

NOTAT: Energitap og miljøutslipp i oljefyrte varmesentraler

Til: Eidsiva Bioenergi AS v/Alf Inge Myhre Tunheim

Fra: Arild Kvikstadhagen

Dato: 23.09.13 Revisjonsdato: 26.09.13 og 05.11.13

Datafil: /Notat energitap i varmesentraler AK-23.09.13-Rev.26.09.13-05.11.13

Vedlegg: Ingen

Henvisning: Figurer og deler av teorien er hentet fra NVE's Temahefte Vannbåren varme utarbeidet av Arne Palm. I tillegg er det benyttet erfaringsdata som forfatteren av dette notatet har høstet gjennom arbeid med fyrrom og fjernvarme i løpet av perioden 1984 – 2013. Arild Kvikstadhagen er siv.ing. fra NTH 1983 med hovedfag innen varmesentraler og industriell varme, se www.fossekall.no.

Sammendrag:

- Å beregne driftsvirkningsgrad for oljefyrte kjeler er komplisert og tidkrevende.
- Driftsvirkningsgrad for oljefyrte kjeler er innfyrt energi med fradrag av røkgasstap, strålingstap og gjennomstrømningstap dividert med innfyrt energi over en periode.
- Driftsvirkningsgraden over et år kalles årsvirkningsgrad.
- Avhengig av alderen på et fyranlegg, vil årsvirkningsgraden vanligvis være 65 - 90 %
- Hvis man betrakter et tettsted samlet, vil gjennomsnittlig årsvirkningsgrad ligge i rundt 75 %.
- Om man erstatter oljefyringsanlegg med fjernvarme, vil viktigste energibesparelse være tapene som inngår i årsvirkningsgraden + bedre ute-kompensert temperaturregulering i forbrukers varmesystem, (tap som er reelt for bygget, men er forårsaket fra fyrrommet og ikke sleve bygget).
- Tapene som går ut i pipen er røkgasstapet og gjennomstrømningstapet. Disse representerer ikke direkte tap for selve bygningen(e). Ved tilkobling av fjernvarme er det derfor rimelig å anta at man oppnår en direkte energibesparelse i bygningen som tilsvarer strålingstapet fra oljekjel og merforbruket pga. dårlig temperaturregulering i varmeanlegget. Dette utgjør 2 – 3 % og 3 – 5 % i forhold til levert varme.
- Ved å konvertere fyrrom til fjernvarme med 85 % fornybarandel og med olje som spisslast/back-up med 90 % årsvirkningsgrad, samt nettap på ca. 10 %, blir miljøbesparelsen pr. kWh konvertert slik:

Årsvirningsgrad oljekjel	CO ₂ -besparelse gram/år
65 %	365
75 %	309
90 %	250

- Utfasing av gamle fyrrom til fordel for fjernvarme er viktig i forbindelse med myndighetenes utfasing av oljekjeler i Norge. Dette ble bekreftet av den nye olje- og energiministeren Tord Lien under fjernvarmedagene 2013, sitat: "Uten utbygging av fjernvarme hadde det ikke vært mulig å fase ut oljefyrer innen 2020. Fjernvarmeutbyggingen må sannsynligvis vokse for at det skal være mulig."

Innledning:

I fyrhuset/varmesentralen omsettes energi i brensel til varme via varmt vann som distribueres via bygningens varmeanlegg. Et viktig moment her er hvor effektivt varmen blir produsert og hvor effektive kjelene er. I de etterfølgende figurer og tekst brukes oljekjeler som eksempel, men teorien er den samme uansett hvilket brennstoff som benyttes. Det er i hovedsak brenselkonstantene som blir forskjellige.

Notatet er utarbeidet primært med teori for oljefyrte varmesentraler med i hovedsak 1 trinns oljebrennere. Nye og avanserte oljebrennere er såkalt modulerende og har meget gode driftsvirkningsgrader. Konklusjoner er gjort med basis i teoretisk underlag, da det her ikke er gjort konkrete målinger.

Notatet er tenkt å belyse fordeler ved at eldre oljekjeler fases ut til fordel for fjernvarme og er bestilt av Eidsiva Bioenergi AS på vegne av:



Virkningsgrader:

Forholdet mellom nyttiggjort energi og tilført energi defineres som virkningsgrad slik:

$$\eta = \frac{Q_{\text{nyttiggjort}}}{Q_{\text{tilført}}}$$

der η = virkningsgrad

$Q_{\text{nyttiggjort}}$ = energi tilført bygget

$Q_{\text{tilført}}$ = tilført energi med brensel (olje med brennverdi lik ca. 10 kWh/l)

Måles virkningsgraden over et år vil denne kunne defineres som årsvirkningsgraden for fyrhuset. Virkningsgraden kan prinsipielt estimeres på 2 måter, direkte måling og indirekte måling.

Direkte måling av årsvirkningsgrad:

Ved å utstyre oljekjelen med mengdemåler for olje, kan man kvantifisere tilført energi med olje. Hvis man ikke har direkte måling via oljeledningen, så kan man bruke timeteller som registrerer drift av oljebrenneren. Dette er en enkel og billig installasjon som registrerer drift via den elektriske tilkobling av brenneren. Videre har man data for oljedysen ved angitt trykk. De fleste oljebrennere har manometer som angir oljetrykket etter oljepumpen og med gitt data for oljedysen kan man da beregne mengden olje som har passert dysen. Et eksempel her er en ett trinns oljebrenner med dysekapasitet 6,0 USgal/h ved 7 bar(g). Ved f.eks. 8 bar vil dysen gi 6,41 USgal/h = 24,2 l/h. Hvis man her leser av timetelleren ved starten av og ved slutten av fyringssesongen og finner ut at brenneren har gått f.eks. 3.000 h får man følgende:

$$Q_{\text{tilført}} = 10 \text{ kWh/l} \times 24,2 \text{ l/h} \times 3.000 \text{ h} = 726.000 \text{ kWh}$$

Mobiltelefon: 416 13 212

E-post: ak@fossekall.no

Adresse:
Industrigt. 13 2619 LILLEHAMMER

Sentralbord:
400 500 99

Bankkonto:
2000.07.20780

Foretaksreg.:
NO 948734028 MVA

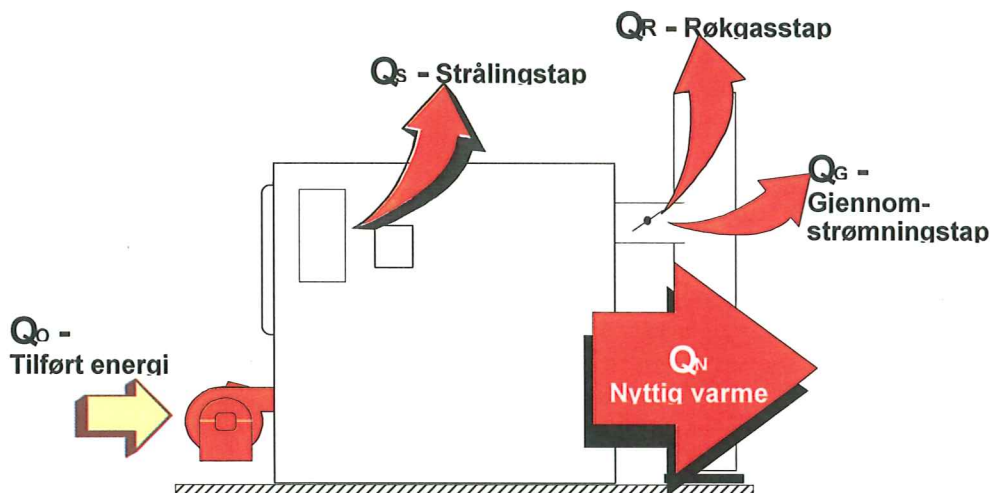
Ved å utstyre varmeanlegget med en energimåler som registrerer temperaturdifferansen mellom tur og returledningen til kjelen, samt sirkulert vannmengde, vil man kunne registrere tilført varme til bygget. Hvis en i eksemplet ovenfor fikk registret at leveransen til bygget var 545.000 kWh i løpet av fyringssesongen, så blir virkningsgraden her, som kan benevnes som årsvirkningsgrad slik:

$$\eta = \text{Årsvirkningsgrad} = Q_{\text{nyttiggjort}} / Q_{\text{tilført}} = 545.000 \text{ kWh} / 726.000 \text{ kWh} = 0,75 = 75 \%$$

Dette er en rett fram og enkel måte å bestemme virkningsgraden på. Ulempen er imidlertid at investeringskostnadene blir uforholdsmessig høye for de fleste anlegg. I tillegg er det vanskelig å få tilstrekkelig nøyaktige målinger av avgitt energi til varmtvann med tradisjonelt utstyr. Dette skyldes at temperaturdifferansen mellom tur og returvannet til kjelen i de fleste tilfeller er så små at nøyaktigheten på temperaturmålingene blir for dårlig. Videre kan denne metoden gi en del feil når det gjelder måling av oljemengden inn på brenneren.

Indirekte måling:

Ved indirekte bestemmelse av virkningsgraden måles og beregnes tapene fra kjelen i stedet for å måle nyttiggjort energi. De tap det tas hensyn til i praksis fra en kjel er røkgasstapet, gjennomstrømningstapet og strålingstapet. Dette er den metoden som er mest utbredt for å bestemme en kjels momentane virkningsgrad og virkningsgrader over tid, (årsvirkningsgrad).



Tap i oljekjeler.

Tar man utgangspunkt i figuren ovenfor, så defineres nyttiggjort energi som tilført energi minus tapene. For en oljefyrt kjel kan energibalansen settes opp på følgende måte:

Tilført energi med oljen:	Q_O
- Røkgasstapet:	Q_R
- Strålingstap:	Q_S
- Gjennomstrømningstap:	Q_G
= Nyttiggjort energi:	Q_N

Formelen for driftsvirkningsgraden kan da uttrykkes som:

$$\eta = \frac{Q_N}{Q_O} = \frac{Q_O - Q_R - Q_S - Q_G}{Q_O}$$

Røkgasstapet:

Det er ganske vanlig at oljeleverandøren med sine serviceteknikere foretar måling av røkgasstapet og der igjennom angir fyringsteknisk virkningsgrad som angir effektiviteten brenner og kjel har under drift, dvs. i den tiden brenneren går. Den er et uttrykk for hvor godt oljen forbrennes og kjelens evne til å overføre varmen fra røkgassen til vannet. Det som i praksis måles er hvor mye varme som går ut gjennom pipa, det såkalte røkgasstapet, Q_R .

Fyrteknisk virkningsgrad er altså bare avhengig av røkgasstapet, og sier derfor ingenting om de andre tapene, nemlig gjennomstrømningstap og strålingstap.

$$\eta_F = 100 \% - \text{Røkgasstap} [\%]$$

Ved kontroll av fyrrommet, gjør servicepersonellet til oljeleverandøren målinger av fyrromtemperatur, røkgasstemperatur og CO_2 -innhold i røkgassen. Siegert har utviklet en formel som angir røkgasstapet i % og denne er slik:

$$\text{Røkgasstap} = (0,007 \cdot CO_2\% + 0,5) \cdot \frac{T - t}{CO_2\%}$$

der: T = røkgasstemperatur

t = fyrromstemperatur, (forbrenningsluftens temperatur)

$CO_2\%$ = målt $CO_2\%$ i røkgassen, (bør ligge i området 11 – 14 %)

Strålingstapet:

Strålingstapet er et tap som skyldes at kjelen er varmere enn omgivelsene. Dette resulterer i at varme overføres fra kjelen til fyrrommet. En del av denne varmen blir tilbakeført til kjelen ved at luften til forbrenningen blir oppvarmet. Dette tas det hensyn til når røkgasstapet beregnes. Strålingstapet varierer fra kjel til kjel, og er stort sett bestemt av hvor godt kjelen er isolert og driftstemperaturen. Strålingstapet varierer normalt fra 1 – 8 % av kjelens maksimale ytelse, avhengig av kjelkonstruksjon og alder.

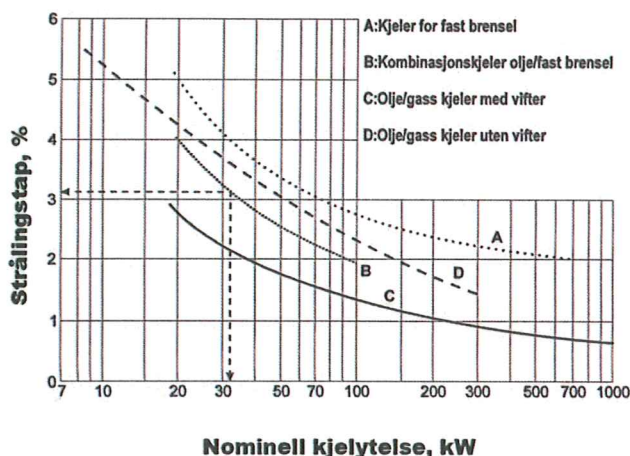
Strålingstapet kan måles på den enkelte kjel. Temperaturen på kjeloverflaten og alle andre flater i fyrrommet må registreres og det må utføres meget kompliserte strålingsberegninger. I praksis vil dette ikke være mulig i et eksisterende fyrrom.

Det finnes lite statistisk grunnlag for strålingstap fra kjeler. Tabellen angir noen veiledende verdier som er kommet fram i et arbeid Norsk Petroleumsinstitutt har utført. Dette er også i overensstemmelse med tyske standarder for små varmtvannskjeler.

Strålingstap fra små oljekjeler		
Produksjonsår	Olje og fastbrensel	Olje
1950 - 1975	7 – 8 %	3 – 4 %
1975 - 1985	5 – 6 %	2 – 3 %
1985 -	4 – 5 %	1 – 2 %

Strålingstapet fra moderne kjeler er redusert betraktelig de siste årene ved at kjelene nå er betydelig bedre mantlet og isolert ved bruk av f.eks. pureuretanskum, slik som benyttes i bl.a. i preisolerte fjernvarmerør. Dette har medført at det nå er oljekjeler på markedet med så lave strålingstap som 0,3 %.

Figuren nedenfor er hentet Viessmann (kjelprodusent) og VDI-Varmatlas for kjeler som er nyere enn 1985 og som man ser, utgjør strålingstapet 1 – 4 % av nominell effekt, men varierer med størrelse på kjelen. Store moderne oljekjeler har strålingstap under 1 %.



Det er verdt å merke seg at strålingstapet angis i prosent av nominell effekt og strålingstapet er det samme hele tiden. For oljekjelen foran som leverer 24,2 l/h x 10 l/h = 242 kW innfyrt eller med 10 % røkgassstap og 1 % strålingstap ca. 215 kW nominell effekt ut på varmeanlegget i løpet av fyringssesongen 15. sept. - 1. mai (ca. 5.400 h). Strålingstapet utgjør ca. 1,0 % eller ca. 2,15 kW som i løpet av fyringssesongen utgjør 2,15 kW x 5.400 h = 11.610 kWh. Varmeleveransen utgjør 545.000 kWh, dvs. strålingstapet utgjør ca. 2,1 % i tillegg til varmeløstapet, men bare ca. 1 % mht. effekt. Konklusjonen er at strålingstapet regnet i % av levert energi øker kraftig hvis kjelen er i drift til varmtvannsproduksjon i sommermånedene og hvis kjelen er overdimensjonert i forhold til nødvendig effekt i varmeanlegget.

Strålingstapet fra elektriske elementkjeler finnes enklast ved å kontakte leverandøren eller se i aktuelt datablad. For kjeler i størrelsen 12 - 120 kW er strålingstapet i størrelsesorden rundt 1 % av maksimal kapasitet ved 90 °C på kjel-vannet og en rom temperatur på 20 °C. Det er derfor vanlig å angi årsvirkningsgraden for elektriske elementkjeler til 98 – 99 % i det disse hverken har røkgassstap eller gjennomstrømningstap. Dog kan strålingstapet regnet som % av levert varme bli vesentlig større enn 1 – 2 % hvis el.kjelen er meget overdimensjonert slik regnestykket ovenfor viser.

Gjennomstrømningstapet:

Gjennomstrømningstapet skyldes at når kjelen og pipa er varmere enn omgivelsene vil det trekkes luft gjennom systemet, den såkalte skorsteinseffekten som opptrer når oljebrenneren står.

Den luften som suges gjennom kjelen når brenneren ikke går, vil bli varmet opp til litt under kjeltemperaturen og sluppet ut gjennom pipa. Dette varmetapet er avhengig av hvor godt kjelen er tettet rundt alle luker og åpninger, samt om brenneren er utstyrt med spjeld som automatisk lukkes når brenneren stopper.

Et alternativ til brennerspjeld er å montere et spjeld i røkgasskanalen som lukker automatisk når brenneren stopper. Et automatisk røkgassspjeld vil effektivt stoppe nær sagt all luftgjennomstrømning, men erfaringsmessig er det en del driftsproblemer med slike spjeld på grunn av de store temperaturvariasjonene.

Gjennomstrømningstapet er avhengig av konstruksjonen på den enkelte kjel og brenner, samt hvordan utstyret er montert. Derfor må dette tapet bestemmes for det enkelte anlegget, enten ved målinger og beregninger, eller ved forsøk.

Det er verdt å merke seg at hvis brenneren har altfor stor effekt i forhold til reelt effektbehov, så vil dette føre til at brenneren starter og stopper unødvendig ofte med resultat at gjennomstrømningstapet blir unødvendig høyt.

Driftsvirkningsgraden:

For å synliggjøre hvor komplisert det kan være å gi en eksakt verdi for driftsvirkningsgraden for en periode, illustreres dette med et tenkt eksempel nedenfor.

Det er ganske vanlig at man leser av oljeforbruk, driftstider etc. en gang i uken og vi bruker derfor en uke som måleperiode. En uke er 7 døgn som tilsvarer 168 timer.

I et tenkt fyrrom måler oljeleverandøren følgende data:

Røkgasstemperatur T = 245 °C
Fyrromstemperatur t = 25 °C
CO₂ % i røkgassen = 13 %

Antatt strålingstap = 3 %

Ved bruk av Siegerts formel kommer man her fram til at røkgasstapet er ca. 10 %. Dette betyr at fyringsteknisk virkningsgrad er $(100 - 10) \% = 90 \%$.

Når brenneren går så har en ikke noe gjennomstrømningstap og maksimal driftsvirkningsgrad blir derfor $(100 - 10 - 3) \% = 87 \%$.

For ikke modulerende oljebrennere er det vanlig å måle Intermitensgraden I og denne er definert slik:

Intermitensgraden I = (Måleperioden - Driftstiden for brenner) / (Driftstiden for brenner)

Intermitensgraden I = (Ståtid for brenner i måleperioden) / (Driftstid for brenner i måleperioden)

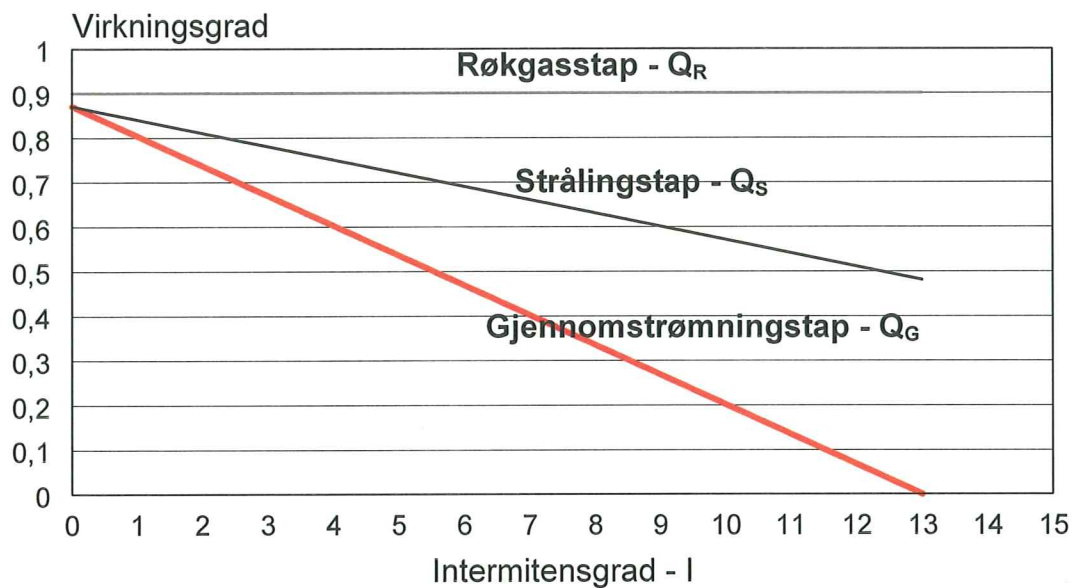
Når brenneren går er Intermitensgraden I pr. definisjon lik 0.

Ved å stenge tur- og returledningen på vann-siden av kjelen og registrere drift av brenner da, så vil dette være en situasjon som gir driftsvirkningsgrad lik 0 i og med at kjelen da ikke leverer noe energi ut via varmeanlegget. Man må passe på at kjelen ikke blir utsatt for lokal overoppheting. Dette kan resultere i sprekkdannelse eller i verste fall at kjelen eksploderer. For å utføre nevnte måling av strålings- og gjennomstrømningstap bør kjelen være utstyrt med en egen sirkulasjons-krets rundt selve kjelen.

Et typisk måleresultat for situasjonen ovenfor kan være at brenneren går til sammen 30 minutter i løpet av 7 timer. Dette gir følgende:

Intermitensgraden I = $(7 \times 60 - 30) \text{ min.} / 30 \text{ min.} = 13$

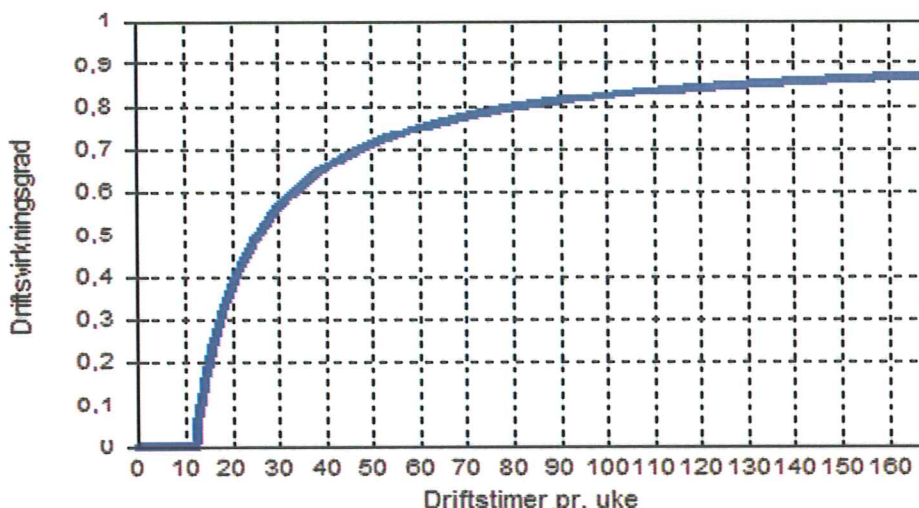
For dette fyrrommet har man nå 2 ytterpunkter for driftsvirkningsgraden, nemlig maksimal driftsvirkningsgrad lik 87 % = 0,87 ved I = 0 og driftsvirkningsgrad lik 0 % = 0 ved I = 13. En kan da for dette aktuelle fyrrommet tegne følgende figur som vil være unikt for hvert enkelt fyrrom.



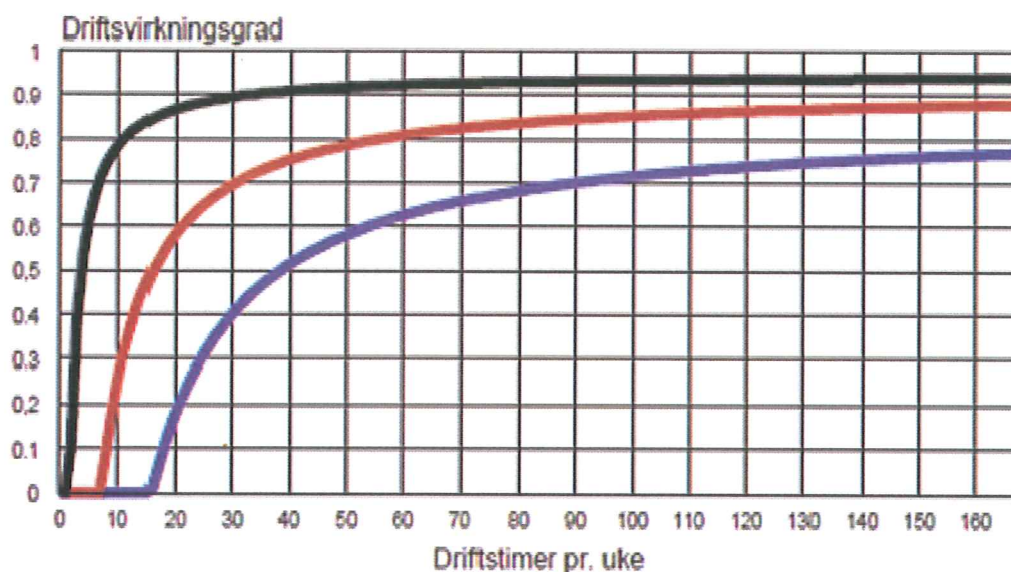
Når man først har etablert ovennevnte figur, så vil man enkelt kunne angi driftsvirkningsgraden for en aktuell periode.

Hvis timetelleren for fyrrommet ovenfor etter en uke viser at brenneren har vært i drift 47 timer av i alt 168 timer, så blir Intermitensgraden $I = (168 - 47) / 47 = 2,6$. Driftsvirkningsgraden denne uke har da vært ca. 70 %. For å oppnå en driftsvirkningsgrad på ca. 80 % må $I < 1,1$, eller at brenneren går minst 80 timer pr. uke.

Figuren ovenfor kan omdannes slik at Intemitensgraden I erstattes av driftstimer på brenneren pr. uke slik:



Som nevnt så har tekniske innretninger på og rundt oljekjeler blitt forbedret betydelig og en kan skille mellom eldre og moderne oljekjeler mth. brennere. Driftsvirkningsgraden for oljekjeler kan illustreres slik:



Sort kurve: Nye moderne kjeler

Rød kurve: Normale kjeler

Blå kurve: Eldre kjeler (støpjern)

Driftsvirkningsgraden vil alltid være lavere enn fyrteknisk virkningsgrad. Det skyldes strålingstapet og et eventuelt gjennomstrømningstap

Årsvirkningsgraden er driftsvirkningsgraden over et helt år og figuren ovenfor vil derfor være retningsgivende i så henseende.

Oppsummering mht. årsvirkningsgrad:

Ut fra teorien foran og hvis alt er optimalt i fyrrommet, kan man grovt oppsummere slik:

- Moderne oljekjeler (installert etter ca. 1995) har årsvirkningsgrad rundt 90 %.
- Oljekjeler installert ca. 1975 - 1995 har årsvirkningsgrad rundt 75 %,
- Oljekjeler installert før ca. 1975 har årsvirkningsgrad rundt 65 %.

Ut fra alderssammensetningen for oljefyrte varmesentraler, er det grunn til å anta at gjennomsnittlig årsvirkningsgrad vil ligge i rundt 75 % for et normalt tettsted i Norge.

Det er viktig at alle faktorer som påvirker virkningsgraden er optimalt valgt eller innstilt. For å nevne noen faktorer som virker inn på årsvirkningsgraden, så har vi følgende:

- 1 liter olje krever ca. 15 m³ luft. Det er derfor viktig at fyrrommet og brenneren har tilgang til tilstrekkelig med luft ellers vil man få ufullstendig forbrenning.

- Oljebrenner/oljedyse må være avpasset effektbehovet til varmanlegget. Videre må dyser skiftes jevnlig, minst en gang i året.
- Kjelen må feies jevnlig ellers øker røkgasstemperaturen mth. økt røkgasstep, ref. Siegert formel foran.
- Ettersyn og eventuelt tette luftlekkasjer ved feieluker og andre åpninger. Falsk-luft fører til økt gjennomstrømningstep.
- Sørg for at røkgasstepet måles minst en gang i fyringssesongen, ref. Siegert formel foran

Utfasing av oljekjeler i fjernvarmeområder:

Utfasing av oljekjeler til fordel for fjernvarme har 2 gevinster/besparelser, Miljø og Energi. Dette er et viktig arbeid i forbindelse med myndighetenes utfasing av oljekjeler i Norge. Dette ble bekreftet av den nye olje- og energiministeren Tord Lien under fjernvarmedagene 2013, sitat: "Uten utbygging av fjernvarme hadde det ikke vært mulig å fase ut oljefyrer innen 2020. Fjernvarmeutbyggingen må sannsynligvis vokse for at det skal være mulig."

Miljøgevinst:

Hver liter olje som forbrennes gir et CO₂-utslipp på 2,69 kg. Med oljekjeler som har årsvirkningsgrad på 75 % så vil hver kWh generere 0,359 kg CO₂.

Tar man utgangpunkt i eksemplet foran med varmebehov/leveranse på 545.000 kWh/år og årsvirkningsgrad på 75 % generer dette fyrrommet 195.473 kg CO₂ eller 195,5 tonn CO₂ hvert år.

Fornybarandelen for de fleste fjernvarmeanleggene i Norge ligger på rundt 85 %. Hvis man antar at de resterende 15 % fyres med olje med årsvirkningsgrad 90 % og at nettet har et tap på 10 %, så vil hver kWh som leveres fra fjernvarme generere 49,32 gr. CO₂, $((((2,69/0,9) \times 1,1) \times 0,15 / 10) \times 1.000) = 49,32$. CO₂-utslippet etter tilkobling av fjernvarme i eksemplet foran vil reduseres til 26.877 kg pr. år eller en miljøgevinst lik ca. 168,6 tonn CO₂ hvert år.

Hvis man antar at fjernvarme har 85 % fornybarandel og benytter olje som spisslast/back-up, vil miljøgevinsten bli slik:

- Oljekjel med årsvirkningsgrad 90 % vil gi 250 gr. CO₂-reduksjon pr. kWh som overføres til fjernvarme.
- Oljekjel med årsvirkningsgrad 75 % vil gi 309 gr. CO₂-reduksjon pr. kWh som overføres til fjernvarme.
- Oljekjel med årsvirkningsgrad 65 % vil gi 365 gr. CO₂-reduksjon pr. kWh som overføres til fjernvarme.

Energibesparelse:

Teoretisk er 2 hovedgrunner til at man kan oppnå energibesparelse ved tilkobling til fjernvarme:

- Utfasing av gamle kjeler med dårlige virkningsgrader.
- Gjennomføring av tiltak på byggets varmeanlegg i forbindelse med tilkobling til fjernvarme.

Dagens kundesentraler er meget godt isolerte og lite eller nærmest ikke noe strålingstap fra disse. Dette bekreftes godt ved at gamle fyrrom som ofte har en romtemperatur på vanligvis rundt 40 °C. Etter at kundesentralen er satt i drift, faller vanligvis romtemperatur ned mot 20 °C og det er som oftest bare varmetap fra flenser og rør som holder temperaturen i rommet der kundesentralen er plassert. Her er det meget viktig at de gamle kjelene kobles helt ut, dvs. at det ikke sirkulerer vann gjennom dem, da dette vil resultere i strålingstap og gjennomstrømningstap, selv om brenneren ikke er i drift.

Enova (Energifondet) godkjenner ikke redusert røkgasstap og gjennomstrømningstap i forbindelse med utfasing av oljekjeler, men godtar redusert strålingstap i fyrrommet som spart energi. Strålingstapet gjennom fyringssesongen/året vil som vist ovenfor fort bli 2 til 3 ganger den %-sats som er oppgitt i forhold til nominell effekt på kjelen.

Ser man på eldre fyrrom som kanskje har årsvirkingsgrader med mot 60 %, så vil mange av disse innen nær framtid måtte rehabiliteres og da er relevant årsvirkingsgrad rundt 90 %. Dette skulle tilsi en spart energimengde på opptil 30 %. Dette setter imidlertid TEK10 begrensninger for, i det at rehabilitering kommer inn under § 14-7 "Det er ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel som grunnlast".

Analyse av tiltak på byggets varmeanlegg er ikke foretatt i dette notatet, men ser man på de fleste kundesentraler som monteres inn i fyrrommene, så i tillegg til å være meget godt isolerte, så er disse utstyrt med moderne ute-kompensert temperaturregulering og egen tappevannsveksler.

Dette tilsier at man vil oppnå bedre temperaturregulering av turtemperaturen. Utskifting av temperaturreguleringsutstyr gir erfaringsmessig 3 – 5 % besparelse og Enova godkjenner ca. 3,3 % i sitt bygg-program, (predefinert tiltak, 5 % av temperatur-kompensert energibruk).

Ved at kundesentralen også produserer tappevann, vil dette i tillegg til strålingstapet fra kjelen også redusere et strålingstap fra bereder(e).

Fossekall AS


Arild Kvikstadhagen