

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
242

UDK 697.4

VVS nr. 2, 1974

Poul Becher:
Fremløbstemperaturen

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1974



Fremløbstemperaturen

Civilingeniør, dr. techn. Poul Becher,
Statens Byggeforskningsinstitut

Den store fordel ved et vandvarmeanlæg er, at det kan reguleres centralt ved styring af fremløbstemperaturen.

For at kunne gøre dette må varmemesteren imidlertid have en realistisk tabel over fremløbstemperaturen i afhængighed af vejrforholdene. Hvis anlægget er korrekt beregnet, alle dele af anlægget har de rigtige dimensioner, og anlægget er indreguleret, er det uhyre nemt at finde fremløbstemperaturen. Det er blot som vist på fig. 1 på fri hånd at tegne en kurve fra den dimensionerende fremløbstemperatur, f. eks. 90 °C, ned til fremløbstemperaturen 20 °C ved 20 °C udetemperatur; kurven skal krumme svagt nedad, mest i den højre ende. Sådan er det bare aldrig i praksis.

Praksis

De danske og svenske undersøgelser og erfaringer, der kendes om dimensionering og drift, viser, at de fleste anlæg vist nok er betydeligt overdimensionerede og ikke ordentligt indregulerede.

Det viste sig direkte hos et stort rådgivende ingeniørfirma, hvor man begyndte at anvende EDB-beregning til bestemmelse af radiatorerne. Varmetabene faldt derved 20 % i forhold til den gammeldags håndberegning, hvor der hele tiden rundes opad ved alle måltagninger og mellemregninger.

Svenske undersøgelser tyder på, at der i gennemsnit i etageejendomme, hvor varmeanlægget ikke er indreguleret, bliver en forskel på 4,4 °C mellem temperaturen i varmeste og koldeste lejlighed (højest 6,6 og lavest 2,7 °C), og da der må køres med en høj fremløbstemperatur bestemt af den koldeste lejlighed, er der i snit henved 10 % brændsel at spare om året blot ved at indregulere anlæggene (1). Nyere svenske undersøgelser synes at vise, at der spares 15 % brændsel ved en indregulering, idet man jo derefter kan sænke temperaturerne, så der holdes samme temperatur i den koldeste lejlighed som før indreguleringen.

En dansk undersøgelse viser, at varmeanlæggene i praksis aldrig kommer op på den fremløbstemperatur, der er anvendt som dimensionerende (2).

Både i anlæg og drift er der meget store besparelser at hente ved at dimensionere korrekt og at indregulere.

Indregulering

Det er i mange tilfælde nødvendigt at indregulere et varmeanlæg, men det gøres vist nok yderst sjældent. Navnlig ved ældre anlæg er det påkrævet, ved nyere anlæg med større strømningsmodstand i rør og radiatorventiler er det noget bedre, såfremt radiatorventilerne eller strengmodstandene bliver indstillede korrekt efter rørdiagrammets anvisninger. Men det kan nok betale sig at undersøge, om anlægget trænger til indregulering.

Formentlig er det meget svært at finde nogen, der kan indregulere et varmeanlæg, det kræver både indsigt og tålmodighed. For en del år siden var der et firma, der forsøgte at specialisere sig i indregulering, men det gik

ikke. Nu med de store brændselspriser er der nok større chance for, at det går; der er i hvert fald nok at tage fat på landet over.

Beregning

Ved beregningen af et varmeanlæg kan der ikke på samme måde som ved en bærende konstruktion regnes med en vis sikkerhed. Et varmeanlæg skal være i balance, dvs. at forholdet mellem alle delene skal være rigtigt, således at hvis hele anlægget arbejder som forudsat ved beregningen, bliver der samme temperatur i alle rum.

Det ville derfor give bedst balance året igennem – i hvert fald ved tostrengsanlæg – hvis varmesæsonens middeltemperatur +4 °C blev valgt som den dimensionerende udetemperatur ved beregningen af rør og radiatorer. Kedlerne må selvfølgelig dimensioneres med en passende sikkerhed, f. eks. så de kan klare belastninger ved -12 °C ved en let bygning.

Beregningerne bør imidlertid i alle tilfælde gennemføres med den yderste omhu og akkuratse, alle mål, der indgår, bør være korrekte, og den sædvanlige uvane med at afrunde alle tal opad undervejs må bandlyses.

Det siger sig selv, at der må tages hensyn til varmeafgivelsen fra alle varmerør, der går igennem opvarmede rum.

Desuden må der regnes realistisk med de varmetilskud, som nu engang forekommer fra personer, belysning, maskiner, sol, madlavning, osv., osv. Men selvfølgelig må man ikke glemme, at anlægget skal kunne klare opvarmning i gråvejrs ved enhver vindretning. Alt i alt bliver beregningen af et varmeanlæg ganske besværlig.

Den virkelige fremløbstemperatur

Varmebalancen for et rum med en radiator kan skrives (3)

$$\begin{aligned}\Phi &= k(t_i - t_u)F \quad \text{for rummets varmetab} \\ &= a \Delta t_m^n \quad \text{for radiatorens varmeafgivelse} \\ &\quad \text{og} \\ &= Gc(t_F - t_R) \quad \text{for vandets afkøling}\end{aligned}$$

$$\text{med } \Delta t_m = \frac{t_F + t_R}{2} - t_i$$

gældende for en vilkårlig stationær tilstand. De dimensionerede temperaturer kan passende markeres med indeks o.

Her er

Φ	rummets varmetab kcal/h
k	ydevæggens transmissionstal kcal/m ² h°C
t_i	indetemperaturen °C
t_u	udetemperaturen °C
F	ydevæggens areal m ²
a	en konstant fundet ved måling af radiatorens varmeafgivelse
Δt_m	radiatorens middeltemperaturdifferens °C
n	en konstant for den pågældende radiator type fundet ved laboratoriemåling, 1,1 for enkelte panelradiatorer, 1,3 for søjleradiatorer af pladejern og 1,5 for støbejernradiatorer

01171P
Bibliotekseksemplar

-2. M.J. 1974 α |
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

G den konstante vandstrøm gennem radiatoren kg/h
 c vandets varmekapacitet kcal/kg°C
 t_F fremløbstemperaturen °C
 t_R returløbstemperaturen °C

Af disse ligninger fås

$$t_F = t_i + \left(\frac{t_{F,0} + t_{R,0}}{2} - t_{i,0} \right) \sqrt[n]{\frac{t_i - t_u}{t_{i,0} - t_{u,0}}} + \frac{t_{F,0} - t_{R,0}}{2} \frac{t_i - t_u}{t_{i,0} - t_{u,0}}$$

Sættes eksempelvis for et korrekt dimensioneret anlæg

$$t_{u,0} = -12^\circ\text{C}, t_{F,0} = 90^\circ\text{C}, t_{R,0} = 70^\circ\text{C}, t_i = t_{i,0} = 20^\circ\text{C} \text{ og } n = 1,3$$

finder man den kurve, der er vist på fig. 1. Men hvis nu

1 varmetabet i virkeligheden er mindre end det beregnede, f. eks. med forholdet mellem virkeligt og beregnet varmetab = $q \leq 1$

2 cirkulationspumpen er for stor (pumpeleverandøren er så god af sig, han vil gerne ligge på den »sikre« side), forholdet mellem virkelig og beregnet = $g \geq 1$

3 der er et vist varmetilskud i rummet fra personer, belysning osv., som forøger indetemperaturen Δt °C

bliver fremløbstemperaturen

$$t_F = t_i + \left(\frac{t_{F,0} + t_{R,0}}{2} - t_{i,0} \right) \sqrt[n]{\frac{t_i - \Delta t - t_u}{t_{i,0} - t_{u,0}}} q + \frac{t_{F,0} - t_{R,0}}{2} \frac{t_i - \Delta t - t_u}{t_{i,0} - t_{u,0}} \frac{q}{g}$$

idet den rigelige varmetabsberegning betyder, at der er regnet med for stor dimensionerende temperaturdifferens

altså ikke $t_{i,0} - t_{u,0}$ men $\frac{t_{i,0} - t_{u,0}}{q}$

den for store pumpe betyder nedsat afkøling i radiatoren

altså ikke $t_{F,0} - t_{R,0}$ men $\frac{t_{F,0} - t_{R,0}}{g}$

og varmetilskuddet bevirker nedsat opvarmningsgrad

altså ikke $t_i - t_u$ men $t_i - \Delta t - t_u$

Praktiske værdier

For at opstille anvendelige tabeller over fremløbstemperaturen kan regnes med følgende værdier

indetemperatur konstant $t_i = t_{i,0} = 20^\circ\text{C}$

fremløbstemperatur $t_{F,0} = 95, 90, 85$ og 80°C

afkøling $t_{F,0} - t_{R,0} = 10$ og 20°C

temperaturpotensen $n = 1,3$

og varmetilskuddet som vist på fig. 2.

På fig. 3 er vist resultaterne af beregningerne af EDB. Det fremgår heraf, at forskellen i afkøling fra 10 til 20°C bevirker en forskel i fremløbstemperaturen omkring $0,3-0,7^\circ\text{C}$, altså under den nøjagtighed, hvormed fremløbstemperaturen kan indstilles.

På fig. 4 er givet de fremløbstemperaturer, som kan angives i varmemesterens instruks og anvendes i praksis.

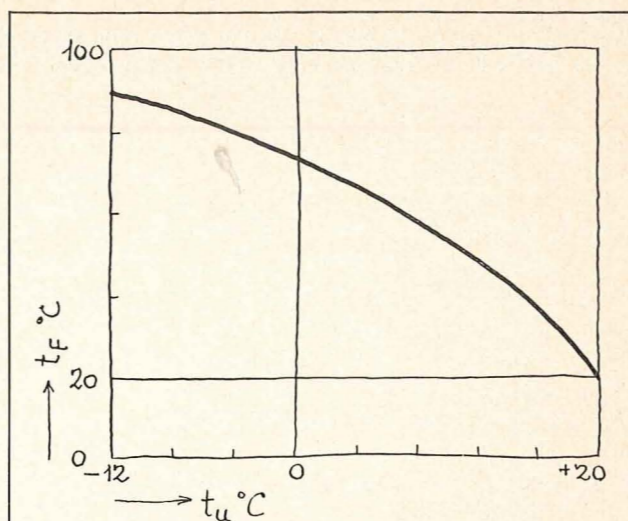


Fig. 1. Fremløbstemperaturen således som den vil blive for et korrekt dimensioneret varmeanlæg, som anført i teksten.

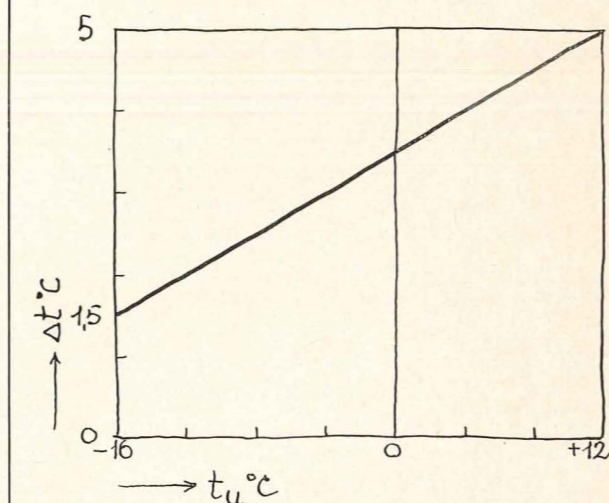


Fig. 2. Den opvarmning Δt , som varmetilskuddet fra personer, lys m. v. bevirker i afhængighed af udetemperaturen t_u .

ude-temperatur t_u °C	fremløbstemperatur i °C ved $t_{F,0}/t_{R,0}$							
	95/85	95/75	90/80	90/70	85/75	85/65	80/70	80/60
-16	92,8	92,3	87,9	87,5	83,0	82,6	78,2	77,7
-14	89,1	88,6	84,4	83,9	79,8	79,3	75,2	74,6
-12	85,3	84,7	80,9	80,3	76,5	75,9	72,1	71,5
-10	81,4	80,9	77,3	76,7	73,1	72,6	69,0	68,4
-8	77,5	76,9	73,6	73,0	69,7	69,1	65,9	65,2
-6	73,5	72,8	69,9	69,2	66,3	65,6	62,6	62,0
-4	69,4	68,7	66,0	65,4	62,7	62,0	59,4	58,7
-2	65,2	64,5	62,1	61,5	59,1	58,4	56,0	55,4
0	60,9	60,2	58,1	57,5	55,4	54,7	52,6	51,9
2	56,5	55,8	54,0	53,3	51,5	50,9	49,0	48,4
4	51,9	51,3	49,7	49,1	47,6	46,9	45,4	44,8
6	47,1	46,5	45,3	44,7	43,4	42,8	41,6	41,0
8	42,1	41,6	40,6	40,0	39,1	38,5	37,6	37,0
10	36,7	36,3	35,6	35,1	34,4	34,0	33,3	32,8
12	30,9	30,5	30,1	29,7	29,3	29,0	28,6	28,2

Fig. 3. Fremløbstemperaturen beregnet under hensyn til overdimensionering og varmetilskud.

ude-temperatur t_u °C	fremløbstemperatur t_F ved den dimensionerende fremløbstemperatur på											
	95°C			90°C			85°C			80°C		
	stille	jævn blæst	stærk blæst	stille	jævn blæst	stærk blæst	stille	jævn blæst	stærk blæst	stille	jævn blæst	stærk blæst
-16	89	93	97	84	88	92	79	83	87	74	78	82
-14	85	89	93	80	84	88	76	80	84	71	75	79
-12	81	85	89	77	81	85	72	76	80	68	72	76
-10	77	81	85	73	77	81	69	73	77	65	69	73
-8	73	77	81	69	73	77	65	69	73	62	66	70
-6	69	73	77	66	70	74	62	66	70	58	62	66
-4	65	69	73	62	66	70	58	62	66	55	59	63
-2	61	65	69	58	62	66	55	59	63	52	56	60
0	57	61	65	54	58	62	51	55	59	48	52	56
2	52	56	60	50	54	58	47	51	55	45	49	53
4	48	52	56	45	49	53	43	47	51	41	45	49
6	43	48	51	41	45	49	39	43	47	37	41	45
8	40	44	47	37	41	45	35	39	43	35	38	41
10	37	41	45	35	39	43	35	37	41	35	36	39
12	35	39	43	35	37	41	35	35	39	35	35	37

Fig. 4. Fremløbstemperaturen som den kan angives i instruks for pasning af varmeanlæg.

Da varmetabsberegningen som regel forudsætter jævn blæst, må der korrigeres for afvigende forhold. Det kan anbefales at nedsætte fremløbstemperaturen 4°C ved vindstille og forøge den 4°C ved stærk blæst. Ved de højeste udetemperaturer henimod varmesæsonens slutning ved $+12^\circ\text{C}$ udvendig bør der ikke regnes med mindre end 35°C i fremløbstemperatur, se fig. 4.

Litteratur

- (1) Ernst Reijner och Bo Adamson, Pröv med fördelningsmätare för värme och varmvatten, SNB rapport 36, Stockholm 1956, 31 sider.
- (2) Poul Becher og Peter Olufsen, Er vore centralvarmeanlæg overdimensionerede?, Varme nr. 2, 1957, eller SBI særtryk 95, 1958.
- (3) Poul Becher, Varme og ventilation, bind 3, København 1972, side 205-212.