



# Miljø- og Energioptimering 2

SUS, Serviceerhvervenes  
Efteruddannelsesudvalg

Udviklet af:  
Kenneth Tække

December 2020



© Børne- og Undervisningsministeriet (december 2020). Materialet er udviklet af Serviceerhvervenes Efteruddannelsesudvalg i samarbejde med Kenneth Tække. Materialet kan frit kopieres med angivelse af kilde.

Billeder/foto/illustrationer uden anden angivelse af ophavsret, er udviklerens egne eller fra gamle SUS materialer.

SUS

Serviceerhvervenes Efteruddannelsesudvalg

Vesterbrogade 6D, 4.

1620 København V.

Tlf. 32 54 50 55

[www.susudd.dk](http://www.susudd.dk)

[sus@sus-udd.dk](mailto:sus@sus-udd.dk)



### Indhold

Vedvarende energi .....	5
Energiforbrug i bygninger.....	5
Aflæsning og analysering af bygningens ressourceforbrug .....	5
Aflæsning .....	5
Energirammen.....	6
Klimaskærmen .....	6
Varme.....	7
Direkte og indirekte varme anlæg .....	7
Direkte fjernvarmesystem: .....	7
Bygningens varmetab.....	8
Bygningens varmebalance.....	8
Varmeforbrug (etplanshus).....	9
Vurdering af varmetab.....	9
Bygninger fra før 1960 .....	9
Bygninger fra 60'erne og 70'erne.....	9
Bygninger fra 80'erne, 90'erne.....	9
Bygninger 1998-2006 .....	10
Bygninger 2006-2010 .....	10
Bygninger 2010- .....	10
Radiatorer .....	10
Isolering .....	11
Lambda værdi .....	11
Materialers isoleringsevne .....	12
Isolans, R .....	13
U-værdi .....	14
Linjetab .....	15
Varmetab .....	15
Beregning af energibesparelse af efterisolering.....	17
Kuldebroer .....	18
Graddage, GAF og GUF .....	19
Afkøling .....	19
Ventilation.....	21



Varmegenvinding .....	21
Varmetilførsel .....	21
Luftmængder.....	22
Vand.....	23
CTS .....	24
Varme- el- og vandmåler .....	25
Lovgivning for målere, varme .....	25
Skærpede krav til forbrugsmåling i boligforeninger .....	25
To typer af målere.....	25
Varmemåler .....	25
Vandmåler (Vandur).....	28
El måler.....	28
Energi.....	28
Gode råd og vaner til brugere og beboere, varme.....	29
Øvelser .....	30
Kildeliste .....	31



### Vedvarende energi

Halvdelen af Danmarks energiforbrug dækkes af vedvarende energi viser tal for 2019. Vedvarende energi er en samlet betegnelse for den energi som kommer fra kilder der er uudtømmelige i menneskenes levetid. Disse former for energi udleder ikke CO<sup>2</sup> til atmosfæren.

Det er særligt vindenergi der trækker op i det grønne regnskab. Til trods for dette, er det stadig mere aktuelt end nogensinde, at vi hele tiden er opmærksomme på vore energiforbrug i vore bygninger. Der er stadig mange lavthængende frugter omkring i det danske land, og disse kan med fordel høstes.

### Energiforbrug i bygninger

Når vi omtaler ”bygningers energiforbrug”, vil vi, ligesom Energistyrelsen, betragte dette som en sum af bygningens energiforbrug til opvarmning og varmt vand og til drift af anlæg til opvarmning, køling og anden form af indeklimaregulering, herunder ventilation. For bygninger, der ikke benyttes til beboelse, indgår endvidere energi til belysning. Vi vil bruge denne afgrænsning, da den flugter med Bygningsreglementet, der fastsætter krav til energiforbruget til opvarmning, varmt vand, køling mv. samt installationer til drift af anlæg til regulering af indeklima i nye bygninger til beboelse, og for andre bygninger også krav til energiforbruget til belysning.

Ifølge Energistyrelsen udgør vores energiforbrug i bygninger næsten 40 % af det samlede energiforbrug i Danmark. Af disse næsten 40 %, går størstedelen til opvarmning, ventilation og belysning. Der er derfor i Danmark et krav om individuel måling af forbrug af el, gas, vand, varme og køling, og i 2014, da målerbekendtgørelsen blev revideret, blev der også stillet krav til individuelle varmtvandsmålere i bestående bebyggelse, såfremt det er rentabelt. Trafik- og Byggestyrelsen har ansvaret for målerbekendtgørelsen.

### Aflæsning og analysering af bygningens ressourceforbrug

For at kunne analysere vores energiforbrug i bygningen, er det vigtigt at vi kan aflæse og føre kontrol med forbruget. En god ide kan være at føre protokol med forbruget hver 14. dag, eller en gang om måneden. På denne måde vil vi forholdsvis hurtigt kunne registrere forstyrrelser og overforbrug, og vi kan reagere på dette. Sammen med disse analyser, kan vi samtidigt sammenligne vores forbrug med lignende bygninger i Danmark. Dette kan gøres på [Spareenergi.dk](http://Spareenergi.dk). På denne måde kan man sammenligne sin egen bygnings nøgletal med andre lignende bygningers nøgletal.

### Aflæsning

Kortlæg energiforbruget. Begynd med at få overblik over forbruget til el, varme og varmt vand. Man bør have både samlede forbrugstal og tal for fordeling på forskellige bygningsdele, afdelinger og tidspunkter. Her kan det være en fordel med mange bi-målere, da man på denne måde hurtigt kan konstatere hvor i bygningsmassen fejl, eller overforbrug præcis finder sted.

Aflæs vandforbrug, elforbrug og varmeforbrug. Disse tal skrives i et skema. Der findes et utal af færdige, smarte løsninger til dette. Nogle er webbaserede og beregner med det samme afvigelser i procent, afkøling på fjernvarme og kan give advarsler ved overforbrug eller for store afvigelser. Man kan dog også fint bruge et hjemmelavet Excel skema, enten med en indbygget formel for automatisk beregning, eller man kan selv beregne afkølingen og afvigelser.



### Energirammen

Energirammen for en bolig er det samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand. Dette laves som en beregning i et softwareprogram som er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut. Når man benytter denne model, kan der opnås større fleksibilitet i byggeriet, da man eksempelvis kan anvende mere isolering i nogle konstruktioner, mod så at kunne få større vinduesareal. Der er dog stadig fastsat nogle minimumskrav til U-værdier, som kan findes i Bygningsreglementet.

### Klimaskærmen

Hvis vi skal kunne have et lavt energiforbrug i vore bygninger, kræver det en god, tæt klimaskærm. Klimaskærmen består af alt det som afskærmer vores indeklima fra klimaet udenfor, så som døre, vinduer, ydervægge, gulv og tag. Der er mange penge at spare på varmeregningen, hvis man sørger for at have en god og sund klimaskærm.



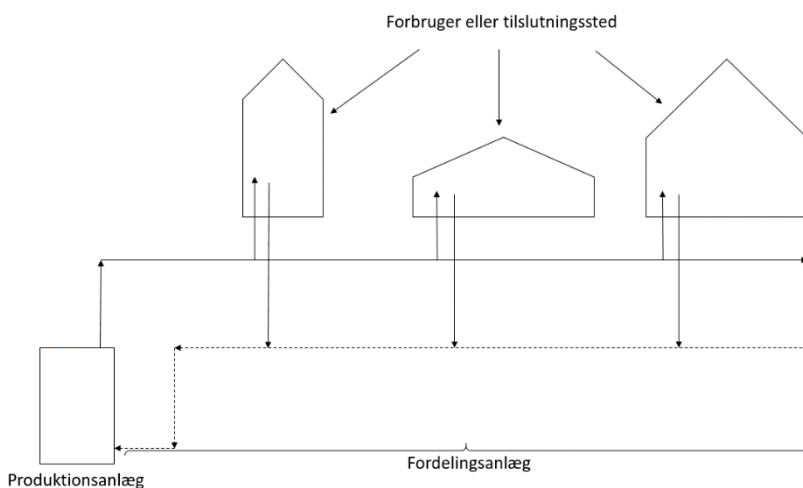
### Varme

#### Direkte og indirekte varmeanlæg

I et indirekte fjernvarmesystem er der ikke fjernvarmevand i varmekredsen inde i boligen. Fjernvarmen varmer i stedet boligens varmeanlægsvand op via en veksler, og dette vand cirkulerer så i boligens anlæg. Ved et direkte varmeanlæg, har brugeren fjernvarmevandet cirkulerende i boligens varmeanlæg. Hvis man selv skal udføre reparationer på anlæg, skal man lige være sikker på hvilken type anlæg man arbejder med. Man må som udgangspunkt aldrig skrue i noget, hvor der cirkulerer fjernvarmevand. Når det kommer til brugsvandsdelen, må man som udgangspunkt ikke lave andet på en brugsvandsinstallation, end at skifte armaturer, og dette er kun hvis de kan lukkes af ved brugstedet, eller for hele lejligheden. Man må f.eks. ikke selv skifte en varmtvandsbeholder.

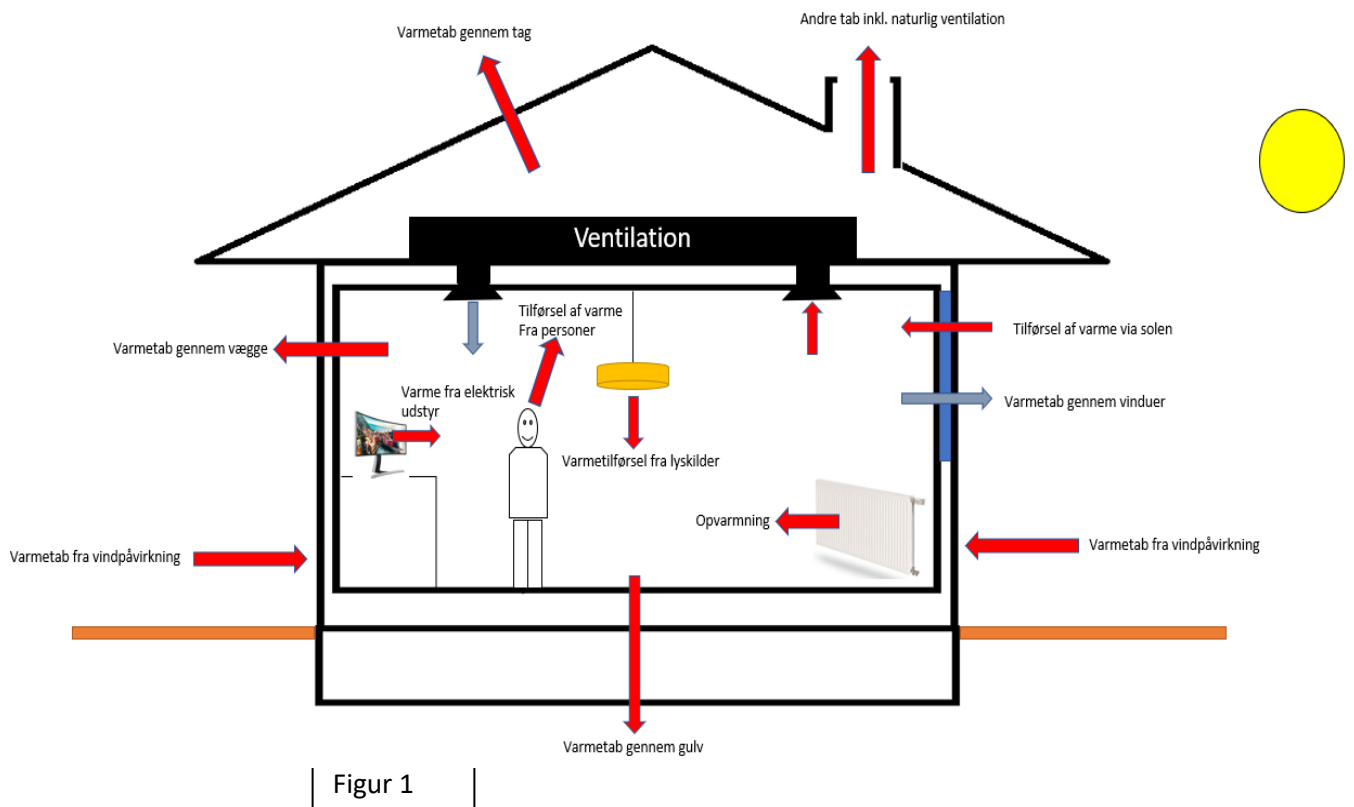
#### Direkte fjernvarmesystem:

I et direkte fjernvarmesystem, cirkulerer fjernvarmevandet direkte i boligens varmekredsløb, altså radiatorer eller gulvvarmesystemer.





## Bygningens varmetab



## Bygningens varmebalance

Der er i vores bygninger mange ting der har indflydelse på varmebalancen. Illustrationen herover viser på en forenklet måde disse varmebidrag og varmetab. På den ene side er bygningerne gennem årene blevet bedre isoleret, men på den anden side er vore el-apparater blevet betydeligt mere energirigtige, og udsender derfor ikke den samme mængde varme til bygningen. Prøv selv at mærke forskellen på en glødepære og en LED pære.





### Varmeforbrug (etplanshus)

Før 1962 uden efterisolering	200 kWh/år
Før 1977 uden efterisolering	170 kWh/år
Efter 1977	110 kWh/år
Efter 1998	90kWh/år
Efter 2012	75kWh/år

Figur 2

Disse tal kan bruges som en pejling på eget forbrug, men der er naturligvis mange faktorer som spiller ind. Nye "0-energi huse", skulle efter sigende være energineutrale. Dvs. at man set over et normalt år, ikke skal tilføre energi til opvarmning af huset.

### Vurdering af varmetab

Hvad er varmetab? Et varmetab er enkelt sagt den varme som vi ikke formår at udnytte i vore bygninger. Altså den varme som forsvinder ud af bygningen. Det siger sig selv at det er en dårlig forretning og samtidigt rigtigt skidt for miljøet. Som det er illustreret på figuren, handler dette primært om tab gennem tag, ydervægge, vinduer og fundament eller gulv. Når man skal vurdere en bygnings varmetab, og muligheder for forbedringer, kan vi sige rigtigt meget, blot ved at kende byggeåret for bygningen. Huse som er bygget i samme tidsperiode, har som regel de samme svage punkter hvor varmen slipper ud. Hvis man kender disse svage punkter, kan man starte med at kigge på evt. forbedringer her.

### Bygninger fra før 1960

Disse bygninger er oftest dårligt isoleret og utætte. Grundet dette, forsvinder størstedelen af varmen typisk ud gennem hulmure uden isolering. En anden stor faktor er utætheder og uisolerede gulve og fundamenter. Der forsvinder naturligvis også en del varme gennem tag og vinduer, men dette udgør oftest en mindre andel. En prioriteret rækkefølge på en energioptimering af et hus fra 30'erne (økonomisk set) kunne være at starte med isolering af hulmur, herefter lofter og slutteligt nye vinduer. Grunden til at man starter med ydermure, er at der forsvinder rigtig meget varme denne vej, og at det vil øge komforten i bygningen væsentligt.

### Bygninger fra 60'erne og 70'erne

Disse bygninger er typisk lidt bedre isoleret. Stadigt er gulv, fundament, ydervægge, vinduer og evt. ventilation værd at undersøge nærmere. Det kan ofte godt betale sig at efterisolere og tætnes, for på denne måde at mindske varmetabet. Den billigste efterisolering er ofte på loftet, og denne vil derfor være den bedste, set ud fra et økonomisk synspunkt (rentabilitet).

### Bygninger fra 80'erne, 90'erne

Det var i 1979 det første lidt mere omfattende krav til isolering af bygninger kom. Dette har stor indflydelse på vore antagelser når vi besigtiger en bygning. Varmetabet i disse huse er nemlig meget bedre end i de ældre huse. Der kan dog stadig være noget at komme efter, hvis vi sigter efter en varmebesparelse.



### Bygninger 1998-2006

Energikravene i bygningsreglementet blev i 1998 strammet yderligere. Det tilladte varmetab blev her reduceret til kun at måtte være  $\frac{3}{4}$  af tidligere. Bedst ser det ud for tag, gulv og fundament. Hvis man her vil kigge på en varmebesparelse, vil det være en god ide at starte med vinduer og ydervæggene. Det var også denne tid man begyndte at benytte dampspærre i højere grad. Dette har gjort bygningerne mere tætte.

### Bygninger 2006-2010

Kravene til energiforbrug i bygninger blev strammet markant. Nu måtte bygninger fra 2006 og frem kun bruge  $\frac{3}{4}$  af den energi til opvarmning, varmt vand mm, som bygninger fra før 2006. I 2008 blev kravene til vinduernes isoleringsevne strammet yderligere.

### Bygninger 2010-

Energikravet blev strammet yderligere i BR10 og igen i BR18. Nu er der overordnede krav til bygningens tæthed og varmetab. Det er derfor blevet muligt at anvende bygningsdele som har en ringere isoleringsevne end tidligere, hvis man til gengæld kompenserer med mindre varmetab i andre bygningsdele. Nye huse følger det nyeste bygningsreglement.

Man kan bruge denne tommelfingerregel når man skal vurdere en bygnings transmissions- og ventilationstab:

Huse opført før 1930	100W/m <sup>2</sup>
Huse opført efter 1930	80W/m <sup>2</sup>
Huse opført efter 1960	65W/m <sup>2</sup>
Huse opført efter 1977	50W/m <sup>2</sup>
Lavenergihuse	30W/m <sup>2</sup>

### Radiatorer

Det tidligere nævnte transmissionstab/varmebehov kan bruges når man eksempelvis skal skifte radiatorer, eller lave helt ny installation i forbindelse med en ombygning. Et eksempel:

Et køkken på en skole er blevet renoveret, og man har i den forbindelse lavet loftet om, så der er åbent til kip. Endvidere har man sat et større vinduesparti i så man får mere naturligt lys ind. Det eksisterende varmeanlæg skønnes ikke at kunne dække behovet, og man vil derfor sætte nye radiatorer op. Hvor store skal de være? Man kan enten finde ydelsen på de gamle radiatorer i et skema på nettet, og så blot vælge nogle med en større ydelse. Dette er den nemme og lidt usikre løsning. Man kunne også vurdere varmebehovet ud fra ovenstående skema. Lad os sige at der nu er ca 3,3 meter til loft. Rummet er 25m<sup>2</sup>. Vi vurderer varmebehovet til 100W/m<sup>2</sup> (højt sat).

Varmebehovet bliver altså 2500 W. Så vælger vi blot radiatorer så dette behov er dækket.



### Isolering

#### Lambda værdi

Kendetegnende for alle isoleringsmaterialer er, at de modsat glas, sten og metal, leder varmen meget dårlig. Værdien for denne evne for varmeledning kaldes Lambda ( $\lambda$ ). Lambdaværdien er ikke direkte et udtryk for et materiales isoleringsgrad, men man bruger lambdaværdien til udregning af et materiales isoleringsevne. Værdien skrives som W/(mK) – watt per meter Kelvin og jo højere værdien er, jo bedre er materialet til at lede varme, dvs. jo **dårligere** er det til at isolere.

Nogle eksempler på lambda værdier.

Materiale	$\Lambda$ -værdi W/(mK)
Sølv	420
Kobber	380
Aluminium	220
Støbejern	50
Is	2,2
Beton	0,8-1,7
Vand	0,55-0,58
Mursten	0,49-0,74
Træ, fyr, gran og bøg	0,12-0,17
Isoleringsmaterialer	0,03-0,1
Stillestående luft ved 0°C	0,024

Figur 3

Hvis man kigger i skemaet i figur 3, kan man se at stillestående luft er det bedste materialer til isolering. Dette lader sig jo desværre ikke gøre uden en form for ”afskærmning” af den stillestående luft, men det er grunden til at isoleringsmaterialer typisk ikke vejer meget (lille massefylde). Man forsøger at få så meget luft i materialet som muligt. En anden udfordring er, at man gerne vil have så god isoleringsevne som muligt, for at undgå for tykke konstruktioner. Teknologisk Institut lavede for en del år siden forsøg med vakuum isolering. Forsøgende viste det muligt at opnå en varmeledningsevne på ca. 0,004 W/mK, hvilket er næsten faktor 10 bedre end traditionel isolering. Der er dog store udfordringer ved brug af vakuum isolering, så det er aldrig rigtigt kommet i brug.

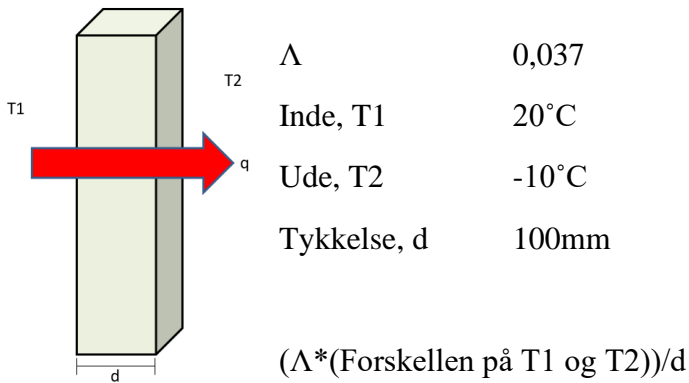
Hvis isoleringen er trådt helt flad på et loftsrums, kan den ikke indeholde så meget luft, og vil derfor have en betydelig dårligere isoleringsevne.



### Materialers isoleringsevne

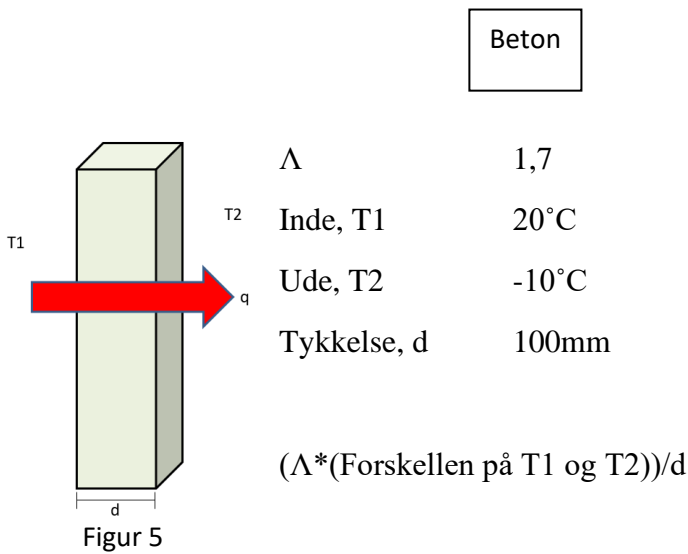
Man kan ved hjælp af et materiales lambda værdi lave en simpel beregning på dettes isoleringsevne.

Isoleringsmateriale



Figur 4

$$(\Lambda 0,037 * (20 + 10)) / 0,100 \text{ (tykkelsen i meter)} = 11,1 \text{ W/m}^2$$



$(\Lambda 1,7 * (20 + 10)) / 0,100$  (tykkelsen i meter) = 510W/m<sup>2</sup>

100mm isolering = 11,1W/m<sup>2</sup>

100mm beton = 510W/m<sup>2</sup>

**Varmetabet er altså ca. 50 gange større ved beton, end ved et isoleringsmateriale!**

### Isolans, R

Isolansen beskriver hvor godt et materialelag eller bygningsdel isolerer. Enheden er m<sup>2</sup>C/W. Jo større isolans, jo større isoleringsevne. For et materialevalg af ét materiale (glas, sten eller andet) med tykkelsen d, defineres isolansen  $R = d / \lambda$ . Man kan altså få en stor isolans, enten ved at have en stor tykkelse, eller et lag med en lav varmeledningsevne.

Isolans for eksempelvis beton:

300mm beton med lambda 1,5 =  $R = 0,300 / 1,5 = 0,2 \text{ m}^2 \text{ C/W}$

Luftlaget på inder- og yderside af en bygningsdel er også isolerende. Denne varmemodstand kaldes overgangsisolans. Overgangsisolansen på ydersiden betegnes R<sub>se</sub> og på indersiden R<sub>si</sub>.

R<sub>si</sub> = 0,10 m<sup>2</sup>K/W for opadrettet varmemestrøm  
 = 0,13 m<sup>2</sup>K/W for vandret varmemestrøm  
 = 0,17 m<sup>2</sup>K/W for nedadrettet varmemestrøm

R<sub>se</sub> = 0,04 m<sup>2</sup>K/W



Man kan ved at lægge disse isolanser for de enkelte materialer sammen, beregne isolansen for hele bygningsdelen. Dette gøres på følgende måde:

$$R_m = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_{se}$$

### Eksempel på dobbelt murstensvæg uden vindue/dør:

$$R_{si} = 0,13$$

$$\text{Teglsten 108mm R-værdi} = 0,24$$

$$\text{Isolering 190mm R-værdi} = 5,10$$

$$\text{Teglsten 108mm R-værdi} = 0,16$$

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_m = 0,13 + 0,24 + 5,10 + 0,16 + 0,04$$

$$R_m = 5,67$$

### U-værdi

Dette er en transmissionskoefficient, som angiver hvor godt en bygningsdel isolerer. Med bygningsdel, menes hele tagkonstruktionen, hele døren (en dør består jo typisk af flere lag) eller eksempelvis en vægkonstruktion (gips, isolering, dampspærre, murværk). U-værdi angives som  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  eller  $W/m^2 K$ . Dette er et udtryk for den energimængde der per sekund strømmer gennem  $1m^2$  af konstruktionen ved en temperaturforskel på  $1^\circ C$ . Når det er lige meget om det er celsius eller Kelvin, er det fordi det er en temperaturforskel vi taler om.  $10^\circ C$  i temperaturforskel er det samme som  $10K$  i temperaturforskel. Denne transmissionskoefficient, U, defineres som:

$$U = (1/R_m)$$

U-værdien for vores eksempel ovenover vil se således ud:

$$U = 1/5,67$$

$$U \sim 0,176 W/m^2 K$$

Når der købes eksempelvis nye vinduer, døre eller andet, er det vigtigt at finde dem med den laveste U-værdi.



### Tillæg for murbindere

Hvis der er gennemgående metalforbindelser (fastgørelser og murbindere) i hele isoleringstykkelsen, skal der regnes med et tillæg ( $\Delta U_f$ ). Dette lægges blot til den beregnede U-værdi.

Tillæg for almindelige rustfaste stålbindere i murværk					
Antal bindere pr $m^2$	Bindernes diameter	Isoleringstykkelse			
		100 mm	125 mm	150 mm	200 mm
8 stk. / $m^2$	3 mm	-	-	-	-
	4 mm	0,008	0,007	0,006	0,005
	5,5 mm	0,014	0,013	0,011	0,009
4 stk. / $m^2$	3 mm	-	-	-	-
	4 mm	-	-	-	-
	5,5 mm	0,007	0,006	0,006	0,005

- betyder at tillægget er under bagatelgrænsen.

Figur 6

### Linjetab

Eller den lineære transmissionskoefficient, er betegnelsen for det ekstra varmetab som opstår i eksempelvis samlingen mellem konstruktionsdele i klimaskærmen. Det kunne være samlingen mellem ydervæg og vindue. Ydervæggen og vinduet har hver sin selvstændige U-værdi, men i samlingen mellem dem forekommer et ekstra varmetab. Man bruger en temperaturforskel på inde og ude på 32K (-12 grader ude og 20 grader inde) til beregningerne. I ældre bygninger er linjetabet ved fundamenter op til 0,8W/mK.

### Varmetab

Når man eksempelvis skal lave en tilbygning, er det nødvendigt at lave en beregning som viser at man overholder lovgivningen omkring varmetab i bygninger. Her kan man benytte varmetabsrammen, som er beskrevet i BR18 §271.

Eksempel på beregning af varmetabsrammen:

Ny tilbygning på 40m<sup>2</sup> eksisterende 60'er parcelhus.

En etage, terrændæk og gulvvarme.

25° taghældning med isolering på loft.



## Miljø- og energioptimering 2

I varmetabsrammen skal vinduer og døre indgå:  $22\% \cdot 40\text{m}^2 = 8,8\text{m}^2$ . Vinduesparti bliver et stort vinduesparti på 6m fra gulv til loft. Længde af samling mellem ydervæg og vindue er samlet set 9m.

Tilbygningen kommer til at dække følgende af den eksisterende bygning:

Ydervæg =  $10\text{m}^2$

Vinduesparti =  $13\text{m}^2$

Samlinger omkring vinduer = 10,5m

Varmetabsramme	Areal $\text{m}^2$	U-værdi og linjetab	Temperaturforskel ( $\Delta t$ )	Varmetab
Tag i tilbygning	38	0,12 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	146W
Terrændæk i tilbygning	32 $\text{m}^2$	0,10 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	20K	64W
Fundament i tilbygning	18m	0,12 $\text{W}/\text{mK}$	42K	91W
Ydervæg i tilbygning	42 $\text{m}^2$	0,15 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	202W
Vinduesparti i tilbygning	8 $\text{m}^2$	1,20 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	307W
Samling om vinduer	9m	0,03 $\text{W}/\text{mK}$	32K	9W
Resultat for varmetabsramme				819W

Faktisk varmetab	Areal $\text{m}^2$	U-værdi og linjetab	Temperaturforskel ( $\Delta t$ )	Varmetab
Tag i tilbygning	38 $\text{m}^2$	0,13 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	158W
Terrændæk i tilbygning	32 $\text{m}^2$	0,12 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	20K	77W
Fundament i tilbygning	18m	0,14 $\text{W}/\text{mK}$	42K	106W
Ydervæg i tilbygning	16 $\text{m}^2$	0,23 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	118W
Vinduesparti i tilbygning	33,5 $\text{m}^2$	0,85 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	911W
Samling om vinduer og ydervægge	28,5m	0,05 $\text{W}/\text{mK}$	32K	46W
Ydervæg i eksisterende byggeri (50%)	-4,9 $\text{m}^2$	0,4 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	-63W
Vinduesparti i eksisterende bygning (50%)	6,3 $\text{m}^2$	2,7 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	-544W
Samling om vinduer (50%)	-5,1m	0,05 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	32K	-8W
Resultat for faktisk varmetab				801W

Resultat: Varmetabsrammen siger et max tab på 819W og den faktiske beregning siger 801W. Tilbygningen holder sig inden for varmetabsrammen, og er dermed OK.

Når man bruger formlen ovenover, gør det at investeringen er tilbagebetalt, når 75% af levetiden er gået.





### Beregning af energibesparelse af efterisolering

Besparselsen beregnes som:

$((\text{Forskellen i U-værdi før og efter}) * \text{Graddagetallet for et normalår} * 24 \text{ timer} / 1000)$  Resultatet aflæses som kWh/m<sup>2</sup>/år.

En konstruktion med en U-værdi på 1 W/m<sup>2</sup>K renoveres eller udskiftes, så U-værdien bliver 0,2 W/m<sup>2</sup>K. Disse tal sættes ind i formlen, og vi regner med 2906 graddage:

$((1-0,2) * 2906 * 24) / 100 = 55,8 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ . Drejer det sig eksempelvis om efterisolering af en bygning, og det efterisolerede areal er 100m<sup>2</sup>, vil besparelsen således blive  $55,8 * 100 = 5580 \text{ kWh/år}$ . Ønsker man herefter at beregne om investeringen er rentabel, benyttes denne formel:

$$\frac{\text{Levetid} * \text{besparelse}}{\text{Investering}} \geq 1,33$$

Lad os bruge efterisoleringen af de 100m<sup>2</sup> fra tidligere som eksempel, og lad os anslå at prisen for arbejdet er 15000kr. Prisen for 1kWh er 50 øre. Besparelsen vil således være  $5580 * 0,5 = 2790 \text{ kr}$ . Levetiden for efterisolering siges at være 40 år.

$$\frac{40 * 2790}{15000} = 7,44$$

Denne investering må siges at være meget god!

Levetider fastsat i BR18:

Efterisolering af bygningsdele	40
Vinduer samt forsatsrammer og koblede rammer	30
Varmeanlæg, radiatorer og gulvvarme, samt ventilationskanaler og armaturer inklusiv isolering	30
Varmeproducerende anlæg mv., f.eks. kedler, varmepumper, solvarmeanlæg, ventilationsaggregater	20
Belysningsarmaturer	15
Automatik til varme og klimaanlæg	15
Fugetætningsarbejder	10

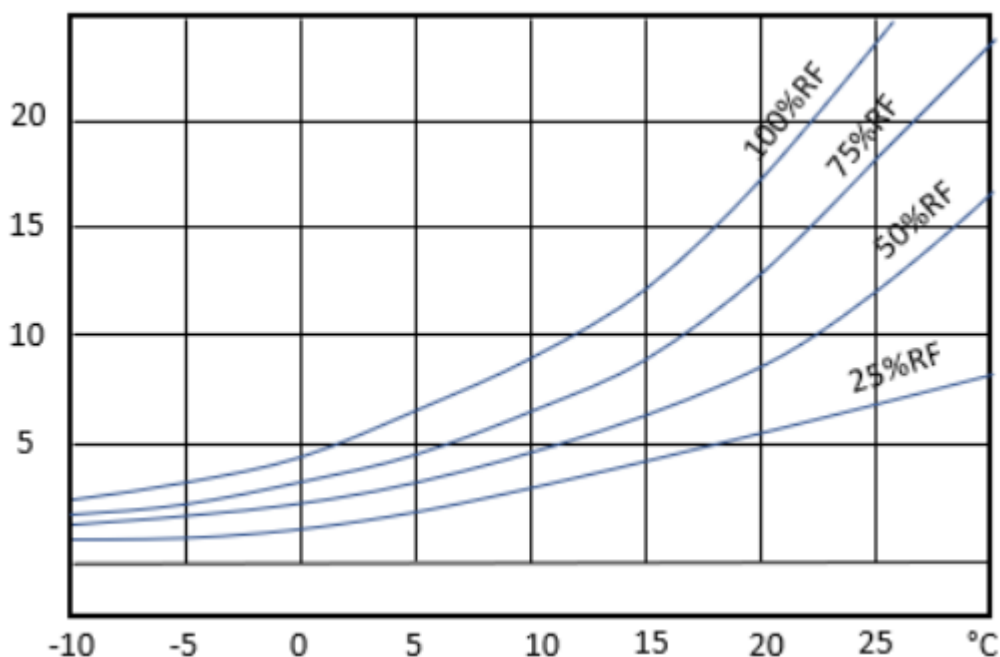
Der skal kun regnes på rentabilitet når et renoveringsarbejde udføres uden at der isoleres til kravene i BR18. Udskiftning af hele konstruktioner skal opfylde U-værdikravene uanset rentabilitet.



### Kuldebroer

Hvis der i bygningens klimaskærm er områder med væsentlig større varmetab end de omgivende dele, betegnes dette som en kuldebro. Disse kuldebroer er ikke kun skyld i et større varmetab, men kan også give alvorlige bygningsskader, som skimmelsvamp. Dette skyldes at der dannes kondens (se afsnittet om dugpunkt) på den indvendige overflade, eller inde i konstruktionen. Kuldebroerne findes ofte hvor forskellige bygningsdele er samlet, eksempelvis ydervæg og dør, ydervæg og loft, ydervæg og vindue, eller ydervæg og fundament. De bærende dele i byggeriet kan også ofte være skyld i kuldebroer. For at afsløre disse kuldebroer, kan det være en god ide med en termografering af bygningen. Selv om der ikke nødvendigvis kommer skimmelsvamp, ved vi at vand ikke isolerer så godt som stillestående luft (se figur 3).

Gram vand i luften



Eksempel på problematikken omkring dugpunktet, altså det tidspunkt hvor vandet i luften kondenserer og bliver til vand, i stedet for vanddamp. Vi har i vores stue en temperatur på 20°C og en relativ luftfugtighed på 50% (50%RF). Huset er gammelt og dårligt isoleret. Det er vinter, og udetemperaturen er lav. Temperaturen på vores ydervæg er derfor kun 7°C. I dugpunktsskemaet kan vi se at den relative luftfugtighed herved stiger til over 100%, og der vil dermed opstå en kondensering af vandet, og væggen vil få fugtskader. Dette kan give anledning til dårligt indeklima, og svampeangreb på bygningen.



### Graddage, GAF og GUF

GAF og GUF. *Graddageafhængigt forbrug og graddage uafhængigt forbrug.*

For at kunne sammenligne forbrug fra måned til måned og fra år til år, er det nødvendigt at lave sammenligningen med et *graddagekorrigeret forbrug*. Her vil det også være en fordel at trække det graddageuafhængige forbrug fra, før man laver en sammenligning. Hvis ikke man bruger et graddagekorrigeret tal, kan man ikke sammenligne forbruget fra eksempelvis november 2020, med forbruget fra november 2019, hvis gennemsnitstemperaturen i 2019 var 6 grader, mens den i 2020 måske var 8 grader.

Det er ikke nødvendigvis al varme som bruges til rumopvarmning. Ofte bruges en del af varmen på opvarmning af brugsvand. Det kan være svært at estimere det præcise forbrug til opvarmning af vand, men man kan få et fingerpeg ved at kigge på varmeforbruget en varm sommerdag, hvor al opvarmning af beboelse er slukket. En sådan dag, bør man kun bruge varme til opvarmning af brugsvand. Hvis ikke dette er muligt, regner man normalt med 28-30%. Dvs. at 28-30% af varmeforbruget ikke bruges til rumopvarmning. Dette tal skal altså ikke graddagekorrigeres, da det er uafhængigt af udetemperaturen.

En meget simpel måde at anvende graddagssystemet, er at registrere sit forbrug af kWh fjernvarme, m<sup>3</sup> naturgasgas, liter olie eller kWh EL, fra den 1. i måneder til den sidste dag i måneden. Forbruget skal divideres med antallet af graddage i måneden. Gør man dette for alle måneder hvert år, kan man lave en direkte sammenligning, og herved kontrollere for afvigelser.

Graddagetallet udregnes som forskellen mellem 17 °C (indendørs) og den udvendige døgnmiddeltemperatur. Er døgnmiddeltemperaturen ude fx - 5 °C, bliver graddagetallet for døgnet 22 graddage (22 °dage) i det pågældende døgn. Er døgnmiddeltemperaturen ude + 5 °C, bliver graddagetallet for døgnet 12 graddage. For at beregne månedens graddagetallet, lægges alle graddagen blot sammen.

*Se øvelse 2*

### Afkøling

At holde nøje øje med afkølingen på fjernvarmeanlæg, kan være en rigtig god ide. Ofte vil man fra fjernvarmeværket modtage en straf, i form af øget udgift, hvis man ikke har en fornuftig afkøling på fjernvarmevandet. Samtidigt vil man ved en dårlig afkøling skulle transportere mere vand rundt i installationen. Dette giver øgede udgifter til drift af pumper, og en større slitage på hele installationen. Hvis man registrerer en dårlig afkøling, er det altså nødvendigt at reagere, eksempelvis ved at begrænse flowet i installationen. Dette kan gøres ved hjælp af f.eks. returtermostater og forindstillingen på termostatventilerne.

Det kan være nødvendigt selv at foretage en beregning af afkølingen, hvis man laver justeringer på anlægget, og gerne vil kontrollere virkningen af disse med korte intervaller.



## Miljø- og energioptimering 2

---

Beregning af afkøling:  $(860 \cdot \text{MWh}) / \text{m}^3$

Eller

$(0,86 \cdot \text{KWh}) / \text{m}^3$

Husk altid at den afkøling du aflæser på måleren er et øjebliksbillede. Du kan altså ikke bruge denne aflæsning til at kontrollere din månedlige afkøling.

*Se øvelse 1*



### Ventilation

Et andet sted hvor der bruges betydelige mængder af varme, er bygningens ventilationsanlæg. Der er heldigvis i dag varmegenvinding på langt størstedelen af alle anlæg, og det er et lovkrav at have varmegenvinding på nyetablering. Endvidere er det også et lovkrav, at ventilationsbestemmelserne skal overholdes i hele anlæggets levetid.

Udover disse lovmæssige krav til anlægget, er det dog også vigtigt at vi som teknisk personale holder nøje øje med forbruget på anlægget. Hvis et større anlæg eksempelvis er bestykket med en rotorveksler, hvor remmen uheldigvis er sprunget, og vi ikke har overvågning/alarmering på dette, vil varmemeforbruget til anlægget stige eksplosivt i de kolde måneder, da vi ikke har nogen (eller kun meget ringe) genvinding af varmen. Det er altså umådeligt vigtigt at aflæse forbruget med jævne mellemrum, og føre dokumentation for dette.

Er varmefladen i eksemplet ovenover en elvarmeplade, ville det få nærmest uoverskuelige konsekvenser på elregningen, hvis en sådan fejl ikke udbedres med det samme.

### Varmegenvinding

Det er i dag et krav, at der er varmegenvinding på et ventilationsanlæg. Mulighederne for denne genvinding er en varmeveksler, hvor den varme udsugningsluft passerer den kolde indblæsningsluft, inden dette blæses ind i lokalet. På denne måde får man udnyttet varmen, frem for blot at blæse det direkte ud. Af muligheder kan nævnes krydsveksler, dobbelt krydsveksler, rotorveksler og modstrømsveksler. Det er vigtigt at disse veksler holdes rene, da en snavset veksler ikke udnytter varmen optimalt, samt at der vil være et øget energiforbrug grundet den større modstand i veksleren.

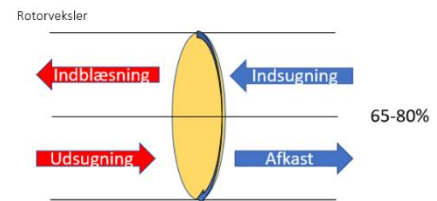


Illustration Kenneth Tække

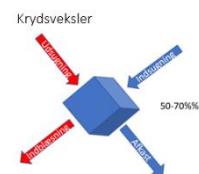


Illustration Kenneth Tække

### Varmetilførsel

Typisk vil der på et balanceret ventilationsanlæg være en varmeplade, da varmegenvindingen ikke alene kan opvarme indblæsningsluften tilstrækkeligt. Denne varmeplade skal ligesom genvindingen holdes ren så man undgår unødigt energiforbrug. Varmepladen er typisk forsynet af fjernvarme, eller kedelanlæg. Man kan i dag også få varmeplader forsynet som luft til vand varmepumper. Disse er mere økonomiske i drift, end de andre typer. Oftest er det dog ikke rentabelt, eller fysisk muligt at skifte varmepladen ud til denne type på et eksisterende anlæg, så i stedet skiftes hele anlægget. En anden faktor kan være prisen på varme, kontra prisen på el. Hvis forsyningen er fjernvarme, er dette meget billigere end el, og selv om varmepumpen kan have 1-4 i effektivitet, kan tilbagebetalingstiden på investeringen ofte være meget længere end levetiden.

Hvis man påtænker besparelser ved ventilation, kan man trimme driftstiderne, ændre indblæsningstemperatur, ændre luftmængder, og helt overordnet set holde anlægget rent og i optimal funktion. Styringen er naturligvis også uhyre vigtig. Man kan i dag styre ventilationen på mange måder, og af de mest gængse kan nævnes CO<sub>2</sub>, temperatur, bevægelse og tid. Endvidere kan ældre motorer udskiftes til EC-motorer, og herved kan man nogle gange opnå en stor besparelse.



### Luftmængder

Der er i Bygningsreglementet opstillet krav til ventilation af forskellige rum og forskellige anvendelser af lokaler. Det er vigtigt at disse krav efterleves i hele ventilationsanlæggets levetid. Det betyder at man med jævne mellemrum (eks. En gang om året) skal lave en kontrolmåling af dette. Kontrolmålingen foretages med et egnet måleinstrument, eksempelvis et mikroanemometer, og dokumenteres i driftsbogen for anlægget. Har man ikke selv kendskab til måling af flow på ventilationsanlæg, kan man hyre eksterne til dette. Der er en del forudsætninger som skal efterleves, for at målingen er valid.

Hvis der er tale om et nyinstalleret anlæg, skal der foreligge dokumentation for at anlægget overholder kravene til luftmængder.

Det er en bekostelig ting at flytte større luftmængder, og man er derfor som regel ikke interesseret i at ventilere mere end nødvendigt.

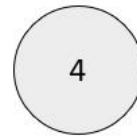
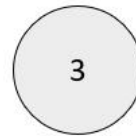
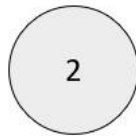


### Vand

Når der tales om vandforbrug, gælder dette både det kolde og det varme brugsvand, altså det samlede vandforbrug. Der er mange muligheder for at energioptimere dette, ofte på selv nyere anlæg. Nogle af de helt store energisyndere er ældre toiletter, blandingsbatterier, tilkalkede brugsvandsvekslere, varmtvandsbeholdere og cirkulationer på varmt brugsvand. Når man køber et nyt blandingsbatteri, skal man være særdeles opmærksom. Det er nemlig ikke alle der er lige energirigtige. De fleste har en god luftblånder, så vandgennemstrømningen bliver mindre, men nogle modeller har endvidere en speciel måde at skifte mellem varmt og koldt vand.

Når folk har været på toilettet og skal vaske hænder bagefter, åbner de fleste per refleks vandhanen, så man formoder at vandet bliver lunkent, eller varmt. Det er dog ofte, at det varme vand ikke når frem til vandhanen, inden personen er færdig med at vaske hænder. Men på trods af dette, har man jo nu allerede sendt besked til varmtvandsbeholderen eller brugsvandsveksleren om at producere varmt brugsvand. Dette vand ender nu bare med at stå i rørene og miste varmen. Ved at producere blandingsbatterierne som på billede 1, undgår man dette spild. De fleste åbner nemlig et armatur i midterpositionen. Det er dog langt fra alle nye armaturer som har denne egenskab.

Det giver sig selv, at en optimering af det varme brugsvand giver en god besparelse, da dette sparer på vand, men også på varmen der bruges til opvarmning.



*Eksempel på vandbesparende armatur*



## Miljø- og energioptimering 2

---

1

På dette billede er vandet helt koldt. Grebet kan ikke komme længere til højre.

2

På dette billede er vandet stadig helt koldt. Der bliver ikke produceret varmt brugsvand.

3

På dette billede er vandet lunkent. Der bliver nu produceret en smule varmt brugsvand.

4

Nu er der fuldt åbent for det varme vand.

### CTS

CTS-anlæg (Central Tilstandskontrol og Styring) findes i dag i mange bygninger. Med et CTS-anlæg kan man være ét sted og herfra kontrollere og overvåge hvad der sker i flere rum på måske endnu flere lokationer. Oftest er systemet koblet op på en PC eller en tablet, og herfra kan man tilgå de muligheder man engang er blevet tilskikket.

Mange vælger i dag mindre systemer, som eksempelvis Danfoss ECL 310, som overhovedet ikke kan det samme som et CTS-anlæg, men som, ved korrekt brug, kan komme tæt på de samme besparelser som et CTS-anlæg. ECL'en er blot en varmestyring som giver mulighed for vejrkom-pensering og driftstider. Man kan ikke styre enkelte rum medmindre de har deres egen blandesløjfe.

CTS-anlægget giver mulighed for styring af principielt alle tekniske installationer, så som varme, vand, strøm, køling, brandvarsling, tyverialarm, telefoni osv. Det er kun fantasien og pengepungen der sætter grænser. CTS-anlægget giver dog nogle muligheder for at overvåge sit forbrug dag for dag, time for time, eller måske endda minut for minut. Anlægget kan føre protokol, statistik og komme med alarmer hvis der er for store udsving i forbruget.

Med et CTS-anlæg, er det muligt at skrue op og ned for varmen, lyset og ventilationen når der er mennesker i lokalet. Dette kan gøres helt manuelt ved hjælp af tidsplaner, men det kan også gøres ved hjælp af PIR-detektorer i lokalerne. På denne måde tændes lyset, varmen og ventilationen først når lokalet er i brug. Dette giver en stor besparelse, men det kan også have negative effekter på fleksibiliteten i ejendommen, da lokalerne først får tilført varme når det tages i brug. Når man har et CTS-anlæg, skal man også huske at det kræver mandetimer at holde dette i drift, og for at alt dette virker, kræver det en grundig oplæring af de personer som skal varetage driften af anlægget.





### Varme- el- og vandmåler

Lovgivning for målere, varme

Målerbekendtgørelsen, ”[Bekendtgørelse om varmefordelingsmålere, der anvendes som grundlag for fordeling af varmeudgifter](#)”), er den gældende lovgivning for installation af varmemålere. Denne bekendtgørelse er primært beregnet for installatøren.

”[Bekendtgørelse om individuel måling af el, gas, vand, varme og køling](#)”), er derimod en bekendtgørelse vi skal kende lidt til. Denne bekendtgørelse stiller nemlig krav til individuel måling af forbrug. På simpelt dansk, betyder dette at hver lejlighed i en boligforening, skal have egen måler til varme, vand og el.

### Skærpede krav til forbrugsmåling i boligforeninger

EU har besluttet at gennemføre et direktiv, kaldet EED (Energy Effective Directive). Her besluttes det at alle manuelt aflæste målere skal udfases, og erstattes af fjernaflæste målere. Alle disse målere skal være udskiftet senest 1. januar 2027, men allerede fra d. 25. okt. 2020, skal der installeres fjernaflæste målere ved totalinstallationer og renoveringer. Fra 1. januar 2022, er der krav om månedlig aflæsning af alle fjernaflæste målere. Alle forbrugere skal kunne tilgå disse opdaterede data, når dette ønskes. ALLE forbrugsmålere skal være fjernaflæste senest d. 1. januar 2027. Det overordnede mål med alt dette er, at spare på energi og ressourcer. Det skal blandt andet ske ved at give forbrugerne adgang til opdaterede forbrugsdata via apps eller webportaler og dermed skabe grundlag for adfærd, der reducerer vores energiforbrug.

### To typer af målere

Mekaniske målere. Disse målere er forsynet med et roterende vingehjul, eller et ringstempel, og ved hjælp af disse bliver flowet registreret. Denne metode er typisk for vandmålere.

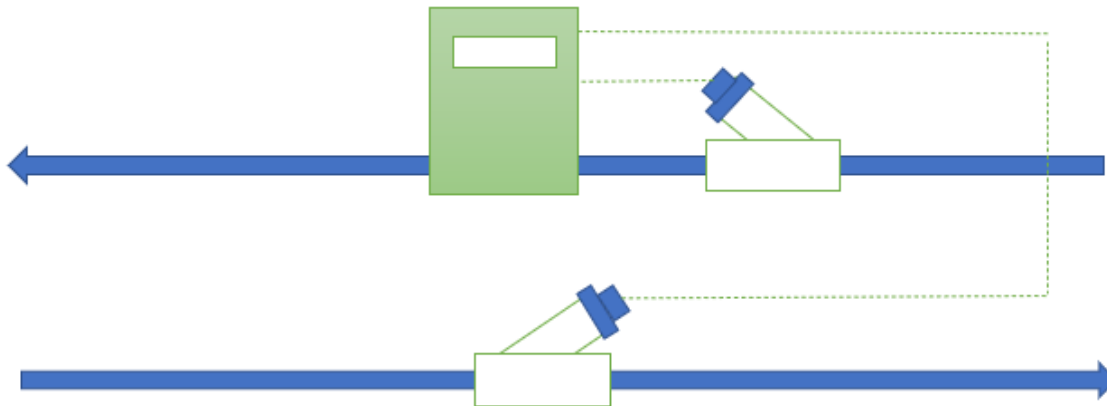
Ultralydsmålere. Væskemængden bliver registreret via lydbølger, og målerne har derfor ingen bevægelige dele.

Der findes på markedet et hav af forskellige målertyper, men fælles for dem er, at de naturligvis aflæser det samme, blot på forskellige måder. Brugerfladen kan være lidt forskelligt, men er typisk et enkelt tryk på en knap, for at skifte mellem de forskellige aflæsninger. I dette kompendie er der eksempel på aflæsning af én type varmemåler og én type vandmåler.

### Varmemåler

Varmemåleren er en energimåler, der måler den fjernvarme som leveres. Måleren består af tre dele. En flowdel, der måler mængden af fjernvarmevand som strømmer gennem måleren.

Temperaturdelen måler frem- og returtemperatur på fjernvarmeanlægget. Display, som registrerer og beregner den leverede mængde energi ud fra data fra både flow- og temperaturdelen. Måleren viser hvor meget fjernvarme der er løbet igennem måleren i hele målerens levetid.



Figur 7

### Kamstrup Multical 602

Energimåleren måler energi i MWh. Til brug for beregning af afkøling skal  $m^3$  (vandmængden) også aflæses.

Værdien der står som start i displayet, er den samlede energimængde i målerens levetid.

Når man trykker på den øverste knap med en pil på, skiftes der til ny visning.

Den nederste knap med en mappe på, anvendes til at fremkalde historiske visninger og gennemsnitsværdier.

I manualen kan man læse hvad de forskellige visninger illustrerer.



Man bør som minimum aflæse sine varmemålere en gang om måneden og skrive dette ned.

Husk altid at den afkøling som aflæses på måleren er et øjebliksbillede, og kan altså ikke bruges som kontrol for den månedlige/årlige afkøling. Ved evt. fejl på måler vil der fremkomme et E yderst til venstre i displayet. Kontakt din forsyning hvis dette sker.



### Eksempel på aflæsning og kontrol

Aflæsninger 2017:

1/8-17	357,23MWh	10.259,3m <sup>3</sup>
1/9-17	389,55MWh	11.569,3m <sup>3</sup>

Aflæsninger 2018:

1/8-18	512,37MWh	14630,6m <sup>3</sup>
1/9-18	541,86MWh	15623,1m <sup>3</sup>

De aflæste tal sættes ind i et skema, afkølingen beregnes og tallene kan sammenlignes. I dette eksempel er der dog ikke graddagekorrigeret forbrug.

Dato	MWh	M <sup>3</sup>	MWh forbrug	M <sup>3</sup> forbrug	Beregning	Afkøling
1/8-17	357,23	10.259,3				
1/9-17	389,55	11.569,3	32,32	1.310	$\frac{32,32 * 860}{1.310}$	21,21°C

Dato	MWh	M <sup>3</sup>	MWh forbrug	M <sup>3</sup> forbrug	Beregning	Afkøling
1/8-18	512,37	14630,6				
1/9-18	541,86	15623,1	29,49	992,5	$\frac{29,49 * 860}{992,5}$	25,55°C

Da der som sagt ikke er graddagekorrigeret, kan vi ikke sammenligne forbruget direkte, men vi kan konstatere at der er brugt mere energi til opvarmning i 2017, end i 2018. Vi kan også konstatere at vores afkøling har været bedre i 2018, end i 2017.

### Udregning af merforbrug i procent:

$$100\% = 29,49\text{MWh}$$

$$\text{Merforbrug MWh} = 32,32 - 29,49 = 2,83\text{MWh}$$

$$\text{Merforbrug procent} = \frac{32,32}{29,49} * 100 = 109,5965$$

Merforbruget er altså afrundet 9,6%.

Ud af de aflæste tal kan man også danne sig et indtryk af hvor meget varme der bruges til opvarmning af arealer og opvarmning af brugsvand. I dette tilfælde, bruges der sandsynligvis noget af varmen til brugsvand, da afkølingen ikke er overvældende god. Måske er der i 2018 brugt mindre vand, da afkølingen er bedre end i 2017. Vær også opmærksom på årstiden. Om sommeren bruges størstedelen af energien på at opvarme brugsvand, da vi ikke har meget varme på bygningerne.



## Miljø- og energioptimering 2

Man kan gøre sig en del overvejelser og analysere på sit varmeanlæg, når man foretager disse aflæsninger, og forholder sig til dem.

### Vandmåler (Vandur)

Vandmåleren er placeret der hvor hovedledningen kommer fra vejen og ind i huset. Der er forskellige typer med forskellige udseender, men formålet er det samme – aflæsning af vandforbrug i liter eller i m<sup>3</sup>. Nogle har et låg man skal vippe til siden for at kunne aflæse. På den digitale version aflæses de store tal som kubikmeter og de små tal som decimaler. Hvis der er visere mærket x0,1 x0,01 og x0,001 aflæses tallet som viseren netop har passeret.



X0,1:	:En omgang er 100 liter	=1 hektoliter
X0,01	:En omgang er 10 liter	=1 dekaliter
X0,001	:En omgang er 1 liter	=1 liter
X0,0001	:En omgang er 0,1 liter	=1 deciliter

### El måler

Elmåleren sidder før fordelingsstavlen eller gruppetavlen. Der findes mange forskellige typer, men alle måler elforbruget i kWh, eller MWh.

Eksempel på aflæsning og prisberegning af el:

Aflæsning d. 1/1-20 =16,838MWh

Aflæsning d 1/2-20 =17,957MWh

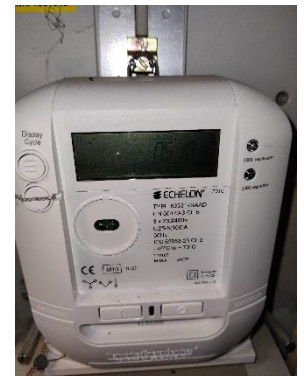
1 kWh koster 2,20kr inklusive moms. Prisen for forbruget bliver således:

17,957-16,838=1,119MWh

Dette skal omregnes til kWh:

1000\*1,119=1119kWh

1119\*2,20=2.461,8kr



## Energi

Energi= effekten x den anvendte tid (i timer)

1 kWh 1 kilowatt-time 1.000 watt i en time

1 MWh 1 megawatt-time 1.000 kWh

1 GWh 1 gigawatt-time 1.000.000 kWh

1 TWh 1 terawatt-time 1.000.000 MWh



### Gode råd og vaner til brugere og beboere, varme

Ved blot at sænke temperaturen 1°C i hele huset eller lejligheden, vil der være en besparelse på ca. 5% på varmeregningen. I en lejlighed på ca. 100 m<sup>2</sup> med fjernvarme, vil en sådan besparelse ofte være på mellem kr. 300,- -500,- og ca. kr. 800,- - 1000,- hvis lejligheden har elvarme.

Alle radiatortermostater i samme rum, bør være indstillet ens. Dette giver den bedste balance i anlægget og den bedste varmfordeling i rummet. Hvis der høres klukkelyde eller rislen fra radiatoren, skal den sandsynligvis udluftes. Hvis ikke dette gøres, vil anlægget ikke fungere korrekt. En radiator bør være kold eller lunken i bunden og varmere i toppen. Hvis den er varm i bunden, fungerer anlægget ikke korrekt.

Det koster ca. kr. 30,- - 50,- at varme 1m<sup>3</sup> koldt vand op til 55°C, som er den anbefalede temperatur i en varmtvandsbeholder, så hvis der spares på det varme vand, spares der altså også på varmeregningen. Ved højere temperaturer, udskilles der kalk fra vandet. Denne kalk nedsætter levetiden på varmtvandsbeholderen eller veksleren betydeligt.

Når der luftes ud i boligen, helst 2-3 gange om dagen, bør man lukke for alle radiatortermostater i rummer, skabe gennemtræk i 5-10 min., lukke vinduer og døre, og først herefter lukke op for varmen igen. Ved at foretage denne udluftning, forebygger vi fugtproblemer i boligen.

Det kan altid betale sig at udskifte ældre lyskilder ud til LED. Der opnås en besparelse på ca. 84% ved at udskifte en 60W glødepærer til en 9,5W LED-pærer.



### Øvelser

#### Øvelse 1:

Følgende er aflæst på Fjernvarmemåleren:

d.1/10-2020                      MWh 201,55 m<sup>3</sup> 5613

d.1/11-2020                      MWh 259,16 m<sup>3</sup> 7261

1. Beregn afkøling for oktober måned
2. Beregn afkøling for hele forbruget i målerens levetid

#### Øvelse 2:

Der er i november måned 2019 og 2020 konstateret følgende forbrug:

2018:            53,22 MWh fjernvarme

2019:            55,17 MWh fjernvarme

GUF = 28%

Graddage november 2018= 312,4

Graddage november 2019= 303,1

1. I hvilket af de to år vil du umiddelbart mene at varmeanlægget har været mest økonomisk?
2. Beregn det graddagekorrigerede forbrug for de to måneder.

#### Øvelse 3:

Et vindue med en U-værdi på 3 W/m<sup>2</sup>K udskiftes med et vindue med en U-værdi på 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Vinduet er 2,3m<sup>2</sup>. Året har 2906 graddage, og prisen for fjernvarme er 500kr/MWh. Pris for udskiftning er total 7.000kr.

1. Hvad er besparelsen pr. år?
2. Hvad er besparelsen i levetiden (i forhold til levetidstabel)?
3. Er det en rentabel investering?



### Kildeliste

Energistyrelsen

Sparenergi.dk

Bygningsreglementet

Sikkerhedsstyrelsen

Retsinformation

Rockwool.dk