

Oppdragsnavn/dokumentnavn: <b>EUs Bygningsdirektiv</b> Delprosjekt (DP) 3 - Ettersyn kjelanlegg		<b>REVISJONSKODER:</b> (Se spesifikasjon KNE01-JS-0001) K : Intern arbeidsutgave A : Utgave for intern tverrfaglig kontroll (IDK) B : For kommentar hos oppdragsgiver C : For anbud- / tilbudsforespørsel D : For kontrakt E : For bygging/fabrikasjon/implementering/iverksettelse F : Som bygget, endelig utgave U : Utgått					
		<b>STATUSKODER:</b> (Se spesifikasjon KNE01-JS-0001) 1 : Akseptert for angjeldende bruk 2 : Akseptert med kommentar 3 : Ikke akseptert 4 : Ikke gjennomgått. (mottatt for informasjon)					
Oppdragsgiver: <b>NVE</b>	Tilgjengelighet: <b>Intern</b>			Henvisning:			
Oppdragsgivers referanse: <b>Terje Stamer Wahl</b>	Utarbeidet av: <b>Morten H. Soma</b>						
Ekstrakt: Bakgrunn for dette arbeidet er av EU-direktivet "Energy Performance of Buildings" direktiv 2002/91/EC av 4.1.2003, og nærmere bestemt dette direktivets Artikkel 8: <b>Inspection of boilers</b> "With regard to reducing energy consumption and limiting carbon dioxide emissions, Member States shall either: (a) lay down the necessary measures to establish a regular inspection of boilers fired by non-renewable liquid or solid fuel of an effective rated output of 20 kW to 100 kW. Such inspection may also be applied to boilers using other fuels. Boilers of an effective rated output of more than 100 kW shall be inspected at least every two years. For gas boilers, this period may be extended to four years. For heating installations with boilers of an effective rated output of more than 20 kW which are older than 15 years, Member States shall lay down the necessary measures to establish a one-off inspection of the whole heating installation. On the basis of this inspection, which shall include an assessment of the boiler efficiency and the boiler sizing compared to the heating requirements of the building, the experts shall provide advice to the users on the replacement of the boilers, other modifications to the heating system and on alternative solutions; or (b) take steps to ensure the provision of advice to the users on the replacement of boilers, other modifications to the heating system and on alternative solutions which may include inspections to assess the efficiency and appropriate size of the boiler. The overall impact of this approach should be broadly equivalent to that arising from the provisions set out in (a). Member States that choose this option shall submit a report on the equivalence of their approach to the Commission every two years." "Ettersynets primære mål er å øke fokuseringen på investering i energieffektive anlegg og energieffektivt vedlikehold og drift av anlegg. Delprosjektet er begrenset til anlegg med kjel over 100 kW og omfatter periodisk ettersyn samt engangsettersyn av anlegg over 15 år. Arbeidet skal blant annet ta utgangspunkt i foreliggende utkast til europeiske standarder. I praksis vil dette være: "TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings — Inspection of boilers and heating systems" Prosjektet beskriver et forslag til innhold i og utforming av ettersyn, og rutiner og prosedyrer knyttet til operativ utførelse av ettersyn. Nødvendige eller anbefalte inndata, beregninger og utdata defineres og beskrives.							
<b>UTGIVER</b>					<b>OPPDRA GSGIVER</b>		
K01	07.07.2005	Endelig utgave	MHS				
K01	24.05.2005		MHS				
Rev.	Dato	Tekst	Laget	Sjekk	Godkjent	Status	
Stikkord: <b>Kjelanlegg</b> <b>Energioppfølging</b>							
<b>Dokument-Nummer</b>	Oppdragsnummer Referansenummer <b>26582</b>	Dokumentkode: <b>RV</b>	Løpenummer: <b>0002</b>	Revisjon: <b>E01</b>	ISBN:	Side 1 av 60	

HOVEDKONTOR  
Hoffsveien 13  
Postboks 27 Skøyen  
N - 0212 Oslo  
Telefon: 22 06 18 00  
Telefaks: 22 06 18 90

AVD. GJØVIK  
Strandgt. 13 A  
N - 2815 Gjøvik  
Telefon: 61 13 19 10  
Telefaks: 61 13 19 11

AVD. BERGEN  
Damsgårdsveien 125  
Postboks 3 , Laksevåg  
N - 5847 Bergen  
Telefon: 55 34 81 50  
Telefaks: 55 34 29 50

SANDNES  
Hanabryggene, 2B  
Postboks 3526,  
N - 4393 Sandnes  
Telefon: 51 97 74 30  
Telefaks: 51 97 74 31

Organisasjonsnr.  
NO 945 469 277  
<http://www.energi.no>

## INNHOOLD

	Side
1 SAMMENDRAG .....	3
2 INNLEDNING .....	5
2.1 Bakgrunn .....	5
2.2 Oppdraget .....	6
2.3 Organisering av arbeidet.....	6
3 EKSISTERENDE INFORMASJONSKILDER .....	8
3.1 Plan og Bygningsloven – Byggeforskriftene.....	8
3.2 Prenøk.....	8
3.3 Tilstandskontrollprosjektet (TKP).....	8
3.4 EO-ordningen .....	9
3.5 CEN/Norske Standarder .....	9
4 Tekniske vurderinger.....	10
4.1 Avgrensning .....	10
4.2 Frekvens og omfang for inspeksjon .....	11
4.3 Oppbygging av inspeksjonsordningen.....	12
4.3.1 Periodisk inspeksjonen av kjel .....	12
4.3.2 Engangsinspeksjon av varmeanlegget.....	15
4.4 Metodikk for beregning av kjelers virkningsgrad .....	20
4.4.1 Beregninger av driftsvirkningsgrad – eksakt metode.....	22
4.4.2 Beregninger av driftsvirkningsgrad – tilnærmet metode.....	23
4.5 Metodikk for beregning av kjelens virkningsgrad – brenner uten timeteller .....	30
4.6 Dimensjoneringskontroll .....	34
5 Forslag til inspeksjonsordning.....	43
5.1 Periodisk kontroll av kjelanlegg.....	43
5.2 Engangsinspeksjon av varmeanlegg.....	50
5.2.1 Generelt .....	50
5.2.2 Varmesentral.....	51
5.2.3 Distribusjonssystem.....	52
5.2.4 Tappevannsanlegg .....	53
5.2.5 Sekundært varmeanlegg .....	54
6 ANDRE FORHOLD .....	55
6.1 Ressursmessig omfang av inspeksjonene .....	55
6.2 Kvalifikasjonskrav for inspektører .....	56
6.3 Mulig koordinering av med andre ettersyn/ordninger.....	57
6.3.1 Energimerking .....	57
6.3.2 EO-ordningen .....	57
6.4 Opplæring og informasjonsbehov .....	57
6.5 Behov for videre utredning.....	58
7 BEGREPSFORKLARING.....	59
8 REFERANSER.....	60

## 1 SAMMENDRAG

Norsk Energi har gjennomgått det foreliggende underlag for innføring av EU-direktivet Energibruk i Bygninger, og gir i denne rapporten sine anbefalinger og forslag til detaljert gjennomføring av inspeksjonsordninger for kjelanlegg.

Sammenfattet er våre anbefalinger:

- Vi forslår obligatorisk periodisk kontroll med følgende frekvens:
  - Oljekjeler: Hvert annet år
  - Gasskjeler: Hvert fjerde år.
- Kontrollene bør være selvstendige undersøkelser, med klare forslag til utbedringer og videre undersøkelser
- Det bør snarest defineres et opplæringsplan og godkjenningsordning for inspektører
- Det bør snarest defineres krav til godkjente opplæringssteder for inspektørene
- Det bør innføres en kontroll/tilsyn med at kravene etterleveres av byggeierne
- Det bør innføres en kontroll/ettersyn med stikkprøvebasert kontroll av ettersynet
- Strålings- og gjennomstrømningstap for kjelanlegg vil kunne ha meget stor betydning for anleggenes driftsvirkningsgrad. For å ha et best mulig grunnlag for beregning av driftsvirkningsgrad for kjelanlegg, bør en derfor utarbeide en oppdatert oversikt over følgende:
  - Spesifikt strålingstap
  - Spesifikt gjennomstrømningstap.

Vi har utarbeidet et forslag til inspeksjon som omfatter følgende skjemaer:

### **Periodisk inspeksjon**

- Dokumentgjennomgang
- Tekniske data
- Beregning av driftsvirkningsgrad (flere alternativer).

### **Engangsinspeksjon**

- Dokumentgjennomgang
- Tekniske data
- Varmesentral
- Distribusjonssystem
- Tappevannsanlegg
- Sekundært varmeanlegg.

Vi har vurdert kostnadene for gjennomføring av inspeksjonene. Disse er estimert til:

**Periodisk inspeksjon**

- Lite anlegg: kr. 2.500,-
- Middels anlegg: kr. 3.500,-
- Stort anlegg: kr. 4.500,-

Vi har forutsatt at kjelanlegget har timeteller og oljemengdemåler, noe mange eksisterende anlegg ikke har. Dette innebærer at det i tillegg, forutsatt at dette gjennomføres i forbindelse med servicebesøk, eventuelt kommer en engangskostnad på:

- Timeteller: 500 kr pr. brenner + montering
- Oljemåler: 1.500 kr. pr. brenner + montering.

**Engangsinspeksjon**

- Lite anlegg: kr. 5.000,- (bygg under 2.000 m<sup>2</sup>)
- Middels anlegg: kr. 10.000,- (bygg mellom 2.000 og 5.000 m<sup>2</sup>)
- Stort anlegg: kr. 15.000,- (bygg over 5.000 m<sup>2</sup>).

Vi har forutsatt at en ved gjennomføring av engangsinspeksjonen foretar beregning av driftsvirkningsgraden i varmesentralen. Dette innebærer at det bør installeres varmemåler, noe som vil medføre en kostnad inklusive montering på:

5.000 – 30.000,- kr.

## 2 INNLEDNING

### 2.1 BAKGRUNN

Direktiv 2002/91/EC (2) om energieffektivitet i bygninger ("direktivet") forutsettes gjennomført i Norge innen 4. januar 2006. Bakgrunnen for direktivet er at det eksisterer et stort potensiale for energieffektivisering i bygningssektoren som kan bidra til både reduserte utslipp av klimagasser og bedre forsyningssikkerhet. Direktivet har som mål å effektivisere energibruken i bygninger.

Direktivet inneholder følgende fire hovedelementer:

- Felles metode for utregning av energibruk i bygninger.
- Definere nasjonale energikrav for nye bygg og bygninger som renoveres, visse unntak.
- Innføring av energimerke for nye og eksisterende bygninger som viser hvor energieffektiv bygningen er. Energimerket skal inneholde anbefalinger om tiltak for økt energieffektivitet. I offentlige bygninger og bygninger i offentlig bruk, hvor bygningen er over 1 000 m<sup>2</sup>, skal energimerket være synlig for allmennheten.
- Periodisk inspeksjon ("ettersyn") av klimaanlegg over 12 kW og kjeler over 20 kW fyrt med fast eller flytende fossilt brensel, samt engangskontroll av eldre varmeanlegg med kjel over 20 kW. For kjelanlegg kan innføres alternative tiltak med tilsvarende effekt.

Som et ledd i arbeidet med implementering av direktivet har NVE etablert et delprosjekt "Delprosjekt 3 – "Innhold i, utforming av og prosedyrer for ettersyn av kjeler, inklusiv engangsettersyn av eldre varmeanlegg med kjel".

Ettersynets primære mål er å øke fokuseringen på investering i energieffektive anlegg og energieffektivt vedlikehold og drift av anlegg. Delprosjektet skal begrenses til anlegg med kjel over 100 kW. Avhengig av hvilke effektgrenser som settes for krav om ettersyn, antas at regelmessig ettersyn vil være relevant for ca. 17.000 kjelanlegg over 100 kW. For kjelanleggene er det aktuelt med engangsettersyn av anlegg som er eldre enn 15 år. Dette gjelder anslagsvis halvparten av nevnte 17.000 anlegg. Kostnadene ved ettersyn vil belastes eier av anleggene. Hyppigheten på regelmessig ettersyn vil være annet hvert år for kjeler. Ettersynet vil primært bestå i en gjennomgang av anlegget, med anbefalinger til tiltak.

Arbeidet skal blant annet ta utgangspunkt i foreliggende utkast til europeiske standarder. I praksis vil dette være:

"TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings — Inspection of boilers and heating systems", ref. /1/.

Prosjektet skal beskrive et forslag til konkret og detaljert innhold i og utforming av ettersyn, og rutiner og prosedyrer knyttet til operativ utførelse av ettersyn. Nødvendige eller anbefalte inndata, beregninger og utdata defineres og beskrives. Valg mellom aktuelle alternativer (beregningsmåter, elementer, prosedyrer, etc.) skal begrunnes. Likeledes skal forhold som krever nærmere utredning identifiseres og kommenteres.

## 2.2 OPPDRAGET

NVE har definert oppdraget som følger:

### Ettersyn av kjelanlegg

Delprosjektet skal resultere i forslag til konkret og detaljert innhold i og utforming av ettersyn, samt rutiner og prosedyrer knyttet til operativ utførelse av ettersyn. Nødvendige eller anbefalte inndata, beregninger og utdata defineres og beskrives. Valg mellom aktuelle alternativer (beregningsmåter, elementer, prosedyrer, etc.) skal begrunnes. Likeledes skal forhold som krever nærmere utredning identifiseres og kommenteres. Forslagene skal bygge opp under hensikten med direktivet, ivareta behovet for bruker- og markedsorientering, faglig kvalitet og relevans samt kostnadseffektivitet.

Arbeidet skal ta utgangspunkt i foreliggende utkast til europeiske standarder. Viktige oppgaver som ikke dekkes av gruppenes mandater er bl.a. spesifisering og utforming av støttesystemer (beregningsverktøy og registre/databaser), overordnede administrative og forvaltningsmessige rutiner samt behov for informasjon og kommunikasjon knyttet til ordningene.

### Ad. delprosjekt 3 - Innhold i, utforming av og prosedyrer for ettersyn av kjelanlegg

Ettersynet skal omfatte anlegg med effekt over 100 kW.

Ettersynet skal ta utgangspunkt i direktivets bestemmelser om regelmessig ettersyn, forslag til relevante standarder og **NVEs foreløpige vurderinger**. Det skal bl.a. gjøres vurderinger av i hvilken grad regelmessig ettersyn kan inneholde enkle servicetiltak og nødvendige avgrensninger av hvilke anlegg som bør omfattes. Frekvensen av ettersyn for ulike typer anlegg, hensyntatt innretning av ettersynet, skal vurderes.

I delprosjektet inngår en vurdering av ressursbehov (timebruk) knyttet til ettersyn av de ulike anleggene og behovet for å definere forskjellige konsepter for ettersyn av ulike typer anlegg.

## 2.3 ORGANISERING AV ARBEIDET

I dette delprosjektet har Norsk Energi v/Morten H. Soma vært prosjektleder for delprosjektet 3 - **Innhold i, utforming av og prosedyrer for ettersyn av kjelanlegg**. I arbeidet har også Norsk Energi ved Arve Elvebach deltatt i prosjektgjennomføringen.

I tilknytning til denne gruppen har det vært en prosjektgruppe oppnevnt av NVE. Prosjektgruppens deltakere har vært

- Thor Endre Lexow, Standard Norge
- Olav Lærum, EO-ordningen
- Kari Jensen, DSB
- Terje Stamer Wahl, NVE
- Erling Weydahl, Multikonsult

Deltagerne har bidratt med energifaglige innspill, markedsbetraktninger, praktiske og økonomiske vurderinger, etc.

Prosjektleder har benyttet en rekke kilder i utførelsen av arbeidet, både personlige kontakter, bedriftskjennskap, kontakter via foreninger har vært benyttet, foruten søk på internett, i faglitteratur- og tidsskrifter, samt i tekniske rapporter.

Prosjektleder har vært ansvarlig for å utarbeide prosjektskisse, involvere oppnevnte prosjektdeltagere på en hensiktsmessig måte, sørge for nødvendig fremdrift og utarbeide relevant og dekkende sluttrapport for delprosjektet. Sluttrapporten inneholder kildehenvisninger og referanser, og vedlegges **eventuelle** innspill fra de øvrige prosjektdeltagerne som ikke er inkludert eller hensyntatt i sluttrapporten. (Slike innspill skal følges av en kort vurdering fra prosjektleder.)

Gruppen har hatt tre møter i perioden april – juni 2005, samt diverse meningsutveksling pr. epost og telefon.

Prosjektleder har benyttet en rekke kilder i utførelsen av arbeidet, både personlige kontakter, bedriftskjennskap, kontakter via foreninger, foruten søk på internett, hos myndigheter i Norge og Norden, kommersielle firmaer, i faglitteratur- og tidsskrifter, samt i tekniske rapporter.

Prosjektleder har vært ansvarlig for å utarbeide prosjektskisse, involvere oppnevnte prosjektdeltagere, sørget for nødvendig fremdrift og utarbeidelse av sluttrapporten for delprosjektet.

### **Rapport, Foreslåtte prosedyrer og skjemaer**

Det er i dette arbeidet fokusert på energieffektive anlegg. Det er ikke søkt å lage en komplett prosjekteringsanvisning for kjelanlegg eller varmeanlegg og heller ikke en komplett veiledning for målinger. Rapporten diskuterer og tolker (i teknisk forstand) direktivet, og gir anbefalinger med hensyn på implementering av dette tilpasset norske forhold.

I rapportens er beskrevet de foreslåtte prosedyrer for inspeksjonsordningene. Det er videre laget konkrete forslag til skjemaer for gjennomføring av inspeksjonene, og skjemaene er strukturert i henhold til vårt forslag i rapporten.

I arbeidet med utarbeidelse av skjemaene er det lagt vekt på å finne et nivå som gjør inspeksjonene relativt raske å utføre, men likevel slik at de vanligste feil og mangler med hensyn på energieffektivitet kan bli avdekket. Det er videre vektlagt å lage informasjonen relativt kompakt, slik at den blir mer tilgjengelig både for brukere og andre som senere trenger denne informasjonen.

### 3 EKSISTERENDE INFORMASJONSKILDER

Kravene til ettersyn av kjelanlegg og varmeanlegg har til nå ikke vært eksakt definert i norsk lovverk. Det foreligger derimot en rekke ordninger som med ulike ambisjonsnivåer beskriver krav til ventilasjons- og kjøleanlegg. Dette kapitlet beskriver noen av de mest vesentlige kildene.

#### 3.1 PLAN OG BYGNINGSLOVEN – BYGGEFORSKRIFTENE

I veiledningen til teknisk forskrift til plan og bygningsloven, kapittel VIII Miljø og Helse og kapittel IX installasjoner, ref. /2/, inngår noen krav/anbefalinger til ytelser og kvaliteter for tekniske anlegg.

Bygningsteknisk Etat jobber for tiden (våren 2005) med oppdatering av veiledningens delkapitler om energibruk. Det er ikke kjent om det vil komme endringer i delkapitlene som mer spesifikt omhandler kjelanlegg. Like fullt er det vår klare anbefaling at både energi- og bygningslovgivningene (lover, forskrifter og veiledninger) i størst mulig grad bør være harmonisert både med hensyn på terminologi, definisjoner, krav og sanksjoner.

EPBD introduserer, for bygg som omsettes og som inneholder både kjel- og ventilasjonsanlegg, 3 ulike inspeksjoner/kontroller, som er delvis relatert til hverandre. Eksempelvis vil resultatene fra inspeksjonene for tekniske anlegg være verdifull input til utarbeidelse av energimerkene. Tilsvarende vil et energimerke (bygningssertifikat) være nyttig og oversiktlig informasjon for å kunne gjøre gode vurderinger av dimensjoneringen av de tekniske anleggene.

For nye bygg (i alle fall over visse størrelser) vil det være spesielt nyttig og relevant om det blir et krav til installasjon av energimålere (og driftstimetellere) for ventilasjon, kjøle- og varmeanleggene, slik at man på sikt vil få mer nøyaktig informasjon/statistikk om formålsdeling av energibruken i bygninger.

#### 3.2 PRENØK

Skarland Press AS utgir på vegne av Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening "Prenøk", en håndbok med bransjeanbefalinger for VVS-bransjen. Håndboken består av en lang rekke faktablader på 4-8 sider, som både oppdateres og suppleres med nye faktablader ved behov.

#### 3.3 TILSTANDSKONTROLLPROSJEKTET (TKP)

Tilstandskontrollprosjektet TKP ble utviklet sent på 70-tallet og hadde en energiberegningsmodell for bygninger som senere dannet basis for utviklingen av energiberegningene i NS3031. TKP utviklet en rekke energiberegningseskjemaer for ulike bygningstyper og er delvis benyttet i energiberegninger fremdeles.

### 3.4 EO-ORDNINGEN

For oljefyringsanlegg finnes en frivillig norsk inspeksjons-/kontrollordning, "Effektiv Oljefyring" (EO). Ordningen for mindre anlegg (under 120 kW) har vært operativ siden høsten 1998. Da forelå kvalitetshåndboken for ordningen som ble distribuert til alle godkjente fyringsteknikere. EO-ordningen skal være et kvalitetssystem for oljefyring i kjelanlegg, dvs. at KS-systemet skal ivareta både sikkerheten og de energioptimale forhold ved selve forbrenningen, i tillegg til miljøaspektet ved slike installasjoner. Det er gjennomført en utvidelse av kontrollordningen til også å inkludere anlegg over 120 kW. Det er i prinsippet liten forskjell på små og store fyringsanlegg, slik at en serviceordning for store anlegg i stor grad kan baseres på de samme kontrollpunkter som for mindre anlegg. NVF fungerer som sekretariat for EO-ordningen (ca. en halv stilling). EO omfatter følgende punkter:

- Visuell kontroll av fyrrom mht brannfare, om det er behov for feiing av kjelen og om lufttilførsel er i orden. Måling av romtemperatur.
- Rengjøring av oljebrenner og kontroll av mekaniske komponenter
- Kontroll og skifting av brennerdyser
- Ettersyn/rengjøring/skift av oljefilter/oljesiler
- Kontroll av oljetrykket
- Kontroll av oljeslange, evt lekkasjer
- Innregulering av brenner
- Kontroll og justering av tennelektroder
- Kontroll av fotomotstand og sikkerhetstid
- Sjekk av kjelens instrumenter, vannstand og ekspansjonssystem. Avlesing av vanntemperatur.
- Miljøkontroll med måling av sottall, CO<sub>2</sub>-innhold i røykgass og røykgasstemperatur
- Beregning av kjelens virkningsgrad
- Sjekk av røykgasstemperatur og undertrykk.

### 3.5 CEN/NORSKE STANDARDER

Det foreligger en rekke standarder (norske og europeiske) som er relevante for arbeidet med EPBD. Spesielt relevant for arbeidet med inspeksjonsordninger for kjelanlegg er:

- "TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings — Inspection of boilers and heating systems", ref. /1/.

Denne standard inneholder prosedyrer for gjennomføring av nødvendig grunnlag for en fullstendig kontroll av kjelanlegg. Den finnes i dag kun på engelsk.

- EN 50379-1 "Specification for portable electrical apparatus designed to measure combustion flue gas parameters of heating appliances.  
Part 1: "General requirements and test methods"

Denne standard tilkjenner hvilke prosedyrer som skal brukes ved kalibrering av måleutstyr og hvilken standard utstyret skal ha. Denne finnes i dag kun på engelsk.

## 4 TEKNISKE VURDERINGER

### 4.1 AVGRENSNING

Utdrag fra EPBD-direktivteksten:

*EPBD – (19).*

*“Regular maintenance of boilers and of air-conditioning systems by qualified personnel contributes to maintaining their correct adjustment in accordance with the product specification and in that way will ensure optimal performance from an environmental, safety and energy point of view. An independent assessment of the total heating installation is appropriate whenever replacement could be considered on the basis of cost-effectiveness.”*

Dette innebærer at direktivet legger føringer for en inspeksjonsordning som også bør berøre miljø og sikkerhet. Inspeksjonsordningen bør derfor i tillegg til energimessige forhold også inkludere en vurdering av forhold knyttet til anleggets miljøytelser og sikkerhet. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordningen.

I artikkel 8 I direktivet heter det:

#### ***Inspection of boilers***

*“With regard to reducing energy consumption and limiting carbon dioxide emissions, Member States shall either:*

- a) lay down the necessary measures to establish a regular inspection of boilers fired by non-renewable liquid or solid fuel of an effective rated output of 20 kW to 100 kW. Such inspection may also be applied to boilers using other fuels. Boilers of an effective rated output of more than 100 kW shall be inspected at least every two years. For gas boilers, this period may be extended to four years. For heating installations with boilers of an effective rated output of more than 20 kW which are older than 15 years, Member States shall lay down the necessary measures to establish a one-off inspection of the whole heating installation. On the basis of this inspection, which shall include an assessment of the boiler efficiency and the boiler sizing compared to the heating requirements of the building, the experts shall provide advice to the users on the replacement of the boilers, other modifications to the heating system and on alternative solutions; or*
- b) take steps to ensure the provision of advice to the users on the replacement of boilers, other modifications to the heating system and on alternative solutions which may include inspections to assess the efficiency and appropriate size of the boiler. The overall impact of this approach should be broadly equivalent to that arising from the provisions set out in (a). Member States that choose this option shall submit a report on the equivalence of their approach to the Commission every two years.”*

Direktivets primære mål er å sikre investering i energieffektive kjelanlegg og energieffektivt vedlikehold og drift av disse typer anlegg. Artikkel 8 har fokus på **energiforbruk og begrensning av CO<sub>2</sub>-utslipp** og pålegger EU og EØS-statene å velge mellom tvungen periodisk inspeksjon eller ordning med rådgivning til brukerne i forbindelse med utskifting av kjelanlegg og ved modifikasjoner av varmesystemer, eller andre ordninger som evt. kan inkludere inspeksjoner. Det siste alternativet skal evt. være likeverdig med en tvungen periodisk inspeksjon.

Direktivet skiller mellom følgende størrelser på kjelanlegg:

- 20 – 100 kW
- >100 kW.

Dette prosjektet omhandler kjelanlegg over 100 kW.

## 4.2 FREKVENNS OG OMFANG FOR INSPEKSJON

Forutsatt at en velger alternativet med tvungen periodisk kontroll, er det lagt opp til følgende inspeksjonsfrekvens:

- Kjelanlegg med effekt over 100 kW er foreslått kontrollert minst hvert 2. år
- For gassfyrte kjelanlegg kan inspeksjonsintervallet evt. økes til hvert 4. år.

For kjelanlegg eldre enn 15 år er det lagt opp til en engangskontroll som omfatter hele varmeanlegget og hvor en skal vurdere:

- Kjelanleggets virkningsgrad
- Størrelse på kjelanlegg i forhold til effektbehovet i bygningsmassen.

De fleste virksomheter har satt av begrensede ressurser til oppfølging av energi, miljø og sikkerhet. Etter å ha vært med på ulike prosesser i virksomheter som f.eks. teknisk miljøanalyse og ENØK-vurderinger, er vår erfaring at endringer av ansvarsforhold, press på bemanning, tekniske endringer, gjennomføring av ENØK-tiltak mv. gjør at det en gjennomgang vil ha en rimelig kort gyldighet. Dette medfører at vi vil anbefale at inspeksjonsordningen blir obligatorisk og skal skje med den hyppighet som alternativ a) beskriver. Dette betyr at inspeksjonen forutsettes gjennomført:

- Oljekjeler: Hvert annet år
- Gasskjeler: Hvert fjerde år.

Våre erfaringer tilsier også at oppfølging av rutiner mv. etter hvert kan endre seg, bl.a. pga. begrenset kompetanse. Da et anleggs virkningsgrad i stor grad er avhengig av en tilfredsstillende oppfølging og akseptabel drift, mener vi derfor at en vurdering av kjelanleggets virkningsgrad også bør skje periodisk. Dette er imidlertid ikke komplisert og krever begrensede ressurser.

Av hensyn til muligheter for gjennomføring av ENØK-tiltak, endring av bruksmønster mv. bør en også kontrollere om anleggets effekt er akseptabel hver gang det skjer betydelige endringer av anleggenes effekt- og energibehov. Dette innebærer at vi foreslår følgende:

- Anleggets effekt vurderes ved første periodiske inspeksjon
- Hvis det siden forrige periodisk inspeksjon er skjedd endringer som kan ha signifikant betydning for anleggets dimensjonering, foretas ny vurdering av kjelanleggets størrelse.

### 4.3 OPPBYGGING AV INSPEKSJONSORDNINGEN

Det er forutsatt at arbeidet skal ta utgangspunkt i foreliggende utkast til europeiske standarder, altså i praksis” TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings - Inspection of boilers and heating systems”, ref. /1/. Denne standarden inneholder følgende momenter/punkter:

- Inndeling i inspeksjonsklasser
- Rådgivning
- Inspeksjonsrapport
- Inspeksjonsprosedyrer.

I standarden skilles det mellom periodisk inspeksjon og engangsinspeksjon hvor prosedyrer og metoder har følgende målsetning/hensikt:

#### 4.3.1 Periodisk inspeksjonen av kjel

Periodisk inspeksjon av kjel skal gjennomføres:

- For å verifisere at kjelen er justert, drevet og vedlikeholdt mht. energieffektivitet
- For å estimere kjelens aktuelle energieffektivitet
- Som grunnlag for forbedringer av kjelens energieffektivitet.

Periodisk inspeksjonen av kjelen skal iht. standarden omfatte følgende elementer:

- Bestemme inspeksjonsklassen
- Identifikasjon av anlegget
- Dokumentinnsamling
- Visuell inspeksjon av kjelen
- Vurdere kjelens vedlikeholdsstatus
- Funksjonalitetstest av kjelen
- Vurdere kjelens regulerings-, styrings- og sikringsfunksjoner
- Avlesning av verdier på måleutstyr
- Vurdering av kjelens ytelser
- Utarbeidelse av inspeksjonsrapport med rådgivning.

Vi har tatt hensyn til disse elementene når vi har satt opp forslag til opplegg for periodisk inspeksjon. Vi viser her til Kapittel 5.

### Inspeksjonsklasser

Kjel og varmeanlegg skal iht. standarden klassifiseres iht. en eller flere av følgende parametre:

- Type brensel
- Nominell effekt (input eller produksjon)
- Type kjel
- Oppvarmet areal eller volum
- Andre relevante egenskaper.

Ulike inspeksjons- eller målemetoder kan anvendes på de enkelte inspeksjonsklassene. For hver inspeksjonsklasse skal det utarbeides tabeller hvor:

- Hver rad korresponderer til spesifikt kontrollpunkt eller inspeksjonsprosedyre og metodikk
- Hver kolonne korresponderer til en inspeksjonsklasse
- Hver celle spesifiserer om det spesifikke kontrollpunkt mv. er påkrevet eller ikke for den aktuelle kontrollklassen

To typer tabeller kan benyttes for å spesifisere detaljer eller inspeksjonsklasser:

- Liste med informasjon påkrevet for den aktuelle kjel eller varmeanlegg (typisk valg mellom alternativer som ja/nei)
- Liste over egenskaper som skal estimeres eller måles og påkrevde prosedyrer eller metoder (eksempel: virkningsgrad kan oppnås fra målinger, vedlikeholdsdata eller estimering ved bruk av tabeller).

Etter vår vurdering er det for kjeler i det aktuelle området (over 100 kW) lite hensiktsmessig å dele inspeksjonen inn i mange ulike klasser, da vi mener inspeksjonen i alle tilfelle bør ha samme omfang og så å si identiske sjekkpunkter, uavhengig av type brensel og størrelse på anlegget. Et unntak fra dette er type brensel, da olje og gass vil ha noen adskilte sjekkpunkter. Vi har imidlertid vist sjekklister for olje. Sjekklister for gass vil i stor grad være lik, men med noen få forskjeller.

### Visuell inspeksjon av kjelen

Dette bør iht. standarden omfatte synlige bevis for lekkasjer i varmesentralen, skade på isolasjon, tilsmusset brenner, brennkammer, kjel mv. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

### Vurdere kjelens vedlikeholdsstatus

Det skal gjøres en vurdering av om kjelen er vedlikeholdt periodisk og på en korrekt måte av kvalifisert og/eller autorisert personell. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

### Funksjonalitetstest av kjelen

Det skal gjøres en vurdering av om kjelen kan operere som forutsatt. Det skal noteres hvis det er feilfunksjoner på kjelen. Videre bør det noteres om tilbakemeldinger fra bruker samt drifts- eller servicepersonell. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

### **Vurdere kjelens regulerings-, styrings- og sikringsfunksjoner**

Inspeksjonen skal identifisere plassering, funksjon og setpunkt på sensorer, kontroller og indikerende instrumenter som er relevant for energiproduksjonen. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

### **Vurdering av kjelens ytelser**

Inspeksjonen kan iht. standarden vurdere følgende punkter:

- Kjelens effekt
- Energiforbruk
- Justering og kontroll av forbrenningseffektivitet
- Andre kjeltap (stråling, totalt stillstandstap mv.)
- Kontroll av driftsvirkningsgrad
- Kontroll av setpunkter
- Vurdering av kjelens størrelse i forhold til behovet.

En har tatt hensyn til dette i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

### **Inspeksjonsrapport**

Den ansvarlige for kontrollen/inspeksjonen skal avgi en rapport direkte til eier/bruker av anlegget. Rapporten skal inneholde følgende:

- Identifisering av kjel eller varmesystem
- Hva slags type kontroll/inspeksjon (2-årlig/engangskontroll/rekontroll)
- Beskrivelse av aktiviteter som er utført i løpet av kontrollen/inspeksjonen (justeringer etc.)
- Anleggsdata og målinger som kreves for den aktuelle kontrollen/inspeksjonen
- På hvilken måte er data/opplysninger om anlegget innhentet (samtale/revisjonsbok/målinger etc.)
- Standarder eller referanseverdier for den aktuelle kontrollen/inspeksjonen

Utførte avlesninger/kontroller/målinger skal presenteres i tilknytning til normtall eller referanseverdier. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

#### 4.3.2 Engangsinspeksjon av varmeanlegget

Engangsinspeksjon av varmeanlegget skal gjennomføres:

- For å verifisere at varmeanlegget er justert, drevet og vedlikeholdt mht. energieffektivitet
- For å estimere varmeanleggets aktuelle energieffektivitet
- Som grunnlag for forbedringer av varmeanleggets energieffektivitet.

Engangsinspeksjon av varmeanlegget skal iht. standarden omfatte følgende elementer:

- Bestemme inspeksjonsklassen
- Forberedelse til inspeksjonen
- Identifikasjon av anlegget med dokumentinnsamling
- Funksjonalitetstest av anlegget
- Vurdere anleggets vedlikeholdsstatus
- Vurdere anleggets regulerings-, styrings- og sikringsfunksjoner
- Vurdere anleggets energiforbruk
- Vurdere sekundært varmeanlegg
- Vurdere distribusjonssystem
- Vurdere varmesentralens delsystemer
  - Kjelene, inklusive kobling og valg av kjeler
  - Muligheter for å stenge ute kjeler som ikke er i bruk
  - Dimensjonering av varmesentral
  - Setpunkter på SRO-systemet
- Anleggets effektivitet
- Varmtvannssystem
- Utarbeidelse av inspeksjonsrapport for varmeanlegg og varmtvannsforsyning.

Vi har tatt hensyn til disse elementene når vi har satt opp forslag til opplegg for periodisk inspeksjon. Vi viser her til Kapittel 5.

Periodisk inspeksjon og engangsinspeksjon har mange av de samme sjekkpunktene. Fortskjellen mellom er sammenfattet i Tabell 4.1.

**Tabell 4.1: Omfang av inspeksjon – periodisk- og engangsinspeksjon**

Sjekkpunkt	Periodisk inspeksjon	Engangsinspeksjon
Vurdere kjelene	Ja	Ja
Vurdere hele varmeanlegget	Nei	Ja
Vurdere sekundært distribusjonssystem	Nei	Ja
Vurdere sekundært varmeanlegg	Nei	Ja
Vurdere varmtvannsanlegg	Nei	Ja
Funksjonalitetstest	Ja	Ja
Vurdere vedlikeholdsstatus	Ja	Ja
Vurdere energieffektivitet	Ja	Ja
Vurdere anleggets størrelse	Nei	Ja
Vurdere SRO-anlegg	Ja	Ja
Foreslå bedring i energieffektivitet	Ja	Ja

En viktig forskjell mellom engangsinspeksjon og periodisk inspeksjon er dermed at førstnevnte omfatter hele varmeanlegget inklusive sekundæranlegg og tappevannsforsyning. Begge ordningene omfatter vurdering av anleggets energieffektivitet og skal fremkomme med forslag til forbedringer av denne. Imidlertid er altså systemgrensene forskjellige.

I det etterfølgende skal vi gå inn på viktige punkter for engangsinspeksjonen.

### **Inspeksjonsklasser**

Vi har omtalt inspeksjonsklasser i forbindelse med periodisk inspeksjon, hvor vi ikke så noen nytte i å dele inn anleggene i inspeksjonsklasser, bortsett i fra type brensel. Mht. varmeanlegg vil vi også her anbefale å dele inn i brenseltyper; olje og gass. I prinsippet gjelder etter det vi forstår bygningsdirektivet også for fjernvarmeanlegg. Etter vår vurdering vil det imidlertid være urimelig hvis fjernvarmeselskap som driver kommersielt salg av fjernvarme bli gjenstand av gransking av sekundæranleggene til kundene. Vi vil derfor foreslå at en inndeling i ordinære varmeanlegg og nær-/fjernvarmeanlegg som selger energi på kommersiell basis. Grensesnittet for kontroll av sistnevnte anlegg bør være tom. abonnent- eller undersentralene til kundene. Utover det ser vi begrenset nytte i å dele inn i ulike inspeksjonsklasser.

### **Vurdere anleggets energiforbruk**

Det er forutsatt at energiforbruket skal sammenlignes med følgende benchmark-verdier:

- Forventet forbruk for varmeanlegget, dvs. en av følgende
  - Data fra bygginspeksjonsordningen
  - Design-verdier
  - Forbruk basert på normtall
- Måltall for spesifikt energiforbruk.

Etter vår vurdering er det viktig å unngå dobbeltarbeid. Dette innebærer at en i utgangspunktet burde ha kunnet legge til grunn data fra den foreslåtte energimerkeordningen for boliger og næringsbygg. Denne ordningen legger opp til en inndeling av byggene i ulike merkenivåer fra A til G, hvor A er best (svært energieffektivt) og G dårligst (lite energieffektivt). Ordningen baserer seg imidlertid på totalt energiforbruk, også på områder som ikke har relevans for kvaliteten eller effektiviteten til varmeanlegget.

Det er omfattende å sette opp kvantitative kriterier/gradering for energiforbruket i et kjelanlegg eller varmeanlegg, bortsett ifra selve energiproduksjonen. I praksis vil det også kunne bli vanskelig og tidkrevende å benytte dem ved gjennomføring av inspeksjonen. Blant årsaker til dette kan nevnes:

- Anleggene benyttes til oppvarming, ventilasjon og varmt tappevann, men ikke nødvendigvis på alle tre bruksområder
- Ventilasjonsanlegg har ulik alder og dimensjonering og dermed energiforbruk
- Enkelte bygg har kombinasjon av ulike energisystemer
- Byggets varmetap er ikke relevant for kvaliteten og effektiviteten til varmeanlegget.

Vi er av den oppfatning at en derfor bør finne frem til en inspeksjonsordning som primært vurderer følgende forhold som er relevante:

- Energieffektivitet ved energiproduksjonen
- Varmetap i varmesentral
- Varmetap i distribusjonssystem
- Oppvarmingens effektivitet
- Effektiviteten til tappevannsgenereringen
- Bruk av hjelpeenergi.

Energiproduksjonens effektivitet vurderes best ved å beregne varmeanleggets driftsvirkningsgrad. Dette kan i prinsippet skje ved vurdering av de enkelte kjelens driftsvirkningsgrad. Disse må i tillegg korrigeres for varmetap fra rør og utstyr i varmesentralen. Et annet alternativ kan være å basere seg på varmemåler som måler totalt levert energi fra varmesentralen eller varmemålere for alle kursene ut fra varmesentralen. Hvis en i tillegg benytter til kjeler som ikke benytter fossile brenslere, vil det kunne være et problem å fordele varmetapet i varmesentralen på de ulike brenslene.

Vi vil anbefale at en kun gjør beregninger av driftsvirkningsgraden til de enkelte kjelene over fyringssesongen, og at en i tillegg gjennomfører en kvalitativ vurdering av isolasjonsstandarden i varmesentralen. Hvis denne ikke er tilfredsstillende, bør det anbefales å gjennomføre en ENØK-analyse med tanke på mulig etterisolering av rør og utstyr. For øvrig bør følgende punkter vurderes:

- Rutiner for korrekt valg av kjeler ved varierende effektbehov
- Installasjon av fyringsautomat/effektvelgersentral
- Stenge ute kjeler som ikke er i bruk
- Operere med optimal vanntemperatur på kjelen
- Kobling av kjeler.

### **Vurdere sekundært varmeanlegg**

Inspeksjonen skal vurdere rom-oppvarming mht.:

- Type oppvarming (radiator, varmebatterier, gulvvarme mv.)
- Dimensjonering av varmeavgivende enheter
- Plassering av varmeavgivende enheter
- Isolasjon og obstruksjon (hindring) av varmeavgivelsen
- Bruk av hjelpeenergi (til sirkulasjonspumper mv.)
- Krav til oppfølging og vedlikehold av varmekildene.

Oppvarmingens effektivitet er avhengig av mange forhold. Derfor bør også følgende vurderes:

- Om størrelsen på varmeavgivende enheter er så små at en oppnår for liten  $\Delta T$
- Om det benyttes termostatstyrt regulering av oppvarmingen
- Om setpunkt på termostater er innstilt optimalt
- Om følere for termostater er optimalt lokalisert
- Lagdeling i høye rom (over 5 m takhøyde)
- Individuell termostatering av rom og/eller soner i rom
- Behovs- og/eller tidsstyrt temperatursenking av varmeavgivende enheter
- Benyttes mengderegulering for de enkelte varmeavgivende enhetene
- Avstengning av varme på steder som ikke har varmebehov.

### Vurdere distribusjonssystem

Inspeksjonen skal vurdere distribusjonssystemet mht.:

- Struktur og inndeling i soner i forhold til bygningens bruksmønster
- Massestrøm og temperaturer på de enkelte kurser
- Dimensjonering av sirkulasjonspumper
- Sirkulasjonspumper og kontroll av vannmengder til kursene, inklusive innregulering
- Drift og kontroll av de enkelte kursene, inkludert mengderegulering, temperaturregulering, styring av sekvenser mv.
- Isolering av rør og utstyr
- Tap av vann.

I tillegg til nevnte forhold, bør en også vurdere:

- Er temperaturstyringen er tilpasset det reelle behovet
- Bør det installeres turtallsregulerte sirkulasjonspumper, hvis dette ikke allerede er installert
- Avregnes energiforbruket individuelt der det er flere energibrukere
- Er det for store by-passer i anlegget
- Er abonnentsentraler koblet korrekt (mht.  $\Delta T$ ).

### Varmtvannssystem

Inspeksjonen skal identifisere og gi råd om bl.a. følgende:

- Struktur på tappevannsforsyningen
- Termisk isolasjon av sirkulasjonsledninger
- Driftstid på sirkulasjonsledninger
- Størrelse på tappevannsgenerator/varmeveksler mv.
- Størrelse på varmtvannsbereder.

I tillegg bør inspeksjonen etter vår mening omfatte følgende:

- Vurdere om temperaturen på tappevannet er optimal
- Kontrollere om anlegget har lekkasjer
- Vurdere om sirkulasjonspumper er for store
- Frakoble tappekraner som ikke er i bruk
- Isolere varmtvannsledninger, særlig de som alltid er varme
- Vurdere bruk av egne enheter for tappevannsgenerering om sommeren
- Bytte ut eldre blandebatterier.

### Utarbeidelse av inspeksjonsrapport for varmeanlegg og varmtvannsforsyning.

Den ansvarlige for kontrollen/inspeksjonen skal avgi en rapport direkte til eier/bruker av anlegget. Rapporten skal inneholde følgende:

- Identifisering av kjel eller varmesystem
- Hva slags type kontroll/inspeksjon (2-årlig/engangskontroll/rekontroll)
- Beskrivelse av aktiviteter som er utført i løpet av kontrollen/inspeksjonen (justeringer etc.)
- Anleggsdata og målinger som kreves for den aktuelle kontrollen/inspeksjonen
- På hvilken måte er data/opplysninger om anlegget innhentet (samtale/revisjonsbok/målinger etc.)
- Standarder eller referanseverdier for den aktuelle kontrollen/inspeksjonen

Utførte avlesninger/kontroller/målinger skal presenteres i tilknytning til normtall eller referanseverdier. Dette er tatt hensyn til i forslag til inspeksjonsordning, se kapittel 5.

Vi har tatt hensyn til varmetapet i selve varmesentralen, og har med bakgrunn i vurderinger gjennomført i avsnitt 4.6, satt opp en oversikt over kriterier for når en bør få et pålegg om å gjennomføre en ENØK-analyse av selve varmesentralen i forbindelse med gjennomføring av engangsinspeksjonen. Kriteriene er vist i Tabell 4.2.

**Tabell 4.2: Kriterium for påkrevet ENØK-gjennomgang av varmesentral**

Årlig energiforbruk (kWh)	<10% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	10-30% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	30-50% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	50-70% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	70-90% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	>90% kjelkraft (%) <sup>1</sup>
<200.000	87	88	89	90	91	92
200.000 – 500.000	88	89	90	91	92	93
500.000-1.000.000	89	90	91	92	93	94
1.000.000-2.000.000	90	91	92	93	94	95
>2.000.000	91	92	93	94	95	96

1: Årsvirkningsgrad

#### 4.4 METODIKK FOR BEREGNING AV KJELERS VIRKNINGSGRAD

Bygningsdirektivets primære mål er å øke fokuseringen på investering i energieffektive anlegg og energieffektivt vedlikehold og drift av anlegg. Dette innebærer at en må benytte pålitelig og ikke for komplisert metodikk for å vurdere energieffektiviteten. Dette betyr i praksis at en først og fremst må fokusere på anleggenes virkningsgrad. Med virkningsgrad mener vi hvor stor andel av energiinnholdet i brenselet som utnyttes i kjelanlegget. Virkningsgrad kan defineres og beregnes på mange forskjellige måter, og hvis en benytter feil definisjon og/eller beregner virkningsgrad på en måte som ikke gir et reelt uttrykk for i hvilken grad kjelanlegget utnytter brenselet i hele fyringssesongen, har en beregning/vurdering av virkningsgrad av svært begrenset verdi. I kapittel 7 har vi definert de aktuelle begrepene som benyttes i forbindelse med virkningsgradsberegninger. Vi skal gjengi noen av disse i det etterfølgende.

- Momentanvirkningsgrad: Virkningsgraden på et bestemt tidspunkt når anleggets brenner er i drift
- Driftsteknisk virkningsgrad: Veid gjennomsnittlig virkningsgrad over en definert periode
- Fyrteknisk virkningsgrad: Tilført energi minus røykgasstap dividert med tilført energi, uttrykt som % av tilført energi

Etter vår vurdering er beregning av den såkalte **momentanvirkningsgraden** til et kjelanlegg av mindre interesse, da denne ikke forteller i hvilken grad energiinnholdet brenselet utnyttes i hele fyringssesongen. En bør derfor beregne anleggets **driftsvirkningsgrad** over hele året, eller evt. over fyringssesongen hvis anlegget ikke holdes varmt hele året.

Med et kjelanleggs driftsvirkningsgrad mener vi tilført energi minus ulike tap dividert med tilført energi, uttrykt i % av tilført energi. De tapene vi får i denne sammenheng er:

**Utluftingstap** er tapet som forårsakes av at det for alle automatiske brennere er lagt inn en sekvens med utlufting av gassene i kjel og røykgasskanaler før tenning av brennerne. Dette skjer for å hindre at eventuelle eksplosive blandinger blir antent. Anleggets utluftingstap vil være avhengig av forholdet mellom varigheten på utluftingstiden og brennerens driftstid etter hver start. Vi skal gjennomføre et beregningseksempel med følgende realistiske forutsetninger:

- Intervall mellom hver restart brenner: 10 minutter
- Varighet lufting: 20 sekunder
- Luftmengde ved lufting: Samme som røykgassmengde ved 100% last
- Normal røykgasstemperatur: 180 °C
- Avlufttemperatur: 80 °C
- Midlere belastning når brenner går: 50% av full last
- Røykgasstap: 9%.

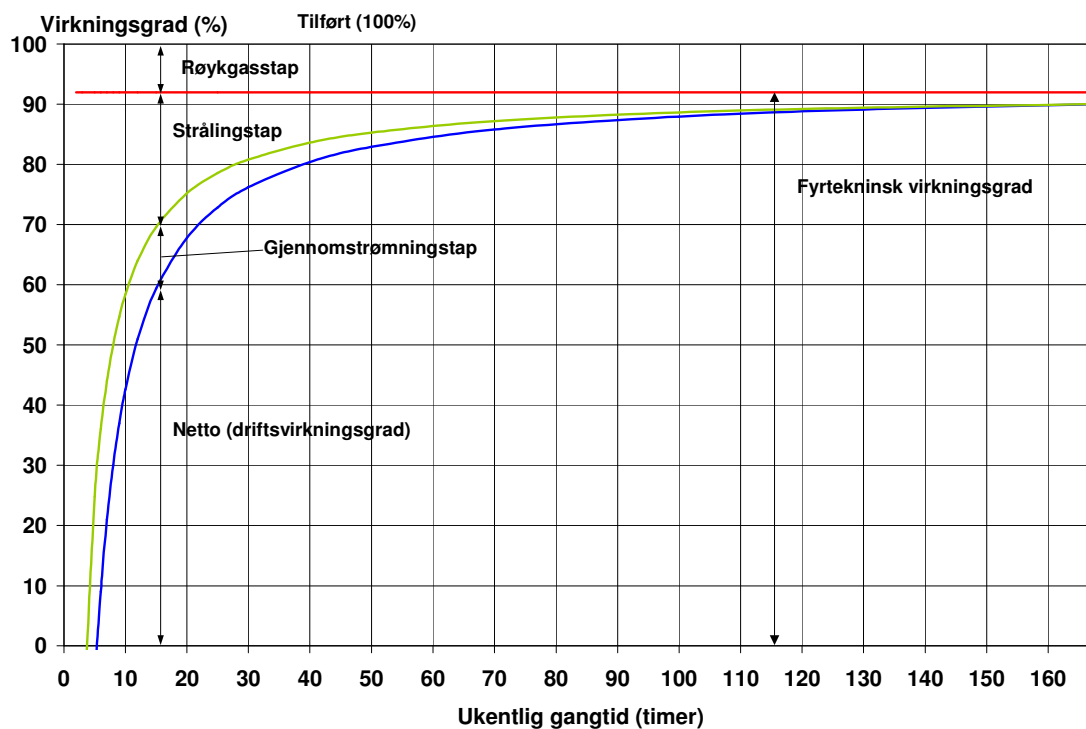
Beregningene gir et utluftingstap på ca. 0,2%. Sammenlignet med usikkerheten ved beregning av strålings- og ledningstapet betyr dette så lite at en kan se bort ifra det, noe vi følgelig har gjort.

**Strålings- og konveksjonstap**, som forårsakes av at varme ledes til overflaten av kjelen som får en høyere temperatur enn omgivelsene. Dette fører til avgivelse av energi til omgivelsene som strålings- og konveksjonstap, eller forkortet strålingstap.

**Gjennomstrømningstapet** er et tap som oppstår når effektbehovet i varmesystemet er lavere enn kjelanleggets eller brennerens minimums effekt. Anlegget vil da gå intermitterent, dvs. energi-produksjon blir slått av/på. Tapet oppstår pga. utette eller manglende spjeld i brenner eller røykgasskanaler. Pga. oppdriften i skorsteinen vil da luft bli trukket inn i kjelen, bli varmet opp i kjelen og føres ut til omgivelsene via røykgasskanaler og skorstein. Moderne kjeler er gjerne utstyrt med gode spjeld som stenges automatisk, slik at tapet blir lavt eller endog tilnærmet 0.

I Figur 4.1 har vi vist eksempel på beregning av driftsvirkningsgraden til et eldre kjelanlegg uten brenner- eller røykgasspjeld for en driftsperiode på én uke (168 timer). Vi har her sett bort fra utluftingstapet. Langs abscissen (x-aksen) har vi gitt antall timer kjelens brenner er i drift pr. uke. Langs ordinaten (y-aksen) er gitt anleggets driftsvirkningsgrad. Vi ser i dette tilfelle at når brenneren kun går 10% av tiden, hvilket ikke vil være unormalt i mange kjelanlegg i store deler av året, vil driftsvirkningsgraden kun være ca. 43%. Anleggets momentanvirkningsgrad er i dette tilfelle 90% (brenner går 168 timer pr. uke, dvs. at gjennomstrømningstapet =0).

EO-ordningen legger opp til at en skal presentere anleggets virkningsgrad. Dette er imidlertid anleggets fyrtekniske virkningsgrad. Mange kjelanlegg er overdimensjonerte og drives hele året. Det er ikke uvanlig at en brenner på slike anlegg er i drift kun 10-20% av tiden. Det sier seg da selv at fyrteknisk virkningsgrad blir av begrenset interesse. Vår vurdering er derfor at det vil være nødvendig å beregne anleggenes driftsvirkningsgrad, for å komme frem til i hvor stor grad kjelanlegget kan utnytte tilført energi over fyringssesongen.



**Figur 4.1: Driftsvirkningsgrad som funksjon av ukentlig gangtid for brenner – eksempel**

#### 4.4.1 Beregninger av driftsvirkningsgrad – eksakt metode

For å kunne gjennomføre eksakte beregninger av kjelanleggets driftsvirkningsgrad, er det behov for å kjenne til følgende data:

- Brenselmengde til hver brenner (krever separate brenselmengdemålere for hver enhet eller god oversikt over totalt oljeforbruk forutsatt at en kun benytter én kjel med aktuelt brensel)
- Produsert energimengde (krever varmemåler montert).

Den enkelte kjels driftsvirkningsgrad kan da beregnes ved hjelp av Formel 4.1.

##### Formel 4.1

$$\eta = \frac{Q_{\text{brutto}}}{Q_{\text{netto}}} = \frac{m \cdot H_{\text{eff}}}{Q_{\text{netto}}}$$

$\eta$ : Driftsvirkningsgrad (%)  
 $Q_{\text{brutto}}$ : Tilført energi (kWh)  
 $Q_{\text{netto}}$ : Produsert energi (kWh)  
 $m$ : Brenselforbruk i perioden (kg)  
 $H_{\text{eff}}$ : Effektiv brennverdi (kWh/kg)

Hvis en ikke kjenner de aktuelle brenslers effektive brennverdi, kan en benytte verdiene som er oppgitt i Tabell 4.3.

**Tabell 4.3: Effektiv brennverdi for fossile brenslere**

Brensel	Effektiv brennverdi kWh/kg	Merknad
Lettolje	11,9	1 liter = 0,84 kg
Naturgass	13,6	
Propan	12,9	

#### 4.4.2 Beregninger av driftsvirkningsgrad – tilnærmet metode

Med forutsetning om at en ser bort fra utluftingstapet, kan et kjelanleggs virkningsgrad beregnes ved hjelp av Formel 4.2. For å kunne gjennomføre beregninger med denne metoden, kreves det kun at det er montert timeteller på hver kjel/brenner. Hvis dette gjennomføres i forbindelse med service på anlegget, bør kostnaden bli på under 2.000 kr. Det vil da være nødvendig å notere driftstid på hver brenner minst én gang pr. år, hvilket ikke bør være noe problem.

##### Formel 4.2

$$\eta = 100 - \eta_r - \eta_s - \eta_g = 100 - \eta_r - \eta_{sn} \cdot \frac{T_d}{T_g} - \eta_{gs} \cdot \frac{T_s}{T_g} \quad (\%)$$

$\eta$ : Driftsvirkningsgrad (%)  
 $\eta_r$ : Røykgasstap (%)  
 $\eta_s$ : Strålingstap (%)  
 $\eta_g$ : Gjennomstrømningstap (%)  
 $\eta_{sn}$ : Spesifikt strålingstap som andel av nominell tilført kjeleffekt (%)  
 $\eta_{gs}$ : Spesifikt gjennomstrømningstap som andel av nominell effekt brenner (%)  
 $T_d$ : Driftsperioden beregningen skjer for (timer)  
 $T_s$ : Brennerens stillstandstid i driftsperioden (timer)  
 $T_g$ : Brennerens gangtid i driftsperioden (timer)

Med driftsperioden mener vi den perioden vi skal beregne anleggets virkningsgrad for. Hvis vi har timeteller på brenneren, og det er ført logg (elektronisk eller skriftlig) over brennerens driftstid over den aktuelle perioden, kan vi enkelt beregne  $T_g$  og  $T_s$ .  $T_g$  vil da være antall timer brenneren har gått i tidsperioden.  $T_s$  vil da kunne beregnes som:

##### Formel 4.3

$$T_s = T_d - T_g$$

$T_s$ : Brennerens stillstandstid  
 $T_d$ : Kjelen/brennerens driftsperiode  
 $T_g$ : Brennerens gangtid

Hvis vi ønsker å foreta beregningen over en hele fyringssesongen (f.eks. 6500 timer), og det er målt at brenneren har vært i drift 1500 timer i denne perioden, vil brennerens stillstandstid være:

$$6500 - 1500 = 4000 \text{ timer.}$$

### Røykgasstap

Røykgasstapet kan enkelt beregnes når en kjenner røykgasstemperaturen samt O<sub>2</sub>-innholdet eller CO<sub>2</sub>-innholdet i **tørr røykgass**. Dette kan gjøre med rimelige multigassmålere som seriøse fyrings- teknikere gjerne har tilgang til. En bør i utgangspunktet ikke benytte resultater fra fastmonterte gassanalyser, hvis det ikke er dokumentert at de er kalibrert og fulgt opp periodisk.

Virkningsgraden kan enten måles/beregnes ved hjelp av det samme instrumentet, som beregner såkalt fyrteknisk virkningsgrad, som kan defineres som tilført energi minus røykgasstapet. Se Formel 4.4.

#### Formel 4.4

$$\eta_f = 100 - \eta_r$$

$\eta_f$  : Fyrteknisk virkningsgrad (%)  
 $\eta_r$  : Røykgasstap (%)

Når en kjenner røykgasstemperaturen og O<sub>2</sub>-innholdet i tørr røykgass, kan en beregne røykgasstapet ved hjelp av Formel 4.5, som gir ubetydelige feil når en opererer med normale verdier for røykgasstemperatur og O<sub>2</sub>-nivå:

#### Formel 4.5

$$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$$

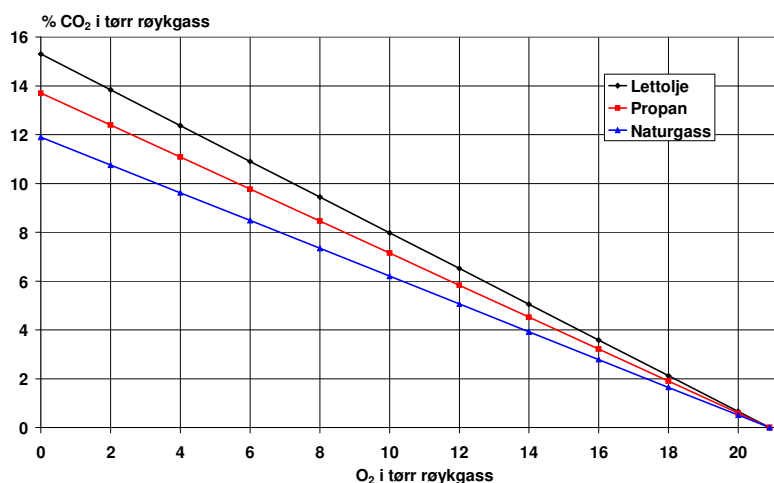
$\eta_r$  : Røykgasstap (%)  
 $k_1$  : Konstant  
 $t_r$  : Røykgasstemperatur (°C)  
 $t_1$  : Forbrenningslufttemperatur (°C)  
 $O_2$  : Andel O<sub>2</sub> i tørr røykgass (volum - %)

For vanlige luftoverskudd kan en sette  $k_1$  til følgende verdi:

- Lettolje 0,81
- Naturgass: 0,84
- Propan: 0,82

Vi vil anbefale at **Formel 4.5** benyttes i stedet for formel (D1) (som er informativ og ikke obligatorisk) i forslaget til CEN-standarden, ref. /1/, da den førstnevnte er noe enklere, men gir samtidig god nok nøyaktighet.

Hvis en måler CO<sub>2</sub>-innholdet i tørr røykgass i stedet for O<sub>2</sub>-innholdet, kan det såkalte Ostwald-diagrammet, som er vist i Figur 4.2, benyttes for omregning fra CO<sub>2</sub> til O<sub>2</sub>:



Figur 4.2: Omregning fra O<sub>2</sub> i tørr røykgass til CO<sub>2</sub> i tørr røykgass (Ostwald-diagram)

En kan også beregne røykgasstapet direkte når en kjenner CO<sub>2</sub>-innholdet i tørr røykgass og røykgasstemperaturen. Vi benytter i denne sammenheng den såkalte **Siegerts formel**, som forenklet kan uttrykkes som vist i Formel 4.6.

**Formel 4.6**

$$\eta_r = k_2 \cdot \frac{t_r - t_1}{CO_2}$$

$\eta_r$ : Røykgasstap (%)  
 $k$ : Konstant  
 $t_r$ : Røykgasstemperatur (°C)  
 $t_1$ : Forbrenningslufttemperatur (°C)  
 $CO_2$ : Andel CO<sub>2</sub> i tørr røykgass (volum-%)

For vanlige luftoverskudd kan en sette  $k_2$  til følgende verdi:

- Lettolje                                    0,59
- Naturgass:                                    0,48
- Propan:                                        0,53.

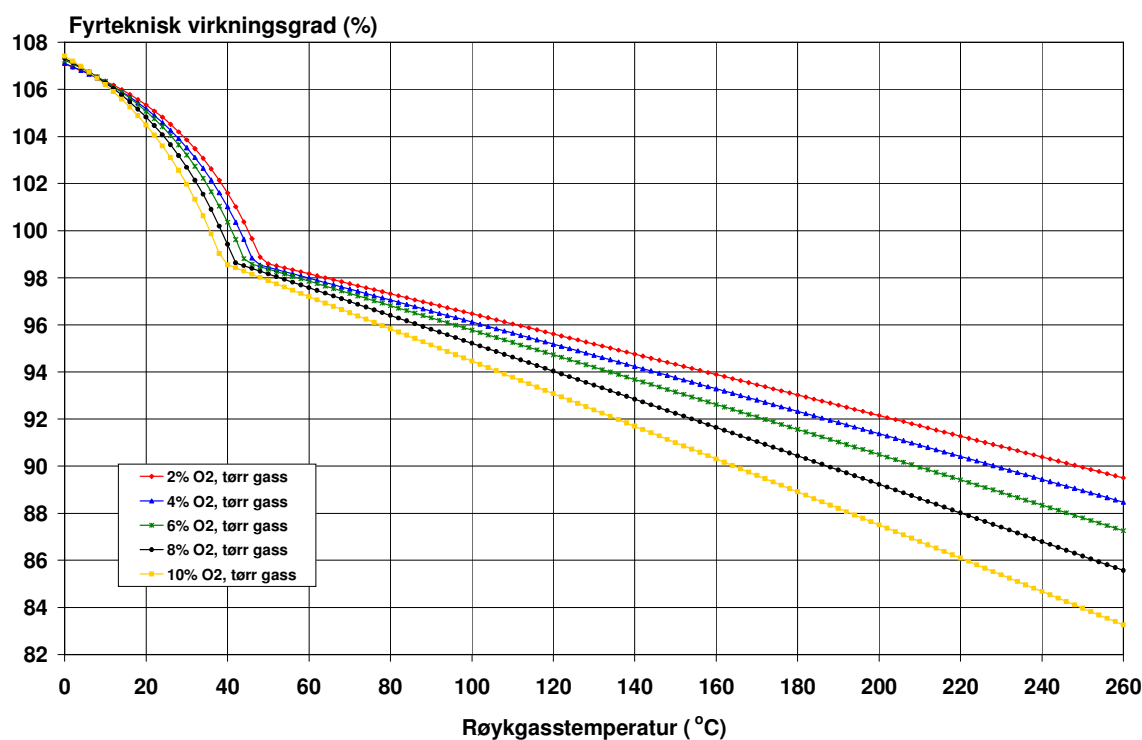
Feilene ved å benytte Formel 4.5 er noe mindre enn Formel 4.6. Vi anbefaler derfor at denne benyttes ved manuelle beregninger eller hvis en benytter regneark mv. Imidlertid er det i bruk enkelte måleinstrumenter som benytter Siegerts formel. Vi bør derfor akseptere bruk av begge formler.

Beregning av røykgasstapet varierer ofte lite avhengig av anleggets last. Dette skyldes at røykgasstemperaturen blir lavere desto lavere last anlegget har. På den annen side øker gjerne O<sub>2</sub> (luftoverskuddet ved lav last). Vi vil derfor anbefale at røykgasstapet oppgis som middelverdien av tapet ved brennerens/kjelens maks. og min. last.

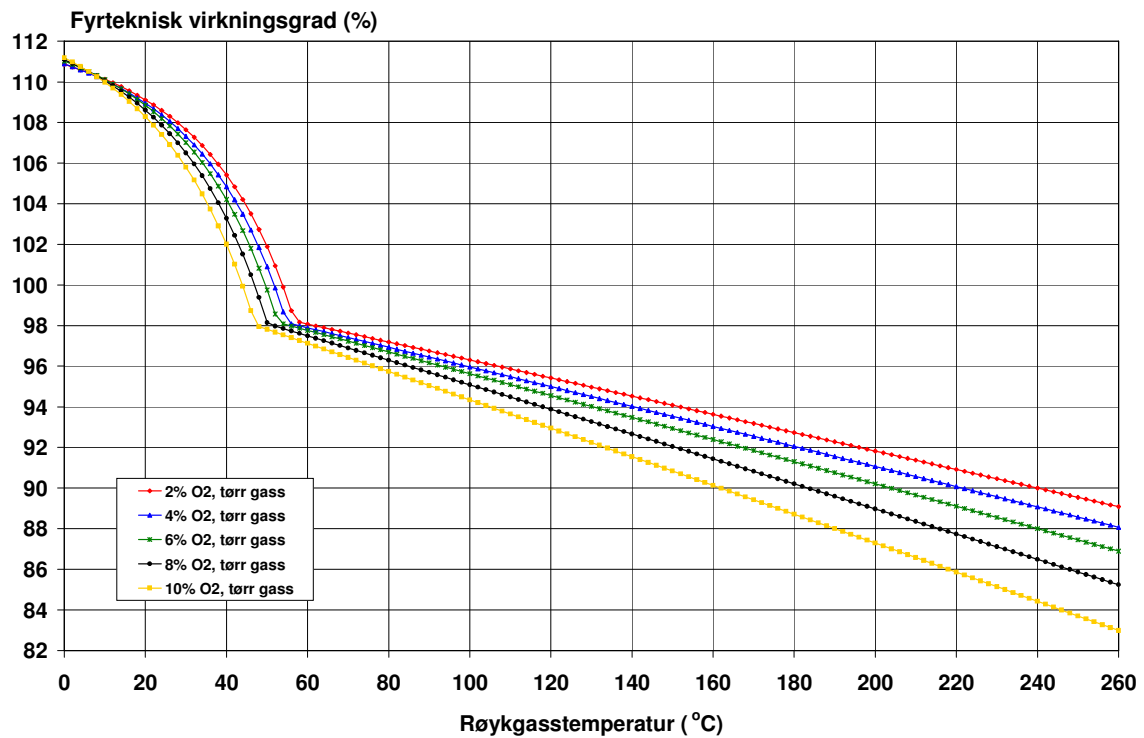
Hvis en kjøler røykgassene ned til temperaturer vesentlig under 100 °C, vil vanndampen i røykgassene etter hvert begynne å kondensere ut. Når dette blir gjort bevisst for å gjenvinne kondensvarmen i røykgassene, snakker vi såkalte kondenserende kjeler eller røykgasskondenseringsanlegg. I Norge er det svært få kjelanlegg hvor en benytter røykgasskondensering, da bruk av røykgasskondensering krever lavtempererte varmeanlegg. Med stigende energipriser og økt fokus på energiøkonomisering, må en imidlertid regne med at dette blir stadig mer vanlig, også i Norge. Det er derfor nødvendig også å ta hensyn til mulighetene for at inspektørene kan komme til å måtte foreta inspeksjon på kondenserende kjeler.

I Figur 4.3, Figur 4.4 og Figur 4.5 har vi vist diagrammer som viser såkalt fyrteknisk virkningsgrad som funksjon av røykgasstemperaturen for hhv. lettolje, naturgass og propan. I virkningsgraddiagrammene ser vi her at vi har et knekkpunkt i kurvene. Ved dette knekkpunktet får vi begynnende kondensering. Det viser altså ved hvilken temperatur vanndampen begynner å kondensere ut.

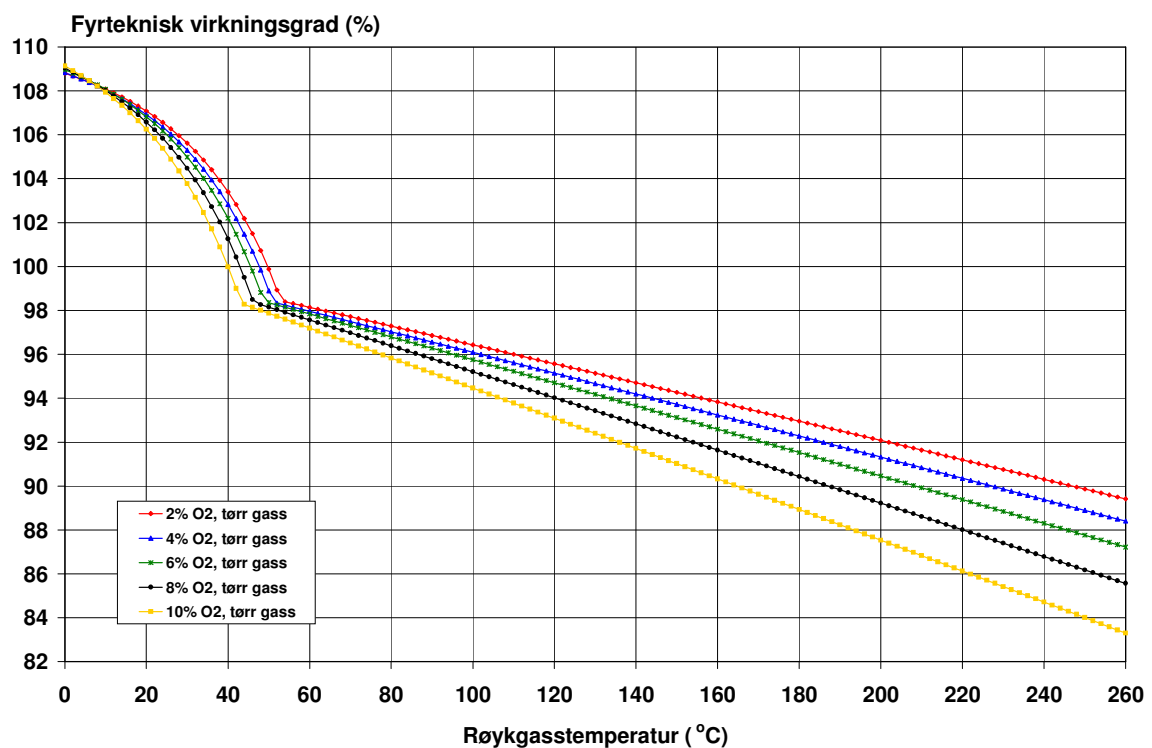
Vi anbefaler at disse diagrammene gjøres tilgjengelig for inspektørene, slik at de på en enkel måte kan beregne røykgasstapet og finne fyrteknisk virkningsgrad i anlegge med røykgasskondensering.



Figur 4.3: Fyrteknisk virkningsgrad for lettolje



Figur 4.4: Fyrteknisk virkningsgrad for naturgass



Figur 4.5: Fyrteknisk virkningsgrad for propan

## Strålingstap

Spesifikt strålingstap kan enten fremskaffes fra produsent, leverandør eller ved å benytte Formel 4.7.

### Formel 4.7

$$\eta_{sn} = k_3 \cdot P_{nom,tilf}^{0,7} = k_3 \cdot \left[ \frac{P_{nom,netto} \cdot 100}{\eta_r} \right]^{-0,7}$$

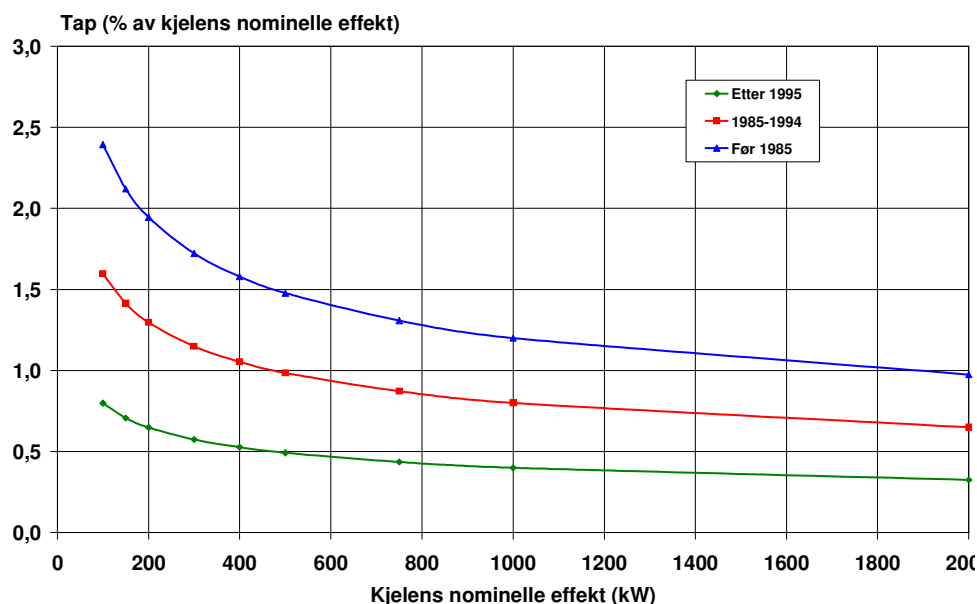
$\eta_{sn}$  : Spesifikt strålingstap som andel av nominell tilført kjeleffekt (%)  
 $k_3$  : Konstant  
 $P_{nom,tilf}$  : Nominell tilført kjeleffekt (MW)  
 $P_{nom,netto}$  : Nominell netto kjeleffekt (MW)

$k_3$  kan settes til:

- Kjel produsert før 1985: 12
- Kjel produsert 1985-1995: 8
- Kjel produsert etter 1995: 4.

Disse konstantene må kvalitetssikres.

I Figur 4.6 er spesifikt strålingstap vist grafisk.



**Figur 4.6: Strålingstap for ulike kjeler**

Strålingstapet bør muligens korrigeres for vanntemperatur.

NB! Når vi skal beregne spesifikt strålingstap, er det viktig at en tar utgangspunkt i kjelens opprinnelige effekt, da det i mange tilfelle er satt inn en mindre brenner enn det kjelen er beregnet for.

### Gjennomstrømningstap

Det spesifikke gjennomstrømningstapet kan bestemmes ut fra Tabell 4.4. Det er svært få kjeler som ikke har brennerspjeld eller spjeld i røykgasskanalen. Da det imidlertid ikke kan utelukkes og dette kan ha en betydelig effekt på et kjelanleggs virkningsgrad, bør det likevel tas hensyn til.

**Tabell 4.4: Spesifikt gjennomstrømningstap for kjeler (% av brennerens tilførte effekt)**

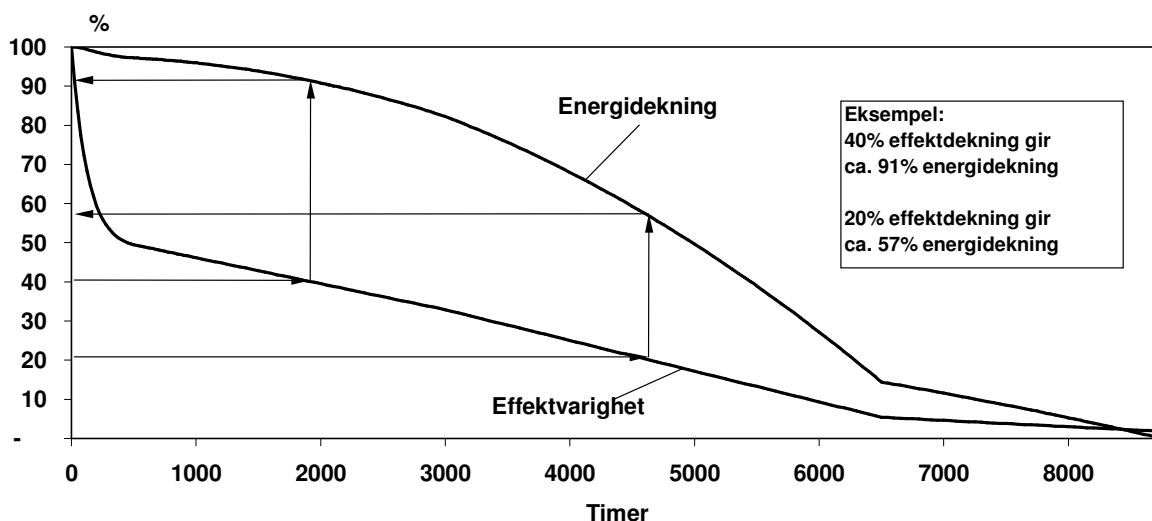
Produksjonsår	Uten spjeld	Med spjeld
1950-1975	2,0	0,5
1975-1985	1,5	0,2
1985-1995	1,0	0,1
1995-	0,5	0,0

Disse konstantene må kvalitetssikres.

#### 4.5 METODIKK FOR BEREGNING AV KJELENS VIRKNINGSGRAD – BRENNER UTEN TIMETELLER

Når brenner ikke har timeteller, vil det ikke være mulig å foreta helt korrekte beregninger av kjelens driftsvirkningsgrad. Det er imidlertid gjennom iterative metoder mulig å foreta beregninger som gir et tilnærmet korrekt resultat. Metoden forutsetter imidlertid at en har rimelig pålitelige tall for oljeforbruk på den aktuelle kjelen.

I Figur 4.7 har vi vist et typisk varighetsdiagram for et litt større varmeanlegg med flere energibrukere. I prinsippet vil diagrammet bli rimelig likt også for mindre varmeanlegg.



Figur 4.7: Typisk varighetsdiagram – energi til varme, ventilasjon og varmt tappevann

For å kunne beregne brennerens gangtid og stillstandstid, er vi med denne metoden avhengig av å kjenne brennerens midlere effekt når den går. I de aller fleste tilfelle vil brennerens midlere effekt, være mye nærmere min. last enn maks. last. Dette ser vi av Figur 4.7. Vi gjør en realistisk tilnærming ved å benytte Formel 4.8.

#### Formel 4.8

$$P_{\text{snitt}} = P_{\text{maks}} \cdot 0,3 + P_{\text{min}} \cdot 0,7$$

$P_{\text{snitt}}$  : Midlere effekt brenner (kW)  
 $P_{\text{maks}}$  : Maks. effekt brenner (kW)  
 $P_{\text{min}}$  : Min. effekt brenner (kW)

For å beregne anleggets netto energiproduksjon, kan vi benytte Formel 4.9.

**Formel 4.9**

$$Q_{\text{netto}} = m \cdot H_{\text{eff}} \cdot \eta$$

m : Energiforbruk i perioden (kg)  
H<sub>eff</sub> : Effektiv brennverdi (kWh/kg)  
η : Driftsvirkningsgrad (%)

Driftsvirkningsgraden er ikke kjent. Vi er derfor avhengig av å anslå denne. For ulike typer kjelanlegg kan vi benytte følgende forutsetninger som startverdi ved beregningene:

- Eldre dårlig isolert kjel uten brennerspjeld: 60%
- Eldre dårlig isolert kjel med brennerspjeld: 75%
- Moderne godt isolert kjel med brennerspjeld: 85%.

Når vi kjenner til netto (produsert) energimengde, kan anleggets gangtid beregnes som vist i Formel 4.10.

**Formel 4.10**

$$T_g = \frac{Q_{\text{netto}}}{P_{\text{snitt}}}$$

T<sub>g</sub> : Brennerens gangtid (h)  
Q<sub>netto</sub> : Netto eller produsert effekt i driftsperioden T<sub>d</sub> (kWh)  
P<sub>snitt</sub> : Brennerens minimumseffekt (kW)

Brennerens stillstandstid kan deretter beregnes på følgende måte (Formel 4.3)

$$T_s = T_d - T_g$$

T<sub>s</sub> : Brennerens stillstandstid  
T<sub>d</sub> : Kjelens/brennerens driftsperiode  
T<sub>g</sub> : Brennerens gangtid

Deretter kan vi benytte Formel 4.2 for å beregne anleggets virkningsgrad.

$$\eta = 100 - \eta_r - \eta_s - \eta_g = 100 - \eta_r - \eta_{sn} \cdot \frac{T_d}{T_g} - \eta_{gs} \cdot \frac{T_s}{T_g} \quad (\%)$$

$\eta$ : Driftsvirkningsgrad (%)  
 $\eta_r$ : Røykgasstap (%)  
 $\eta_s$ : Stråletap (%)  
 $\eta_g$ : Gjennomstrømningstap (%)  
 $\eta_{sn}$ : Stråletap ved 100% effekt (%)  
 $\eta_{gs}$ : Spesifikt gjennomstrømningstap (%)  
 $T_d$ : Driftsperioden beregningen skjer for (timer)  
 $T_s$ : Brennerens stillstandstid i driftsperioden (timer)  
 $T_g$ : Brennerens gangtid i driftsperioden (timer)

Da vi gjorde en forutsetning om driftsvirkningsgraden da vi gjennomførte beregningene, må vi foreta beregningen gjentatte ganger med nye forutsetninger, helt til driftsvirkningsgraden stemmer. Når en har gjort dette noen ganger og en har tilgang til regneark, tar dette begrenset tid.

## Beregning av virkningsgrad – måling av anleggets stillstandstap

Utkastet til CEN-standarden beskriver to metoder for å beregne et kjelanleggs stillstandstap på. Med stillstandstap mener vi her summen av strålings- og gjennomstrømningstapene. Den mest aktuelle metoden for å beregne disse tapene er presentert i Formel 4.11.

### Formel 4.11

$$\eta_{st,s} = \eta_f \cdot \frac{T_{g,t}}{T_{d,t}}$$

$\eta_{st,s}$  : Spesifikt stillstandstap (%)  
 $\eta_f$  : Fyrteknisk virkningsgrad (%)  
 $T_{g,t}$  : Brennerens gangtid i testperioden (minutter eller timer)  
 $T_{d,t}$  : Varighet testperiode (minutter eller timer)

Prøvingen skjer ved at en stenger sirkulasjonen til kjelen. Hvis en kjelen har modulerende eller flertrinns brenner, låses brenneren på laveste nivå. Prøvingen bør helst foregå over et helt døgn, og foregår på følgende måte.

1. Mål/beregn fyrteknisk virkningsgrad
2. Steng sirkulasjonen på kjelen
3. Installer timeteller på brenneren
4. Kjør kjelen en bestemt tidsperiode, ta tiden –  $T_d$  (perioden bør helst være minst ett døgn). Beregning/måling av stillstandstap skal videre skje ved at måleperioden starter og stopper ved brennerstart.
5. Avles timetelleren –  $T_g$
6. Beregn spesifikt stillstandstap ved hjelp av Formel 4.11.

Utkastet til CEN-standarden presenterer ingen metode for hvordan det spesifikke stillstandstapet kan benyttes til å beregne et anleggs driftsvirkningsgrad. Fra andre kilder er det imidlertid tilgjengelig formler som med stor nøyaktighet kan benyttes til å foreta slike beregninger. I denne sammenheng vil vi anbefale å benytte Formel 4.12, ref. /3/. Det forutsettes da at en har målt gangtid på anleggets brenner.

### Formel 4.12

$$\eta = \frac{1 - \frac{T_d}{T_g} \cdot \frac{\eta_{st}}{100}}{1 - \frac{\eta_{st}}{100}} \cdot \eta_f$$

$\eta$  : Driftsvirkningsgraden  
 $T_d$  : Kjelen driftsperiode (timer)  
 $T_g$  : Brennerens gangtid i driftsperioden (timer)  
 $\eta_{st}$  : Stillstandstap av nominell tilført kjeleffekt (%)  
 $\eta_f$  : Fyrteknisk virkningsgrad (%)

#### 4.6 DIMENSJONERINGSKONTROLL

Når en skal vurdere om et kjelanlegg har akseptabel størrelse i forhold til behovet, er det først og fremst viktig å få frem følgende:

- Kjelens maksimale effekt i forhold til effektbehovet den skal dekke (Det er viktig å ta hensyn til om en kan velge mellom flere kjeler og således kan unngå at kjeler går ved for lav effekt)
- Hvor lavt kan en regulere kjelanlegget
- Kjelens spesifikke strålingstap
- Kjelanleggets spesifikke gjennomstrømningstap.

De tre siste punktene kan i utgangspunktet virke ulogiske. Imidlertid vil det være viktig å ta hensyn til om en kjel har lave tap, selv om den i utgangspunktet er for stor for det effektbehovet den skal dekke. Hvis kjelens tap er lave, kan det være akseptabelt å la være å bytte ut en kjel som i utgangspunktet er vesentlig større enn behovet.

Det finnes flere metoder for å vurdere et kjelanleggs effektbehov på. Blant disse kan nevnes:

- Intervjue driftspersonell mht. hvilke kjeler som går, last mv. når en har maksimal utetemperatur
- Benytte statistiske data basert på hvilke energibehov som dekkes (varme, ventilasjon, varmt tappevann), alder på bygg, type bygg mv.
- Foreta beregninger av byggets effekt- og energibehov basert på byggets tekniske utforming
- Benytte data fra varmemåler
- Hente inn data fra bygginspeksjonsordningen.

Å intervjue driftspersonell vil som regel gi for stor usikkerhet til at en kan benytte dette som grunnlag for å vurdere størrelsen på kjelanlegget.

Å estimere maksimalt effektbehov basert på type bygg, alder på bygg etc. vil også være usikkert, da dette krever at en kjenner brukstiden for maksimalt effektbehov i det enkelte bygg. Normtall for energibruk har vært beskrevet i en rekke prosjekter, og har blant annet vært inkludert i NS 3032 siden 1984. Normtallene skal representere energi- og effektbehov som det er realistisk eller mulig å oppnå. Et utgangspunkt for vurdering av kjelens effekt kunne ha vært Enovas "Enøk Normtall" fra 2004, ref. /4/. Etter vår vurdering vil bruk av anleggets brukstid for maksimalt effektbehov gi et mer korrekt resultat og være enklere å benytte enn normert effekt- og energibehov. Imidlertid vil det være en del kompliserende forhold som:

- Fordeling av energiforbruket på flere kjeler
- Noen anlegg benytter elektrokjel i sommerhalvåret
- Noen anlegg har sentralisert oppvarming av tappevann
- Noen anlegg har elektriske varmebatterier i ventilasjonsanleggene
- Faktisk energiforbruk må graddagskorrigeres
- Kun deler av energiforbruket skal graddagskorrigeres
- Varmetap i distribusjonssystemet
- Etter det en forstår, tar ikke normtallene hensyn til sammenlagring av effektbehov
- Kapasiteten på varmtvannsbeholdere og effekt til generering av varmtvann varierer betydelig
- Reduksjon av ventilasjon ved meget lave utetemperaturer.

Vi har i Formel 4.13 vist hvordan en kan foreta beregning av maksimalt effektbehov, forutsatt at en ser bort fra sammenlagring av effektbehov.

**Formel 4.13**

$$P = \frac{Q_{\text{netto,n}}}{T_v} = \frac{Q_{\text{målt}} \cdot \chi_g \cdot \frac{T_{g,n}}{T_{g,m}} + Q_{\text{målt}} \cdot (1 - \chi_g)}{T_v}$$

P : Maksimalt effektbehov (kW)  
 $Q_{\text{målt}}$  : Målt eller beregnet netto energiforbruk i aktuelt år (kWh)  
 $Q_{\text{netto,n}}$  : Normalt (graddagskorrigert) energibehov (kWh)  
 $\chi_g$  : Andel graddagsavhengig energibehov (andel av 1)  
 $T_{g,n}$  : Normale graddager  
 $T_{g,m}$  : Målte graddager i aktuelt år  
 $T_v$  : Brukstid for maksimal effekt (timer)

Målt eller beregnet netto energiforbruk må også inkludere netto energiforbruk for elektrokjeler, varmekolber mv. Brukstiden for effekten kan beregnes som vist i Formel 4.14. Normale graddager for perioden 1971 til 2000 og er tilgjengelige for alle landets kommuner i rapporten "Energi gradtall (Heating degree days). Normaler 1961-1990. Normaler 1971-2000", ref. /5/. Graddager for aktuelle år kan fremskaffes ved å kontakte Meteorologisk institutt. Det finnes også tilgjengelig graddagstall på <http://met.no>.

**Formel 4.14**

$$T_v = \frac{Q_{\text{sp,n}} \cdot 1000}{P_{\text{sp,n}}}$$

$T_v$  : Brukstid (timer)  
 $Q_{\text{sp,n}}$  : Spesifikt normert energiforbruk (kWh/m<sup>2</sup>)  
 $P_{\text{sp,n}}$  : Spesifikt normert effektbehov (W/m<sup>2</sup>)

Spesifikt normert effektbehov kan hentes fra Enovas "Enøk Normtall". I Tabell 4.5 har vi gitt et eksempel på beregnede brukstider for energi til formål for bygg i klimasone Sør-Norge innland. Som vi ser av tabellen, er det svært viktig, spesielt for nyere bygg, å ta hensyn til hva den produserte energien blir benyttet til.

Selv om denne metoden for å vurdere om kjelen har en tilfredsstillende effekt, bør den benyttes med varsomhet, da den er beheftet med betydelig usikkerhet.

**Tabell 4.5: Brukstid for ulike energibehov for Sør-Norge innland (kilde Enova, ref. /4/)**

Type bygg	Beregnet brukstid	Eldre	1987	1997
Kontorbygg	Varme+ventilasjon+varmtvann	1360	1151	1114
	Varme+ventilasjon	1340	1115	1063
	Varme	1808	1590	1419
Sykehjem	Varme+ventilasjon+varmtvann	2283	2216	2127
	Varme+ventilasjon	2167	2081	1930
	Varme	1896	1676	1433
Lager 16 °C	Varme+ventilasjon+varmtvann	1711	1519	1467
	Varme+ventilasjon	1688	1488	1424
	Varme	1949	1831	1727
Barnehage	Varme+ventilasjon+varmtvann	1559	1349	1291
	Varme+ventilasjon	1518	1286	1197
	Varme	2145	1978	1765
Barne- og ungdomsskole	Varme+ventilasjon+varmtvann	1221	1037	988
	Varme+ventilasjon	1214	1010	944
	Varme	1740	1526	1333
Universitet og høyskole	Varme+ventilasjon+varmtvann	1144	1038	962
	Varme+ventilasjon	1182	1021	928
	Varme	1478	1278	1071
Enebolig	Varme+ventilasjon+varmtvann	1900	1747	1564
	Varme+ventilasjon	1961	1790	1571
	Varme	1813	1553	1353
Rekkehus	Varme+ventilasjon+varmtvann	1830	1730	1509
	Varme+ventilasjon	1917	1810	1538
	Varme	1737	1500	1258
Boligblokk	Varme+ventilasjon+varmtvann	2209	2167	2047
	Varme+ventilasjon	2000	1923	1657
	Varme	1767	1545	1385

Hvis det er installert varmemåler i anlegget, og uttatt effekt logges, kan dette benyttes til å bestemme om kjelens størrelse er tilpasset effektbehovet. Imidlertid må en være varsom med å benytte effekttall for én fyringssesong, da minimums utetemperatur kan variere betydelig fra år, noe som fører til at en må korrigere målt effektbehov, og beregne maksimalt effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur. Et estimat for maksimalt effektbehov ved dim. utetemperatur kan beregnes ved hjelp av Formel 4.15.

**Formel 4.15**

$$P = (P_{\text{maks,målt}} - P_{\text{maks,vv}}) \cdot \frac{17 - T_{\text{dut}}}{17 - T_{\text{maks,målt}}} + P_{\text{maks,vv}} \cdot 0,5$$

$P_{\text{maks,målt}}$  : Maksimal produsert effekt målt i fyringssesongen (kW)  
 $P_{\text{maks,vv}}$  : Maksimal effekt til varmtvannsgenerering (kW)  
 $T_{\text{dut}}$  : Dimensjonerende utetemperatur (°C)  
 $T_{\text{maks,målt}}$  : Maksimal utetemperatur målt i fyringssesongen (°C)

Hvis maksimalt effektbehov til generering av varmtvann ikke er kjent, kan det estimeres ved hjelp av Formel 4.16.

**Formel 4.16**

$P_{\text{maks,vv}} = P_{\text{sp,vv}} \cdot A_o$	
$P_{\text{maks,vv}}$ :	Maksimal effekt til varmtvannsgenerering (kW)
$A_o$ :	Oppvarmet areal (m <sup>2</sup> )

Spesifikt effektbehov til generering av varmt tappevann kan estimeres ved hjelp av normtall fra Enova, ref. /4/. Eksempel på slike normtall er vist i Tabell 4.6.

**Tabell 4.6: Dimensjonerende effekt for Sør-Norge innland (kilde Enova, ref. /4/)**

Type bygg	Beregnet brukstid	Eldre	1987	1997
Kontorbygg	Varme+ventilasjon+varmtvann	52	39	31
	Varme+ventilasjon	42	48	33
	Varme	6	6	6
Sykehjem	Varme+ventilasjon+varmtvann	48	37	30
	Varme+ventilasjon	30	37	27
	Varme	14	14	14
Lager 16 °C	Varme+ventilasjon+varmtvann	78	59	44
	Varme+ventilasjon	18	21	15
	Varme	1	1	1
Barnehage	Varme+ventilasjon+varmtvann	62	45	34
	Varme+ventilasjon	48	53	37
	Varme	8	8	8
Barne- og ungdomsskole	Varme+ventilasjon+varmtvann	50	38	30
	Varme+ventilasjon	53	59	41
	Varme	10	10	10
Universitet og høyskole	Varme+ventilasjon+varmtvann	46	36	28
	Varme+ventilasjon	42	59	41
	Varme	9	9	9
Enebolig	Varme+ventilasjon+varmtvann	64	47	34
	Varme+ventilasjon	13	15	8
	Varme	13	13	13
Rekkehus	Varme+ventilasjon+varmtvann	57	42	31
	Varme+ventilasjon	15	16	8
	Varme	16	16	16
Boligblokk	Varme+ventilasjon+varmtvann	43	33	26
	Varme+ventilasjon	16	19	9
	Varme	8	8	8

Bygginspeksjonsordningen vil fremskaffe data for bygningers effekt- og energibehov. Denne ordningen bør tilpasses, slik at det er mulig å få frem dimensjonerende effektbehov til varme, ventilasjon og varmt tappevann. Det blir dermed en rimelig enkel sak å vurdere om kjelens størrelse er tilpasset effektbehovet ved dimensjonerende utetemperatur.

### Konklusjon/foreslått løsning

Da det er foreslått at en beregner kjelanleggenes driftstekniske virkningsgrad, og en gjennom dette finner frem til om anlegget opererer med akseptabel energiutnyttelse, synes vi verdien av å vurdere om kjelene er for store i forhold til effektbehovet ved å vurdere kjelanleggets effekt i forhold til effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur å være unødvendig, så fremt en ikke kan fremskaffe data fra bygginspeksjonsordningen. Etter vår vurdering bør derfor dimensjoneringskontrollen gjennomføres først når en har tilgang til data fra bygginspeksjonsordningen. Hvis det viser seg at driftsteknisk virkningsgrad er akseptabel, bør en imidlertid ikke foreslå tiltak, selv om kjelen har en effekt som er vesentlig større enn effektbehovet ved dimensjonerende utetemperatur.

Når en skal vurdere om en kjel har akseptabel virkningsgrad, kunne det i utgangspunktet være relevant å se hvilke krav som stilles til kjelers virkningsgrad i EUs rådsdirektiv av 1992, ref. /6/. Kravene er gjengitt i Tabell 4.7.

**Tabell 4.7: Krav til kjelers virkningsgrad (EUs rådsdirektiv av 1992)**

Kjeltype	Effekt- område (kW)	Nominell effekt (100% last)		Dellast (30% last)	
		Gjennomsnitts- temp. kjelvann (°C)	Krav til virkningsgrad (%)	Gjennomsnitts- temp. kjelvann (°C)	Krav til virkningsgrad (%)
Standardkjeler	4 - 400	70	$\leq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Lavtemperaturkjeler <sup>1</sup>	4 - 400	70	$\leq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Gasskjeler	4 - 400	70	$\leq 91 + 1 \log P_n$	30 <sup>2</sup>	$\geq 97 + 1 \log P_n$

1: Herunder kjeler med røykgasskondensering som bruker flytende brensel.

2: Temperatur på kjelens tilførselsvann.

Hvis vi tar utgangspunkt i en standardkjel på 100 kW, tilsier det at virkningsgraden skal være på 88 og 86 % ved hhv. 100 og 30% last (100 og 30 kW). Dette er etter vår vurdering et lite interessant utgangspunkt for vurdering av kjelens virkningsgrad og dimensjonering, både fordi kravene er lave i forhold til det en kan oppnå på moderne kjeler, men også fordi det er den driftstekniske virkningsgraden som er interessant.

For å ha et utgangspunkt for vurdering av om et kjelanlegg har potensiale for forbedringer av driftsvirkningsgraden, har vi gjennomført beregninger av driftsvirkningsgrad for et moderne kjelanlegg som er korrekt dimensjonert og drevet. Vi har gjort følgende forutsetninger:

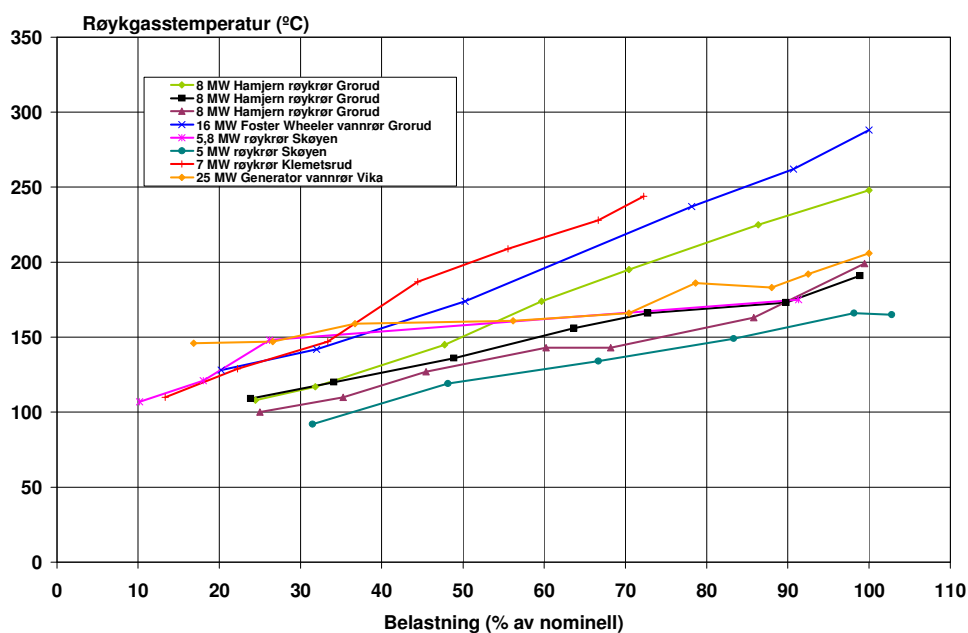
- Spesifikt strålingstap: 0,5% av nominell effekt
- Gjennomstrømningstap: 0
- Røykgasstemp. midlere last olje: 130 °C
- Røykgasstemp. midlere last gass: 110 °C
- Red. røykgasstemp. midlere last: 50 °C
- Midlere last brenner: 40% av maks. last
- Årlig driftstid kjel: 6.000 timer
- Brukstid nominell effekt: 1.500 timer
- Luftoverskudd gass/middel: 2,5% O<sub>2</sub> i tørr røykgass
- Luftoverskudd olje/middel: 3,5% O<sub>2</sub> i tørr røykgass.

Dette gir følgende anslagsvise driftsvirkningsgrader i fyringssesongen:

- Olje: ca. 92%
- Gass: ca. 93%.

Når en vurderer potensialet for forbedringer, bør dette være et brukbart utgangspunkt.

For å kunne vurdere enkelte tiltak, er det nødvendig å ha kunnskaper om endring av røykgasstemperatur ved ulike lastforhold. Eksempel på dette er vist for enkelte av Viken Fjernvarmes kjeler, ref. /7/.



Figur 4.8: Røykgasstemperatur som funksjon av belastning, ref. /7/

I Tabell 4.8 har vi gitt en oversikt over realistiske besparelser ved gjennomføring av ulike aktuelle tiltak på olje- og gasskjeler.

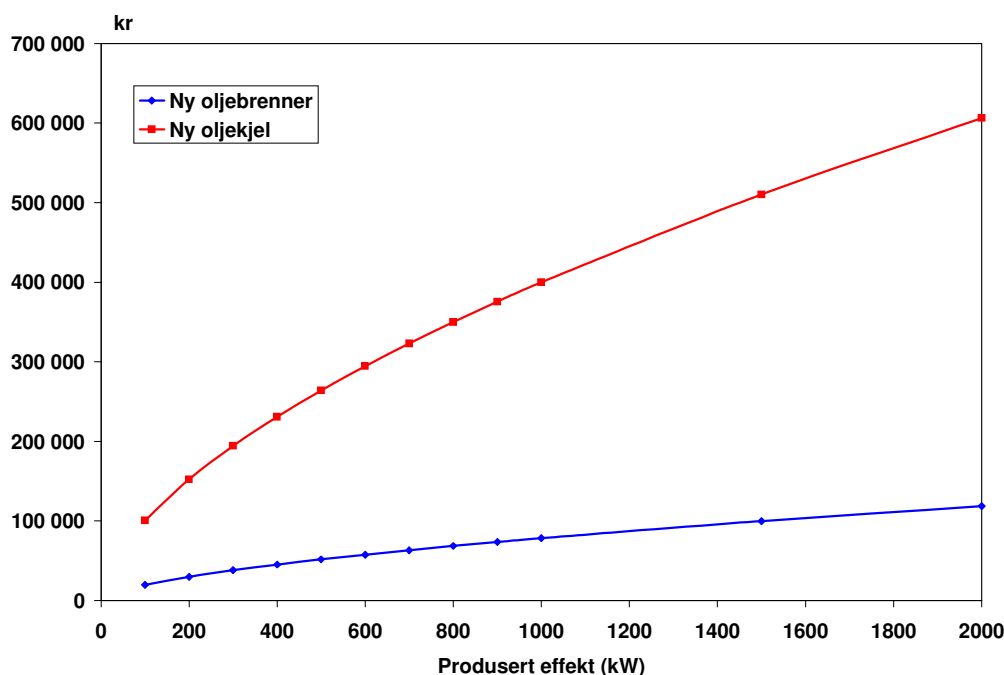
**Tabell 4.8: Beregnet reduksjon av energiforbruk ved tiltak på olje- og gasskjeler**

Tiltak	Konsekvenser (stipulert)	Reduksjon (%) <sup>1</sup>
Skifte dyse på brenner – redusere maks. effekt med 30%	30 °C redusert røykgas-temp.	1,5
Overgang fra entrinns brenner til flertrinns- eller modulerende brenner	50 °C redusert røykgas-temp	2,5
Reduksjon av O <sub>2</sub> -nivå med 2 %-enheter		0,5
Reduksjon av røykgasstemperatur med 20 °C		1,0
Utskifting av kjel med 2% spes. strålingstap til 0,5% spes. strålingstap		5,0
Utskifting av brenner med 1,5% gjennomstrømningstap med brenner med 0% g.s.tap (forutsetter kjel med 0,5% strålingstap)		5,0
Reduksjon av driftstid fra 8760 til 6000 timer for kjel med 0,5% spesifikt strålingstap og 0 gjennomstrømningstap		1,0
Reduksjon av driftstid fra 8760 til 6000 timer for kjel med 2% spesifikt strålingstap og 1,5% gjennomstrømningstap		8,0

1: Reduksjon av tilført brenselforbruk (olje og gass)

Som vi ser av tabellen, er det et potensiale for betydelig reduksjon i energiforbruket ved gjennomføring av ulike tiltak. For en stor andel av anleggene vil muligheten for å gjennomføre slike tiltak være til stede.

I **Figur 4.9** har vi gitt en grafisk fremstilling av totale investeringer (eks. mva.) ved utskifting av hhv. kjel med oljebrenner og kun oljebrenner.

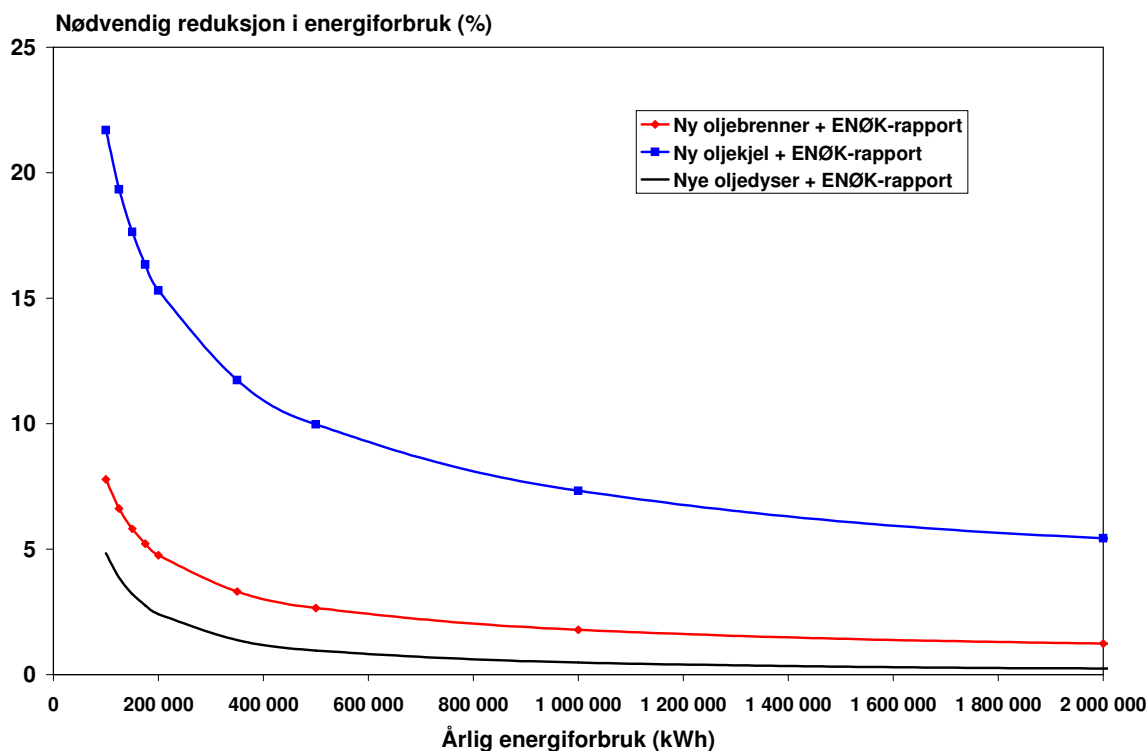


Figur 4.9: Overslagsmessige investeringer ved anskaffelse av ny kjel m/brenner og ny brenner

Vi har tatt utgangspunkt i investeringer i hhv. ny oljekjel med brenner, kun ny samt kun utskifting av oljedyser på et eksisterende kjelanlegg og beregnet hvor stor reduksjon i energiforbruket som er nødvendig for å dekke investeringer i disse tiltakene. Vi har gjort følgende forutsetninger:

- Det forutsettes at en ENØK-analyse blir gjennomført i forkant av tiltakene. Kostnadene er lagt til investeringene
- Kostnad ENØK-analyse av fyrhus: kr. 20.000,- (inkluderer nødvendige målinger)
- Kostnad utskifting av dyser inkl service: kr. 2.000,-
- Brukstil effekt: 1.500 timer
- Kalkulasjonsrente: 7% (realrente)
- Avskrivningstid: år
- Beregnet annuitet: 11,0 %
- Pris på tilført energi: 50 øre/kWh.

Resultatet av beregningene er vist i Figur 4.10. Som vi ser av figuren, vil ulike tiltak kunne være økonomisk gunstige, selv på relativt små kjelanlegg.



Figur 4.10: Nødvendig reduksjon i energiforbruk for å forsvare ulike tiltak på kjelanlegg

Med bakgrunn i vurderingene ovenfor har vi satt opp et forslag til kriterier for når en under alle omstendigheter bør foreslå tiltak

**Tabell 4.9: Kriterium for påkrevet ENØK-gjennomgang av kjelanlegg**

Årlig energiforbruk (kWh)	Oljekjel (%) <sup>1</sup>	Gasskjel (%) <sup>1</sup>
<200.000	87	88
200.000 – 500.000	88	89
500.000-1.000.000	89	90
1.000.000-2.000.000	90	91
>2.000.000	91	92

1: Driftsvirkningsgrad

## 5 FORSLAG TIL INSPEKSJONSORDNING

### 5.1 PERIODISK KONTROLL AV KJELANLEGG

Før man starter ettersyn av anlegget bør mest mulig dokumentasjon være fremskaffet. Delvis basert på ” TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings - Inspection of boilers and heating systems”, ref. /1/, anbefaler vi følgende skjema, som vist i Sjekkliste 1A for kontroll av dokumentasjonen på stedet (huskeliste). For mange anlegg, spesielt de eldre, vil det som regel være vanskelig og/eller temmelig ressurskrevende å fremskaffe all slik dokumentasjon.



Sjekkliste 1-A  
LISTE OVER DOKUMENTASJON

1A-1	Eiers/brukers navn				
1A-2	Adresse				
1A-3	Postnr./-sted				
1A-4	Anleggsnavn				
1A-5	Adresse				
1A-6	Postnr./-sted				
		Til stede			
		JA	NEI	Mangel/kommentar	Ar for siste dok.
1A-7	Underlag fra forrige kontroll, inklusive kontrollskjema				
1A-8	Internkontrollsystem med bl.a.: - Mål- Lover og forskrifter - Lover og forskrifter - Organisasjon og ansvarsfordeling - Opplæring - Registreringer - Avviksbehandling og korrigerende tiltak - IK-runder - Branndokumentasjon - Vedlikehold av IK-systemet				
1A-9	Risikoanalyse				
1A-10	Detaljert beskrivelse av kjelanlegget med følgende data: - Verbal beskrivelse - P&ID eller detaljert flytskjema - Fabrikat på komponenter - Type - Produksjonsnummer				
1A-11	Forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdsinstruks (FDV-instruks) i henhold til NS 5820 (skal foreligge på norsk)				
1A-12	Revisjonsbok				
1A-13	Dokumentasjon på gjennomført vedlikehold				
1A-14	Driftsprotokoll - utfyllt				
1A-15	Loggbøker - utfyllt				
1A-16	Energiforbruk/innkjøpt energi				
1A-17	Energiproduksjon/energileveranse				
1A-18	Gangtid på brennere				
1A-19	Gjennomført årskontroll				
1A-20	Gjennomført 5-årskontroll				
1A-21	Tilbakemeldinger fra bruker samt drifts- eller service-personell				
	Kommentarer/meldinger				

Mer teknisk spesifikt er deretter vist et skjema Sjekkliste 1B for tekniske data for et kjelanlegg.



**Sjekkliste 1-B**  
**TEKNISKE DATA FOR ANLEGGET**

Hvis anlegget består av flere kjeler, benyttes ett skjema pr. kjel	Verdi/status	Enhet	Mangel/kommentar																		
Type brensel		-																			
Kjelens oppgave		-																			
- Oppvarming		-																			
- Ventilasjon		-																			
- Varmtvannsgenerering		-																			
Kjel type/modell		-																			
Kjelens produksjonsnummer		-																			
Kjelens produksjonsdato eller år		-																			
Nominell (produsert) effekt kjel		kW																			
Brenner type/modell		-																			
Brenners produksjonsdato eller år		-																			
Brennerregulering (modulerende el. antall trinn)		-																			
Produsert effekt (maks/min)		kW																			
Kjeltemperatur (maks/min)		°C																			
Røykgasstemperatur maks/min effekt		°C																			
O <sub>2</sub> (tørr gass) ved maks/min effekt <sup>a</sup>		%																			
CO <sub>2</sub> (tørr gass) ved maks/min effekt		%																			
Anleggets driftsvirkningsgrad (se eget skjema)		%																			
CO ved maks/min effekt <sup>b</sup>		ppm																			
Sottall ved maks/min effekt		Bach.																			
Brenselforbruk siste driftsår		kg																			
Varighet varm kjel siste driftsår		timer																			
Gangtid brenner siste driftsår		timer																			
Beregnet driftsvirkningsgrad <sup>c,d</sup>		%																			
Tilført energi siste driftsår <sup>d</sup>		kWh																			
Er ENØK-analyse påkrevet?																					
<b>ENØK-tiltak som bør vurderes</b>																					
Justere brennere																					
Skifte dyse på brennere (for stor effekt på brenner, slitte dyser mv.)																					
Tette lekkasjer (vann og/eller brensel)																					
Bedre lufttilførsel til brennere (for lite tverrsnitt i rist/kanaler mv.)																					
Skifte brenner (kun ett brennertrinn i dag, utett/manglende brennerspjøld)																					
Isolere oljekjeler (høyt strålingstap, ødelagt isolasjon mv.)																					
Installere ny kjel (store tap, benyttes utenom fyringssesongen mv.)																					
Installere varmtvannsbereider (for generering av varmt tappevann utenom fyringssesongen)																					
Montere O <sub>2</sub> -regulering på brenner																					
Optimalisere valg av kjeler ved ulike lastforhold (varmesentralen har flere kjeler)																					
Installere fyringsautomat eller effektvelger (varmesentral med flere kjeler)																					
Operere med optimal vanntemperatur på kjelen																					
Innføre rutiner med kontroll av røykgasstemperatur og feiing når den stiger mer enn 10 °C.																					
Installere røykgasstermometer																					
<b>V = Kontrollert    S = Skiftet    R = Rengjort    D = Defekt</b>																					
Brennerinnsats		Oljetank	Vakuumbeskyttelse (bar)																		
Viftehjul		Oljetilførsel	Sikkerhetsventiler																		
Dyse		Ringledning	Ekspansjonskar																		
Elektroder		Sikkerhetstid	Lufttilførsel fyrrom																		
Pumpefilter		Kjeltemostat	Shuntventiler																		
Oljeslanger		Brennkammer	Sirkulasjonspumpe																		
Forfilter		Oljetrykk (bar)	Kilerem																		
a: Bør være maks- 3-4% på oljekjeler og 2-3% på gasskjeler b: Bør være 0-1 c: Overført fra skjema xx d: Kriterier for når det er påkrevet med ENØK-analyse (virkningsgrad under)		Andre kommentarer/meldinger:																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Årlig energiforbruk (kWh)</th> <th>Oljekjel (%)<sup>1</sup></th> <th>Gasskjel (%)<sup>1</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>&lt;200.000</td><td>87</td><td>88</td></tr> <tr><td>200.000 – 500.000</td><td>88</td><td>89</td></tr> <tr><td>500.000-1.000.000</td><td>89</td><td>90</td></tr> <tr><td>1.000.000-2.000.000</td><td>90</td><td>91</td></tr> <tr><td>&gt;2.000.000</td><td>91</td><td>92</td></tr> </tbody> </table>		Årlig energiforbruk (kWh)	Oljekjel (%) <sup>1</sup>	Gasskjel (%) <sup>1</sup>	<200.000	87	88	200.000 – 500.000	88	89	500.000-1.000.000	89	90	1.000.000-2.000.000	90	91	>2.000.000	91	92		
Årlig energiforbruk (kWh)	Oljekjel (%) <sup>1</sup>	Gasskjel (%) <sup>1</sup>																			
<200.000	87	88																			
200.000 – 500.000	88	89																			
500.000-1.000.000	89	90																			
1.000.000-2.000.000	90	91																			
>2.000.000	91	92																			

For beregning av anleggets driftsvirkningsgrad står en fritt i å velge en av metodene som er vist i Tabell 5.2, Tabell 5.3, Tabell 5.4, Tabell 5.5 eller Tabell 5.6. De enkelte metodene krever i utgangspunktet at det er montert ulike former for måleutstyr på kjelanlegget, som vist i Tabell 5.1. Oljemåler og timeteller er, som nevnt annet sted i rapporten, meget rimelige i anskaffelse, og det bør derfor ikke være noe problem å forutsette at dette er montert, selv på et kjelanlegg med effekt ned mot 100 kW. Forutsatt at en kun benytter én kjel, er det imidlertid ved hjelp av Tabell 5.4 mulig å foreta beregning av driftsvirkningsgrad uten at det er montert måleutstyr ved anlegget. Imidlertid forutsettes det da at en gjennomfører tester av anleggets stillstandstap over ett døgn, noe som neppe er mer regningssvarende enn anskaffelse av enkelt måleutstyr.

**Tabell 5.1: Beregningsmetode - behov for fastmontert måleutstyr**

Metode	Varmemåler	Oljemåler	Timeteller
Tabell 5.2	X	X <sup>1</sup>	
Tabell 5.3			X
Tabell 5.4		X <sup>1</sup>	
Tabell 5.5			X
Tabell 5.6			X

1: Ikke nødvendig hvis en kun har en kjel og har oversikt over innkjøpt energi og lagret brenselmengde

**Tabell 5.2: Beregning av driftsvirkningsgrad – eksakt metode**

Parameter	Formel/Referanse	Verdi/utfylling
Brenselforbruk i driftsperioden – m (kg)	-	
Effektiv brennverdi – $H_{eff}$ (kWh/kg)	Tabell 4.3	
Målt energiproduksjon – $Q_{netto}$ (kWh)	-	
Beregnet driftsvirkningsgrad - $\eta$	$\eta = \frac{Q_{brutto}}{Q_{netto}} = \frac{m \cdot H_{eff}}{Q_{netto}}$	

**Tabell 5.3: Beregning av driftsvirkningsgrad – tilnærmet metode m/timeteller**

Parameter	Formel/Referanse	Verdi/utfylling
Årlig varighet på periode kjelen holdes varm – $T_d$ (timer)	-	
Årlig gangtid brenner - $T_g$ (timer)	-	
Årlig stillstandstid brenner $T_s$ (timer)	$T_s = T_d - T_g$	
Røykgasstemp. ved nominell brennereffekt (°C)		
Røykgasstemp. ved minimums brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved nominell brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved minimums brennereffekt (°C)		
$O_{2, \text{tørr gass}}$ ved nominell brennereffekt (%)		
$O_{2, \text{tørr gass}}$ ved minimums brennereffekt (%)		
Beregnet røykgasstap nominell brennereffekt - $\eta_{r, \text{maks}}$ (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Beregnet røykgasstap min. brennereffekt - $\eta_{r, \text{min}}$ (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Midlere røykgasstap	$(\eta_{r, \text{maks}} + \eta_{r, \text{min}}) \cdot 0,5$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Fyrteknisk virkningsgrad – $\eta_f$ (%)	$(100 - \eta_r)$	
Nominell netto kjeleffekt – $P_{\text{nom.netto}}$ (kW)		
Spesifikt strålingstap - $\eta_{sn}$ (%)	Formel 4.7	
Strålingstap - $\eta_s$ (%)	$\eta_{sn} \cdot \frac{T_d}{T_g}$	
Spesifikt gjennomstrømningstap - $\eta_{gs}$ (%)	Tabell 4.3	
Gjennomstrømningstap - $\eta_g$ (%)	$\eta_{gs} \cdot \frac{T_s}{T_g}$	
Driftsvirkningsgrad	$\eta = 100 - \eta_r - \eta_s - \eta_g$	

**Tabell 5.4: Beregning av driftsvirkningsgrad – tilnærmet metode u/timeteller**

Parameter	Formel/Referanse	Verdi/utfylling
Brenselforbruk i driftsperioden – m (kg)	-	
Effektiv brennverdi – $H_{eff}$ (kWh/kg)	Tabell 4.3	
Antatt driftsvirkningsgrad – $\eta$ (%)	-	
Beregnet netto energiproduksjon – $Q_{netto}$ (kWh)		
Nominell brennereffekt – $P_{maks}$ (kW)	-	
Min. brennereffekt - $P_{min}$ (kW)	-	
Veid midlere brennereffekt – (kW)	$P_{snitt} = P_{maks} \cdot 0,3 + P_{min} \cdot 0,7$	
Årlig gangtid brenner - $T_g$ (timer)	$T_g = \frac{Q_{netto}}{P_{snitt}}$	
Årlig varighet på periode kjelen holdes varm – $T_d$ (timer)	-	
Årlig stillstandtid brenner $T_s$ (timer)	$T_s = T_d - T_g$	
Røykgasstemp. ved nominell brennereffekt (°C)		
Røykgasstemp. ved minimums brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved nominell brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved minimums brennereffekt (°C)		
O <sub>2, tørr gass</sub> ved nominell brennereffekt (%)		
O <sub>2, tørr gass</sub> ved minimums brennereffekt (%)		
Beregnet røykgasstap nominell brennereffekt - $\eta_{r,maks}$ (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Beregnet røykgasstap min. brennereffekt - $\eta_{r,min}$ (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Midlere røykgasstap	$(\eta_{r,maks} + \eta_{r,min}) \cdot 0,5$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Fyrteknisk virkningsgrad – $\eta_f$ (%)	$(100 - \eta_r)$	
Nominell netto kjeleffekt – $P_{nom,netto}$ (kW)		
Spesifikt strålingstap - $\eta_{sn}$ (%)	Formel 4.7	
Strålingstap - $\eta_s$ (%)	$\eta_{sn} \cdot \frac{T_d}{T_g}$	
Spesifikt gjennomstrømningstap - $\eta_{gs}$ (%)	Tabell 4.3	
Gjennomstrømningstap - $\eta_g$ (%)	$\eta_{gs} \cdot \frac{T_s}{T_g}$	
Driftsvirkningsgrad	$\eta = 100 - \eta_r - \eta_s - \eta_g$	
Driftsvirkningsgrad for ny beregning Start forfra og gjenta til forskjellen mellomstartverdi og beregningsresultat < 0,1%	$\eta_{korr} = (\eta_{start} + \eta_{res}) \cdot 0,5$	

**Tabell 5.5: Beregning av driftsvirkningsgrad – måling av anleggets stillstandstap samt bruk av timeteller på brenner**

Parameter	Formel/Referanse	Verdi/utfylling
Varighet testperiode	$T_{d,t}$	
Brennerens gangtid i testperioden	$T_{g,t}$	
Røykgasstemp. ved nominell brennereffekt (°C)		
Røykgasstemp. ved minimums brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved nominell brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved minimums brennereffekt (°C)		
O <sub>2, tørr gass</sub> ved nominell brennereffekt (%)		
O <sub>2, tørr gass</sub> ved minimums brennereffekt (%)		
Beregnet røykgasstap nominell brennereffekt - $\eta_{r,maks}$ (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Beregnet røykgasstap min. brennereffekt - $\eta_{r,min}$ (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Midlere røykgasstap	$(\eta_{r,maks} + \eta_{r,min}) \cdot 0,5$	Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5
Fyrteknisk virkningsgrad – $\eta_f$ (%)	$(100 - \eta_r)$	
Spesifikt stillstandstap – $\eta_{st,s}$	$\eta_{st,s} = \eta_f \cdot \frac{T_{g,t}}{T_{d,t}}$	
Årlig varighet på periode kjelen holdes varm – $T_d$ (timer)	-	
Årlig gangtid brenner - $T_g$ (timer)	-	
Årlig stillstandstid brenner $T_s$ (timer)	$T_s = T_d - T_g$	
Driftsvirkningsgrad	$\eta = \frac{1 - \frac{T_d}{T_g} \cdot \frac{\eta_{st}}{100}}{1 - \frac{\eta_{st}}{100}} \cdot \eta_f$	

**Tabell 5.6: Beregning av driftsvirkningsgrad – tilnærmet metode m/timeteller (alt.)**

Parameter	Formel/Referanse	Verdi/utfylling
Årlig varighet på periode kjelen holdes varm – T <sub>d</sub> (timer)	-	
Årlig gangtid brenner - T <sub>g</sub> (timer)	-	
Årlig stillstandtid brenner T <sub>s</sub> (timer)	$T_s = T_d - T_g$	
Nominell kjeleffekt – P <sub>nom,tilf</sub> (kW)		
Nominell brennereffekt - P <sub>maks</sub> (kW)		
Røykgasstemp. ved nominell brennereffekt (°C)		
Røykgasstemp. ved minimums brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved nominell brennereffekt (°C)		
Lufttemperatur fyrhus ved minimums brennereffekt (°C)		
O <sub>2, tørr gass</sub> ved nominell brennereffekt (%)		
O <sub>2, tørr gass</sub> ved minimums brennereffekt (%)		
Beregnet røykgasstap nominell brennereffekt - η <sub>r,maks</sub> (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$ Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5	
Beregnet røykgasstap min. brennereffekt - η <sub>r,min</sub> (%)	$\eta_r = k_1 \cdot \frac{t_r - t_1}{21 - O_2}$ Alternativt Figur 4.3 - Figur 4.5	
Midlere røykgasstap	(η <sub>r,maks</sub> +η <sub>r,min</sub> )*0,5	
Brenselforbruk i driftsperioden – m (kg)	-	
Effektiv brennverdi – H <sub>eff</sub> (kWh/kg)	Tabell 4.3	
Tilført energi - Q <sub>brutto</sub> (kWh)	$Q_{brutto} = m \cdot H_{eff} \cdot T_g$	
Røykgasstap – Q <sub>r</sub> (kWh)	$Q_r = Q_{brutto} \cdot \eta_r$	
Strålingstap - Q <sub>s</sub> (kWh)	$Q_s = P_{nom,tilf} \cdot \eta_{sn} \cdot T_d$	
Gjennomstrømingstap – Q <sub>g</sub> (kWh)	$Q_g = P_{maks} \cdot \eta_{gs} \cdot T_s$	
Totale tap – Q <sub>tot</sub> (kWh)	$Q_{tap} = Q_r + Q_s + Q_g$	
Driftsvirkningsgrad (%)	$\eta = \frac{Q_{brutto} - Q_{tap}}{Q_{brutto}} \cdot 100\%$	

## 5.2 ENGANGSINSPEKSJON AV VARMEANLEGG

### 5.2.1 Generelt

Før man starter ettersyn av anlegget bør mest mulig dokumentasjon være fremskaffet. Delvis basert på ” TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings - Inspection of boilers and heating systems”, ref. /1/, anbefaler vi følgende skjema, som vist i Sjekkliste 2A for kontroll av dokumentasjonen på stedet (huskeliste). For mange anlegg, spesielt de eldre, vil det som regel være vanskelig og/eller temmelig ressurskrevende å fremskaffe all slik dokumentasjon.



**Sjekkliste 2-A**  
**LISTE OVER DOKUMENTASJON**

2A-1	Eiers/brukers navn				
2A-2	Adresse				
2A-3	Postnr./-sted				
2A-4	Anleggsnavn				
2A-5	Adresse				
2A-6	Postnr./-sted				
		Til stede			
		JA	NEI	Mangel/kommentar	Ar for siste dok.
2A-8	Underlag fra forrige kontroll, inklusive kontrollskjema				
2A-9	Internkontrollsystem med bl.a.: - Mål- Lover og forskrifter - Lover og forskrifter - Organisasjon og ansvarsfordeling - Opplæring - Registreringer - Avviksbehandling og korrigerende tiltak - IK-runder - Branndokumentasjon - Vedlikehold av IK-systemet				
2A-10	Risikoanalyse				
2A-11	Detaljert beskrivelse av varmeanlegget med følgende data: - Verbal beskrivelse - P&ID eller detaljert flytskjema - Fabrikat på komponenter - Type - Produksjonsnummer				
2A-12	Forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdsinstruks (FDV-instruks) i henhold til NS 5820 (skal foreligge på norsk)				
2A-13	Revisjonsbok				
2A-14	Dokumentasjon på gjennomført vedlikehold				
2A-15	Driftsprotokoll - utfyllt				
2A-16	Loggbøker - utfyllt				
2A-17	Energiforbruk/innkjøpt energi				
2A-18	Energiproduksjon/energileveranse				
2A-19	Gangtid på brennere				
2A-20	Gjennomført årskontroll				
2A-21	Gjennomført 5-årskontroll				
2A-22	Tilbakemeldinger fra bruker samt drifts- eller service-personell				
	Kommentarer/meldinger				

## 5.2.2 Varmesentral

Ved engangsinspeksjon av varmesentraler benyttes samme skjemaer for hver av kjelene som ved periodisk inspeksjon av kjelene (sjekklister 1-B). I tillegg benyttes følgende skjema:



Sjekkliste 2-B  
TEKNISKE DATA FOR ANLEGGET  
Varmesentral

	Verdi/status	Enhet	Mangel/kommentar																																										
<b>Varmeanleggets oppgave</b>																																													
2B-1	Oppvarming	Ja/Nei																																											
2B-2	Ventilasjon	Ja/Nei																																											
2B-3	Varmtvannsgenerering	Ja/Nei																																											
<b>Brensler som benyttes</b>																																													
2B-4	Olje	Ja/Nei																																											
2B-5	Naturgass	Ja/Nei																																											
2B-6	Propan	Ja/Nei																																											
2B-7	Biogass	Ja/Nei																																											
2B-8	Biobrensel	Ja/Nei																																											
<b>Kobling/styring av kjeler</b>																																													
2B-9	Koblingsprinsipp for kjeler <sup>a</sup>	-																																											
2B-10	Mulig å serikoble kjeler for ulike brenslere?	Ja/Nei																																											
2B-11	Er det installert fyringautomat/effektvelger?	Ja/Nei																																											
2B-12	Blir kjeler som det ikke er behov for stengt?	Ja/Nei																																											
2B-13	Holdes kjeler som ikke benyttes varme?	Ja/Nei																																											
2B-14	Prinsipp for regulering av kjeltemperatur <sup>b</sup>																																												
<b>Visuell inspeksjon av anlegg</b>																																													
2B-15	Kontroll av fyringsautomat/effektvelger																																												
2B-16	Vannlekkasjer	Ja/Nei																																											
2B-17	Brensellekasjer	Ja/Nei																																											
2B-18	Dårlig isolert	Ja/Nei																																											
2B-19	Feil og mangler ved isolasjon	Ja/Nei																																											
2B-20	Tilført oljeenergi siste driftsår <sup>c</sup>	kWh																																											
2B-21	Tilført energi naturgas siste driftsår <sup>c</sup>	kWh																																											
2B-22	Tilført energi propan siste driftsår <sup>c</sup>	kWh																																											
2B-23	Tilført energi biogass siste driftsår <sup>c</sup>	kWh																																											
2B-24	Tilført energi biobrensel siste driftsår <sup>c</sup>	kWh																																											
2B-25	Tilført energi biogass siste driftsår <sup>c</sup>	kWh																																											
2B-26	Sum tilført energi siste driftsår	kWh																																											
2B-27	Levert energi siste driftsår <sup>d</sup>	kWh																																											
2B-28	Virkningsgrad varmesentral	%																																											
2B-29	Er ENØK-analyse påkrevet?	Ja/Nei																																											
<b>ENØK-tiltak som bør vurderes</b>																																													
2B-30	Større energifleksibilitet (hvis en kun benytter olje og/eller kjelkraft)																																												
2B-31	Optimalisere valg av kjeler ved ulike lastforhold (varmesentralen har flere kjeler)																																												
2B-32	Installere fyringsautomat eller effektvelger																																												
2B-33	Sikre at kjeler som ikke benyttes ikke er varme																																												
2B-34	Installere utetemperaturregulering av kjeler																																												
2B-35	Tette brensellekasjer																																												
2B-36	Tette vannlekkasjer																																												
2B-37	Installere ny kjel (store tap, benyttes utenom fyringssesongen mv.)																																												
2B-38	Installere varmtvannsbereider (for generering av varmt tappevann utenom fyringssesongen)																																												
2B-39	Andre tiltak (spesifiseres)																																												
a: Serie/parallell b: F.eks. utetemperaturstyrt c: Kriterier for akseptabel virkningsgrad er vist nedenfor d: Forutsetter at det er installert varmemåler			Andre kommentarer/meldinger:																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Årlig energiforbruk (kWh)</th> <th>&lt;10% kjelkraft (%)<sup>1</sup></th> <th>10-30% kjelkraft (%)<sup>1</sup></th> <th>30-50% kjelkraft (%)<sup>1</sup></th> <th>50-70% kjelkraft (%)<sup>1</sup></th> <th>70-90% kjelkraft (%)<sup>1</sup></th> <th>&gt;90% kjelkraft (%)<sup>1</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;200.000</td> <td>87</td> <td>88</td> <td>89</td> <td>90</td> <td>91</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>200.000 – 500.000</td> <td>88</td> <td>89</td> <td>90</td> <td>91</td> <td>92</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>500.000-1.000.000</td> <td>89</td> <td>90</td> <td>91</td> <td>92</td> <td>93</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>1.000.000-2.000.000</td> <td>90</td> <td>91</td> <td>92</td> <td>93</td> <td>94</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>&gt;2.000.000</td> <td>91</td> <td>92</td> <td>93</td> <td>94</td> <td>95</td> <td>96</td> </tr> </tbody> </table>				Årlig energiforbruk (kWh)	<10% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	10-30% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	30-50% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	50-70% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	70-90% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	>90% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	<200.000	87	88	89	90	91	92	200.000 – 500.000	88	89	90	91	92	93	500.000-1.000.000	89	90	91	92	93	94	1.000.000-2.000.000	90	91	92	93	94	95	>2.000.000	91	92	93	94	95	96
Årlig energiforbruk (kWh)	<10% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	10-30% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	30-50% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	50-70% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	70-90% kjelkraft (%) <sup>1</sup>	>90% kjelkraft (%) <sup>1</sup>																																							
<200.000	87	88	89	90	91	92																																							
200.000 – 500.000	88	89	90	91	92	93																																							
500.000-1.000.000	89	90	91	92	93	94																																							
1.000.000-2.000.000	90	91	92	93	94	95																																							
>2.000.000	91	92	93	94	95	96																																							
1: Årsvirkningsgrad																																													

### 5.2.3 Distribusjonssystem

Ved gjennomgang av distribusjonssystemet benyttes skjemaet som er vist nedenfor.



Sjekkliste 2-C  
TEKNISKE DATA FOR ANLEGGET  
Varmedistribusjon

Hvis anlegget består av flere varmekurser, benyttes ett skjema pr. kurs			
	Verdi/status	Enhet	Mangel/kommentar
2C-1	Type anlegg <sup>a</sup>	-	
2C-2	Type distribusjonssystem <sup>b</sup>	-	
2C-3	System for automatisk lekkasjesøk?	Ja/Nei	
2C-4	Type system automatisk lekkasjesøk	-	
2C-5	Alder på ledningsnett	år	
2C-6	Er det separate sirkulasjonspumper for hver kurs	Ja/Nei	
2C-7	Antall sirkulasjonspumper		
2C-8	Effekt på sirkulasjonspumper	kW	
2C-9	Prinsipp for regulering av sirkulasjonspumper <sup>c</sup>	-	
2C-10	Type regulering av sirkulasjonspumper <sup>d</sup>	-	
2C-11	Prinsipp for regulering av turtemperatur <sup>e</sup>	-	
2C-12	Antall abonnentsentraler i varmekursen	-	
2C-13	Type abonnentsentral <sup>f</sup>		
2C-14	Prinsipp for regulering av abonnentsentralene <sup>e</sup>	-	
2C-15	Dimensjonerende utetemperatur (DUT)	°C	
2C-16	Utetemperatur - årsmiddel	°C	
2C-17	Turtemperatur ved DUT	°C	
2C-18	Minimums turtemperatur	°C	
2C-19	Turtemperatur, veiet årsmiddel	°C	
2C-20	Returtemperatur ved DUT	°C	
2C-21	Returtemperatur, minimum	°C	
2C-22	Returtemperatur, veiet årsmiddel	°C	
2C-23	Midlere temperaturredifferanse, veid årsmiddel	°C	
2C-24	Effekttap fra nett, veid årsmiddel	kW	
2C-25	Varmetap fra nett - årlig	kWh	
2C-26	Tilført energi til nett	kWh	
2C-27	Tap i nett	%	
<b>Visuell inspeksjon av nett</b>			
2C-28	Lekkasjer	Ja/Nei	
2C-29	Dårlig isolert	Ja/Nei	
	Feil og mangler ved isolasjon	Ja/Nei	
<b>ENØK-tiltak som bør vurderes</b>			
2C-30	Er ENØK-analyse påkrevet?	Ja/Nei	
2C-31	Utbedre lekkasjer		
2C-32	Utbedre isolasjon		
2C-33	Etterisolere ledningsnett		
2C-34	Skifte ut ledningsnett		
2C-35	Bytte ut eller bygge om abonnentsentral for å oppnå økt ΔT		
2C-36	Sette inn sirkulasjonspumper med mindre effekt		
2C-37	Anskaffe turtallsregulerte sirkulasjonspumper		
2C-38	Gå over til utetemperaturstyrt regulering av turtemperatur		
2C-39	Justere temperaturkurve for turtemperatur		
2C-40	Redusere kapasitet på eller fjerne by-passer i abonnentsentraler		
2C-41	Annet (spesifiseres)		
a: Direkte eller indirekte system b: Presisolerte fjernvarmerør, isolerte stålrør, nedgravd etc. c: F.eks. styrt av trykkdifferanse hos kritisk(e) abonnent(er) d: F.eks. turtallsregulering e: F.eks. utetemperaturstyrt turtemperatur f: F.eks. to-trinns mv.		Andre kommentarer/meldinger:	

## 5.2.4 Tappevannsanlegg

Ved gjennomgang av tappevannsanlegg benyttes skjemaet som er vist nedenfor.



**Sjekkliste 2-D**  
**TEKNISKE DATA FOR ANLEGGET**  
**Tappevannssystem**

Hvis det er separate systemer for generering og distribusjon av tappevann, benyttes et skjema for hvert system

	Verdi/status	Enhet	Mangel/kommentar
2D-1	Type anlegg <sup>a</sup>		
2D-2	Temperatur på tappevannet	°C	
2D-3	Er det sirkulasjon på tappevannet?	Ja/Nei	
2D-4	Er det tidsstyring av sirkulasjonen?	Ja/Nei	
2D-5	Størrelse på sirkulasjonspumper	kW	
	Sammenlagret effektbehov til tappevannsgenerering	kW	
2D-6	Beredervolum	liter	
2D-7	Er det tatt tilstrekkelig hensyn til effektiv tappevannsgenerering i perioder med lavt varmebehov?		
2D-8	<b>Visuell inspeksjon av anlegg</b>		
2D-9	Lekkasjer	Ja/Nei	
2D-10	Dårlig isolert	Ja/Nei	
2D-11	Feil og mangler ved isolasjon	Ja/Nei	
2D-12	Er det tappekraner som ikke er i bruk?	Ja/Nei	
2D-13	Er det eldre blande batterier som bør byttes?	Ja/Nei	
	<b>ENØK-tiltak som bør vurderes</b>		
2D-14	Er ENØK-analyse påkrevet?	Ja/Nei	
2D-15	Utbedre lekkasjer		
2D-16	Utbedre isolasjon		
2D-17	Skifte ut ledningsnett		
2D-18	Reduksjon av tappevannstemperatur		
2D-19	Tidsstyring av tappevannssirkulasjon		
2D-20	Sette inn sirkulasjonspumper med mindre effekt		
2D-21	Koble fra tappekraner som ikke er i bruk		
2D-22	Bytte ut eldre blande batterier		
2D-23	Installere økt berederkapasitet		
2D-24	Installere ny kjel for tappevannsgenerering i perioder med lavt varmebehov		
2D-25	Annet (spesifiseres)		
	a: Sentralisert eller lokal tappevannsgenerering		Andre kommentarer/meldinger:

## 5.2.5 Sekundært varmeanlegg

Ved gjennomgang av sekundært varmeanlegg benyttes skjema som vist nedenfor.



Sjekkliste 2-E  
TEKNISKE DATA FOR ANLEGGET  
Sekundært varmeanlegg

	Verdi/status	Enhet	Mangel/kommentar
2E-1	Det benyttes ett skjema for hvert bygg		
2E-1	Eiers/brukers navn		
2E-2	Adresse		
2E-3	Postnr./-sted		
2E-4	Anleggsnavn		
2E-5	Adresse		
2E-6	Postnr./-sted		
2E-7	Alder på bygning	år	
2E-8	Totalt bruksareal	m <sup>2</sup>	
2E-9	Oppvarmet bruksareal	m <sup>2</sup>	
2E-10	Type bygg (kan være flere typer) <sup>a</sup>		
2E-11	Maks. høyde i rom som varmes opp	m	
	<b>Romoppvarming</b>		
	Radiatorer	Ja/Nei	
	Varmebatterier	Ja/Nei	
	Gulvvarme	Ja/Nei	
	Annet (spesifiser)	Ja/Nei	
	Er det individuell termostatering i alle rom?	Ja/Nei	
	Er termostater korrekt plassert?	Ja/Nei	
	Er det natt-/helgesenkning av romtemperatur?	Ja/Nei	
	Er det mengderegulering av alle varmekilder?	Ja/Nei	
	Er alle termostater korrekt innstilt?	Ja/Nei	
	Er det observert for høy/lav romtemperatur?	Ja/Nei	
	Er det for stor temperaturgradient i høye rom?	Ja/Nei	
	Er alle varmeavgivende enheter korrekt dimensjonert (tilstrekkelige til å gi akseptabel $\Delta T$ ?)	Ja/Nei	
	Gjennomføres oppvarming av rom uten varmebehov?	Ja/Nei	
	<b>Varmedistribusjon</b>		
	Er det separate varmekurser til ulike rom/formål?	Ja/Nei	
	Prinsipp for regulering av turtemperatur <sup>b</sup>		
	Turtemperatur ved DUT	°C	
	Minimums turtemperatur	°C	
	Returtemperatur ved DUT	°C	
	Returtemperatur, minimum	°C	
	Er det separate sirkulasjonspumper for hver kurs	Ja/Nei	
	Antall sirkulasjonspumper		
	Effekt på sirkulasjonspumper	kW	
	Prinsipp for regulering av sirkulasjonspumper <sup>c</sup>		
	<b>Visuell inspeksjon av anlegg</b>		
	Lekkasjer	Ja/Nei	
	Dårlig isolert	Ja/Nei	
	Feil og mangler ved isolasjon	Ja/Nei	
	<b>ENØK-tiltak som bør vurderes</b>		
	Er ENØK-analyse påkrevet?	Ja/Nei	
	Utbedre lekkasjer		
	Utbedre isolasjon		
	Skitte ut ledningsnett		
	Flytte følere for termostatet		
	Tiltak for å unngå for stor temperaturgradient i høye rom		
	Slå av varme i rom uten varmebehov		
	Bytte ut/installere flere varmeenheter for å oppnå økt $\Delta T$		
	Sette inn sirkulasjonspumper med mindre effekt		
	Anskaffe turtallsregulerte sirkulasjonspumper		
	Gå over til utetemperatstyrt regulering av turtemperatur		
	Justere temperaturkurve for turtemperatur		
	Redusere kapasitet på eller fjerne by-passen i kurser		
	Annet (spesifiseres)		
	a: Bolig, butikk, kontorer, lager, ungdomsskole mv. b: F.eks. utetemperaturstyrt turtemperatur c: F.eks. styrt av trykkdifferanse hos kritisk(e) enheter	Andre kommentarer/meldinger:	

## 6 ANDRE FORHOLD

### 6.1 RESSURSMESSIG OMFANG AV INSPEKSJONENE

Vi har hatt som intensjon å fremme et forslag til inspeksjonsordning som følger opp intensjonene i Bygningsdirektivet, uten at dette krever uforholdsmessige ressurser. Dette gjelder særlig periodisk inspeksjon av kjelanlegg.

#### Periodisk inspeksjon

Det foreslåtte opplegget for periodisk inspeksjon bygger i stor grad på den etablerte EO-ordningen, som allerede er godt innarbeidet og akseptert i markedet. EO-service på et mindre varmeanlegg koster ca. 1.100 kr eks. mva. For et større anlegg vil prisen være ca. 2.000 kr. Dette innebærer et arbeidsomfang på ca. 3 og 5 timer inkl. reise. Ny oljedyse (ca. 100 kr) er inkludert i hver service, ref. /8/. Forutsatt at dokumentasjonen på anlegget er rimelig enkelt tilgjengelig, estimerer vi merarbeid i forhold til EO-ordningen til å bli som følger:

- Gjennomgang og kontroll av dokumentasjon: 0,5-1 time avhengig av størrelse
- Ekstra tid for kontroll/måling/inspeksjon: 0,5-1,5 time avhengig av størrelse
- Ekstra tid beregninger/vurderinger av virkningsgrad: 0,5-1,5 time avhengig av størrelse
- Ekstra tid for administrasjon/utfylling: 0,5 time.

Dette betyr et totalt tillegg på 2 til 4-5 timer, avhengig av størrelsen på anleggene. Dette medfører at totalt tidsforbruk for den periodiske inspeksjonen blir mellom 5 og 10 timer, avhengig av størrelsen på anlegget. Dette innebærer følgende kostnader:

- Lite anlegg: kr. 2.500,-
- Middels anlegg: kr. 3.500,-
- Stort anlegg: kr. 4.500,-

Det er da forutsatt at en ikke foretar måling av stillstandstapet på anleggene, noe som krever at anlegget må besøkes to ganger. Vi har forutsatt at kjelanlegget har timeteller og oljemengdemåler, noe mange eksisterende anlegg ikke har. Dette innebærer at det i tillegg, forutsatt at dette gjennomføres i forbindelse med servicebesøk, eventuelt kommer en engangskostnad på:

- Timeteller: 500 kr pr. brenner + montering
- Oljemåler: 1.500 kr. pr. brenner + montering.

#### Engangsinspeksjon

Kostnadene for gjennomføring av engangsinspeksjon vil variere betydelig, avhengig av størrelsen på bygningsmassen. Vi har, som tidligere nevnt, forutsatt at en ved engangskontrollen av selve varmesentralen blant annet benytter de samme skjemaene som ved periodisk kontroll av kjelanlegg. I tillegg kommer gjennomgang av følgende:

- Tappevannssystem
- Distribusjon
- Varmeanlegg i byggene.

Vi forutsetter at en benytter stikkprøver på varmeanleggene på større bygg med rimelig lik oppbygging og bruksmønster. Med denne bakgrunn estimerer vi tillegg i tidsforbruk ved engangsinspeksjon av varmeanlegg i forhold til periodisk gjennomgang av kjelanlegg til å bli:

- Tappevannssystem: 1-4 timer, avhengig av størrelse på anlegg
- Distribusjon: 1-4 timer, avhengig av størrelse på anlegg
- Varme anlegg i byggene: 2-8 timer, avhengig av størrelse på anlegg.

Dette betyr et totalt tillegg på 4 til 12 timer, avhengig av størrelsen på anleggene. Dette medfører at totalt tidsforbruk for den periodiske inspeksjonen blir mellom ca. ett til tre dagsverk, avhengig av størrelsen på anlegget. Dette innebærer følgende kostnader:

- Lite anlegg: kr. 5.000,- (bygg under 2.000 m<sup>2</sup>)
- Middels anlegg: kr. 10.000,- (bygg mellom 2.000 og 5.000 m<sup>2</sup>)
- Stort anlegg: kr. 15.000,- (bygg over 5.000 m<sup>2</sup>).

Vi har forutsatt at en ved gjennomføring av engangsinspeksjonen foretar beregning av driftsvirkningsgraden i varmesentralen. Dette innebærer at det bør installeres varmemåler, noe som vil medføre en kostnad inklusive montering på:

5.000 – 30.000,- kr.

## 6.2 KVALIFIKASJONSKRAV FOR INSPEKTØRER

Direktivet angir at inspeksjonene skal utføres av sertifisert personell. Som påpekt også i det svenske utredningsmateriellet krever inspeksjonsordningene slik de er definert i EPBD både teknisk kompetanse på tekniker-nivå, og en mer vidtfaende energianalytisk kompetanse (for å gjennomføre vurderinger av anleggenes dimensjonering samt beregne/vurdere anleggenes driftsvirkningsgrad).

I større bedrifter/ organisasjoner med egen driftskompetanse (f.eks. Statsbygg) kan man meget vel se for seg at man har tilstrekkelig kompetanse til å forestå de nødvendige kontroller i henhold til EPBD hva gjelder ventilasjons- og kjøleanlegg. Like fullt vil denne kompetansen kunne være meget personavhengig av noen få nøkkelpersoner i bedriften.

Det er også nødvendig med spesielt egnet måleutstyr for utslipp. Basert på de ovenstående momenter synes det klart at det bør etableres klare sett med godkjenningkriterier for personer som kan gjennomføre kontrollordninger i henhold til EPBD.

Det bør også defineres/stilles krav til bedriftene som skal/kan godkjenne inspektører til denne ordningen. Videre er det et klart behov for å definere det juridiske ansvaret for inspektørene som skal gjennomføre disse kontrollene.

## 6.3 MULIG KOORDINERING AV MED ANDRE ETTERSYN/ORDNINGER

### 6.3.1 Energimerking

Kravene til Energimerking av bygninger vil kreve en bred energimessig forståelse for at rådene skal være realiserbare og realistiske. Det vil være en utfordring for gjennomføringen av EPBD å finne en balanse mellom for strenge energimessige vurderinger (og derav antyde urealistiske besparelser) og på den andre siden å "godkjenne" altfor mange anlegg. Det er p.t. ikke kjent i hvilken grad et energimerke vil kreve gjennomgang eller vurdering av kjelanlegg. Dersom energimerkene kun skal gies for bygninger som omsettes/selges eller leies ut, så vil den obligatoriske kontrollen av kjelanlegg finne sted også i en rekke bygg som ikke har energimerke. Det vil således være en vesentlig større jobb å fremskaffe data om byggene, øvrige installasjoner mv. for å kunne vurdere dimensjoneringen av kjelanleggene, fremfor om bygget allerede har et energimerke hvor dette er samlet og ryddig informasjon.

Det er verdt å merke seg at Danmark ser ut til å innføre energimerker med hyppigere frekvens enn kravet i EPBD. For en bedre samkjøring mellom energimerker og inspeksjonsordningene bør det vurderes om man kan finne et felles inspeksjonsintervall, slik at man kan favne en større andel av kontrollene med færre besøk hos byggeierne.

### 6.3.2 EO-ordningen

Det foreslåtte opplegget for periodisk inspeksjon av kjelanlegg vil inkludere inspeksjonspunktene i den etablerte EO-ordningen, men vil være noe mer omfattende. På de fleste punkter vil inspeksjonsordningen og EO-ordningen kreve samme bakgrunn/kompetanse. Etter vår vurdering er det derfor en fordel om begge ordningene gjennomføres av samme personell. Skjemaer, sjekklister mv. bør om mulig koordineres/samordnes. Ved gjennomført inspeksjon er en EO-gjennomgang i prinsippet overflødig. Imidlertid vil det være behov for en årlig EO-gjennomgang de årene hvor det ikke skjer inspeksjon av anleggene.

## 6.4 OPPLÆRING OG INFORMASJONSBEHOV

Som beskrevet foran stiller EPBD en rekke krav til gjennomgang av bygningsmassen. For at dette skal bli best mulig mottatt i opinionen, bør det kommuniseres klartest mulig. Det vil trolig være lettere å kommunisere en ordning som både er temmelig lik for alle typer bygg, og som er fokusert på å ha en høyest mulig kostnytte-faktor for brukerne. Det er derfor også gjort enkelte forenklinger i våre valg, med tanke på at omfanget av kontrollene skal være gjennomførbart.

Vi har tidligere i rapporten kort beskrevet våre anbefalinger om krav til godkjenning av inspektører. Det bør også vektlegges å lære inspektørene opp i å være "ambassadører" for nytten av ordningen. Dette bør være en vesentlig del av myndighetenes informasjonsopplegg.

I myndighetenes kommunikasjon omkring ordningen bør det uansett frekvens for den lovpålagte kontrollen oppfordres og motiveres til jevnlig (for eksempel årlig) ettersyn av anleggene.

Som i andre sammenhenger bør Staten som byggherre gå foran med et godt eksempel på oppfyllelse av kravene i EPBD.

Erfaringene og datagrunnlaget som man etter hvert vil kunne få med systematisert behandling av EPBD bør søkes best mulig samkjørt med videre utvikling av energistatistikk for bygningsmassen.

## 6.5 BEHOV FOR VIDERE UTREDNING

Strålings- og gjennomstrømningstap for kjelanlegg vil kunne ha meget stor betydning for anleggenes driftsvirkningsgrad. En har imidlertid ikke klart å fremskaffe en god nok oversikt over slike data. For å ha et best mulig grunnlag for beregning av driftsvirkningsgrad for kjelanlegg, bør en derfor utarbeide en oppdatert oversikt over følgende:

- Spesifikt strålingstap
- Spesifikt gjennomstrømningstap.

Vi har tatt utgangspunkt i oljekjeler når vi har laget et konkret forslag til inspeksjonsordning. Bruk av gass i kjeler får etter hvert et stadig større omfang. Det bør derfor også arbeides videre, slik at en får tatt hensyn til spesielle kontroll- og service-punkter som gass-anlegg krever.

## 7 BEGREPSFORKLARING

I det etterfølgende har vi gitt en forklaring på en del enheter og begreper som er benyttet i rapporten.

Biobrensler:	Brensler som har biologisk opprinnelse (ved, halm, lær...)
Fossile brensler:	Brensler som har fossil opprinnelse (kull, olje, naturgass)
Effektiv brennverdi:	Utnyttbar energi i (fuktig) brensel, hvor det er forutsatt at røykgassene er avkjølt til 25 °C, men uten at en har gjenvunnet kondensvarme fra fuktighet i røykgassen
Nedre brennverdi:	Utnyttbar energi i tørt brensel, hvor det er forutsatt at røykgassene er avkjølt til 25 °C, men uten at en har gjenvunnet kondensvarme fra fuktighet i røykgassen
Øvre brennverdi:	Utnyttbar energi i tørt brensel, hvor det er forutsatt at røykgassene er avkjølt til 25 °C, og en har gjenvunnet kondensvarme fra fuktighet i røykgassen
Spesifikk varmekapasitet:	Energimengden som går med til å varme opp fast stoff, væske eller gass 1 °C. Denne beregnes pr. volumenhet eller masseenhet.
Intermittensgrad:	Forholdet mellom stillstandstid og gangtid for kjeler
Virkningsgrad:	Grad av utnyttelse av tilgjengelig energi
Fyrteknisk virkningsgrad:	Tilført energi minus røykgasstap dividert med tilført energi.
Momentanvirkningsgrad:	Virkningsgrad - øyeblikksverdi
Driftsvirkningsgrad:	Veid middel av virkningsgrad for en driftsperiode
Årsvirkningsgrad:	Veid middel av virkningsgrad beregnet på årsbasis
Luftoverskudd:	Ekstra luftmengde i forhold til den teoretisk nødvendige. Beregnes som % av nødvendig luftmengde
Luftoverskuddstall:	Forholdet mellom benyttet luftmengde og teoretisk nødvendig luftmengde
Miniumums luftbehov:	Luftmengde for å oppnå fullstendig forbrenning uten luftoverskudd
Adiabatisk:	Begrep benyttet om den forbrenningstemperatur som oppnås hvis forbrenningen skjer uten varmetap til omgivelsene
Støkiometrisk:	Begrep benyttet om teoretisk minimums luftbehov

## 8 REFERANSER

1. "CEN/TC 228 WI 228020:2004 (E). Heating systems in buildings — Inspection of boilers and heating systems". Draft dated 2004-12-15 - Version issued for public enquiry.
2. Statens Bygningstekniske Etat, Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, Ren teknisk 1997, 3.utgave april 2003, kapitlene VIII og IX.
3. Zawacki, Katrakis: "Field-measured seasonal efficiency of intermediate-sized low-pressure steam boilers." ASHRAE Transactions, Vol. 99. 1993.
4. "Manual for Enøk Normtall". Enova SF, Håndbok 2004:2.
5. Bjørn Aune: "Energi gradtall (Heating degree days). Normaler 1961-1990. Normaler 1971-2000." Rapport Klima 23, 2002. ISSN 0805-9918, Meteorologisk institutt.
6. "RÅDSDIREKTIV 92/42/EØF av 21. mai 1992 om krav til virkningsgrad for nye varmtvannskjeler som fyres med flytende eller gassformig brensel."  
<http://www.be.no/beweb/regler/eu/kjeldirektiv.html>
7. Ikke tidligere publisert materiale fremskaffet i forbindelse med at Scandpower ved tidligere ansatt Morten H. Soma gjennomførte en kartlegging av Viken Fjernvarmes utslipp og muligheter for reduksjon av NO<sub>x</sub> fra oljekjeler i fjernvarmeanleggene i Oslo i 1998.
8. Implementering av bygningsdirektivet (2002/91/EC). Første forslag til inspeksjon av kjøle- og ventilasjonsanlegg og kartlegging av alternative tiltak for økt energieffektivitet i fyringsanlegg. Norges vassdrags- og energidirektorat. 2. februar 2004.