

## Beregning af centralvarmeanlæg

Af civilingeniør Ejvind Løgberg, ALECTIA A/S

### Myndighedskrav

Af myndighedskrav til centralvarmeanlæg foreligger:

1. *Bygningsreglement 2008*, hvor kapitel 8 omhandler fordelingsanlæg til varme, fyringsanlæg og skorstene samt solvarmeanlæg og varmepumper.
2. *Norm for beregning af bygningers varmetab; DS 418*.
3. *Norm for varmeanlæg med vand som varmebærende medium; DS 469 med tillæg 1 og 2*.
4. *Norm for termisk isolering af tekniske installationer; DS 452*.
5. *Arbejdstilsynets vejledning B.4.8 – Indretning og anvendelse af fyrede varmtvandsanlæg*, som omhandler centralvarmeanlæg med kedler.
6. *Arbejdstilsynets meddelelse nr. 1.02.1 – Rum for varmekedler og varmevekslere*, som omhandler centralvarmeanlæg med varmevekslere.

Endvidere henvises til de generelle installationsbestemmelser i Gasreglementet.

Ved fjernvarmeanlæg skal de lokale fjernvarmeverkers regulativer overholdes.

### Vejledninger

Til hjælp ved beregningerne kan anvendes følgende publikationer:

- a. *SBI-anvisning 175; Varmeanlæg med vand som varmebærende medium*.
- b. *SBI-anvisning nr. 165; Vandinstallationer*.
- c. *SBI-nomogrammer for tryktab i rørledninger*.
- d. *Norm for automatiske reguleringsystemer til VVS-tekniske anlæg; DS 468*.
- e. *Leverandørernes katalogmateriale (radiatorer, varmekredse, vekslere, kedler, brændere, m.m.)*.

Desuden findes en række kommercielle edb-programmer, bl.a. til beregning af tryktab. Flere leverandører har også mere eller mindre produkt specifikke programmer.

### Varmetab

Det dimensionerende varmetab beregnes ved en udetemperatur på  $\pm 12$  °C og for de fleste opholdsrum en indetemperatur på  $+20$  °C. I nogle tilfælde kan det dog være ønskeligt, at dimensionere for en højere rumtemperatur og eventuelt også for en lavere udetemperatur.

Til dimensionering af varmeanlæg er det ikke nødvendigt med en meget nøjagtig beregning af bygningens varmetab, som beskrevet i (3). I (4), tillæg 1, 2003, er beskrevet en simplificeret beregningsmetode,

som i langt de fleste tilfælde vil give en tilstrækkelig stor nøjagtighed til dimensionering af varmeanlæg. Metoden regner på den sikre side i forhold til (3).

### Forbrugsanlæg

*Radiatorer:* (3) tillæg 2, 2007, anfører, at radiatoranlæg skal dimensioneres for en maksimal fremløbstemperatur på 70 °C og en maksimal returtemperatur på 40 °C. De fleste radiatorleverandører angiver radiatorernes ydelse ved dette temperatursæt samt en rumtemperatur på 20 °C. Ydelserne prøves imidlertid efter DS/EN 442-2, ved en fremløbs- og returtemperatur 75/65 °C.

Ydelserne ved andre temperaturer beregnes ved hjælp af en tilnærmet formel, der ikke tager højde for den langt mindre vandstrøm. De kan derfor være op til 10 % større end den faktiske ydelse.

Ved anvendelse af de temperaturer, der er angivet i bygningsreglementet, bliver vandstrømmen for mindre radiatorer meget lille.

Praksis viser, at vandstrømme mindre end 20-30 l/h er meget vanskelige at styre. Det anbefales derfor at dimensionere radiatoranlægget for en lavere fremløbstemperatur end de 70 °C, så afkølingen kan være mindre; fx 60/40 °C.

Tryktabet over den enkelte radiator (radiatorventil) skal være mellem 6 og 10 kPa for at opnå den ønskede vandfordeling mellem radiatorerne.

*Ventilationsvarmekredse:* For ventilationsvarmekredse er det vigtigt at sikre en ensartet temperatur over hele kanalens tværsnit, så luften opvarmes lige meget overalt. Det kan ske enten ved at udforme varmekredsen med flere rørrækker efter hinanden eller ved at sikre lille afkøling over fladen. Det sidste gøres ved hjælp af en pumpekreds, der cirkulerer en stor vandstrøm gennem fladen. Ydelsen reguleres ved at ændre temperaturen på det cirkulerende vand.

*Varmtvandsbeholdere:* (3) tillæg 2, 2007, anfører, at anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres for en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C.

Det er vigtigt, at der er en god lagdeling i beholderen, så beholderens buffer-kapacitet udnyttes. Lagdelingen ødelægges, hvis cirkulationsstrømmen ledes ind i beholderen med stor hastighed. Et indvendigt T-stykke, der leder vandet vandret ind langs beholder-væggen giver en bedre lagdeling end et direkte indløb. For en beholder med ladekreds vil en stor vandstrøm i ladekredsen ødelægge lagdelingen. For en beholder med indbygget varmespiral kan lagdelingen ødelægges af for stor ydelse, fx hvis fremløbstemperaturen er højere end de 60 °C.

## Fordelingsanlæg

*Tryktab:* Beregning af tryktab i rør sker vha. formlen

$$\Delta p = \lambda \frac{1}{2} \rho v^2 l/d, \text{ hvor}$$

$\Delta p$  er tryktabet i Pa

$\rho$  er vandets vægtfylde i kg/m<sup>3</sup>

$v$  er strømningshastigheden i m/s

$l$  er rørets længde i m

$d$  er rørets indvendige diameter i m

$\lambda$  er en konstant, der afhænger af strømningshastigheden, vandets viskositet samt rørets indvendige diameter og ruhed.

$\lambda$  kan beregnes vha. den empiriske formel udviklet af Colebrook og White (iterativ) eller Tor Wadmark (eksplicit). Tryktabet kan også bestemmes vha. diagrammer, nomogrammer eller specialiserede edb-programmer.

Enkeltmodstande beregnes vha. formlen

$$\Delta p = \zeta \frac{1}{2} \rho v^2, \text{ hvor}$$

$\zeta$  er en konstant, der afhænger enkeltmodstandens udformning.

Værdier for forskellige enkeltmodstande kan findes fx i (a).

Til bestemmelse af især reguleringsventilers størrelse anvendes begrebet  $k_v$ -værdi.  $k_v$ -værdien angives i m<sup>3</sup>/h og beregnes vha. formlen

$$k_v = Q/\sqrt{\Delta P}, \text{ hvor}$$

$Q$  er vandstrømmen i m<sup>3</sup>/h

$\Delta P$  er tryktabet i bar

Omregning mellem  $\zeta$ -værdi og  $k_v$ -værdi kan ske vha. formlen

$$k_v = d^2/(25\sqrt{\zeta}), \text{ hvor}$$

$d$  er rørets indvendige diameter i mm

Rørdimensionerne vælges, så det samlede tryktab i rørsystemet ikke bliver større end tryktabet over radiatorventilerne; - allerhøjest dobbelt så stort.

*Rørudvidelse* beregnes vha. formlen

$$\Delta l = l f \Delta t, \text{ hvor}$$

$\Delta l$  er rørets længdeudvidelse i mm

$l$  er rørets længde i m

$f$  er materialets udvidelseskoefficient i mm/m

$\Delta t$  er forskellen mellem den højeste og laveste temperatur, røret kan blive udsat for.

Rørets bevægelser pga. udvidelsen skal kunne optages ved alle afgreninger. Ved lange lige rørstrækninger kan det være nødvendigt at indsætte kompensatorer for at reducere de samlede bevægelser, men det bør så vidt muligt undgås. Aksialkompensatorer skaber store kræfter på langs i røret og disse skal optages i fastspændinger. Samtidigt skal rørets placering fastholdes med styr, hvor røret kan glide på langs.

*Isolering:* Varmeanlæggets dele skal isoleres iht. (4). For anlæggets forskellige dele bestemmes isoleringsklassen ud fra driftsparameteren, der angives i °C gange sekunder. I praksis findes isoleringsklassen i

tabeller i (4) eller i leverandørernes katalogmateriale, hvor der også er tabeller over de dertil hørende isoleringstykkelser.

## Forsyningsanlæg

Varmeforsyningen dimensioneres til at kunne forsyne alle varmegivere samtidig. Hvis der er regnet med diskontinuert drift, kan det være fordelagtigt at forøge ydelsen med 15-20 %.

*Sikkerhedsventiler:* Skal dimensioneres iht. (5). Sikkerhedsventilerne skal monteres i umiddelbar forbindelse med kedel eller veksler og forbindelsen må ikke kunne afspærres.

For kedler skal ventilen kunne afblæse den maksimale dampmængde, som kedlen kan producere. Ydelsen for forskellige ventildimensioner fremgår af leverandørernes katalogmateriale.

For vekslere, hvor der ikke kan udvikles damp (i praksis alle fjernvarmevekslere), skal sikkerhedsventilerne kunne afblæse den vandudvidelse, som veksleren kan skabe ved den maksimale fremløbstemperatur fra værket. Desværre angiver ikke alle leverandører disse værdier i katalogmaterialet, men en 20mm ventil (mindste tilladelige dimension) er typisk i stand til at afblæse en vandmængde ved 3 bar, der svarer til vandudvidelsen fra en effekt på over 3MW.

*Ekspansionsbeholdere:* Ekspansionsbeholdere dimensioneres til at kunne optage vandets udvidelse fra rumtemperatur til den højeste normale driftstemperatur; normalt ca. 2,5 % af anlæggets vandindhold. Trykholdeanlæg, hvor enten trykket i beholderen styres automatisk eller hvorfra vandet pumpes op til anlæggets tryk, udnytter 90-95 % af beholderens volumen. Fortrykte beholdere kan derimod kun udnytte en lille del af beholderens volumen. Leverandørernes katalogmateriale indeholder tabeller og formler til beregning af udnyttelsesgraden.

## Styring og regulering

(3) kræver, at varmeafgivelsen fra varmegivere kan styres automatisk. Derudover skal fremløbstemperaturen reguleres automatisk efter udetemperaturen. Ved anlæg, der kun forsyner én bygning med højst to boligheder og højst 300 m<sup>2</sup> opvarmet areal, kan styringen dog være manuel. Det kan være hensigtsmæssigt at opdele anlægget i flere zoner med forskellige driftsbetingelser, fx så øst- og vestfacade kan styres individuelt, ligesom fx ventilationsvarmefflader og gulvvarmeanlæg ikke bør forsynes med samme temperatur, som radiatorerne.

Styring af rumtemperatur sker ofte vha. termostatiske radiatorventiler. I bygninger med køling kan det være nødvendigt at sammenkoble styringen af radiatorer og køleanlæg. Det kan ske med elektrisk styrede radiatorventiler forbundet til et fælles automatiksystem.