

9. OPVARMNING

*Henrik Poulsen
Force Technology
hrp@force.dk*

*Arne Jakobsen, Docent
Maskinmesterskolen København
aj@msk.dk*

Afsnittet "Opvarmning" kan læses selvstændigt, men er skrevet som et kapitel til en samlede lærebog indenfor Technical Facility Management, hvor omdrejningspunktet er indeklime og energiforbrug.



Dette kapitel er udarbejdet som del af projektet **Energirigtigt drift af det rette indeklime i bygninger – ENDRIN** støttet af ELFORSK i periode 2016–2017, projektnummer 348-006 (www.elforsk.dk).

9.1. Indhold

9. OPVARMNING	9-1
9.1. Indhold.....	9-2
9.2. Læringsmål.....	9-3
9.3. Nomenklatur.....	9-4
9.4. Indledning.....	9-5
9.5. Typer af varmeanlæg.....	9-5
9.6. Regulering af varmeanlæg.....	9-6
Central regulering efter udetemperaturen	9-6
Decentral regulering af varmeafgivere	9-8
Pumper i varmeanlæg	9-8
9.7. Varmeanlæg og indeklima.....	9-9
9.8. Energoptimering af varmeanlæg	9-9
Graddage /graddøgn.....	9-10
Graddagekorrigeret forbrug	9-11
Energiforbrug og nøgletal.....	9-11
9.9. Litteratur/referencer.....	9-16

9.2. Læringsmål

Studerende der læser følgende kapitel skal være i stand til at

- Beskrive mulige varmekilder
- Beskrive typiske varmeafgivere
- Vurdere opvarmningsbehov
- Inddrage faktorer der påvirker energi-effektivitet
- Redegøre for samspil mellem opvarmning og indeklima
- Anvende relevante nøgletal

9.3. Nomenklatur

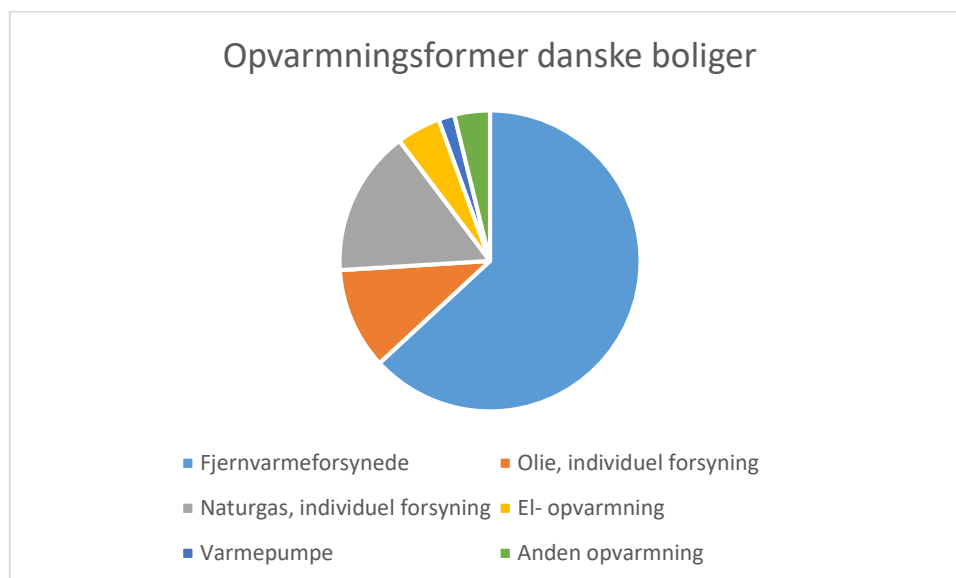
Benævnelse og symbol	Enhed	Beskrivelse
GD	Dag·K	Graddøgn eller graddag. Produkt af tid og forskel mellem udetemperatur og en reference udetemperatur (typisk 17 °C). Varmebehovet i perioden vil være proportionalt med dette tal. Benyttes som korrektion af faktisk varmeforbrug, sådan at dette kan gøres sammenligneligt med forbrug, hvor udetemperaturforløbet har været anderledes. Normalåret er 2906 graddage i Danmark.
GAF	kWh	Graddage afhængigt forbrug (typisk årsforbrug, men kan også være for en måned ect)
GUF	kWh	Graddage uafhængigt forbrug (eks forbrug til varmtvand)

9.4. Indledning

Mennesker opholder sig mere end 80% af deres levetid indendørs. Med en gennemsnitlig udetemperatur over året i Danmark på 8 °C, er det derfor nødvendigt med en eller anden form for opvarmning. Gennem tiderne har der været benyttet forskellige former for opvarmning.

I gamle dage havde man bål midt i huset og et hul i taget, så røgen kunne slippe ud. I middelalderen begyndte man at bruge kakkelovne, hvor røgen blev ført væk via en skorsten. Senere blev brændeovnene introduceret. Først i 1930'erne fik mange huse deres egen produktion af varme ved en centralt placeret kedel (olie, gas eller petroleum) som var forbundet til varmeafgiverne i et centralvarmeanlæg.

Et traditionelt centralvarmeanlæg består således af en enhed til varmeproduktion, varmedistribution via vandrette eller lodrette fordelingsledninger og stigstreng samt selve varmeafgiverne i form af radiatorer, konvektorer etc. Fordelingen på opvarmningsformen af danske boliger fremgår af figuren (ref. Varmeståbi ver. 7)



Figur 9-1 Opvarmningsformer i danske boliger

9.5. Typer af varmeanlæg

Det mest udbredte varmeanlæg i Danmark er opvarmning ved hjælp af radiatorer. De senere år har gulvvarmeanlæg specielt til boliger vundet indpas typisk grundet arkitektoniske hensyn. Men også fordi at det kan give bedre komfort, og den forholdsvis lave fremløbstemperatur er gunstig når opvarmningen sker via en varmepumpe. Derudover findes der strålevarme og luftvarmeanlæg, som er knap så typiske. De traditionelle varmeanlæg afgiver varme fra varmeplader, hvor varmen afgives ved varmeledning, konvektion og stråling.

Radiatoranlæg kan opbygges i tre typer og kombinationer mellem disse: én-strengt anlæg, to-strengt anlæg og vendt retur. Af afkølingsmæssige årsager opbygges anlæg ikke længere som én-strengede. Selve radiatorerne skal placeres ved rummets afkølingsflader, hvor det lokale

varmebehov er størst – typisk under vinduerne. I dag er vinduers indvendige varmeoverfladetemperatur så lav, at det ikke er så vigtigt som tidligere, men det sikrer, at der ikke sker et u hensigtsmæssigt kuldene-fald, der medfører træk.

Varmeafgivelsen fra radiatorer foregår ved konvektion og stråling. Fordelingen mellem disse afhænger af radiator typen. For almindelige panelradiatorer er fordelingen ligelig, mens det for søjleradiatorer er 25% stråling og 75% konvektion.

Konvektorer er radiatorer, hvor 90-100% af varmen afgives ved konvektion. Konvektorer placeres typisk i forsænkninger i gulvet ved vinduer, i nicher og som skjulte installationer. Placeringen af konvektorer fordrer, at der opnås en skorstensvirkning, så kuldene-fald undgås og kræver jævnlig rengøring for at undgå støv m.m.

Gulvvarmeanlæg blev traditionelt benyttet ved badeværelsesgulve, men har vundet indpas specielt i nyere parcelhuse. Forudsætningen for et velfungerende gulvvarmeanlæg er opfyldelse af Bygningsreglementets krav til isolering under gulvvarmeslangerne, samt en gulvkonstruktion der sikrer en hurtig regulering. For at undgå overtemperaturer indendørs skal anlægget være hurtigt regulerende så eksempelvis øget solindfald nedregulerer varmeafgivelsen.

Luftvarmeanlæg er meget lidt udbredt i Danmark men med de faldende energibehov i boliger, kan luftvarme vinde mere frem. Luftvarmeanlæg fordeler opvarmet luft typisk i kanaler i gulvet, så kold luft fortrænges.

Strålevarmeanlæg opvarmer luften indirekte via gulve, vægge og inventar og benyttes typisk, hvis kun enkelte dele (eksempelvis i en produktionshal) har behov for opvarmning.

9.6. Regulering af varmeanlæg

I henhold til Bygningsreglementet skal ”Varme- og køleanlæg skal dimensioneres, udformes, styres, udføres og driftes som anvist i DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger.” Det fremgår således ikke direkte af Bygningsreglementet, hvordan varmeanlæg skal reguleres, men da DS469 nævnes som krav, skal varmeanlæg reguleres i henhold til denne. Reguleringen af varmeanlæg i DS469 er opdelt i en central regulering efter varmebehovet (udetemperaturen) og en decentral regulering på rumniveau. Derudover indeholder DS469 krav til pumpens regulering af vandmængde i varmeanlæg.

Central regulering efter udetemperaturen

Varmeanlæg skal forsynes med kontinuert, automatisk styring af fremløbstemperaturen efter varmebehovet. Dette skal opnås enten ved at styre fremløbstemperaturen efter udetemperaturen eller alternativt ved styring af fremløbstemperaturen efter det rum, som aktuelt har behov for højest fremløbstemperatur. Styringen kan eventuelt være med kompensering i forhold til returtemperaturen eller afkølingen over anlægget.

Derudover gælder, at fremløbstemperaturstyringen skal:

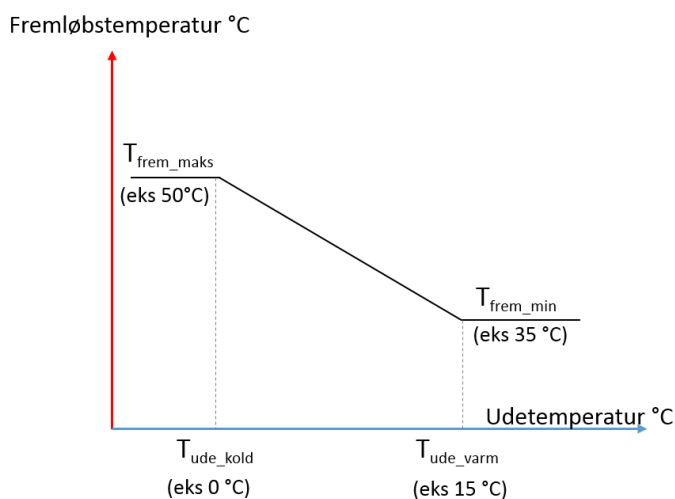
- Sikre, at varmetabet fra fordelings systemet begrænses mest muligt.
- Kompenseres for solindfald på facaden i større bygningen, det vil sige styringen og anlægget skal opdeles efter orienteringen af facaderne.
- Udformes således, at der lukkes for varmforsyningen og cirkulationspumpen stoppes, når der ikke er opvarmningsbehov i rummene eller ved høj udetemperatur.

Endelig skal varmeanlæg i bygninger med veldefineret brugstid, eksempelvis kontorer, butikker, skoler og daginstitutioner forsynes med en tidsstyring, der automatisk standser eller reducerer opvarmningen. Dog skal man være opmærksom på genopvarmningstiden.

Fremløbstemperaturstyringen efter udetemperaturen foregår efter en varmekurve (relation mellem ude- og fremløbstemperatur), hvor kurvehældningen kan vælges og indtastes direkte i regulatoren. Ved en stejl kurvehældning bliver fremløbstemperaturen meget høj, når udetemperaturen falder. Derudover kan varmekurven parallelforskydes, så hældningen er den samme, men fodpunktet og fremløbstemperaturen ændres.

Varmekurven skal tilpasses bygningens varmebehov, dvs. at fremløbstemperaturen skal være så høj, at varmeanlægget kan levere varme nok i de koldeste perioder. Gamle bygninger kræver typisk en høj fremløbstemperatur ved lave udetemperaturer, mens nyere bygninger skal opfylde kravene i Bygningsreglementerne og DS469 om lavtemperaturdrift. Som tommelfingerregel skal fremløbstemperaturen ligge mellem 45-55°C ved en udetemperatur på 0°C – dog lidt lavere, hvis opvarmningen er baseret på varmepumpe.

Valg af varmekurve har indflydelse på energibesparelsen, da energibesparelsen er størst, når kurven stilles så flad som mulig. Herved bliver varmetab fra varmerør og komponenter mindre. Dog er der naturligvis en grænse, hvis fremløbstemperaturen bliver for lav, vil der blive cirkuleret store mængder vand rundt i anlægget, som kan medføre støj og varmemangel. Det er derfor vigtigt at driftspersonalet aktivt arbejder med kurvevalg, hvor det er muligt, så varmekurven tilpasses den aktuelle bygning.



Figur 9-2, eksempel på varmekurve

Endelig er der mulighed for temperaturbegrænsninger på fremløb og returtemperaturen. Eksempelvis kan der indstilles, så den maksimale returtemperatur overholder eventuelt krav fra fjernvarmeværket eller en kondenserende kedel. Dette skal dog ske med hensyntagen til komforten i bygningen, så tilstrækkelig komforttemperatur kan opretholdes, hvis varmgiverne er for små. Man kan ikke tvinge varmeanlægget til en god afkøling, hvis varmgiverne er underdimensioneret eller hvis der er en dårlig vandfordeling.

Decentral regulering af varmeafgivere

For varmeafgiverne gælder, at de skal være forsynet med udstyr for automatisk regulering af varmeafgivelse efter rumtemperaturen i det enkelte rum, således at det forudsatte termiske indeklima opnås, og unødvendigt energiforbrug undgås, samtidig med at betjeningen er enkel for brugeren. Der skal være automatisk regulering med individuel styring af varmetilførslen efter behovet i det enkelte rum. Reguleringen skal sikre, at rummene opnår den ønskede rumtemperatur, samt at der lukkes helt ned for varmetilførslen til rummet, når rummet kan opretholde den ønskede rumtemperatur uden varmetilførsel fra varmeanlægget.

Kravet indebærer, at automatikkens føler skal registrere rumtemperatur, og at automatikken skal justere varmetilførslen i overensstemmelse med den målte rumtemperatur. Det betyder i praksis, at der skal være mulighed for individuel indstilling af ønsket rumtemperatur i det enkelte rum. Det kan ske ved selve varmeafgiveren eller ved en ekstern regulator.

Derudover gælder for reguleringen og rumtemperaturføleren, at

- Rumtemperaturfølere skal placeres så det sikres, at den målte temperatur er repræsentativ for den operative temperatur i opholdszonen. Hvis varmeafgivere har til formål at modvirke nedfald af kold luft, eksempelvis store vinduespartier, skal temperaturføleren placere med henblik på dette.
- Reguleringen indrettes således, at de ønskede tolerancer opnås med en rimelig kort indsvingningstid. Ændring af udeklima eller varmetilskud må ikke nødvendiggøre ændring af reguleringens indstillingsværdier
- Ved gulvvarmeanlæg, hvor der er risiko for høj gulvtemperatur, skal der indbygges en sikring, som begrænser gulvtemperaturen
- Rumtemperaturstyringen i varmeanlægget må ikke påvirke ventilationen i rummet

Rumtemperaturreguleringen er oftest simple selvvirkende proportionalregulatorer med et proportionalbånd på maksimalt 2°C. De fleste producenter har i de senere år lanceret mere intelligente proportionalregulatorer med mulighed for tidsindstilling m.m.

Pumper i varmeanlæg

Varmeanlæg skal udformes med lavest mulige tryktab, når der tages hensyn til varmeanlæggets funktion og økonomi. Derudover skal der ved valg af pumper og ved styring af pumper sikres lavest muligt elforbrug til pumpedrift. Pumper skal derfor styres automatisk efter vandstrøms- og trykbehov i varmeanlægget ved aktuel driftstilstand. Styringen af pumpen må naturligvis ikke begrænse muligheden for at opnå det ønskede indeklima eller for at opfylde eventuelle krav til mindste vandstrøm.

Cirkulationspumpen i varmeanlægget var ofte en overset energisluger, specielt hvis pumpen var 15-20 år gammel uden indstillingsmuligheder, så pumpen altid kørte med høj omdrejningshastighed og dermed for højt energiforbrug. De fleste cirkulationspumper i varmeanlæg er efterhånden erstattet af pumper med elektronisk selvregulering, der regulerer efter hvor meget varme/vand, der er brug

for. Falder varmebehovet, falder pumpens omdrejninger (dermed også effekten) automatisk. Stiger varmebehovet, går den ligeledes op i omdrejninger.

Metoden som pumpen reguleres efter, kan indstilles på pumpen. Det er vigtigt at få valgt den rigtige metode, ellers vil pumpen bruge unødvendigt mere energi. Proportionaltrykregulering vælges til anlæg med relativt store tab i løftehøjde i rørinstallationer, ventiler m.m.. Konstantrykregulering vælges til anlæg med relativt små tab i løftehøjde.

9.7. Varmeanlæg og indeklima

Dårligt indeklima kan skyldes mange forhold, men mangler ved bygninger, deres drift eller vedligeholdelse spiller ofte ind. Derfor har varmeanlægget en naturlig indvirkning på indeklimaet, uanset hvilken type varmeanlæg, man vælger. De typiske årsager til dårligt indeklima, som kan henføres til varmeanlæg, er temperatur og træk.

Vi har alle en komforttemperatur, som varierer lidt fra person til person, men typisk er en temperatur på 20-22 °C passende ved let fysisk aktivitet. Ved temperaturer over 23°C stiger antallet af indeklimasymptomer ofte, og temperaturen ved stillesiddende arbejde og normale klima- og arbejdsforhold må ikke overstige 25 °C. Det er derfor vigtigt at bygning, automatik og varmeanlæg spiller sammen, så risikoen for overtemperatur minimeres.

Træk opleves typisk om vinteren, hvis dårligt isolerede vægge, gulve og vinduer giver kuldenedfald eller kuldestråling, der føles som træk. Utætte døre og vinduer giver ofte trækgener, især i forbindelse med udsugningsanlæg. Lufthastigheden i rum, hvor der er personer, bør holdes under 0,15 m/sek.

9.8. Energioptimering af varmeanlæg

For at energioptimere et varmeanlæg er det en forudsætning, at man besidder et indgående kendskab til det samlede energisystem, det vil sige kendskab til bygningen, de tekniske installationer og forbrugernes adfærd.

For at sikre en besparelse er det altså vigtigt at have kendskab til:

- Teknisk betingede forhold såsom bygningens varmetab, mulighed for etablering af lavtemperaturdrift, er der ført rørledninger uden for isoleringen, de tekniske installationers opbygning, tarifstruktur, sammenspil mellem produktionsenhed og varmeafgivere m.m.
- Aktivitetsbetingede forhold, herunder forhold som ændrede varighedsbelastning af bygning og anlæg, eksempelvis i form af tidsstyring, brug af lokaler m.m
- Adfærdsbetingede forhold såsom i form af ”åbne/lukke” vinduer, åbne/lukke døre, justering af sætpunkter etc.

Selv om et varmeanlæg umiddelbart er en simpel konstruktion, så er det en vigtig forudsætning for en optimering af et givent anlæg, at man har viden om de enkelte komponenter, komponenternes indvirkning på hinanden og hele systemet. Komponenternes funktion og driftsbetingelser skal være kendt, for et optimalt samspil kan etableres. Eksempelvis kan enkelte forbrugeres uhensigtsmæssige

adfærd ødelægge det samlede resultat, eller en dårlig fordeling af centralvarmevand i en etageejendom kan resultere i en manglende afkøling af vandet.

Energioptimering af varmeanlæg bør indeholde en gennemgang og optimering af:

- Varmeproducerende enhed
 - Korrekt dimensionerede komponenter såsom kedel, veksler, ventiler m.m.
 - Korrekt indstilling af automatik, herunder varmekurve, eventuel natsænkning m.m.
 - Korrekt isolering af rør og komponenter
- Varmedistribuerende anlæg
 - Korrekt isolering af fordelingsledninger, stigstreng mm i uopvarmede rum
 - Korrekt vandmængde og fordeling.
- Varmeafgivende enhed
 - Korrekt afkøling på radiatorer og indstilling af termostater.

Som en vigtig del af energioptimeringen af varmeanlægget er brugen af nøgletal, kendskabet til forventet energiforbrug samt energiforbrug i lignende bygninger.

Som en vigtig del af energioptimeringen af varmeanlægget er brugen af graddagekorrigeret varmekonsum og nøgletal, kendskabet til forventet energiforbrug samt energiforbrug i lignende bygninger.

Graddage /graddøgn

Graddage/graddøgn anvendes ved

- Beregning af en projekteret bygnings rumvarmekonsum
- Vurdering af ændret rumvarmekonsum som følge af ændringer i bygningens isoleringstilstand (Aktuelle graddøgn).
- Vurdering af eventuelle ændringer i varmeanlæggets energiokonomiske tilstand (Aktuelle graddøgn).
- Vurdering af fremtidigt brændselsforbrug og tidspunkt for næste brændselsleverance (Referenceårets graddøgn, aktuelle graddøgn, graddøgnsprognoser).

Et graddøgn [$K \cdot \text{døgn}$] er et udtryk for en forskel på $1K$ mellem døgnmiddelværdierne af en korrigeret indetemperatur $t_{i,korr}$ (basistemperatur) og middeludetemperaturen $t_{u,mid}$. $t_{i,korr}$ ansættes almindeligvis til $17^\circ C$ og er altså ikke den faktiske indetemperatur, idet det er antaget, at de udnyttede varmetilskud giver bygningen en opvarmning svarende til $20 - 17 = 3K$. Svarende hertil udgør de udnyttede varmetilskud ca. 19 % af rumvarmebehovet. I bygninger, hvor de udnyttede varmetilskud fra intern belastning og solindfald udgør en større del af varmekonsumet kan $t_{i,korr} = 17^\circ C$ ikke umiddelbart anvendes.

Antallet af skyggegraddøgn beregnes på døgnbasis af ($1K \text{ døgn} = 24K \text{ timer}$):

$$GD = (t_{i,korr} - t_{u,mid}) \cdot (1 \text{ døgn}) \quad [K \cdot \text{døgn}]$$

dog efter forskellige kriterier afhængigt af formålet med beregningen:

- kun i fyringssæsonen (Dansk Teknologisk Institut)
 - Start om efteråret: når tu,mid når under 12°C i 3 døgn i træk.
 - Stop igen om efteråret: når tu,mid når over 12°C i 3 døgn i træk
 - Stop om foråret: når tu,mid når over 10°C i 3 døgn i træk
 - Start igen om foråret: når tu,mid når under 10°C i 3 døgn i træk
- hele opvarmningssæsonen
- med forskellige værdier af indetemperaturen ti uden korrektion for udnyttede varmetilskud.

I visse tilfælde kan det være formålstjenligt at korrigere for sol og vind.

Graddagekorrigeret forbrug

Ved sammenligning af energiforbrug fra to forskellige perioder skal korrigeres for varierende udeklima. Det forbrug, der skal korrigeres, er det forbrug der afhænger af udetemperaturen (graddage), dvs det graddage afhængige forbrug, GAF, som er det energiforbrug, der går til opvarmning af en bygning. Det øvrige forbrug, det graddage uafhængige forbrug, GUF, er basisforbruget inklusiv varmt vand. Det skal bemærkes, at en del af basisforbruget kommer bygningens varmetab til gode i fyringssæsonen.

GUF vil kunne opstilles som en række nøgletal for de graddage uafhængige forbrug som:

- Tomgangstab fra kedler og varmtvandsbeholdere
- Varmetab fra rørinstallation
- Tomgangstab fra tilslutningsanlæg til fjernvarme
- Opvarmet ekspansionsbeholder på loft
- Cirkulation på varmt brugsvand
- Komfortgulvvarme i badeværelser
- Varmtvandsforbrug

Det graddage korrigerede forbrug udregnes som

$$GD_{kor}F = GAF \cdot \frac{GD_{aktuel}}{GD_{normal}} + GUF$$

Energiforbrug og nøgletal

Varmeanlæg skal dimensioneres, så der ved dimensionerende udetemperatur (-12°C) opnås det ønskede termiske indeklima. Det dimensionerende varmetab, som lægges til grund for varmeanlæggets udformning, er summen af bygningens transmissionstab og ventilationstab. Det dimensionerende varmetab beregnes som beskrevet i DS 418: Beregning af bygningers varmetab, idet der ikke tages hensyn til varmetilførsel fra solindfald, personer, elektrisk udstyr og lignende. Ved vurdering af varmeanlæg kan overslagsmæssige betragtninger naturligvis benyttes i form af oplysninger og forbrug eller ved skøn af det forventede varmetab afhængig af bygningens alder.

Tabel 9-1 Typiske varmetab ifølge bygningens byggeår

Byggeår	Varmetab (W/m²)
1920	100-160
1940	90-150
1960	60-80
1980	40-55
2000	20-40

Hvis energiforbruget er højere end nøgletallene i nedenstående figur, er der et besparelspotentiale i ejendommen. Det højere forbrug kan skyldes ringe isolering af klimaskærmen, uhensigtsmæssige brugervaner og/eller at driften af varme- og brugsvandssystem kan forbedres.

Tabel 9-2 Nøgletal for varmeforbrug (bruttoforbrug) og fælles elforbrug i etageboliger

Energiforbrug til opvarmning (kWh/m²)				Elforbrug (kWh/m²)
Fraktil	Fjernvarme	Naturgas	Olie	Fælles forbrug
10%	87	105	109	1,8
25%	99	121	125	3,0
50%	113	136	144	5,0
75%	129	157	163	8,0
90%	145	180	188	11,8
Middel:	115	140	147	6,5

Nedenfor er angivet en række nøgletal for energiproducerende varmeanheder samt for varmetab for rør i uopvarmede rum. For yderligere nøgletal henvises til afsnittet om nøgletal.

Tabel 9-3 Virkningsgrader for kedler og fjernvarmeanlæg

Kedel	Virk. grad
Ældre, middel <ul style="list-style-type: none"> • 50 mm isolering på de væsentligste overflader • Ingen eksplosionsklapper • Indvendigt isolerede rensklapper i begrænset mængde • Tætning mellem elementer udført med asbestsnor eller tilsvarende helt tæt metode • Effektiv pakning ved forplade og tæt brændermontering 	88
Ældre, god <ul style="list-style-type: none"> • 75-100 mm isolering på alle vandkølede dele • minimum 100 mm indvendig isolering af vendekasser • helt tætte på røggassiden 	90
Nyere God Alle nyere kedler, som er ca. 10-15 år gamle	92
Kondenserende	103
Fjernvarmeanlæg	95

Dertil kommer – særligt i privat boligere brug af varmepumper. Det kan være luft/luft, luft/vand eller jordvarme. Der er også anlæg, hvor en varmepumpe tager optager varme fra ventilationsanlæggets afkastluft. COP (forhold mellem afgivet varme og forbrugt el) for sådanne anlæg er stærkt afhængige af temperaturniveau – jo højere temperatur varmekilden har og jo lavere varm temperatur der skal produceres jo højere COP.

Følgende sammenhæng kan bruges som ”tommelfingerregel”:

$$COP \approx 0,4 \cdot \frac{(T_{fremlob,vand} + 273)}{(T_{fremlob,vand} - T_{kilde})}$$

Hvis eksempelvis der benyttes en fremløbstemperatur på 40 °C og kildetemperaturen er 8 °C, så kan der forventes en COP på ca. $\approx 0,4 \cdot \frac{(40+273)}{(40-8)} = 3,9$

Tabel 9-4 Varmetab fra centralvarmerør i kældere

Eksisterende forhold Rørdimension og isolering	Energibesparelse for ny samlet isoleringstykkelse (kWh/m pr. år)	
	Op til 45 mm isolering	Op til 55 mm isolering
35 mm rør med 0 mm isolering	217	220
35 mm rør med 20 mm isolering	18	21
35 mm rør med 30 mm isolering	8	11
48 mm rør med 0 mm isolering	290	293
48 mm rør med 20 mm isolering	23	27
48 mm rør med 30 mm isolering	10	14
60 mm rør med 0 mm isolering	355	360
60 mm rør med 20 mm isolering	29	34
60 mm rør med 30 mm isolering	13	17
89 mm rør med 0 mm isolering	509	515
89 mm rør med 20 mm isolering	42	49
89 mm rør med 30 mm isolering	18	25

Tabel 9-5 Varmetab fra centralvarmerør på loft

Eksisterende forhold Rørdimension og isolering	Energibesparelse for ny samlet isoleringstykkelse (kWh/m pr. år)	
	Op til 45 mm isolering	Op til 55 mm isolering
35 mm rør med 0 mm isolering	307	311
35 mm rør med 20 mm isolering	23	28
35 mm rør med 30 mm isolering	10	14
48 mm rør med 0 mm isolering	409	415
48 mm rør med 20 mm isolering	32	38
48 mm rør med 30 mm isolering	13	19
60 mm rør med 0 mm isolering	501	508
60 mm rør med 20 mm isolering	39	46
60 mm rør med 30 mm isolering	17	23
89 mm rør med 0 mm isolering	715	725
89 mm rør med 20 mm isolering	57	67
89 mm rør med 30 mm isolering	25	34

9.9. Litteratur/referencer

- Bygningsreglementet
- DS469, Dansk Standard
- DS418, Dansk Standard
- Den lille blå om varmeanlæg
- Varmeståbi
- ”Renovering af varmecentraler”, Videncenter for energibesparelser i bygninger