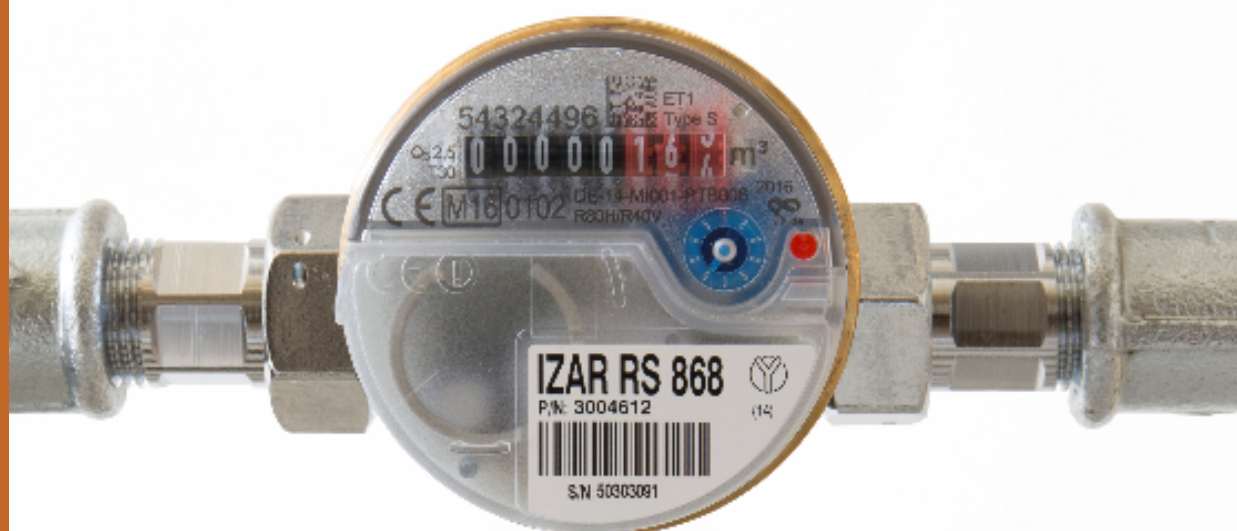


Nr 48/2019

Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling

.....

Marie Haugen, Norsk Energi



Ekstern rapport nr 48-2019

Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Olav Karstad Isachsen

Forfatter: Marie Haugen, Norsk Energi

Trykk: NVEs hustrykkeri

ISBN: 978-82-410-1890-9

Sammendrag: Måleutstyr for individuell måling av varme finnes på markedet og er tatt i bruk i flere byggeprosjekter i Norge. Der det ikke er praktisk å montere energimåler, kan man med enklere såkalte radiatormålere eller varmefordelingsmålere måle varme som leveres til en enkelt leilighet. Nye målere har i praksis automatisk avlesning. Rapporten beskriver kostnadsnivået for ulike løsninger.

Emneord: Måling varme kostnader marked måletjenester varmelieferandør

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Mai 2019

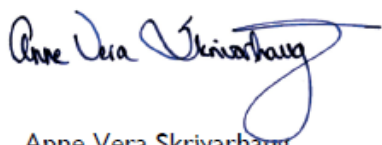
Forord

Norge skal implementere EUs energieffektiviseringsdirektiv (EED). Direktivet har krav om måling av varme fra varmeleverandør til kunde og varmebruk i den enkelte bolig, såkalt individuell måling av varme. Det er derfor viktig å få kartlagt hvor godt det ligger til rette for å ta i bruk utstyr for måling av varme i Norge.

NVE lyste ut et oppdrag 14.12.2018 for å få oversikt over mulighetene for individuell måling av varme og kostnadsnivået for målere og tjenester. Norsk Energi vant konkurransen og har gjennomført utredningen.

Resultatene i rapporten vil bli brukt videre i NVEs og OEDs arbeid med bestemmelser for måling av varme, og i mer generelle analyser av potensialet for effektivisering.

Oslo, mai 2019



Anne Vera Skrivarhaug

Direktør

Energjavedelingen



Ane Torvanger Brunvoll

Seksjonssjef

Seksjon for energibruk og teknologier

Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling

Status: **Endelig utgave**
Dato: 13.05.2019
Utarbeidet av: **Marie Haugen**
Oppdragsgiver: NVE

Rapport

Oppdragsgiver:	NVE	Dato:	13.05.2019
Prosjektnavn:	Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling	Dok. ID:	34289-00020-2.0
Tittel.:	Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling		
Deres ref:	Olav Karstad Isachsen		
Utarbeidet av:	Marie Haugen		
Kontrollert av:	Linda Pedersen Haugerud		
Status:	Endelig utgave		

Sammendrag:

Individuell måling av energibruket gir kontroll på energibruket, rettferdig fordeling av kostnader og fører erfaringsvis til energibesparelser. Det krever installasjon av individuelle målere i bygg med felles oppvarming, kjøling, og varmtvannsforsyning, samt et system for å samle inn målinger og fordele kostnader. Denne rapporten tar for seg de mest aktuelle teknologiene for individuell måling av termisk energi (varme og kjøling), markedet for måleutstyr og -tjenester i Norge, og kostnadene ved å anskaffe, montere og drifte måleutstyret. Alle kostnader er oppgitt eks mva.

I litteraturen er det først og fremst funnet dokumentasjon på energibesparelse i boligbygg, og reduksjon i bruk av varme og varmtvann. Det er vanskelig å si noe generelt om potensialet for effektivisering på bakgrunn av studiene, men man kan trolig forvente energibesparelser i området 10-25 %.

Markedet for individuell måling i Norge er velutviklet, med både store internasjonale og mindre, norske aktører. Basert på tall fra leverandørene antas at det er installert individuell måling i ca. 10-20 % av boligblokker med vannbårne varmeanlegg, med det er ikke tilgjengelig statistikk på dette. Individuell måling i næringsbygg, og individuell måling av kjøling er svært lite utbredt.

Det vanligste måleutstyret i dag er energimålere med ultralydprinsipp for varme- og kjølemålere, radiatormålere i bygg med flere rørinntak per leilighet, og mekaniske vingehjulsmålere for fordeling av varmtvannskostnader. Det installeres enten kablet eller trådløs kommunikasjon fra energi- og vannmålerne til en sentral innsamlingsenhet i bygget. Det vanligste og mest kostnadseffektive i dag er at leverandøren samler inn data via fjernavlesning. Levetid for målere og innsamlingsutstyr oppgis til ca. 10 år. En forutsetning for at målesystemet skal fungere er korrekt installasjon, og at man har en plan for hele målesystemet.

Kostnadsnivået i Norge er ikke spesielt særnorsk ifølge leverandørene, selv om installasjons- og servicekostnader varierer noe mellom landene. Innhenting av kostnader viser at for et komplett system for individuell måling av varme og varmtvann er investeringskostnad per leilighet i området 2 700 kr - 4 500 kr for nybygg, og 3 500 kr – 5 500 kr for eksisterende bygg. Det er forutsatt kun et

Effektiv, miljøvennlig og sikker utnyttelse av energi

rørinntak for varme og varmtvann der det installeres energi- og vannmålere. Ved flere rørinntak, vanskelig tilkomst til rør eller plassmangel vil kostnadene bli høyere.

Driftskostnadene avhenger av hyppighet på avregning, men ved månedlig avregning ligger det i området 550-1000 kr per år per leilighet, og noe mer for næringskunder. Det tilbys også leieavtaler over 10 år, hvor man betaler ned på installasjonskostnadene hver måned. Kostnaden for utstyr, drift og fakturering ligger da på ca. 1200 kr per leilighet per år.

Individuell måling i næringsbygg vil i mange tilfeller ikke være hensiktsmessig eller teknisk gjennomførbart. Kontorbygg og forretningsbygg kan være aktuelle for individuell måling, men ofte er ikke leietakerne bestemt ved tidspunktet for bygging, og arealfordelingen endrer seg relativt hyppig med korte leiekontrakter. Det kompliserer oppsett for målerstruktur, og løsninger for individuell måling vil måtte skreddersys for hvert tilfelle.

Det er vist et eksempel på lønnsomhetsberegning for to leiligheter i henholdsvis et nybygg med energimåler, og en eldre boligblokk med radiatormålere, samt varmtvannsmåler for begge. Det er en rekke faktorer som spiller inn på resultatet og en slik beregning kan derfor ikke svare generelt på om individuell måling er lønnsomt. Det er vist følsomhetsberegning for variasjoner i oppnådd energibesparelse, installasjons- og driftskostnader, energipriser og utgangspunkt for energibruk. Ettersom det kun er én faktor som endres per følsomhetsberegning, må også disse resultatene brukes med forsiktighet.

For nybygg viser regneeksempelet at investeringen blir lønnsom dersom energibesparelsene overstiger 21 %. For eldre bygg med høyt varmebruk viser regneeksempelet at investeringen blir lønnsom ved energibesparelser over 13 %. Det er forventet at driftskostnadene ved måle- og faktureringstjenesten vil gå noe ned fremover, samt at energiprisene vil stige, noe som vil kunne gjøre det lønnsomt også ved lavere energibesparelser.

For å redusere installasjonskostnadene i nybygg kan man vurdere å måle varme og varmtvann sammen i bygg hvor dette kan måles med samme måler (for eksempel i bygg med «trerørsystem»). Felles måling vil trolig ikke gi lavere energibesparelse enn om det måles separat. I regneeksempelet ble behovet for besparelse redusert til ca. 19 %.

Ettersom beregnet energibruk til oppvarming i lavenergibygget er så lavt, kunne et alternativ ha vært å kun installere måler for varmt tappevann for å redusere investeringskostnadene. Erfaringer tilsier at imidlertid at reelt energibruk til romoppvarming i lavenergibygget er høyere enn forventet. Dermed kan individuell måling av både varme og varmtvann i lavenergibygget bidra til å realisere et potensial som ellers vil forbli uforløst.

Selv om ikke installasjon av individuell måling lønner seg i kroner og øre i alle tilfeller, vil det mest sannsynlig ha en effekt for energibesparelse. Fordeling av energikostnader motiverer til investering i løsninger som reduserer kostnader, og det premierer energibesparende adferd.

Rettferdighetsprinsippet er en vel så sterk motivasjon for innføring av individuell måling som energibesparelse. Erfaring tilsier at 20-25 % av beboerne i en blokk står for 50 % av det totale energibruket, og det man ikke får frem i lønnsomhetsberegningene er alle som får redusert sine årlige kostnader ytterligere, når de ikke lenger betaler for andres energibruk.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	6
1.1	Arbeidsmetodikk	6
1.2	Avgrensninger og valg	6
2	Teknologi for måling og avregning	7
2.1	Måleteknologier	7
2.1.1	Energimålere	7
2.1.2	Radiatormålere	10
2.1.3	Varmtvannsmålere	12
2.2	Måleravlesning og innsamling av data	13
2.2.1	Fjernavlesning	13
2.2.2	Lokal avlesning (Walk-by-løsning)	14
2.3	Avregning og fakturering	15
2.4	Energioppfølging	16
3	Hvordan måle varme og kjøling individuelt?.....	16
3.1	Individuell måling i næringsbygg	17
3.2	Bygg- og rørtekniske forhold	18
3.2.1	Varme og varmt tappevann	18
3.2.2	Kjøleanlegg	19
3.3	Trender fremover	19
4	Individuell måling og fakturering i Norge.....	20
4.1	Utbredelse av individuell måling	20
4.2	Marked	21
4.2.1	Leverandører	21
4.2.2	Fjernvarmeselskaper	22
4.2.3	Utbyggere	23
4.3	Individuell måling i andre land	23
4.3.1	Sverige	23
4.3.2	Finland	24
4.3.3	Danmark	24
4.3.4	Tyskland	24
5	Kostnader	25
5.1	Installasjonskostnader	25
5.1.1	Kostnadseksempler	26

5.1.2	Utstyr på avbetaling	27
5.2	Løpende utgifter.....	27
5.2.1	Ulike aktører står for måltjenesten og faktureringen	28
5.2.2	Samme aktør står for måltjenesten og faktureringen.....	28
5.2.3	Samme aktør står for måltjenesten og faktureringen, samt installasjonskostnader på avbetaling	28
5.3	Kostnadsnivå i Norge sammenlignet med andre land	29
6	Inntektssiden - energisparing.....	29
6.1	Hvordan påvirke energibruket til varme og kjøling?.....	29
6.2	Forhold som påvirker energisparende adferd	30
6.3	Hvor mye kan man spare?.....	31
6.3.1	Erfaringer fra Norge.....	31
6.3.2	Erfaringer fra andre land	33
7	Lønnsomhetsberegninger	34
7.1	Forutsetninger	34
7.2	Beregninger	35
7.2.1	Leilighet 1 – nybygg (TEK17).....	35
7.2.2	Leilighet 2 – eldre boligblokk.....	37
8	Oppsummering.....	39
	Referanser	41
9	Vedlegg	42
9.1	Sammenstilling av dokumentert besparelse fra andre land.....	42

1 Bakgrunn

EU-kommisjonen har utarbeidet et energieffektiviseringsdirektiv (EED), som nå behandles i Norge. Direktivet inneholder blant annet krav om individuell måling og avregning av termisk energi. Målet er at sluttbrukerne skal vite hvor mye de bruker på varme, varmt tappevann og kjøling, og på den måten bidra til energieffektivisering. I Norge er det krav for nybygg at varme til romoppvarming, tappevann og kjøling skal måles for seg i bygninger med sentrale energianlegg. Det er ikke krav om individuell måling for hver leilighet. I bygg med fjernvarme eller annen sentral oppvarming fordeles tradisjonelt de tilhørende kostnadene etter en fordelingsbrøk (for eksempel areal), og ikke etter individuell bruk. For å få en mer rettferdig fordeling av kostnadene kan man installere utstyr for å måle eller fordele energibruken på sluttbrukerne.

Individuell måling av termisk energi er mindre utbredt i Norge enn i en del andre europeiske land. I Danmark har individuell måling og avregning av energibruk til oppvarming i vannbårne anlegg vært påbudt siden 1999. I Sverige og Finland er man mer skeptisk til individuell måling, og det er gjort omfattende utredninger som konkluderer med at det ikke er kostnadseffektivt.

I Norge har mange utbyggere holdt litt igjen i påvente av at teknologien skulle bli mer moden og mer egnet for formålet. Noen har hatt dårlige erfaringer med dyre installasjoner og unøyaktige målinger, og har vært mer skeptiske til teknologien. I dag er imidlertid de fleste positive til individuell måling, og det installeres i et økende antall av nye boligbygg.

1.1 Arbeidsmetodikk

I arbeidet med utredningen har vi vært i kontakt med sentrale aktører i markedet. Det er gjennomført møter, telefonintervjuer og sendt spørreskjema til leverandører, utbyggere og borettslag/sameier. I tillegg er det gjort et litteraturstudium på dokumentert besparelse i Norge og andre land. Kostnadene er innhentet fra leverandører av utstyr og måletjenester. I tillegg er det innhentet erfaringskostnader fra borettslag og sameier, fjernvarmeselskaper og boligbyggerlag.

1.2 Avgrensninger og valg

Individuell måling av termisk energi er klart mest utbredt i boligbygg, og det som måles er primært varme og varmt tappevann. Det er dette det fokuseres på i rapporten, men individuell måling i næringsbygg og individuell måling av kjøling omtales også.

Rapporten begrenser seg til å se på målemetoder for vannbårne anlegg. Individuell måling i sentraliserte varmeanlegg med luftbåren varme (eller kjøling) er ikke regnet som teknisk gjennomførbart med de målemetodene som vurderes her, ifølge retningslinjer til EED (Empirica GmbH - Communication and Technology Research, 2016).

I rapporten beskrives løsninger for nybygg og eksisterende bygg. Ombyggingsprosjekter er ikke omtalt her, ettersom man har svært mange ulike varianter, tilpasninger og mellomløsninger, som består av momenter ved nybygg og momenter ved eksisterende bygg.

2 Teknologi for måling og avregning

I Norge etablerte de første leverandørene av utstyr og tjenester for individuell varmemåling seg tidlig på 50-tallet. Den aktuelle teknologien på den tiden var fordampningsmålere montert på radiatorer. Allerede i 1958 kom Byggforsk med klare anbefalinger om at dette var lønnsomt (Byggforsk, 1958).

For 10-15 år siden var energimålerne og varmtvannsmålerne såkalte pulsmålere, det vil si at mengdemåleren sendte pulser til regneverket per volummengde (f.eks. 10 liter) som passerte måleren. Ved innsamling av måledata hendte det ofte at noen pulser falt bort, og kundene kunne oppleve at det stod noe annet på regningen enn på målerdisplayet. Dette var med andre ord ikke en holdbar løsning, spesielt for energimålere. Ved overgang fra puls-teknologi til dagens kommunikasjonsløsninger har imidlertid målepåliteligheten økt betraktelig.

Det har også vært en dreining bort fra mekaniske målere med bevegelige deler og over mot ultralydsmålere uten bevegelige deler, som er mer stabile og nøyaktige i drift. Ultralyd-teknologien er nå godt etablert, og prisene er betydelig redusert. Flere og flere går bort fra lokal avlesning og over på fjernavlesning, noe som er med på å gi reduserte kostnader.

Teknologien er moden og egnet for formålet, men vil også fortsette å utvikle seg videre. På målersiden er det nøyaktighet og driftssikkerhet som er viktig, i tillegg til kostnadseffektiv installasjon. På nettverkssiden begynner det å bli svært kostnadseffektivt, men det vil fortsatt være noe å hente i form av reduserte kostnader.

I det følgende er de vanligste teknologiene og systemene for individuell måling og avregning beskrevet.

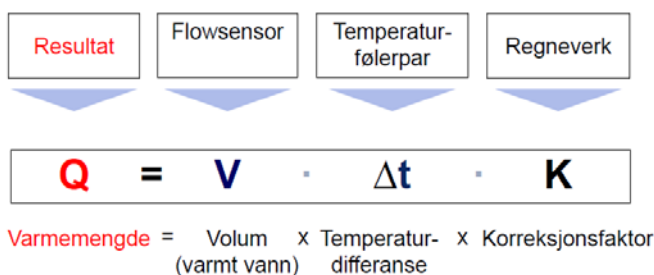
2.1 Måleteknologier

I det følgende beskrives de vanligste måleteknologiene for individuell måling av termisk energi for vannbårne anlegg.

- For fordeling av kostnader til varme til romoppvarming benyttes enten direkte målemetoder med *energimålere*, eller såkalte *radiatormålere* (også kalt *varmefordelingsmålere*).
- For fordeling av kostnader til varmt tappevann måles vanligvis varmtvannsmengden den enkelte enhet bruker. Denne fordelingen brukes til å fordele de totale kostnadene.
- For fordeling av kostnader til kjøling benyttes primært *energimålere*.

2.1.1 Energimålere

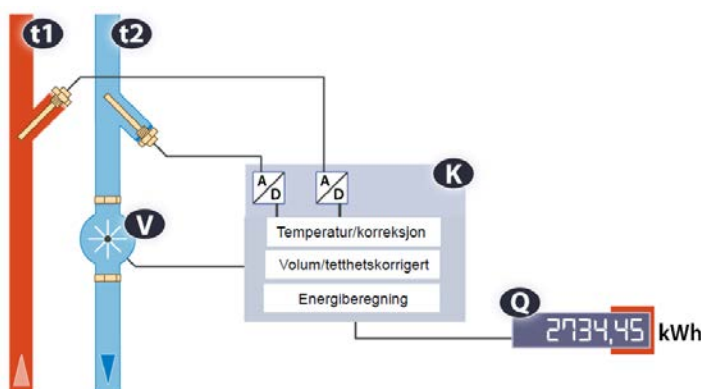
I et vannbårent varme- eller kjøleanlegg kan energien måles med en energimåler. Energimålere består av en mengdemåler (strømningsmåler), to temperaturfølere og et regneverk. En energimåler i et varmeanlegg måler hvor mye vann som til enhver tid passerer anlegget, og hvor mye vanntemperaturen senkes fra tur- til returledning. Dermed kan man beregne avgitt energimengde i kWh, som vist i Figur 1. For kjøleanlegg gjelder det samme prinsippet, bare at man måler hvor mye varme som tas opp av vannet som sirkulerer.



Figur 1 Energimålerens beregning av varme eller kjøling (kilde: Ista)

For å kunne benytte energimålere i en leilighet er det en forutsetning at alt varmtvann kommer inn og forlater leiligheten på ett sted i sekundærnett. Mengdemåleren installeres normalt i returledningen, og temperaturfølerne monteres i tur- og returledning. Signalene kobles til et regneverk som beregner tilført kWh og som fjernavleses. Standard installasjon av en energimåler er vist i Figur 2.

Energimålere leveres ofte som integrerte enheter (kompaktmålere), men kan også leveres slik at delene må settes sammen til en måler. Målerne som benyttes til individuell måling er stort sett batteridrevne.



Figur 2 Standard installasjon av energimålere. t1 og t2 er temperaturfølere, V er mengdemåleren og K er regneverket. (kilde: Ista)

Mengdemålere

Mengdemålere (strømningsmålere) angir væskemengden eller -volum som strømmer gjennom et rørtverrsnitt på et gitt punkt over en gitt tid. De aller fleste strømningsmålere måler væskemengden indirekte. Det vil si at de måler strømningshastigheten eller en faktor som er relatert til strømningshastigheten.

For individuell måling av varme benyttes primært **ultralydsmålere**¹. Ultralydmålere er *statiske* målere, det vil si at de ikke har mekaniske deler, og dermed utsettes for minimal slitasje. Måleprinsippet for ultralydmålere baserer seg på lydhastigheten i vann. Målerne benytter transit time metoden, som går ut på at en transmitter sender ut lydbølger oppstrøms og nedstrøms. Hastigheten beregnes ut ifra tidsdifferansen mellom de to ulike signalene.

¹ Tidligere ble også magnetisk induktive målere benyttet, men de er mindre egnet for formålet, blant annet fordi de har lav toleranse for magnetitt som man ofte finner i varmelegg. Mekaniske vingehjulsmålere er de eldste og tradisjonelt mest utbredte målerne, men benyttes i dag sjeldent for energimålere. Målerprinsippet benyttes imidlertid mye for måling av varmt tappevann, og beskrives ytterligere under delkapittelet *Varmtvannsmålere*.

Temperaturfølere

Motstandstermometre er enerådende som termotermometre ved energimålinger i dag. Prinsippet er basert på at metallens spesifikke motstand varierer med temperatur. Vanligvis blir platina motstandstermometre benyttet. Platina er et metall som har en meget lineær karakteristikk i det aktuelle temperaturområde for energimålere, og er derfor ideell for dette formålet.

Temperaturføleren kan, avhengig av type, anvendes direkte i væskestrømmen eller monteres ved hjelp av en følerlomme. En kort direkte føler har en lavere tidskonstant enn en følerlomme. Ulempen med følere uten lommer er at rørstrekket må tømmes for vann ved skifte eller service.

Integreringsverket

Integreringsverket (også kalt regneverk) er en elektronisk enhet som kalkulerer avgitt energimengde ved hjelp av data fra strømningsmåler og termotermometrene. Integreringsverket multipliserer vannmengde med temperaturdifferanse og spesifikk varmekapasitet. De fleste integreringsverk er forberedt for automatisk målerinnsamling.



Figur 3 Noen eksempler på energimålere med ultralydprinsipp

Nøyaktighet

Målerinstrumentdirektivet, MID (Measuring instrument directive - 2004/22/EC), setter krav til at energimålere som benyttes i EØS-området skal være typegodkjent. Direktivet er innarbeidet i Norsk lovverk i forskrift om krav til vannmålere (Lovdata, FOR-2007-12-21-1743 Forskrift om krav til varmemålere, 2008). I tillegg er det utarbeidet en harmonisert standard, NS-EN 1434:2018, Termiske varmemålere. Her er det spesifisert at varmemålere for avregning ovenfor kunder skal tilsvare nøyaktighetsklasse 3, som betyr at målefeil samlet for strømningsmåler, integreringsverk og termotermometre skal være mindre enn 5%. Det er derimot ikke spesifisert krav til kontroll, kalibrering eller tilsyn av varmemålere i drift.

Måleresultater fra ultralydmålere varierer med vanntemperatur, og må derfor kompenseres vha. en temperaturgiver. Leverandører oppgir en målenøyaktighet med avvik på ± 1 til 2 %. Fordelen med ultralydmålere er at de måler nøyaktig helt til de ikke fungerer mer, mens mekaniske målere ofte måler mindre nøyaktig etter en viss tid i drift.

Levetid

Levetiden på energimålere med ultralydprinsipp er som regel begrenset til batterilevetiden på måleren, og produsentene av slike målere oppgir en batterilevetid på opptil 15-16 år. Man regner likevel ofte teknisk og økonomisk levetid til ca. 10 år. Man bytter vanligvis ikke batteriet, men selve måleren, på grunn av rørleggerkostnadene.

Målerne egnethet for formålet

Dagens energimålere er godt egnet for formålet. Når måleren først er montert korrekt, krever de svært lite vedlikehold. Noen av fordelene med energimålere med ultralydprinsipp er:

- God nøyaktighet, også i vann med lavere vannkvalitet
- Robuste
- Lang batteritid
- Anvendbare vannmengder ned til 2 liter per døgn (Willems, 2019)

Noen utfordringer er:

- Feilinstallasjoner, spesielt av temperaturfølere
- Manglende gjennomspyling av anlegg
- Feil/ufullstendig spesifisering
- Kan få problemer ved svært lave temperaturdifferanser
- Litt følsom for luftbobler i vannet

Feilinstallasjon er en av de største utfordringene, og kan gi store utslag på målenøyaktigheten. Erfaringer fra leverandørene er at temperaturfølere ofte monteres feil. Eksempler er at de monteres utenpå røret, at én føler står i vann og én gjør ikke det, eller at tur-føleren ikke står på samme side av veksleren som resten av måleren. I noen tilfeller klippes eller skjøtes temperaturfølere. I varmeanlegg skal mengdemåleren monteres i retur. Leverandørene erfarer at målerne i en del tilfeller monteres i feil strømningsretning eller til og med monteres i tappevannskretsen. For å oppnå god målenøyaktighet anbefales det også et minimum av rettstrek før og etter mengdemåleren. I tillegg er det ofte at anlegg ikke gjennomspyles før installasjonen, noe som kan føre til at måleren tettes igjen. Ultralydsmålerne kan også få problemer dersom det er mye luftbobler i vannet.

Andre utfordringer det rapporteres om er at målere for trådbundet kommunikasjon leveres, men man glemmer å kable, eller at det installeres måleutstyr som ikke kan brukes (for eksempel helt uten fjernavlesningsmulig). Det kan også oppstå problemer knyttet til feil oppsett i SD-anlegg. Svært sjeldent er det produksjonsfeil (ca. 1 promille) og da blir det avdekket ved installasjon.

Det er viktig å ta ut måleren korrekt. Mengdemåleren skal helst ha så lav minstemengde som mulig ettersom energibruken i en leilighet kan være lavt. Noen energimålere får utfordringer ved lave temperaturdifferanser for eksempel i gulvvarmeanlegg, hvor temperaturdifferansen kan bli ned til 1°C.

2.1.2 Radiatormålere

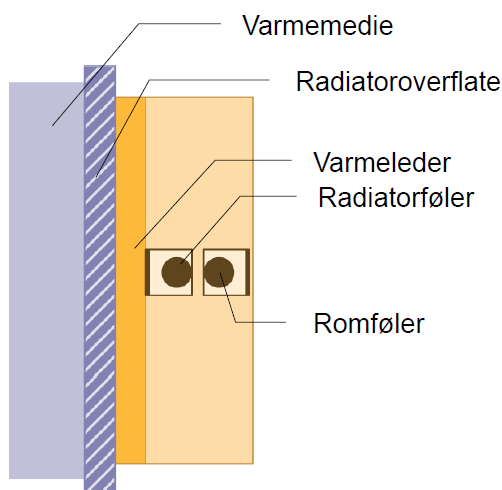
En varmfordelingsmåler, ofte kalt radiatormåler, måler relativ varmeavgivelse fra en varmeavgiver, typisk en radiator. I dag benyttes det elektroniske to-føler-prinsippet for slike målere. Målerne har to temperaturfølere, hvorav den ene måler radiatoroverflatens-temperatur, mens den andre måler romtemperaturen (Figur 4). Ut i fra temperaturdifferansen vil måleren registrere en relativ varmeavgivelse i form av et forholdstall. Videre avregnes energibruk til radiatorene ved å fordele det totale energibruket til det vannbårne anlegget på de registrerte forholdstallene til samtlige varmeavgivere i systemet. Det betyr at et vannbårent anlegg med varmfordelingsmålere krever et målepunkt på samtlige varmeavgivere i systemet, samt en måling av det totale energibruket.

Nøyaktighet

Krav til varmfordelingsmålere er standardisert i den Norske standarden, NS-EN 834:2013 «Måler for fordeling av varmekostnader til radiatorer for romoppvarming. Utstyr med elektrisk energitilførsel». MID omfatter ikke varmfordelingsmålere.

Levetid

Leverandørene oppgir ca. 10 års teknisk og økonomisk levetid.



Figur 4 Prinsipp for radiatormåling (t.v.) (kilde: Ista) og eksempler på radiatormålere fra Ista, Brunata/Minol og Techem (t.h.)

Målerne egnethet for formålet

Varmfordelingsmålere vil kunne gi en god indikasjon på energibruk, og en fordeling mellom brukere i et bygg. Noen fordeler med målerne er:

- Rimelige
- Krever ikke inngrep i rørsystemet
- Sollys og andre varmekilder påvirker ikke målerstanden

Noen utfordringer med målerne er:

- Måler ikke reell energibruk i kWh. Måler kun den enkelte radiators andel av kostnaden definert som radiatorvarme, og det kan derfor være vanskelig å forstå prinsippet.
- Målemetoden stiller høye krav til vedlikehold av varmeanlegget (lufting og rensing).
- Radiatorkraner som lekker vil gi ufrivillig energibruk.

Når en måler først er montert på en radiator og er programmert til denne radiatoren, vil man bli avregnet som om hele radiatoren avgir varme, selv om deler av radiatoren er fylt med skitt eller luft, gitt at temperaturføleren registrerer varmt vann der denne er plassert.

Det er også her viktig at radiatoren identifiseres korrekt, og at måleren installeres og programmeres riktig. Det stiller krav til kompetanse. Målerne er utstyrt med algoritmer som tar høyde for manipulasjon osv., samt registrerer forsøk på manipulasjon eller avmontering.

2.1.3 Varmtvannsmålere

For å måle forbruket av varmt tappevann individuelt, måler man vanligvis vannmengden varmt tappevann for hver boenhet, og fordeler det totale varmtvannsforbruket (i kWh) ut fra undermålingene.

Vannmålere har tradisjonelt vært mekaniske vingehjulsmålere, hovedsakelig på grunn av robusthet og lav kostnad. Det er fremdeles den vanligste teknologien som installeres for varmtvannsmåling i leilighetsbygg. Ettersom automatisk måleravlesning er en svært viktig komponent ved individuell måling, utstyres målerne med en kommunikasjonsmodul.

I dag selges det imidlertid en økende andel ultralydmålere til måling av varmt og kaldt forbruksvann. En fordel med disse er at trykktapet er mindre, og målenøyaktigheten bedre.

Både vingehjulsmålere og ultralydmålere finnes som MID-godkjente varmtvannsmålere.



Figur 5 Noen ulike typer enkeltstråle vingehjulsmålere

Nøyaktighet

I henhold til MID er tillatt feilvisning $\pm 3\%$ ved høy vannmengde og $\pm 5\%$ ved lav vannmengde (Lovdata, FOR-2007-12-21-1745 Forskrift om krav til vannmålere, 2008). I følge leverandørene viser tester fortsatt tilfredsstillende nøyaktighet 8-10 år i drift.

Levetid

Vannkvaliteten har stor innvirkning på målerens levetid. I kalkholdig vann vil en enstrålet vingehjulsmåler etterhvert vise for lite. Ultralydmålerne er i teorien upåvirket av belegg/utfelling, men ikke alltid i praksis. I Norge har vi imidlertid svært god vannkvalitet. 10 år regnes vanligvis som teknisk og økonomisk² levetid, med forutsetning om at måleren testes ved installasjon. Normalt er ikke varmtvannsmålerne konstruert for renovering.

Målerens egnethet for formålet

Noen av fordelene med vingehjulsmålere for individuell fordeling av varmtvannsforbruk er:

- Rimelige i innkjøp, sammenlignet med ultralydmålere. Kostnadsforskjellen er fremdeles så stor at det hovedsakelig er vingehjulsmålere som velges.
- I kombinasjon med en «kontrollmåler» regnes de som et godt nok måleprinsipp for formålet.

Noen utfordringer er:

- Måler vannmengde ved hjelp av bevegelige deler, noe som gjør at de er mer utsatt for slitasje enn statiske målere.
- Feilinstallasjon

² Den økonomiske levetiden bestemmes trolig av hvor moderne kommunikasjonen mellom måler og avlesningsenhet er etter endt driftstid, mer enn av måleteknisk kvalitet (Boverket, 2014)

- Etterinstallasjon i eksisterende bygg kan være krevende
- Manglende tilbakeslagsventiler i anlegget
- Manglende gjennomspyling av anlegg
- Tar ikke hensyn til temperaturen på vannet som måles

I likhet med energimålere, gjøres det ofte feil i forbindelse med installasjon av varmtvannsmålere. En vanlig installasjonsfeil er at tappevannsmåleren monteres i sirkulasjonskretsen (VVC). Ofte kan det være vanskelig å få plass til målerne, nettopp på grunn av VVC.

En MID-godkjent vannmåler skal måle og registrere alt vannvolum som passerer den, uavhengig av vanntemperatur. Dersom vanntemperaturen ikke er tilstrekkelig høy når vannet kommer ut av kranen (på grunn av lange føringsveier eller dårlig varmtvannsirkulasjon), vil man også måtte betale for varmtvann som man ikke bruker, men lar renne i påvente av å få ønsket temperatur (Boverket, 2014).

2.2 Måleravlesning og innsamling av data

For at målinger skal ha en nytteverdi må målerdata samles inn og registreres. Tradisjonelt har måleravlesning blitt utført lokalt, enten manuelt eller elektronisk. I dag tilrettelegges de fleste målerne for trådløs fjernavlesning.

2.2.1 Fjernavlesning

Ved fjernavlesning installeres en sentral innsamlingsenhet (master) i bygget. Denne kan være batteridrevet eller ha strømtilkobling. Innsamlingsenheten sender oppsamlet målerdata til en server hos målerselskapet. Avhengig av hvilken nøyaktighet man ønsker, kan innsamlingsenheten sende verdiene med ulikt intervall, for eksempel sende døgnverdier for alle målerne én gang per uke.

Mellom målerne og innsamlingsenheten dras enten M-bus kabel, eller så benyttes trådløs overføring. M-bus er en standardisert kommunikasjonsprotokoll (EN 13757). Løsningen med kablet M-bus benyttes primært i nybygg med sentrale forsyningspunkt, for vann- og energimålere. Fordelen er at innsamlingen av måledata blir svært stabil. Ulempen er at det ofte er dyrere enn trådløse systemer. Det benyttes svært sjeldent i eksisterende bygg på grunn av kostnadene ved å trekke kabler.

Trådløs avlesning krever målere med integrert radiosender. Trådløs overføring benyttes alltid for radiatormålere, men er også vanlig for vann- og energimålere. De fleste målerne er batteridrevne, og krever ikke strømforsyning. Radiosignalene fra målerne sendes til lokale radioinnsamlere, også kalt konsentratorer, som hjelper til med innsamlingen. Hvor mange konsentratorer det er behov for avhenger av antall målepunkter og bygningsmassens utforming.

Fjernavlesning kan gjøres ved hjelp av ulike kommunikasjonsprotokoller. Standarden i markedet er trådløs M-bus (OMS-standard), men det benyttes også andre protokoller som f.eks. radiosender med en gitt frekvens. Det er i teorien også mulig å benytte AMS strømmålerne som innsamlingspunkt, men det er ikke vanlig å tilby dette i dag.

Fordelen med OMS (Open Metering Standard) er at det er en åpen teknologi, det vil si at flere leverandører kan lese av målingene. Dersom en kunde ønsker å bytte leverandør av måletjenesten er det en fordel om man ikke dermed også må installere nytt måleutstyr. Med åpne løsninger unngår man å binde seg til én leverandør (såkalte «innlåsnings effekter»).

En del målere er kryptert, det vil si at for å kunne lese av måleren trenger man målerens individuelle krypteringsnøkkel. I Norge er det per i dag ikke krav til kryptering, men andre land har krav til dette i henhold til Personvernforordningen (GDPR). Noen av leverandørene benytter egne protokoller for trådløs avlesning og kryptering. Det vil si at dersom man ønsker å bytte leverandør av måletjenesten, kan det bety at man må installere nytt måleutstyr. I Danmark er det lovbestemt at leverandører med slike systemer må forsyne ny leverandør med måldata, dersom kunden vil bytte leverandør. I Norge løses det ofte med en tilsvarende løsning i en klausul i kontrakten. Alternativt kan man sørge for å ha system for utlevering av krypteringsnøkler dersom kunden for eksempel ønsker å skifte leverandør, for eksempel at de inngår i FDV-dokumentasjonen.

OMS har noen begrensninger på blant annet rekkevidde. I nybygg testes ofte radiosignaler før beboerne har flyttet inn. Dermed får man ikke tatt hensyn til hvordan plassering av kjøleskap osv. påvirker radiosignalene, og det kan bli behov for å installere flere signalforsterkere.

For å unngå å ha flere innsamlingsenheter i bygg der radiosignalene risikerer å blokkeres finnes det systemer som utnytter hver måler som «forsterker», det vil si at hver måler kan ta imot og sende videre data fra andre målere. Det gir økt rekkevidde.

Et nytt nettverkssystem som noen av leverandørene nevner kan bli aktuelt fremover, er LoRaWAN. Det er allerede godt etablert i andre land. I Norge har Lyse Fiber bygd ut et nettverk som de tester, også for måleravlesning. Det oppnås svært stor rekkevidde og tydelig åpenhet. I tillegg er det mange andre produkter i ulike markeder som kan benytte dette nettverket. Det er forventet at kostnaden på innsamlingsutstyret vil gå drastisk ned dersom dette tas i bruk (Iversen, 2019).

2.2.2 Lokal avlesning (Walk-by-løsning)

Noen leverandører tilbyr en forenklet løsning («walk-by-løsning») som baserer seg på fjernavlesing ved hjelp av en håndholdt mottaker. Den håndholdte mottakeren mottar signaler fra de ulike radioinnsamlerne, og tar i praksis over rollen til master innsamleren. Fordelen med manuell avlesning er at man slipper å betale for datainnsamlingsutstyret ved installasjon. Ulempen er at det blir dyrere å samle inn dataene, ettersom man må reise ut på plass fysisk. Det gir en betydelig merkostnad dersom man ønsker regelmessige avlesninger. Dette var en vanlig løsning tidligere, og en del bygg har fortsatt målere uten mulighet for fjernavlesning i drift. Disse installeres imidlertid sjeldent i dag, og er ikke omtalt videre her.

2.3 Avregning og fakturering

Basert på måledata og anleggets totale fyringskostnader lages et fordelingsregnskap. Totale fyringskostnader vil si anleggets direkte energikostnader (fjernvarme, strøm til oppvarming osv.) og faste kostnader til drift og vedlikehold av varmeanlegget. Her inngår også kostnader for måletjenesten og eventuelt forretningsførers påslag.

I fordelingsregnskapet skal kostnadene fordeles på fakturamottakerne. Dersom man ikke har individuell måling benyttes vanligvis en fast fordelingsnøkkel for å fordele alle kostnadene, for eksempel eierbrøk, boareal (mest vanlig) eller radiatorandel.

Med individuell måling er det vanlig at en andel av kostnadene (f.eks. 30%) fordeles etter en fast fordelingsnøkkel, f.eks. boareal, og resten av kostnadene (70%) fordeles etter målt energibruk. Andelen av kostnadene med fast fordeling skal tilsvare de kostnadene som ikke avhenger av den enkeltes energibruk, dvs. vedlikehold av fellesanlegget, varmetap osv. I tillegg kan man si at man betaler for en «grunnvarme» i bygningen. Det er likevel viktig for motivasjonen for energisparing at andelen som fordeles etter energibruk ikke blir for lav. Andelen av kostnadene som fordeles etter faste og varierende fordelingsnøkler, er i mange land definert i lovverket (JRC Technical reports, 2017).

I noen land benyttes også korreksjonsfaktorer for «utsatt beliggenhet». Det vil si at man får reduserte kostnader hvis man bor øverst/ytterst i en boligblokk. Det er ikke vanlig å benytte slike korreksjonsfaktorer i Norge. En grunn til det kan være den høye andelen selveide leiligheter i Norge, og at det tradisjonelt har vært vanlig å forvente et noe høyere energibruk ved kjøp av en «utsatt» leilighet enn en leilighet midt i bygget. Slike leiligheter har ofte andre kvaliteter som kompenserer, for eksempel flere vinduer og utsikt.

Fordelingsregnskapet brukes videre som underlag for fakturering. Fakturering av den enkelte seksjon/leilighet gjøres vanligvis av forretningsfører, fjernvarmeselskapet, eller av underselskaper av fjernvarmeselskapene, men kan også gjøres av måleselskaper.

Det vanligste i dag er at man har avregning (årlig, halvårlig eller kvartalsvis), og betaler inn et a-konto-beløp (ofte flatt) hver måned. A-konto beløpet inngår ofte i fellesutgiftene, som er et stipulert beløp for fyringsavgiftene. Så foretas en årlig avregning av fjorårets varmebruk og totale fyringsutgifter til sameiet/borettslaget. Den enkelte får da tilbakebetalt et beløp eller en faktura på resterende.

Flere aktører tilbyr også månedlig avregning og fakturering. Det gir bedre kontroll på energibruk og kostnader, og motiverer trolig til mer energisparing (Interconsult, 2001). Det forutsetter at fakturaen er tydelig og lett å forstå.

2.4 Energioppfølging

De fleste typer målere har innebygd display hvor man får informasjon om (den relative) målerverdien. I tillegg til dagens aktuelle målerverdi kan man hente informasjon om akkumulert energibruk over en tidsperiode.

Mange leverandører tilbyr en kundeportal på nett eller en mobil app, hvor kunden kan logge inn og følge med på egen energibruk. Kunden får vanligvis tilgang til dagsverdier som oppdateres ukentlig, helt ned på radiatornivå eller per liter varmtvann. Ofte kan man sammenligne egen energibruk med snittbruken til bygget, og egen bruk for tilsvarende periode forrige år.

Dersom man har installert radiatormålere ser man typisk antall «avgitte varmeeenheter» i kundeportalen, som en relativ andel av totalen. Fordelen er at man med radiatormålere også kan sammenligne energibruken sin rom for rom.

Brukerportalene tilpasses etter det man logger inn på, slik at man kan tenke seg løsninger hvor energibruken vises på en informasjonsskjerm i hver leilighet. Det er mulig å få døgnverdiene daglig, mot en ekstrakostnad. Dette er likevel ikke en vanlig løsning i dag. Leverandørene oppgir at beboerportalene hovedsakelig besøkes rett etter avregning, men er lite brukt ellers i året.

Tradisjonelle «energioppfølgingssystem» benyttes vanligvis på bygningsnivå, og primært for næringsbygg.



Figur 6 Eksempler på skjermbilder fra kundeportaler for energioppfølging

3 Hvordan måle varme og kjøling individuelt?

Hvordan totalt energibruk og individuell fordeling av termisk energi skal måles i et bygg er bestemt av flere faktorer. Blant annet bygningskategori og bruk, byggets alder og utforming og rørtekniske anlegg.

I alle tilfeller er en forutsetning for god og riktig måling, at byggets varme- eller kjøleanlegg fungerer bra. Det vil si at man har kontroll på vannkvaliteten, at anlegget er innregulert, har fungerende tilbakeslagsventiler, termostatventiler osv.

Uansett om det installeres radiatormålere, energimålere eller vannmålere for hver enhet, anbefales det å installere en måler i hovedfordelingen dersom dette ikke finnes fra før («kontrollmåler»). Kontrollmåleren brukes for å bestemme avviket mellom total energibruk og individuell energibruk. Ved felles varmtvannsbereder kan kontrollmåleren være måling av strømtilførselen. Kontrollmåleren gir løpende informasjon om utviklingen på total energibruk til oppvarming og tappevannsberedning for

bygget. Den kan også gi informasjon til et eventuelt energioppfølgingssystem. For nybygg er det krav i TEK om hovedmålere for fordeling av total energibruk til varme, varmt tappevann og kjøling. Det er også hensiktsmessig å samtidig installere målere på vanntilførsel for både varme- og varmtvannsanlegget, dersom det ikke er installert, for å kunne oppdage lekkasjer.

3.1 Individuell måling i næringsbygg

For boligbygg kan man gå ut fra at individuell måling i de fleste tilfeller er aktuelt og teknisk gjennomførbart, enten med energimålere, eller med radiatormålere.

Man kan forvente at det er et potensial for energisparing også i næringsbygg, hvor ulike seksjoner har felles varme- og kjøleanlegg. Likevel er det noen utfordringer knyttet til individuell måling i disse bygningene, som antageligvis er årsaken til at individuell måling i næringsbygg er lite utbredt i dag.

Type virksomhet i et næringsbygg er avgjørende for om individuell måling er relevant. Det viktigste er at det er teknisk gjennomførbart, at sluttbrukeren har en reell mulighet til å påvirke energibruket, og at energibruken varierer så mye mellom enhetene at det har en hensikt å fordele det.

Et eksempel på et bygg hvor sluttbrukeren ikke har en reell mulighet til å påvirke energibruket kan være en hotellgjest som ikke oppholder seg i lokalene over lengre tid, eller institusjoner med barn, syke osv. som ikke har noen reell påvirkningskraft på energibruket (Empirica GmbH - Communication and Technology Research, 2016).

Det er trolig kontorbygg og forretningsbygg som er mest aktuelle for individuell måling av varme og kjøling. Nye kontor- og forretningsbygg i dag er som regel komplekse, fleksible bygg. Ofte er det ikke bestemt hvilke leietakere som skal bruke arealene i bygget ved tidspunktet for bygging. I tillegg endres bruken av bygget over årene, med korte leiekontrakter. Det kan derfor være vanskelig å planlegge for individuell måling, og det kreves skreddersydde løsninger. Noe mer fleksibelt er det da med radiatormålere, hvor man relativt enkelt i fordelingsregnskapet kan tilpasse hvilke leietakere som tilhører de respektive radiatorene. Det finnes eksempler på kontorbygg hvor dette gjøres i dag.

Når det gjelder forbruk av tappevann i kontorbygg, har det sjeldent noe hensikt å måle energien individuelt for ulike leietakere, ettersom forbruket normalt er lavt og ikke varierer nevneverdig mellom brukerne.

Det installeres individuell måling av termisk energi i noen kjøpesentre, og i noen forretningsbygg med areotempere over inngangsdøren til de ulike butikkene. Blant annet ble Fornebu Senter bygget med individuell måling av vann og energi for alle butikker og alle varmekurser, for å oppnå BREEAM Outstanding.

I kombinasjonsbygg (næring/bolig) vil det være naturlig å skille ut næringsseksjonen med egen måler. Dersom det er flere næringsseksjoner, og man kan forvente stor forskjell i energibruk, bør det planlegges for individuell måling. For eksempel har restauranter og frisører større forbruk av varmt forbruksvann enn f.eks. butikklokaler.

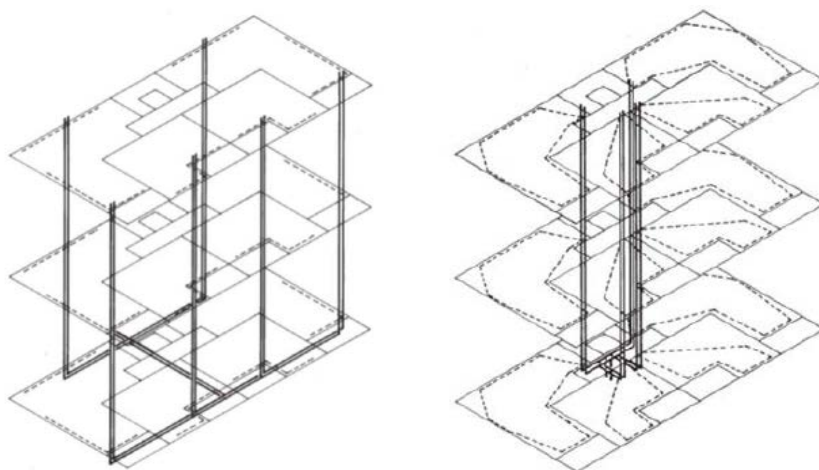
3.2 Bygg- og rørtekniske forhold

3.2.1 Varme og varmt tappevann

Varmeanlegget avhenger ofte av alderen på bygget, men ikke alltid. I bygninger i Norge har man tradisjonelt konstruert rørsystemer for vannbåren varme med hovedfordelinger i underetasjen, og vertikale stigeledninger til én, eller en gruppe radiatorer i hvert plan («fasadefordeling»). Det samme prinsippet gjelder for varmt tappevann som ofte forsynes fra et sentralt beredersystem. Det finnes ikke statistikk i Norge på andelen bygg med denne typen røranlegg, men i Sverige er andelen ca. 78 % av bygg med vannbårent anlegg (Boverket, 2015). Det er trolig en tilsvarende andel i Norge. Årsaken til at det ble bygget rør i fasaden er at det totalt sett blir færre rørlengder og noe billigere enn alternative rørføringer.

I de fleste tilfeller hvor det er flere enn ett rørinntak til hver leilighet, er det ikke kostnadseffektivt å installere energimålere (Empirica GmbH - Communication and Technology Research, 2016). Da er det mer aktuelt å benytte radiatormålere, som ikke krever inngrep i rørinstallasjonene men monteres rett på radiatorene. Dersom det er flere varmtvannsinnløp til en leilighet, er det ikke noe tilsvarende alternativ som benyttes i dag, og det må installeres vannmåler for hvert rørinnløp.

Alternativet til fasadefordeling er at rørnettet er utformet med sentraliserte stigerør («kjernefordeling»), slik at hver boenhet/næringsseksjon er skilt ut rørteknisk. Dermed kan hver enhet måles med én måler for henholdsvis varme og varmt tappevann, og måleren plasseres ved enhetens hovedinntak. Dette er den vanligste løsningen for boliger med vannbåren gulvvarme, og velges ofte der man ønsker skjulte rørføringer med en felles teknisk sjakt. Dette er særlig aktuelt ved nybygging, men omfanget i Norge er uvisst.



Figur 7 Fasadefordeling (t.v.) og sentraliserte stigeledninger (t.h.) (VTT Technical Research Centre of Finland, 2017)

Dersom både varme og varmtvann kommer inn i leiligheten gjennom samme rør, kan man vurdere om det er tilstrekkelig med én felles måler, for å redusere installasjonskostnadene.

Også for bygg hvor hver boenhet eller næringsseksjon er skilt ut rørteknisk, kan det bli kostbart å etterinstallere energimålere. Det gjelder for eksempel dersom det ikke er tilstrekkelig plass til måleren i hovedrøret, slik at man likevel må sette inn flere målere etter forgreiningen der det er plass, eller bygge om røret. Det kan også i noen tilfeller være vanskelig tilkomst.

I tillegg til byggets røranlegg kan det være andre forhold som gjør installasjonen uforholdsmessig kostbar. For eksempel kan det være forhold knyttet til byggets utforming (mye betong og armering) som gjør fjernavlesning krevende.

3.2.2 Kjøleanlegg

Mange kontorbygg benytter komfortkjøling for å skape et behagelig inneklima. Kjøling leveres enten som fjernkjøling eller lokalt produsert. Det vanligste i dag er å kjøle rommene via ventilasjonsanlegget, enten via tilluften eller gjennom kjølebaffler. Til kjølebafflene er det tilkoblet rør med kaldt vann på samme måte som varmt vann tilkobles radiatorene. Systemet anvendes både for adskilte kontormoduler og for åpne kontorlandskap. Det er teoretisk mulig å måle komfortkjøling, men ettersom kjøling ofte produseres og distribueres fra et felles system kreves måleutstyr for hvert tilførselspunkt (Boverket, 2014).

Klimasystem for oppvarming og komfortkjøling i næringsbygg er kompliserte og varierende, slik at det er vanskelig å uttale seg like generelt om mulighetene for individuell måling som man kan gjøre for varme og varmtvann i boligbygg.

Etterspørselen etter komfortkjøling i leiligheter øker noe, men er foreløpig kun installert i et lite antall bygg. Kjøling for boligbygg er heller ikke medtatt i TEK. Det finnes noen få eksempler på boligblokker med individuell måling av kjøling. Der kjøling leveres fra sentraliserte ventilasjonsløsninger, blir det krevende å få til individuell måling.

3.3 Trender fremover

Fremover vil det komme nye energitekniske løsninger som kan påvirke hvordan termisk energi skal måles. Det skjer også mye når det gjelder instrumentering, IoT (tingenes internett) og «big data» som kan påvirke bildet for individuell energimåling.

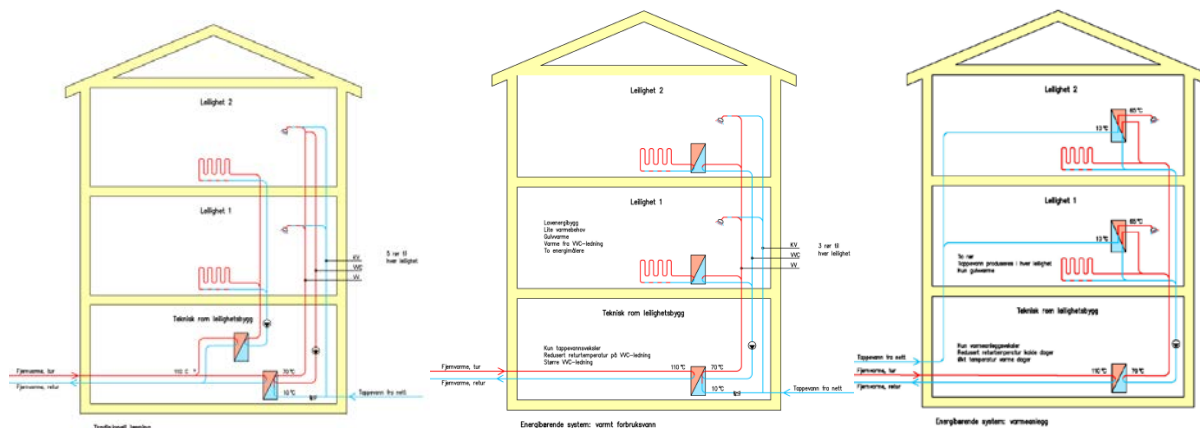
Eksempler på nye løsninger og trender relatert til ventilasjon som kan påvirke individuell energimåling er:

- «Naturlig» ventilasjon der ventilasjonsaggregatet fjernes helt. Dette forenkler byggets energisystem, og gjør det enklere å få til individuell måling.
- All romtemperering skjer via ventilasjonsluften (foreløpig kun i kontorbygg). Dette kan gjøre det utfordrende med individuell måling, der det er sentraliserte ettervarme- og kjøleaggregat.
- Sonestyring/behovsstyring av ventilasjon til et rom, eller område i et kontorlandskap, basert på luftmåling eller bevegelsessensor osv. Dette kan på sikt åpne opp for større grad av indikativ individuell energimåling, ved at man kobler det opp mot sentralisert registrering av måle- og reguleringsdata.

Når det gjelder varmedistribusjon er én trend overgang fra tradisjonelle 5-rørsystem til forenklede 3-rørsystem. Forskjellen på rørsystemene er vist i Figur 8.

I 5-rørsystem har man 5 rør inn til hver leilighet; tur- og retur for varmeanlegget, samt kaldtvann, varmtvann og varmtvannssirkulasjon. Forenklete, såkalte 3-rørsystem, kan bygges på to måter;

1. Varmtvann-, varmtvannssirkulasjon- og kaldtvannsrør, samt veksling til varme lokalt.
2. Kun tur- og retur for varmeanlegget og kaldtvannsrør, samt veksling til varmt tappevann lokalt³



Figur 8 Tradisjonelt 5-rørsystem (t.v.) og forenklete 3-rørsystem med varmtvann som energibærer (midten) og varme som energibærer (t.h.) (Kilde: Statkraft Varme)

De forenklete systemene er velegnet for individuell energimåling, da vekselskap på leilighetsnivå kan prefabrikeres med måler. Det gjør det også mulig å måle varme og varmtvann til en leilighet med én energimåler. Dersom man skal ha separat måling av varme og varmtvann i trerørssystem er det spesielt viktig at målerne plasseres riktig.

En annen trend er at nye bygg blir «smartere», og det blir vanligere med integrerte systemer der alt måles og reguleres lokalt for hver enkelt beboer eller leietager. Både instrumentering og det å samle inn og behandle data blir billigere, ettersom produksjonsvolumene øker. Det vil bidra til at individuell energimåling ikke bare blir en mulighet, men antageligvis blir standard utfra ønsket om at alt skal kunne styres. Det forventes at nødvendig teknologi og tjenester vil bli rimeligere over tid, ettersom det integreres i annen «smart-hus-teknologi».

4 Individuell måling og fakturering i Norge

4.1 Utbredelse av individuell måling

Det foreligger ikke statistikk på utbredelsen av individuell måling av varme og kjøling i Norge.

Leverandørene ser på individuell måling som aktuelt i husholdninger med 4 boenheter eller flere, og SSB oppgir totalt ca. 900 000 boliger i boligblokker, i rekkehus og småhus (SSB, 2018).

Leverandørene anslår at omtrent 400-600 000 av disse har fjernvarme/vannbårne varmeanlegg, og dermed er aktuelle for individuell måling. Basert på antall leiligheter de største leverandørene oppgir at de måler i dag, kan man anta at i overkant av 80 000, eller 10-20 % av de aktuelle boligene, har individuell måling av varme og varmt tappevann. Det er ikke fremskaffet tall på utbredelsen av kjøling i

³ Om regelen om maksimal turtemperatur for varmedistribusjon beholdes som den er i TEK17, vil antageligvis varmt tappevannsdistribuert varme vil bli den vanligste trerørsløsningen i Norge. Maksimal tillatt turtemperatur på 55 °C på varmesløyfen blir for lavt for oppvarming av varmt tappevann lokalt, med mindre det installeres sentralisert legionellasikring.

boligbygg, men det er få som bygges med dette i dag. Det er heller ikke funnet tall på utbredelsen av individuell måling av varme og kjøling i næringsbygg, men det er heller ikke vanlig i dag.

I dag bygges en økende andel boligbygg tilrettelagt for individuell måling. I noen tilfeller er det kommunene som setter kravet i reguleringsplanene. Også boligutbyggerne ser at det etterspørres og tar det med i kravspesifikasjonene. Det er likevel stor forskjell i hvordan det spesifiseres, og det tas ikke alltid hensyn til driften. Også fjernvarmeselskapene opplever økt etterspørsel etter individuell måling og mange ser på løsninger for å kunne tilby dette.

Sammenlignet med mange andre Europeiske land er utbredelsen av individuell måling i boligmarkedet lav. Noen av årsakene til det kan være mye strøm til oppvarming, lave energipriser og kraftig vekst i fjernvarme først i senere tid.

4.2 Marked

Markedet for individuell måling i Norge er relativt godt dekket med tilbydere. Ista, Techem og Minol er i dag internasjonale konsern som er godt etablert i Norge. I tillegg har noen av energiselskapene etablert seg med denne tjenesten som f. eks Lyse med Smartly og BKK med BKK Energitjenester. Ista og Techem har anslagsvis 30-40 % markedsandel hver i Norge. BKK Energitjenester og Minol er henholdsvis tredje og fjerde største aktør.

Mange av leverandørene tilbyr pakkeløsninger med innsamling av måledata og fordeling. Noen har egenproduserte målere og andre bruker underleverandører. Leverandørene tilbyr ulike systemer for innsamling og behandling av data, med blant annet varierende grad av kryptering og åpenhet. Noen av leverandørene foretrekker trådløs kommunikasjon internt i bygget, mens andre foretrekker kablet. Det varierer også hvor mye «ansvar» leverandørene tar for måleranlegget og kvalitetssikring av måledata.

4.2.1 Leverandører

Nedenfor er noen av leverandørene som tilbyr varme- og kjølemålere, samt digitaliserte avlesning- og avregningstjenester kort beskrevet:

- Ista er opprinnelig et dansk-tysk selskap med 110 års historie, og avdelinger i 24 land, som utarbeider fordelingsregnskap for mer enn 12 millioner leiligheter. Ista var et av de første måleselskapene som etablerte seg i Norge.
- Techem AS er et tysk selskap, etablert i 1952, med avdelinger i 22 land, og over 50 millioner målere fordelt på 11 millioner leiligheter i Europa. Techem har hatt norsk avdeling siden starten av 2000-tallet, og overtok det norsk-svenske selskapet Inergi i 2014.
- Minol er et tysk selskap, med 50 års historie. I Tyskland tar de hånd om fordelingsmåling i over 1,4 millioner boliger. Minol overtok danskeide Brunata i 2018.
- BKK Energitjenester er datterselskap av BKK, og har levert tjenester for individuell måling av termisk energi siden 2001. I tillegg til å måle energibruk, mottar, kontrollerer og betaler BKK Energitjenester fakturaene fra energileverandørene og fordeler energikostnadene til hver enkelt beboer på en faktura.
- SMARTLY er et datterselskap i Lyse-konsernet, som ble etablert i 2012. Smartly tilbyr primært leieavtaler til nybygg på utstyr som inkluderer prosjektering, installasjon, drift, månedlig avlesning og fakturering, typisk over en tiårsperiode.
- MeterTech er et underselskap av norske Powel og leverer primært måletjenester til fjernvarmeselskaper. De tilbyr i tillegg til salg, installasjon og drift av målere, også kontroll og stikkprøvetesting av målere.

Andre leverandører er blant annet de rene utstyrsleverandører som Kamstrup, Landis+Gyr og Elvaco. I tillegg er det en del leverandører av energioppfølgingssystem som Entro, Evotek og Cebyc. Disse leverer først og fremst tjenester for næringsbygg, og men har kun et begrenset antall næringskunder med individuell måling og fakturering av varme og kjøling.

4.2.2 Fjernvarmeselskaper

Det tradisjonelle grensesnittet til fjernvarmeselskapene er ett leveransepunkt per bygg, for eksempel til en boligblokk. For kunder med fjernvarme (eller fjernkjøling) har normalt fjernvarmeleverandøren leveransen frem til en sentral varmeveksler ved bygget. Byggets videre rørtekniske anlegg eies og driftes av bygget.

Fjernvarmeselskapene opplever ofte at kundene etterspør løsninger for hvordan de skal fordele fjernvarmekostnadene. Det har ført til at flere av selskapene nå ser på muligheten for å tilby alternative grensesnitt, enten ved å måle og fakturere den enkelte boenhet/næringsseksjon eller ved å ta over ansvaret for sekundæranlegget, og drifte dette.

Mange fjernvarmeselskaper har private kunder de fakturerer, for eksempel eneboliger, men det er få som fakturerer kunder på leilighetsnivå i dag. Et av selskapene som har hatt individuell måling av leilighetskunder i noen år, for 6-7 leilighetsbygg, er Agder Energi Varme. Imidlertid er de nå i ferd med å fase ut tilbudet, blant annet fordi det ble krevende å administrere (Carsten, 2019).

Fortum Oslo Varme, Akershus Energi Varme og Statkraft Varme er noen av fjernvarmeselskapene som er i gang med prøveprosjekter på individuell måling i leilighetsbygg for å samle erfaringer. Fortum Oslo Varme har installert målere i et leilighetsbygg som skal tas i bruk høsten 2019 (Medle, 2019). Akershus Energi Varme har en avtale med et sameie hvor de tester ut individuell måling i samarbeid med en leverandør. Statkraft Varme har begynt å tilby individuell måling, men foreløpig kun til boligbygg med trerørssystem og separat tappevannsveksler i hver leilighet (Weidenhaijn, 2019).

Fordeler

En fordel med at fjernvarmeselskapene tilbyr individuell måling og fakturering er at fjernvarme da blir et mer helhetlig produkt for kundene. Fjernvarmeselskapene vil også kunne få økt informasjon og kontroll med sekundæranleggene. Måledata kan gi grunnlag for driftsforbedringer, effektstyring osv. I tillegg kan de identifisere kunder med dårlig avkjøling/oppvarming og gjøre tiltak. For at det skal fungere må man ha en god modell, og dette arbeides det med (Mellvang-Berg, 2019).

Ulemper

Mange fjernvarmeselskap har relativt små driftsorganisasjoner, og en stor økning i antall målepunkt/fakturamottakere kan være krevende å administrere. Det er antageligvis hensiktsmessig å inngå avtaler med leverandører av måletjenester, fremfor å utvikle egne systemer.

Ved å tilby fakturering per leilighet, men ikke formelt ta ansvar for sekundærnett, vil kundene trolig likevel tenke at de gjør det. Mange bygg har dårlig drift av varmeanlegg, dårlig vannkvalitet osv., noe som kan gi store avvik mellom summen av individuell energibruk og fellesbruk som er vanskelig for kundene å forstå.

Individuell måling vil trolig gi et økt antall henvendelser fra «ukyndige» kunder, og større behov for driftspersonell, uten at energisalget nødvendigvis blir større. Fortrinnsvis ønsker fjernvarmeselskapene tilgang til måleren, men det krever at teknisk skap er plassert utenfor leiligheten, noe som kan være vanskelig å få til.

Individuell måling medfører økte installasjonskostnader for fjernvarmeselskapene. For å få ned installasjonskostnadene, bør man vurdere om det er tilstrekkelig at varme og varmtvann måles med samme måler, i bygg hvor dette er mulig. Det vil trolig ikke redusere potensialet for energibesparelse, ettersom man uansett kun betaler for egen energibruk.

4.2.3 Utbyggere

De første boligbyggerlagene som installerte individuell måling erfarte at måleutstyret var upålitelig og at beboerne hadde liten tillitt til målerne og avregningen. I dag er de fleste enige om at teknologien har blitt betraktelig bedre, og at målingene nå er til å stole på. At de fleste nye systemer som leveres kan fjernavleses, gjør også at det blir mindre arbeid med datainnsamling. Noen har imidlertid hatt dårlige erfaringer med blant annet feilinstallasjoner, og påfølgende store uforutsette kostnader.

Boligbyggerlagene i Norge har tradisjonelt vært nøytrale eller positive til individuell varmemåling. Flere av dem har inngått rammeavtaler med målerleverandører og tilbyr en helhetlig løsning for beboerne med måling, avregning og fakturering. Boligbyggerlagene i Trondheim (TOBB) og Bergen (BOB) installerer individuell måling i alle nye prosjekter, da de opplever at det etterspørres av beboerne. Det etterinstalleres også radiatormålere i en del eksisterende bygg uten måling. Både BOB og TOBB samarbeider i dag med leverandører av måletjenester, og tilbyr en månedlig fakturering og installasjonskostnader på nedbetaling.

BOB erfarer at individuell måling synliggjør avviket mellom total energibruk og summen av leilighetenes energibruk (som i stor grad skyldes varmetapet i røranlegget), og at dette kan være i størrelsesorden 25-40 %, også for helt nye anlegg. Det er en utfordring å forklare beboerne, samt at fakturaene ikke alltid er helt forståelige.

4.3 Individuell måling i andre land

I Europa har flere land i dag påbud om individuell måling og avregning av energibruk. Danmark og Tyskland har lange tradisjoner for individuell måling og har hatt lovkrav siden henholdsvis 1999 og 1984. I Sverige og Finland er det i dag ingen lov som regulerer individuell måling og avregning av varme, og varme og varmtvannsforbruk inngår som oftest i husleien.

4.3.1 Sverige

I Sverige er fjernvarme den dominerende oppvarmingskilden av leilighetsbygg med over 90%. Det blir vanligere i Sverige å gå over til å måle og fakturere forbruk av kaldt- og varmtvann separat. Derimot er individuell måling og avregning av varme fortsatt svært uvanlig. Sverige har, som eneste land, utviklet en egen varmefordelingsmetode som kalles «komfortmåling», som er den vanligste måten å måle på. Metoden har en noe lavere investeringskostnad enn radiatormålere og energimålere. Det innebærer at man måler og avregner basert på temperaturen leiligheten har. For eksempel inngår 21°C i husleien, og om det basert på målingene viser seg at du har hatt det varmere, så betaler man ekstra for det. Fordelen er at målingen ikke påvirkes av leilighetens plassering i bygget, men ulempen er at man ikke tar hensyn til hvordan den målte temperaturen oppnås (om det f.eks. skjer ved vindusutlufting eller

ved solinnstråling) (Abrahamsson, 2012). I Sverige vektlegges «utsatt beliggenhet» mer enn i Norge, og det er vanlig at det kompenseres for dersom man bruker radiatormålere eller energimålere. Det kan skyldes at det er en stor andel utleieleiligheter og man har forventninger om at leilighetene skal ha like forutsetninger for varmebruk.

I Sverige er det vanligere med store private boligselskaper med utleievirksomhet, enn det er i Norge. Det har vært stor motstand fra de disse (HSB, SABO osv.) mot et eventuelt lovkrav om individuell måling. En årsak til det kan være at det blir gårdeierne som må bekoste målerne, men leietagerne som nyter godt av det. Sverige har strenge energikrav ved nybygg og har lavere energipriser enn mange andre land. De har derfor hatt lavere insentiv til individuell måling. Sveriges Boverket kom med omfattende rapporter i 2014 og 2015, samt oppfølgingsrapporter i 2017 og 2018. Alle utredningene konkluderer med at individuell måling generelt ikke er kostnadseffektivt og ikke bør innføres som lovkrav.

4.3.2 Finland

Også i Finland er over 90 % av alle leilighetsbygg tilknyttet fjernvarme. I likhet med Norge og Sverige har en stor andel av byggene varmeanlegg med stigerør i fasadene, og flere rørinntak per leilighet. Individuell måling av termisk energi er svært uvanlig i dag, og radiatormålere er kun installert i et fåtall utleieboliger. En finsk rapport fra 2017 hevdet at installasjon- og driftskostnader for individuell måling utgjorde alt fra 12 og helt opp til 109 % av energikostnadene for en leilighet, og dermed var uforholdsmessig dyrt. Det var lagt til grunn 15 % besparelse og 0 % kalkulasjonsrente. Videre ble det argumentert med at beboerne hadde liten påvirkningskraft på energibruk, at oppvarming var boligeiernes ansvar, at varmeanlegget uansett var utetemperaturregulert, at det ble urettferdig på grunn av noen leiligheters «utsatte beliggenhet», og at beboerne generelt hadde energieffektiv adferd fra før (VTT Technical Research Centre of Finland, 2017).

4.3.3 Danmark

I Danmark er ca. 64% av husstandene tilknyttet fjernvarme (Norsk Fjernvarme, 2017). Danmark har hatt lovkrav om installasjon av måleutstyr for individuell avregning siden 1999. Det er krav om individuell måling av strøm og varme i flerboligbygg, både for nybygg og eksisterende bygg. Når det gjelder varmt og kaldt forbruksvann, skal det ved nybygg forberedes for individuell måling, med passtykk og avstengningsventiler. Dersom over 50 % av leietakerne i et bygg ønsker dette skal det også innføres individuell måling av varmt og kaldt vann. Kostnadene ligger på byggeier. Danmark har ikke krav til individuell måling av kjøling, eller krav om individuell måling i næringsbygg. I Danmark er det også krav om at minst 40 % av varmekostnadene skal fordeles basert på målt varmebruk. Resterende energibruk antas å gå til oppvarming av fellesarealer, distribusjon og oppvarming av varmtvann. I tillegg benytter de ulike korreksjonsfaktorer for å hensynta «utsatt beliggenhet» og varmetap. Danmark har også regler for bygg som unntas fra kravet. I dag anvendes ca. 85 % radiatormålere, og 15 % energimålere, som primært installeres i nybygg (Abrahamsson, 2012).

4.3.4 Tyskland

I Tyskland står fjernvarme for ca. 14% av boligoppvarmingen, mens olje og gass er fremdeles svært utbredt (Euroheat & Power, 2017). Siden 1984 har det vært påbudt med måling av varme, samt varmt- og kaldtvann for hver leilighet separat. Minst 50 % og maksimalt 70 % av varmekostnadene skal fordeles etter målt energibruk, og resten skal fordeles basert på areal. Det er også krav til at alle radiatorventiler skal være utstyrt med termostatventiler. I Tyskland er det mindre vanlig å kompensere for «utsatt beliggenhet». Også i Tyskland utgjør radiatormåling omtrent 85 %, mens energimålere står for de resterende 15 % (Abrahamsson, 2012).

5 Kostnader

Alle kostnader som oppgis i det følgende er **eks mva.**

5.1 Installasjonskostnader

Installasjonskostnadene består av kostnadene for utstyr og for installasjonsarbeider.

Kostnaden for installasjonsarbeidene varierer mye, avhengig om utstyret installeres under bygging, eller om det etterinstalleres. For eksempel kan merkostnaden ved å legge kablet M-bus kommunikasjon ved nybygg være relativt lav, mens det sjeldent gjøres for eksisterende bygg ettersom det blir svært kostbart. Da velges i stedet trådløs kommunikasjon.

Dersom man sender med vannmålere til prefabrikkering av bad for eksempel i Baltikum, kan man få montert målerne til en svært lav pris, og dette blir mer og mer utbredt. For et eksisterende bygg kan tilgangen til vannrøret eller vannrørene være svært kronglete og gjøre installasjonen uforholdsmessig dyr.

Kostnadene for målerne avhenger av valgt teknologi. For vannmålere kan man velge mellom rimelige vingehjulsmålere eller mer nøyaktige ultralydsmålere. Videre avhenger kostnadene for vann- og energimålere av vannmengden som skal måles. For de fleste leiligheter kan samme type måler benyttes, og kostnadene er derfor forutsigbare. For næringsbygg vil kostnaden for energimåleren variere avhengig av hvor store arealer som skal varmes opp eller kjøles ned, og det er derfor vanskelig å sette opp generelle enhetskostnader. Kostnadene ved individuell måling i næringsbygg må vurderes for hvert tilfelle.

Det anbefales å installere hovedmålere der det ikke finnes fra før. For nybygg er dette krav. For eksisterende bygg er det ikke en absolutt nødvendighet for individuell måling, men det anbefales sterkt ettersom det vil gi et mye mer helhetlig system, med mulighet for feilsøking.

Markedspriser avhenger av tidspunkt, innkjøper, størrelsen på ordren osv. Totalkostnadene avhenger også av om man kjøper direkte fra leverandører eller om det går via flere underleverandører som legger på påslag. I kostnadene under er det lagt vekt på leverandørenes estimater, og kostnadseffektiv installasjon.

Tabell 1 Installasjonskostnader, målere

Utstyr	Kun målere	Måler inkludert installasjon nybygg	Måler inkludert installasjon eksisterende bygg
Hovedmåler			
Energimåler, ultralyd	3 500 kr -10 000 kr	4 000 kr – 10 000 kr	10 000 kr – 30 000 kr
Individuelle målere			
Energimåler, ultralyd (varme eller kjøling)	900 kr – 2 000 kr	1 500 kr – 2 500 kr	2000 kr – 3 500 kr
Vannmåler, vingehjul	200 kr – 500 kr	700 kr – 1 500 kr	1200 kr – 3 500 kr
Vannmåler, ultralyd	900 kr – 2 000 kr	1 500 kr – 2 500 kr	2000 kr – 3 500 kr
Radiatormålere, per radiator	200 kr – 400 kr	200 kr – 400 kr	200 kr – 400 kr
Radiatormålere, per leilighet (3-5 stk)	600 kr – 2 000 kr	600 kr – 2 000 kr	600 kr – 2 000 kr

Kostnadene for innsamlingsutstyret er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Installasjonskostnader innsamlingsutstyr

Utstyr	Kostnadsvariasjoner	Kommentar
M-bus kabling, nybygg	2-3 kr per meter ⁴	Kun aktuelt for nybygg
Totale kostnader for sentral innsamlingsenhet inkl. installasjon	5 000 kr – 100 000 kr (normalt 7 000 kr – 20 000 kr)	Store variasjoner, svært avhengig av byggets størrelse, antall målepunkt, utforming osv.
Hver leilighets andel av kostnadene knyttet til måleravlesningsutstyr	150 kr – 800 kr	Per leilighet

Leilighetssentraler

Flere av fjernvarmeselskapene forutsetter egen veksler i hver leilighet, for å kunne tilby individuell måling. Kostnaden for leilighetssentralen er typisk i størrelsesorden 12 000 kr – 20 000 kr.

5.1.1 Kostnadseksempler

Vi har satt opp 8 kostnadseksempler for fullstendige løsninger for individuell måling. Selv om individuell måling av kjøling og individuell måling i næringsbygg er lite utbredt i dag er det tatt med ett kostnadseksempel også for dette (eksempel 8).

Nr	Type bygg	Måling av varme	Måling av varmtvann	Måling av kjøling	Investering per leilighet/seksjon
1	Nybygg, boligblokk, Kablet M-bus	Energimåler (ultralyd)	Vingehjuls-måler	-	2 900 kr – 4 500 kr
2	Nybygg, boligblokk, trådløs	Energimåler (ultralyd)	Vingehjuls-måler	-	2 700 kr – 3 900 kr
3	Nybygg, boligblokk, trådløs	Energimåler (ultralyd)	Vingehjuls-måler	Energimåler (ultralyd)	3 900 kr – 6000 kr
4	Nybygg, boligblokk, trådløs	-	Vingehjuls-måler	-	1 500 kr – 2 500 kr
5	Nybygg, boligblokk, trådløs	Felles måling av varme og varmtvann med energimåler		-	1 900 kr – 3 000 kr
6	Eksisterende bygg, boligblokk, trådløs	Energimåler (ultralyd)	Vingehjuls-måler	-	4000 kr – 5 500 kr
7	Eksisterende bygg, boligblokk, trådløs	Radiator-målere	Vingehjuls-måler	-	3 500 kr – 4 600 kr
8	Nybygg, kontorbygg, trådløs	Energimåler (ultralyd)	-	Energimåler (ultralyd)	8 000 kr – 17 000 kr ⁵

⁴ Kostnad kun basert på én leverandørs anslag

⁵ Målerkostnaden avhenger av hvor store arealer, og dermed vannmengde, som måles. Dette varierer mer mellom kontorbygg enn i leiligheter. Det er her lagt til grunn 2500 kr per energimåler for henholdsvis varme og kjøling.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn:

- Leilighetsbygget består av 40 leiligheter, med et snitt på 4 radiatorer per leilighet
- Byggene har fjernvarme til varme og romoppvarming, med måler for totalt fjernvarmebruk
- I tillegg til de individuelle målerne installeres en hovedmåler på varmekursen, slik at man kan skille mellom felles energibruk og energibruken i boenhetene/næringsseksjonene. For nybygg forutsettes det at denne er installert (krav i TEK). For eksisterende bygg er kostnader for denne tatt med. Dersom bygget ikke har fjernvarme tilkommer kostnad for hovedmåler for tappevann.
- For leilighetsbyggene er det *kun ett* rørintak til hver leilighet for henholdsvis varme og varmt tappevann (dersom det er flere inntak øker kostnadene).
- I tilfellet med etterinstallasjon av energi- og vannmålere er det forutsatt god tilkomst til rør, og tilstrekkelig plass til å installere målere.
- Det er tatt med utstyr for fjernavlesning av måledata i alle tilfellene.
- I leiligheter med kjøling er det forutsatt 1 kjølemåler i hver leilighet.
- I kontorbygg med kjøling er det forutsatt 1 varmemåler og 1 kjølemåler per næringsseksjon (1 ventilasjonsanlegg med kjølebatteri per etasje/seksjon). Det er forutsatt 4 seksjoner som mottar hver sin faktura.

5.1.2 Utstyr på avbetaling

I tillegg til det tradisjonelle grensesnittet hvor bygget eier sitt eget måleutstyr, er det flere av aktørene som nå tilbyr nye prismodeller hvor kunden ikke behøver å ta hele installasjonskostnaden, men kan betale ned på utstyret over en periode. På denne måten slipper dagens beboere en større investering i forkant, på et anlegg som skal være i drift i mange år, og betaler kun for utstyret i den perioden de bor i bygget. Det sikrer også at utstyret vedlikeholdes og man har i praksis en garanti som varer ut perioden. Man kan når som helst kjøpe ut utstyret dersom man ønsker å skifte leverandør. Løsningen velges i særlig grad hos de som har hatt måleutstyr i 10 år og skal bytte målere.

Leverandørene som tilbyr dette operere med en månedskostnad på ca. 90-110 kr eks mva. Av dette anslås det at ca. 40 % skal dekke måle- og avregningstjenesten, og 60 % skal dekke utstyr/ fortjeneste.

5.2 Løpende utgifter

I tillegg til installasjonskostnaden kommer driftskostnadene for innsamling av data, fordeling av energikostnader, avregning og fakturering. Det er kun sett på driftskostnader ved fjernavleste systemer, ettersom det i all hovedsak er dette som installeres i dag. Kostnaden avhenger blant annet av hyppigheten på avregningen/faktureringen. Det vanligste i dag er årlig avregning og fakturering, men noen tilbyr også månedlig. Tidligere var det vanlig at driftskostnaden var avhengig av antall målepunkt, men i dag er normalt kostnaden uavhengig av dette. Det vil si at driftskostnadene ikke er lavere om man kun måler varme eller varmtvann, enn om man måler begge deler.

Ettersom man regner levetiden for alle systemene til det samme (10 år), forutsatt at utstyret er tilrettelagt for fjernavlesning, kan man følgelig se på driftskostnadene uavhengig av valgt teknologi.

Vedlikehold

Når det gjelder vedlikehold av målerne, er det normalt minimalt som kreves når de først er installert. Leverandører som har ansvar for faktureringen er avhengig av at målerne fungerer og gir pålitelige

målinger, samt varsler ved feil og avvik. Det er likevel forskjell på i hvilken grad leverandørene følger opp og kvalitetssikrer målingene, og det kunne med fordel vært regulert.

Den vanligste løsningen er at en leverandør samler inn måledataene og setter opp et fordelingsregnskap. Noen av leverandørene legger også ut for totale energikostnader og fakturerer kundene. Andre sender fordelingsgrunnlaget til en forretningsfører som foretar avregning/ fakturering. I sistnevnte tilfelle tar forretningsføreren gjerne et eget påslag per leilighet per år for den individuelle avregningen/ faktureringen. I det følgende er det beskrevet tre løsninger for driftstjeneste, med tilhørende kostnader.

5.2.1 Ulike aktører står for måletjenesten og faktureringen

I tilfellet hvor en deler opp kostnadene for tjenesten utgjør kostnaden til målerleverandøren fra ca. 250 kr per leilighet per år for årlig avregning, og 600-700 kr per leilighet for kvartalsvis avregning. Kunden får tilgang på en kundeportal, med måledata på døgnbasis som oppdateres ukentlig. Forretningsførers påslag varierer, men er vanligvis i størrelsesorden 200-300 kr eks mva. per leilighet per år for årlig avregning.

Kostnadspost	Hyppighet avregning	Årlig kostnad per fakturamottaker
Leverandør av måletjenesten	Årlig	250-300 kr
Forretningsførers påslag	Årlig	200-300 kr
Totalt	Årlig	450-600 kr

5.2.2 Samme aktør står for måletjenesten og faktureringen

Flere aktører har begynt å tilby hele tjenesten med måleravlesning, kvalitetssikring, fordeling og fakturering, som et helhetlig produkt til en fast månedspris. Det kan for eksempel være et boligbyggerlag eller fjernvarmeselskap, som inngår et samarbeid med en leverandør av måletjenesten. Da legges det også ut for totale energikostnader. Denne løsningen kan være en fordel for nyetablerte sameier som på denne måten får bedre likviditet.

Kostnadspost	Hyppighet avregning	Årlig kostnad per fakturamottaker
Leverandør av måle- og fakturerings-tjenesten	Månedlig	550-1000 kr (for bolig, næring ca. 25 % mer)
Totalt	Månedlig	550-1000 kr

5.2.3 Samme aktør står for måletjenesten og faktureringen, samt installasjonskostnader på avbetaling

Dersom man har valgt en løsning hvor installasjon og drift av målerne inngår, betaler man også ned på utstyret i de løpende kostnadene. Da har man i praksis også en vedlikeholdsavtale med garanti i den perioden avtalen løper, som normalt er 10 år. Typisk ligger denne kostnaden på ca. 90-110 kr per måned. Månedsprisen inkluderer prosjektering, installasjon, utstyr og drift av dette, samt innsamling av data, fordeling av faktisk energibruk og fakturering av sluttkunden.

Kostnadspost	Hyppighet avregning	Årlig kostnad per fakturamottaker
Leverandør av utstyr, måle- og fakturerings-tjenesten	Månedlig	1000-1300 kr (over 10 år)
Totalt	Månedlig	1000-1300 kr

5.3 Kostnadsnivå i Norge sammenlignet med andre land

Kostnadsnivået for utstyr (hardware), programvare (software) og tjenester er ikke spesielt særnorsk. Mange av de aktive aktørene i Norge er en del av europeiske systemer, og flere av dem jobber med delte internasjonale driftsplattformer (sky-løsninger) og deler på sentrale tjenestesentre i Europa. Det er med på å redusere kostnadene. Installasjon, service og support blir markedstilpasset det enkelte lands kostnadsnivåer på lønn osv. og vil derfor variere.

Når det gjelder prisutvikling vil det antageligvis bli prisendringer på utstyr. Priser på tjenester justerer seg i takt med økt volum og større konkurranse. Leverandørene oppgir at prisene både på utstyr og tjenestene har sunket ganske mye de siste 15 årene, anslagsvis 25-30 %. Spesielt har pris på radiatormålere sunket mye (Iversen, 2019).

6 Inntektssiden - energisparing

6.1 Hvordan påvirke energibruket til varme og kjøling?

En forutsetning for individuell måling er at bygget tillater brukeren å kontrollere dette. Sluttbrukeren kan primært kontrollere egen energibruk gjennom å åpne/lukke vinduer (kontrollere ventilasjonen), heve/senke romtemperaturen, og å regulere hyppighet, varighet og temperatur ved dusjing.

De fleste er enige i at man har stor påvirkningskraft når det gjelder bruk av varmt tappevann. Det varierer i liten grad med bygningsmessig standard og klimatiske forhold. Likevel kan fellesbruket til varmetap i felles rør, som sirkulasjonsledning, som den enkelte ikke kan påvirke, utgjøre en betydelig andel av kostnadene.

Når det gjelder energibruk til romoppvarming er det litt mer komplisert. Det isoleres sjeldent mellom etasjene i et bygg, og varmen vandrer dermed til en viss grad mellom leiligheter. Når det gjelder ventilasjonsbesparelser, så må dette ikke gå utover et godt inn klima for brukere og bygget.

Det er ikke effekttariffer på fjernvarme for privathusholdninger i dag, men det er forventet å komme. Det er begrenset i hvilken grad brukerne kan redusere varmeeffektbruken i sine leiligheter i dag. Det er mulig å redusere effekttoppene for romoppvarming noe, ved å kutte eventuell nattsinking. Da vil man bruke noe mer energi, men med effekttariffer kan kanskje besparelsene bli større. Det er trolig ikke snakk om store besparelser i nye velisolerte bygg.

Dersom man skal redusere effekttoppene knyttet til tappevannsoppvarming er det først og fremst akkumulering som er aktuelt, men det gjøres primært på bygningsnivå. For eksempel ser noen leverandører på tidsstyring av elbillading og sentral oppvarming av varmt tappevann, for å unngå at de driftes samtidig. Det vil igjen kunne gi reduserte effekttopper og kostnader. Sluttbrukerne kan påvirke tidspunkt for dusjing og eventuelt kjøring av vaskemaskiner eller oppvaskmaskiner som er knyttet til felles varmtvannsanlegg.

6.2 Forhold som påvirker energisparende adferd

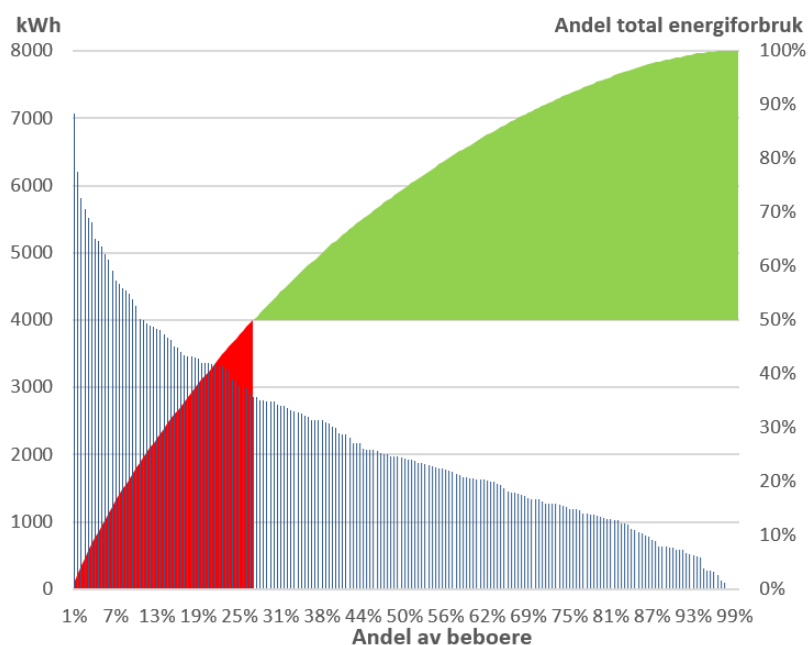
Hva er det så som styrer adferden vår med tanke på energibruk? Når fyringsutgifter er inkludert i den ordinære husleien kan det oppfattes som at man får noe gratis, som det er fritt frem å benytte seg av. Det kan føre til overbruk hos enkelte. En ikke uvanlig situasjon i et boligbygg er at 20-25 % av beboerne står for 50 % av forbruket, som vist i Figur 9. Rettferdighetsprinsippet er for mange den viktigste motivasjonen for å innføre individuell måling og avregning (Boverket, 2015).

Videre påvirkes adferden vår av energiprisene. Folk blir mer sparsomme når strømmen, og dermed fjernvarmen, blir dyrere. Det antas også at besparelsene avhenger av hvor direkte, konkret og hyppig tilbakemeldingene på energibruken kommer (Interconsult, 2001). Motivasjonen til adferdsendring er større når faktureringen skjer hyppigere, ettersom man i større grad kan følge utviklingen i energiprisene.

Man kan også tenke seg at fordelingsnøkkelen i fordelingsregnskapet kan påvirke motivasjonen for energibesparelse. Andelen av de totale fyringskostnadene som fordeles etter målt energibruk bør ikke være for lav. Man blir mer motivert når man ser at adferdsendringen gir uttelling i form av redusert energiregning. For andre er det miljømessige hensyn, fremfor kostnadsbesparelsene, som styrer adferden.

Til slutt kan også sosio-økonomiske forhold påvirke energiadferd, som for eksempel inntekt (Empirica GmbH - Communication and Technology Research, 2016).

Disse betraktningene er imidlertid vanskelig å bekrefte tallmessig, da de er basert på adferd og psykologiske faktorer.



Figur 9 Sammenstilling av individuelt energibruk hos beboere som har individuell måling av varme. Kun et mindretall av beboerne står for en stor andel av energibruken. Tilsvarende %-vise tall finnes også for tappevannsforbruk (Kilde: BKK Energitjenester).

6.3 Hvor mye kan man spare?

Hvor mye energi kan man spare på bevisstgjøring og endring av adferd? I Håndbok for Oslo kommunes Klima- og Energifond står det at man erfaringsmessig kan spare 5 % av netto energi til romoppvarming per grad man senker temperaturen. Tilsvarende nøkkeltall på besparelse finner vi blant annet i en finsk rapport fra 2017 (VTT Technical Research Centre of Finland, 2017).

I Sverige er det gjort teoretiske beregninger av energibesparelsen ved å senke innnetemperaturen med 1-2°C, og beregnet besparelser på 3-22 kWh/m² (omregnet til 9-16 % reduksjon i varmeenergi) (Boverket, 2018). Det forutsetter at alle beboerne i snitt senker temperaturen med 2°C fra en utgangstemperatur på 23°C. Det er ikke tatt hensyn til ventilasjonsbesparelse/redusert vindusutlufting.

Erfaringer fra bygg hvor individuell måling er installert, viser at man i boligblokker har store individuelle variasjoner i energibruk, og at et fåtall av beboerne kan stå for en stor andel av energibruken. Effekten av individuell måling viser seg gjerne ikke det første året (ved årlig avregning), men heller det neste, når folk begynner å sammenligne seg med hverandre. Det er også interessant å se på om energibesparelsen holder seg over flere år, eller om den går opp igjen når beboerne skiftes ut.

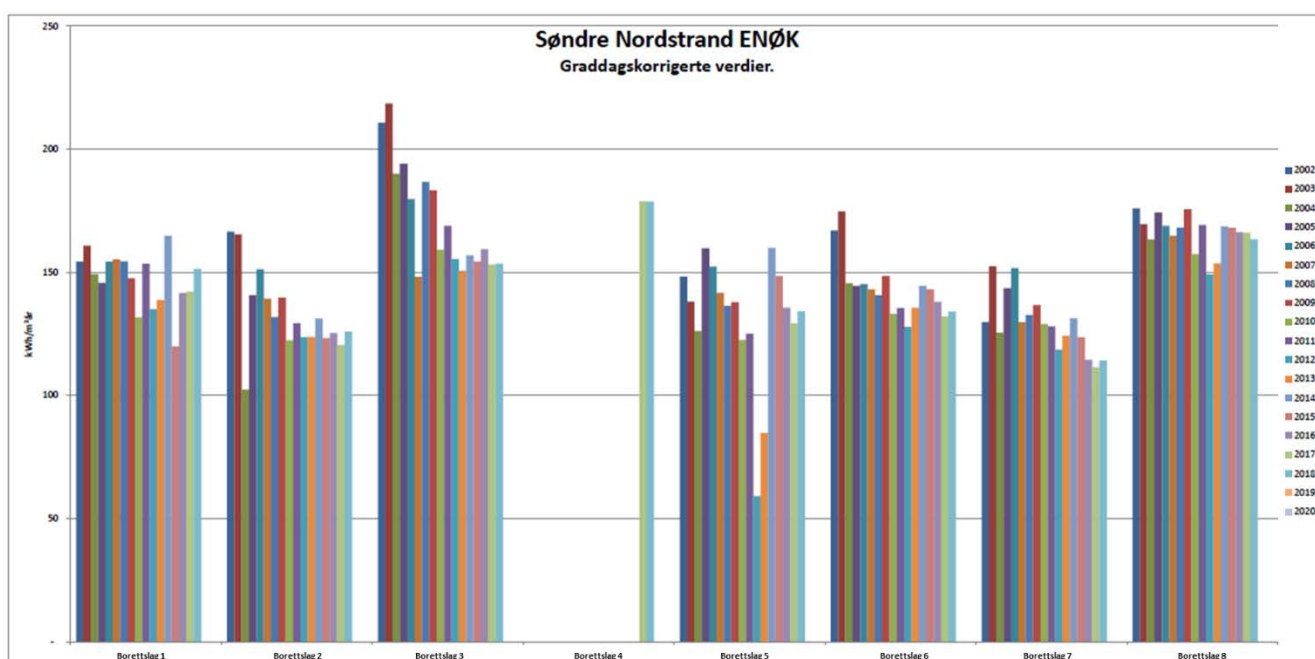
Det er interessant å se på dokumentert besparelse fra reelle prosjekter hvor individuell måling er installert. Utfordringene med å dokumentere besparelse er å skille ut de adferdsendringene som skyldes innføring av individuell måling, fra andre forhold som f.eks. endring av beboersammensetningen, endrede energipriser, klimatiske forhold, andre energieffektiviseringstiltak, overgang til elektrisk varme i noen leiligheter osv.

Besparelsen oppgis ofte som prosentvis besparelse av utgangsbruken. Slike tall er ikke direkte overførbare til bygg med annen bygningsstandard og andre klimasoner. De teoretiske beregningene antyder at man oppnår størst prosentvis besparelse i bygg med lavere bygningsstandard/kaldt klima og derfor høyt varmebruk. Imidlertid forekommer også overbruk i form av stor vindusutlufting og stort tappevannsforbruk i velisolerte bygg. For eksempel viser undersøkelser at energibruket i norske passivhus er 10-30 % høyere enn forventet. Det skyldes trolig at de som kjøper lavenergihus har høye forventninger til komfort, og forventer en høy stabil temperatur i alle rom (Teknisk ukeblad, 2016). Det er med andre ord potensiale for energisparing også i lavenergiboliger.

6.3.1 Erfaringer fra Norge

Det er gjort enkelte undersøkelser i Norge på individuell måling av varme og varmtvann, men få systematiske og dokumenterte studier. Det er ikke funnet noe dokumentasjon på besparelse av energibruk til kjøling, som følge av individuell måling, og det er heller ikke funnet dokumentasjon på effektbesparelse. I undersøkelsene som er omtalt her er alle tall på besparelser graddagskorrigert for å hensynta variasjoner i utetemperatur, med mindre noe annet er spesifisert.

Beskrivelse	Energibesparelse
Ista har fulgt opp energibruket i De Nye Grønlandskvartalene i Oslo før og etter installasjon individuell måling. I 2014 ble det installert målere for varme og varmtvann i et bygg. Bygget (bygg 12) er sammenlignet med 3 identiske bygg fra samme byggeår (2007) uten individuell måling. Det er dermed korrigert for klimatiske forhold.	14,8 % (varme) og 15,4 % (varmtvann) etter 1.år
Et annet eksempel er fra Søndre Nordstrand i Oslo. 7 borettslag fra 80-tallet har installert individuell måling og avregning av varme og varmtvann, og fulgt opp energibruket fra 2002 og frem til i dag. Resultater er vist i Figur 10 (Kristiseter, 2019).	Ca. 20 % (varme og varmtvann) 18 % (kun varmtvann)
TOBB gjennomførte individuell måling av varme og varmt tappevann i Ustmyra borettslag i Trondheim i 2005-07. Det ble samtidig gjennomført en del rehabiliteringstiltak. Det var forventet 10 % besparelse som følge av måling og 30 % som følge av bygningsmessige tiltak. Totalt oppnådde de 33 %, selv om det er usikkert hvor mye av besparelsen som skyldes måling (Skippervik, 2019).	Antatt ca. 5-10 % (varme og varmtvann)
Byggforsk skriver i rapporten «Energiforbruk og varmekostnader i boliger» at deres undersøkelser viser at <i>energibruk i anlegg uten felles avregning ligger betydelig over tilsvarende anlegg med individuell avregning, 20-25 % høyere (Byggforsk, 1990).</i>	20-25 % (varme og varmtvann)
BKK Energitjenester har sett på besparelser i sameiet Steinvikshagen fra 2008 til ca. 2014. Det ble innført individuell måling av varme og varmtvann i 2008. Av enøktiltak er det kun isolering av garasjeanlegg i 2010 som er gjennomført i perioden. Energibruken sank med 10 % det første året og stabiliserte seg på 19 % av 2008-bruken de tre siste årene av perioden som ble undersøkt.	19 % (varme og varmtvann)
Ista har sett på oljeforbruket til 16 boligblokker med oljefyring i Oslo 4 år før og henholdsvis 4 år og 8 år etter installasjon av individuell måling. Gjennomsnittlig besparelse var 21 % etter 4 år og 32,2 % etter 8 år. Det er noe usikkert om tallene er graddagskorrigert.	Snitt 32,2 % (varme og varmtvann)



Figur 10 Reduksjon i varme og varmtvannsforbruk etter installasjon av individuell måling for 7 borettslag på Søndre Nordstrand i Oslo. Borettslag 4 har ikke individuell måling og er tatt med for å sammenligne

6.3.2 Erfaringer fra andre land

Det er gjort en rekke studier av besparelse knyttet til individuell måling i ulike europeiske land, men mange begynner å bli noen år gamle. Et utvalg er av dem er beskrevet nedenfor.

Beskrivelse	Energibesparelse
“European evidence base”. Denne baserer seg på en analyse av 22 studier av besparelser oppnådd i eldre boligbygg (ca. 1977), med klima tilsvarende vestlig Sentral-Europa. Besparelsene tilsvarer senkning av romtemperatur med 1,1°C og en reduksjon på 0,25 luftutskiftninger per time i snitt, som tilsvarer 20 % reduksjon i varmebruk for denne bygningsmassen. For varmt tappevann er 13 studier analysert og tilsvarende er 20 % besparelse funnet, eller 3,4m ³ per år og leilighet + 1,9m ³ per år og person. Ytterligere 3-6 % besparelse antas for beboere som fikk informasjon om energibruken underveis (Empirica GmbH - Communication and Technology Research, 2016).	20-26 % (varme og varmtvann)
En polsk rapport fra 2015 har fulgt et to-delt boligbygg oppført i 1991 med 40 leiligheter over 17 fyringssesonger, hvor det er installert radiatormålere i den ene halvparten av bygget. Rapporten konkluderer med at individuell måling med radiatormålere har gitt en gjennomsnittlig reduksjon på 26,6 % sammenlignet med leiligheter hvor varmekostnadene fordeles etter boareal (Cholewa, 2015).	26,6 % (varme)
Av de mest kjente studiene er Felsmann-studien fra Tyskland, publisert i 2013. Data fra 3,3 millioner tyske leiligheter er analysert, og konklusjon var at jo nyere og bedre isolert bygget var, jo høyere innetemperatur hadde man. Individuell måling var derfor beskrevet som et viktig tiltak for å realisere potensialet for energibesparelse som lavenergibygger har lagt til rette for, i tillegg til at det sikrer rettferdig fordeling. Besparelser på ca. 20 % kan oppnås, og endringen i energibruk er permanent (Felsmann, Schmidt, & Mróz, 2013). I samme studie er det vist en oversikt over dokumentert besparelse fra europeiske land (se vedlegg).	20 % (varme)
I Sverige er det gjort flere utredninger om kostnadseffektiviteten ved individuell måling i perioden 2014- 2018. I den forbindelse er det også gjort litteraturstudier på dokumentert besparelse i Sverige. Oversikt over studiene er vist i vedlegget. De nyeste studiene fra 2008 viser besparelser i området 15-20 % (Boverket, 2014).	Ca. 15 % (varme) Ca. 15-20 % (varmtvann)
Interconsult skriver i sin rapport fra 2001; <i>totalt sett viser danske undersøkelser at det kan oppnås besparelser på mellom 15 og 30 %</i> (Interconsult, 2001).	Ca. 15-30 % (varme og varmtvann)

Relevans for Norge?

I hvilken grad er erfaringer fra Tyskland, Sverige, Polen og Danmark sammenlignbare med norske forhold? For eksempel har disse landene et annet klima, andre energipriser, lovgiving og noe ulik bygningsstandard. I tillegg spiller lokale vaner og holdninger inn.

Danske og svenske bygningsstandarder, historiske krav og alderssammensetning er ikke svært ulike de norske. Norske og svenske energipriser har tradisjonelt vært lavere enn for andre land, som man forventer kunne gitt lavere besparelser. På den andre siden har Norge kaldere klima enn for eksempel Danmark, Tyskland og Polen, som vil kunne gi økte besparelser på oppvarming.

Ettersom effekten av noen av disse forholdene opphever hverandre, og vi snakker om relative besparelser, antas det de ikke påvirker besparelspotensialet nevneverdig (Interconsult, 2001). Generelt tyder de norske erfaringene på at potensialet for besparelse ikke skiller seg vesentlig fra erfaringer fra andre land.

7 Lønnsomhetsberegninger

Det er gjort lønnsomhetsberegninger med følsomhetsanalyse for to tilfeller av individuell måling av varme og varmt tappevann i boligbygg. Det ene er for en leilighet i et nybygg med energimåler, og det andre er for en leilighet i et eksisterende bygg med radiatormålere. Begge leilighetene har også varmtvannsmåler.

Et stort usikkerhetsmoment er hvor mye energi til varme og varmt tappevann som spares som et resultat av individuell måling og avregning. Også installasjons- og driftskostnadene varierer, basert på byggets standard og utforming, byggherrens spesifikasjoner av måleprinsipp og innsamlingssystem og valgt innkjøpsmodell. Til slutt kommer energiprisen, samt VA-avgiften som varierer mellom kommuner, noe som også påvirker resultatet. I prinsippet vil all inndata til kalkylen kunne variere, slik at antall mulige investeringskalkyler er mange. Det gjør at det kreves et stort antall beregninger for å få frem et godt resultat, og flere ulike følsomhetsanalyser enn de som er gjort her bør gjennomføres.

7.1 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i beregningene:

Forutsetninger	Leilighet 1	Leilighet 2
Type bygg	Boligblokk, nybygg	Boligblokk, eldre bygg
Løsning for individuell måling	Energimåler for varmemåling Vingehjulsmåler for varmtvann Trådløs innsamling	Radiatormålere for varmemåling Vingehjulsmåler for varmtvann Trådløs innsamling
Energibruk til varme og varmtvann [kWh/m ² per år]	60 kWh/m ² per år (tilsvarer ca. TEK17) (Varme: 30 kWh/m ² per år Varmt tappevann: 30 kWh/m ² per år)	127 kWh/m ² per år (tilsvarer normtall eldre bygg, Sør-Norge innland) (Varme: 97 kWh/m ² per år Varmt tappevann: 30 kWh/m ² per år)
Installasjonskostnader per leilighet [kr]	3 200 kr	4 000 kr

Øvrige forutsetninger som er like for de to tilfellene er:

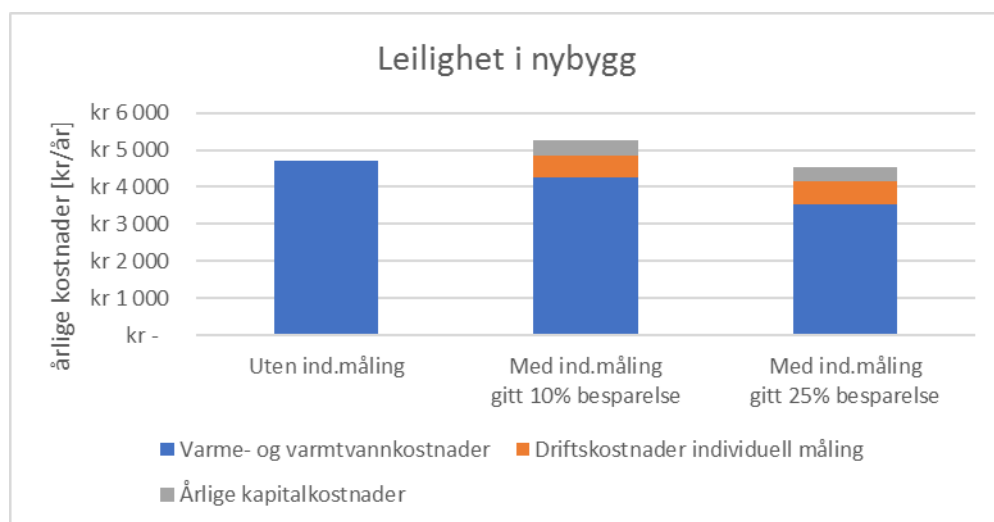
Forutsetninger	Verdi	Kommentar
Leilighetsareal [m ²]	70	Her antatt en 3-roms leilighet, med to beboere
Vannforbruk VV [m ³ per m ² per år]	0,6	13-32 m ³ per person per år (Boverket, 2014)
Vannkostnad [kr per m ³ per år]	Kr 29	VA-kostnad for Oslo
Fjernvarmepris [kr/kWh]	Kr 0,83	Fortum snitt for boliger 2018
Driftskostnad måling og fakturering [kr per leilighet per år]	kr 600	Forutsatt månedlig fakturering
Kalkylerente [%]	4 %	Iht. retningslinjer til EEDs artikkel 9-11 (Empirica GmbH - Communication and Technology Research, 2016)
Levetid [år]	10	I tråd med retningslinjer til EED og leverandørens anbefalinger.

Det er forutsatt samme besparelse for varme og varmtvann, og det er lagt til grunn besparelser på mellom 10 % og 25 %.

7.2 Beregninger

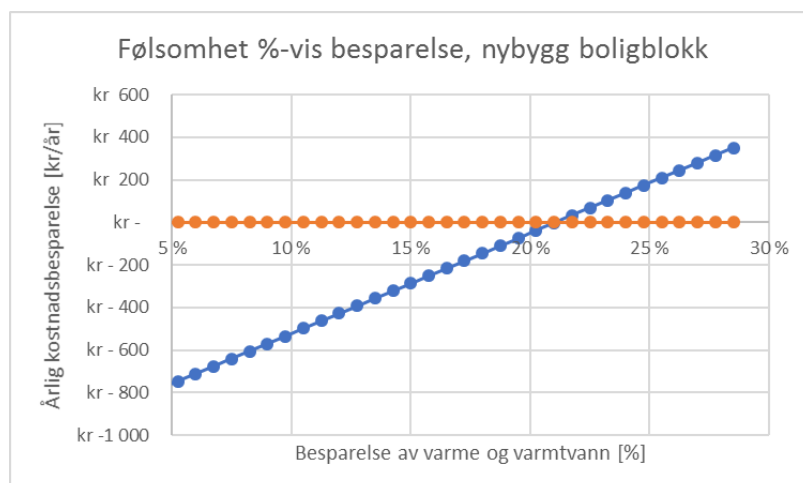
7.2.1 Leilighet 1 – nybygg (TEK17)

Figur 11 viser årlige kostnader (varme og varmtvann) for en leilighet tilsvarende *uten* installasjon av individuell måling, og for samme leilighet *med* installasjon, fordelt på energi- og vannkostnader, kapitalkostnader og driftskostnader for måling og månedlig avregning. Dersom man oppnår kun 10 % energibesparelse gir det økte årlige kostnader knyttet til varme og varmtvann. Oppnår man i stedet 25 % energibesparelse reduseres de årlige kostnadene.



Figur 11 Årlige kostnader for fjernvarme og vann til varmt forbruksvann, leilighet i nybygg

Ettersom energibesparelsen er usikker, er det interessant å se på hvor stor den må være for å overstige summen av årlige kapitalkostnader og driftskostnader for målesystemet. Dette er vist i Figur 12. Krysningspunktet mellom den blå og den oransje linjen viser grensen for lønnsomhet. For lønnsomhet i dette tilfellet kreves en energibesparelse på ca. 21 %.



Figur 12 Følsomhetsvurdering for prosentvis energibesparelse av varme og varmtvann for nybygg, boligblokk. Blå linje viser hvordan årlig kostnadsbesparelse avhenger av prosentvis energibesparelse, og oransje linje viser grensen for lønnsomhet

Felles måling av varme og varmtvann

For nybygg er det også interessant å se på lønnsomheten dersom installasjonskostnadene reduseres som følge av at man tillater *felles måling av varme og varmt tappevann*, gitt at byggets rørtekniske

forhold tillater dette. Ved å reduseres investeringskostnaden til 2500 kr, kreves en årlig energibesparelse (varme og varmtvann) på ca. 19 %.

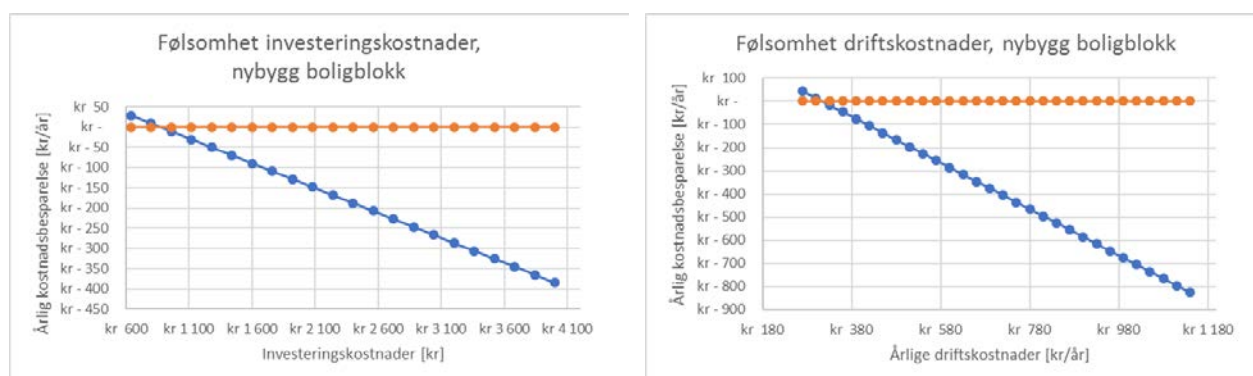
Kun måling av varmt tappevann

Det er også sett på et tilfelle der man *kun* installerer varmtvannsmåler, ettersom energibruket til varme er så lavt. Her er investeringskostnaden redusert til 1800 kr. Imidlertid reduseres ikke driftskostnadene, da disse er tilnærmet uavhengig av antall målepunkt. Dersom kun tappevannsbesparelsen skal tilsvare investerings- og driftskostnadene ved måling, krever det en reduksjon i tappevannsbruk på 28 %.

Følsomhetsvurderinger

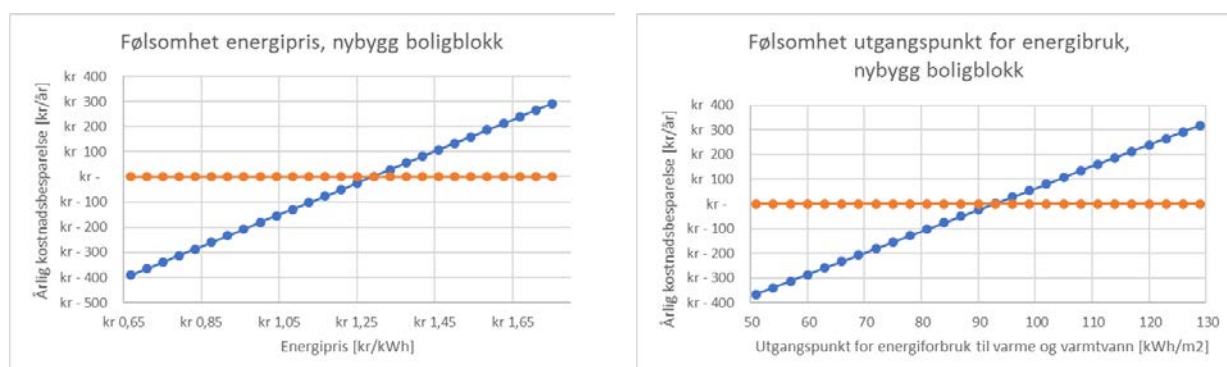
I de øvrige følsomhetsanalysene er det forutsatt installasjon av både energimåler for varme og varmtvannsmåler, og besparelse av varme og varmtvann satt til 15 %.

Figur 13 viser at investerings- og driftskostnader må være vesentlig lavere enn de er i dag for å gi lønnsomhet, henholdsvis 960 kr i investering og 330 kr per år. Da er det forutsatt 15 % energibesparelse, med 60 kWh/m² som utgangspunkt (varme og varmtvann).



Figur 13 Følsomhetsvurderinger for investerings- og driftskostnader for leilighet i nybygg. Blå linje viser hvordan årlig kostnadsbesparelse avhenger av henholdsvis investerings- og driftskostnad, og oransje linje viser grensen for lønnsomhet.

Det er også sett på endring i energipris, som i utgangspunktet er satt til kr 0,83. Denne må over kr 1,29 for å gi lønnsomhet for dette tilfellet, se Figur 14 til venstre.

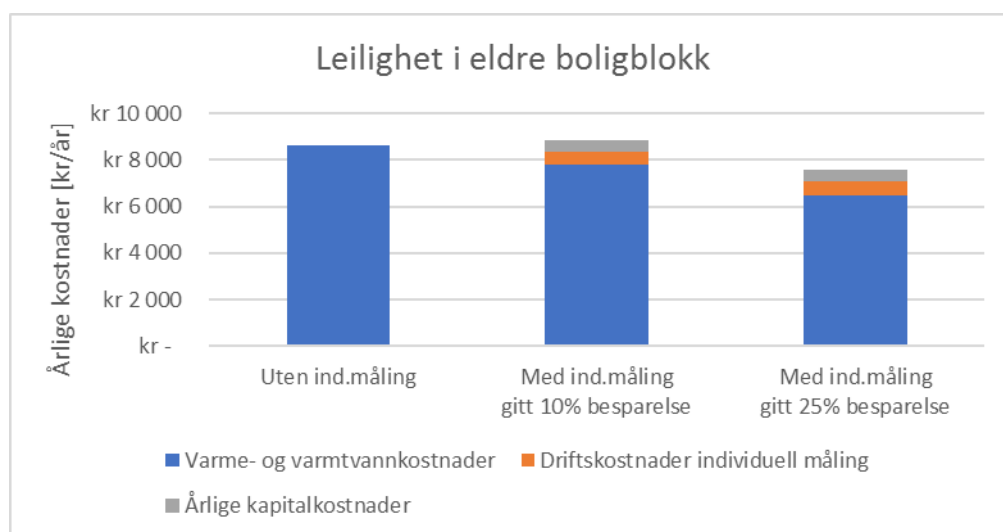


Figur 14 Følsomhetsvurderinger for endringer i energipris (t.v.) og utgangspunkt for energibruk til varme og varmtvann (t.h.) for leilighet i nybygg. Blå linje viser hvordan årlig kostnadsbesparelse avhenger av henholdsvis energipris og utgangspunkt for energibruk, og oransje linje viser grensen for lønnsomhet

Erfaringer viser at mange nybygg i realiteten får et høyere energibruk enn beregnet (som her er totalt 60 kWh/m² for varme og varmt tappevann). Derfor er det også sett på følsomhet i energibruk, til høyre i Figur 14. Dersom leiligheten (uten individuell måling) bruker over ca. 93 kWh/m² på varme og varmtvann, vil investeringen være lønnsom ved 15 % energibesparelse.

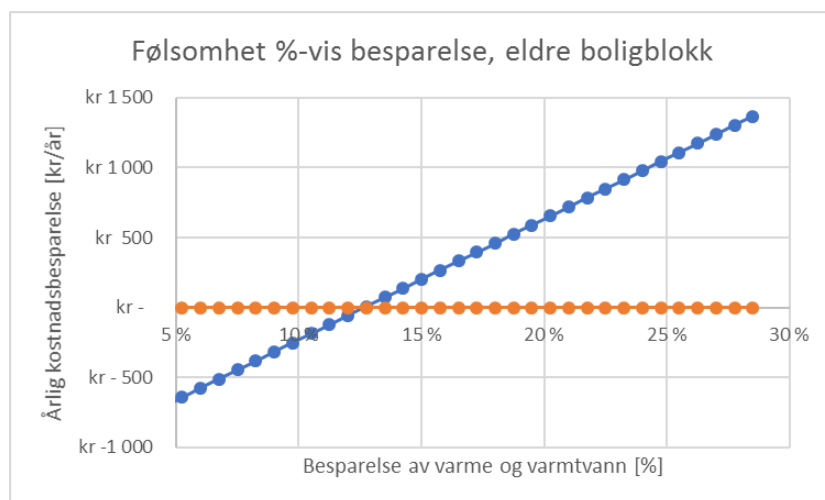
7.2.2 Leilighet 2 – eldre boligblokk

Videre er det gjort tilsvarende beregninger for en leilighet i en eldre boligblokk, med høyere energibruk og investeringskostnader enn for nybygget. Figur 15 viser årlige kostnader (varme- og varmtvann) for leiligheten uten og med installasjon av individuell måling, fordelt på energi- og vannkostnader, kapitalkostnader og driftskostnader for måling og månedlig avregning. For denne leiligheten ser man at med 10 % energibesparelse medfører installasjonen marginalt økte årlige kostnader, mens med 25 % energibesparelse reduseres de årlige kostnadene.



Figur 15 Årlige kostnader for fjernvarme og vann til varmt forbruksvann, eldre leilighet

I Figur 16 er det vist hvordan den prosentvise energibesparelsen som legges til grunn påvirker resultatet. Krysningpunktet mellom den blå og den oransje linjen viser grensen for lønnsomhet. For å få lønnsomhet kreves en energibesparelse på ca. 13 %. Dersom man oppnår en energibesparelse på 25 % vil man få en årlig kostnadsbesparelse på ca. 1 065 kr.

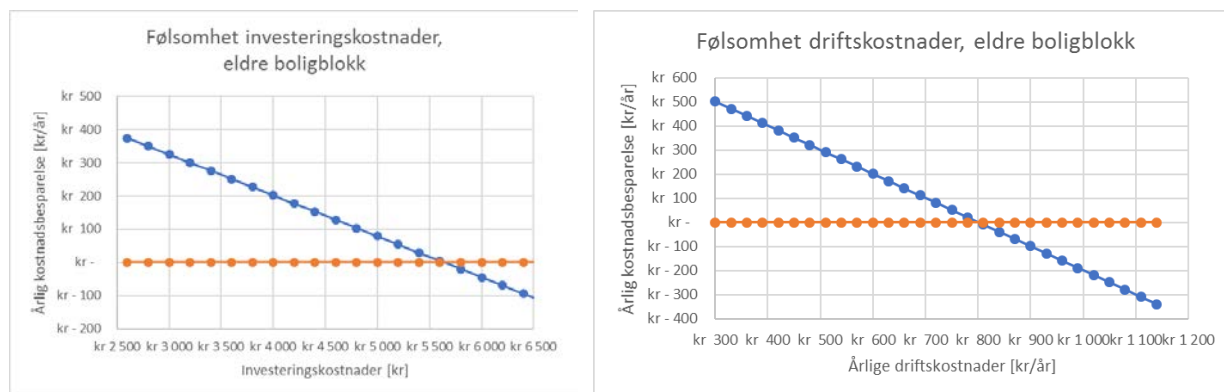


Figur 16 Følsomhetsvurdering for prosentvis besparelse for leilighet i eldre boligblokk. Blå linje viser hvordan årlig kostnadsbesparelse avhenger av prosentvis energibesparelse, og oransje linje viser grensen for lønnsomhet

Følsomhetsvurderinger

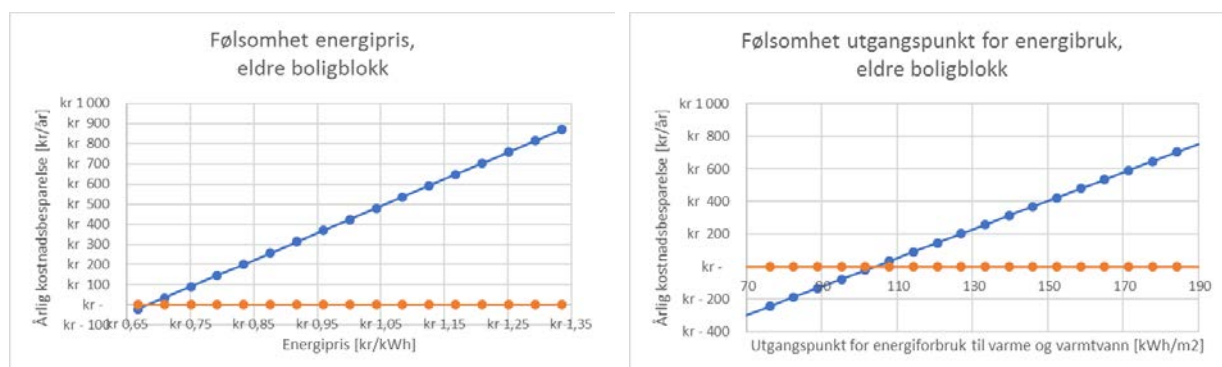
I de øvrige følsomhetsanalysene er det forutsatt installasjon av både radiatormålere for varme og varmtvannsmåler, og energibesparelse av varme og varmtvann satt til 15 %.

Med 15 % energibesparelse og dagens energipris, må investeringskostnadene være lavere enn 5 600 kr, eller driftskostnadene under 810 kr for å gi lønnsomhet, se Figur 17.



Figur 17 Følsomhetsvurdering for investerings- og driftskostnader for leilighet i eldre boligblokk. Blå linje viser hvordan årlig kostnadsbesparelse avhenger av henholdsvis investerings- og driftskostnad, og oransje linje viser grensen for lønnsomhet.

Det er også sett på endring i energipris, som i utgangspunktet er satt til kr 0,83 kr. Ved energipriser over kr 0,71 blir installasjonen lønnsom for dette tilfellet, se Figur 18.



Figur 18 Følsomhetsvurdering for endringer i energipris (t.v.) og utgangspunkt for energibruk til varme og varmtvann (t.h.) for leilighet i eldre boligblokk. Blå linje viser hvordan årlig kostnadsbesparelse avhenger av henholdsvis energipris og utgangspunkt for energibruk, og oransje linje viser grensen for lønnsomhet

Det er store variasjoner i energibruk til varme og varmtvann i eksisterende bygg. Derfor er det også sett på hvordan lønnsomheten påvirkes av opprinnelig energibruk, gitt at man oppnår energibesparelse på varme og varmtvann på 15 %. I utgangspunktet var det forutsatt 127 kWh/m² (varme og varmtvann). I dette tilfellet oppnås lønnsomhet helt ned mot et opprinnelig energibruk (varme og varmtvann) på 102 kWh/m².

8 Oppsummering

Individuell måling av energibruket gir kontroll på energibruket, rettferdig fordeling av kostnader og fører erfaringsvis til energibesparelser. Det krever installasjon av individuelle målere i bygg med felles oppvarming, kjøling, og varmtvannsforsyning, samt et system for å samle inn målinger og fordele kostnader. Basert på en gjennomgang av dokumentert lønnsomhet kan man trolig forvente energibesparelser i området 10-25 %.

Det vanligste måleutstyret i dag er energimålere med ultralydprinsipp for varme- og kjølemålere, radiatormålere i bygg med flere rørinntak per leilighet, og mekaniske vingehjulsmålere for fordeling av varmtvannskostnader. Det installeres enten kablet eller trådløs kommunikasjon fra energi- og vannmålerne til en sentral innsamlingsenhet i bygget. Det vanligste og mest kostnadseffektive i dag er at leverandøren samler inn data via fjernavlesning. Levetid for målere og innsamlingsutstyr oppgis til ca. 10 år.

En forutsetning for at målesystemet skal fungere er korrekt installasjon, slik at målingene blir nøyaktige og pålitelige. Det er viktig å ha en plan for hele målesystemet. Det etterlyses mer regulering for å unngå situasjoner der det spesifiseres målere, for eksempel av billigste type, uten at man har en plan for driften. Videre er det viktig at varmeanlegget vedlikeholdes, og at måledataene jevnlig kontrolleres. Det anbefales sterkt at det installeres såkalte «kontrollmålere» som måler total energibruk, og som også brukes til å beregne varmetap og fellesbruk.

En side-effekt med individuell måling er at man blir får fokus varmeanleggets prestasjon. Ved å måle individuell energibruk får man synliggjort andel energi som går med til fellesanlegget. Store avvik mellom målt total energibruk og summen av den individuelle energibruken kan være en utfordring for kundene å forstå, men det kan også gi motivasjon til å forbedre anleggene.

Kostnadsnivået i Norge er ikke spesielt særnorsk ifølge leverandørene, selv om installasjons- og servicekostnader varierer noe mellom landene. Innhenting av kostnader viser at for et komplett system for individuell måling av varme og varmtvann er investeringskostnad per leilighet i området 2 700 kr - 4 500 kr for nybygg, og 3 500 kr – 5 500 kr for eksisterende bygg. Det er forutsatt kun et rørinntak for varme og varmtvann der det installeres energi- og vannmålere. Ved flere rørinntak, vanskelig tilkomst til rør eller plassmangel vil kostnadene bli høyere. Alle kostnader er oppgitt eks mva.

Driftskostnadene avhenger av hyppighet på avregning, men ved månedlig avregning ligger det i området 550-1000 kr per år per leilighet, og noe mer for næringskunder. Det tilbys også leieavtaler over 10 år, hvor man betaler ned på installasjonskostnadene hver måned. Kostnaden for utstyr, drift og fakturering ligger da på ca. 1200 kr per leilighet per år.

Individuell måling i næringsbygg vil i mange tilfeller ikke være hensiktsmessig eller teknisk gjennomførbart. Kontorbygg og forretningsbygg kan være aktuelle for individuell måling, men ofte er ikke leietakerne bestemt ved tidspunktet for bygging, og arealfordelingen endrer seg hyppig. Det kompliserer oppsett for målerstruktur, og løsninger for individuell måling vil måtte skreddersys for hvert tilfelle.

Det er vist et eksempel på lønnsomhetsberegning for to leiligheter i henholdsvis et nybygg med energimålere, og en eldre boligblokk med radiatormålere, samt varmtvannsmåler for begge. Det er en rekke faktorer som spiller inn på resultatet og en slik beregning kan derfor ikke svare generelt på om

individuell måling er lønnsomt. Det er vist følsomhetsberegning for variasjoner i oppnådd energibesparelse, installasjons- og driftskostnader, energipriser og utgangspunkt for energibruk. Ettersom det kun er én faktor som endres per følsomhetsberegning, må også disse resultatene brukes med forsiktighet.

For nybygg viser regneeksempelet at investeringen blir lønnsom dersom energibesparelsene overstiger 21 %. For eldre bygg med høyt varmebruk viser regneeksempelet at investeringen blir lønnsom ved energibesparelser over 13 %. Det er forventet at driftskostnadene ved måle- og fakturerings-tjenesten vil gå noe ned fremover, samt at energiprisene vil stige, noe som vil kunne gjøre det lønnsomt også ved lavere energibesparelser.

For å redusere installasjonskostnadene i nybygg kan man vurdere å måle varme og varmtvann sammen i bygg hvor dette kan måles med samme måler (for eksempel i bygg med «trørørssystem»). Felles måling vil trolig ikke gi lavere energibesparelse enn om det måles separat. I regneeksempelet ble behovet for besparelse redusert til ca. 19 %.

Ettersom beregnet energibruk til oppvarming i lavenergibygget er så lavt, kunne et alternativ ha vært å kun installere måler for varmt tappevann for å redusere investeringskostnadene. Erfaringer tilsier at imidlertid at reelt energibruk til romoppvarming i lavenergibygget er høyere enn forventet. Dermed kan individuell måling av både varme og varmtvann i lavenergibygget bidra til å realisere et potensial som ellers vil forbli uforløst.

For å få et bedre bilde av den generelle lønnsomheten kan det være hensiktsmessig å utføre såkalte Monte Carlo-beregninger. Da kjøres et stort antall beregninger (flere titusen), hvor ulike intervall av inndata kombineres. Resultatet sier noe om i hvor mange av tilfellene installasjonen blir lønnsom. Det kan gi en indikasjon på om målingen trolig er lønnsom på et generelt plan (samfunnsøkonomisk lønnsomhet). Tilsvarende beregninger er gjort i de svenske utredningene (Boverket, 2014).

Selv om ikke installasjon av individuell måling lønner seg i kroner og øre i alle tilfeller, vil det mest sannsynlig ha en effekt for energibesparelse. Fordeling av energikostnader motiverer til investering i løsninger som reduserer kostnader, og det premierer energibesparende adferd.

Rettferdighetsprinsippet er en vel så sterk motivasjon for innføring av individuell måling som energibesparelse. Erfaring tilsier at 20-25 % av beboerne i en blokk står for 50 % av det totale energibruket, og det man ikke får frem i lønnsomhetsberegningene er alle som får redusert sine årlige kostnader ytterligere, når de ikke lenger betaler for andres energibruk.

Referanser

- Abrahamsson, N. (2012). *Examensarbete; Individuell matning och debitering av varme i flerbostadshus - svenska forutsattningar i jamforelse med erfarenheter från Tyskland och Danmark*. Uppsala universitet.
- Boverket. (2014). *Individuell mätning och debitering vid ny- och ombyggnad*.
- Boverket. (2015). *Individuell mätning och debitering i befintlig bebyggelse*.
- Boverket. (2018). *Individuell mätning och debitering - oppfølging 2018*.
- Byggforsk. (1958). *Bør vi installere varmefordelingsmålere?*
- Byggforsk. (1990). *Energiforbruk og varmekostnader i boliger*.
- Carsten, J. A. (2019, 03 07). Salgskonsulent i Agder Energi Varme.
- Cholewa, T. (2015). "Long term experimental evaluation of the influence of heat cost allocators on energy consumption in a multifamily building".
- Empirica GmbH - Communication and Technology Research. (2016). *Guidelines on good practice in cost-effective cost allocation and billing of individual consumption of heating, cooling and domestic hot water in multiapartment and multi-purpose buildings*.
- Euroheat & Power. (2017, 05 01). *District Energy in Germany*. Hentet fra <https://www.euroheat.org/knowledge-hub/district-energy-germany/>
- Felsmann, C., Schmidt, J., & Mróz, T. (2013). *Effects of consumption-based billing with reference to buildings' energy-saving qualities*. E.V.V.E.
- Interconsult. (2001). *Individuell varmemåling i boligkomplekser*.
- Iversen, H. (2019, 02 27). Minol.
- JRC Technical reports. (2017). *Analysis of member states' rules for allocating heating, cooling and hot water costs in multiapartment/purpose buildings supplied from collective systems*. European Commission.
- Kristiseter, A. (2019, 02). Daglig leder Søndre Nordstrand Enøk.
- Lein, K. (2019, 02). Country Manager Norway Techem.
- Lovdata. (2008, 01 01). *FOR-2007-12-21-1743 Forskrift om krav til varmemålere*. Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-12-21-1743>
- Lovdata. (2008, 01 01). *FOR-2007-12-21-1745 Forskrift om krav til vannmålere*. Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-12-21-1745?q=vannmålere>
- Medle, A. (2019, 03 04). Leder Måling & Kundeservice, Fortum Oslo Varme AS.
- Mellvang-Berg, T. (2019, 03 04). Kommunikasjonssjef Norsk Fjernvarme.
- Norsk Fjernvarme. (2017, 04 13). *Fjernvarme stadig mer utbredt i Danmark*. Hentet fra Norsk Fjernvarme: <http://www.fjernvarme.no/index.php?pageID=29&openLevel=4&cid=3953>
- Skippervik, R. (2019, 02). TOBB.
- SSB. (2018). *Boliger*. Hentet fra <https://www.ssb.no/boligstat>
- Teknisk ukeblad. (2016, 01 08). *Ny undersøkelse: Energiforbruket i lavenergihus er ofte like stort som i andre hus*. Hentet fra www.tu.no : <https://www.tu.no/artikler/ny-undersokelse-energiforbruket-i-lavenergihus-er-ofte-like-stort-som-i-andre-hus/276378>
- VTT Technical Research Centre of Finland. (2017). *Space heating measurements in apartment buildings*.
- Weidenhajn, P. (2019, 03 06). Key Account Manager, Statkraft Varme, Øst Norge, Marked.
- Willems, J. (2019, 02 25). Salgsingeniør Kamstrup.

9 Vedlegg

9.1 Sammenstilling av dokumentert besparelse fra andre land

Tabell 1 Sammanställning av litteraturgenomgång

Studie	Besparing	Kostnader	Intäkter	Resultat
		Investering/drift Kr/kr per år	Kr/år	
Energimyndigheten, 1999	Värme: 8-20 % Vatten: 15-25 %	3000-8000/300	400-1500	Lönsamt i vissa fall
Boverket, 2002 Energimyndigheten, 2003	Vatten: 15-25 %	-	-	-
Värme och vatten	10-20 %, 15-30 %	4 000-10 000/400	850-1560	Lönsamt i vissa fall
Enbart varmvatten	15-30 %	1500/200	?	Lönsamt i vissa fall
Energimyndigheten, 2005	Vatten: 15-30%	1500/200	318-635	15 % olönsamt 30 % lönsamt
Boverket, 2008				
Värme och vatten	15 % i båda	5000/200	?	Olönsamt i små lgh, Lönsamt i större lgh
Enbart varmvatten	20 %	1500/100	450-2100	Lönsamt i allra flesta fall

Figur 19 Sammenstilling av dokumentert besparelse fra Sverige

Country	Observed saving
Germany	13 – 25%
Austria	10 – 30%
Denmark	15 – 17%
Sweden	10 – 25%
France	20%
Russia	23%

Figur 20 Sammenstilling av dokumentert besparelse fra Europeiske land (Felsmann, Schmidt, & Mróz, 2013)



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no