

BYG·DTU

DANMARKS
TEKNISKE
UNIVERSITET



Simon Furbo
Louise Jivan Shah
Christian Holm Christiansen
Karsten Vinkler Frederiksen

Kedeleffektiviteter for oliefyr og naturgaskedler i enfamiliehuse

BYG·DTU
TEKNOLOGISK INSTITUT
DANSK GASTEKNISK CENTER A/S

Rapport
BYG·DTU R-072
2004
ISSN 1601-9504
ISBN 87-7877-135-8

Kedeleffektiviteter for oliefyr og naturgaskedler i enfamiliehuse

Simon Furbo
Louise Jivan Shah
Christian Holm Christiansen
Karsten Vinkler Frederiksen

BYG·DTU
TEKNOLOGISK INSTITUT
DANSK GASTEKNISK CENTER A/S

Department of Civil Engineering
DTU-bygning 118
2800 Kgs. Lyngby
<http://www.byg.dtu.dk>

2004

INDHOLD

FORORD	1
1 INDLEDNING	2
2 VARMTVANDSFORBRUG	3
3 KEDELEFFEKTIVITETER FOR OLIEFYR	4
3.1 Sammenligning af data	4
3.2 Kedeltyper	4
3.3 Årsvirkningsgrad	5
3.4 Fuldlastvirkningsgrad	5
3.5 Tomgangstab	6
3.6 Sommervirkningsgrad	7
4 KEDELEFFEKTIVITETER FOR NATURGASKEDLER	7
4.1 Resultater fra laboratorietest	7
4.2 Resultater fra fieldtest	11
4.2.1 El/gas-Teknologihus projektet	11
4.2.2 Fieldtest med kondenserende gaskedler	12
4.2.3 Sammenfatning	14
5 MÅLTE KEDELEFFEKTIVITETER	14
5.1 Målesystem	15
5.2 Målinger	17
6 BEREGNING AF SOMMERVIRKNINGSGRAD	26
6.1 Simpel beregningsmodel	26
6.2 Beregnede sommervirkningsgrader for olie- og gaskedler	27
6.2.1 Oliefyret kedel med konstanttemperaturstyring	27
6.2.2 Traditionel gasfyret kedel	29
6.2.3 Kondenserende gasfyret kedel	30
6.3 Regneark med beregningsmodel	31
7 KONKLUSION	33
REFERENCER	35
Appendiks 1. Væsentlige parametre for sommervirkningsgradens størrelse	37
Appendiks 2. En komprimeret varmtvandstest for måling in-situ	39
Appendiks 3. Data og beregning	40

FORORD

Denne rapport sammenfatter tidligere gennemførte undersøgelser af varmtvandsforbrug samt kedelevititeter for oliefyr og naturgaskedler i enfamiliehuse. Rapporten inkluderer desuden langtidsmålinger i enfamiliehuse af udnyttelsen af olie for en ny oliefyrsinstallation og af udnyttelsen af naturgas for nye naturgaskedelinstallationer. Endelig er energiforbruget til dækning af varmtvandsforbruget om sommeren bestemt for typiske oliefyrs- og naturgaskedelinstallationer i enfamiliehuse. Rapporten afslutter projektet "Kedelevititeter i enfamiliehuse", j.nr. 51181/01-0084. Projektet, som er finansieret af Energistyrelsen, er gennemført i et samarbejde mellem BYG-DTU, DGC A/S, TI samt By og Byg.

1 INDLEDNING

Der er hidtil kun foretaget få målinger fra praksis af virkningsgraden af olie og naturgas i typiske oliefyrs- og naturgaskedelopvarmede enfamiliehuse, hvor hele husets rumvarme- og brugsvandsopvarmningsbehov dækkes af olie/naturgas.

De få undersøgelser der er gennemført viser at virkningsgraden af olie og naturgas er høj om vinteren. Undersøgelserne viser desuden at virkningsgraden er forholdsvis lav i perioder om sommeren uden rumopvarmningsbehov og med små varmtvandsforbrug, og at varmtvandsforbrugets størrelse og forbrugsmønster har afgørende betydning for virkningsgradens størrelse.

I dette projekt er der gennemført langtidsmålinger i enfamiliehuse af virkningsgraden af olie for en ny oliefyrsinstallation og af virkningsgraden af naturgas for to nye naturgaskedelinstallationer.

Desuden er energiforbruget til dækning af varmtvandsforbruget om sommeren bestemt for typiske oliefyrs- og naturgaskedelinstallationer i enfamiliehuse ved hjælp af et beregningsprogram.

Undersøgelserne udgør et godt grundlag til bestemmelse af solvarmeanlægs energibesparelser.

2 VARMTVANDSFORBRUG

Der er igennem de sidste 20 år gennemført en række målinger af varmtvandsforbrugets størrelse i enfamiliehuse. Nogle af målingerne har omfattet mange huse, andre har omfattet et begrænset antal huse. Målinger som inkluderer mindst 9 enfamiliehuse, fra [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] og [10], er sammenfattet i tabel 1. Målingerne er foretaget i perioden 1984-1996.

Måleår	Antal huse	Gennemsnitligt varmtvandsforbrug			Gennemsnitlig opvarmning af brugsvand K
		l/dag	l/(dag·person)	kWh/år	
1984-1985	21	184	49	—	—
1991	9	162	41	2.800	41
1991-1992	10	144	39	2.400	40
1992-1993	12	132	38	2.200	40
1992-1993	13	114	34	1.900	40
1992-1993	10	143	—	2.500	42
1993-1994	13	108	32	1.800	40
1994	22	120	35	2.000	40
1995	20	108	32	1.800	40
1996	15	108	31	1.800	40

Tabel 1. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug i enfamiliehuse.

Det er tydeligt at det gennemsnitlige varmtvandsforbrug i danske enfamiliehuse er mindre i dag end det var tilfældet i midten af 1980-erne. Forklaringen er at der i Danmark i de sidste 20 år er gennemført vandsparekampanjer, der er indført grønne afgifter på vandforbrug, familiestørrelserne er blevet mindre, og der er installeret mange opvaskemaskiner i enfamiliehuse.

På basis af målingerne kan det konkluderes at det gennemsnitlige varmtvandsforbrug i enfamiliehuse i dag er ca. 110 l/dag, svarende til et årligt energibehov på ca. 1.800 kWh. Det bør nævnes at der er meget store variationer i varmtvandsforbruget fra familie til familie. Eksempelvis kan det nævnes at målingerne for de 15 enfamiliehuse i 1996 viste variationer af varmtvandsforbruget i intervallet fra 60 l/dag til 160 l/dag pr. familie, [10].

Det bør også nævnes at varmtvandsforbruget varierer igennem året. Varmtvandsforbruget er størst om vinteren og mindst om sommeren. Forklaringen er både sommerferieperioden og koldtvandstemperaturens variation igennem året. Koldtvandstemperaturen når sit minimum på ca. 3°C i marts og sit maksimum på ca. 16°C i august.

Endelig skal det nævnes at der ikke foreligger detaljerede målinger af varmtvandsforbrugsmønstret for enfamiliehuse. Sådanne målinger, som inkluderer tappetidspunkter, tappevolumener, tappeflow, koldtvands- og varmtvandstemperatur for alle varmtvandstapninger

igennem en længere periode, ville naturligvis udgøre et godt grundlag for bestemmelse af naturgaskedlers og oliefyrs nyttevirkninger.

3 KEDELEFFEKTIVITETER FOR OLIEFYR

I de senere år er der kommet øget fokus på oliefyrede kedlers årlige virkningsgrad – eller effektivitet. I den forbindelse er der for Energistyrelsen lavet en vurdering af den eksisterende kedelmasses årsvirkningsgrad [11]. Aktiviteterne er senere fulgt op af en positivliste for oliefyrede kedler [12], hvor årsvirkningsgraden for en række kedler på det danske marked er beregnet. Beregningerne er baseret på målinger af kedlernes tomgangstab og fuldlastvirkningsgrad og tager udgangspunkt i BOILSIM-beregningsmetoden [13], [14], [15].

3.1 Sammenligning af data

Sammenligning af årsvirkningsgrader kan være vanskeligt - både når feltmålinger og laboratorietest sammenlignes for identiske kedler og når resultater for forskellige kedler sammenlignes. Nogle af de vigtigste faktorer at være opmærksom på er nævnt herunder:

- Forbrug (årligt varme- og varmtvandsforbrug skal være ens)
- Indstilling af beholder- og kedeltermostat (tomgangstab)
- Fyringssæson (længden skal være sammenlignelig)
- Nyttiggjort varme (er der i beregningen regnet med at noget af varmetabet fra kedlen bruges til rumopvarmning?)
- Varme fra cirkulationspumpe (dette bidrag kan være ”skjult” i resultaterne)
- Installation (Er konfigurationerne ens: ”kortslutninger”, manglende kontraventiler, samme beholdertype/-isolering, samme styring mv.)
- Røggastab (specielt for kedler med forstøvningsbrændere: er brænderen indstillet optimalt?, hvilke retardere benyttes?)
- Målingernes ”kvalitet”

3.2 Kedeltyper

Hvordan kedlen er opbygget og konfigureret er som nævnt vigtigt, så i det følgende beskrives de forskellige oliefyrede kedeltyper kort.

Oliefyrede kedler kan inddeles i 2 hovedtyper: solokedler og units. Solokedlerne er typisk små støbejernskedler, der forbindes med en separat beholder. I en unit er kedel og beholder/veksler placeret i samme kabinet og forbundet med et færdigt rørarrangement. Desuden findes en variant, hvor beholderen er neddykket i kedelkroppen. Sidstnævnte type er lavet af stålplade og kan isoleres meget effektivt, men kedeltemperaturen skal være omkring 60°C for at undgå korrosion. Generelt opererer de fleste oliefyrede kedler med en konstant kedeltemperatur på ca. 50-60°C. Dog findes såkaldte lavtemperaturkedler, der i perioder ved hjælp af en styring kan komme ned på en kedeltemperatur på ca. 30°C. Endelig er der flere kondenserende kedler på vej ind på markedet.

Kedeltemperatur og effektiv isolering nævnes her fordi de har væsentlig indflydelse på årsvirkningsgraden. Den sidste væsentlige kedelparameter er røggastemperaturen. Alle oliefyrede villakedler er monteret med trykforstøvningsbrændere. Endelig skal det nævnes at varmtvandsbeholderens varmetab og dermed størrelse har indflydelse på virkningsgraden.

3.3 Årsvirkningsgrad

I tabel 2 er den beregnede årsvirkningsgrad for kedlerne på positivlisten pr. 15/5 2002 vist. Årsvirkningsgraden er beregnet ved et årligt varmebehov på 20.000 kWh og et årligt varmtvandsbehov på 2.500 kWh. Der er regnet med at en del af varmetabet fra installationen nyttiggøres til rumopvarmning. Energiforbrug/varmeafgivelse fra cirkulationspumpe er ikke medregnet. For det detaljerede beregningsgrundlag henvises til [12]. Listen indeholder pr. 15/5 2002 ikke kondenserende kedler eller kedler med lavtemperaturstyring. For kedlerne med konstant kedeltemperatur vil tomgangstabet således være omtrent det samme året rundt. For kedler, hvor styringen tillader at temperaturen sænkes i perioden mellem brænderstart, f.eks. ved varmtvandsproduktion om sommeren, er det nødvendigt at skelne mellem tab i fyringssæsonen og tab i sommerperioden.

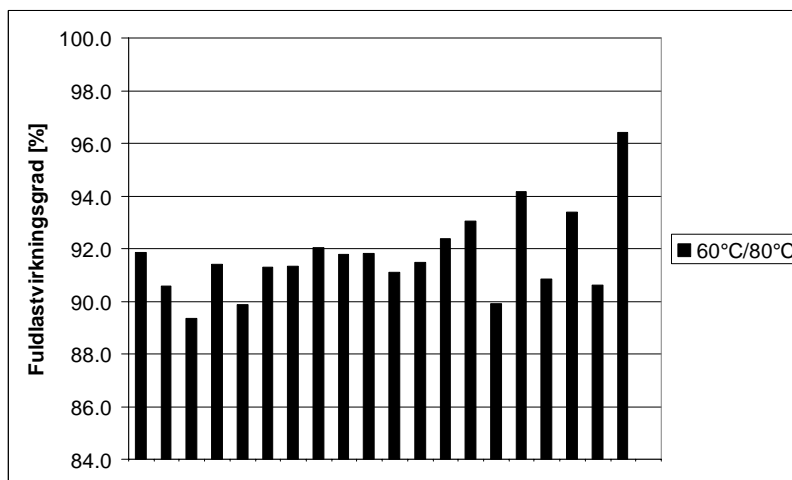
Fabrikat	Model	Ydelse, kW	Årsvirkningsgrad, %	Energimærke
Baxi	Baltic B 18	17,7	94,6	B
Baxi	Baltic O 18	17,7	93,7	B
Baxi	Baltic B 25	25,6	92,2	B
Baxi	Block 20 MK 3	19,8	92,1	B
Baxi	Baltic O 25	25,6	91,3	C
CTC	Villacentral VP 2000/18	17,5	91,1	C
Vølund	610	20,6	91,0	C
Buderus	G115-21kW	21,4	90,9	C
Tasso	20 MS Solo	18,1	90,9	C
Tasso	20 MS Modul	18,1	90,7	C
Buderus	G115-17kW	17	90,6	C
De Dietrich	GT 113	21,1	90,4	C
Tesolin	21 A	24,6	90,4	C
ACV	Delta F25	22,1	90,4	C
ACV	Alfa F	19,1	90,3	C
Buderus	G115-28kW	28,2	90,0	C
CTC	950	23,3	90,0	C
ACV	Delta FB 26 HRN	22,1	90,0	C
De Dietrich	GT 114	27,9	89,5	C
Tesolin	21 S	24,3	89,4	C
Sime	Rondó/Estelle 3	23,5	89,1	C
Baxi	Block 30 MK II	30	88,7	D
Ecoflam	SP - SP/A	24,9	88,4	D
Sime	Solo 30	21,7	85,0	E
Sime	Aqua 30	21,7	84,3	E

Tabel 2. Kedler på positivlisten for oliefyrede kedler pr. 15/5-2002.

3.4 Fulldlastvirkningsgrad

I figur 1 ses fulldlastvirkningsgraden for 20 oliefyrede kedler (ingen direkte sammenhæng med kedlerne i tabel 2) [16]. Røggastemperaturen ved fulldlastmålingerne ligger mellem ca. 110°C og 210°C, hvilket afspejles i virkningsgraden. Det er muligt at ændre kedlernes røggastab ved

at justere brænderens indfyrede effekt eller ved at fjerne retardere i røgvejene, hvilket mange gange sker i praksis.

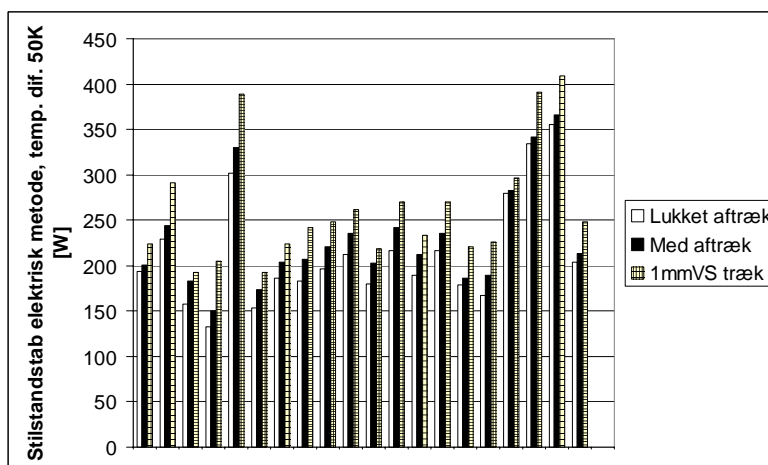


Figur 1. Fulllastvirkningsgrad (60°C/80°C) for 20 oliefyrede kedler.

3.5 Tomgangstab

I figur 2 ses stilstandstabet for 20 oliefyrede kedler (ingen direkte sammenhæng med kedlerne i tabel 2). Tabene er målt i forbindelse med [14] vha. af den elektriske metode beskrevet i EN 304/A1. 3 forskellige målinger er udført for alle kedlerne:

1. Med kedlens røggasåbning blokeret.
2. Med et ca. 1 m langt aftræk uden mekanisk genereret træk.
3. Med 1 mmVS træk.



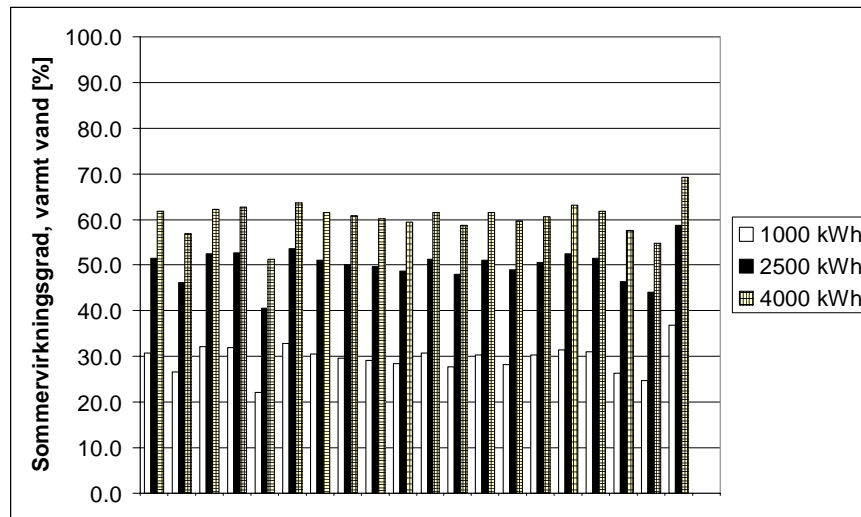
Figur 2. Stilstandstab ($\Delta T = \text{kedeltemperatur} - \text{rumtemperatur} = 50\text{K}$) for 20 oliefyrede kedler.

De første 16 datasæt i figur 2 er for solokedler, de resterende er for units med neddykket beholder.

Varme og gennemtrækstab (på baggrund af stilstandstab) fra kedel, varmetab fra beholder og rørforbindelser samt tabet ved produktion til dækning af disse udgør tomgangstabet.

3.6 Sommervirkningsgrad

I figur 3 er sommervirkningsgraden estimeret for 20 oliefyrede kedler (ingen direkte sammenhæng med kedlerne i tabel 2) for tre forskellige varmtvandsforbrug. Estimaterne er baseret på en simpel beregningsmodel [14]. Alle kedlerne har konstanttemperaturstyring og køler ikke af mellem brænderstarterne.



Figur 3. Sommervirkningsgrad ($\Delta T = \text{kedel-/beholdertemperatur} - \text{rumtemperatur} = 40 \text{ K}$) for 20 oliefyrede kedler.

For solokedlerne er der regnet med et varmetab fra varmtvandsbeholderen på 60 W ved $\Delta T 40 \text{ K}$. Det skal understreges, at der er tale om et estimat for sommervirkningsgraden, da der ikke er foretaget deciderede varmtvandsmålinger med kedlerne.

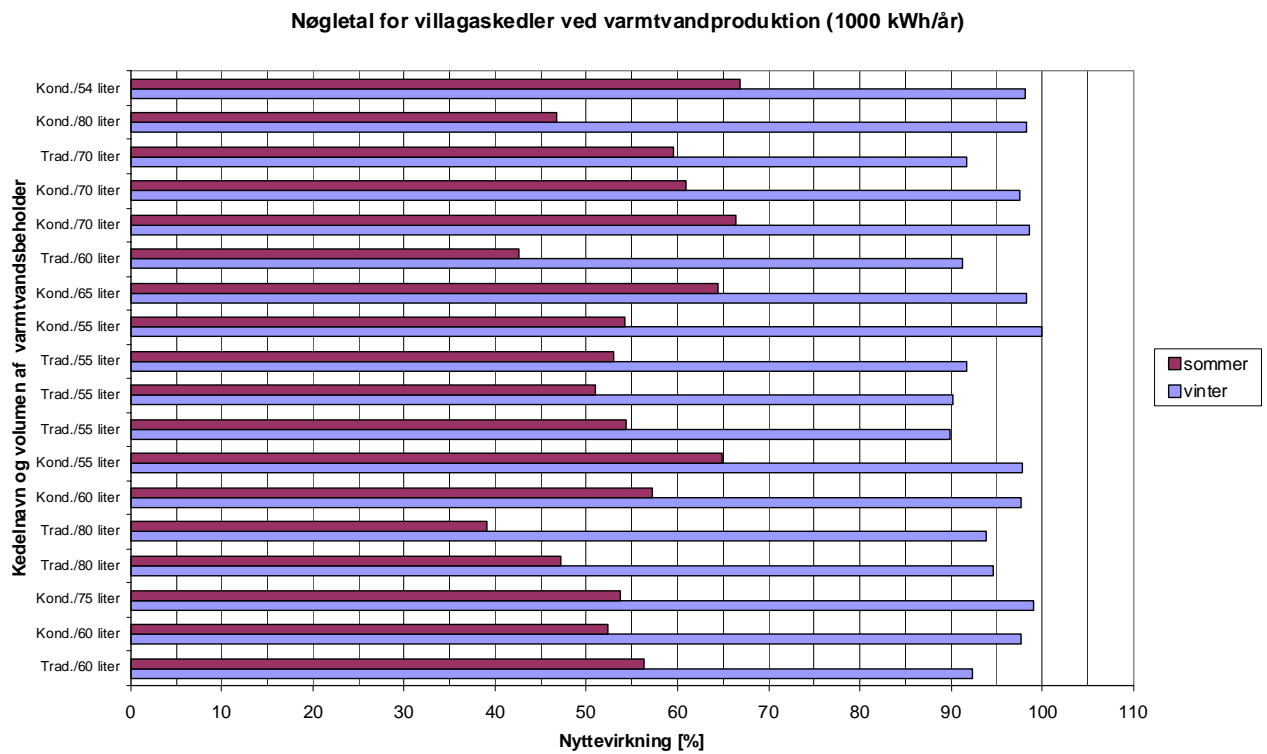
4 KEDELEFFEKTIVITETER FOR NATURGASKEDLER

4.1 Resultater fra laboratorietest

Med baggrund i DGC's afprøvningsprocedure for test af små villagaskedler [17] kan gaskedlernes nyttevirkning ved varmtvandsproduktion i hhv. sommerperioden og vinterperioden fastlægges. Kort fortalt er grundlaget for varmtvandsvirkningsgraden at døgnet opdeles i tre faser: 1. og 3. fase dækker perioder hvor der udelukkende er standby tab. Fase 2 er en periode på 2 timer hvor der gennemføres seks jævnt fordelte tapninger. Først 2 stk. karbad (4,36 kWh/stk.), 2 stk. brusebad (1,47 kWh/stk.) og 2 stk. tapning fra håndvask (0,61 kWh/stk.). På figur 4-8 ses disse nyttevirkningsnøgletal for en række gaskedler (inkl. varmtvandsbeholder) ved varmtvandsbehov på hhv. 1.000, 1.700, 2.000, 3.000 og 4.000 kWh/år og omregnet til en beholdertemperatur på 65°C. Det er angivet, om kedlen er kondenserende eller traditionel. Varmtvandsbeholderens størrelse i liter ses også. Bemærk at nøgletallene er baseret på laboratoriemålinger og beregnet til de forskellige varmtvandsbehov.

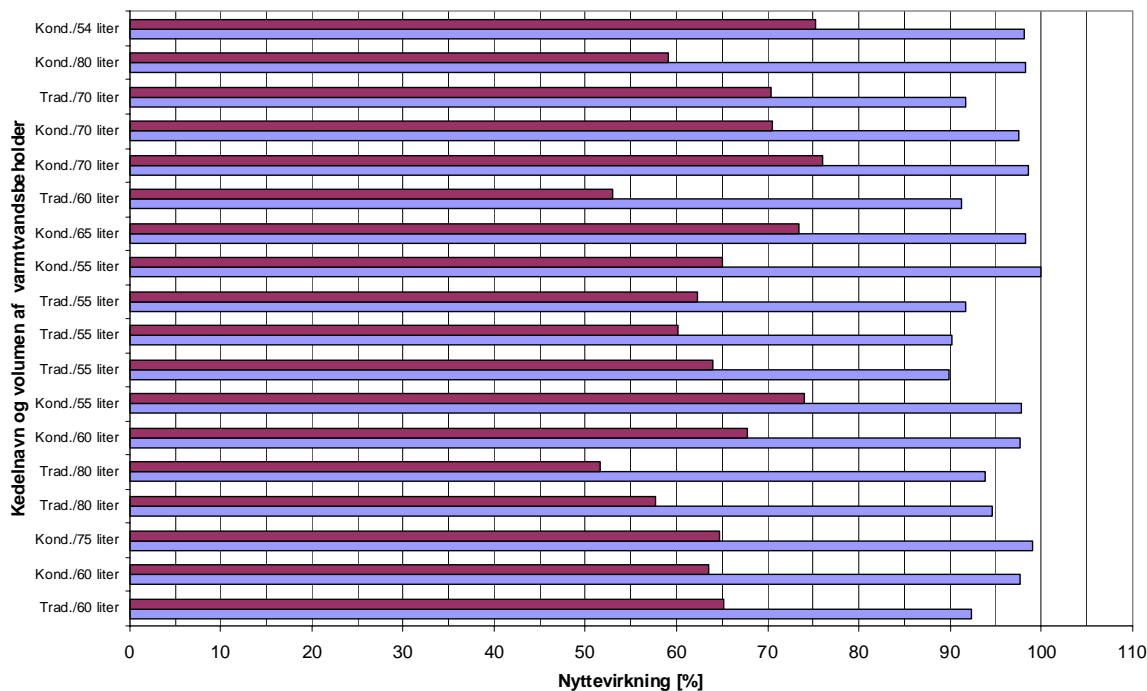
Det ses at nyttevirkningen om sommeren er meget lavere end om vinteren. Endvidere ses det at et faldende varmtvandsbehov medfører fald i sommervirkningsgraden. Laveste niveau er

ca. 40% ved et varmtvandsbehov på 1.000 kWh/år, og højeste niveau er ca. 86% ved et varmtvandsbehov på 4.000 kWh/år. En af årsagerne er, at resttabets (vurderet tab for kedel og varmtvandsbeholdersystem) betydning for nyttevirkningen bliver mere markant ved de lave varmtvandsbehov om sommeren. De enkelte kedlers resttab fremgår af figur 9. Det skal fremhæves, at for naturgaskedler gælder det også, at varmtvandsbeholderens størrelse har indflydelse på virkningsgraden. Derimod er der ikke en signifikant sammenhæng mellem sommernyttevirkningsgradens størrelse og kedeltypen (kondenserende eller traditionel).



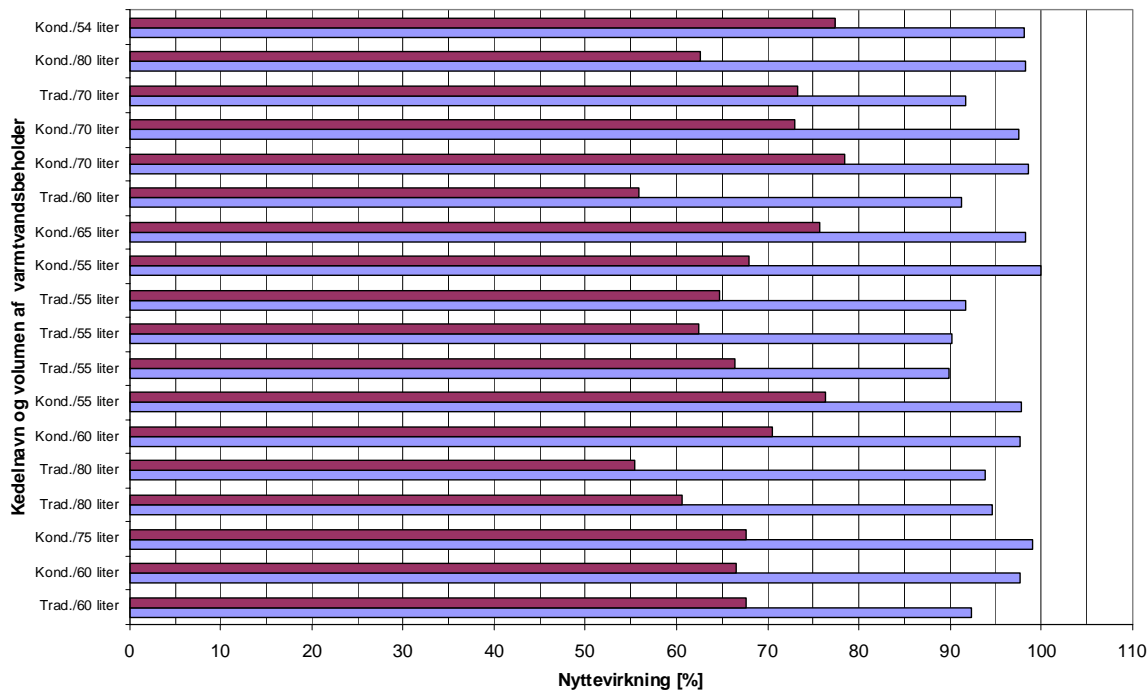
Figur 4. Nyttevirkning ved varmtvandsproduktion (1.000 kWh/år).

Nøgletal for villagaskedler ved varmtvandproduktion (1700 kWh/år)



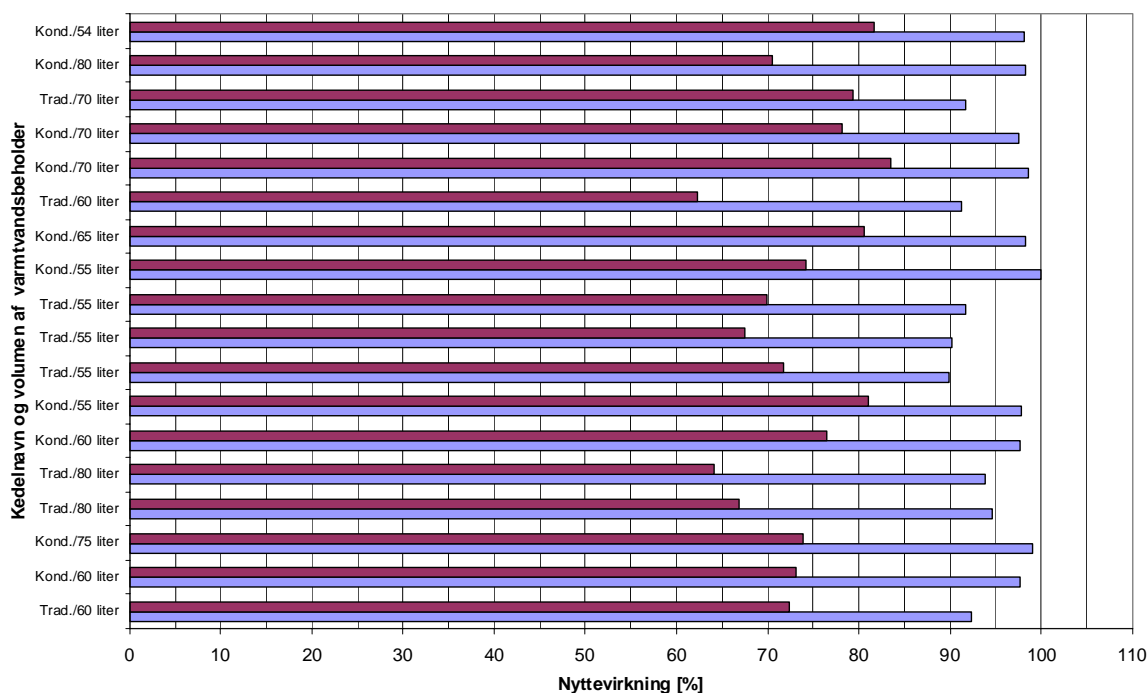
Figur 5. Nyttevirkning ved varmtvandsproduktion (1.700 kWh/år).

Nøgletal for villagaskedler ved varmtvandproduktion (2000 kWh/år)



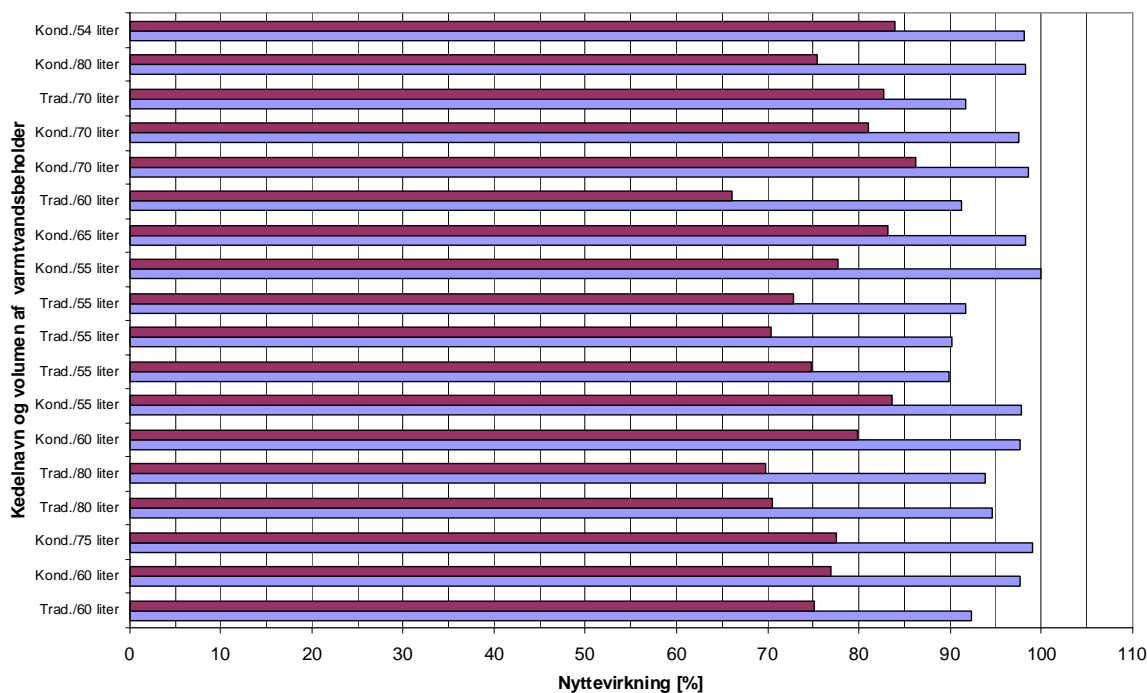
Figur 6. Nyttevirkning ved varmtvandsproduktion (2.000 kWh/år).

Nøgletal for villagaskedler ved varmtvandproduktion (3000 kWh/år)



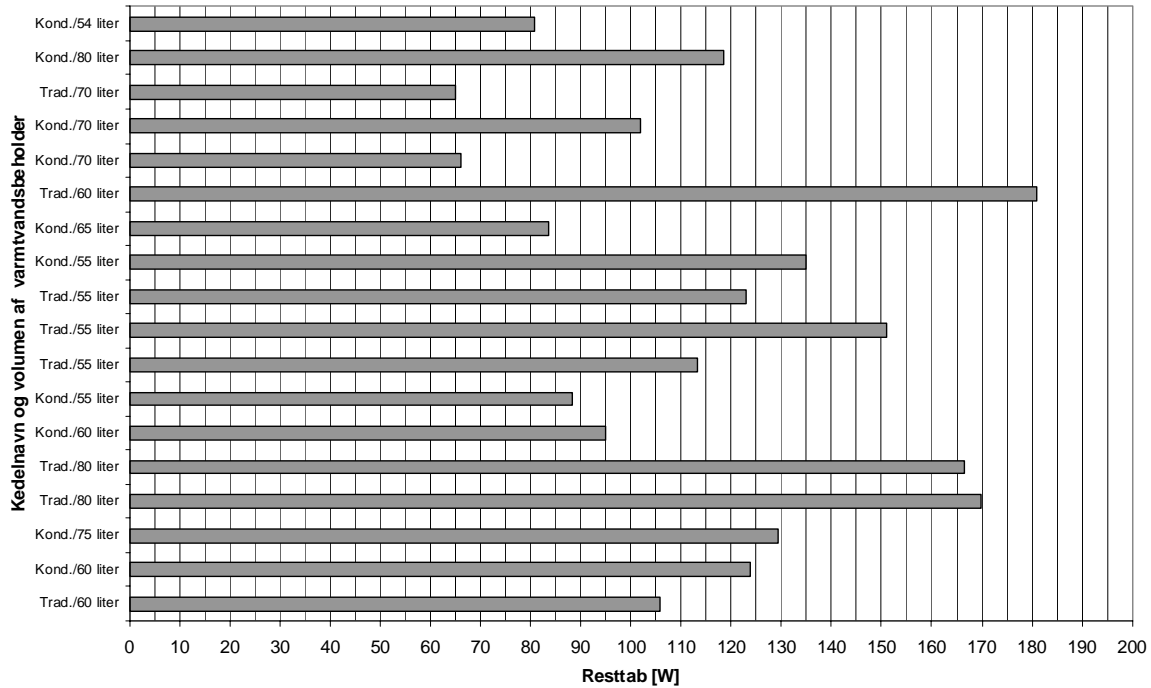
Figur 7. Nyttevirkning ved varmtvandsproduktion (3.000 kWh/år).

Nøgletal for villagaskedler ved varmtvandproduktion (4000 kWh/år)



Figur 8. Nyttevirkning ved varmtvandsproduktion (4.000 kWh/år).

Nøgletal for villagaskedler ved varmtvandproduktion



Figur 9. Vurderet resttab (gaskedel - beholder) system.

4.2 Resultater fra fieldtest

I DGC-regi er der igennem de sidste 10 år gennemført en del fieldtest. I det følgende beskrives to med relevans for vurdering af gaskedeleffektiviteten ved varmtvandsproduktion om sommeren.

4.2.1 El/gas-Teknologihus projektet

I starten af 90'erne gennemførte DGC i samarbejde med en række andre energiselskaber et projekt hvor tre rækkehuse i Næstved blev målt mht. energiforbrug (el, gas, varme og vand). Detaljerede oplysninger findes i [18], [19], [20], [21] og [22].

Mht. de to gaskedler som blev anvendt i projektet, var der gennemført laboratorietest, og sammenlignelige nøgletal fra disse test fremgår af tabel 3. Det skal fremhæves at sommernytttevirkningen er 84% for Vølund 900 kedlen og 74% for Junkers Mini kedlen ved et varmtvandsbehov på 4.000 kWh/år.

Kedel	Type	$\eta_{\text{år}}$ %	η_{sommer} %	Elforbrug kWh/år	NO _x - emission kg/år	CO- emission kg/år
Vølund 900	1-trin, kondenserende	94	84	140	0,8	1,0
Junkers Mini 11 ASE	Modulerende, traditionel	80	74	190	3,5	0,9

Alle værdier er baseret på et årligt energibehov til opvarmning på 10.000 kWh og 4.000 kWh til brugsvand.

Tabel 3. Laboratorienøgletal for de to gaskedler der indgik i fieldtesten [20].

Tabel 4 viser de tilsvarende sommervirkningsgrader, herunder anlægsspecifikationer og energiforbrug bestemt ved gennemførelse af fieldtestene i Næstved.

Det ses at sommernyttevirkningen er ca. 20 %-point lavere end resultatet af laboratorietestene. En af årsagerne er igen at varmtvandsbehovet i praksis er markant lavere end de behov der benyttes ved laboratorietest.

Bemærkning		nr. 140 <i>Komfort- hus</i>	nr. 141 <i>Alm. El/Gas-hus</i>	nr. 142 <i>Reference- hus</i>
Boligareal	m ²	101	101	101
Gaskedel		Vølund 900	Vølund 900	Junkers Mini 11 ASE
Varmtvandsbeholder	l	100	100	100
1-strengs varmeanlæg	80/60°C			x
1-strengs varmeanlæg	55/45°C	x	x	
Kondenserende drift		x	x	
Klimastat anlæg		x	x	
Rumtermostat				x
Ventilationsanlæg m. varmegenvinding		x		
Tørretumbler/vaskemask./opvaskemask.		x ¹⁾	x	
Årligt bruttoenergiforbrug (gas) varme + varmt vand	kWh	11620 ¹⁾	7813 ^{**)}	8427
Årligt energiforbrug (gas) varme + varmt vand	m ³ N-gas	1068 ¹⁾	718 ^{**)}	773
Årligt energiforbrug, varme + varmt vand til opvarmning (el)	kWh	906 ^{***)}	211	0
Årligt energiforbrug (gas) kun til rumvarme og ventilation	kWh	8050	5325	} 5983
Årligt energiforbrug, brugsvand	kWh	1462 ¹⁾	1595 ^{**)}	
Årsnyttevirkning (kedelanlæg)	%	83	89	71
Brugsvandsnyttevirkning (sommer)	%	64	64	51

¹⁾Vaskemaskine og opvaskemaskine bruger helt eller delvist varmt vand.

²⁾Varmt vand til vaskemaskine (266 kWh) og opvaskemaskine (521 kWh) er ikke medregnet. Ventilation er medregnet.

³⁾Varmt vand til opvaskemaskine (113 kWh) er ikke medregnet.

⁴⁾Ventilation.

Tabel 4. Nøgletal fra fieldtestene [20].

4.2.2 Fieldtest med kondenserende gaskedler

I perioden 1996 til 1998 blev der i DGC-regi gennemført et projekt vedrørende kondenserende gaskedler. Projektets formål var at følge en række kedler i praksis og sammenligne de opnåede årsnyttevirkninger med dem der blev målt i laboratoriet.

Resultaterne fra laboratorieafprøvningerne og fieldtestene (bestemt pr. medio 1997) er vist i tabel 5.

Kedel		1 ²⁾	2 ³⁾	3 ²⁾	4 ³⁾	5 ⁴⁾	6 ⁴⁾
Årsnyttevirkning (lab.) 80/60 C	%	101,1	100,3	100,9	98,8	98,4	97,4
Årsnyttevirkning (lab.) lavtemperaturanlæg	%	104,2	104,5	103,9	100,1	102,6	100,6
Sommernyttevirkning (lab.)	%	77,0	78,5	80,8	85,2	58,8	69,7
Årsnyttevirkning fieldtest ¹⁾	%	93	98	92	97	-	-

¹⁾ Foreløbige resultater fra fieldtesten (medio 1997)

²⁾ Installeret på 1-strengt varmeanlæg

³⁾ Installeret på 2-strengt varmeanlæg

⁴⁾ Deltager ikke i testen på grund af sen installation

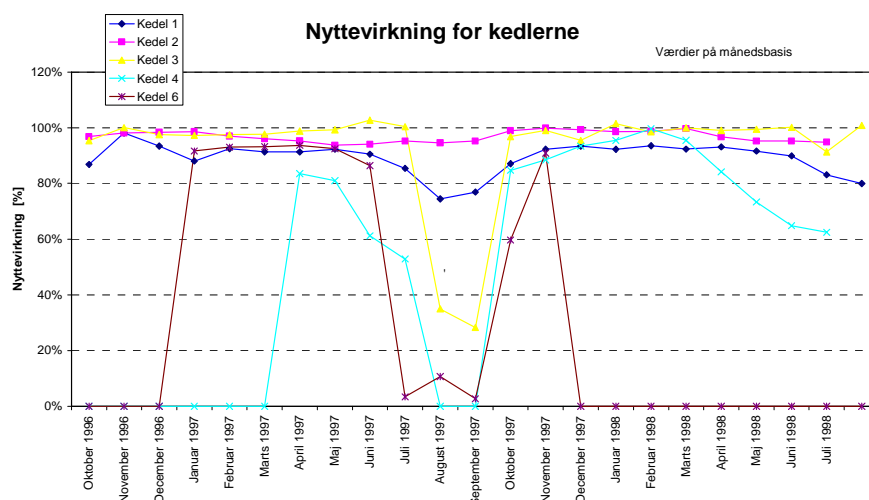
Tabel 5. Laboratorieoplysninger om gaskedler der indgik i testene samt foreløbige fieldtestdata frem til medio 1997.

Som det kan ses af tabel 5, opnås der ikke de årsnyttevirkninger i virkeligheden som man kan opnå ved laborietest. Særligt ved 1-strengs varmeanlæg ses en forskel. Mht. sommer-virkningsgrad viser tabel 5 kun kedlernes effektivitet ved laborietest.

Målingerne blev som sagt gennemført i perioden fra medio oktober 1996 til medio juli 1998. Grafen på figur 10 viser månedsbaserede virkningsgrader for fem af fieldinstallationerne for hele måleperioden. Som det fremgår, falder virkningsgraden markant i sommerperioden for nogle af kedlerne, mens andre fastholder en høj virkningsgrad. De bedste kan klare sommerperioden med en månedsbaseret virkningsgrad på over 90%, hvor andre nærmer sig 0 i virkningsgraden.

En årsag til de meget lave værdier kan være ferie, hvor varmtvandsbehovet er meget lille. En anden årsag er at de lave varmtvandsbehov medfører stigende måleusikkerhed.

Årsagen til at en enkelt kedel kan fastholde en meget høj sommervirkningsgrad, er ikke afklaret, men det skyldes ikke et specielt højt varmtvandsbehov. Varmtvandsbehovet er målt til 161 kWh i august 1997 (~2.000 kWh/år), og her er den månedsbaserede virkningsgrad bestemt til 95 %.



Figur 10. Fieldtestvirkningsgrader for små gaskedler i perioden uge 39 1996 til uge 31 1998.

4.2.3 Sammenfatning

Både laboratorietestene og fieldtestene har vist at sommervirkningsgraden, både for kondenserende og ikke-kondenserende gaskedler, falder, og varmtvandsbehovets størrelse er generelt afgørende for hvor stort faldet er. Det betyder at sommervirkningsgrader på mellem 40-80 % er realistiske. Idet varmtvandsbehovet i praksis er stærkt adfærdsafhængigt, er det svært at fastsætte et mere præcist nøgletal.

5 MÅLTE KEDELEFFEKTIVITETER

Der er gennemført målinger for to nye naturgaskedelinstallationer og for en ny oliefyrsinstallation, se tabel 6.

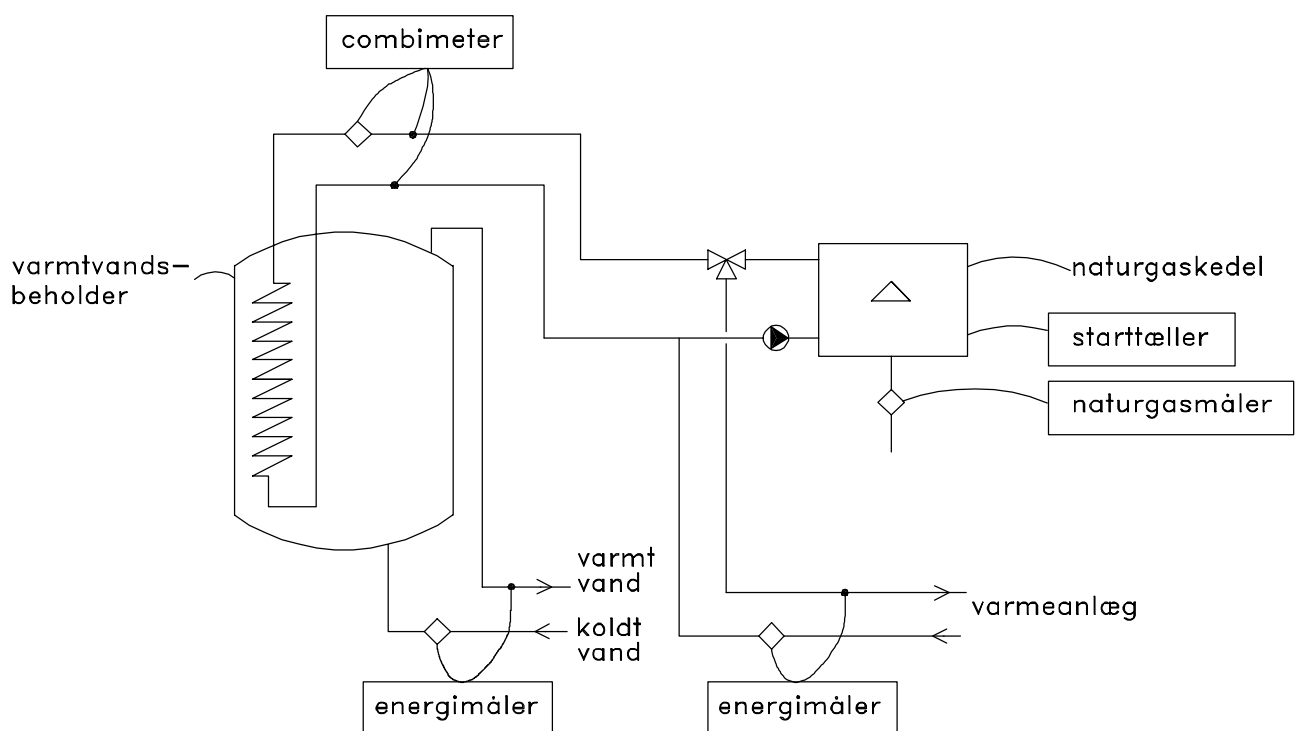
Lokalitet	Kongevejen 119A Virum	Sydtoftevej 6 Søborg	Holmevej 60 Søborg
Opvarmet areal [m ²]	198	180	198
Opførelsesår	1954	1936	1934
Installationstidspunkt	september 2002	oktober 2002	juni 2003
Måleperiode	oktober 2002- november 2003	november 2002- november 2003	juli 2003- november 2003
Antal beboere	4	5	4
Fyr/kedel	Oliefyrsunit: Block 20 MK 3 med indbygget varmtvandsbeholder, Baxi A/S	Kondenserende naturgaskedel: Europur ZSB 7-22, Robert Bosch A/S	Ikke-kondenserende naturgaskedel: Cerastar ZSR 18-3, Robert Bosch A/S
Varmtvandsbeholder	100 l beholder indbygget i oliefyrsuniten	separat 160 l beholder fra Metro Therm A/S	separat 110 l beholder fra Metro Therm A/S

Tabel 6. De tre undersøgte naturgaskedel-/oliefyrsinstallationer.

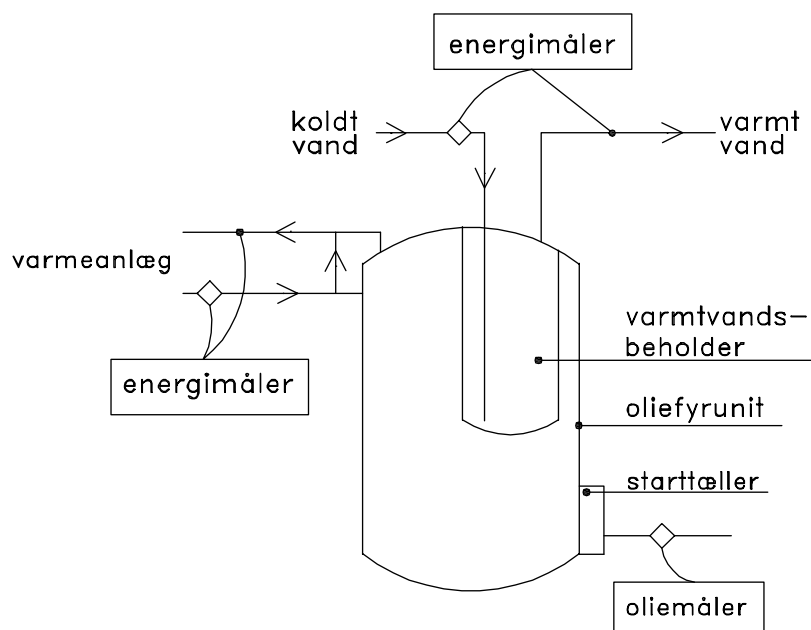
De to naturgaskedelinstallationer er baseret på en kondenserende og en ikke-kondenserende naturgaskedel – begge disse anlæg har en separat varmtvandsbeholder. Oliefyrsinstallationen er baseret på en oliefyrsunit med en pladejernskedel og en varmtvandsbeholder, der er neddykket i kedelkroppen. Ingen af installationerne er forsynet med cirkulationsledning for det varme brugsvand.

5.1 Målesystem

Det benyttede måleudstyr for de tre installationer er vist skematisk på figur 11 og 12.



Figur 11. Måleudstyr for de to naturgaskedelinstallationer .



Figur 12. Måleudstyr for oliefyrsinstallationen.

De to naturgaskedelinstallationer er forsynet med en energimåler af typen Clorius Combimeter type 1,5 EP til måling af energimængden, som tilføres varmtvandsbeholderen fra naturgaskedlen. Måleren består af en vandmåler til bestemmelse af den gennemstrømmende vandmængde og af to temperaturfølere. Målerne er forsynede med elektroniske enheder der ved hjælp af de målte størrelser beregner energimængderne. Energi- og vandmængder udlæses på en særlig enhed. Målerens tryktab er ved de anvendte volumenstrømme forsvindende små.

Hver installation er forsynet med to kompakte energimålere, type Ray-Heat, Standard $Q_n 0,6$ fra Brunata A/S, til måling af varmtvandsforbrugets størrelse og af rumopvarmningsbehovets størrelse. Hver måler består af en vandmåler til bestemmelse af den gennemstrømmende vandmængde og af to temperaturfølere, hvoraf den ene er indbygget i vandmåleren. Målerne er forsynede med elektroniske enheder, der ved hjælp af de målte størrelser beregner energimængderne.

Naturgaskedlerne og oliefyret er forsynet med tællere som registrerer hvor mange gange kedlen/fyret startes. Endelig måles olie- og naturgasforbruget med olie- og naturgasmålere.

Combimeter energimålerens nøjagtighed angives at være bedre end 2 % ved effekter mellem 1 og 50 kW, og også Ray-Heat energimålerens nøjagtighed angives at være bedre end 2 %, hvilket er fuldt tilfredsstillende.

Ved små varmtvandstapninger og ved kortvarige driftsperioder for naturgaskedlerne bevirker temperaturfølerens inert, at den målte tappede energimængde er noget mindre end den faktisk tappede energimængde og at de målte energimængder, som tilføres varmtvandsbeholderne fra kedlerne, er noget mindre end de faktiske energimængder, som tilføres varmtvandsbeholderne. Det vurderes dog at disse systematiske målefejl kun har begrænset indflydelse på de målte udnyttelser af olien/naturgassen.

For de to naturgaskedelinstallationer måles naturgasforbruget og energimængderne der tilføres varmtvandsbeholderne og varmeafgivelsessystemerne fra naturgaskedlen. Desuden måles varmtvandsforbrugets størrelse. Varmtvandsbeholderens varmetab kan derfor bestemmes. Desuden er det muligt at bestemme hvor effektivt naturgassen udnyttes, både med og uden hensyntagen til varmetabet fra varmtvandsbeholderen. I den forbindelse benyttes brændværdien for naturgas oplyst fra [23]. Brændværdien varierer en smule fra måned til måned igennem måleperioden.

For oliefyrsinstallationen måles olieforbruget og energimængden der tilføres varmeafgivelsessystemet fra oliefyret. Desuden måles varmtvandsforbrugets størrelse. Det er derfor muligt at bestemme hvor effektivt olien udnyttes under hensyntagen til varmetabet fra varmtvandsbeholderen. I den forbindelse regnes der med et energiindhold på 9,89 kWh pr. l olie.

Det totale energitab defineret som olie-/naturgasforbruget minus det totale energibehov kan bestemmes ved hjælp af målingerne. Det totale energibehov bestemmes som rumopvarmningsbehovet plus varmtvandsforbruget. Alle målerne aflæses én gang om ugen af beboerne og et skema med de aflæste værdier sendes én gang pr. måned til BYG·DTU.

5.2 Målinger

De målte størrelser samt udnyttelsen af olie/naturgas og det totale energitab måned for måned fremgår af tabel 7,8 og 9 for de tre huse. For oliefyrsanlægget og for det kondenserende naturgaskedelanlæg er de årlige udnyttelser bestemt til henholdsvis 84,2 % og 94,3 %. Det årlige rumopvarmningsbehov er 15885 kWh, og det årlige varmtvandsforbrug er 4041 kWh svarende til et gennemsnitligt dagligt forbrug på 224 l, i huset med oliefyret. Det årlige rumopvarmningsbehov er 25809 kWh, og det årlige varmtvandsforbrug er 2444 kWh svarende til et gennemsnitligt dagligt forbrug på 148 l i huset med den kondenserende naturgaskedel.

Den årlige gennemsnitlige opvarmning af brugsvandet er 43 K for oliefyrsanlægget og 40 K for det kondenserende naturgaskedelanlæg, mens den gennemsnitlige opvarmning af brugsvandet i juli-november er 36 K for det ikke kondenserende naturgaskedelanlæg. De gennemsnitlige opvarmninger svarer for alle tre anlæg til en varmtvandstemperatur på ca. 50°C.

Figur 13, 14 og 15 viser måned for måned energiforbruget i form af olie/naturgas samt varmebehovet og varmtvandsforbruget for de tre huse. Energiforbruget og varmebehovet er stort i vinterperioden og lavt i sommerperioden. Rumopvarmningsbehovene er større i husene med naturgaskedlerne end i huset med oliefyret. Varmtvandsforbruget er større i huset med oliefyret end i husene med naturgaskedlerne. Figur 16, 17 og 18 viser det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug og den gennemsnitlige daglige tappede energimængde måned for måned igennem måleperioden for de tre huse. Det ses, at både det daglige varmtvandsforbrug og den daglige tappede energimængde varierer igennem året. Forbruget er størst om vinteren og mindst om sommeren. Hovedårsagen til variationerne er at ferieperioderne hovedsageligt falder om sommeren. De procentvise variationer igennem året for den tappede energi er større end de procentvise variationer for de tappede vandmængder. Det skyldes at koldt vandstemperaturen varierer igennem året.

Periode	Varmtvandsforbrug			Energi fra oliefyr til varmeafgivelsessystem	Antal starter for oliefyr		Olieforbrug		Udnyttelse af olie		Totalt energitab
	kWh	l/dag	l/dag/person		kWh	I alt	Pr. dag	l	kWh	Ekskl. varmetab fra varmtvandsbeholder	
									%	%	kWh
okt. '02	300	208	52	1653	1672	54	230	2278	—	85,7	325
nov. '02	300	204	51	2198	2201	73	290	2872	—	87,0	374
dec. '02	336	212	53	2824	2854	92	365	3614	—	87,4	454
jan. '03	371	211	53	2901	2531	82	383	3789	—	86,4	517
feb. '03	343	231	58	2755	1901	69	358	3544	—	87,4	446
mar. '03	414	250	63	2155	1563	50	302	2990	—	85,9	421
apr. '03	419	269	67	1079	824	27	181	1792	—	83,6	294
maj '03	358	231	58	439	473	15	107	1057	—	75,4	260
juni '03	253	179	45	34	190	6	47	465	—	61,7	178
juli '03	311	223	56	32	208	7	51	509	—	67,3	166
aug. '03	279	207	52	27	196	6	48	476	—	64,3	170
sep. '03	294	215	54	27	201	7	50	499	—	63,4	178
okt. '03	363	258	65	1414	997	32	209	2071	—	85,8	294
nov. '03	312	210	52	1988	1333	44	264	2607	—	88,2	307
nov. '02- okt. '03	4041	224	56	15885	14139	39	2394	23678	—	84,2	3752

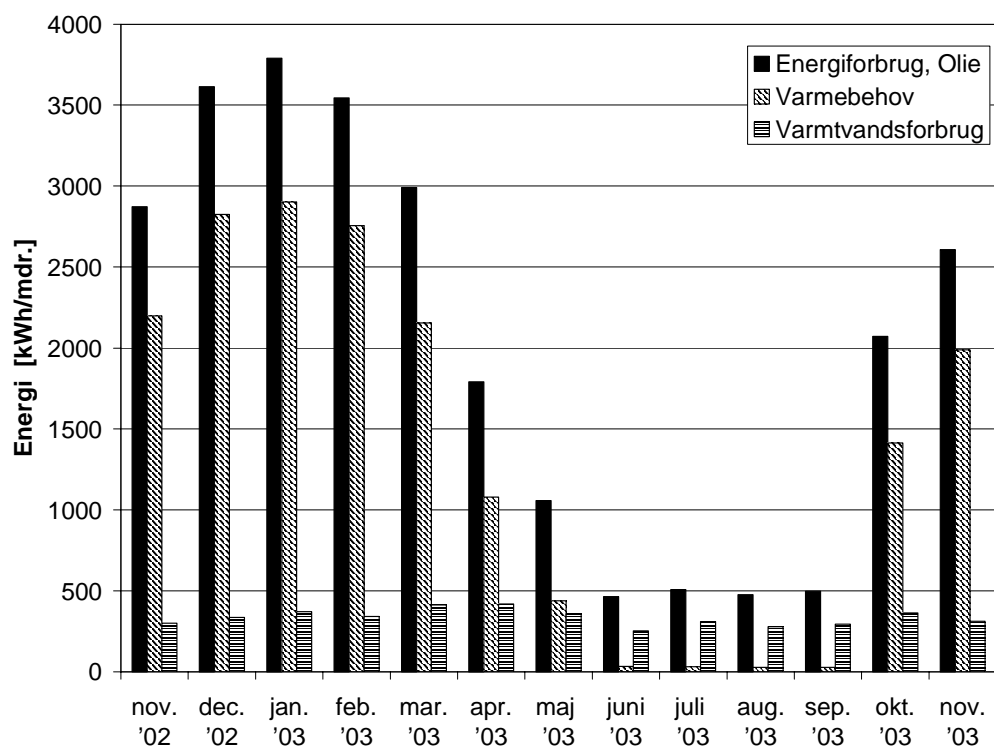
Tabel 7. Målte varmtvandsforbrug, rumopvarmningsbehov og olieforbrug for oliefyrsanlægget i Virum.

Periode	Energi fra naturgaskedel til varmtvandsbeholder	Varmtvandsforbrug			Energi fra naturgaskedel til varmeafgivelsessystem	Antal starter for naturgaskedel		Naturgasforbrug			Udnyttelse af naturgas		Totalt energitab
		kWh	kWh	l/dag		l/dag/person)	kWh	I alt	Pr. dag	m ³	kWh/m ³	kWh	
nov. '02	266	204	146	29	3149	6437	215	323	11,11	3587	95,2	93,5	234
dec. '02	418	311	201	40	4477	3882	125	455	11,07	5039	97,1	95,0	251
jan. '03	314	271	170	34	4448	3685	119	448	11,08	4966	95,9	95,0	247
feb. '03	292	242	166	33	4322	2791	100	422	11,07	4671	98,8	97,7	107
mar. '03	338	275	175	35	3188	6448	208	327	11,03	3607	97,8	96,0	144
apr. '03	283	225	160	32	1937	6373	212	208	11,05	2298	96,6	94,1	136
maj '03	260	213	159	32	787	3657	118	101	11,14	1126	93,0	88,8	126
jun. '03	181	148	125	25	227	1162	39	42	11,17	469	87,0	80,0	94
jul. '03	128	88	77	15	73	395	13	21	11,13	234	85,9	68,8	73
aug. '03	182	131	119	24	123	632	20	30	11,15	335	91,0	75,8	81
sep. '03	180	145	130	26	690	3210	107	83	11,12	927	93,9	90,1	92
okt. '03	219	191	145	29	2388	7635	246	244	11,07	2706	96,3	95,3	127
nov. '03	247	220	161	32	2722	7231	241	276	11,06	3053	97,2	96,4	111
nov. '02- okt. '03	3061	2444	148	30	25809	46307	127	2704	—	29965	96,3	94,3	1712

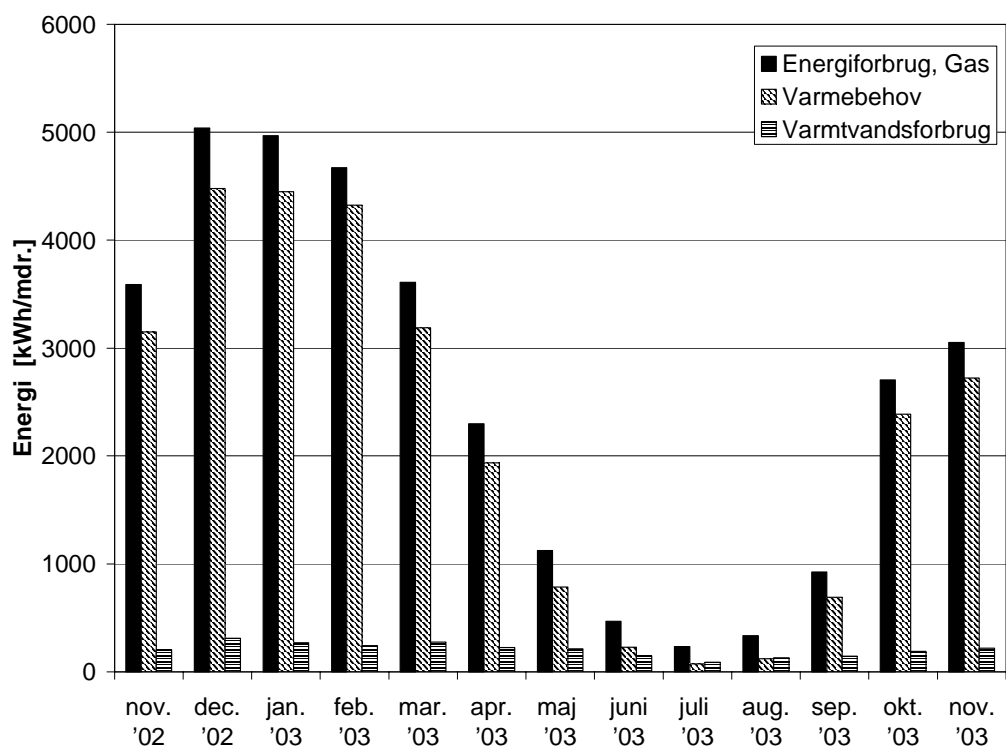
Tabel 8. Målte varmtvandsforbrug, rumopvarmningsbehov og naturgasforbrug for det kondenserende naturgaskedelanlæg i Søborg.

Periode	Energi fra naturgaskedel til varmtvandsbeholder	Varmtvandsforbrug			Energi fra naturgaskedel til varmeafgivelsessystem	Antal starter for naturgaskedel		Naturgasforbrug			Udnyttelse af naturgas		Totalt energitab
	kWh	kWh	l/dag	l/dag/person	kWh	I alt	Pr. dag	m ³	kWh/m ³	kWh	Ekskl. varmetab fra varmtvandsbeholder	Inkl. varmetab fra varmtvandsbeholder	
											%	%	kWh
jul. '03	163	130	89	22	0	298	10	20	11,13	223	73,1	58,3	93
aug. '03	187	156	143	36	113	1005	32	36	11,15	401	74,8	67,1	132
sep. '03	206	180	157	39	678	4383	146	99	11,12	1101	80,3	77,9	243
okt. '03	310	283	211	53	1991	6938	224	250	11,07	2765	83,2	82,2	491
nov. '03	213	186	145	36	2253	8884	296	274	11,06	3031	81,4	80,5	592
jul.-nov. '03	1079	935	149	37	5035	21508	141	679	—	7521	81,3	79,4	1551

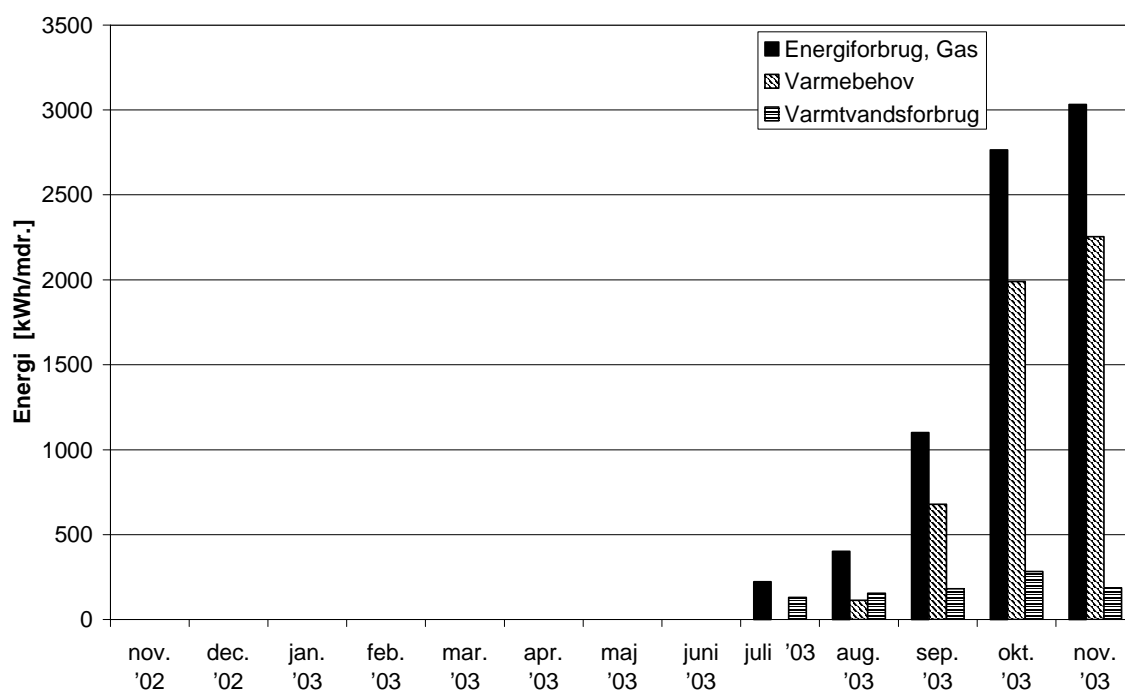
Tabel 9. Målte varmtvandsforbrug, rumopvarmningsbehov og naturgasforbrug for det ikke kondenserende naturgaskedelanlæg i Søborg.



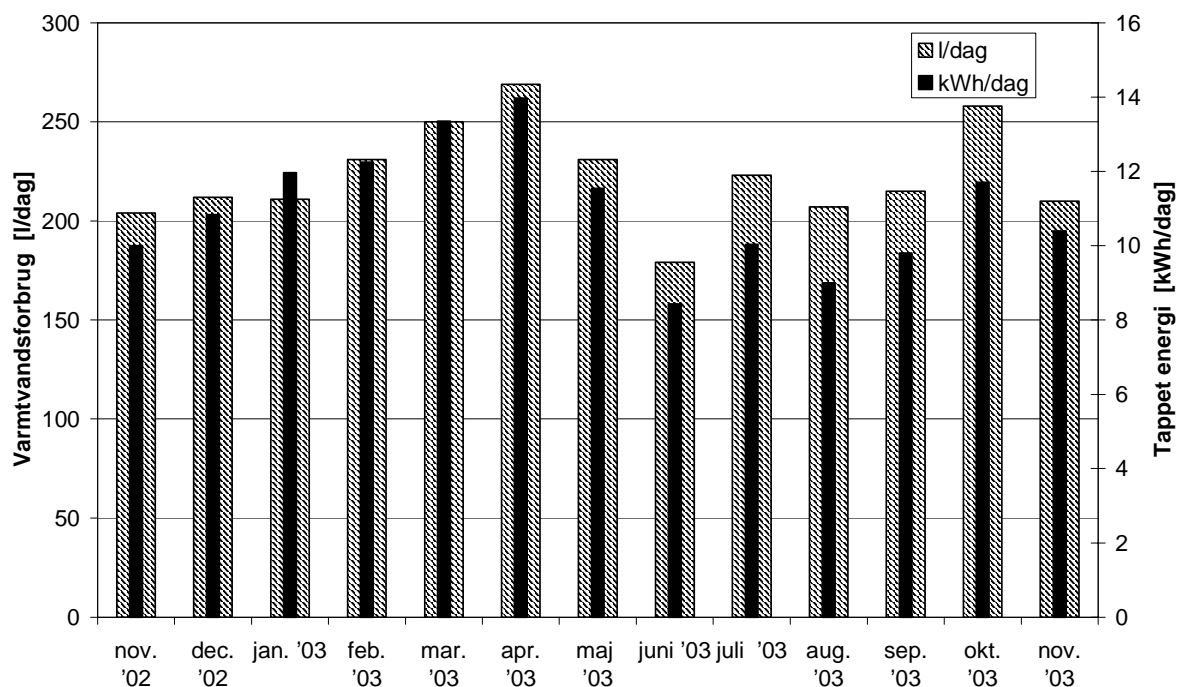
Figur 13. Målte energistørrelser for oliefyrsanlægget i Virum.



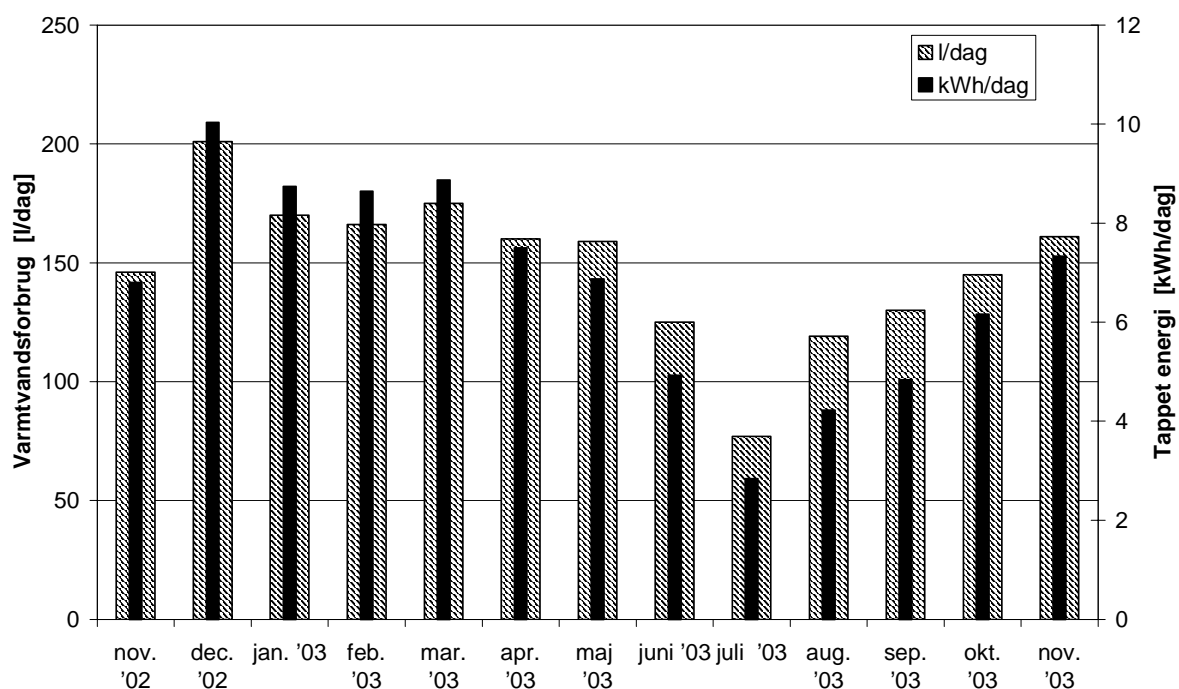
Figur 14. Målte energistørrelser for det kondenserende naturgaskedelanlæg i Søborg.



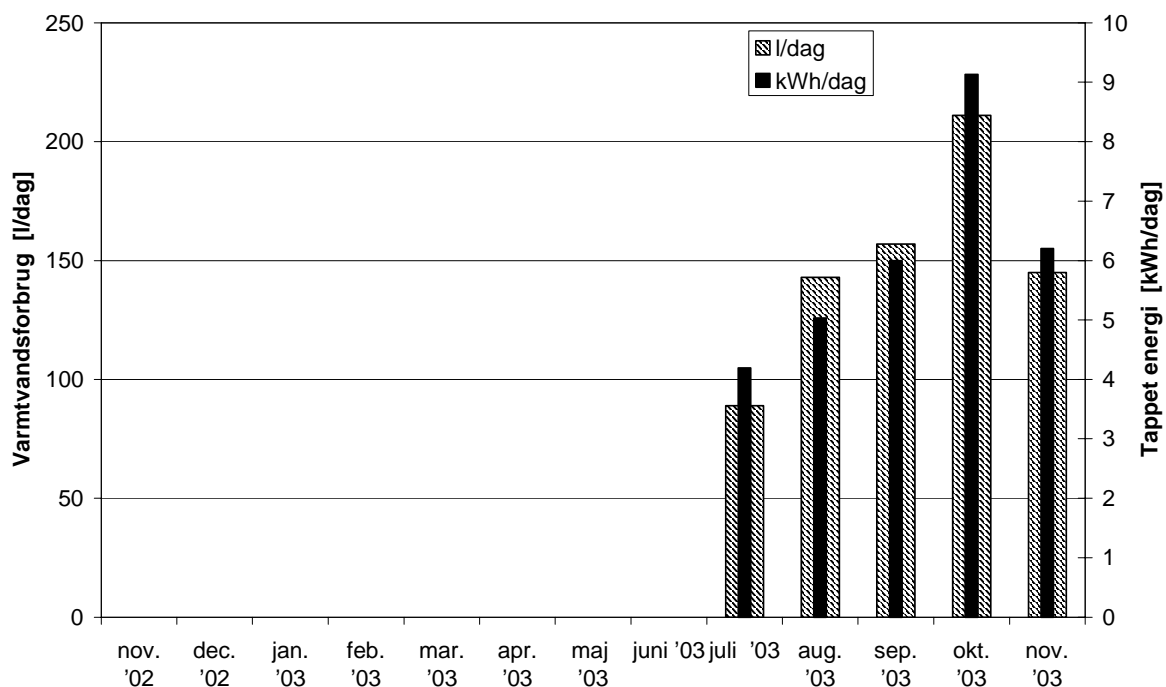
Figur 15. Målte energistørrelser for det ikke-kondenserende naturgaskedelanlæg i Søborg.



Figur 16. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug og tappede energimængder pr. dag for oliefyrsanlægget i Virum.



Figur 17. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug og tappede energimængder pr. dag for det kondenserende naturgaskedelanlæg i Søborg.



Figur 18. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug og tappede energimængder pr. dag for det ikke-kondenserende naturgaskedelanlæg i Søborg.

Figur 19 viser for de to naturgaskedelanlæg varmtvandsbeholderens månedlige varmetab som funktion af det månedlige varmtvandsforbrug. Som forventet er varmetabet fra varmtvandsbeholderen på 160 l i huset med den kondenserende naturgaskedel i gennemsnit noget større end varmetabet fra varmtvandsbeholderen på 110 l i huset med den ikke-kondenserende naturgaskedel. Det ses at beholdertabet varierer noget fra måned til måned. Varmetabet er mindre om sommeren end om vinteren. Det skyldes at varmtvandsforbruget er mindst om sommeren, således at antallet af gange pr. dag der overføres varme til beholderen er mindst om sommeren. Herved bliver varmetabet fra rørene mellem kedel og beholder reduceret. En del af dette rørtab er inkluderet i beholdertabet. Derudover er beholderens omgivelsestemperatur lidt højere om sommeren end om vinteren.

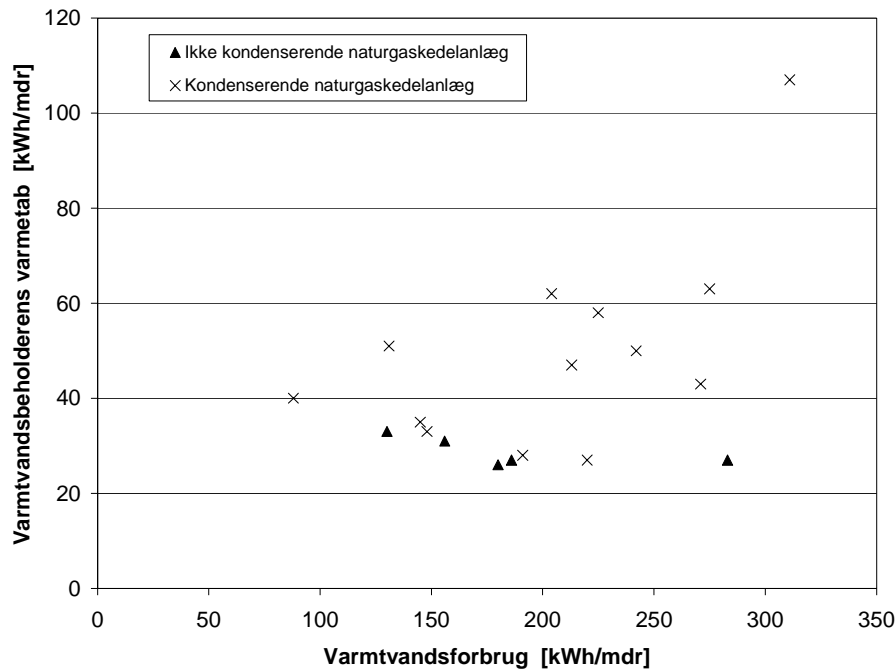
Figur 20 viser for de tre anlæg månedlige udnyttelser af olie/naturgas som funktion af det totale månedlige energibehov, det vil sige rumopvarmningsforbrug plus varmtvandsforbrug. Udnyttelsen er bestemt inklusive varmtvandsbeholderens varmetab. Det ses at udnyttelsen af olie/naturgas afhænger stærkt af det totale energibehov. Jo større energibehovet er, des større er udnyttelsen. Udnyttelsen er altså høj i vinterperioden og lav i sommerperioden. Kun i et af husene er der én måned helt uden rumopvarmningsbehov. Om sommeren er udnyttelsen placeret i intervallet fra 58% til 90%. Udnyttelsen om sommeren ville have været lavere hvis der havde været flere måneder uden rumopvarmningsbehov.

Udnyttelsen er som forventet noget højere for det kondenserende naturgaskedelanlæg end for det ikke-kondenserende naturgaskedelanlæg og for oliefyrsanlægget. Udnyttelsen for det ikke-kondenserende naturgaskedelanlæg er noget lavere end for oliefyrsanlægget. Det bør bemærkes at resultaterne ville have været anderledes hvis der var målt på andre ikke-kondenserende naturgaskedler og oliefyr. Udnyttelsen for de bedste ikke-kondenserende naturgaskedler er på højde med udnyttelsen for de bedste oliefyr.

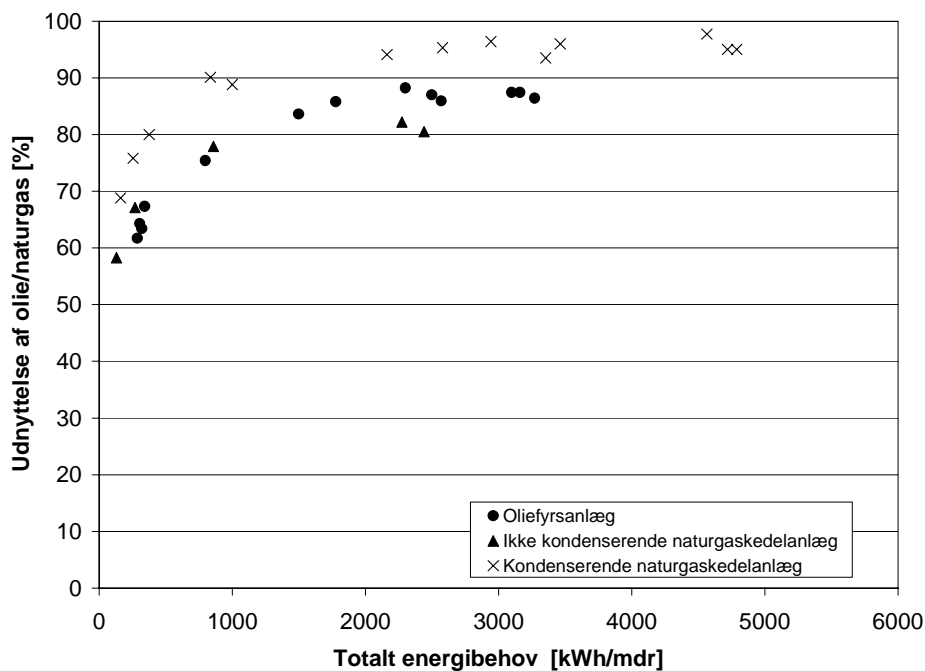
Det totale månedlige energitab defineret som olie-/naturgasforbruget minus det totale energibehov er vist i figur 21 som funktion af det totale månedlige energibehov for de tre huse. Det totale energitab forøges når det totale energibehov vokser. Ved skæring med y-aksen på figur 21 haves det omtrentlige tomgangstab – dertil lægges røggastabet som er proportionalt den indfyrede energimængde. Energitabet forøges derfor stærkt for voksende energibehov for det ikke-kondenserende naturgaskedelanlæg og for oliefyrsanlægget som har et røggastab på 8-10%. For det kondenserende naturgaskedelanlæg forøges energitabet ikke så stærkt for voksende energibehov som for de to andre anlæg, da røggastabet for denne kedeltype er meget mindre. Det totale energitab afhænger noget af temperaturniveauet i varmeafgivelsessystemet. Jo højere temperaturniveauet er des større er energitabet. Det månedlige totale energitab for det kondenserende naturgaskedelanlæg varierer fra måned til måned i vinterperioden. Årsagen til variationerne er at husets gulvvarmeanlæg først blev taget i brug i februar 2003. Anvendelsen af dette anlæg reducerer varmeafgivelsessystemets temperatur så meget at kondensationsmuligheden i naturgaskedlen udnyttes. Dette var ikke tilfældet i den første del af måleperioden.

Energitabene er forholdsvis store. De totale energitab i de 5 sommermåneder maj-september er 952 kWh for oliefyrsanlægget og 466 kWh for det kondenserende naturgaskedelanlæg. På basis af målingerne vurderes det at energitabet for det ikke kondenserende naturgaskedelanlæg er ca. 1000 kWh i de 5 sommermåneder. Disse sommertab er af stor betydning i forbindelse med vurdering af energibesparelspotentialt for solvarmeanlæg, idet

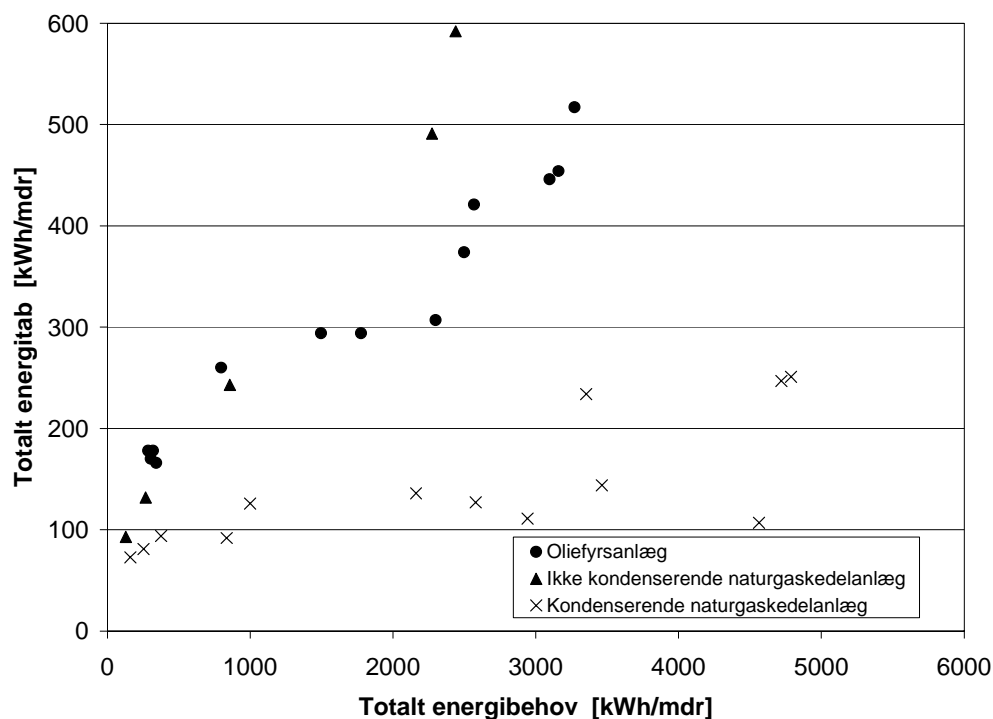
solvarmeanlæg muliggør at oliefyret/naturgaskedlen kan slukkes i de 5 sommer måneder. Det er dog en forudsætning for at slukke kedlen i sommermånederne, at solvarmeanlægget både kan forestå rumopvarmning og opvarmning af brugsvand. Målingerne viser at der er et rumvarmebehov henover sommeren.



Figur 19. Månedlige varmetab fra varmtvandsbeholderen som funktion af varmtvandsforbruget for de to naturgaskedelanlæg.



Figur 20. Månedlige udnyttelser af olie/naturgas som funktion af det totale energibehov for de tre anlæg.



Figur 21. Månedlige totale energitab som funktion af det totale energibehov for de tre anlæg.

6 BEREGNING AF SOMMERVIRKNINGSGRAD

6.1 Simpel beregningsmodel

Som vist i de foregående afsnit afhænger sommervirkningsgraden bl.a. af varmtvandsbehovet, kedlens og beholderens varmetab og kedlens røggastab.

Lidt simplificeret kan sommervirkningsgraden beskrives ved hjælp af følgende model [14]:

$$\text{Sommervirkningsgrad} = \frac{P_{hw,avg} \cdot t_{hw,summer}}{\left[\frac{P_{hw,avg} + P_{hw,st,loss}(\Delta T_{hw})}{\eta_{full,nom}(T_{hg,avg})} + SBY_{DIN}(\Delta T_{hg}) \cdot F_{hwb} \cdot I_{hwb} \right] \cdot t_{hw,summer}}$$

- $P_{hw,avg}$ [kW] : Gennemsnitlig netto varmtvandseffekt (baseret på et gennemsnitligt dagligt netto varmtvandsforbrug).
- $P_{hw,st,loss}$ [kW] : Varmetab fra varmtvandsbeholder.
- $\eta_{full,nom}$ [%] : Kedelvirkningsgrad ved nominal ydelse.
- $t_{hw,summer}$ [h] : Sommerperiodens længde.
- SBY_{DIN} [kW] : Kedlens tomgangsforbrug.

F_{hwb} [-]	: Faktor for afkøling af kedlen mellem brænderstarterne i sommerperioden.
ΔT_{hw}	: Forskel mellem beholder og omgivelsestemperatur
$T_{hg,avg}$: Gennemsnitlig kedeltemperatur under nominel drift
ΔT_{hg}	: Forskel mellem gennemsnitlig kedeltemperatur under nominel drift og omgivelsestemperatur.
I_{hwb}	: Estimat for off-tiden for termostaten i varmtvandsbeholderen

Modellen er i substans bygget op som varmtvandsmodellen i den fælleseuropæiske beregningsmodel BOILSIM [15]. For overskuelighedens skyld udelades finesser omkring kedlernes styring, pumpeeftirløb mv. En mere udførlig beskrivelse af modellen og de enkelte parametre er givet i appendiks 1.

Grundlæggende for modellen er, at der forligger data af god kvalitet for kedelvirkningsgraden og varme-/tomgangstab for beholder og kedel. I Danmark vil det oftest være muligt at skaffe disse data fra laboratoriemålinger.

Dernæst må man kende lidt til den aktuelle kedelinstallations drift. Det vil sige beholder-, kedel- og omgivelsestemperaturer samt lidt om kedlens evne til at afkøle mellem brænderstarterne. Hvis kedlen kan køle af mellem brænderstarterne reduceres tomgangstabet væsentligt.

Mange oliefyrede kedler opererer ved konstant kedeltemperatur og kan ikke køle af. Det kan de lette gaskedler til gengæld. Hvor meget de køler af afhænger dels af kedlernes tidskonstant, dels af driftsforholdene – dvs. hvor ofte brænderen starter for at varme kedlerne op. I modellen er dette forhold taget med i form af faktoren F_{hwb} . En kedel med konstant kedeltemperatur vil have en faktor $F_{hwb}=1$, hvor faktoren for kedler med afkøling typisk vil ligge mellem 0,3 og 0,6.

I forbindelse med in-situ målinger kan der laves en komprimeret varmtvandstest for at fastlægge kedelinstallationens aktuelle driftsparametre, se appendiks 2.

6.2 Beregnede sommervirkningsgrader for olie- og gaskedler

I det følgende er sommervirkningsgraden beregnet med den simple beregningsmodel for 3 forskellige kedeltyper under forskellige driftsforhold:

- 1) Oliefyret kedel med konstanttemperaturstyring
- 2) Traditionel gasfyret kedel
- 3) Kondenserende gasfyret kedel

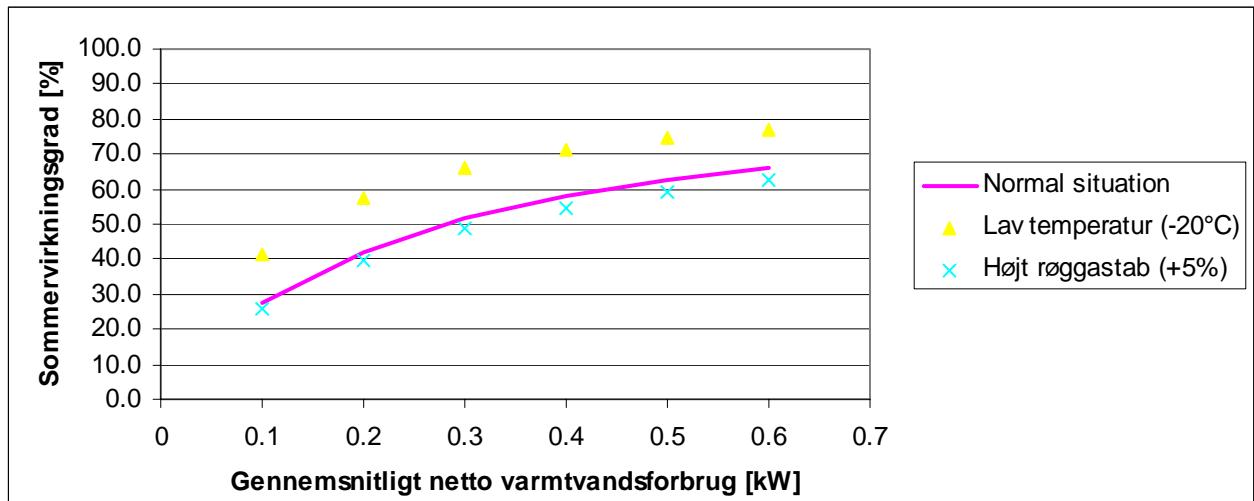
Beregningerne er vedlagt i appendiks 3. Grafer for forskellige driftssituationer præsenteres i det følgende.

6.2.1 Oliefyret kedel med konstanttemperaturstyring

På figur 22 ses grafer for 3 situationer. I den normale situation har beholderen et højt sætpunkt (65°C) og kedeltemperaturen vil være tilsvarende høj. I situationen med lav temperatur er beholderens sætpunkt sænket 20°C. Endelig er vist en situation, hvor røggas-

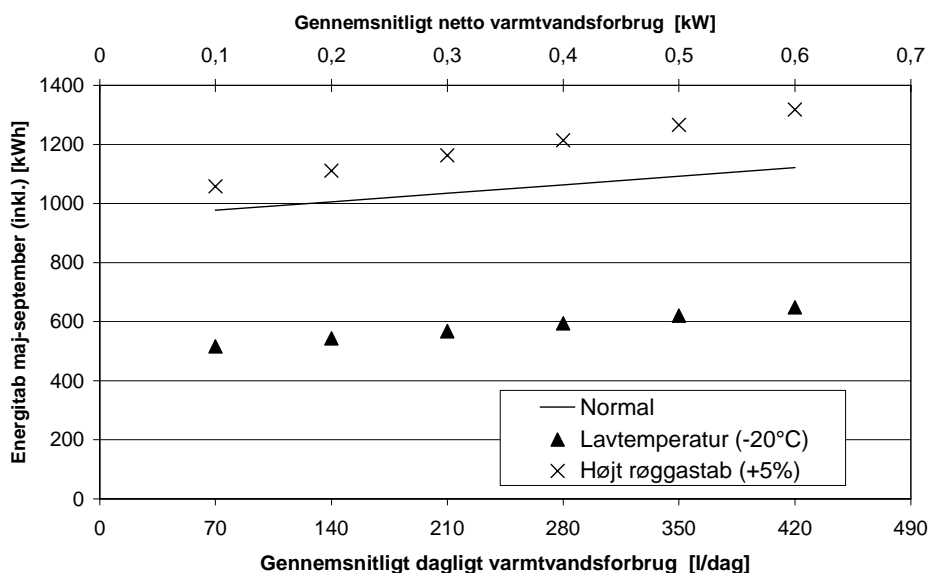
tabet er 5% højere end i normalsituationen, fx på grund af dårlig indstilling af brænderen. Der er forudsat en opvarmning af brugsvandet på 30 K.

Figuren viser hvor stor indvirkning temperaturniveauerne i kedel/beholder og omgivelserne har på sommervirkningsgraden. Kedlens røggastab er heller ikke uvæsentligt. Begge forhold bør registreres ved måling af kedeffektiviteter in-situ.



Figur 22. 3 driftssituationer for en oliefyret kedel med konstanttemperaturstyring.

Figur 23 viser energitabet defineret som energiforbruget minus varmtvandsforbruget i sommerperioden maj-september for de tre situationer. Det målte energitab i sommerperioden for oliefyrsinstallationen i enfamiliehuset i Virum var 952 kWh, og det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug var 211 l i sommerperioden. Der er en god overensstemmelse mellem målt og beregnet energitab. Det beregnede energitab i sommerperioden er beliggende i intervallet fra 500 kWh til 1400 kWh.

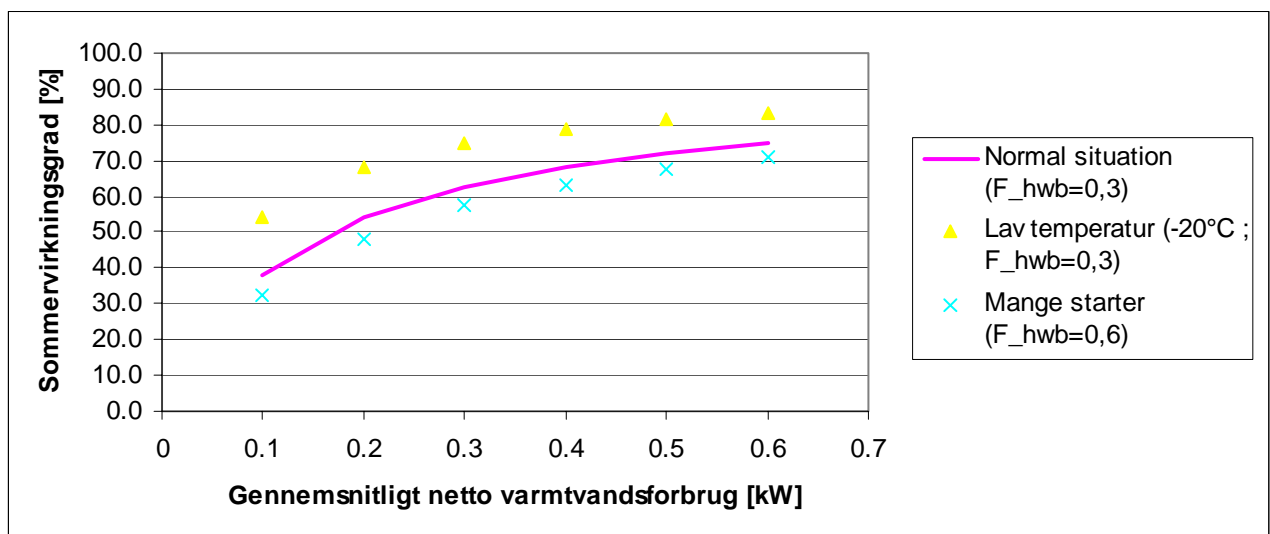


Figur 23. Sommertab for 3 driftssituationer for en oliefyret kedel med konstanttemperaturstyring.

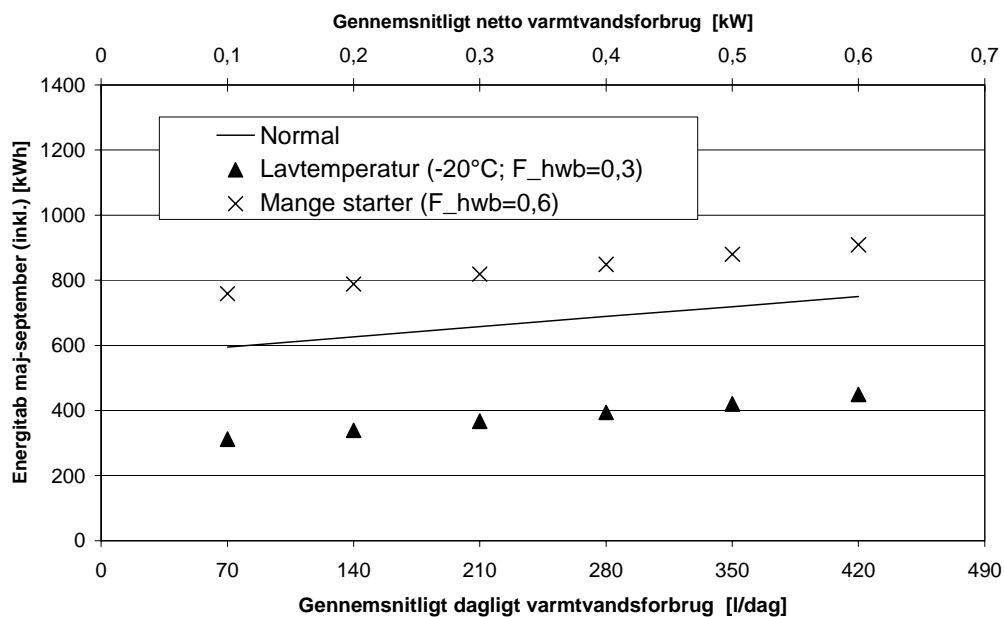
6.2.2 Traditionel gasfyret kedel

Figur 24 viser grafer for 3 situationer. I den normale situation har beholderen et højt sætpunkt (65°C) og kedeltemperaturen vil være tilsvarende høj. I situationen med lav temperatur er beholderens sætpunkt sænket 20°C. I begge tilfælde er anlægget fint tilpasset og faktoren for afkøling er $F_{hwb}=0,3$. I den tredje situation er faktoren for afkøling $F_{hwb}=0,6$. Den høje F_{hwb} – faktor kan skyldes forkert placering af beholderføler eller lille hysteres, som får kedlen til at starte hyppigt. Med de hyppige starter får kedlen ikke tid til at køle af i samme omfang som i normalsituationen. Det samme billede fås hvis kedlen er en lidt tungere type med større varmekapacitet. Registrering af fx brænderstarter pr. døgn vil give en fin fornemmelse af hvordan et varmtvandsanlæg kører i praksis.

Figur 25 viser energitabet i sommerperioden for de tre situationer. Energitabet i sommerperioden for den ikke-kondenserende naturgaskedelinstallation i enfamiliehuset i Søborg skønnes at være 1000 kWh og det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug skønnes at være 130 l i sommerperioden. Det målte energitab er noget større end de beregnede energitab. Det beregnede energitab i sommerperioden er beliggende i intervallet fra 300 kWh til 1000 kWh. Forklaringen på det høje målte energitab kan være, at der selv i sommerperioden har været et rumopvarmningsbehov, som kedlen kun kan dække med et stort energitab.



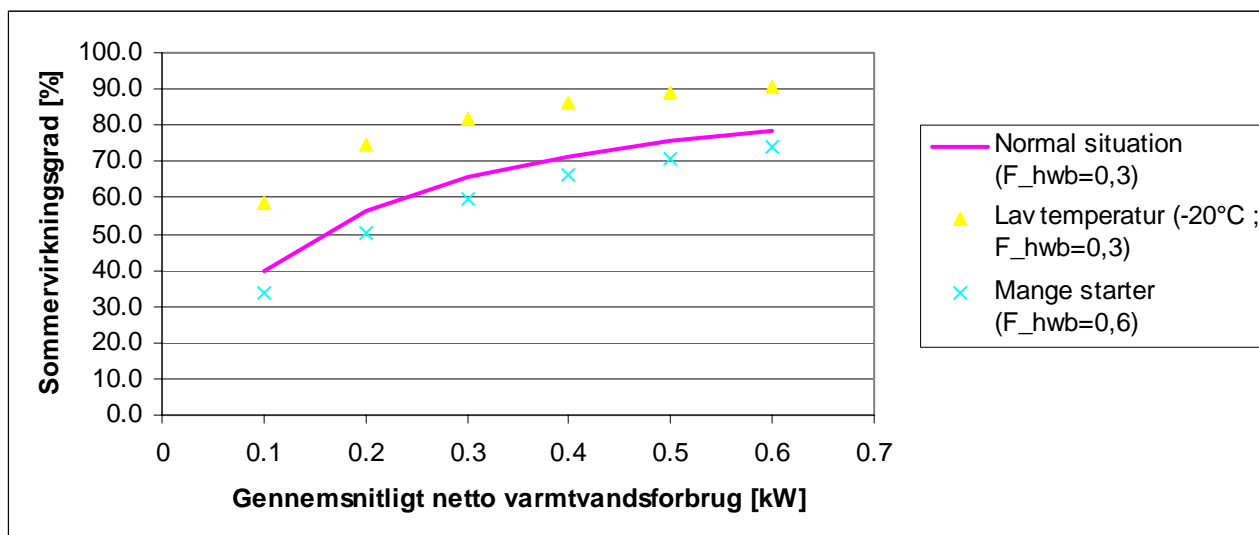
Figur 24. 3 driftssituationer for en traditionel gasfyret kedel.



Figur 25. Sommertab for 3 driftssituationer for en traditionel gasfyret kedel.

6.2.3 Kondenserende gasfyret kedel

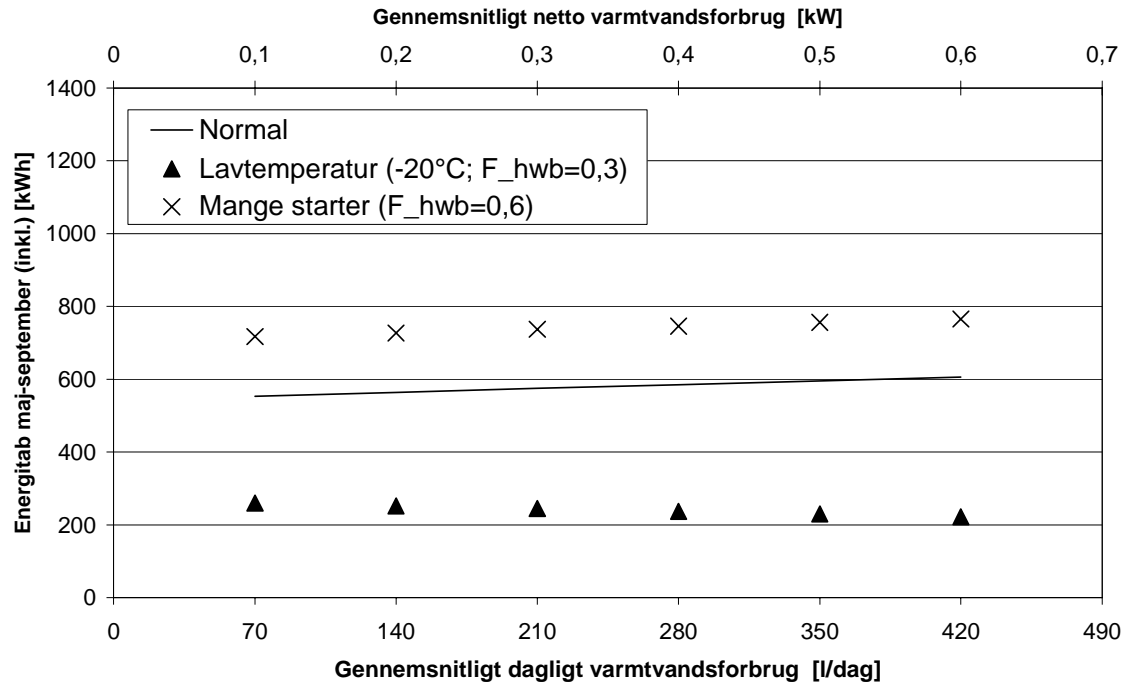
Figur 26 viser de samme situationer, som for den traditionelle gasfyrede kedel. Men røggassens dugpunkt slår igennem, når situationen med lav temperatur betragtes. Som nævnt har kedlernes moduleringsstrategi indflydelse på virkningsgraden i praksis. Der kan med fordel opsamles kondens under måling in-situ for at dokumentere kedlens drift under ladning af beholder.



Figur 26. 3 driftssituationer for en kondenserende gasfyret kedel

Figur 27 viser energitabet i sommerperioden for de tre situationer. Det målte energitalb i sommerperioden for den kondenserende naturgaskedelinstallation i enfamiliehuset i Søborg

var 466 kWh og det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug var 122 l i sommerperioden. Der er en god overensstemmelse mellem målt og beregnet energitab. Det beregnede energitab i sommerperioden er beliggende i intervallet fra 200 kWh til 800 kWh.



Figur 27. Sommertab for 3 driftssituationer for en kondenserende gasfyret kedel.

6.3 Regneark med beregningsmodel

Der er lavet et regneark med beregningsmodellen, hvor sommervirkningsgraden kan beregnes for forskellige kedler og driftsforhold.

De bagvedliggende data for kedlerne er baseret på skøn af de på markedet værende kedler og typiske tab for de pågældende typer.

Et skærmbillede fra beregningsprogrammet ses på figur 28.

Beregning af sommervirkningsgrad for villakedler

Indtast værdier i de gule felter - markér kedeltype, beholdertype og -temperatur i rubrikkerne
Baseret på model fra "Notat - væsentlige parametre for sommervirkningsgradens størrelse"

Kedel

Kedeltype

Oliefyret kedel kondenserende "God" ▲
Oliefyret kedel traditionel "God"
Oliefyret kedel traditionel "Normal"
Gasfyret kedel traditionel "God"
Gasfyret kedel traditionel "Normal"
Gasfyret kedel kondenserende "God"
Gasfyret kedel kondenserende "Normal"
Tast din egen kedel ind ▼

Faktor for varmetab

F_hw

-

Standard ▲
Tast selv din faktor ind ▼

----->>

Beholder

Beholdertype

110 l ▲
60 l
Tast din egen beholder ind ▼

Varmtvandsforbrug og mønster

Beholdertemperatur

T_hw

°C

45°C ▲
55°C
65°C ▼

Rumtemperatur

T_room

°C

20

Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug

P_hw, avg

kW

0.5

Netto varmtvandsbehov årligt

Q_hw,net,ann

4380

Sommerperioden (udenfor fyringssæson)

t_hw,summer

dage/år

120

Sommerperioden (udenfor fyringssæson)

t_hw,summer

h/år

2880

Resultat

Fuldlast virkningsgrad

eta_full_nom

-

0.98

DIN tomgangstab

SBY_DIN

kW

0.11

Nominel ydelse

P_nom

kW

20

Faktor for varmetab

F_hw

-

0.5

Varmetab fra beholder mv.

P_hw,st,loss

kW

0.07

Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden

Q_hw,net,summer

kWh

1440

Brændselsforbrug i sommerperioden

Q_hw,summer

kWh

1851

Sommervirkningsgrad

%

77.8

Figur 28. Skærbillede fra beregningsprogrammet.

7 KONKLUSION

Undersøgelser af udnyttelsen af olie for nye oliefyrsinstallationer og af udnyttelsen af naturgas for nye naturgaskedelinstallationer blev gennemført både i form af langtidsmålinger i enfamiliehuse og i form af teoretiske beregninger.

Undersøgelserne viste at udnyttelsen af olie og naturgas afhænger stærkt af husenes energibehov. Varmetab fra kedel og beholder skal dækkes af indfyret gas/olie lige meget om der er et energibehov eller ej. Udnyttelsen er således lille i sommerperioder uden rumopvarmningsbehov, større i sommerperioder med rumopvarmningsbehov og størst om vinteren.

Udnyttelsen afhænger også af kedlen. Variationerne af beregnede udnyttelser for sommerperioder uden rumopvarmningsbehov for 20 markedsførte oliekedler, 8 traditionelle naturgaskedler og 10 kondenserende naturgaskedler fremgår af tabel 10 for årlige varmtvandsforbrug på henholdsvis 1000 kWh og 2500 kWh. Beregningerne for naturgaskedlerne er baseret på varmtvandstest foretaget i laboratoriet. For oliekedlerne er der tale om en simplere beregningsmetode, som dog tager reelle røggastab og stilstandstab for kedlerne i betragtning.

Varmtvandsforbrug:	1000 kWh/år	2500 kWh/år
Kedel:		
Oliekedel	22% - 36%	40% - 58%
Traditionelle naturgaskedler	39% - 59%	59% - 76%
Kondenserende naturgaskedler	47% - 67%	67% - 81%

Tabel 10: Beregnede udnyttelser af olie/naturgas for markedsførte kedler i sommerperioder uden rumopvarmningsbehov.

Udnyttelsen af olie/naturgas afhænger desuden af installationsforholdene. Tabel 11 viser variationerne af beregnede udnyttelser for sommerperioder uden rumopvarmningsbehov for *en* typisk oliekedel, *en* typisk traditionel naturgaskedel og *en* typisk kondenserende naturgaskedel for årlige varmtvandsforbrug på henholdsvis 1000 kWh og 2500 kWh. For naturgaskedlerne fremkommer variationerne på grund af forskellige antal starter og drifttemperaturniveauer. For oliefyret fremkommer variationerne på grund af forskellige røggastab og drifttemperaturniveauer.

Varmtvandsforbrug:	1000 kWh/år	2500 kWh/år
Kedel:		
Oliekedel	29% - 45%	48% - 65%
Traditionel naturgaskedel	36% - 56%	57% - 74%
Kondenserende naturgaskedel	38% - 59%	58% - 79%

Tabel 11: Beregnede udnyttelser af olie/naturgas for typiske kedler i sommerperioder uden rumopvarmningsbehov.

Målte variationer af udnyttelsen af olie/naturgas for de i praksis undersøgte fyr/kedler fremgår af tabel 12.

Periode:	Sommerperiode uden rumvarmeforbrug	Sommerperiode med rumvarmeforbrug	Vinterperiode
Kedel:			
Oliekedel	Ingen målinger	62% - 75%	84% - 88%
Traditionel naturgaskedel	58%	67% - 78%	80% - 82%
Kondenserende naturgaskedel	Ingen målinger	69% - 90%	94% - 98%

Tabel 12: Målte udnyttelser af olie/naturgas for de undersøgte fyr/kedler.

For den oliefyrede kedel er det årlige varmtvandsbehov målt til 4041 kWh og for den kondenserende naturgaskedel er det målt til 3061 kWh. Det er en del over det gennemsnit på ca. 1800 kWh, som en gennemgang af tidligere undersøgelser kommer frem til.

Som det fremgår af tabel 10, 11 og 12 medfører de mange forskellige parametre som udnyttelsesgraden afhænger af en stor variation i samme. Der er i projektet lavet et regneark, der kan være med til at give et overblik over parametrene og som på baggrund af nogle få input data om installation og drift giver et rimeligt estimat for udnyttelsesgraden.

Energitalbet i månederne maj-september har afgørende betydning for energibesparelsen for solvarmeanlæg. Dette energital afhænger af varmtvandsforbrugets og rumopvarmningsbehovets størrelse, af kedeltype og af installation og indstilling af brænderen/kedlen. Typiske størrelser for energitalbet er 500 kWh for kondenserende naturgaskedelinstallationer, og 1000 kWh for oliefyrs- og ikke-kondenserende naturgaskedelinstallationer.

REFERENCER

- [1] ”Ydelser og erfaringer med 31 solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning”. Svend Erik Mikkelsen. Laboratoriet for Varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskole. Rapport nr. 86-1, februar 1986.
- [2] ”Ydelser og erfaringer fra 9 små low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning”. Simon Furbo. Laboratoriet for Varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskole. Meddelelse nr. 224, januar 1992.
- [3] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra det første års målinger”. William Otto, Jan Erik Nielsen og Inge-Lise Clausen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, februar 1993.
- [4] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra det andet års målinger. Sjælland”. William Otto og Jan Erik Nielsen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, januar 1994.
- [5] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra det første års målinger. Jylland/Fyn”. William Otto og Jan Erik Nielsen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, januar 1994.
- [6] ”Solskin kan man altid finde...En rapport om solvarmeanlæg til elvarmekunder”. De 13 Elforsyninger, marts 1994.
- [7] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra andet års målinger”. William Otto og Jan Erik Nielsen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, januar 1995.
- [8] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra det tredje års målinger 1994”. William Otto, Jan Erik Nielsen og Trine Dalsgaard Jacobsen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, januar 1996.
- [9] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra det fjerde års målinger 1995”. William Otto, Jan Erik Nielsen og Trine Dalsgaard Jacobsen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, februar 1996.
- [10] ”Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg – erfaringer fra det femte års målinger 1996”. William Otto, Jan Erik Nielsen og Trine Dalsgaard Jacobsen. Prøvestationen for Solenergi, Teknologisk Institut, marts 1997.
- [11] ”Udredning vedrørende energieffektive oliefyringsanlæg ” Teknologisk Institut 1998. Teknologisk Institut, juni 2002.
- [12] ”Opdatering af liste for energieffektive oliefyrede kedler”. Teknologisk Institut, juni 2002.
- [13] ”Annual efficiency calculation method for domestic boilers”. SAVE Contract XVII/4.1031/93-008, Project co-ordinator DGC, Denmark, 1996.
- [14] ”Estimation of energy savings by replacement of fuel oil and gas boilers”. SAVE Contract XVII/4.1031/D/97-072. Project co-ordinator DTI, Denmark, 1999.
- [15] Energy consumption calculation method for domestic hot water and combined systems”. SAVE Contract XVII/4.1031/Z/97-048. Project co-ordinator GASTEC,

The Netherlands, 2000.

- [16] Forskellige målerapporter, Teknologisk Institut, 2002.
- [17] Testing Procedures for the Determination of Annual Efficiency and Annual Emissions of Domestic Boilers, DGC, 1993.
- [18] El/Gas-Teknologihus, Hovedrapport, Naturgas Sjælland, NVE, DGC og SEAS, ISBN 87-7795-070-4, 1995.
- [19] El/Gas-Teknologihus, Husholdningsapparater, delrapport, Naturgas Sjælland, NVE, DGC og SEAS, ISBN 87- 7795-054-02, 1994.
- [20] El/Gas-Teknologihus, Varme- og ventilationsanlæg, delrapport, Naturgas Sjælland, NVE, DGC og SEAS, ISBN 87-7795-040-2, 1994.
- [21] El/Gas-Teknologihus, Målerapport, Naturgas Sjælland, NVE, DGC og SEAS, ISBN 87-7795-87-7795-039-9, 1994.
- [22] El/Gas-Teknologihus, Energi og miljø, delrapport, Naturgas Sjælland, NVE, DGC og SEAS, ISBN 87-7795-056-9, 1994.
- [23] <http://www.dong.dk>.

Appendiks 1. Væsentlige parametre for sommervirkningsgradens størrelse

I det følgende gennemgås en simpel varmtvandsmodel og væsentlige parametre for sommervirkningsgradens størrelse.

En simpel beregningsmodel

Sommervirkningsgraderne for oliefyrede kedler er beregnet vha. af en simpel varmtvandsmodel. Modellen er i substans bygget op som varmtvandsmodellen i BOILSIM, men er mere overskuelig og derfor nyttig til demonstration af forskellige parametres indflydelse på sommervirkningsgraden (se formel 1 og 2).

Formel 1:

$$Q_{hw,summer} = \left[\frac{P_{hw,avg} + P_{hw,st,loss} \{ \Delta T_{hw} \}}{\eta_{full,nom} \{ T_{hg,avg} \}} + SBY_{DIN} \{ \Delta T_{hg} \} * F_{hwb} * I_{hwb} \right] * t_{hw,summer}$$

Formel 2:

$$Sommervirkningsgrad = \frac{P_{hw,avg} * t_{hw,summer}}{Q_{hw,summer}}$$

$P_{hw,avg}$ [kW]	Gennemsnitlige netto varmtvandsforbrug
$P_{hw,st,loss}$ [kW]	Varmetab fra varmtvandsbeholder eller veksler.
$\eta_{full,nom}$ [%]	Den nominelle kedelvirkningsgrad. I den komplette BOILSIM model beregnes virkningsgraden ud fra det givne temperatursæt og med hensyn til on/off drift. BOILSIM kan også håndtere modulerende kedler.
$t_{hw,summer}$ [h]	Sommerperiodens længde
SBY_{DIN} [kW]	Kedlens tomgangsforbrug.
F_{hwb} [-]	Faktor for varmetab i sommerperioden. Faktoren korrigerer for hvis kedlen ikke er varm hele tiden (kan køle af mellem brænderstarter).
ΔT_{hw}	Forskel mellem beholdertemperatur og omgivelsestemperatur
$T_{hg,avg}$	Gennemsnitlig kedeltemperatur under nominal drift
ΔT_{hg}	Forskel mellem kedeltemperatur og omgivelsestemperatur under nominal drift
I_{hwb}	Estimat for off-tiden for termostaten i varmtvandsbeholderen/veksleren

$$I_{hwb} = \frac{P_{out,nom} - (P_{hw,avg} + P_{hw,st,loss} \{ \Delta T_{hw} \})}{P_{out,nom}}$$

Det er muligt ved hjælp af enkle målinger og beregninger at bestemme de nødvendige parametre i modellen.

Nettovarmtvandsforbrug:

Som det har været vist er sommervirkningsgraden afhængig af netto varmtvandsforbruget. I modellen er det årlige varmtvandsbehov omsat til en varmtvandseffekt (eksempel: et årligt varmtvandsforbrug på 2500 kWh svarer til en varmtvandseffekt på 0,285 kW).

Beholdertab:

Beholdertabet, som indgår i modellen, er afhængigt af hvor godt beholderen er isoleret og temperaturforskellen mellem vandet i beholderen (beholderens sætpunkt) og omgivelserne. Ved sammenligning af sommervirkningsgrader bør resultaterne omregnes til samme temperaturforskel (sætpunkt).

Kedelvirkningsgrad:

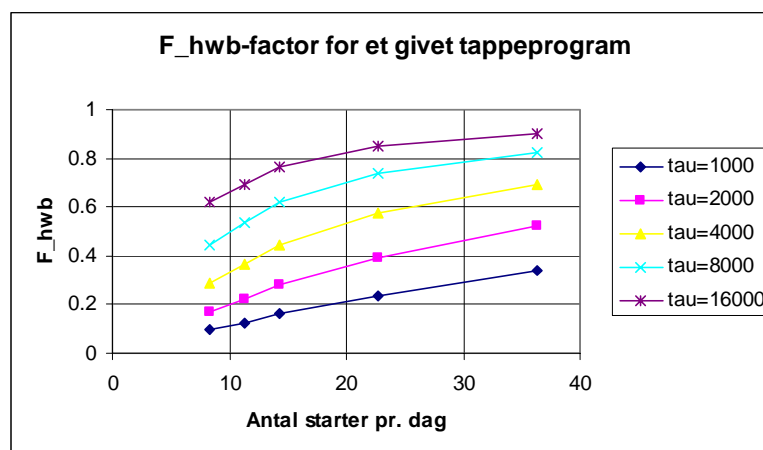
I modellen indgår kedlens virkningsgrad når beholderen lades. Virkningsgraden er afhængig af den gennemsnitlige kedeltemperatur. For modulerende gaskedler starter brænderen typisk ved én effekt og modulerer efter et stykke tid til en anden effekt. Der findes forskellige moduleringsstrategier. Der kan for traditionelle modulerende gaskedler være stor forskel på røggastabet i moduleringsområdet (5-6%). For kondenserende kedler kan moduleringsstrategien også have betydning – desuden er beholdersætpunktet afgørende for om kedlen kondenserer. For kedler med trykforstøvningsbrænder/gasblæseluftbrænder har brænderindstillingen ligeledes betydning for kedlens virkningsgrad.

Kedlens tomgangstab:

Kedlens tomgangsforbrug dækker de tab, der er ved at holde kedlen varm ved en fast temperatur. Tabet er afhængigt af temperaturforskellen mellem kedel- og omgivelsestemperatur.

Faktor for kedelafkøling:

For den typiske oliefyrede kedel, som holdes varm ved en konstant temperatur under drift, er faktoren $F_{hwb}=1$. For gasfyrede kedler, der typisk køler af mellem brænderstarterne, vil faktoren være mellem 0 og 1. Faktorens størrelse er bl.a. afhængig af hvornår brænderen starter og kedlens varmekapacitet (tidskonstant). Brænderens startmønster kan beregnes for forskellige tappeprogrammer vha. en simpel beholdermodel. Udover tappeprogrammets sammensætning, så har beholdertermostats hysteresis (hvor meget vand, der kan tappes inden termostaten kalder på varme) også indflydelse. På figur 1.1 ses F_{hwb} -faktoren som funktion af antal starter pr. dag for forskellige tidskonstanter.



Figur 1.1: F_{hwb} -faktoren som funktion af antal starter pr. dag for forskellige tidskonstanter.

Appendiks 2. En komprimeret varmtvandstest for måling in-situ

CNC, 28/11-2003, \\fildmwt\dmw_docs\1059173\327480_Appendiks x.C.doc

Formålet med at lave en simpel varmtvandstest er at finde en række ekstra parametre, som kan være med til at forklare den virkningsgrad vi får.

De ekstra parametre er:

- Frem- og returtemperatur i rør mellem kedel og beholder under tapning
- Beholdertemperaturen (temperaturen ved start af tapning)
- Hysterese for beholder
- Leveret effekt til beholderen

Kender vi temperaturniveauerne on-site er det lettere at sammenligne med tabene målt i laboratoriet.

On-site skal der bruges følgende instrumenter:

- 2 spande af 10 liter med markering/streg for hver liter (typisk murerspand)
- Energimåler med temperaturlæsning mellem kedel og beholder (er monteret)
- Energimåler med temperaturlæsning mellem kedel og beholder (er monteret)
- Stopur

Proceduren er:

- 1) Kedlen sættes til sommer-drift
- 2) Beholdertermostaten skrues helt ned (for at undgå at kedlen starter).
- 3) Der findes et tappessted tæt på kedlen
- 4) Der laves en indledende tapning, hvor ca. 2 gange beholderens volumen tappes (=kold beholder). Under denne indledende tapning indreguleres flowet til ca. 12 liter/min vha. spand/stopur eller flow/energimåler.
- 5) Kedeltermostaten sættes herefter som aftalt med leverandøren
- 6) Beholdertermostaten sættes herefter som aftalt med leverandøren og opvarmning af beholderen starter.
- 7) Når beholdertermostaten slår fra, startes tapningen ned i en af de tomme spande (hvis samlet vandmængde kan måles med energimåler er det også en mulighed). Når beholdertermostaten igen kalder på varme stoppes tapningen.
- 8) Når beholdertermostaten slår fra, gentages proceduren under punkt 7) indtil, der er foretaget i alt 3 tapninger

For hver af de 3 tapninger registreres, jf. punkt 7 :

- Det tappede volumen (hysteresen) [l]
- Den tappede energi [kWh]
- Max tappetemperatur (ved start af tapning)
- Gennemsnitlig tappetemperatur

For hver af de 3 beholderopvarmninger (når beholder termostaten kalder på varme) registreres:

- Den leverede energi til beholderen [kWh]
- Tappetiden [s]
- Gennemsnitlig returtemperatur til kedel fra beholder
- Gennemsnitlig fremløbstemperatur fra kedel til beholder

Det er måske i praksis svært at få en gennemsnitsværdi for temperaturerne ud af energimålerne, men i så fald vil det være OK med 1-2 aflæsninger under hver tapning.

Appendiks 3. Data og beregning

Oliefyret kedel med konstanttemperaturstyring:

Boiler data		Normal							
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data									
Faktor for varmetab	F_hwb	-	1	1	1	1	1	1	1
Hot water data									
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256	
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880	
Calculations									
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728	
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	1054	1365	1676	1986	2297	2608	
Sommervirkningsgrad		%	27.3	42.2	51.6	58.0	62.7	66.3	

Boiler data		Lav temperatur							
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data									
Faktor for varmetab	F_hwb	-	1	1	1	1	1	1	1
Hot water data									
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256	
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880	
Calculations									
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728	
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	693	1002	1310	1619	1927	2236	
Sommervirkningsgrad		%	41.5	57.5	65.9	71.2	74.7	77.3	

Boiler data		Højt røgtab							
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data									
Faktor for varmetab	F_hwb	-	1	1	1	1	1	1	1
Hot water data									
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256	
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880	
Calculations									
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728	
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	1118	1447	1776	2104	2433	2762	
Sommervirkningsgrad		%	25.8	39.8	48.7	54.7	59.2	62.6	

Traditionel gasfuret kedel:

Boiler data		Normal						
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data								
Faktor for varmetab	F_hwb	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Hot water data								
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Calculations								
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	754	1067	1379	1692	2004	2316
Sommervirkningsgrad		%	38.2	54.0	62.6	68.1	71.9	74.6

Boiler data		Lav temperatur						
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data								
Faktor for varmetab	F_hwb	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Hot water data								
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Calculations								
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	533	842	1152	1461	1770	2080
Sommervirkningsgrad		%	54.0	68.4	75.0	78.8	81.3	83.1

Boiler data		Mange starter						
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data								
Faktor for varmetab	F_hwb	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Hot water data								
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Calculations								
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	883	1194	1506	1818	2130	2441
Sommervirkningsgrad		%	32.6	48.2	57.4	63.4	67.6	70.8

Kondenserende gasfyret kedel:

Boiler data		Normal						
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data								
Faktor for varmetab	F_hwb	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Hot water data								
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Calculations								
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	722	1018	1315	1611	1907	2203
Sommervirkningsgrad		%	39.9	56.6	65.7	71.5	75.5	78.4

Boiler data		Lav temperatur						
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data								
Faktor for varmetab	F_hwb	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Hot water data								
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Calculations								
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	492	774	1056	1338	1620	1902
Sommervirkningsgrad		%	58.5	74.4	81.8	86.1	88.9	90.8

Boiler data		Mange starter						
Fuldlast virkningsgrad	eta_full_nom	-	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
DIN tomgangstab	SBY_DIN	kW	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Nominel ydelse	P_nom	kW	20	20	20	20	20	20
Boiler/ hot water data								
Faktor for varmetab	F_hwb	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Hot water data								
Netto varmtvandsbehov årligt	Q_hw,net,ann		876	1752	2628	3504	4380	5256
Gennemsnitligt netto varmtvandsforbrug	P_hw, avg	kW	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Varmetab fra beholder mv.	P_hw, st,loss	kW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sommerperioden (udenfor fyringssæson)	t_hw,summer	h/år	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Calculations								
Netto varmtvandsforbrug i sommerperioden	Q_hw,net,summer	kWh	288	576	864	1152	1440	1728
Brændselsforbrug i sommerperioden	Q_hw,summer	kWh	850	1146	1442	1737	2033	2328
Sommervirkningsgrad		%	33.9	50.3	59.9	66.3	70.8	74.2

