

enova
håndbok
2004:3



Energioppfølging i næringsbygg

– en innføring



Enovas programkoordinatorer er engasjerte av Enova for å forvalte Enovas programmer og utføre andre avtalte oppgaver. Programkoordinatorene er fagspesialister og kan gi utfyllende informasjon om Enovas programområder. Ønsker du kontakt med Enovas programkoordinatorer se www.enova.no/koordinator



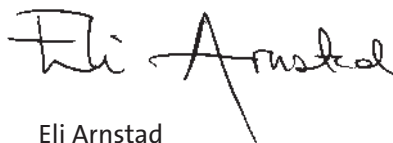
Forord

Energioppfølging i næringsbygg er et praktisk hjelpemiddel for byggeiere, driftspersonale og rådgivere. Rapporten gir en innføring i å etablere energioppfølging og dermed få oversikt over og kontrollere energibruken i store og komplekse bygningsanlegg.

Enovas samlede målsetning er å bidra til økt tilgang på 10 TWh miljøvennlig energi innen år 2010. Enova ønsker å stimulere byggeiere til å sette seg klare mål for energibehovet i egen bygningsmasse og følge opp gjennom aktiv handling. Det vil også bidra til Enovas resultatoppnåelse. Energioppfølging er velegnet til å dokumentere energireduksjon og omlegging fra elektrisk oppvarming og over til lokale og fornybare energikilder. Enova inviterer byggeiere til samarbeid gjennom programmer innenfor Større og Mindre Byggeiere. Enova har inngått forpliktende avtaler om energireduksjon med et stort antall byggeiere, og hvert år blir mellom 4 og 5 mill m² næringsbyggflate med i programmene. Enova har i dag samarbeid med byggeiere som representerer ca 1/4-del av den samlede næringsbyggflaten på ca 120 mill m². Etablering av energioppfølging for hvert enkelte bygg er en obligatorisk aktivitet i prosjekter og sammen med aktiv energiledelse kan byggeiere få oversikt, drive benchmarking og redusere egne kostnader.

Energioppfølging i næringsbygg ble første gang utgitt i samarbeid mellom byggoperatør Ole-Gunnar Søgner og regionale enøksentre. Prosjektet er senere bearbeidet av FRES-bygg med finansiering fra NVE. Utgaven som nå foreligger har utviklet seg fra å beskrive eksisterende hjelpemidler, til å bli en arbeidsbok for byggeiere som skal vite mer om tilgjengelige verktøy, hjelpemidler og metodikk for å komme i gang med energioppfølging. Enovas energistatistikk viser at 83% av bygg som er involvert i Enovas programmer for energiledelse har etablert energioppfølging.

Trondheim, januar 2004



Eli Arnstad
Administrerende direktør
Enova SF

Innhold

1. Energioppfølging i næringsbygg	4	4. Energioppfølging i praksis	14
Direkte nytte og fordeler av EOS	4	4.1 ET-kurve	14
Indirekte nytte av EOS	5	Eksempel på bruk av ET-kurve	15
2. Organisering	6	- Beregninger	15
2.1 Oppgaver og ansvar i EOS-arbeidet	6	- Resultatvurdering	15
- Avlesning av målere, beregning av ukentlig energibruk og avviksanalyse	6	- Sjekkpunkter	15
- Energibudsjett	7	- Sjekkliste	15
- Energiregnskap	7	4.2 Bruk av ET-kurven	15
- Avvikslogg og tiltak ved avvik	7	Kontrollgrenser	16
2.2 Etablering av EOS	7	Dokumentasjon av avvik fra ET-kurven	16
2.3 Organisering av teknisk drift	8	4.3 Prosjektoppfølging	17
Virksomheter med fast ansatt driftspersonell	8	4.4 Effektoppfølging	18
- Gjennomføring av EOS	8	4.5 Temperaturkorrigering	18
Outsourcing av teknisk drift	8	Graddagsmetoden	19
- Gjennomføring av EOS	8	Temperaturmetoden	19
3. Hjelpemidler i EOS arbeidet	9	4.6 Spesielle bygg	19
3.1 EOS gir energibesparelser	9	Svømmehaller	19
3.2 EOS på ulike nivåer	9	Hoteller	19
Manuell energioppfølging	9	5. Bestemmelse av driftsvirkningsgrad for kjeler	20
Dataassistert energioppfølging	10	5.1 Beregning av driftsvirkningsgrad	20
Automatisk energioppfølging med SD-anlegg (Sentral driftskontroll)	11	5.2 Driftsvirkningsgrad for elkjeler	21
- Viktige forutsetninger for å kunne gjennomføre energioppfølging ved hjelp av SD-anlegg	12	5.3 Valg av kjel og energibærer	21
- Fordeler ved bruk av SD-anlegg i EOS-arbeidet	12	Energibehov til oppvarming	22
- Forhold man må vie oppmerksomhet ved bruk av SD-anlegg	12	Energibehov til produksjon	22
Automatisert energioppfølging med datalogger	12	Totalt energibehov	22
		Samkjøring av kjeler	22
		5.4 Valg av energibærer	24

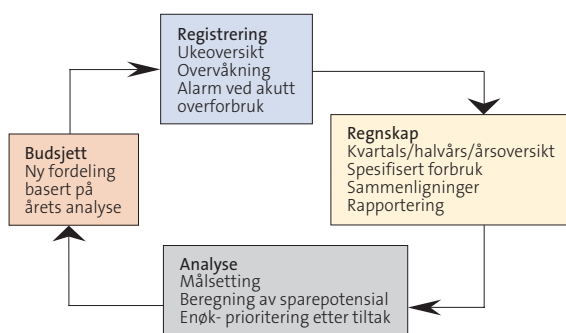
6. Måleutstyr og målemetoder	25
6.1 Valg av måleutstyr og målemetoder	25
6.2 Måleopplegg	25
6.3 Måleutstyr	26
Fastkraft	26
Uprioritert kraft til elkjeler	26
Kuldeanlegg/kjøleanlegg	26
Oljekjeler	26
- Trinnbrennere	26
- Modulerende brennere	27
- Tap fra fyrte kjeler	27
Varmepumper	28
Gasskjeler	28
Biokjeler	28
Utetemperatur	29
Tappevann	29
Varmtvann til oppvarming	29
Fordeling av elektrisitet	29
6.4 SD-anlegg og dataloggere	29
6.5 Tilgang på pulser	30
Deling av pulser fra målere	30

1. Energioppfølging i næringsbygg

Med energioppfølging menes en systematisk og periodevis kontroll av energitilgang og energibruk, der energibruken sammenlignes med utetemperatur, vurdert opp mot produsert vare. Dette må videre sammenlignes med de parametre som påvirker energibruken som inne- og utetemperatur, lys og luftkvalitet.

Energioppfølging er det viktigste verktøyet vi har i arbeidet med å utnytte vår energikilder på den mest effektive måte, både på kort og lang sikt. Energioppfølgingen viser hvordan energien blir brukt og kan gi oss indikasjoner på sparepotensialer og dokumentere besparelser. På denne måten kan verktøyet brukes til å underbygge beregninger av besparelser på en slik måte at det blir enklere å finansiere enøkprosjekter.

I veiledningen til Plan og bygningsloven av 1997 er det fastlagt at for bygg som berøres av loven, skal det utarbeides et energi- og effektbudsjett som skal følges opp av et energioppfølgingssystem (EOS). Dette systemet skal bygges opp etter en bestemt mal.



Figur 1: Energioppfølgingssystem (EOS)

Figur 1 viser hvordan veiledningen til Plan og bygningsloven mener at en systematisk energioppfølging skal utføres og organiseres. Erfaringer i Norge viser at man har best nytte av et system som er forankret i ledelsen og tilpasset rapporteringsrutinene i organisasjonen.

Sett fra samfunnets side er etablering av energioppfølgingssystem kanskje den viktigste enkeltaktiviteten for en systematisk reduksjon av energibruken i Norge. Det er et system som krever små investeringer og kan gjennomføres av alle typer virksomheter uavhengig om de er byggeier eller leietakere, eller om de er store eller små forbrukere av energi. Alle som iverksetter EOS vil også kunne markedsføre sitt samfunnsansvar gjennom konkrete handlinger.

Normalt er de økonomiske fordelene viktigere for de fleste aktørene enn miljømessige forhold som berører samfunnet lokalt og globalt. Her vil det finnes unntak og mange bedrifter ser hvilke gevinster miljøbegrepet gir i forhold i sin profilering både i markedet og i samfunnet. Hvilke konsekvenser det medfører ikke å etablere EOS er også et forhold som må tas med i betraktning. Avhengig av utviklingen på energiprisene og avgifts nivå må bedriftene kalkulere med en viss usikkerhet og ta risiko i forhold til store variasjoner i energiprisene. Kunnskap om eget energibruk gjør byggeier/leietaker bedre rustet til å takle slike variasjoner.

Direkte nytte og fordeler av EOS

- **Energiutgiftene reduseres**
EOS gir erfaringsmessig besparelser på mellom 3–5 % (av og til mer) ved at feil i drift og tekniske anlegg avdekkes tidligst mulig.
- **Driftspersonellet blir mer energibevisste**
Erfaringer fra flere bedrifter tilsier en ekstragevinst i forhold til den rene EOS aktiviteten på mellom 5–10%. Med EOS verktøyet kan driftspersonellet avdekke og dokumentere dårlige løsninger, forslå driftsforbedringer, delta i planlegging av endringer, etterprøve tiltak og synliggjøre sin egen rolle langt bedre enn uten EOS.

- **Feil i anlegg og på utstyr oppdages tidligere**
EOS er en forebyggende aktivitet på driftssiden. Investeringer ved EOS tas igjen ved at driftsavvik oppdages på et tidlig stadium.
- **Lettere kontroll med energibruken og drifts-kostnadene i forhold til budsjett**
I et energioppfølgingssystem kan budsjettkurver både for kWh og kroner legges inn, og systemet kan dermed gi regelmessig tilbakemelding om reelt forbruk er i henhold til dette.
- **Bedre oversikt over energiflyten og energibruken**
Med EOS vil en kunne si noe om bruksmønsteret for energien og til hvilke formål den går. Slike opplysninger vil være et viktig grunnlag for identifikasjon av ytterligere enøktiltak.
- **Bedre grunnlag for vurdering av rutiner ved drift av bygget**
Gevinster ved å "trimme" de tekniske anleggene optimalt vil raskt kunne dokumenteres i oppfølgingssystemet.
- **Bedre kontroll i forhold til investeringer i enøk**
Forbruk etter investeringer vil hurtigere kunne dokumenteres. Manglende reduksjon kan utløse utbedringer og endringer.
- **Bedre kontroll med inneklime**
Feil på tekniske installasjoner avdekkes på et tidlig tidspunkt.
- **Positiv profilering ovenfor leietakere og samfunn**
Flere større virksomheter, både private og offentlige, har innarbeidet ressursforvaltning i sine miljøplaner. Slike planer uttrykker deres målsetning som samfunnsansvarlige aktører og etablering av EOS er et klart virkemiddel i dette arbeidet.
- **Sammenlignbare tall for flere bygg eventuelt leieforhold**
Sammenligning av forbruksopplysninger benyttes som grunnlag for vurderinger om hvor analyser og evt. tiltak bør gjennomføres. Byggeier med mange bygg trenger EOS til benchmarking.
- **Bedre grunnlag for investeringer**
på bygg og teknisk anlegg ved at en får bedre grunnlag for lønnsomhetsberegninger av enøktiltak, og ved at tiltakene følges opp og lønnsomheten kan etterprøves.
- **Skolering av driftspersonalet**
Opplæring av driftspersonalet i EOS vil gi positive ringvirkninger for andre felter innen byggdriften. Kompetanse og ansvar følger hverandre. Kunnskap om sammenhenger vil føre til riktige handlinger i den daglige driften med mindre feil og klager noe som også avlastet overordnet nivå og gir mer fornøyde brukere.
- **Fordeling av energikostnader**
Bedre muligheter for å iverksette intern fordeling eller fakturering av brukeres/leietakeres forbruk.
- **Avdekke feil i eksisterende energisystem**
Ved etablering av EOS krever dette en grov gjennomgang av energiflyten i bygget fra innkjøp til forbruk. Ved flere anledninger avdekkes mangler og feil ved både abonnement, målere, tariffier, dekningsområder, kobling av el- og oljekjeler. Disse regnes da som ekstragevinster.
- **Bedre forberedt på prisendringer**
Bedre oversikt gjør en i stand til å takle endringer i energiprisene. En forutsetning for å tilpasse seg stadig endrede energipriser, avgiftsordninger, miljøkrav og tilskuddsordninger, er å kjenne status i egne bygg både når det gjelder total energibruk og bruksmønster. Riktig prioritering mellom energibærere er et eksempel på dette.

Indirekte nytte av EOS

- **Oppfølging av regnskap og enklere budsjettering**
gir statistikk og sammenligning for bruk til systematisk budsjettering både av driftsutgifter og investeringer.

2. Organisering

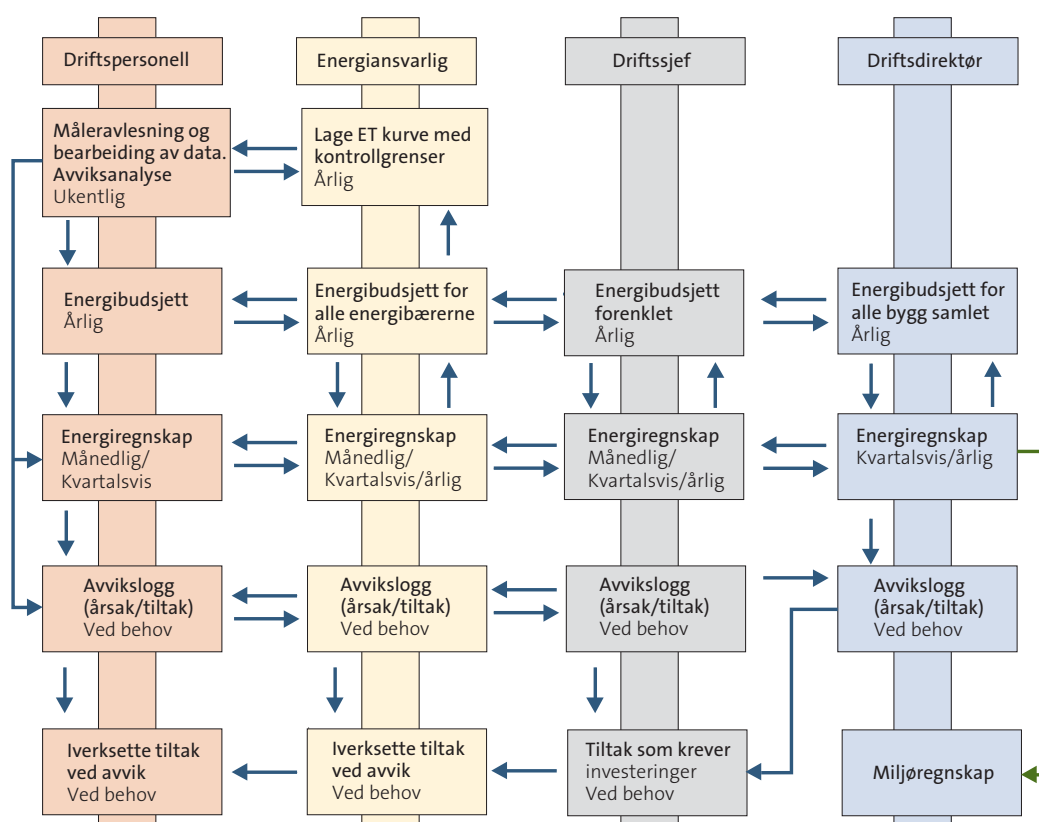
2.1 Oppgaver og ansvar i EOS-arbeidet

EOS-arbeidet består av mange oppgaver og ansvarsområder (figur 2). Erfaringsmessig vil ansvaret for aktivitetene i stor grad variere mellom ulike organisasjonstyper. Derfor er ordet "energiansvarlig" benyttet i figuren. Figuren er ment som et utgangspunkt for å "skreddersy" EOS-rutiner og plassere ansvaret i den enkelte bedrift. Det er viktig at den som får ansvaret for en oppgave også har ressurser og myndighet til å utøve sitt ansvar.

Figuren viser en mulig organisering i et stort foretak med mange bygg. I et enkelt bygg eller en organisasjon med få bygg vil man sjelden finne mer enn to kolonner i organisasjonen. Alle arbeidsoppgavene er da fordelt mellom disse to personene.

Avlesing av målere, beregning av ukentlig energibruk og avviksanalyse

Disse dataene brukes også som grunnlag for å lage energibudsjett og energiregnskap, da gjerne for lengre perioder (kvartal/år). Ansvaret for denne oppgaven ligger som regel hos operatøren for EOS (driftspersonalet).



Figur 2: Oppgaver og ansvar i EOS-arbeidet.

Energibudsjett

Med bakgrunn i tidligere års energibruk utarbeides det et energibudsjett. Det vil være naturlig at jobben med å utarbeide et energibudsjett gjøres årlig, men budsjettet kan utarbeides for kortere tidsperioder, f.eks. per kvartal eller per mnd. Detaljeringsnivået vil variere for ulike nivå i organisasjonen. Driftspersonalet vil f.eks. kanskje ha behov for energibudsjett per måler, mens driftssjef og driftsdirektør kanskje bare ønsker energibruk per bygg, eller evt. per energibærer. Energibudsjettet for hvert enkelt bygg utarbeides av energiansvarlig. Budsjettet rapporteres så videre oppover i organisasjonen i ønsket form og detaljeringsnivå. Godkjent budsjett sendes operatøren for EOS/driftspersonalet, i de tilfellene der operatøren for EOS og energiansvarlig ikke er samme person.

Energiregnskap

Dette er sammenligning av energibudsjett og faktisk energibruk. Dette kan f.eks. skje kvartalsvis eller månedlig. Detaljeringsnivået er i utgangspunktet det samme som for energibudsjettet. Energiregnskapet kan fremstilles både i kWh og kroner i tillegg til opplysninger om prosentvis avvik. Videre bør avvik fra budsjett kort kommenteres/forklares. Som for energibudsjett utarbeides energiregnskap for hvert enkelt bygg av driftspersonalet eller evt. av energiansvarlig. Regnskapet rapporteres så videre oppover i organisa-

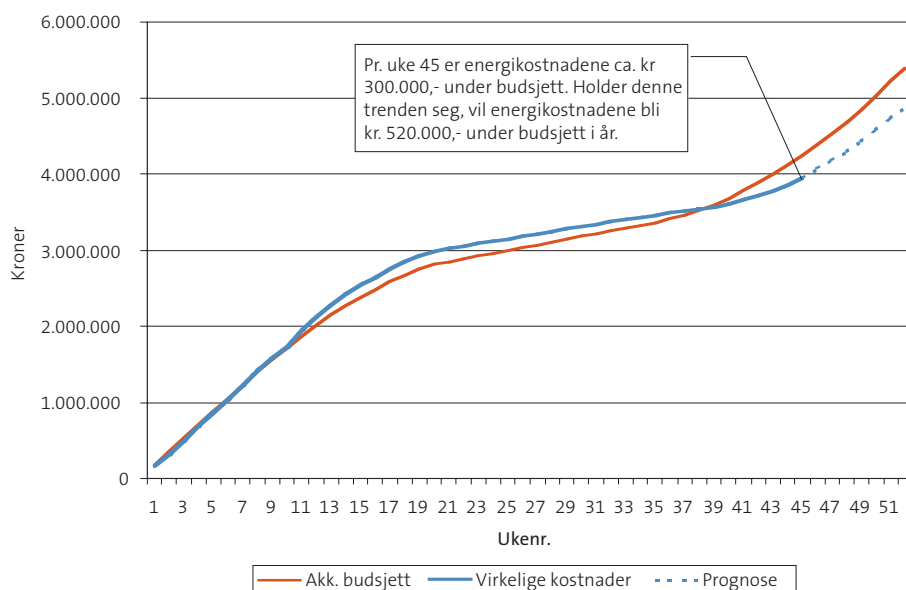
sjonen med ønsket form og detaljeringsnivå. Det er en fordel om det utvikles en form for grafisk presentasjon av energiregnskapet (søylediagram e.l.), ettersom det ofte er lettere å forholde seg til enn tall i en tabell.

Avvikslogg og tiltak ved avvik

Dersom byggets energibruk avviker fra budsjettet skal dette registreres i en avvikslogg (figur 3). Avviksloggen kan bl.a. inneholde opplysninger om hvilken måler avviket er registrert på, årsak til avviket og eventuelt forslag til tiltak. Det bør være et kvitteringsystem både for rapportering av avvik, beskjed om at tiltak skal iverksettes og utførte tiltak. Videre må det følges opp at tiltaket hadde den tiltenkte effekten. Avviksloggen skal sendes så langt opp i systemet at den når en person med myndighet til å iverksette tiltak. Dersom det avdekkes forhold som krever store investeringer kan det hende den må sendes helt opp til driftsdirektør, i andre tilfeller er det tilstrekkelig at energiansvarlig får den.

2.2 Etablering av EOS

Ved etablering av EOS må rutine for håndtering av oppgaver og informasjon organiseres i forhold til bedriftens driftsorganisasjon.



Figur 3: Eksempel på budsjettoppfølging for et stort bygg.

Skal en lykkes med EOS-arbeidet er det viktig at ansvar legges til en person som har myndighet til å iverksette aktiviteter i forhold til oppfølgingsarbeidet. Jo større organisasjonen er, jo høyere opp i den administrative ledelsen må EOS-arbeidet forankres. Etablering på ledelsesnivå kan være den mest krevende delen av organiseringen.

Hovedregel er at EOS-arbeidet bør følge den driftsstrukturen som allerede er etablert. Den ukentlige oppfølgingen av EOS-arbeidet bør legges til den personen som utøver den daglige driften av bygget. EOS oppfattes ofte som et driftsverktøy på vaktmesterplan og har lett for å bli delegert ned til dette nivået i den tro at det der kan leve sitt eget liv. Det er imidlertid viktig å innføre rapporteringsrutiner som sikrer at nødvendig informasjon formidles oppover i organisasjoner, og at den som har det daglige ansvaret for EOS-arbeidet får nødvendig tilbakemelding og faglig støtte. Uten en skikkelig forankring på ledelsesnivå vil etableringen bli et kortvarig prosjekt hvor en henter ut den kortsiktige gevinsten.

Plassering av ansvar og rapporteringsrutiner vil variere fra organisasjon til organisasjon. For å fastlegge dette, er det naturlig å ta utgangspunkt i de oppgavene som skal utføres. Deretter må en skaffe seg informasjon om den aktuelle organisasjonen, i forhold til ansvar og arbeidsoppgaver. Ut fra dette må det defineres hvem som skal ha ansvaret for de ulike aktivitetene og i hvilken form det skal kommuniseres.

2.3 Organisering av teknisk drift

Organisering av den tekniske driften kan grovt deles inn i følgende to kategorier:

a) Virksomheter med fast ansatt driftspersonell

Graden av ansvar og handlefrihet varierer. Ofte er disse personene faglig dyktige og selvstendige, men har variabel kompetanse innenfor området energibruk og hva som påvirker dette. For byggeiere/-forvaltere med mange bygg (for eksempel kommuner og eiendomsselskaper), er teknisk drift ofte enten desentralisert med driftspersonell permanent plassert

på hvert enkelt bygg, eller sentralisert med en driftsenhet bestående av et færre antall personer som dekker flere bygg. Det er også eksempler der man har en blanding av sentralisert og desentralisert teknisk drift.

Gjennomføring av EOS

Det tradisjonelle er at den som har det daglige ansvaret for teknisk drift, er ansvarlig for den praktiske innsamlingen av EOS-data. Videre at samme person også bearbejder sine avlesninger, kontrollerer om det er avvik, finner årsaken til disse og iverksetter korrigerende tiltak når det er nødvendig. Det er viktig at den som har ansvaret for den daglige driften av bygget også har det daglige ansvaret for EOS-arbeidet. Dette fordi han vet hva som foregår på bygget, og dermed har best mulighet til å finne årsaken til avvik og iverksette tiltak. Normalt vil arbeidet kreve kunnskap innenfor nye områder og det vil være behov for opplæring. Resultater fra energioppfølgingen rapporteres til energiansvarlig/-driftssjef for eksempel månedlig eller kvartalsvis. Rapporteringsformen må avtales, slik at kun nødvendig informasjon rapporteres. Rapporten kan f.eks. inneholde energibruk per energibærer på bygget, sammenligning med energibudsjett og kort forklaring på avvik. Det er viktig at energiansvarlig/driftssjef gir tilbakemelding til driftspersonell for hver slik rapport.

b) Outsourcing av teknisk drift

Enkelte virksomheter setter bort hele eller deler av ansvaret for teknisk drift. Argumentet for dette er gjerne at virksomheten ønsker å fokusere på det som er deres kjerneoppgave, og at andre oppgaver kjøpes inn.

Gjennomføring av EOS

I slike tilfeller er det viktig at EOS er en del av kontrakten som gjøres med det eksterne firmaet som har påtatt seg driftsansvaret. Alternativt kan selve EOS-arbeidet skilles ut og leies inn av rådgiverfirmaer med spesiell EOS-kompetanse. Deres ansvar blir da å melde inn avvik når de oppstår, og rapportere resultater for eksempel per måned, kvartal og år. En slik løsning vil også kunne brukes til å kontrollere at driften av anlegget utføres i henhold til kontrakt.

3. Hjelpemidler i EOS arbeidet

3.1 EOS gir energibesparelser

Energioppfølging, EOS, er et meget lønnsomt enøktiltak som alene vil kunne medføre en energibesparelse på 5-10 % alt etter kompleksiteten til det aktuelle bygg. EOS er en kontinuerlig prosess som overvåker bygningenes energibruk fra uke til uke, og gir den driftsansvarlige beskjed om uregelmessigheter med bygningens drift senest en uke etter at feil har oppstått. Alternativet vil i mange tilfeller være at feil på bygning eller tekniske anlegg først blir rettet ved neste service/ettersyn. I heldigste fall snakker vi da om hvert kvartal, men dessverre er det mange bygg som drives i både et og to år uten ettersyn. Atter andre drives uten ettersyn helt til det oppstår klager fra brukerne. En aktiv og fungerende energioppfølging vil kunne spare byggeieren/leietakeren for store energikostnader og miljøet for unødige utslipp. Samtidig som inneklimate blir bedre og brukerne mer fornøyd.

Bruk av et datahjelpemiddel i EOS-arbeidet vil i mange tilfeller være hensiktsmessig. Valg av type hjelpemiddel må for en stor del gjøres etter en vurdering av forhold som byggtipe, størrelse, antall osv.

3.2 EOS på ulike nivåer

Energioppfølging kan drives på flere ulike nivåer. Størrelsen/kompleksiteten på bygget eller bygningsmassen vil være avgjørende for valg mellom de helt enkle manuelle systemer, via regneark til spesiallagede dataprogram med gode muligheter for grafisk fremstilling og løpende oppfølging med automatisk innhenting av data via dataloggere eller SD-anlegg (figur 4).

Generelt kan man si at dersom man skal drive med energioppfølging i et enkelt bygg, kan man klare seg med et manuelt system eller de enkleste

dataprogrammene. Skal man derimot ha energioppfølging i flere bygg og følge utviklingen i disse og lage oversikter, bør man ta i bruk dataprogram som har muligheten for elektronisk utveksling av data. Dette vil redusere arbeidsbelastningen vesentlig samtidig som man reduserer feilkildene. Det er i dag systemer for energioppfølging på markedet som dekker alle krav til energioppfølging.

Vi skiller mellom fire ulike detaljeringsgrader:

a) Manuell energioppfølging

Manuell energioppfølging kjennetegnes ved at hele prosessen fra registrering av energidata til ferdige rapporter gjøres manuelt.

REGISTRERING AV UKENTLIG ENERGIBRUK																																																																																																																																															
Bygg: Skolelyss			Uke nr : 10			År : 1998																																																																																																																																									
Utfylt av: AP			Dato : 9.3.			Klokke: 0800																																																																																																																																									
Ukemedelttemperatur : 2,0°C			Antall timer : 168			Har du husket å nullstille loggeren?																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fastkraft</td> <td>Elmeter 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Sum et, kWh</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Tellerstand/nå</td> <td>1138</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>- Tellerstand/for</td> <td>1104</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>- x Differanse</td> <td>34</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>x Milefaktor</td> <td>40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>= kWh</td> <td>3800</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3800</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Max. kW</td> <td>3,2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>													A	B	C	D	E	F	G					Fastkraft	Elmeter 1										Sum et, kWh	1	Tellerstand/nå	1138										2	- Tellerstand/for	1104										3	- x Differanse	34										4	x Milefaktor	40										5	= kWh	3800									3800	6	Max. kW	3,2																																													
	A	B	C	D	E	F	G																																																																																																																																								
Fastkraft	Elmeter 1										Sum et, kWh																																																																																																																																				
1	Tellerstand/nå	1138																																																																																																																																													
2	- Tellerstand/for	1104																																																																																																																																													
3	- x Differanse	34																																																																																																																																													
4	x Milefaktor	40																																																																																																																																													
5	= kWh	3800									3800																																																																																																																																				
6	Max. kW	3,2																																																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>H</th> <th>I</th> <th>J</th> <th>K</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>N</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OLJE</td> <td>Oliekiel 1</td> <td>Oliekiel 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Sum olje, kWh</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Tellerstand/nå</td> <td>654</td> <td>529</td> <td>130</td> <td>110</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>- Tellerstand/for</td> <td>579</td> <td>469</td> <td>130</td> <td>110</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>- x Differanse</td> <td>75</td> <td>60</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>x Dosekap. /l</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>= Sum liter olje</td> <td>750</td> <td>600</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Liter olje pr. kWh</td> <td>1350</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>x Kjølevirknings</td> <td>0,830</td> <td></td> <td>0,000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>x Brenneværdi</td> <td>10</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>= kWh</td> <td>11205</td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>11205</td> </tr> </tbody> </table>													H	I	J	K	L	M	N					OLJE	Oliekiel 1	Oliekiel 2									Sum olje, kWh	7	Tellerstand/nå	654	529	130	110							8	- Tellerstand/for	579	469	130	110							9	- x Differanse	75	60	0	0							10	x Dosekap. /l	10	10	10	5							11	= Sum liter olje	750	600	0	0							12	Liter olje pr. kWh	1350										13	x Kjølevirknings	0,830		0,000								14	x Brenneværdi	10		10								15	= kWh	11205		0							11205
	H	I	J	K	L	M	N																																																																																																																																								
OLJE	Oliekiel 1	Oliekiel 2									Sum olje, kWh																																																																																																																																				
7	Tellerstand/nå	654	529	130	110																																																																																																																																										
8	- Tellerstand/for	579	469	130	110																																																																																																																																										
9	- x Differanse	75	60	0	0																																																																																																																																										
10	x Dosekap. /l	10	10	10	5																																																																																																																																										
11	= Sum liter olje	750	600	0	0																																																																																																																																										
12	Liter olje pr. kWh	1350																																																																																																																																													
13	x Kjølevirknings	0,830		0,000																																																																																																																																											
14	x Brenneværdi	10		10																																																																																																																																											
15	= kWh	11205		0							11205																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>O</th> <th>P</th> <th>Q</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> <th>U</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FL kjel</td> <td>Kjel 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Sum annet, kWh</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Tellerstand/nå</td> <td>889</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>- Tellerstand/for</td> <td>889</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>- x Differanse</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>x Milefaktor</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>= kWh</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>													O	P	Q	R	S	T	U					FL kjel	Kjel 1										Sum annet, kWh	16	Tellerstand/nå	889										17	- Tellerstand/for	889										18	- x Differanse	0										19	x Milefaktor	100										20	= kWh	0																																																									
	O	P	Q	R	S	T	U																																																																																																																																								
FL kjel	Kjel 1										Sum annet, kWh																																																																																																																																				
16	Tellerstand/nå	889																																																																																																																																													
17	- Tellerstand/for	889																																																																																																																																													
18	- x Differanse	0																																																																																																																																													
19	x Milefaktor	100																																																																																																																																													
20	= kWh	0																																																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>V</th> <th>W</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Æ</th> <th>Ø</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TOTALT</td> <td>Tidkorrigeret energibruk kWh</td> <td>Oppvarmet areal m²</td> <td>Spesifikk energibruk kWh/m²</td> <td>Bærværdi fra ET-kurve kWh/m²</td> <td>Totalt avvik for perioden kWh</td> <td>Energi-kostnad kr./kWh</td> <td>Totalt avvik for perioden kroner</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>15.005</td> <td>2.500</td> <td>6,0</td> <td>6,2</td> <td>-500</td> <td>0,50</td> <td>-250</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>													V	W	X	Y	Z	Æ	Ø					TOTALT	Tidkorrigeret energibruk kWh	Oppvarmet areal m ²	Spesifikk energibruk kWh/m ²	Bærværdi fra ET-kurve kWh/m ²	Totalt avvik for perioden kWh	Energi-kostnad kr./kWh	Totalt avvik for perioden kroner					22	15.005	2.500	6,0	6,2	-500	0,50	-250																																																																																																				
	V	W	X	Y	Z	Æ	Ø																																																																																																																																								
TOTALT	Tidkorrigeret energibruk kWh	Oppvarmet areal m ²	Spesifikk energibruk kWh/m ²	Bærværdi fra ET-kurve kWh/m ²	Totalt avvik for perioden kWh	Energi-kostnad kr./kWh	Totalt avvik for perioden kroner																																																																																																																																								
22	15.005	2.500	6,0	6,2	-500	0,50	-250																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>AA</th> <th>AR</th> <th>AC</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VANN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Sum vann, m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>Tellerstand/nå</td> <td>896</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>- Tellerstand/for</td> <td>847</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>= Sum m³</td> <td>49</td> <td></td> <td></td> <td>49</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>													A	AA	AR	AC			VANN					Sum vann, m ³		23	Tellerstand/nå	896					24	- Tellerstand/for	847					25	= Sum m ³	49			49																																																																																																		
	A	AA	AR	AC																																																																																																																																											
VANN					Sum vann, m ³																																																																																																																																										
23	Tellerstand/nå	896																																																																																																																																													
24	- Tellerstand/for	847																																																																																																																																													
25	= Sum m ³	49			49																																																																																																																																										

Figur 4: Eksempel på budsjettoppfølging for et bygg/med tre energibærere.

Alle data registreres ukentlig på et egnet skjema sammen med opplysning om middeltemperaturen for den uken registreringen gjelder for. Det er utviklet et skjema som er godt egnet til dette formålet. Deretter beregnes spesifikk energibruk som er samlet energibruk dividert på oppvarmet areal (kWh/m^2). Spesifikk energibruk og middeltemperaturen plottes så inn i en ET-kurve. Hver uke får sitt punkt i kurven. (Se neste kapittel for forklaring på ET-kurver)

Fordelen med et helt manuelt Energioppfølgings-system (EOS) er at brukerterskelen er lav, samtidig som dette er et system som kan innføres uten vesentlige kostnader. Det kreves lite opplæring for å kunne drive effektiv energioppfølging på dette nivået samtidig som resultatene er like nøyaktige som tilsvarende resultater fra spesialprogrammer. Ulempen er at manuell energioppfølging kan være svært tidkrevende på store og kompliserte bygg. Muligheten for grafisk fremstilling av resultatene er også svært begrenset, noe som ofte er nødvendig ved rapportering oppover i systemet.

Nødvendig utstyr til manuell energioppfølging:

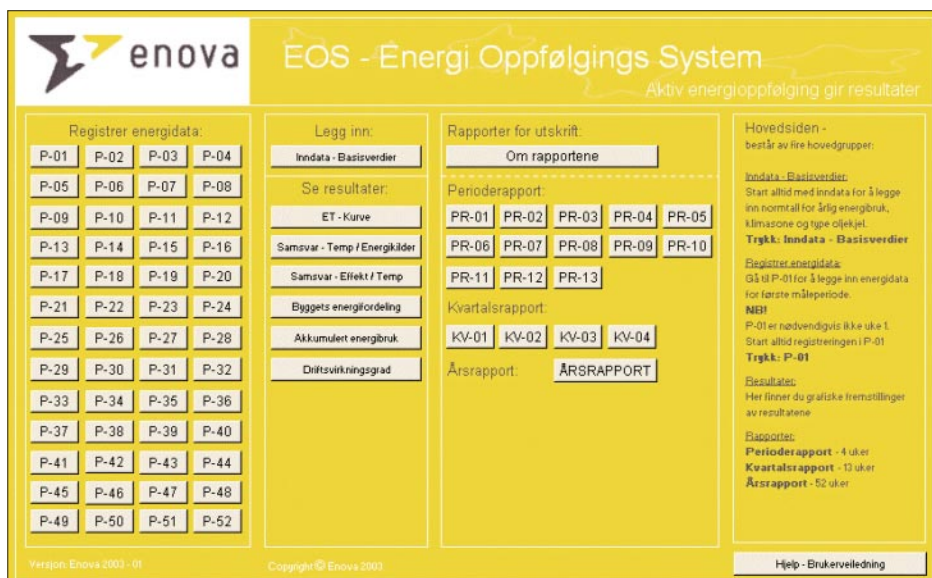
- Egnet skjema for avlesning av energimålere.
- Tilgang på middeltemperaturmåler
- Plansje for ET-kurve

Det er utarbeidet en norsk mal for energioppfølging i næringsbygg. Denne er Enovas utgangspunkt for utvikling av eget dataprogram for energioppfølging. Utskrifter fra dette programmet kan om ønskelig fungere som manuelle system for avlesning av energimålere og inntegning av ET-kurve.

b) Dataassistert energioppfølging

Dataassistert EOS, eller delvis manuell EOS, er en kombinasjon av manuell energi- og temperaturavlesning kombinert med grafikk og arkivmulighetene en datamaskin gir.

Enova har utviklet et eget regneark for energioppfølging i bygg (figur 5). Programmet kan lastes gratis ned via www.enova.no. Energi- og temperaturdata mates inn i regnearket sammen med grunndata for det aktuelle bygget. Grafisk er dette alternativet fullt på høyde med et spesiallaget EOS-program.



Figur 5: Forside i regneark/program.

Programmet har begrensede muligheter for historiske data dersom EOS skal innføres på store og kompliserte bygg. Hvis dette ønskes anbefales det å kjøpe et spesialutviklet dataprogram med database funksjoner, som er utviklet av bedrifter som har dette som en foretningssidé. Disse programmene vil også bli vedlikeholdt og det er mulig å få support. Alternativt kan det utvikles et spesialtilpasset regneark, men her vil utviklingskostnadene raskt overskride kostnaden ved innkjøp av et dataprogram.

Anskaffelse av et dataprogram som hjelpemiddel i arbeidet med energioppfølgingen vil uten tvil heve kvaliteten på EOS-arbeidet. Spesielt gjelder dette i bygg hvor grafisk presentasjon er nødvendig for å skaffe oversikt over energibruken (figur 6 hentet fra Enovas program). Et helt manuelt system vil i slike tilfeller være for tidkrevende samtidig som rapporteringsmulighetene blir for uoversiktlige. Enovas dataverktøy gir meget god oversikt over energibruken i de utvalgte bygg. Mange kan, på bakgrunn av energibruk i deler av året, beregne prognoser for energibruk ut året. Dette er en meget nyttig egenskap med tanke på budsjettoppfølging.

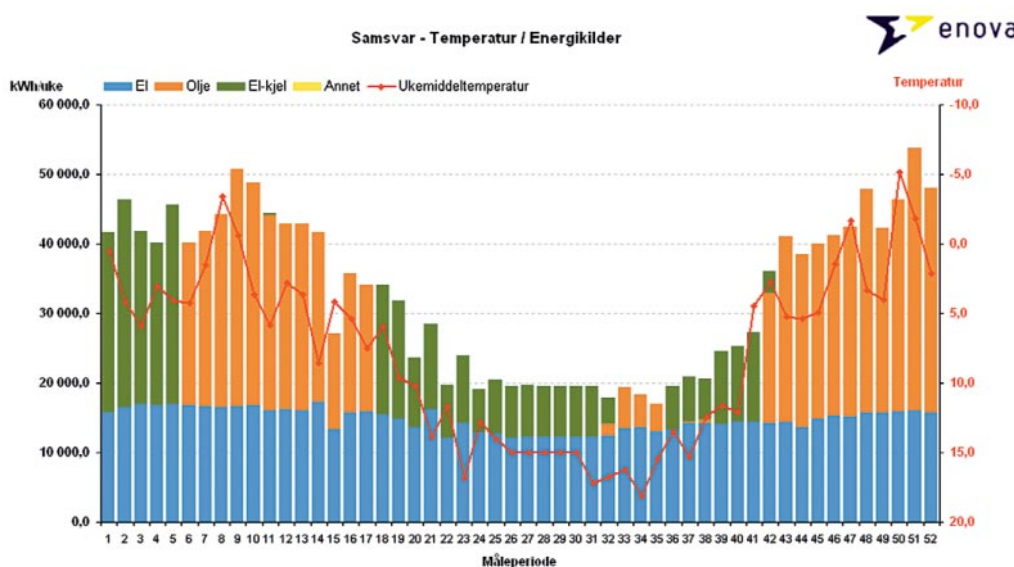
Nødvendig utstyr for EOS med databasert program:

- Tilgang på middeltemperaturmåler
- Datamaskin med tilstrekkelig kapasitet
- Skriver for presentasjon av resultater

Det har etter hvert blitt utviklet flere gode dataprogrammer som egner seg for energioppfølging på alt fra enkeltbygg drevet av vaktmesteren, til total energioversikt i store kommuner og fylkeskommuner på overordnet nivå. Programmene har ulike funksjoner som gjør de egnet for ulike oppgaver. Før man velger dataprogram må man definere sine behov for rapporteringsrutiner og sette krav til at dataprogrammene kan innhente data fra ulike kilder. Spesielt er dette viktig for en byggeier med flere bygg.

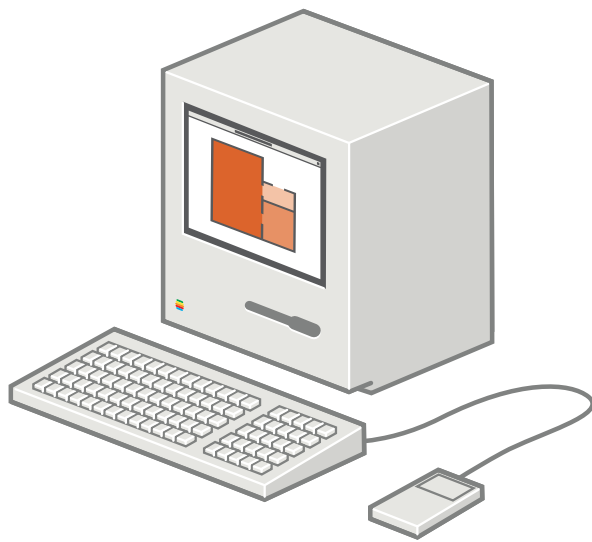
c) Automatisk energioppfølging med SD-anlegg (Sentral driftskontroll)

De aller fleste SD-anlegg har teknisk utrustning og programvare som gjør det mulig å hente frem detaljerte opplysninger om energiforbruk og andre hendelser som har betydning i forbindelse med energioppfølging (figur 7). Energiforbruk og driftshistorikk presenteres ulikt i de forskjellige SD-anleggene avhengig av leverandør og programsammensetning.



Figur 6: Samsvar temperatur/energibruk. Eksempel på skjermbilde fra dataprogram for energioppfølging (Enovas program).

Det kan i tillegg finnes et utall presentasjonsmuligheter for hvert system. De opplysninger som skal benyttes i forbindelse med EOS-arbeidet må beregnes og presenteres etter samme modell fra gang til gang. Dette er en viktig forutsetning for og kunne sammenligne resultater og eventuelt oppdage avvik/endringer i forbruket. Samarbeid med systemleverandøren om utarbeidelse av et utvalg faste presentasjoner til bruk i energioppfølgingen er dermed en viktig forutsetning for å lykkes. Presentasjon i en ET-kurve er helt sentralt.



Figur 7: Automatisk energioppfølging med SD-anlegg.

De fleste SD-leverandørene i Norge har gått inn i samarbeidsavtaler med leverandører av rene energioppfølgingsprogram. Data fra SD-anlegget eksporteres da til et oppfølgingsprogram som kan motta data fra mange typer kilder samtidig. Dette letter arbeidet for brukeren og kostnadene holdes nede samtidig som man slipper mye spesialtilpasning av rapporter etc. i SD-anlegget. Energioppfølgingsprogrammet står da for lagring og bearbeiding av historiske data samt all rapportering og analysing.

Viktige forutsetninger for å kunne gjennomføre energioppfølging ved hjelp av SD-anlegg

- Anlegget må være utstyrt med utetemperaturføler.

- All energibruk må registreres i passende intervaller.
- Effektuttak må registreres
- SD-anlegget må ha programkapasitet for lagring og bearbeiding av historiske data dersom disse ikke eksporteres til et frittstående program for energioppfølging.

Fordeler ved bruk av SD-anlegg i EOS-arbeidet

- Automatisk datasanking og lagring
- Innsamling og bearbeiding av store mengder data vedrørende drift og forbruk
- Muligheter for varsling dersom verdier overstiger aksepterte nivå
- Mulighet for effektstyring
- Forbedret mulighet for energioptimal drift av belysning, varme og ventilasjon

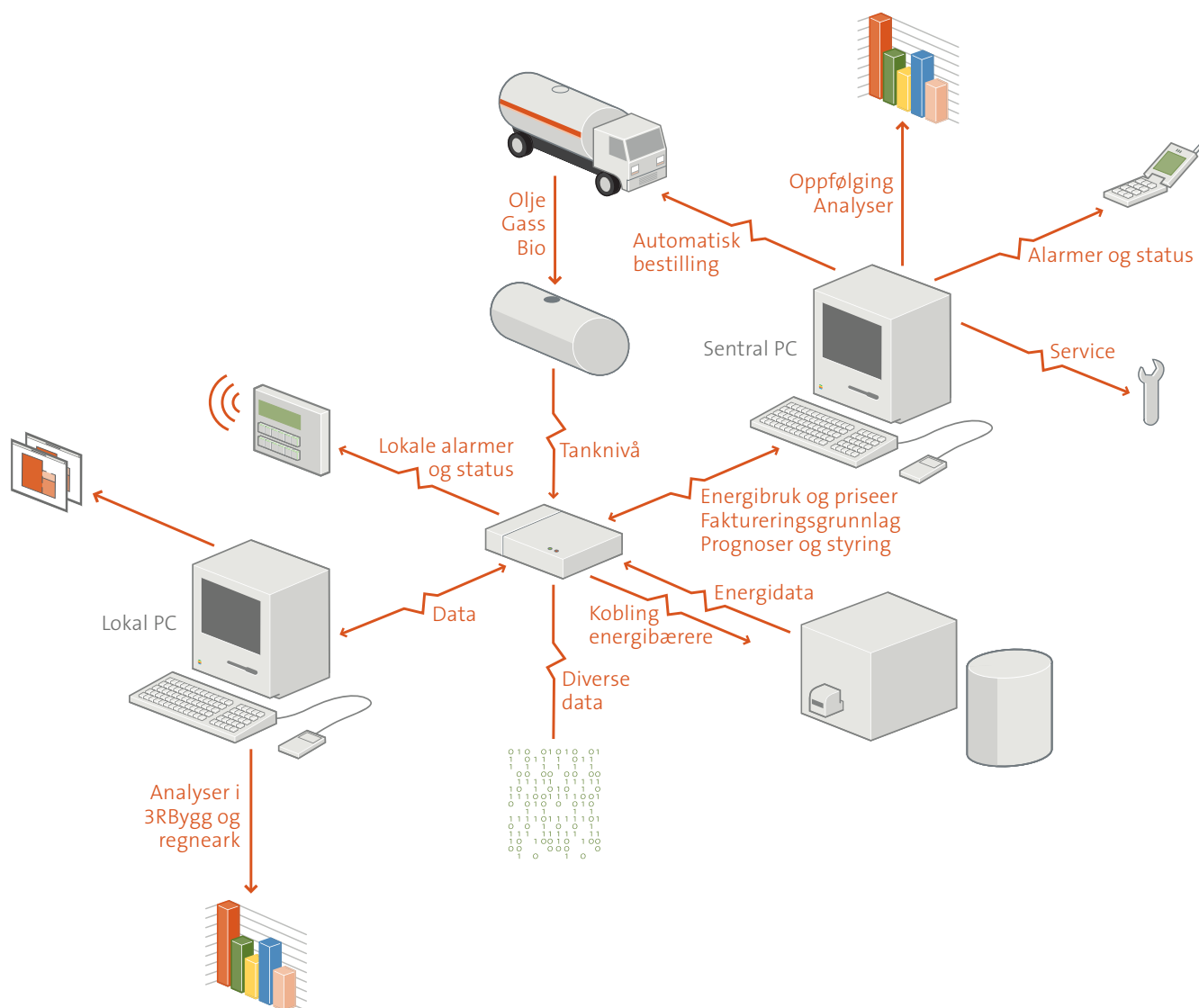
Forhold man må vie oppmerksomhet ved bruk av SD-anlegg

- Innsamling av store mengder data kan forvirre mer enn det forklarer
- Behov for et betydelig engasjement og tilfredsstillende opplæring/oppdatering av driftspersonalet for å kunne dra nytte av fordelene som SD-anlegget gir.
- De opplysninger som SD-anlegget gir må tolkes og bearbeides før de kan legges til grunn for drifts-, vedlikeholds- og energiplanlegging.

SD-anlegget skal være et redskap for å forbedre og forenkle driften av de tekniske anleggene. SD-anlegget skal supplere, ikke erstatte, det ordinære tilsyn og vedlikehold!

d) Automatisert energioppfølging med datalogger

Automatisert energioppfølging kan oppnås med en datalogger og tilhørende dataprogram (figur 8). Det er i dag mulig å få enkle og billige dataloggere som kontinuerlig registrerer energi data og temperaturer. Disse data blir så overført til oppfølgingsprogrammet via oppringt samband for bearbeiding og presentasjoner når, det er ønskelig. Disse systemene kan også benyttes for alarmer når noe går galt, samt veksling mellom alternative energibærere der det er ønskelig. Disse enkle løsningene har ikke SD-anleggenes mulighet for fjernstyring av utstyr og justering av setpunkt, men kan være et alternativ i mange sammenhenger.



Figur 8: Automatisert oppfølging gir full kontroll med energikostnadene til en rimelig kostnad (APAS).

Slike enkle systemer kan benyttes der det ønskes en enhetlig oversikt over energibruken i flere bygg der det ikke er installert SD-anlegg eller der man ikke ønsker å koble energioppfølgingen opp mot SD-anlegget. Automatisert energioppfølging egner seg også spesielt godt på bygg uten fast driftspersonell. Man kan da sentralt følge med energibruken og se på status for det enkelte bygg på en enkel og rimelig måte. Disse systemene kan også

brukes til overvåking av energianleggene. Mange bygg uten fast driftspersonell har installert slike systemer fordi de raskt gir beskjed når noe er galt. Systemene brukes også til automatisk etterbestilling av olje, gass og bio i tillegg til alarmtjenestene og effektovervåking. Kostnadene for slike anlegg ligger typisk på under 10% av kostnadene for tilsvarende SD-anlegg. Enkelte nettselskaper tilbyr denne tjenesten.

4. Energioppfølging i praksis

4.1 ET-kurve

ET står for energi – temperatur. ET-kurven, som er en erfaringskurve, er et meget viktig hjelpemiddel i arbeidet med energioppfølging. Kurven viser hvordan energien blir brukt i bygget som funksjon av utetemperaturen. Den er spesiell for hvert enkelt bygg og kan gjerne kalles byggets energisignatur. For en trent person forteller denne kurven mye om energibruken og hvor energieffektiv bygget er.

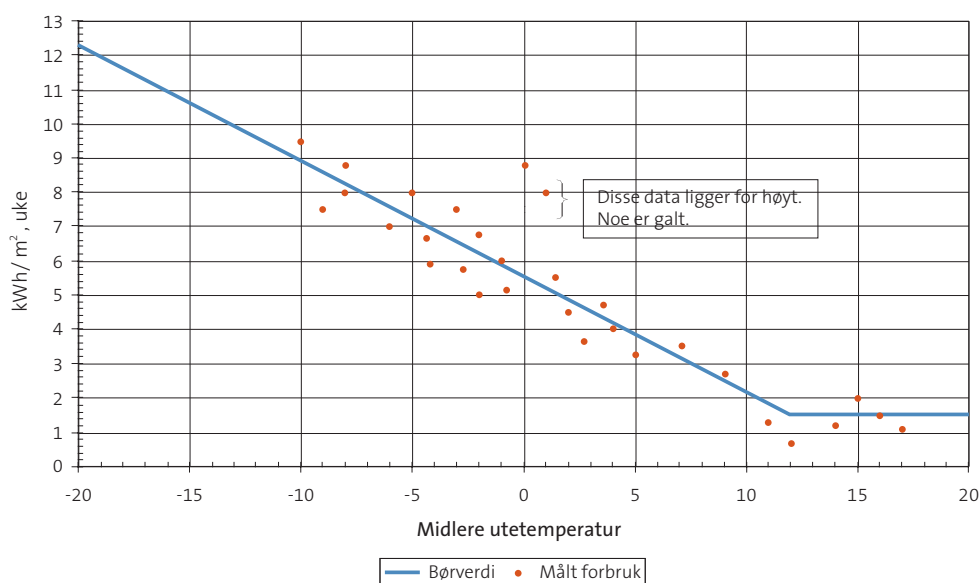
ET-kurven (figur 9) viser energiforbruket pr. m² oppvarmet areal pr. uke som funksjon av registrert midlere utetemperatur i samme periode. Den enkleste måten å lage en ET-kurve på er å starte registrering av energibruken sammen med midlere utetemperatur. Man regner så ut spesifikk energibruk (kWh/m²,uke) og plotter dette i et diagram som vist i figuren. Etter noen uker vil man se at punktene danner et mønster. ET-kurven tegnes opp ved bruk av linjal. Pass på at

det blir omtrent like mange punkter på hver side av streken. Punkter som ligger langt utenfor de andre tas det ikke hensyn til.

Alternativt kan kurven beregnes teoretisk. Men dette krever meget gode kunnskaper om byggets konstruksjon og det tekniske anlegget og ikke minst om hvordan bygget brukes.

Vi ser av figuren at forbruket flater ut om sommeren. Dette skyldes at utetemperaturen ikke lenger har noen vesentlig innvirkning på nyttiggjort energibruk. Slik utflating (knekkpunkt), vil vanligvis skje ved mellom +12 °C og +15 °C, men vil være avhengig av byggets bruksmønster og alder.

Enkelte bygg vil ha en utflating også om vinteren dersom varmeanlegget ikke er dimensjonert for ekstremt lave temperaturer, eller når ventilasjonsanlegget kjøres med reduserte luftmengder.



Figur 9: Eksempel på ET-kurve for et bygg.

For bygg med kjøleanlegg vil kurven stige igjen når det blir varmt ute. Kurven vil da få 2 knekkpunkter. Eksempel på dette er vist senere.

Eksempel på bruk av ET-kurve

Vi tar utgangspunkt i et bygg med følgende data:

oppvarmet gulvareal: 2000 m²

ET-kurve: som på figuren nederst på venstre side
måleperiodens lengde: en uke (168t)

(energipriser i perioden trekkes ikke inn)

Registrerte verdier i perioder

Oljeforbruk 1680 liter

Fastkraft forbruk 5560 kWh

Tilfeldig kraftforbruk 0 kWh

Målt middeltemperatur ute -10°C

Oljens brennverdi: 10 kWh/l

Kjelens virkningsgrad: antatt til 0,8.

Beregninger

I praksis bør både registreringer og beregninger skje via ferdig utarbeidede skjemaer som vist tidligere.

I dette eksemplet er hensikten å vise beregningsgangen. Med faste byggdataber og registrerte verdier kan vi gjøre følgende beregninger:

Netto energi fra oljen: $1680 \times 10 \times 0,8 = 13.440 \text{ kWh}$

Fastkraft forbruk = 5.560 kWh

Netto nyttiggjort energi = 19.000 kWh

Vi beregner det spesifikke forbruk

$$q = \frac{19.000}{2000} = 9,5 \text{ kWh/m}^2, \text{ uke}$$

Bestemmelse av virkningsgrad 0,8 eller 80 % er omtalt senere.

Resultatvurdering

Det målte forbruk på 9,5 kWh/m² og uke er plottet inn i figuren. ET-kurven viser at et normalt forbruk for dette bygget ved en midlere utetemperatur på -10 °C, er 8,8 kWh/m², uke. Følgelig er det brukt

$$9,5 - 8,8 = 0,7 \text{ kWh/m}^2, \text{ uke}$$

mer enn forventet. Dette kan karakteriseres som normalt. Hvor stort avvik man vil tillate fra ET-kurven, må vurderes for det enkelte bygg. Normale variasjoner fra ET-kurven er ±10 %

Eksempler på unormalt store avvik er vist i figuren. Får man slike verdier må man forutsette at noe er galt. Forholdet må bringes på det rene og rettes opp. Når det er gjort, kan vi si at hensikten med energioppfølging er oppnådd.

Sjekkpunkter

Når man får unormalt store avvik må man finne årsaken til dette. Erfaring tilsier at man bør gå gjennom en sjekklister som nedenfor. Den må selv sagt tilpasses det enkelte bygg, men når den først er skrevet ned viser det seg at den er til meget stor hjelp i det daglige arbeidet.

Vanligvis har driftspersonellet denne lista i hodet, men den bør ned på papiret for å dokumentere driften ovenfor andre.

Sjekklister

1. Er målerne lest av riktig?
2. Er beregningene riktig?
3. Har det vært unormal bruk av bygget?
4. Sjekk de tekniske anlegg
 - 4.1. kjeler
 - 4.2. ventilasjonsaggregater
 - 4.3. varmtvannsforsyning
 - 4.4. automatikk osv.

4.2 Bruk av ET-kurven

ET-kurven kan benyttes til langt mer enn som et hjelpemiddel for vaktmesteren til å avdekke unormalt energibruk. Denne tradisjonelle bruk er selv sagt meget viktig, og er en motivasjonskilde for å avdekke og synliggjøre hvordan energien blir brukt. Det er utallige eksempler på at dette har redusert energikostnadene, (jf. figur 10).

ET-kurven er et hjelpemiddel med mange bruksområder. Dette skyldes at en riktig konstruert kurve viser hvordan energien virkelig blir brukt under dagens forhold i bygget. Dette kan utnyttes til meget aktiv prosjektoppfølging, dokumentasjon av reelle besparelser og beregning av sparepotensiale.

Kontrollgrenser

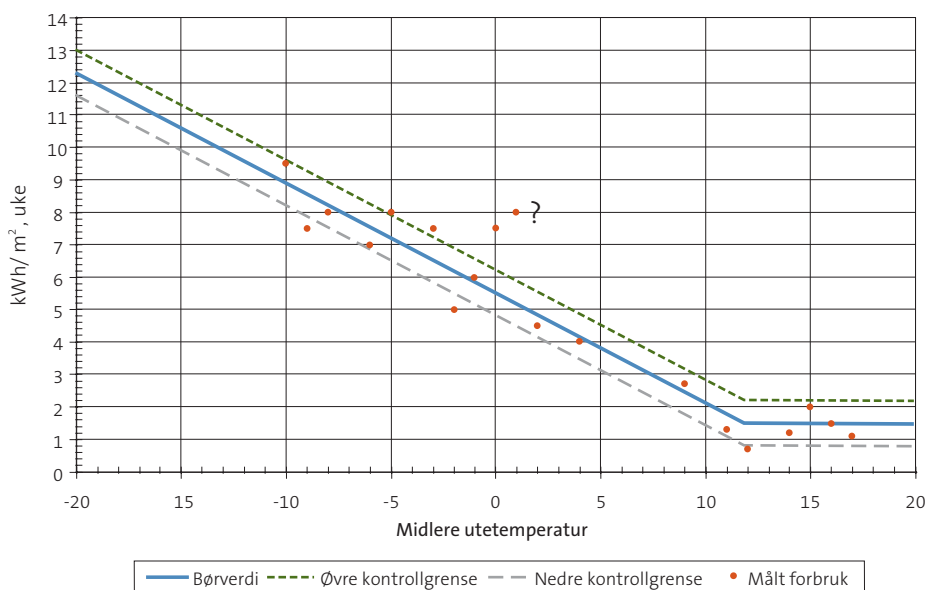
Energibruken i et næringsbygg er ikke bare avhengig av utetemperaturen. Værforholdene ellers, slik som vind og solinnstråling, vil også ha innvirkning på energibruken. Vind og sol påvirker også selvsagt temperaturen, men det er ikke noen klar sammenheng mellom vind, sol og temperatur. Dette resulterer i at energibruken vil variere rundt en normalverdi ved en bestemt utetemperatur. I energioppfølgingen tas det hensyn til dette ved at energibruken skal ligge innenfor en kontrollgrense som f.eks. kan være $\pm 10\%$. Det vil si at energibruk som ligger 10% over eller under børverdien betegnes som et normalt forbruk, og trenger ingen forklaring. Kontrollgrensene må fastsettes for det enkelte bygg, og er avhengig av alder og plassering i terrenget.

Bruker man dataprogram i energioppfølgingen er det mulig å korrigere for solinnstråling og vind. Erfaringer tilsier imidlertid at nytteverdien av dette er liten i forhold til investeringer og arbeidsinnsats, og ikke minst kompleksitet. Dette gjelder for de fleste normale næringsbygg, men i spesielle tilfeller lages oppfølgingssystem som tar hensyn til en rekke ulike parametre. Dette kan være sol, vind, åpningstider, produksjon, utslipp til luft og vann, osv.

Dokumentasjon av avvik fra ET-kurven

Alle avvik fra ET-kurven ut over kontrollgrensene bør dokumenteres i total energibruk og i kroner. Med total energibruk menes her at avviket i kWh/m² ganges opp med arealet for å få energibruken i kWh, som igjen regnes om til kroner. Dette er ikke bestandig like lett i et manuelt system. Avviket kan skyldes mange forhold som påvirker bruken av ulike energibærere med forskjellig pris. I andre tilfeller kan avviket skyldes forhold som påvirker flere energibærere. Å finne korrekt energipris kan således være komplisert. Det anbefales i manuelle system at det blir enighet om å bruke en gjennomsnittlig energipris på alle avvik. Hensikten med å sette kostnader på avvik er først og fremst å dokumentere avviket på en slik måte at andre enn teknisk personale kan forholde seg til tallene. Dersom det er viktig å få eksakte tall bør dette beregnes i ettertid.

Figur 11 viser et ET-diagram hvor det på den ene aksen er avsatt totale energikostnader pr. uke. Dette kan enkelt benyttes til å fortelle andre om konsekvensene av energibruk. Punktet merket med ? viser et energibruk på 8 kWh/m², dette tilsvarer et avvik bra børverdien på ca. 3 kWh/m². Alt dette er tradisjonell bruk av kurven.



Figur 10: ET-kurve med kontrollgrenser.

Dersom vi benytter høyre akse blir tallene annerledes. Denne viser at forbruket var på 8.000 kroner i denne uka, og dette resulterte i et merforbruk på 2.800 kroner i forhold til budsjett. Dette er tall som vanligvis motiverer folk flest mer enn et avvik på 3 kWh/m². Gjentar feilen seg kan man legge kostnadene sammen. På denne måten kan driftsvanskeligheter dokumenteres på en måte som gjør det enklere å få finansiering av tiltak. Man vet hva innsparingen vil bli – dette er dokumentert med målte verdier.

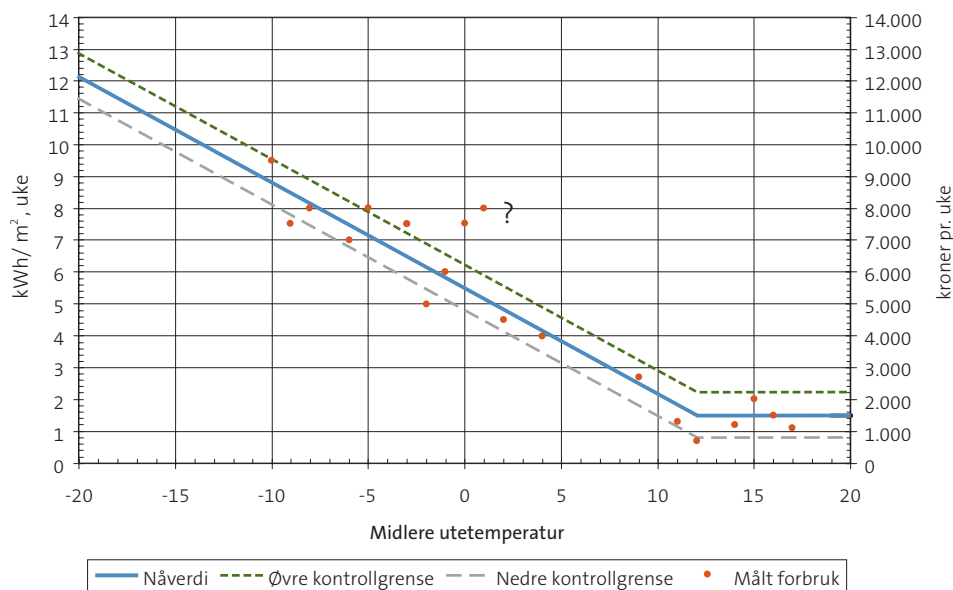
Avvik fra bolverdien bør selvsagt ikke skyldes feil i det tekniske anlegg. Det kan like gjerne ha sin årsak i avvik fra normale bruksmønstre, slik som utvidet åpningstider, utleie etc. I slike tilfeller vil man kunne finne ekstrakostnadene direkte ut fra ET-kurven.

Som et eksempel kan nevnes at det ble dokumentert at et idrettsstevne kostet en skolen 25.000 kroner i ekstra energiutgifter. Spørsmålet om det var rimelig at dette skulle belastes skolebudsjettet ble reist. Dette resulterte i en budsjettoverføring, men kanskje var det viktigste at man ble oppmerksom på at ting koster og at planlegging kan redusere kostnadene.

4.3 Prosjektoppfølgning

Når man først har bestemt ET-kurven for et bygg. Er det relativt enkelt å fordele energibruken på ulike budsjettposter i forbindelse med en analyse. Normalt deles energibruken opp i henhold til Norsk Standard. Når denne oppdelingen er gjort er det enkelt å tegne nye ET-kurver dersom det blir gjort forandringer i bygget. I figur 12 er dette illustrert med en kurve som gir måltall dersom alle tiltak blir gjennomført. Når tiltakene er gjennomført skal punktene grupperes om den nederste kurven. Dersom dette ikke skjer er det noe som ikke stemmer med forutsetningene. Dette kan være at tiltakene ikke gir den forventede besparelse eller at forutsetningene er forandret. Uansett hva årsaken er, er det dokumentert at noe er feil og dette kan tas opp på et tidlig tidspunkt.

Fås det forventede resultat er det enkelt å bevise besparelsen uke for uke. Når tiltakene er gjennomført utføres energioppfølgingen på vanlig måte, men avvik beregnes på grunnlag av den nye bolverdien. Samtidig bør man beregne hva energibruken ville ha



Figur 11: ET-kurve med energikostnader.

vært dersom tiltakene ikke hadde blitt gjennomført. Differansen mellom disse verdiene er da besparelsen for tiltakene. Med andre ord er det satt igang en kontinuerlig prosjektoppfølging. Meget snart vil det vise seg om prosjektet gir det forventede resultat. Uke for uke kan det rapporteres hvor mye man sparer.

Dersom det ikke blir bevilget penger til prosjektene, kan man begynne å beregne hvor mye man "taper" på dette. Det er den samme beregningsrutinen som over, men vi har ingen besparelse. Dette kan benyttes i en aktiv påvirkning av beslutningstakerne ved at det kan lages rapporter som kontinuerlig dokumenterer sparepotensialet ved de definerte tiltakene. På denne måten holdes prosjektet varmt, og erfaringsmessig vil dette resultere i bevilgninger før eller siden.

Energioppfølging og aktiv bruk av ET-kurven er det viktigste verktøyet i enøk arbeidet. Dette danner grunnlaget for all rapportering og en effektiv drift. En god rapportering og dokumentasjon er en forutsetning for å få bevilgninger – det er en mengde gode prosjekter som ikke får bevilgninger på grunn av dårlig eller mangelfull dokumentasjon. Dersom det startes energioppfølging og alle prosjekter knyttes opp mot dette er man kommet langt på vei med en troverdig og løpende dokumentasjon både av den daglige drift, men også økonomisk rapportering i forbindelse med prosjekter.

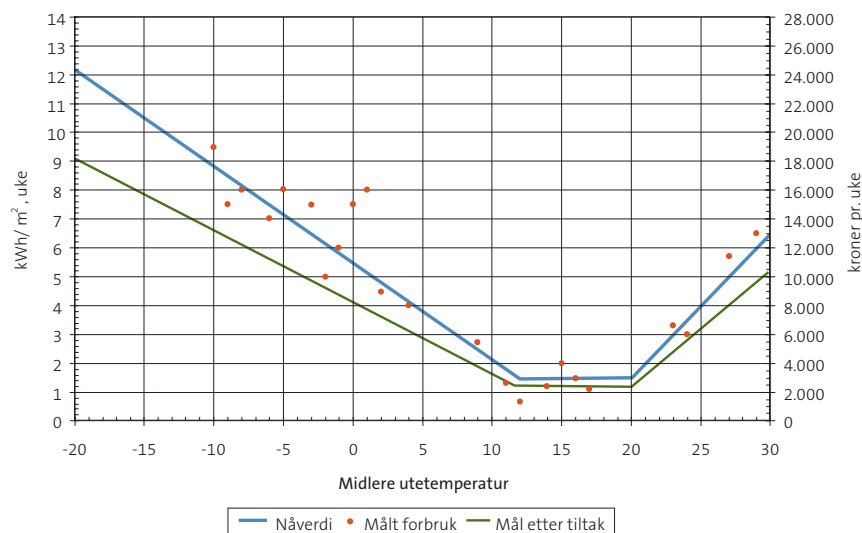
4.4 Effektoppfølging

De aller fleste betaler for effekt (kW) for overføring av fastkraft, og noen betaler også for effekt til elkjeler. Denne kostnaden skal dekke netteiers kostnad for utbygging og dimensjonering av overføringslinjene.

Avhengig av tariffen, kan denne kostnad utgjøre så mye som halvparten av den totale regningen. Det er derfor meget viktig at den følges opp. Oppfølgingen foregår på sammen måte som for energien (kWh) på elmåleren. Det som er viktig er å forklare alle økninger i effekten, og prøve å unngå dem i framtiden. Det er i dag mye fint reguleringsutstyr for å holde effekten nede.

4.5 Temperaturkorrigering

Selv under ellers helt like driftsforhold, vil energibruken variere fra en periode til en annen. Energibruken i en periode, for eksempel januar, kan ikke uten videre sammenlignes med tilsvarende periode året før. Dette skyldes at utetemperatur varierer. Energibruken må derfor temperaturkorrigeres før man kan sammenligne perioder. Denne korrigeringen kan gjøres på ulike måter.



Figur 12: ET-kurve for bygg med kjøleanlegg med måltall og kostnader.

Graddagsmetoden

Denne metoden går ut på at temperaturavhengig forbruk korrigeres i henhold til graddager oppgitt av Det Norske Meteorologiske Institutt. Denne metoden kan bare brukes der man kan sette innetemperaturen til 17 °C. Hele metoden forutsetter at temperaturen heves fra 17 °C til akseptabel innetemperatur ved hjelp av interne laster i bygget. Metoden benyttes mye i forbindelse med vurdering av historisk energibruk på årsbasis.

Temperaturmetoden

En avart av graddagsmetoden er å bruke målte temperaturer på stedet. Denne metoden kan derfor enklere tilpasses de virkelige forhold. Ligningen under kan brukes til disse beregningene.

$$Q_n = Q_a \cdot \left[1 - a \cdot \left(1 - \frac{20 - t_n}{20 - t_a} \right) \right]$$

De enkelte ledd i ligningen er:

Q_n = normalperiodens netto energibruk

Q_a = den målte periodens netto energibruk

a = den andel av energibruken som skal temperaturkorrigeres

t_n = periodens normale utetemperatur

t_a = aktuell eller målt utetemperatur

Her er midlere innetemperatur satt til + 20 °C. Med ligningen kan man regne om et målt forbruk til tilsvarende forbruk i en normal periode. Denne beregningen foretas som oftest bare på årsforbruk. Alle verdiene så nær som a , måles på bygget. Verdien a finnes både på månedsnivå og årnivå. Nedenfor gjengis verdier på årnivå fra EFl's belastningsundersøkelse som omfatter en rekke bygg. Disse verdiene er gjennomsnittsverdier for en rekke bygg i hver kategori, og kan ikke brukes direkte for et konkret bygg:

Boligblokk:	$a = 0,62$
Rekkehus	$a = 0,52$
Skoler	$a = 0,60$
Helse- og sosialbygg	$a = 0,40$

For å finne a -verdien for et bestemt bygg er det enklest å bruke ET-kurven for bygget. a -verdien er forholdet mellom total energibruk og energibruken som er temperaturavhengig.

$$a = \frac{\text{Energi til oppvarming og ventilasjon}}{\text{Total energibruk}}$$

Ved hjelp av ET-kurven kan man finne a -verdien for hvilken som helst periode. Brukes dataprogram for energioppfølging vil temperaturkorrigeringen som oftest bli utført automatisk på ukenivå. Da sammenlignes energibruken kontinuerlig med en referanseperiode.

4.6 Spesielle bygg

ET-kurven slik den her er definert og brukt kan bare brukes i bygg der energibruken bare er avhengig av utetemperaturen. Dersom energibruken er avhengig av andre forhold som for eksempel produksjon, antall gjester og lignende må det benyttes andre metoder for energioppfølging. Det finnes i dag verktøy og arbeidsmetodikk for å følge opp all form for energibruk. Her vil vi begrense oss til å se på hva som kan innvirke på energibruken i noen byggtypen.

Svømmehaller

Energibruken i svømmehaller er avhengig av følgende faktorer:

- utetemperatur
- innetemperatur
- areal av fuktige flater
- basseng temperatur og avdunsting
- antall besøkende
- vannmengder i armaturer

I mange svømmehaller kan det derfor være umulig å sette opp en ET-kurve. I stedet må man kanskje sammenligne energibruken med antall besøkende for å få en energi-besøk kurve som referanseverdi.

Generelt kan man si at for enkelte byggtypen og industri må man spesialtilpasse energioppfølgingen slik at man får fram de riktige nøkkeltall til overvåking og styring.

Hoteller

I hoteller er energibruken ofte knyttet opp til antall overnattinger samt omsetningen i restauranter og store tilstelninger.

5. Bestemmelse av driftsvirkningsgrad for kjeler

5.1 Beregning av driftsvirkningsgrad

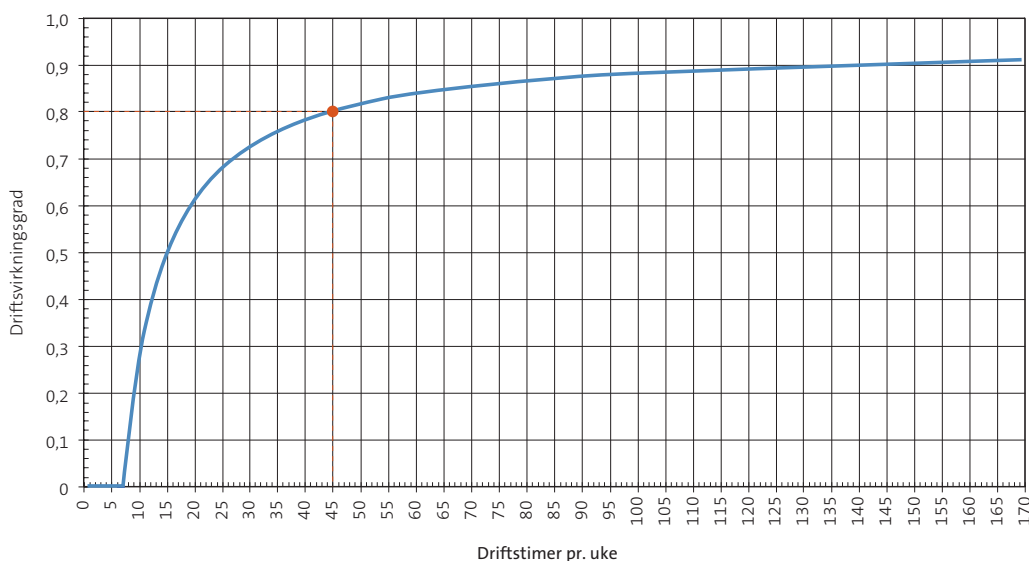
Virkningsgraden for alle typer kjeler er definert på samme måte, uavhengig av brenselet. Det er mest vanlig med oljefyrte kjeler og her brukes dette som eksempel. Metodikken er imidlertid den samme om man bruker gass, bio eller andre brennstoff. Brukes fastbrensel må man også vurdere uforbrent i aske og slag. I prinsippet er det bare noen konstanter i beregningene som er forskjellige ved forskjellige brennstoff.

I eksemplet tidligere, satte vi driftsvirkningsgraden i perioden til 0,8 (80%). Driftsvirkningsgraden må beregnes for den enkelte kjel på grunnlag av målinger som normalt utføres av serviceteknikker. Disse bereg-

ningene kan presenteres som vist i diagrammet. Metoden forutsetter at det er installert timeteller på brenneren.

Den virkningsgrad som normalt blir oppgitt etter en vanlig service er fyrteknisk virkningsgrad, og kan ikke brukes i forbindelse med energioppfølging. Den fyrtekniske virkningsgrad forteller bare hvor mye energi som tapes gjennom pipa når kjelen brenner olje, og tar ikke hensyn til strålingstap og gjennomstrømningsstap. I eksemplet figur 13, har brenneren vært i drift i 45 av ukens 168 timer. Av diagrammet kan vi avlese at med denne driftsverdien blir driftsvirkningsgraden 0,8, for denne spesielle kjelen.

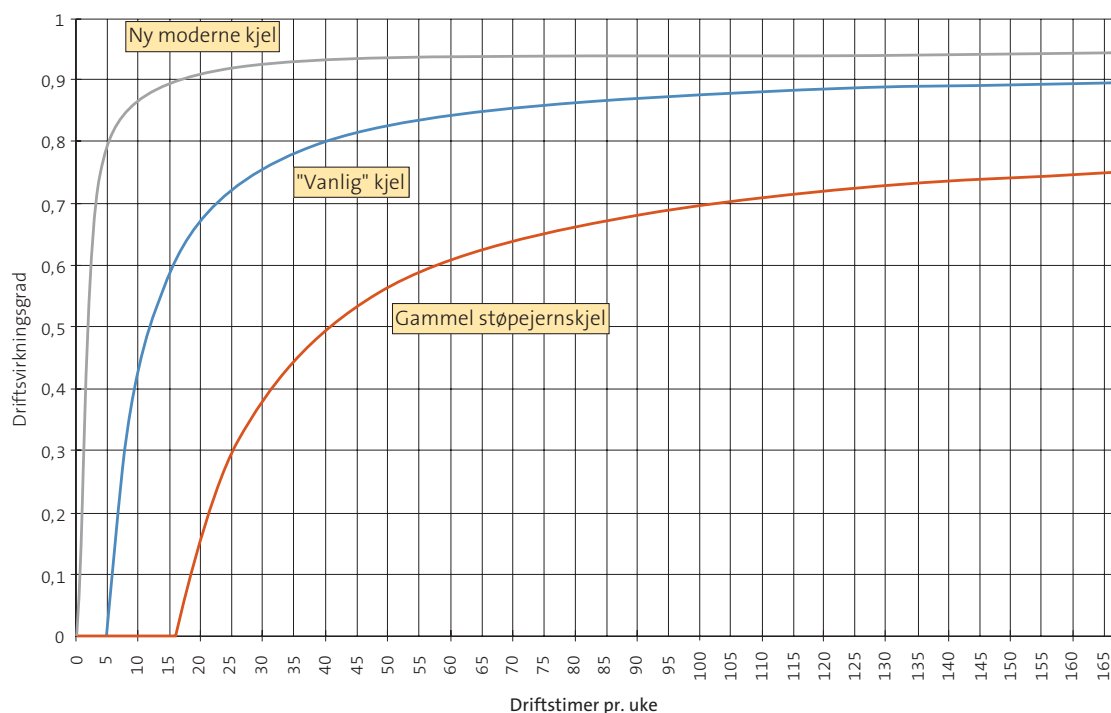
Driftsvirkningsgradene for de forskjellige kjelene er veldig forskjellige som vist i figur 14. Her vises 3 forskjellige kjeler som er målt hos en byggherre.



Figur 13: Eksempel på driftsvirkningsgrad for en oljefyrt kjel.

Her kommer det tydelig fram hvor forskjellige kjeler kan være. Det vil være direkte feil å bruke en fast virkningsgrad for en kjele over året, og det vil være like feil å bruke en gjennomsnittskurve for alle kjeler. Dette vil resultere i store avvik i forbindelse med energioppfølgingen, og ikke minst i arbeidet med å velge billigste energibærer til en hver tid.

Kurvene baserer seg på målinger som blir tatt av servicemannen under en normal service. Det er med andre ord enkelt å få tegnet opp kurvene. Kurvene kan også fås ved å legge inn fyrteknisk virkningsgrad i Enovas EOS program (se side 10).



Figur 14: Diagrammet viser en vanlig kjele med 7% røkgasstep, 2% strålingstep og 2% gjennomstrømningstep, sammenlignet med gammel og ny kjele.

5.2 Driftsvirkningsgrad for elkjeler

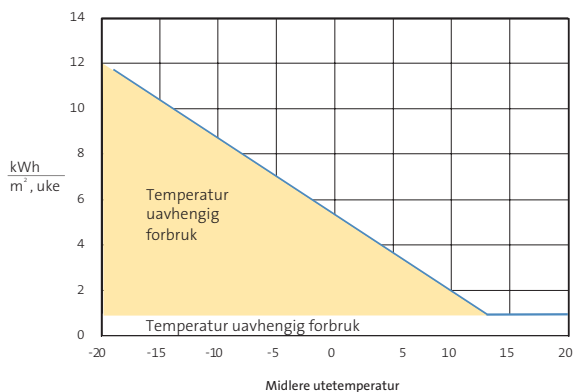
Elkjeler har bare strålingstep, men dette resulterer i at også elkjeler har en driftsvirkningsgrad. Elkjeler har normalt et strålingstep på 1-2%. Dette hører ikke mye ut, men dette er i prosent av kjeleens maksimale effekt og tapet har vi så lenge kjele er varm. Brukes en elkjele som er dimensjonert for oppvarming om vinteren til produksjon av varmt vann om sommeren, kan man lett få driftsvirkningsgrader på 50-60%. Elkjeler må altså benyttes med omhu.

5.3 Valg av kjele og energibærer

Det er viktig for økonomien totalt sett å velge kjele og energibærer slik at energikostnadene blir lavest mulig. I anlegg med flere kjeler er det ikke nok å vite hvor god eller dårlig den enkelte kjele er, man må også ta stilling til hvordan kjeleene skal kobles inn og ut samt hvilken energibærer man skal velge, dersom man har mulighet til dette. Oftest står valget mellom olje eller el.

Energibehov til oppvarming

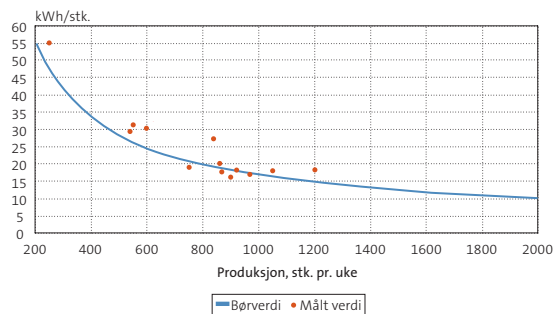
Energibehovet til oppvarming er avhengig av utetemperaturen og er gitt av byggets ET-kurve. I figur 15 er området merket "temperatur uavhengig forbruk" den energien som benyttes til lys, vifter og pumper, kontormaskiner, varmt vann etc. Området "temperatur avhengig forbruk" er energibehovet til oppvarming og ventilasjon.



Figur 15: Eksempel på ET-kurve.

Energibehov til produksjon

Energibehovet til produksjon varierer mye fra bedrift til bedrift alt etter hva som produseres, hvor mye som produseres og produksjonsmetode. I praksis må det etableres erfaringstall for energibehovet pr. produsert enhet for det enkelte produkt i bedriften. En illustrativ måte å presentere dette på er ved hjelp



Figur 16: Eksempel på ET-kurve.

av en EP-kurve som vist i figur 16. Denne viser spesifikt energibehov som funksjon av produksjonsmengde.

Totalt energibehov

Summen av energibehov til oppvarming, varmtvann og produksjon er den energimengden som fyrhuset skal levere. Dette totale energibehovet bestemmer belastningen i fyrhuset som sammen med prisen på olje og el danner grunnlaget for valg av kjeler og energibærere.

Samkjøring av kjeler

Når driftsvirkningsgraden for hver kjel er bestemt som funksjon av belastningen gjenstår det å velge rett kjel i forhold til energibehovet slik at fyrhusets totale virkningsgrad blir høyest mulig. Målet er å dekke energibehovet til lavest mulig kostnad.

Dette gjøres på følgende måte:

For hver enkelt kjel beregnes virkningsgradskurven som funksjon av belastningen på kjelen

Det beregnes en resulterende virkningsgradskurve for alle oljekjelene som funksjon av energibehovet. Det samme gjøres eventuelt også for elkjeler. Dette er en regneoperasjon som er meget arbeidskrevende, og i praksis må man gjøre dette ved hjelp av et data-program. Dette danner grunnlag for valg av riktig kjel eller kjelkombinasjoner i forhold til belastningen

Resulterende energipriser ved forskjellige belastninger beregnes og riktig energibærer velges. Energiprisen fra kjeler varierer med virkningsgraden etter følgende formler:

$$P_o = \frac{K_o}{\eta_{dro} \cdot H_n}$$

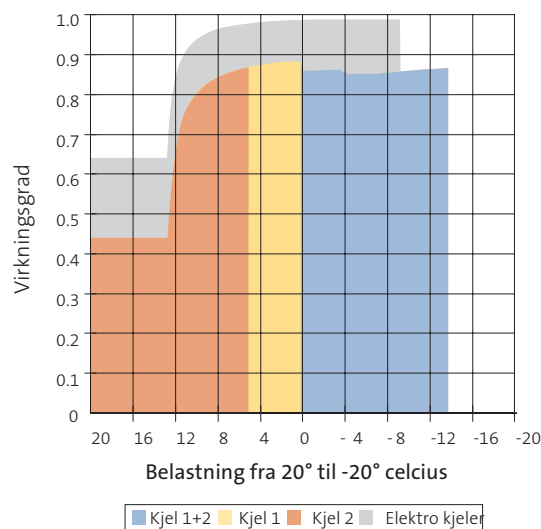
der P_o = energipris fra olje, øre/kWh
 K_o = oljepris, øre/l
 η_{dro} = resulterende driftsvirkningsgrad fra olje
 H_n = brennverdi for olje, kWh/l

$$P_e = \frac{K_e}{\eta_{dre}}$$

der P_e = energipris fra el, øre/kWh
 K_e = elpris, øre/kWh
 η_{dre} = resulterende driftsvirkningsgrad fra el

For el- og oljeprisen må man sørge for å få med alle relevante kostnader. De prisene som skal settes inn i ligningene skal være de som den enkelte virkelig betaler.

Dette er som nevnt en arbeidsoppgave som innbefatter en mengde beregninger som er relativt kompliserte og da er det godt å ha datamaskiner til hjelp. Det er utviklet spesielle dataprogrammer til dette, og mange tilbyr tjenesten med å beregne koblingskurvene for de aktuelle anlegg.

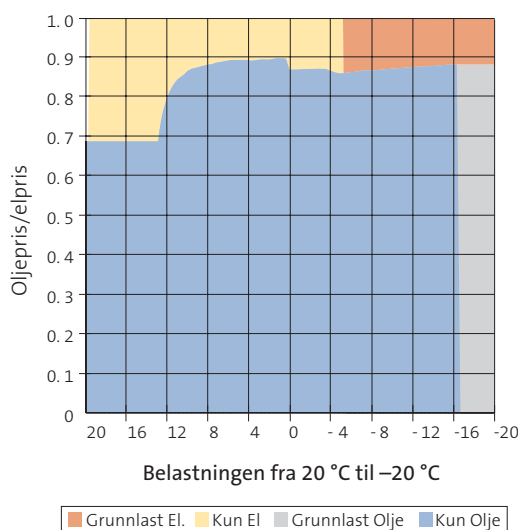


Figur 17: Eksempel på koblingskurve.

Figur 17 viser hvordan resulterende virkningsgrader for oljekjeler kan presenteres. Her går det tydelig fram i hvilken rekkefølge kjelene skal kobles inn som funksjon av belastningen for å få høyest mulig virkningsgrad. Et slikt grunnlag må fremskaffes for å kunne kjøre fyrhuset optimalt. Dette diagrammet viser også hvordan velgersentraler skal stilles inn. Noen har installert velgersentraler som kobler inn og ut olje- og elkjeler som funksjon av belastningen på

anlegget. Dersom det ikke er foretatt en analyse som her skissert, er innstillingen gjort ut fra et grunnlag som ikke nødvendigvis gir optimal utnyttelse av anlegget.

Legg også merke til det grå feltet i figur 17. Denne viser virkningsgradskurven for elkjelen i dette fyrhuset. Her kommer det tydelig fram at en elkjel heller ikke har en fast virkningsgrad. Den aktuelle elkjel har et strålingstap på 1% av maksimal effekt. Dette slår kraftig ut ved lave belastninger også for elkjeler. Virkningsgraden for produksjon av varmtvann utenfor fyringssesongen er her 65% for elkjel og 44% for oljekjel. Den viste analysemetodikken har avdekket at det i mange tilfeller er meget lønnsomt å installere en liten elkjel til varmtvannsproduksjon i stedet for å bruke en som er dimensjonert for å dekke oppvarmingsbehovet. Velgersentraler tar normalt ikke hensyn til energiprisene, men det er nå tilbud i markedet fra energileverandører og konsulenter som påtar seg ansvaret for kobling mellom olje og el i forhold til resulterende virkningsgrad og prisforholdet mellom energibærere.



Figur 18: Eksempel på diagram for valg av energibærere.

Figur 18 er data fra ET-kurven slått sammen med koblingskurven for å vise hvilken energibærer som bør benyttes som funksjon av energipriser og energibehovet - her illustrert ved hjelp av utetemperatur. Figuren viser et eksempel på diagram for valg

mellom olje og el. På den horisontale akse er energibehovet avsatt – her i form av midlere utetemperatur i perioden. På den vertikale akse er avsatt forholdet mellom oljepris og elpris. Av diagrammet kan man direkte lese hvilket energibærer man bør benytte når energiprisene er kjent og energibehovet bestemt. Slike diagram er det mulig i dag å få tegnet opp for alle fyrhus. Betingelsen er at det foreligger dokumentasjon over energibehovet (energioppfølging) og at det foretas fullstendige analyser av kjelene.

I vurderingsprosessen må man ta hensyn til at utetemperaturen og dermed energibehovet, kan variere mye rundt middeltemperaturen. I praksis tilsier dette at vi må ligge inne med en reserve i systemet. Dette vil si at vi må bytte kjel eller koble inn en kjel til, i god tid før den første er fullt utnyttet. I fyrhus med moderne automatikk er dette ikke noe problem – automatikken kobler kjeler ut og inn etter behov.

5.4 Valg av energibærer

Erfaringer tilsier at med en systematisk overvåking av energiprisene reduseres energikostnadene med 1-3

øre/kWh med den skisserte metoden. Dette gjelder i forhold til de som er bevisst sitt energibruk og som vurderer prisene av og til basert på faste virkningsgrader. På anlegg hvor man ikke har et bevisst forhold til energibruk og valg av energibærer, kan potensialet for besparelser være mange ganger dette. Energioppfølgingen danner basis for riktig beregning av energibehov og virkningsgrader. Dette sammen med prognoser for energipriser, utetemperatur og eventuell produksjon, gjør at man kan beregne hvilken energibærer som gir laveste varmepris. Man er sikret at rimeligste energibærer benyttes.

El prisene varierer fra time til time. Skal man veksle mellom olje, gass eller bio og el skulle man tro at man tjener mest på å veksle automatisk mellom energibærerne på timebasis. Undersøkelser viser at dette er riktig, men de viser også at med å vurdere energiprisene på ukebasis vil man kunne realisere over 95% av sparepotensialet. Man kan med andre ord ta ut det meste uten investeringer og til langt lavere driftskostnader enn om man skulle veksle automatisk på timenivå. Den beste anbefalingen vil derfor i de fleste tilfeller være at man beregner alternative energipriser hver uke og velger den rimeligste.

6. Måleutstyr og målemetoder

6.1 Valg av måleutstyr og målemetoder

Valg av måleutstyr og målemetoder i forbindelse med energioppfølging i næringsbygg avhenger av ambisjonsnivå og byggets kompleksitet. Ønsker man en energioppfølging i tråd med den norske malen for energioppfølging blir kravet til måleinstrumenter relativt beskjedent, mens dersom man ønsker å følge med energibruken på forskjellige steder i bygget kan kostnadene til måleutstyr bli relativt høye. Kostbart kan det også bli dersom man ønsker å dele energibruken opp i energipostene i henhold til Norsk standard.

For bygg under 30-40.000 m² er det normalt at man ser bygget som en helhet og registrerer energibruken som blir nyttiggjort i bygget. Det vil si at man registrerer total energibruk levert bygget, eventuelt for virkningsgrader, og sammenligner dette med oppvarmet areal og utetemperatur. For mindre næringsbygg er det også normalt at man starter energioppfølgingen ved å se bygget totalt som en energiblokk dersom bruken av bygget er noenlunde den samme over hele arealet. Dette er normalt tilfelle med skoler, kontorbygg, sykehus etc. Dersom det er deler av bygget som har en vesentlig forskjellig energibruk enn resten – for eksempel svømmehall, gymsal, deler som har vesentlig lengre driftstid, osv. kan det være lurt å skille denne ut som en egen energiblokk.

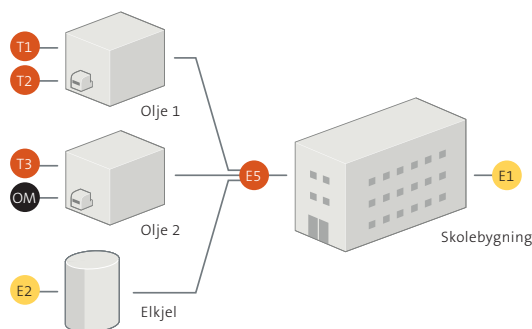
6.2 Måleopplegg

Før man bestemmer hva som skal måles, bør man ha bestemt seg for hva man ønsker med målingene. Med dette menes at man må ha gjort seg opp en formening om følgende:

- Skal man se på bygget som en energiblokk, eller skal bygget deles opp i flere energiblokker?

- Hvilke personer skal ha hvilke data, og hvor hyppig skal det rapporteres?
- Hvem skal utføre energioppfølgingen i praksis?
- Kan eventuelt eksisterende SD-anlegg benyttes i dette arbeidet?

I praksis lønner det seg å gå gjennom det enkelte bygg å sette opp et enkelt blokkskjema med målepunkter og hoveddata, etter at spørsmålene over er prinsipielt klarlagt. Eksempler på to slike blokkskjema er gitt i figur 19 og 20.



Figur 19: Måleopplegg for et bygg uten energiblokker.

Beskrivelse av målere:

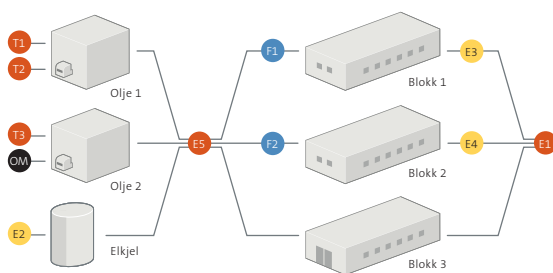
Måler	Konstant	Benevning	Anmerkning
E1	1000	kWh	El hovedmåler
E2	400	kWh	Kjelfraft
T1	1	timer	Timeteller dyse 1, kjel 1
T2	1	timer	Timeteller dyse 2, kjel 1
T3	1	timer	Timeteller dyse 1, kjel 2
OM	1	liter	Oljemengde kjel 2

For alle kjeler må det tas fullstendig kjeleanalyser.

Figur 19 viser enkelt alt man bør vite om et bygg for å starte energioppfølging. Her er angitt hvor målerne er plassert, hvilken type det er og tilhørende konstanter. Figur 20 viser et mer komplisert bygg hvor man har valgt å dele energibruken opp i tre blokker.

Fra denne enkle figuren er det relativt enkelt å få en oversikt over målepunktene og ikke minst hvordan man skal regne med disse for å få oversikt over energibruken i den enkelte blokk samt over bygget som en enhet.

Slike enkle blokkdiagram har erfaringsmessig vist seg å være veldig nyttige. Det er enkelt å få oversikt og mange misforståelser kan unngås.



Figur 20: Eksempel på måleopplegg for et bygg oppdelt i 3 energiblokker.

Beskrivelse av målere:

Måler	Konstant	Benevning	Anmerkning
E1	1000	kWh	El hovedmåler
E2	400	kWh	Kjelkraft
E3	100	kWh	El blokk 1, undermåler
E4	100	kWh	El blokk 2, undermåler
E5	20	kWh	El fyrhus, undermåler
F1	1	MWh	Fjernvarme blokk 1
F2	1	MWh	Fjernvarme blokk 2
T1	1	timer	Timeteller dyse 1, kjel 1
T2	1	timer	Timeteller dyse 2, kjel 1
T3	1	timer	Timeteller dyse 1, kjel 2
OM	1	liter	Oljemengde kjel 2

For alle kjeler må det tas fullstendig kjeleanalyser. Slik dette bygget er instrumentert er det mulig å beregne energibruken i blokk 3. Hver blokk kan følges opp separat i tillegg kan det dannes ET-kurve for den totale bygningsmassen.

6.3 Måleutstyr

I de etterfølgende kapitler er nødvendig måleutstyr for det enkelte måleobjekt beskrevet. Der det er flere måter å måle på er alternativene beskrevet med for- og ulemper.

Der det må monteres inn måleutstyr i et bygg bør det generelt velges måleutstyr av anerkjent fabrikat

og helst instrumenter med utgang for målesignaler. Disse utgangene bør være pulser for mengdemålinger. Dette for å enkelt kunne gjøre hyppige registreringer og analyser i ettertid på bygget. Samtidig er bygget også i større grad forberedt for fjernavlesning og kontroll i ettertid.

Fastkraft

Forbruk av fastkraft registreres normalt på elmåler montert av netteier. Dette kan enten være en eldre analog måler eller en digital måler. Energi og eventuell effekt leses av i henhold til bruksanvisningen for måleren. For tariffer med effektavgift bør effekten med i regnskapet.

Upprioritert kraft til elkjeler

Forbruk av opprioritert kraft registreres normalt på elmåler montert av netteier. Dette kan enten være en eldre analog måler eller en digital måler. Energi og eventuell effekt leses av i henhold til bruksanvisningen for måleren. Noen nettselskaper tar også betalt for effekt til elkjeler. Dette kan enten være faktisk registrert effekt uttak eller en fast avgift beregnet i henhold til installert effekt. For tariffer med effektavgift etter registrert effekttopp bør effekten med i regnskapet da denne kan ha stor betydning for den faktiske energiprisen.

Kuldeanlegg/kjøleanlegg

Forbruk av strøm til kuldeanlegg bør helst skilles ut på egen måler under hovedmåleren. Dette for å kunne følge opp dette forbruket spesielt og synliggjøre hva kjøling virkelig betyr for energibruken. Samtidig vil problematikken rundt kjøling og varming samtidig komme klart fram.

Oljekjeler

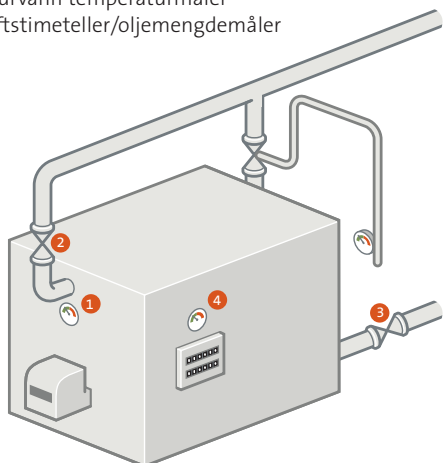
Trinnbrennere

En oljekjel må instrumenteres slik at det er mulig å registrere forbruk av olje i registreringsperioden samt kjelens driftstid (figur 21). Driftstiden benyttes for å beregne kjelens driftsvirkningsgrad i den aktuelle perioden.

Oljemengden kan registreres på to måter. Den mest nøyaktige er å montere en oljemengdemåler som til en hver tid registrerer brukt oljemengde. Med denne målemetoden frigjør man seg fra måleuøyaktigheter

som skyldes variasjoner i dysenes kapasitet og oljetrykk. Der det må monteres inn måleutstyr på kjeler anbefales at det settes inn en oljemengdemåler.

- 1) Instrumentpanel
- 2) Turvann temperaturmåler
- 3) Returvann temperaturmåler
- 4) Driftstimeteller/oljemengdemåler



Figur 21: Oljekjel.

Forbrukt oljemengde kan også beregnes ut fra driftstiden på hver dyse. Driftstiden multipliseres med dysens kapasitet og man får brukt oljemengde. Denne målemetoden er mer usikker enn bruk av oljemengdemåler. Innfyrt oljemengde vil variere med dysens størrelse og oljetrykket. Oljetrykket vil variere litt over tid avhengig av oljens temperatur og driftsbetingelsene for pumpa. Videre må man være sikker på at man vet hvilken dyse som er montert i brenneren. Det skjer at servicemannen endrer litt på dysestørrelsene, og da må også konstantene som brukes i energioppfølgingen endres.

Uansett om det velges oljemengdemåler eller time-tellere på hver dyse, må man ha driftstiden på dyse 1 for å finne kjelens driftsvirkningsgrad.

Timetellere monteres i parallell med magnetventilene på brenneren. Når magnetventilen får strøm åpnes for oljen og timetelleren begynner å gå.

Oljemengdemåleren monteres på oljeledningen mellom pumpa og magnetventilene der anlegget er utstyrt med returledning fra pumpa til oljetank. Denne mengdemåleren må da tåle de aktuelle olje-

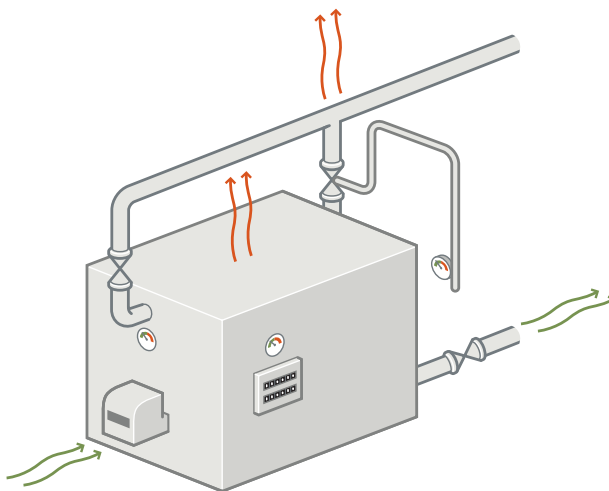
trykk, og er gjerne konstruert for maksimaltrykk på 25 bar. Er anlegget konstruert uten retur til oljetanken som et ettrørssystem eller med en tigerloop-/luftutskiller, kan oljemengdemåleren plasseres i sugeledningen. Dette stiller mindre krav til oljemengdemåleren og montasjen blir enklere.

Modulerende brennere

I enkelte større bygg er det montert modulerende brennere på kjelene. I slike tilfeller må det monteres en oljemengdemåler samt en timeteller for driftstiden.

Tap fra fyrte kjeler

For alle kjeler i fyrhuset må det tas en kjelanalyse for å kartlegge røkgasstap, gjennomstrømningstap og strålingstap. Disse analysene utføres i henhold til rutiner utarbeidet i forbindelse med EO-ordningen (Effektiv Oljefyring). Normalt tas analysene av en servicemann.



Figur 22: Tap fra fyrte kjeler.

Det er ikke vanlig at man tar hensyn til tap fra elkjeler i forbindelse med energioppfølging (figur 22). Det har imidlertid vist seg i den senere tid at elkjelenes strålingstap kan ha betydning for valg av oppvarmingsmetode, spesielt på sommerstid. Elkjelenes strålingstap bør derfor også bestemmes. I enkelte energioppfølgingssystem tas det også hensyn til dette tapet når man beregner energikostnader, og spesielt når man beregner hvilken energikilde som bør benyttes.

Varmepumper

Varmepumper er en stor investering og bør derfor instrumenteres for å dokumentere driften. En varmepumpe bør derfor ha instrumenter som viser tilført og avgitt energi, alternativt tilført energi og energifaktor i perioden. Det vil da være enkelt å vise varmepumpens effekt på energikostnadene for bygget helt konkret.

Tilført energi er som regel elektrisitet og måles med en normal elmåler. Det bør velges en elmåler med pulsutgang.

Avgitt energi måles sikrest med en energimåler på kondensatorsiden (figur 23). En energimåler måler sirkulert vannmengde og temperaturdifferansen på tur og retur. Dersom sirkulerende vannmengde på kondensatoren er konstant og kjent, kan man redusere kostnadene ved bare å registrere temperaturdifferansen. Man bør da registrere min, maks og midlere temperatur differanse i måleperioden.

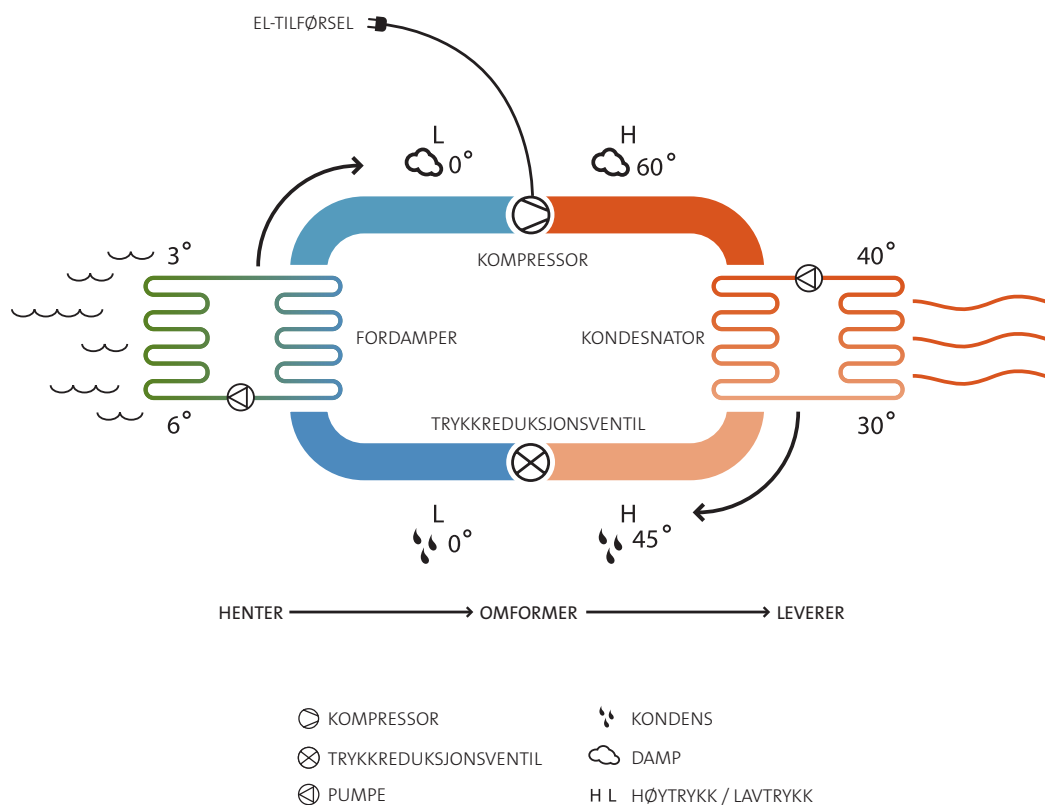
Mange varmepumper er installert uten instrumenter for oppfølging av driften. Energiforbruken til pumpa registreres sammen med annen energibruk, eller på en egen måler dersom pumpa går på uprioritert kraft. Dette kan være en tilfredsstillende oppfølging dersom man har en etablert ET-kurven for bygget som er justert for varmepumpe, men dette vil komplisere analysen av avvik da det ikke kommer fram om avviket skyldes energitilførselen eller feil i det øvrige anlegg.

Gasskjeler

Gasskjeler instrumenteres og beregnes på sammen måte som oljekjeler. Gasskjeler kan både ha faste dyser og modulerende drift.

Biokjeler

Biokjeler er spesielle ved at de benytter fast brensel som vanskeliggjør måling av tilført brensel. De enkelte leverandørene har vidt forskjellige løsninger, men som oftest anslås tilført brensel ut fra antall



Figur 23: Varmepumpe.

omdreininger på en skrue eller lignende. Brenselforbruk registrert på denne måten må med jevne mellomrom justeres mot innkjøpt mengde.

Ellers må biokjeler også utstyres med driftstidsmåler, og det må tas en kjelanalyse. I tillegg til tapene nevnt under oljekjeler kommer tap i form av uforbrent i aske og støv i røkgassen. Disse tapene lar seg ikke måle kontinuerlig i små anlegg, og må derfor anslås ut fra erfaringer fra tilsvarende anlegg eller stikkprøver på det aktuelle anlegget.

Utetemperatur

Utetemperaturen måles med et instrument som beregner midlere utetemperatur i måleperioden. Dette kan være et spesielt instrument for manuell avlesning eller en verdi beregnet av et SD-anlegg. Middelttemperaturen kan også fås oppgitt i ettertid fra meteorologiske institutt eller en værstasjon. Det viktigste er at den temperaturen som benyttes virkelig gjenspeiler den temperaturen bygget har vært utsatt for i den måleperioden det er snakk om, og at den er tilgjengelig når oppfølgingen utføres.

Tappevann

Vann måles med en vannmåler. Disse fås også med pulsutgang, hvilket er å foretrekke ved ny montasje. De fleste vannmålere tåler også temperaturen for varmt tappevann.

Energibruken til varmt tappevann kan i de fleste tilfeller beregnes ut fra kaldtvannsmengen tilført beregningssystemet multiplisert med en fast temperaturredifferanse. Ønskes mer nøyaktig oppfølging må det benyttes en energimåler.

Varmtvann til oppvarming

I enkelte tilfeller er det ønskelig å skille ut enkelte kurser i oppvarmingsystem. Dette kan være kurser til oppvarming eller ventilasjon. I temperaturregulerte systemer er ofte vannmengden som sirkulerer i en kurs konstant. Da er det i prinsippet nok å registrere temperaturredifferanser på tur og retur ledningen. Man må her være oppmerksom på at denne temperaturredifferansen kan bli meget liten i noen driftssituasjoner, og man må velge temperaturfølere med god nøyaktighet og som er kalibrert i forhold til hverandre. Temperaturredifferansen må logges i en temperatur-

logger som også helst beregner midlere temperaturredifferanse over tid.

Er det varierende vannmengde i kursen må det monteres inn energimålere. Dette faller normalt dyrere enn bare å måle temperaturredifferansen, men nøyaktigheten blir bedre.

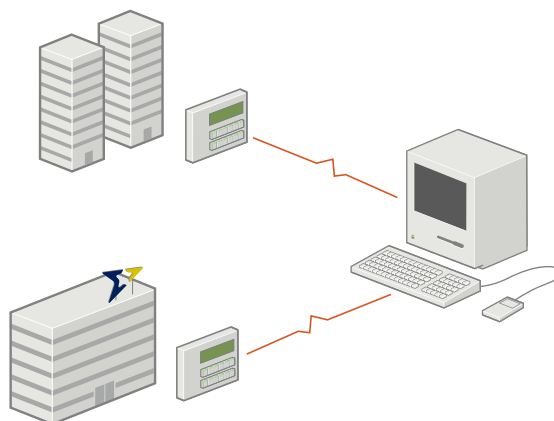
Det er normalt relativt kostbart å fordele energibruken på forbrukssteder. Man bør ha klare begrunnelser for at dette skal gjøres i eksisterende bygg. Ved nybygg er dette enklere og billigere å få til dersom det blir tatt hensyn til under prosjekteringen.

Fordeling av elektrisitet

Elmålere og måletrafoer er relativt billige i innkjøp. Monteringen er heller ikke komplisert dersom kursene ligger til rette for å måles. Det er ofte vanskelig å finne ut hvilke kurser som skal måles for å skille ut et objekt p.g.a. mangelfulle tegninger og dårlig merking.

6.4 SD-anlegg og dataloggere

Er det installert SD-anlegg på bygget vil normalt de fleste målinger som trengs til energioppfølgingen være logget på time, døgn eller uke nivå (figur 24). Data for energioppfølging foreligger med andre ord i elektronisk form. Noen SD-anlegg har innebygget energioppfølging i forenklet form, andre har fullverdige oppfølgingspakker knyttet opp mot de andre programmene i anlegget.



Figur 24: SD-anlegg.

Når det velges SD-anlegg bør det stilles krav til energioppfølging og at det er mulig å eksportere ønskede data fra SD-anlegg til andre oppfølgingsystemer. Det er påkrevet at det er mulig å eksportere energioppfølgingsdata fra SD-anlegg på grunn av at data for bygget normalt skal sammenlignes med data fra andre bygg og benyttes i oversikter og statistikker.

Det finnes i dag mange forskjellige løsninger for automatisk energioppfølging. Det er ikke mulig å gå i detaljer i denne rapporten, dessuten ville opplysninger fort bli foreldet.

Det må imidlertid påpekes at det er en mellomting mellom manuell energioppfølging og SD-anlegg. Dette er at det monteres en datalogger i bygget som registrerer ønskede data fortløpende. Dataloggeren tømmes for eksempel ukentlig via oppringt samband og lastes ned i et energioppfølgingsystem. Dette er en enkel måte å holde kontroll med bygg som ikke har fast vaktmester. Slike dataloggere kan også utvides til å ta med alarmer som for eksempel brennerstans, høy røkgasstemperatur, lav romtemperatur, høy effekt osv.

Med en enkel datalogger får man med andre ord en god overvåkning og kontroll med bygg uten fast tilsyn til en forholdsvis rimelig penge.

6.5 Tilgang på pulser

Ønsker man tilgang på pulser fra en eksisterende elmåler i et bygg må dette avtales med det lokale

nettselskapet som eier elmåleren i bygget. Policyen til nettselskapene er forskjellig fra sted til sted om hvor villige de er til å gi tilgang på denne pulsen. Enkelte gir deg tilgang til denne uten ekstra kostnader. Andre forlanger en abonnementskostnad – alt fra ca. 100 kroner i mnd og oppover, mens noen andre forlanger et engangsgebyr.

Et alternativ kan være å montere en egen måler på innsiden av nettselskapet sin måler. Dette vil da medføre noen ekstra investeringskostnader, men disse kan fort være tjent inn. En slik installasjon må gjøres av godkjent elektriker.

Deling av pulser fra målere

Mange steder er pulsutgangen fra målerne allerede benyttet. Dette kan være elverket som bruker pulsutgangen til fjernavlesning av måleren eller det kan være et automatikksystem som benytter pulsen. For å kunne kople denne måleren til en datalogger eller et SD-anlegg må da pulsen deles. Da må man bruke et relé som splitter pulsen. Dette kalles ofte for et splittrelé. På denne måten kan flere benytte samme puls i forskjellig utstyr.

Kostnadsanslag for målere (eks. montering):

Utemiddeltemperaturmåler	fra kr. 1.900,-
Timeteller (uten pulsutgang)	fra kr. 400,-
Timeteller (med pulsutgang)	fra kr. 900,-
Oljemengdemålere	fra kr. 1.000,-
Energimålere	fra kr. 3.000,-
Relé for deling av pulser	fra kr. 1.000,-
Datalogger med konfigureringsprogram	fra kr. 8.000,-
Analyseprogramvare for datalogger	fra kr. 5.000,-

Enova SF eies av Olje- og Energidepartementet og er etablert for å ta initiativ til og fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Vi har som mål at det skal bli lettere for både husholdninger, næringslivet og offentlige virksomheter å velge enkle, energieffektive og miljøriktige løsninger.

Alle Enovas håndbøker finnes på www.enova.no under publikasjoner. Ønsker du mer informasjon om håndbøkene kontakt Svartjenesten tlf. 08049 svartjenesten@enova.no

Enovahåndbok 2004:3
ISBN 82-92502-02-5
ISSN 1503-8203

Enova SF
Abels gate 5
NO-7030 Trondheim