Da undersøgelsen af fyret blev påbegyndt i starten af februar var fyret gennem "længere" tid ikke blevet renses. Efter ca. to ugers målinger blev fyret grundigt renses den 15. februar. Denne renses forbedrede virkningsgraden med **10 % point** i første periode herefter. I næste periode var virkningsgraden faldet markant, trods en forholdsvis høj effektafgivelse fra fyret. I tredje periode efter den 15. februar (jvf. tabel 8) var virkningsgraden på niveau med perioden før renses.

Forud for skiftet til træpiller blev fyret igen renses og rengjort. Den gennemsnitlige virkningsgrad ved fyring med træpiller var da 87 %. Ved fyring med korn var højeste opnå-

elige virkningsgrad ca. 81 %. Effektafgivelsen i de to perioder var på ca. samme niveau, så målingerne tyder på, at fyret har den bedste virkningsgrad ved fyring med træpiller.

På fig. 2 er sommermålingerne afbilledet. Fyret blev hverken forud eller undervejs i måleperioden rensat. Fyrets virkningsgrad var klart bedst i perioden med træpiller. Fyret har i hele måleperioden kørt ved en meget lav effektafgivelse, antagelig har det ofte kørt i såkaldt pausefyring. Ved opstart af fyret den 19. juli er effektafgivelsen det første døgn høj, idet alt kedelvandet med samt vandet i varmeakkumuleringsstanken først skulle varmes op til normal driftstemperatur – ca. 60-70 graders C. Effektafgivelsen i perioden med korn har varieret en del, hvilket måske skyldes hyppig pausefyring.

Forud for igangsætningen af sommerfyringen var fyret blevet tilsluttet en ny isokern-skorsten. Ved målingernes afslutning kunne det konstateres, at der havde været en kraftig sodudvikling i fyret – bagsiden af og gulvet omkring fyret var overtrukket med et tykt lag sod.

De fundne virkningsgrader, såvel ved korn- som træpillefyring, ligger på linie med testresultaterne på Prøvestationen, jvf. tabel 3. Dette gælder dog kun hvis konvektionsrørene og kedelfladerne er rene.

Fyret på ejendom nr. 1 - sommerfyring

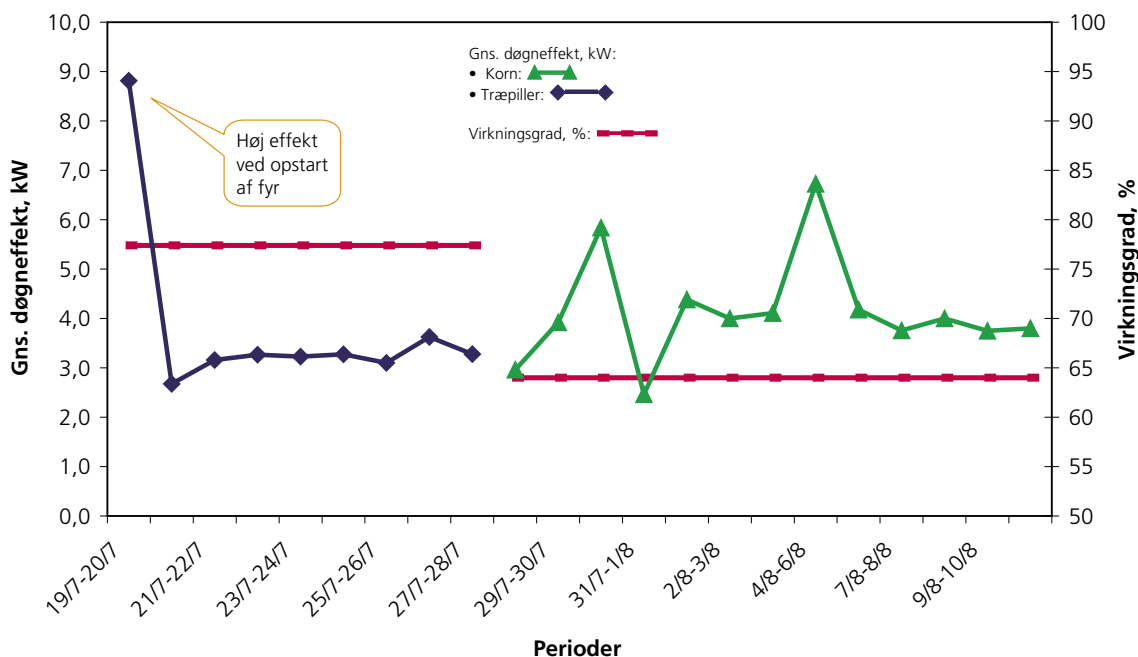


Fig. 2. Gennemsnitlig døgneffekt ved fyring med hvede (grønne trekanten) og træpiller (blå ruder), jvf. lodret akse til venstre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 29 kW med træpiller og 24 kW med korn. Virkningsgraden er angivet med røde streger, jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

Fyret forsyner tre individuelle "lejligheder" på den ejendom (nr.1), hvor det er opstillet. Det er derfor bemærkelsesværdigt, at den gennemsnitlige døgn-effekt på fyret ikke når op på mere end ca. 50 % af nominel effekt (20 kW), selv ikke i februar, der ellers bød på regulært vintervejr med dagsfrost. Imidlertid kan det antages, at fyret i korte perioder har præsteret en effektafgivelse der har været tæt på 100 % af nominel effekt, særligt ved pludselige træk på varmforsyningen i forbindelse med eksempelvis vask.

5.2.2 Fyret på ejendom nr. 2

Fyret blev undersøgt i februar måned.

Som det ses af fig. 3 var effektafgivelsen størst i 2. (d. 9-24/2) og 3. (d. 24/2-3/3) periode. Til gengæld var der næsten ikke forskel på virkningsgraden mellem de tre perioder.

Ejeren på ejendom nr. 2 har den 9. februar haft besøg af repræsentanter for det firma, som har lavet den pågældende ejendoms biobrændselsfy. Firmafolkene konstaterede, at fyret reelt er for stort til ejendommen. Ejeren fik foræret en ny rensbørste.

Samme dag (d. 9. feb.) sænkede ejeren blæserhastigheden på fyret; hensigten var at opnå en lavere temperatur i skorstenen. Nogle få dage senere konstaterede ejeren løbesod (temperaturen i skorstenen var da 80 °C). Ejeren øgede efterfølgende blæserhastigheden, så temperaturen igen steg og dannelsen af løbesod ophørte.

Ejeren af fyret var meget opmærksom på at holde fyret rent og rensede kedelflader og konvektionsrør ca. én gang om ugen – dette uafhængigt af FarmTesten.

Trods den relativt lave gennemsnitlige effektafgivelse pr. døgn, har virkningsgraden alligevel ligget på et tilfredsstillende niveau – ca. 78-80 % er ikke "helt ved siden af".

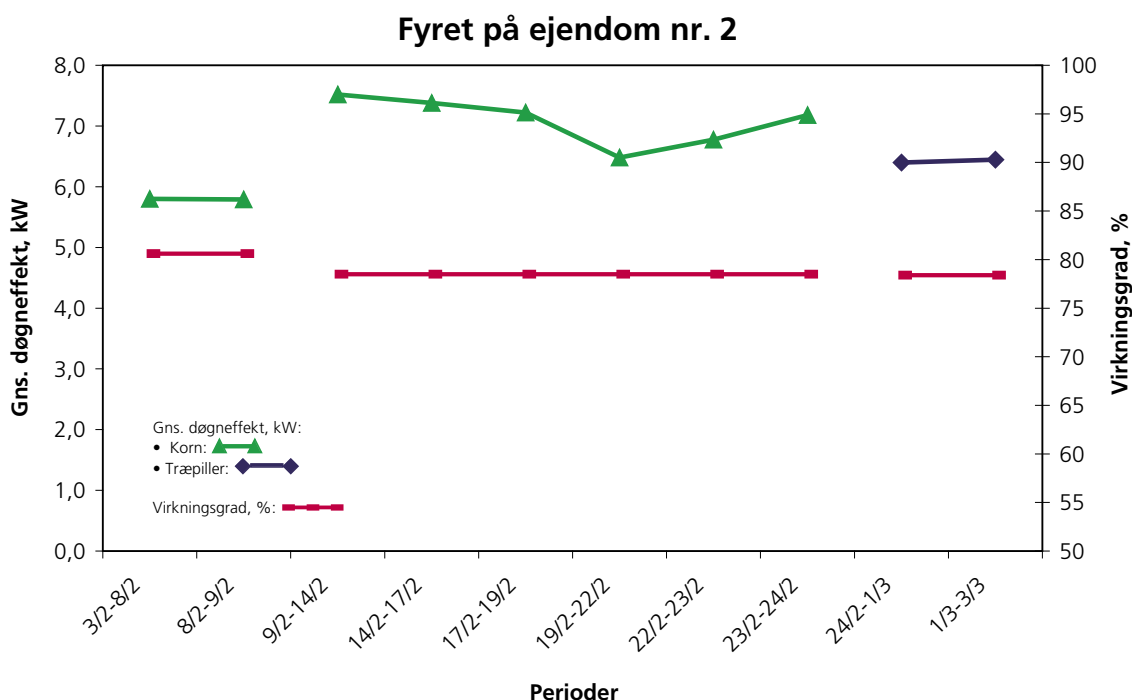


Fig. 3. Gennemsnitlig døgneffekt ved fyring med byg (grønne trekkanter) og træpiller (blå ruder), jvf. lodret akse til venstre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 25 kW med træpiller og 23 kW med korn. Virkningsgraden er angivet med røde streger, jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

5.2.3 Fyret på ejendom nr. 3

Fyret blev undersøgt i april med korn og i maj med træpiller.

Den lave virkningsgrad lå i hele måleperioden på ca. 55-60 %. Forklaringen på dette er der redegjort for på side 22.

Effektafgivelsen var jævnt faldende i perioden og var, i forhold til fyrets nominelle ydeevne, lav.

Fyret blev justeret den 19/4 2005; dette blev gjort af "den lokale smed", som havde opstillet fyret. Blæserfølsomheden blev sænket fra 40 til 10, og fyret blev eftersat og målt. Samtidig blev der sat en trækstabilisator i skorsten. Justeringen og trækstabilisatoren gav tilsyneladende ikke anledning til en forøgelse af virkningsgraden.

Virkningsgraden var størst ved fyring med træpiller, men til gengæld var effektafgivelsen lavest i den pågældende periode.

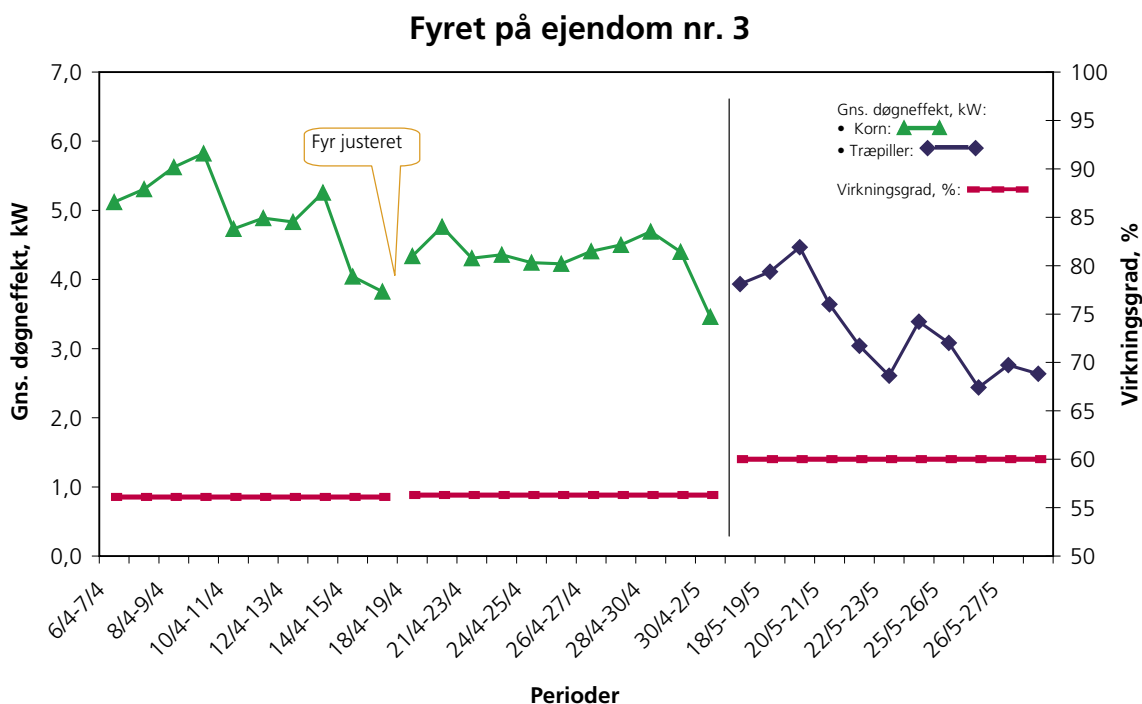


Fig. 4 Gennemsnitlig døgneffekt ved fyring med rug (grønne trekanten) og træpiller (blå ruder), jvf. lodret akse til venstre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 23 kW med træpiller og 19 kW med korn. Virkningsgraden er angivet med røde streger, jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

5.2.4 Fyret på ejendom nr. 4

Målingerne er foretaget i september og november.

Fyret var ved start af målingerne ca. 3 mdr. gammelt. Konvektionsrørene er blevet renset to-tre gange om ugen.

Som det ses af fig. 5 på side 31 er effektafgivelsen fra fyret fordoblet fra september til november på grund af et øget behov for opvarmning i ejendommens stuehus.

Det er bemærkelsesværdigt, at fyrets virkningsgrad ved fyring med korn ikke blev øget fra september til november. Derimod var virkningsgraden i træpiller højest i november.

Fyret kørte meget stabilt i undersøgelsesperioden.

Fyret på ejendom nr. 4

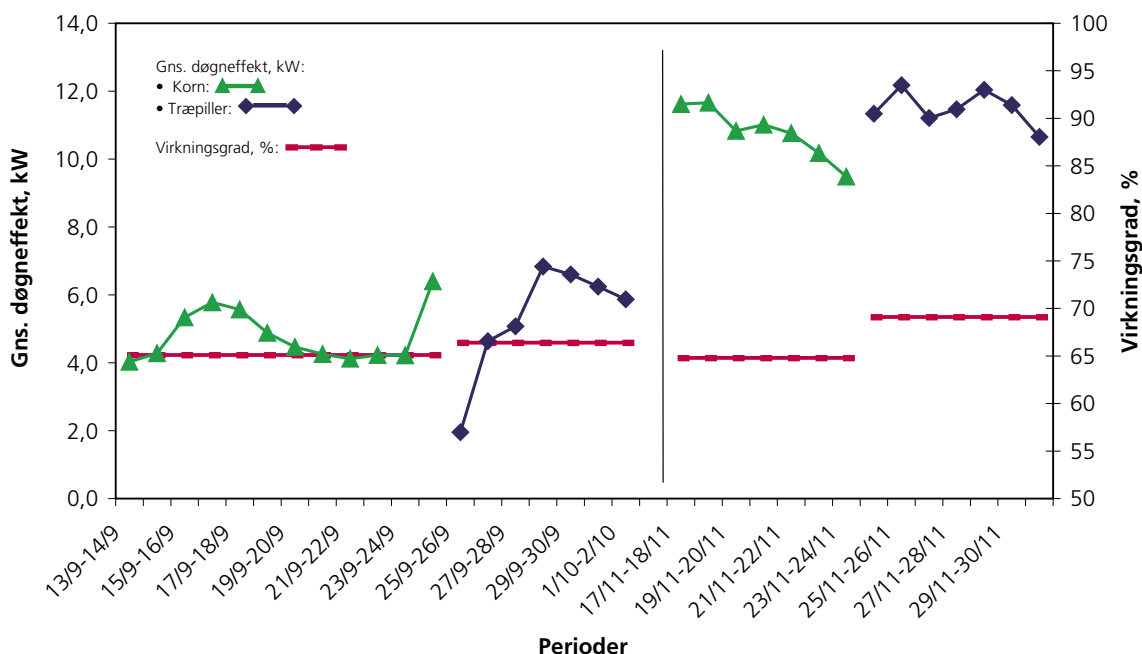


Fig. 5. Gennemsnitlig døgneffekt ved fyring med hvede (grønne trekanter) og træpiller (blå ruder), jvf. lodret akse til venstre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 20 kW. Virkningsgraden er angivet med røde streger, jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

5.2.5 Fyret på ejendom nr. 5

Fyret blev undersøgt i april med korn og i maj med træpiller.

Fyret på ejendom nr. 5 var det største fyr i undersøgelsen med en nominel effekt på 80 kW i træpiller, og det eneste der leverede varme til produktionsformål (svinestalde).

Såvel effektafgivelse som virkningsgrad er ved fyring med korn lavest i maj.

I april er virkningsgraden bedst med korn, hvorimod den i maj er bedst med træpiller.

De kraftige udsving på effektafgivelsen skyldes, at fyret flere gange – særligt i maj - har været gået i stå. Når fyret igen sættes i gang, vil det køre med høj effektafgivelse, indtil der er opnået normal driftstemperatur i kedel med samt det tilknyttede vandbårne varmesystem.

Fyret på ejendom nr. 5

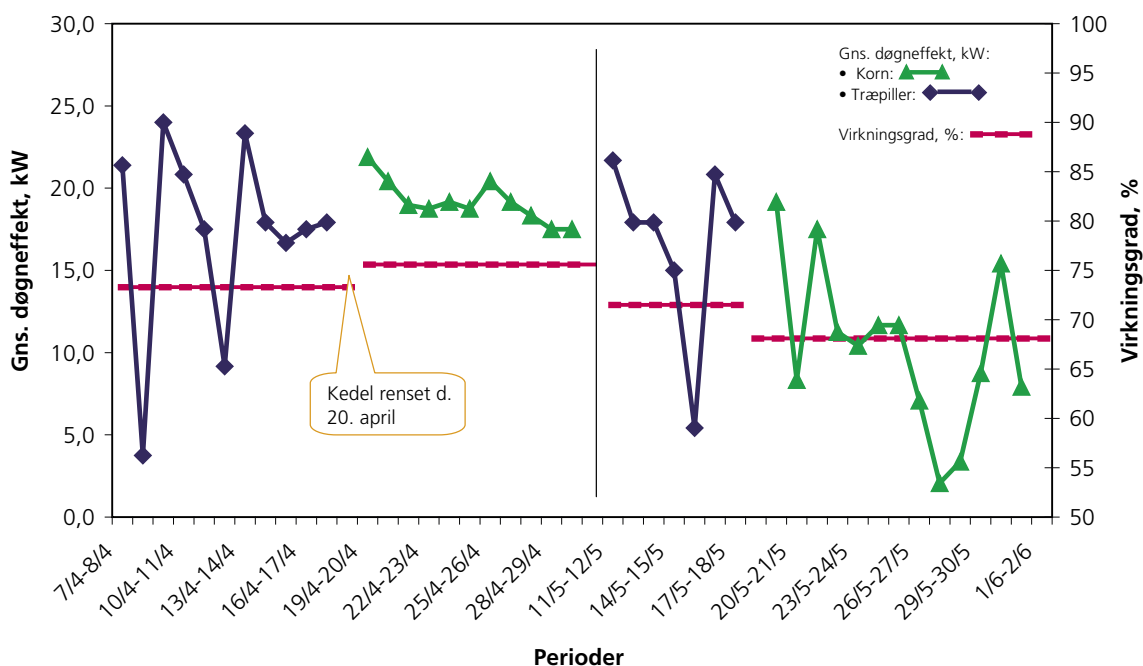


Fig. 6. Gennemsnitlig døgneffekt ved fyring med hvede (grønne trekantede) og træpiller (blå ruder), jvf. lodret akse til venstre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 80 kW med træpiller og 64 kW med korn. Virkningsgraden er angivet med røde streger, jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

5.3 Renholdelse af fyret

Undersøgelsen har vist, at virkningsgraden i et givent fyr er bedst, når kedelflader og konvektionsrør er rene. Fyret på ejendom nr. 1 var gennem lang tid ikke blevet rensset. Den første uge efter en grundig rengøring var virkningsgraden 10 % point højere end i perioden forud. Allerede en uge efter rengøringen faldt virkningsgraden, og to-tre uger efter var virkningsgraden tilbage på gammelt niveau. En høj virkningsgrad kan opretholdes med en ugentlig rengøring af fyret, tidsforbruget vil være under en ½ time.

Hypig rengøring af fyrene var fast praksis på ejendommene nr. 2 og 4. Så dér var det ikke muligt at konstatere en evt. effekt af rengøring på virkningsgraden.

Om fyret på ejendom nr. 3 foreligger der ingen oplysninger om renholdelse.

På ejendom nr. 5 blev der foretaget en grundig rengøring af kedelflader, brændehoved og konvektionsrør ved skifte fra træpiller til korn – i første delperiode. Som det ses af fig. 6, stiger virkningsgraden fra godt 73 % til knap 76 %. Om dette skyldes brændselsskiftet, rengøringen eller en kombination af disse to forhold, kan ikke fastslås med sikkerhed. I betragtning af at virkningsgraden typisk er bedst i træpiller, taler sandsynligheden for, at løftet i virkningsgraden skyldes rengøringen. Hvis der kun var foretaget et brændselsskift – fra træpiller til korn – på det pågældende tidspunkt, ville virkningsgraden antagelig være faldet en smule.



Kedel og konvektionsrør. Bemærk slagger og stærkt tilskede konvektionsrør, som trænger til rengøring. Den lyse askefarve omkring konvektionsrørene vidner i øvrigt om god forbrænding.

5.4 Varmebehov contra fyrets størrelse

Det er gennemgående for alle de undersøgte fyr, at den gennemsnitlige effektafgivelse over ca. et døgn ligger langt under de pågældende fyrs nominelle effekt. Udnyttelsesgraden af fyrene er dermed relativt lav. Konsekvensen er, at virkningsgraden også bliver lav, hvilket giver en for ringe driftsøkonomi for brændslet.

Fyret på ejendom nr. 1 skulle levere varme til tre beboelsesenheder. Det kunne så rigeligt dække behovet, selv under ret så vinterlige betingelser i februar/marts.

Fyrene på ejendommene nr. 2, 3 og 4 kunne også let dække varmebehovet på de pågældende ejendomme. For fyrene på ejendommene nr. 3 og 4 skal det dog bemærkes, at de ikke er undersøgt i en vinterperiode. En vinterafprøvning ville have betydet en væsentlig højere belastning af fyrene og ville dermed sandsynligvis også have givet en højere virkningsgrad.

Hvorfor udnyttes/belastes fyrene på ejendommene ikke noget bedre? Eller rettere: hvorfor er fyrene for store til de pågældende ejendomme? Nogle af svarene kunne være:

1. Springet ned til fyret nummeret mindre er stort. Et sådant fyr vurderes at ville være for lille
2. Dimensioneringen udføres ud fra forkerte forudsætninger

(Punkt 2. kan (eller vil uvægerligt) medføre punkt 1.)

Ad. 1.

For flere af de undersøgte fyr gælder det, at springet til et mindre fyr inden for samme fabrikat er stort. Typisk er der tale om næsten en halvering i effektstørrelse. Et fyr med en nominal effekt på 10 eller 12 kW har anlægsejerne, måske i samråd med deres smed, vurderet som for lidt. Argumentet er ofte, at man ikke ønsker at mangle varme på meget kolde vinterdage. Imidlertid tyder undersøgelsen på, at ejendommene med fyr nr. 2 og fyr nr. 3 kunne have klaret sig med et mindre fyr.

Prisforskellen mellem forskellige størrelser fyr er i nogle tilfælde forholdsvis lille (inden for det samme fabrikat). Fabrikkerne anfører at "det giver kunden en følelse af at have gjort et køb, når han får mange kW for få penge". Og det lidt større fyr er tilsyneladende med til at forstærke denne følelse.

En god udnyttelse af et biobrændselsfyret gennem det meste af året kræver, at fyret om vinteren kun lige netop kan dække behovet for varme på ejendommen. Vælges denne strategi, hvilket driftsøkonomisk er ganske fornuftigt, risikerer man sandsynligvis at mangle varme nogle få, men meget kolde vinterdage.

Ad. 2.

At bruge det "gamle" oliefyr som udgangspunkt for dimensionering af biobrændselsfyret er ikke hensigtsmæssigt, da biobrændselsfyret så bliver for stort.

Ofte erstatter et biobrændselsfyret et oliefyr på ejendommen; i nogle tilfælde bibeholdes det gamle oliefyr, så det kan fungere som supplement eller backup til biobrændselsfyret.

Oliefyrets kapacitet er bestemt af oliebrænderens effekt og kedelens størrelse. Oliebrænder og kedel kan størrelses-/effekt mæssigt kombineres, i praksis dog kun inden for ret veldefinerede rammer.

Man skal i den forbindelse huske på, at et oliefyr har et tomgangstab, dvs. en del af den akkumulerede varme i systemet tabes.

Det ses ofte, at et oliefyr til et stuehus "på landet" har en nominel effekt på måske 15, 20 eller 25 kW. Et oliefyr kører som bekendt on/off, dvs. at det yder den nominelle effekt, når det kører. Efter at have kørt en tid, hvor vandet i det vandbårne varmesystem er bragt op på den indstillede temperatur på termostaten, stopper fyret. I pausen, hvor brænderen ikke genererer varme, bruges der af den akkumulerede varme i varmesystemet. På et tidspunkt er temperaturen blevet så lav at fyret igen starter, hvorefter det hele gentager sig.

Et sådant driftsmønster egner sig ikke for et biobrændselsfyret. Biobrændsler brænder langsomt, og "bålet" i brænderhovedet skal helst brænde kontinuerligt for at sikre en god forbrænding og en minimal soddannelse. Der genereres således hele tiden varme i et biobrændselsfyret, hvorfor den nominelle effekt kan (bør) være mindre sammenlignet med et oliefyr. Biobrændselsfyret har med andre ord ikke driftspauser.

Hvis man tænker sig, at et oliefyr, med den angivne effektstørrelse, kørte hele tiden, ville det normalt være for stort til et land-stuehus. Fordelen ved et oliefyr med overkapacitet er, at der hurtigt kan genereres en forholdsvis stor mængde varme, hvilket er hensigtsmæssigt, hvis varmeaftaget svinger meget. Samme fordel – og samme overkapacitet – kan naturligvis opnås med et biobrændselsfyret, men som påpeget bliver den gennemsnitlige årlige effektafgivelse og dermed virkningsgrad relativ lav.

At tilslutte en stor varmeakkumuleringstank til et biobrændselsfyret, der ikke har ovenfor omtalte overkapacitet, vil give et vist varmetab.

5.4.1 Hvad med sommerfyring?

Fyret på ejendom nr. 1 blev fulgt gennem en periode om sommeren. Det havde om vinteren præsteret ret høje virkningsgrader med såvel korn som træpiller. Men om sommeren var virkningsgraden omkring 10 procentpoint lavere ved et effektniveau på 3-4 kW (hvilket var ca. $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ af vinterniveauet). Fyret var om sommeren blevet tilsluttet en ny isokern skorsten. Sommermålingerne blev igangsat umiddelbart efter, at fyret var kommet i gang igen. Efter ca. tre ugers drift af fyret kunne det konstateres, at der havde været en meget kraftig soddannelse. Årsagen er efter alt at dømme det meget lave effektniveau og en lav røggastemperatur.

5.5 Elforbrug

Der er målt elforbrug på fyret på ejendom nr. 1.

Tabel 10. Elforbrug til drift af biobrændselsfy.

	Gns. elforbrug pr. døgn	Periode	Brændsel
	kWh		Type
Fyret på ejendom nr. 1	2,3	3. - 15. feb.	Hvede
	2,4	15. - 21. feb	do.
	2,4	21. feb. - 8. mar.	do.
	2,0	8. - 18. mar.	Træpiller

Elforbruget på fyret på ejendom nr. 1 går til stokersnegl, blæser og styring. Tilsyneladende er elforbruget mindst ved fyring med træpiller; forskellen til hvede er dog ikke stor.

5.6 Økonomiske beregninger

Omkostningerne ved fyring med korn og træpiller er sammenlignet med fyring med olie.

Der er taget udgangspunkt i det angivne årsforbrug af korn eller træpiller på ejendommene. Brændselsmængden på en ejendom er omregnet til energi og dernæst til mængder af enten korn eller træpiller (afhængigt af om der fyres med træpiller eller korn på ejendommen) og fyringsolie.

Det har været muligt at beregne fyringsomkostningerne for tre af ejendommene.

Beregningsresultaterne er grafisk afbilledet i søjlediagrammer på side 36 - 38, hvor den lodrette akse angiver de totale omkostninger ved fyring med de tre brændsler.

Søjlerne i diagrammerne er delt i fem felter, der hver repræsenterer en omkostningstype:

- Faste omkostninger i alt
- Serviceeftersyn – der også dækker vedligeholdelse
- El
- Brændsel
- Løn – for udført arbejde med fyring, tilsyn og rengøring/børstning af fyr (150 kr./time)

De anvendte energipriser (alle inkl. moms) er:

- Fyringsolie 7,50 kr./liter
- Korn 1,06 kr./kg (0,81 kr./kg på ejendom nr. 2)
- Træpiller 1,50 kr./kg

I bilaget findes de anvendte forudsætninger for beregning af årlige omkostninger ved fyring med korn, træpiller og fyringsolie for fyrene på ejendommene nr. 1, 2 og 3.

Fyret på ejendom nr. 1 Omkostninger ved fyring med forskellige brændsler

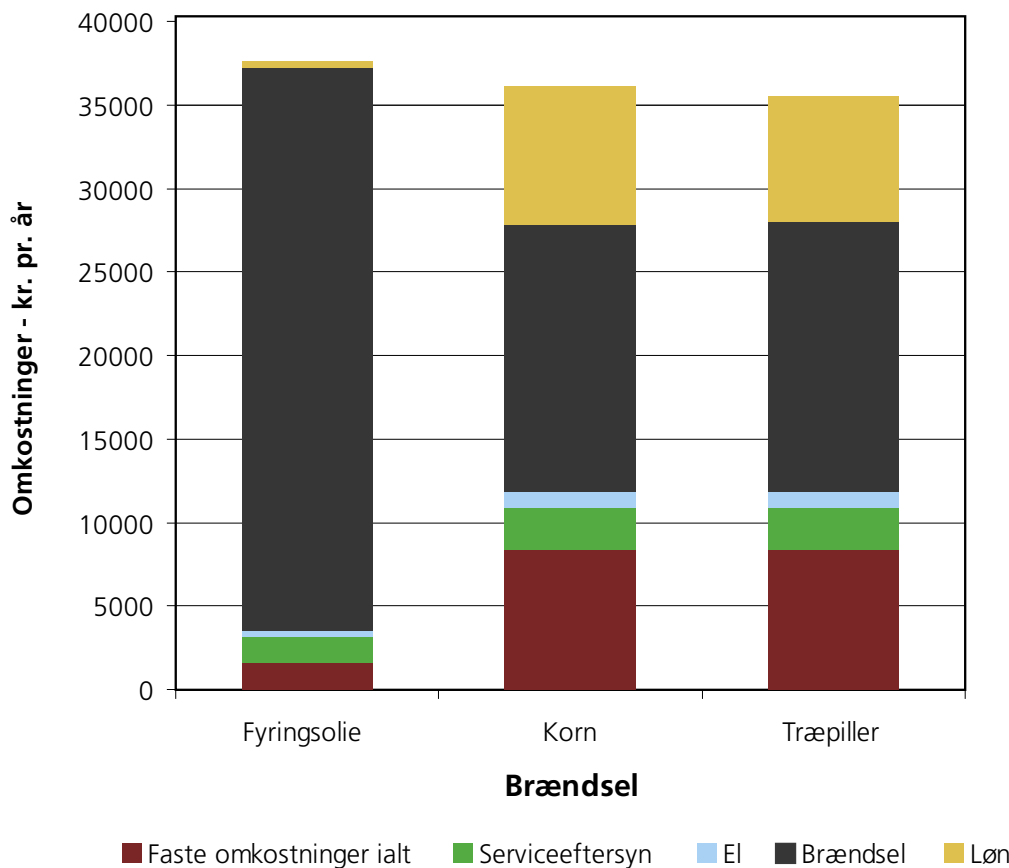


Fig. 7. Årlige fyringsomkostninger på ejendom nr. 1 ved fyring med korn, træpiller og fyringsolie. Omkostningerne ved fyring med fyringsolie er beregnet for et "fiktivt" oliefyr. Data for beregningerne findes i bilaget.

Fig. 7 viser, at det på ejendom nr. 1 næsten kan være ligegyldigt, om der anvendes oliefyr, eller om der fyres med korn eller træpiller, når alle omkostninger (herunder løn) indregnes. Forskellen er kun få tusinde kr./år. Den beregnede aflønning af egen arbejdsindsats er relativ stor ved fyring med korn og træpiller, 7000-8000 kr. år. Hvis ejeren ikke beregner løn til sin egen arbejdsindsats er besparelsen i forhold til oliefyr imidlertid ca. 10.000 kr./år.

Det er overraskende, at fyring med korn giver så høje omkostninger. Kornet er billigere (ca. 30 %) end træpiller, men med en virkningsgrad i kornet på "kun" 71 % opvejes prisforskellen tilsyneladende, og brændselsomkostningerne bliver næsten ens for korn og træpiller. Virkningsgraden i korn på 71 % blev i øvrigt fundet under en kold vinterperiode. Fyret på ejendom nr. 1 blev ikke rutinemæssigt børstet, hvorfor den fundne virkningsgrad må siges at være repræsentativ for fyringsforholdene på ejendommen. Som undersøgelsen viste, kan virkningsgraden øges væsentligt ved jævnlig rengøring af konvektionsrør. Ved fyring med træpiller er der regnet med en virkningsgrad på 80 %, som anses for at være opnåelig som et årsgennemsnit.

Fyret på ejendom nr. 2 Omkostninger ved fyring med forskellige brændsler

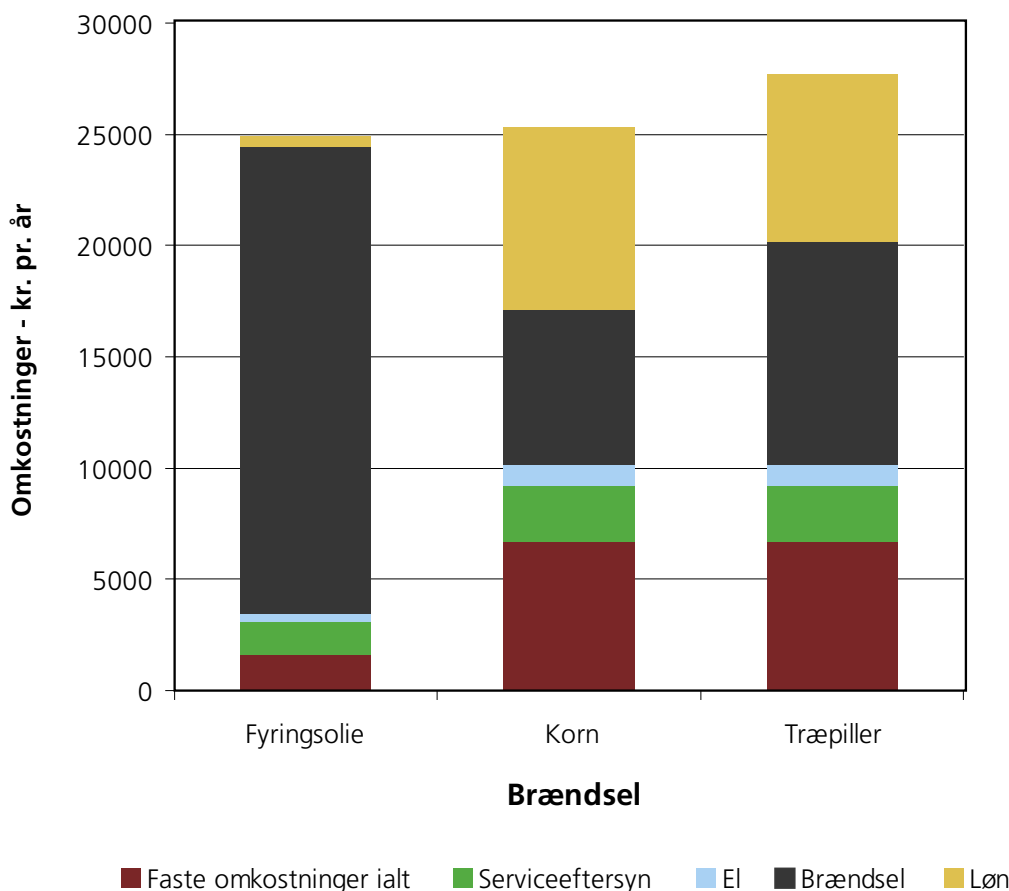


Fig. 8. Årlige fyringsomkostninger på ejendom nr. 2 ved fyring med korn, træpiller og fyringsolie. Omkostningerne ved fyring med fyringsolie er beregnet for et "fiktivt" oliefyr. Data for beregningerne findes i bilaget.

På ejendom nr. 2 er brændselsomkostningen ved fyring med korn forholdsvis lav. Der er to årsager til dette: 1) ejeren køber korn-brændslet billigt (faktisk ca. 25 % billigere end markedsprisen på korn); 2) virkningsgraden ved fyring med korn er på linie med den der opnås ved fyring med træpiller (antagelig er en medvirkende (og afgørende) årsag til den høje virkningsgrad ved fyring med korn, at ejeren hyppigt renser konvektionsrør og kedel). Beregningerne viser, at aflønningen af egen arbejdsindsats udgør en væsentlig del af de samlede omkostninger. Fyring med korn og træpiller kan på ejendom nr. 2 kun konkurrere med oliefyret, hvis der ses bort fra lønomkostningen. Men så er besparelsen til gengæld også ganske god, nemlig ca. 8000 kr./år med korn og ca. 5000 kr./år med træpiller. Ejeren passer selv sit biobrændselsfyret og kan derfor betragte de ca. 8000 kr. som løn for sin egen arbejdsindsats.

Fyret på ejendom nr. 3 Omkostninger ved fyring med forskellige brændsler

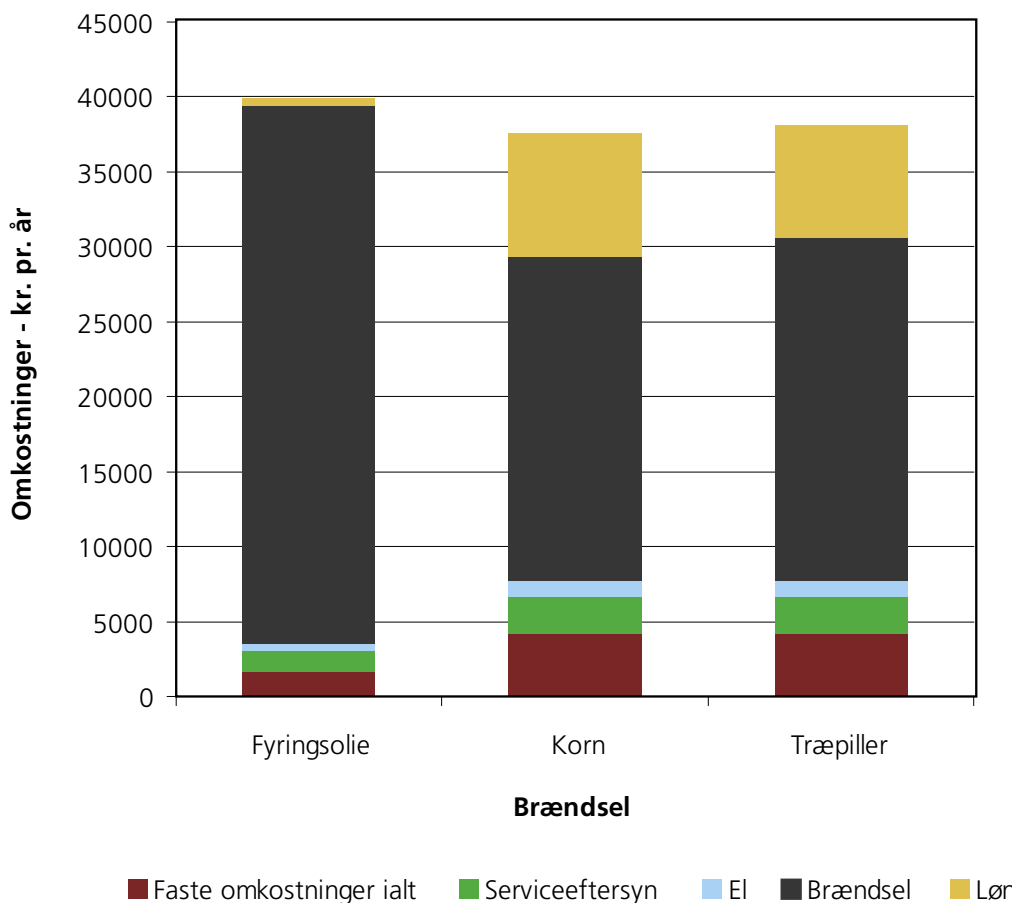


Fig. 9. Årlige fyringsomkostninger på ejendom nr. 3 ved fyring med korn, træpiller og fyringsolie. Omkostningerne ved fyring med fyringsolie er beregnet for et "fiktivt" oliefyr. Data for beregningerne findes i bilaget.

Trods en virkningsgrad på 56 % med korn og 60 % med træpiller opnås der på ejendom nr. 3 alligevel en besparelse i forhold til oliefyret – selv når der regnes med arbejds løn til "fyrbøderen"; besparelsen er 1000-2000 kr. Hvis der ses bort fra omkostningerne til løn er besparelsen tæt på 10.000 kr./år.

En medvirkende årsag til at fyring med korn og træpiller på ejendom nr. 3 er bedre end oliefyr, trods de relativt lave virkningsgrader, er biobrændselsfyrets lave pris. Med installation var prisen 52.000 kr.; dette er med til at holde de samlede årlige omkostninger nede på et forholdsvist lavt niveau.

Belastningen af fyret på ejendom nr. 3 var i undersøgelsesperioden meget lav – det var forår og varmemeforbruget i stuehuset var begrænset. Det er derfor relevant at spørge, om undersøgelsen ville have vist en højere virkningsgrad, hvis den var blevet gennemført om vinteren. På baggrund af ejerens oplysninger om det årlige brændselsforbrug på ca. 20 tons korn virker det ikke sandsynligt, at fyrets virkningsgrad som gennemsnit over et helt år skulle være markant anderledes end det fundne. Følgende skal begrunde dette:

- Varmemængden fra kornet ved en virkningsgrad på 56 % er ca. 44.800 kWh
- Skal denne varmemængde hentes fra et oliefyr med en årvirkningsgrad på 90 % svarer det til et forbrug af fyringsolie på ca. 5000 liter
- Stuehuset var på ca. 250 m² i to plan, hvoraf halvdelen er dårligt isoleret.

Der foreligger desværre ikke oplysninger om forbruget af fyringsolie fra perioden før installeringen af biobrændselsfyret. Men ved de givne betingelser virker det anslåede forbrug på 5000 liter realistisk.

5.7 De årlige omkostninger varierer med fyrets virkningsgrad

Fyrets virkningsgrad har indflydelse på de årlige omkostninger. Jo lavere virkningsgraden er, desto større bliver brændselsforbruget - og omkostningerne til brændsel. Et større brændselsforbrug vil også øge fyrets elforbrug en smule, men det er uden betydning i det samlede billede. Arbejdsforbruget til askefjernelse og rengøring af fyret øges også en smule.

Figur 10 nedenfor illustrerer, at de årlige omkostninger falder med stigende virkningsgrad. Stiger virkningsgraden fra 60 % til 90 %, falder de årlige omkostninger med ca. 7000 kr.; beregningen og figuren er lavet for fyret på ejendom nr. 3.

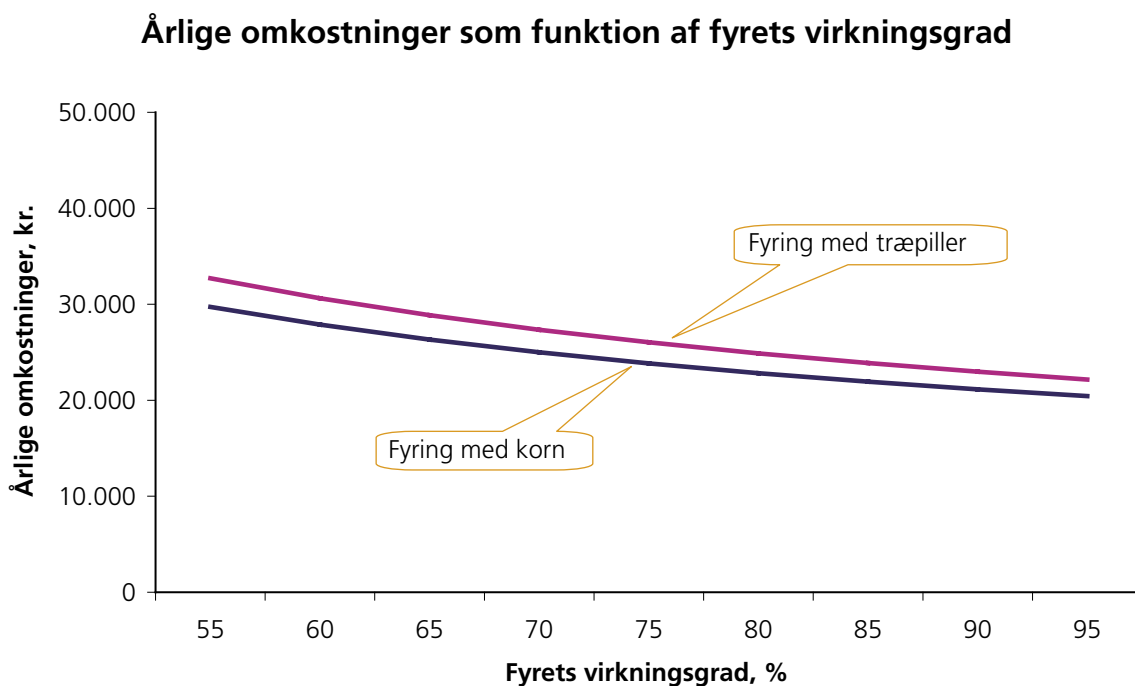


Fig. 10. De årlige omkostningers afhængighed af fyrets virkningsgrad på ejendom nr. 3. Der indgår ikke løn-omkostninger i beregningerne.

5.8 Samlede varmeomkostning

De årlige omkostninger kan omregnes til en pris pr. MJ varme, som kan udnyttes fra fyret. Denne udnyttelige mængde varme er en funktion af den indfyrede mængde brændsel og fyrets virkningsgrad. Tabel 11 viser de beregnede priser.

Tabel 11. Samlede varmeomkostninger i øre/MJ beregnet på grundlag af de undersøgte fyr; grundlaget for beregningerne kan ses i bilaget. Omkostningen ved fyring med fyringsolie er beregnet ud fra standard tal. For alle tre ejendomme samt for beregningen af omkostningerne for fyring med olie er lønomkostningerne holdt ude af beregningerne.

Fyr på ejendom	Brændsel	
	Korn	Træpiller
	øre/MJ	øre/MJ
nr. 1	18,6	18,7
nr. 2	18,3	21,7
nr. 3	18,3	19,2
Gennemsnit	18,4	19,9
Standardafvigelse	0,2	1,6
Oliefyr	26,0 øre/MJ	

Det er altså lidt billigere at fyre med korn end med træpiller – ca. 1,5 øre/MJ. Opvarmning med fyringsolie er ikke uventet dyrere – ca. 30-40 % dyrere end træpiller og korn.

5.9 Bedste henholdsvis ringeste udnyttelse af biobrændsel

Den økonomiske gevinst ved at fyre med biobrændsler afhænger af flere forhold:

1. Som beskrevet i afsnittet om renholdelse af fyret, øger en hyppig og grundig børstning af konvektionsrør og øvrige hedeplader fyrets virkningsgrad. På ejendom nr. 1 kunne virkningsgraden således forbedres med 10 % point. Sandsynligvis vil der i praksis kunne findes endnu større forskel i virkningsgrad mellem det fyr, som aldrig bliver rengjort, og det fyr som bliver børstet flere gange ugentligt.
2. Fyrets størrelse i kW i forhold til varmebehovet på ejendommen har også en vis indflydelse på virkningsgraden. En meget lav udnyttelse af fyrets kapacitet (nominelle effekt) giver en relativ lav virkningsgrad. Ifølge Prøvestationen for mindre Biobrændselskedler ved Teknologisk Institut falder virkningsgraden markant ved en belastning lavere end 30 %. I intervallet 40-100 % belastning ændrer virkningsgraden sig normalt ikke meget. Det er derfor vigtigt at vælge den rette størrelse fyr til sin ejendom. Vælges fyret "stort nok" vil belastningen i sommerhalvåret sandsynligvis være under 30-40 %, hvilket som nævnt er uheldigt. Med "stort nok" menes et fyr som med sikkerhed vil kunne dække varmebehovet på ejendommen under alle forhold. Hvis fyret er "lige lille nok" er belastningen af fyret høj og brændselsudnyttelsen dermed god; til gengæld er der "risiko" for at fyret ikke kan dække varmebehovet på de koldeste vinterdage. Dimensionering og valg af fyrstørrelse er således et vigtigt element ved omstilling til fyring med biobrændsel.
3. Der er uundgåeligt spildvarme fra fyret. Derfor skal man tænke over, hvor fyret stilles. Bedste udnyttelse af spildvarmen fås, når fyret stilles i et rum (evt. en kælder) i stuehuset. Så bidrager fyrets spildvarme til opvarmningen af huset. Særligt om vinteren har man glæde af dette.

De ovenstående tre punkter fører frem til, at der er gode muligheder for at optimere økonomien i fyring med biobrændsler. På side 41 er forskellen mellem to driftssituationer gennemregnet.

To forskellige driftssituationer på en fiktiv ejendom:

Ringeste driftssituation

- Fyrets nominelle effekt er 25 kW, hvilket er ca. 67 % for stort i forhold til max. varmebehov på ejendommen, m.a.o. 15 kW havde været passende.
- Fyrets konvektionsrør og kedelflader børstes kun en-to gange om året.
- Fyret står i et udhus, hvor spildvarmen ikke kan nyttiggøres.

Brændselsudnyttelsen ved den ringeste driftssituation antages at være 65 % på årsbasis.

Bedste driftssituation

- Fyrets nominelle effekt er 15 kW.
- Konvektionsrør og kedelflader børstes to-tre gange pr. uge – der regnes ikke med løn-omkostning.
- Fyret står i stuehusets kælder.

Brændselsudnyttelsen ved den bedste driftssituation antages at være 80 % på årsbasis.

Før skiftet til biobrændselsfyring var forbruget af fyringsolie på ejendommen 5000 liter pr. år; oliefyrets virkningsgrad var 90 %.

Forskellen i virkningsgrad mellem de to driftssituationer giver anledning til en forskel i brændselsforbruget på ca. 3,2 ton korn om året. Med en pris på 1,06 kr./kg (inkl. moms) bliver omkostningsforskellen ca. 3400 kr. om året. Hertil kommer, at de faste omkostninger til finansiering vil være mindst med det mindste fyr.

6. Konklusioner og anbefalinger

- Virkningsgraden kan forbedres med op til 10 % point ved ugentlig rensning af kedel og konvektionsrør.
- Den generelt set lave ydelse fra biobrændselsanlæggene antyder stor overkapacitet – eller hvad der er det samme: anlæggene er overdimensionerede!
- Virkningsgraden er generelt set bedst ved fyring med træpiller – ca. 2 - 7 % bedre end ved fyring med korn
- Variationen i virkningsgrad ved fyring med træpiller og korn var:
 - Træpiller: 66,0 - 87,0 %
 - Korn: 64,0 – 80,7 %
- Omkostningen ved fyring med korn var i gennemsnit (af tre ejendomme) 18,4 øre/MJ varme
- Omkostningen ved fyring med træpiller var i gennemsnit (af tre ejendomme) 19,9 øre/MJ varme
- Til sammenligning er omkostningen ved fyring med fyringsolie typisk 26 øre/MJ
- Varmeydelsen fra de undersøgte biobrændselsanlæg lå gennemgående på ret lave niveauer – hyppigst på ¼ - ½ af nominel ydelse.
- Årsagen til overkapacitet er sandsynligvis:
 - Ønske om at altid at have varme nok.
 - Evt. at det ikke var muligt at få et anlæg med en mindre og samtidig mere passende nominel ydelse – springet ned til et fyr nummeret mindre er for stort.
 - De helt små fyr var indtil "for nylig" ikke egnede til fyring med korn.
- Virkningsgraden er bedst ved høj ydelse og svagt faldende med faldende ydelse.
- En meget høj temperatur i røggassen i skorstenen øger varmetabet med røggassen.
- Normal røggastemperatur er ca. 100-150 °C.
- En lav røggastemperatur øger risikoen for tæring – primært i skorstenen.
- En meget lav virkningsgrad kan skyldes en kombination af flere forhold:
 - Meget høj røggastemperatur
 - Utæt slukningsdyse, der gør brændslet fugtigt
 - Uforbrændt brændsel i asken
- Elforbruget ved drift af biobrændselsfyr er:
 - 2 – 2,5 kWh/døgn på et biobrændselsanlæg med nominel effekt på 20-25 kW.
- Fyring om sommeren med meget lav ydelse er ikke hensigtsmæssig (specielt ikke med korn) på grund af kraftig soddannelse og tæring.
- Hvis det er ønsket at fyre med biobrændsler også om sommeren, skal man være klar over, om fyret kan håndtere at køre ved (meget) lav last – fyret og brændsels-typen skal vælges efter det. Ellers kan der opstå problemer med soddannelse og tæring.
- Fem brændselsanalyser af korn viste:
 - 13,97 – 14,46 MJ/kg
 - 14,0 – 16,0 % vand
 - 1,3 – 1,8 % aske
- To brændselsanalyser af træpiller viste:
 - 17,29 – 17,40 MJ/kg
 - 8,3 – 9,1 % vand
 - 0,3 % aske

7. Bilag

7.1 Ejendom nr. 1 – fyring med korn

Beregnet forbrug af korn

15.075 kg/år

Forudsætninger

Brændværdi (nedre) af korn	14,0 MJ/kg
Årsvirkningsgrad af fyret	71 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	55 timer/år
Elforbrug	600 kWh/år

Driftsomkostninger:

	kg/år	kr./kg
<i>Biobrændsel - korn:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	15.075	1,06
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændelseskostninger - korn		16.018 kr. pr. år
Løn,		8.250 kr. pr. år
El, 1,65 kr./kWh		990 kr. pr. år
Serviceeftersyn		2.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		27.758 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker		
Fyrrum og lager		
Installation		
Samlet anskaffelsespris		104.000 Kr.
Faste omkostninger i alt		8.345 kr. pr. år

Samlede omkostninger

36.103 kr. pr. år

Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad (arbejds løn indgår ikke)

18,6 øre/MJ

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.2 Ejendom nr. 1 – fyring med træpiller

Beregnet forbrug af træpiller

10.765 kg/år

Forudsætninger

Træpillernes brændværdi (nedre)		17,4 MJ/kg
Årsvirkningsgrad af fyret		80 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**		0 %
Arbejdsindsats		50 timer/år
Elforbrug		600 kWh/år
Driftsomkostninger:	kg/år	kr./kg
<i>Biobrændsel - træpiller:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	10.765	1,50
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger - træpiller		16.148 kr. pr. år
Løn		7.500 kr. pr. år
El		990 kr. pr. år
Serviceeftersyn		1.000 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		27.137 kr. pr. år
Faste omkostninger:		
Fyringsanlæg, kedel og stoker		Kr.
Fyrrum og lager		Kr.
Installation		Kr.
Samlet anskaffelsespris		104.000 Kr.
Faste omkostninger i alt		8.345 kr. pr. år
Samlede omkostninger		35.483 kr. pr. år

Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad (arbejds løn indgår ikke)

18,7 øre/MJ

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente

5 %

Afskrivningsperiode

20 år

7.3 Ejendom nr. 1 – fyring med fyringsolie

Beregnet forbrug af fyringsolie

4.500 l/år

Forudsætninger

Brændværdi (nedre) af fyringsolie	37,0 MJ/l
Årsvirkningsgrad af fyret	90 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	3 timer/år
Elforbrug	225 kWh/år

Driftsomkostninger:

	l/år	kr./l
<i>Brændsel - fyringsolie:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	4.500	7,50
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger - korn		33.750 kr. pr. år
Løn,		450 kr. pr. år
El, 1,65 kr./kWh		371 kr. pr. år
Serviceeftersyn		1.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		36.071 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker		
Fyrrum og lager		
Installation		
Samlet anskaffelsespris		20.000 Kr.
Faste omkostninger i alt		1.605 kr. pr. år

Samlede omkostninger

37.676 kr. pr. år

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.4 Ejendom nr. 2 – fyring med korn

Beregnet forbrug af korn

8.538 kg/år

Forudsætninger

Brændværdi (nedre) af korn		14,0 MJ/kg
Årsvirkningsgrad af fyret		78 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**		0 %
Arbejdsindsats		55 timer/år
Elforbrug		600 kWh/år
Driftsomkostninger:	kg/år	kr./kg
<i>Biobrændsel - korn:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	8.538	0,81
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger - korn		6.938 kr. pr. år
Løn,		8.250 kr. pr. år
El, 1,65 kr./kWh		990 kr. pr. år
Serviceeftersyn		2.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		18.678 kr. pr. år
Faste omkostninger:		
Fyringsanlæg, kedel og stoker		
Fyrrum og lager		
Installation		
Samlet anskaffelsespris		83.000 Kr.
Faste omkostninger i alt		6.660 kr. pr. år
Samlede omkostninger		25.338 kr. pr. år

Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad (arbejds løn indgår ikke)

18,3 øre/MJ

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente

5 %

Afskrivningsperiode

20 år

7.5 Ejendom nr. 2 – fyring med træpiller

Beregnet forbrug af træpiller

6.698 kg/år

Forudsætninger

Træpillernes brændværdi (nedre)	17,4 MJ/kg
Årsvirkningsgrad af fyret	80 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	50 timer/år
Elforbrug	600 kWh/år

Driftsomkostninger:

	kg/år	kr./kg
<i>Biobrændsel - træpiller:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	6.698	1,50
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger - træpiller		10.047 kr. pr. år
Løn		7.500 kr. pr. år
El		990 kr. pr. år
Serviceeftersyn		1.000 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		21.037 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker	Kr.
Fyrrum og lager	Kr.
Installation	Kr.
Samlet anskaffelsespris	83.000 Kr.
Faste omkostninger i alt	6.660 kr. pr. år

Samlede omkostninger

27.698 kr. pr. år

Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad (arbejds løn indgår ikke)

21,7 øre/MJ

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.6 Ejendom nr. 2 – fyring med fyringsolie

Beregnet forbrug af fyringsolie

2.800 l/år

Forudsætninger

Brændværdi (nedre) af fyringsolie	37,0 MJ/l
Årsvirkningsgrad af fyret	90 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	3 timer/år
Elforbrug	225 kWh/år

Driftsomkostninger:

	l/år	kr./l
<i>Brændsel - fyringsolie:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	2.800	7,50
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger – korn		21.000 kr. pr. år
Løn,		450 kr. pr. år
El, 1,65 kr./kWh		371 kr. pr. år
Serviceeftersyn		1.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		23.321 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker		
Fyrrum og lager		
Installation		
Samlet anskaffelsespris		20.000 Kr.
Faste omkostninger i alt		1.605 kr. pr. år

Samlede omkostninger

24.926 kr. pr. år

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.7 Ejendom nr. 3 – fyring med korn

Beregnet forbrug af korn

20.388 kg/år

Forudsætninger

Brændværdi (nedre) af korn	14,0 MJ/kg
Årsvirkningsgrad af fyret	56 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	55 timer/år
Elforbrug	600 kWh/år

Driftsomkostninger:

	kg/år	kr./kg
<i>Biobrændsel - korn:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	20.388	1,06
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger – korn		21.662 kr. pr. år
Løn,		8.250 kr. pr. år
El, 1,65 kr./kWh		990 kr. pr. år
Serviceeftersyn		2.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		33.402 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker		
Fyrrum og lager		
Installation		
Samlet anskaffelsespris		52.000 Kr.
Faste omkostninger i alt		4.173 kr. pr. år

Samlede omkostninger

37.575 kr. pr. år

Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad
(arbejds løn indgår ikke)

18,3 øre/MJ

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.8 Ejendom nr. 3 – fyring med træpiller

Beregnet forbrug af træpiller

15.310 kg/år

Forudsætninger

Træpillernes brændværdi (nedre)	17,4 MJ/kg
Årsvirkningsgrad af fyret	60 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	50 timer/år
Elforbrug	600 kWh/år

Driftsomkostninger:

	kg/år	kr./kg
<i>Biobrændsel - træpiller:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	15.310	1,50
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger - træpiller		22.966 kr. pr. år
Løn		7.500 kr. pr. år
El		990 kr. pr. år
Serviceeftersyn		2.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		33.956 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker	Kr.
Fyrrum og lager	Kr.
Installation	Kr.
Samlet anskaffelsespris	52.000 Kr.
Faste omkostninger i alt	4.173 kr. pr. år

Samlede omkostninger

38.128 kr. pr. år

Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad
(arbejds løn indgår ikke)

19,2 øre/MJ

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.9 Ejendom nr. 3 – fyring med fyringsolie

Beregnet forbrug af fyringsolie

4.800 l/år

Forudsætninger

Brændværdi (nedre) af fyringsolie	37,0 MJ/l
Årsvirkningsgrad af fyret	90 %
Øget tab i rør ved installering af fyringsanlæg et nyt sted**	0 %
Arbejdsindsats	3 timer/år
Elforbrug	225 kWh/år

Driftsomkostninger:

	l/år	kr./l
<i>Brændsel - fyringsolie:</i>		
Privatforbrug (inklusive moms)	4.800	7,50
Erhverv (eksklusiv moms)		
Rumopvarmning til ansatte (eksklusiv moms)		
Samlede brændselsomkostninger - korn		36.000 kr. pr. år
Løn,		450 kr. pr. år
El, 1,65 kr./kWh		371 kr. pr. år
Serviceeftersyn		1.500 kr. pr. år
Driftsomkostninger i alt		38.321 kr. pr. år

Faste omkostninger:

Fyringsanlæg, kedel og stoker		
Fyrrum og lager		
Installation		
Samlet anskaffelsespris		20.000 Kr.

Faste omkostninger i alt **1.605 kr. pr. år**

Samlede omkostninger **39.926 kr. pr. år**

Forudsætninger for beregning af faste omkostninger

Rente	5 %
Afskrivningsperiode	20 år

7.10

Registreringskema

Dato	Klokkeslæt	Påfyldning af brændsel		Varmemåler	Askeudtagning	Bemærkninger
		Type	Mængde			
2. feb.	11.30	korn	55	17,83 MW/h	X	eksempel