

Indholdsfortegnelse

Side

1. Indledning	3
2. Anvendelsesområde	5
3. Planlægning og projektering	6
3.1 Fastlæggelse af effektbehov	6
3.1.1 Rumvarme	6
3.1.2 Varmt brugsvand	8
3.2 Fastlæggelse af dimensioneringstemperatur	9
3.2.1 Direkte forbundne anlæg	9
3.2.2 Indirekte forbundne anlæg	9
3.3 Valg af anlægsdele	10
3.3.1 Systemvalg	10
3.3.2 Gulvvarme	11
3.3.3 Radiatorer	13
3.3.4 Radiatorventiler	14
3.3.5 Brugsvandsopvarmning	16
4. Udførelse af varmeinstallationer	21
4.1 Gulvvarmeanlæg	21
4.1.1 Betongulv med gulvvarme	21
4.1.2 Trægulv med gulvvarme	21
4.1.3 Lægning af gulvvarme	25
4.2 Radiatoranlæg	27
4.3 Brugsvandsopvarmning	28
4.4 Afluftning af anlæg	30
4.4.1 Afluftning i direkte tilsluttede anlæg	31
4.4.2 Afluftning i indirekte tilsluttede anlæg	32
4.5 Isolering af installationer	33
4.5.1 Rør indstøbt i eller under betongulve og til forsyning af radiatorer	34
4.5.2 Rør, der løber gennem andre rum end det som de forsyner	35
4.5.3 Rør og armaturer i fjernvarmeunits	36
4.5.4 Fjernvarmetilslutning i bygning	37

Indholdsfortegnelse

Side

5. Indregulering og kontrol	38
5.1 Indregulering	38
5.1.1 Gulvvarme	38
5.1.2 Radiatoranlæg	40
5.1.3 Brugsvand	42
5.1.4 Fremløbstemperatur i direkte forbundne anlæg	42
5.1.5 Fremløbstemperatur i indirekte forbundne anlæg og i anlæg med blandesløjfe	43
5.1.6 Fremløbstemperatur i et-strengsanlæg	43
5.2 Kontrol	44
5.2.1 Returtemperatur	44
5.2.2 Maksimalt flow	45
6. Ibrugtagning af varmeanlæg	46
6.1 Udførelseskontrol	46
6.2 Afleveringskontrol	46
6.3 Driftskontrol	47
Bilag	49
Principdiagram for tilslutning af radiatorer som supplerende varmekilde til gulvvarmeanlæg	

1. Indledning

"Bedre Brugerinstallationer" er et tillæg til DFF-Vejledningen "Brugerinstallationer".

Den eksisterende DFF-Vejledning "Brugerinstallationer" vedrører alene tilslutningsanlægget til brugernes varmeinstallation og vandinstallation for varmt brugsvand, men beskæftiger sig ikke med en hensigtsmæssig og energirigtig udformning af disse installationer.

Tillægget "Bedre Brugerinstallationer" tager udgangspunkt i brugernes anlæg og udformningen af disse anlæg med henblik på at optimere funktionen og økonomien i hele fjernvarmeanlægget fra brugerens anlæg til produktionsanlægget i den anden ende. Tillægget udgør et værktøj i fjernvarmeværkernes energirådgivning over for forbrugerne i én- og tofamilies ejendomme samt række- og kædehuse og anden tæt-lav bebyggelse.

Udviklingen på installationsområdet i byggeriet har i de seneste år ikke været optimal med hensyn til energirigtig projektering og udførelse, og afkølingen af fjernvarmevandet er i nybyggeriet ofte langt under det ønskede. Bygningsreglementets krav på dette område har således vist sig at være svage og ikke tilstrækkelige til at fastholde en udvikling i den rigtige retning.

Således er der ofte set eksempler på, at gulvvarmeanlæg og brugsvandsvarmevekslere har ført til et stigende energiforbrug og en faldende afkøling, som følge af fejlagtigt komponentvalg og dårlig eller direkte fejlagtig udførelse. Dette uanset, at korrekt komponentvalg og hensigtsmæssig udførelse kunne bevirke en reduktion af energiforbruget og en forbedret afkøling.

Energistyrelsen skriver således i Energispareredegørelsen – Maj 2003:

- Erfaringerne viser, at VVS-firmaer og andre installatører ofte ikke anbefaler de energieffektive produkter, selvom disse er økonomisk attraktive for forbrugerne, og at de heller ikke oplyser om disse som et alternativ. Det gælder fx i forbindelse med køb af kedler, cirkulationspumper mv. Årsagen hertil er bl.a. manglende viden og usikkerhed om driftssikkerhed, installation mv. Der er her tale om en situation, hvor oplysningerne om totalomkostningerne – dvs. omkostninger ved anskaffelse, drift, vedligeholdelse og bortskaffelse ikke i tilstrækkeligt omfang er til stede for køberen.
- Der er gennemført en række større demonstrationsprojekter med anvendelse af energibevidst projektering. Disse projekter viser, at det ikke er usædvanligt at spare 50 % af energiomkostningerne sammenlignet med konventionelle anlæg, og tilbagebetalingstiderne er typisk under 3 år og negativ for visse anlæg. Dette viser, at der kan være tale om en meget omkostningseffektiv metode til reduktion af energiforbruget.
- Til trods herfor anvendes energibevidst projektering kun i begrænset omfang.
- Arbejdet med udbredelsen af metoden, så det bliver normal praksis at anvende energibevidst projektering i forbindelse med alle nye anlæg og bygninger, vil fremover primært blive varetaget af de forskellige interessenter.

Det er målet med "Bedre Brugerinstallationer", at den dels kan være til gavn for fjernvarmeværkets egne medarbejdere i deres vejledning af forbrugerne, men også for de kommende forbrugere, der skal bygge nyt eller renovere eksisterende anlæg.

Endvidere er det målet, at "Bedre Brugerinstallationer" kan være medvirkende til højnelse af forståelsen for energirigtige installationer blandt byggeriets parter, herunder VVS-branchen.

Vejledningen stilles således frit til rådighed for fjernvarmeværkerne, deres forbrugere, byggeriets rådgivere, bygherrer og komponentleverandører samt VVS-branchen.

2. Anvendelsesområde

Vejledningen dækker DFF's anbefaling ved planlægning og projektering samt udførelse og kontrol af radiatorinstallationer, gulvvarmeinstallationer, installationer for varmt brugsvand samt tilkobling af varmeflader i ventilationsanlæg og tørreskabe.

Vejledningen er et supplement til DS418, DS439, DS452, DS469, SBI-anvisning 175, bygningsreglementet BR95 og bygningsreglementet for småhuse (alle inkl. eventuelle tillæg) og erstatter på ingen måde disse standarder. I januar 2006 træder EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne i kraft. Det vil betyde en ændring af bygningsreglementet. Alle tal i nærværende vejledning er fastlagt, så de forventes at overholde de nye krav.

3. Planlægning og projektering

3.1 Fastlæggelse af effektbehov

For at fastlægge effektbehovet til en ejendom skal der både beregnes, hvor stor effekt der skal etableres til rumopvarmning, og hvor stor effekt der skal etableres til opvarmning af varmt brugsvand. Summen af disse to udgør den samlede effekt, der skal etableres.

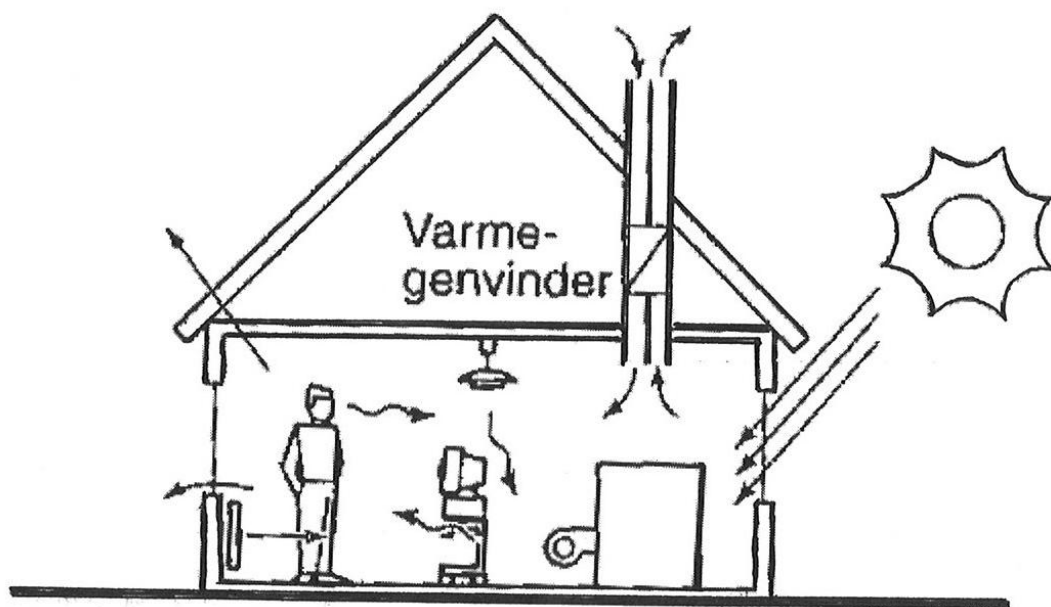
Tilslutningsanlægget kan dog forsynes med brugsvandsprioritering eller anden form for effektbegrænsning.

3.1.1 Rumvarme

Fastlæggelse af effektbehovet til rumvarme skal som hovedregel ske ved en varmetabsberegning. I forbindelse med ny-etablering af installationer må det anbefales at foretage en beregning.

De væsentligste parametre hertil er:

- Transmissionstab
- Ventilationstab
- Dimensionerende vejrforhold
- Bygningens termiske træghed
- Ønsket indetemperatur.



Figur 1. Ud over varmeanlægget bidrager også andre varmekilder til varmeafgivelse. På tegningen er vist både ind- og udgående varmepile.

Skal der laves meget detaljerede varmetabsberegninger, hvori alle parametrene indgår, anbefales det at anvende et af de mange udbudte edb-programmer.

Mere enkle beregninger kan dog foretages med en tilstrækkelig nøjagtighed til at kunne dimensionere et fjernvarmeanlæg til en én- eller tofamiliebolig.

I eksisterende boliger, hvor radiatorer skal udskiftes, eller anlægget af anden årsag skal renoveres, kan der laves et overslag på varmetabet ud fra følgende:

Der skelnes mellem tre kategorier af bygninger:

Bygninger efter 1995:	Isoleringsmæssig standard ifølge bygningsreglementet af 1995 samt lofthøjde ca. 2,35m
Bygninger efter 1977:	Isoleringsmæssig standard ifølge bygningsreglementet af 1977 samt lofthøjde ca. 2,35m
Bygninger før 1977:	Almindeligt isolerede huse med vinduer med to lag glas samt max. lofthøjde ca. 2,55m

Varmetabet beregnes derefter:

	Huse efter 1995 W/m ² gulvareal	Huse efter 1977 W/m ² gulvareal	Huse før 1977 W/m ² gulvareal
En ydervæg	45	55	75
To ydervægge	55	65	90
Tre ydervægge	65	75	100
Små rum under 10 m ² (ex. baderum)	65	75	100
Indvendige gangarealer	20-25	30-35	40
Høje rum (ex. skråloft)	+10	+10	+15

Ejendomme fra før 1955 vil umiddelbart have et væsentligt højere varmetab. Her vil det være både økonomisk og komfortmæssigt fordelagtigt først at bringe bygningen op til en bedre standard, primært hvad angår isolering og vinduer, og derefter installere/renovere varmeinstallationen svarende til "isolerings-niveauet". En opdatering til "Bygninger før 1977" er umiddelbart mulig, men en opdatering til BR77 (Bygninger efter 1977) anbefales.

De angivne varmetab forudsætter normal vinduesstørrelse. I rum med store vinduesarealer, eksempelvis glaskarnapper, kan varmetabet være væsentligt større, og varmeanlægget bør dimensioneres med en højere dimensionsgivende effekt..

Også i tilfælde, hvor man ønsker "hurtig genopvarmning" efter, at temperaturen har været sænket, kan det være nødvendigt at dimensionere varmeanlægget med en højere dimensionsgivende effekt.

Hvis man ønsker at overslagsdimensionere ud fra vandmængden kan følgende tommelfingerregler benyttes ved $\Delta t = 40$ °C:

God isolering, varmebehov 40-45 w/m ²	~ 1 l vand pr. time pr. m ² opvarmet lokale
Mellemgod isolering, varmebehov 60-70w/m ²	~ 1,5 l vand pr. time pr. m ² opvarmet lokale
Dårlig isolering, varmebehov 80-90W/m ²	~ 2 l vand pr. time pr. m ² opvarmet lokale

3.1.2 Varmt brugsvand

Fastlæggelse af effektbehov til varmt brugsvand skal ske ud fra DS439 Norm for vandinstallationer samt vejledningerne i SBI-anvisning 175.

Bygningsreglementets retningslinier foreskriver, at brugsvandsanlægget dimensioneres for en fjernvarmefremløbstemperatur på 60 °C med en afkøling på mindst 20 °C.

Brugsvandsanlæg ved veksler bør i dag dimensioneres med en fremløbstemperatur på 60 °C og en afkøling på 40 °C. Den væsentligt bedre udnyttelse af vandet begrænser vandmængden i stikket betydeligt. Endvidere er det forventet, at bygningsreglementets krav på dette område vil blive strammet med det ny bygningsreglement i 2005.

Af DS439 fremgår et tappeprogram for, hvilke krav en varmtvandsinstallation til en én-familiebolig skal kunne overholde. Hvilken effekt, der skal installeres, afhænger primært af, hvilken metode der ønskes anvendt til fremstilling af varmt brugsvand: Varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer (brugsvandsvarmeveksler). Se nærmere om de to typer i afsnit 3.3 (Brugsvandsopvarmning).

Vælges der en løsning med varmeveksler, svarer dette til et beholdervolumen på 0 liter. Af tappeprogrammet fremgår derefter, at den nødvendige effekt er 32,3 kW. Det er den effekt, der bestemmer vandmængden.

Idet der regnes med et tillæg for tilstening og belægninger på 15 % medfører det, at der skal kunne ydes en effekt svarende til 37 kW. Det er den effekt, der er katalogværdien.

Vælges der varmtvandsbeholder, er det beholderens størrelse, der er afgørende for effektbehovet. I kataloger over varmtvandsbeholdere fremgår, hvilke effekter varmespiralerne har. Det er således også muligt at gå den vej, at man ud fra den tilrådighed værende effekt vælger en beholder, der derved får et givent volumen. Sidstnævnte gælder særligt for renovering af eksisterende anlæg. Husk ved anvendelse af de opgivne effektværdier i kataloger, at disse skal fratrækkes ca. 15 % i stening og belægningstillæg. Hvis eksempelvis effekten er opgivet i kataloget til 3,5 kW bliver den effektive effekt kun 3,5 kW: $1,15 = 3 \text{ kW}$. Det er således værdien på 3 kW, der anvendes, når beholderstørrelsen efterfølgende findes ved brug af kurven i afsnit 3.3.

Det er ligeledes den værdi, der anvendes ved dimensionering af stikledningen, i eksemplet her 3 kW.

Der er forskel på effektbehovet afhængigt af, om boligen er forsynet med badekar eller ej. Dette fremgår nærmere af afsnit 3.3.

Endelig afhænger beholdervolumen også af, hvilken temperatur man ønsker at holde på vandet i beholderen. Se videre om valg af anlægstype samt temperaturer i varmtvandsbeholdere i afsnit 3.3 og 4.3.

3.2 Fastlæggelse af dimensioneringstemperatur

3.2.1 Direkte forbundne anlæg

I direkte forbundne anlæg er det fjernvarmeværkets vand, der cirkulerer i de interne installationer. Det betyder også, at der kan regnes med den fremløbstemperatur, fjernvarmeværket oplyser som gældende hos forbrugeren (ved stikledningens start). Der skal fraregnes 1-2 °C som tab i stikledningen.

Fremløbstemperaturen fås ved henvendelse til fjernvarmeselskabet. Det er væsentligt at kontrollere værkets leveringsbetingelser for at sikre korrekt dimensionering.

Dersom temperaturen ikke kan oplyses, dimensioneres efter bygningsreglementets retningslinier, som er 70 °C i fremløbstemperatur og en afkøling på mindst 30 °C ved en udetemperatur på -12 °C.

3.2.2 Indirekte forbundne anlæg

Ved et indirekte forbundet anlæg varmeveksles fjernvarmevandet i en unit med vandet i det interne anlæg. Derefter skal det "interne vand" løbe ud til den enkelte radiator. Det betyder, at hvis fjernvarmeselskabets leveringsbetingelser garanterer 65 °C i fremløbsledningen, og vandet derefter skal løbe gennem stikledning, varmeveksles i unit-en og løbe ud til den enkelte radiator vil temperaturen ved radiatorens indløb ligge på omkring 60 °C. Regnes der med en afkøling på 30 °C over radiatoren, hvilket medfører en returtemperatur på 30 °C, betyder det en middeltemperatur på 45 °C på radiatoren.

Hvis værkets leveringsbestemmelser ikke indeholder oplysninger om temperaturer, dimensioneres, ligesom ved direkte anlæg, efter bygningsreglementets retningslinier, som er 70 °C i fremløbstemperatur og en afkøling på mindst 30 °C ved en udetemperatur på -12 °C. Der må stadig påregnes et temperatortab på ca. 5 °C frem til radiatoren, hvilket betyder en indløbstemperatur i radiatoren på 65 °C og en returtemperatur fra radiatoren på 35 °C. Ud fra disse dimensioneringskrav opnås en middeltemperatur på 50 °C på radiatoren. Radiatorer i indirekte forbundne anlæg skal derfor dimensioneres med en større radiatorfaktor end direkte tilsluttede anlæg skal.

Vælges radiatoren ud fra et radiatorkatalog, der oftest er udlagt for 70 °C i fremløb og en afkøling på 30 °C, svarende til returtemperatur på 40 °C og en middeltemperatur på 55 °C på radiatoren, er der ikke taget højde for temperaturfaldet fra fremløb i ejendommen og ud til den enkelte radiator (de anførte ca. 5 °C). Det vil efterfølgende blive vanskeligt at opnå tilstrækkelig god afkøling på radiatoren og dermed en optimal og økonomisk drift.

Mange radiatorfabrikanter udlægger i dag også radiatorkataloger for temperaturerne 65 °C i fremløbs- og 35 °C i retur-temperatur. Hvis sådanne findes, bør disse anvendes, når radiatorer vælges til indirekte anlæg.

3.3 Valg af anlægsdele

3.3.1 Systemvalg

Der er flere forskellige måder at opbygge sin installation til rumvarme. Skemaet viser de hyppigst anvendte samt i stikordsform fordele og ulemper.

Hvilket anlæg, der skal vælges, afhænger af prioritering af kriterierne: Anlægsøkonomi, driftsøkonomi, justerings-muligheder og -hastigheder, ønsket komfortniveau, flexibilitet ved evt. udbygning af anlæg osv..

ANLÆGSTYPE	FORDELE	ULEMPER
enstrenget radiatoranlæg	Færre rør at montere og efterfølgende se på (ved synlig installation). Materialebesparende Billigt at etablere	Meget vanskeligt at opnå god afkøling og driftsøkonomi. Kræver meget omhyggelig dimensionering og indregulering. Svært at opnå god komfort i alle rum samtidig. Svært at ombygge/tilbygge Radiatorerne skal være forskellige i størrelse selv til to ens rum, idet vandtemperaturen bliver lavere i vandstrømmens retning Uforholdsmæssigt stort varmetab fra ringledningen
tostrenget radiatoranlæg med parallel fremføring	Enkelt at montere Ens radiatorer i ens rum Enkelt at indregulere Anbefales som installation i en- og tofamilieboliger med ren radiatorvarme	Radiatorerne skal være med 4-rørs-tilslutning ved rørføring i gulv, hvor der ikke må være skjulte samlinger
tostrenget radiatoranlæg med vendt retur	Sikrer lige lange rørstrækninger til alle radiatorer og dermed ens trykfald over den enkelte radiator	For meget ekstra-arbejde i forhold til nytte på et lille anlæg. Kan vanskeligt udføres som skjult installation uden krybekælder
tostrenget radiatoranlæg med fordelerrørsinstallation	Installationen kan udføres uden skjulte samlinger med standardradiatorer	Installationen omkring fordelingen er kompliceret i forhold til den nytte, det kan give på et lille anlæg. Der medgår mange meter rør, og dermed følger også et større varmetab.

ANLÆGSTYPE	FORDELE	ULEMPER
udelukkende gulvvarme	Ingen kolde gulve Lavere temperatur i rummet kan give samme komfort, idet varmen naturligt stiger op mod loftet Møblering af rummet kan ske uden hensyntagen til radiatorer. Let at rengøre rummene	Trægt at regulere. Stiller store krav til isolering og til udførelse. Øget varmetab i installationsrummet Forleder til uhensigtsmæssigt varmekonsum. Risiko for træk ved kuldenedfald fra vinduespartier.
gulvvarme i kombination med et tostrengt radiatoranlæg**	Der opnås gulvvarmens komfort og radiatorernes reguleringsmulighed. Meget ideel og anbefalelsesværdig installation	Dyrt af etablere
luftvarmeanlæg	Meget billigt at etablere	Dyrt i drift Dårlige reguleringsmuligheder Giver ofte dårlig afkøling af fjernvarmevandet.

*** Installationsdiagram for gulvvarme med supplerende radiatorvarme er vedlagt som bilag.*

3.3.2 Gulvvarme

Myndighederne stiller krav om, at varmetabet til omgivelserne skal minimeres mest muligt. Krav i henhold til Bygningsreglementet (U-værdikrav) til boliggulve:

Gulv med gulvvarme	max. 0,15 W/(m ² ·°C)
Gulv uden gulvvarme	max. 0,20 W/(m ² ·°C)

Det højere isoleringskrav til gulv med gulvvarme skyldes, at man her har konstateret et større varmetab i forhold til gulv uden gulvvarme. Større varmetab betyder større varmekonsum.

Der er endvidere skærpede krav til varmetabet gennem selve fundamentet til den omkringliggende jord:

Fundament med gulvvarme	0,20 W/m ² ·°C
Fundament uden gulvvarme	0,25 W/m ² ·°C

Gulvvarmeanlægs varmeydelse afhænger af gulvbelægningen, betonlagets og røroverdækningens varmeledningsevne, rørafstand, rørdiameter, rørtype og isolering under rørene.

Af kurven herunder kan gulvvarmens maksimale varmeydelse findes.

Ved gulvvarme i trægulve bør overfladetemperaturen holdes under 27°C, da gulvet ellers føles ubehageligt at gå på. Ved gulvvarme i betongulve gælder, at overfladetemperaturen bør holdes under 29°C. Ved baderum kan temperaturen dog være højere, da disse ikke er permanente

opholdsrum. Af hensyn til udtørring af trægulve anbefaler flere trægulvsleverandører lavere temperaturer. Kontakt leverandøren af trægulvet for uddybning.

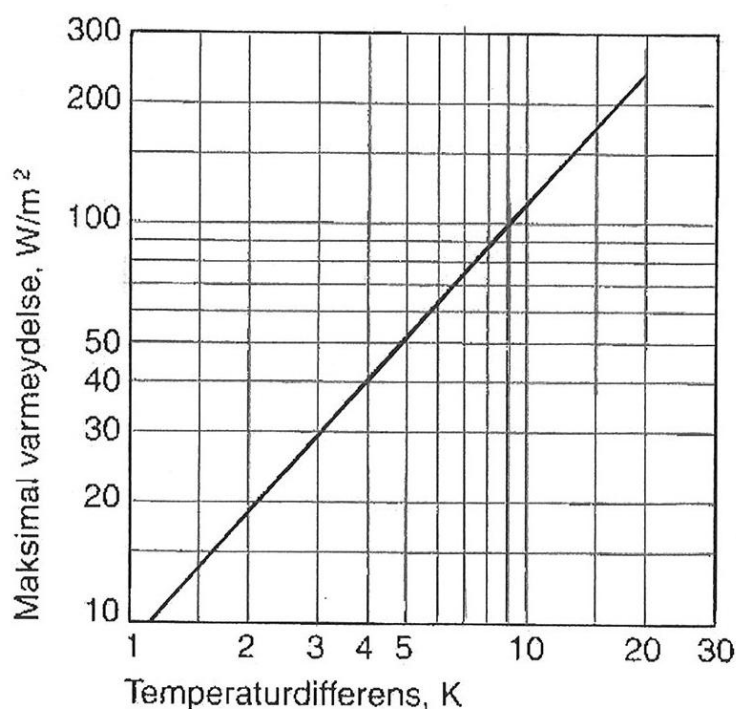
Ud fra en varmetabsberegning vælges et gulvvarmesystem, og temperaturerne kan efterfølgende kontrolleres.

Hvis der eksempelvis installeres et gulvvarmesystem med en max. effekt på 75 W/m^2 , aflæses 75 på den lodrette akse. Der fortsættes vandret i diagrammet til skæring med kurven. Herefter aflæses temperaturdifferensen på den vandrette akse til 7 K. Det betyder, hvis max. gulvtemperatur må være 27°C , at max. rumtemperatur bliver $27-7=20^\circ\text{C}$.

Er varmebehovet mindre end 75 W/m^2 , vil der kunne leveres en højere temperatur end de 20°C .

Er varmebehovet større, vil der kunne leveres en lavere temperatur, hvilket vil betyde, at der skal vælges et gulvvarmeanlæg med større max effekt, idet det ellers ikke vil være muligt at opnå tilstrækkelig høj rumtemperatur.

Er huset 130 m^2 , giver det et samlet effektforbrug på : $130 \text{ m}^2 \cdot 75 \text{ W/m}^2 = \underline{9750 \text{ W}}$



Figur 2. Kurven viser varmeydelse i forhold til temperaturdifferens.

Ved at sammenholde værdierne fra skemaet i afsnit 3.1.1 (Rumvarme) med kurven herover, kan det ses, at i huse opført før 1977 vil varmetabet ligge på $90\text{-}100 \text{ W/m}^2$. Af kurven herover fremgår så, at et gulvvarmeanlæg med effekt på 100 W/m^2 eller mere giver en temperaturdifferens på min. 9 K. Med max gulvtemperatur på 27°C , kan der således opnås max. 18°C i rummet, hvilket må anses som for lav temperatur. I disse huse skal gulvvarme suppleres med et radiatoranlæg.

For standardtyper af gulvvarmeanlæg kan tilsvarende værdier findes i leverandørkatalogerne. Er værdien for varmeydelsen kendt, kan der ved hjælp af leverandørkataloget findes hvilken tæthed, slangerne skal udlægges med.

For ikke-standardtyper af gulvvarmeanlæg henvises til den europæiske norm EN1264, idet fabrikanternes informationsmateriale foreskriver en afprøvning af varmeydelsen.

Det er altafgørende ved dimensionering af gulvvarmeanlæg, at der tages hensyn til den isolerende virkning af den aktuelle gulvbelægning (det færdige gulv). Lægges der eksempelvis et tæppe oven på et bøjleparketgulv, der er udlagt på et betongulv, vil temperaturen i betonpladen stige væsentligt, hvis den ønskede rumtemperatur skal holdes.

Der kan tages udgangspunkt i nedenstående skema, hvis gulvvarme overvejes:

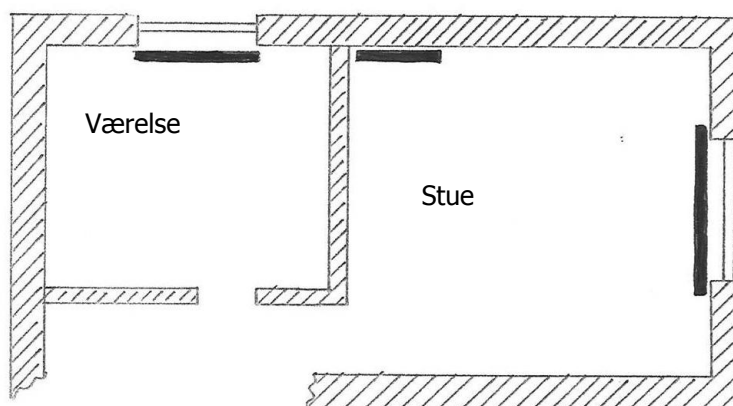
	Gulvvarme tilrådelig	Gulvvarme frarådes
Betongulv med klinker	X	
Betongulv med linoleum	X	
Betongulv med faste tæpper	X	
Betongulv med bøjleparket	X*	
Betongulv med laminatgulv	X*	
Betongulv med bøjleparket + fast tæppe		X
Betongulv med laminatgulv + fast tæppe		X
Trægulv med direkte gulvvarme	X*	

*) Se nærmere under afsnit 4.1 vedrørende udførelse.

3.3.3 Radiatorer

I henhold til bygningsreglementet BR95 dimensioneres varmeanlæg tilsluttet fjernvarme med fremløbstemperatur på 70 °C og en afkøling på mindst 30 °C ved -12 °C udetemperatur.

Eksempel:



Figur 3. Huset er opført i 1982

Effektværdier fås af skema i afsnit 3.1

$$\begin{array}{ll} \text{Værelse på } 16 \text{ m}^2, \text{ to ydervægge} &= 16 \text{ m}^2 \cdot 65 \text{ W/m}^2 &= \underline{1040 \text{ W}} \\ \text{Stue på } 40 \text{ m}^2, \text{ tre ydervægge} &= 40 \text{ m}^2 \cdot 75 \text{ W/m}^2 &= \underline{3000 \text{ W}} \end{array}$$

Radiatorerne vælges fra katalog 70/40°C. Der vælges en radiator med kapacitet cirka 20% over det beregnede. Det sker primært af to årsager: Dels er der sjældent 70°C i fremløbet ude ved radiatoren. Der er snarere tale om en temperatur på 60-65°C, jævnfør afsnit 3.2.2. Dels bør der kompenseres for, at forbrugeren placerer gardiner, borde etc. ved radiator samt maler radiatoren yderligere:

$$\begin{array}{ll} \text{Værelse:} & 1,2 \cdot 1040 = \underline{1248 \text{ W}} \\ \text{Stue:} & 1,2 \cdot 3000 = \underline{3600 \text{ W}} \end{array}$$

Nærmeste større størrelse i kataloget vælges. Til stuen fordeles kapaciteten evt. på to radiatorer (fordeling ca. 30%/70%, størst under vindue) for at sikre komforten i rummet.

I afsnit 3.1 om fastlæggelse af effektbehov er nævnt en tommelfingerregel, hvorved man dimensionerer ud fra vandforbruget. I eksemplet herover er huset bygget efter bygningsreglementet fra 1977, hvilket kan karakteriseres som en mellemgod isolering. Ovenstående eksempel giver da et effektbehov til opvarmning på:

$$\text{Stue + værelse: } 16 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2 + 40 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2 = \underline{84 \text{ l/h}}$$

3.3.4 Radiatorventiler

Hver enkelt radiator påmonteres en reguleringsmulighed. Her findes flere muligheder:

- Ventil på fremløb
- Returtermostat
- Radiatortermostat (ofte kaldet fremløbstermostat)
- Radiatortermostat med fjernføler (fremløbstermostat med fjernføler)

Gamle radiatoranlæg er oftest kun forsynet med manuelle ventiler. Det gør det muligt at justere den mængde vand, der strømmer gennem radiatoren.

En returtermostat er indstillet til at lukke, når vandet, der forlader radiatoren, når den ønskede temperatur. Denne styringsmulighed er udbredt i byggeri fra sidste halvdel af 1960'erne. Den type styring styrer efter vandtemperaturen, ikke efter rumtemperaturen. Det betyder eksempelvis, at der ikke kan "tages højde for" solindfald, hvilket medfører et unødigt varmeforbrug. Returtermostaten kan sikre god afkøling, men det sker på bekostning af komforten. Det er ikke længere lovligt ifølge bygningsreglementet at lave nybygning, der kun er styret med returtermostater. Der er krav om, at der skal være radiatortermostater eller lignende på alle radiatorer i alle rum. Dog må der godt laves returstyring af mindre områder eksempelvis gulvvarme i badeværelse.

I nyere byggeri er der oftest anvendt fremløbstermostater. Der reguleres efter en ønsket temperatur på luften omkring termostaten. Vandtilførslen til radiatoren stopper, når den ønskede lufttemperatur nås.

Termostaten kan udstyres med fjernføler. Derved kan man styre efter lufttemperaturen på det sted, hvor føleren er monteret. Dette kan især være en fordel, hvis radiatoren er placeret under en bred vindueskarm, hvor luften vil "stå stille" lige rundt om termostaten og ikke vil være repræsentativ for lokalets lufttemperatur.

Hvis der er monteret fremløbstermostat, og dør eller vindue åbnes, vil termostaten registrere faldende lufttemperatur og åbne for vandtilførsel til radiatoren. Derfor skal radiatortermostaten altid lukkes, når lokalet udluftes.

Af samme årsag bør alle radiatorer med fremløbstermostater også være forsynet med vandmængdebegrænsere. Vandmængdebegrænseren kan være indbygget i termostatventilen som eksempelvis på Danfoss RA-U, eller den kan være monteret som returkobling med vandmængdebegrænsere som eksempelvis TA Raditrim.

Hvis der ikke er monteret vandmængdebegrænsere på de enkelte radiatorer, bør der som minimum monteres en fælles flow- eller temperaturbegrænsere i tilslutningsanlægget.

Et anlæg, der i forvejen er forsynet med returtermostater, kan forbedres ved at montere fremløbstermostater. Husk da, at returtermostaten skal bevares, idet den derved kan virke som vandmængdebegrænsere. Regulering skal ske, så fremløbstermostaten er den primære regulering, returtermostaten den sekundære styring. Løsningen forudsætter, at differenstrykket ikke er større end tilladt for den pågældende fremløbstermostat.

Der findes også termostater på markedet, som monteres på returledningen, men som regulerer efter rumtemperaturen. Ved brug af en sådan radiatortermostat fjernes den eksisterende returtermostat og erstattes af den ny radiatortermostat på samme plads.

Ved renovering af anlæg må det generelt anbefales, at der anvendes fremløbstermostater. Manuelle ventiler bør helt fjernes og erstattes af termostater, da justeringsmuligheden i en ventil ikke er tilstrækkelig til at opnå god komfort og god energiøkonomi.

3.3.5 Brugsvandsopvarmning og fordeling

Der findes to muligheder for udformning af anlæg til varmt brugsvand: Varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer (ofte blot kaldet en veksler).

I skemaet herunder er listet en række fordele og ulemper ved hver af de to:

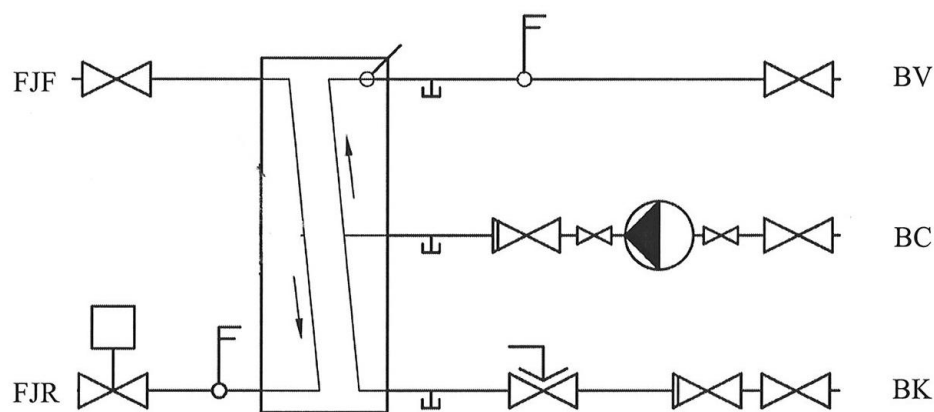
	fordele	ulemper
Varmtvandsbeholder	Stabil forsyning af varmt vand også i tilfælde af kortvarige fjernvarmeafbrydelser Sikrer cirkulation i fjernvarmestikledningen i sommerperioden, hvilket modvirker spild af vand. Kan klare sig med lille stikledning på fjernvarmevandet.	Optager plads i et lille bryggers Begrænset kapacitet Varmetab til rummet, hvor beholderen er installeret
Gennemstrømningsvandvarmer	Pladsbesparende Leverer konstant mængde uden temperaturfald og uden tidsbegrænsning. Korrekt dimensioneret giver den god afkøling af fjernvarmevandet	Giver svingende tryk i fjernvarmerørsystemet, hvilket kun delvist udjævnes af samtidighedsfaktoren. Trækker meget vand i perioder, hvor rumopvarmningsbehovet er lille. Kræver store stikledninger på fjernvarmevandet.

Vær opmærksom på, at nogle varmeværker skriver i deres tekniske bestemmelser, at leveringskriterierne ikke kan forventes opfyldt ved montering af gennemstrømningsvandvarmer i stedet for varmtvandsbeholder.

En varmevekslers ydelse er afhængig af fjernvarmens tryk og temperatur og bør ikke installeres, før disse ting er undersøgt/kontrolleret. Dette kan ske ved henvendelse til fjernvarmeværket.

Vælges der en løsning med gennemstrømningsvandvarmer, anbefales normalt, at der anvendes en 5-benet veksler på anlæg, hvor der er etableret cirkulation på det varme brugsvand, jævnfør figuren herunder.

Hvis der anvendes 4-benet veksler, anbefales det, at anlægget sikres med en termostatsstyring på "returen" fra cirkulationen til veksleren, idet det ellers kan være vanskeligt at opnå tilstrækkelig afkøling og deraf følgende økonomisk drift. Teknologisk Institut har lavet undersøgelser, der viser, at på anlæg, hvor vandforbruget er meget større eller meget mindre end cirkulationstab, er der ingen afkølingsmæssig forskel på 4- og 5-benede vekslere.

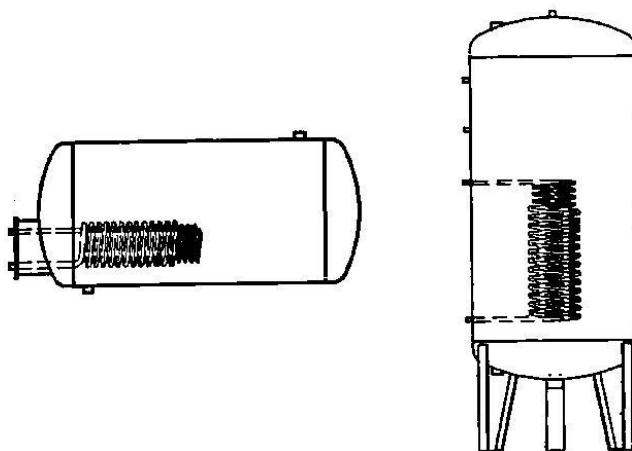


Figur 4. Det anbefales, at der anvendes 5-benet veksler på anlæg, hvor der installeres cirkulation på det varme brugsvand.

Vælges der en løsning med varmtvandsbeholder, er det væsentligt, at beholderstørrelsen passer til det forventede behov. For lille beholder vil ikke kunne levere tilstrækkeligt med varmt vand. Vælges beholderen for stor, vil vandets opholdstid i beholderen blive lang. Det bør være sådan, at vandet i beholderen udskiftes cirka to gange i døgnet. Bør der to personer i husstanden, vil det derfor ofte være passende med en 60 liters beholder. I en husstand med fire personer, vil en 110 liters beholder oftest passe. Disse tal forudsætter naturligvis et normalt vandforbrug. Har man hjemmefrisør, store hyppigt anvendte badekar eller andre ekstra vandforbrugende aktiviteter, skal beholderen være større.

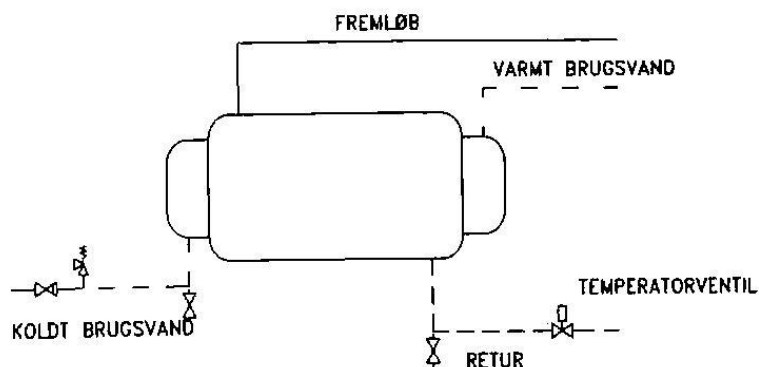
Af DFFs vejledning nr. 5 – Brugerinstallationer fremgår minimumsydelser for vandvarmere.

En moderne varmtvandsbeholder med varmespiral er udformet som en forrådsbeholder til vand. I beholderen er indsat en spiral. Fjernvarmevandet strømmer i spiralen og afgiver varme til brugsvandet. Der bør anvendes en lodret stående beholder med et stort varmeoverførende areal, da det giver en bedre lagdeling og dermed mere økonomisk drift end en liggende beholder.



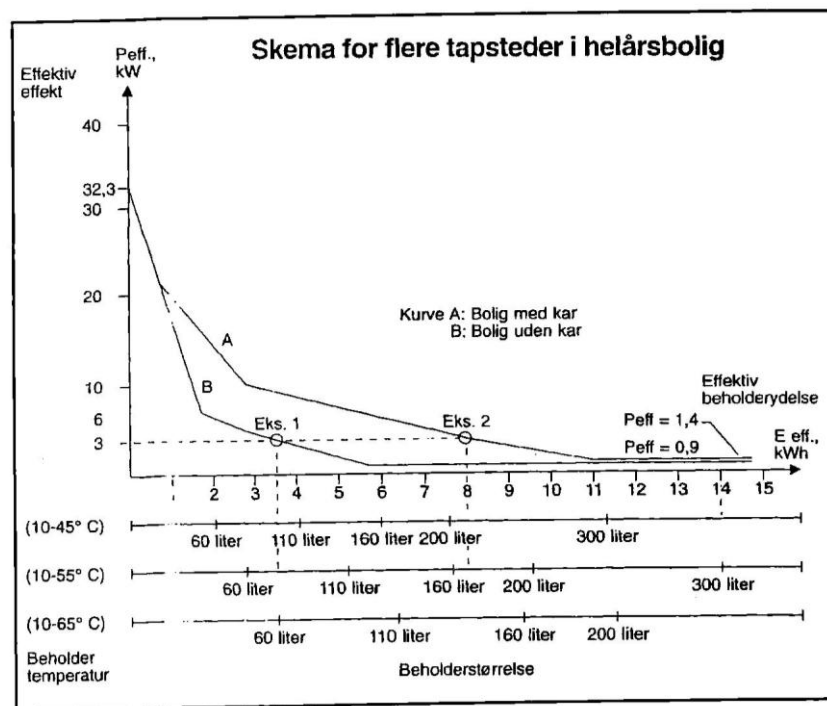
Figur 5. To forskellige varmtvandsbeholdere med spiral. Det anbefales at anvende den lodret stående beholder, da det giver den bedste lagdeling af det varme vand.

Mange gamle varmtvandsinstallationer er stadig forsynet med en kappebeholder. Som tegningen herunder viser er det varme brugsvand inde i den inderste beholder, mens fjernvarmevandet strømmer i "beholderskallen" uden om. Kappebeholdere er udgået som beholder til en-familieboliger, primært grundet dårlig driftsøkonomi. Desuden er risiko for lækage mellem brugsvand og fjernvarmevand relativt stor.



Figur 6. Mange ældre installationer er fortsat forsynet med kappebeholder, men det giver generelt en dårlig økonomisk drift.

Den rette beholderstørrelse kan findes ved at tage udgangspunkt i leverandørernes kataloger. Her er oplyst effekten på spiralen i beholderen. Hvis effekten eksempelvis er oplyst til 3,5 kW, skal dette korrigeres for belægninger med ca. 15 %, dvs. $3,5 \text{ kW} : 1,15 = 3 \text{ kW}$. På kurven herunder findes på den lodrette akse værdien 3 kW. Der gøres vandret ind i diagrammet til linien A (bolig med badekar) eller B (bolig uden badekar) krydses. Herefter gøres lodret ned til skæring med den vandrette akse. Afhængig af hvilken afgangstemperatur, man agter at holde på det varme brugsvand, der forlader beholderen, aflæses på den tilsvarende vandrette akse. Ønsker man eksempelvis 10-55°C (anbefales) aflæses værdien for beholdervolumen på denne skala. (Skemaets værdier er korrigeret for opblandingstillæg med koldt vand på 20%). Den aflæste værdi er altså det fysiske beholdervolumen, dvs. den størrelse, der skal vælges i kataloget. Der bør oftest vælges "nedad" i standardstørrelse, dvs. sjældent større volumen end det udregnede. Af hensyn til anskaffelsespris og driftsomkostninger bør det tilstræbes at vælge en standardbeholder.



Figur 7. Ud fra figuren kan beholdervolumen bestemmes. I figuren er vist to kurver - A og B. Forklaring fremgår af teksten.

Eksempel 1:

- Standardeffekt for varmespiral 3,5 kW
- Bolig uden badekar
- Ønsket beholdertemperatur 50-55 °C

Den effektive effekt beregnes til 3,5 kW: $1,15 = 3 \text{ kW}$, aflæses på lodret akse, gå vandret ind til skæring med kurve B. Herefter lodret ned til skæring med akse (10-55 °C). Det ses nu, at der bør vælges en vandvarmer med 75 l. Standardstørrelserne er 60 l eller 110 l. Her vælges 110 l, idet 60 l også vil være i underkanten, selvom temperaturen eventuelt hæves.

Eksempel 2:

- Standardeffekt for varmespiral 3,5 kW
- Bolig med badekar
- Ønsket beholdertemperatur ca. 55 °C

Den effektive effekt beregnes til 3,5 kW: $1,15 = 3 \text{ kW}$, aflæses på lodret akse, gå vandret ind til skæring med kurve A. Herefter lodret ned til skæring med akse (10-55 °C). Det ses nu, at der bør vælges en vandvarmer med ca. 170 l. Imidlertid ligger det så tæt på standardstørrelsen 160 l, at denne vælges. Hvis temperaturen hæves 1-2°C, vil beholderen være helt perfekt.

I praksis er behovet ofte lavere, end hvad normen foreskriver, og fjernvarmevands gennemstrømning i varmtvandsbeholderen kan derfor med fordel begrænses. Som tommelfingerregel kan anvendes, at en person anvender ca. 50 l vand ved 50-60 °C pr. døgn. I en typisk en-familiebolig med 4 personer vil behovet for varmt vand således ligge på ca. 200 l/døgn, hvilket kræver ca. 12 kWh at fremstille. Anvendes der varmtvandsbeholder, vil den nødvendige effekt til opvarmning af varmt brugsvand derfor kun andrage 0,5-1 kW. I praksis har det vist sig, at det ofte vil være tilstrækkeligt på en 110 l beholder at stille begrænsningen til 50 l fjernvarmevand pr. time. Det sikrer en god afkøling og optimal drift.

Ved gennemstrømningsvandvarmer til et tilsvarende forbrug kræves en effekt på ca. 32,5 kW, hvilket igen medfører en katalogværdi på 37 kW, jævnfør afsnit 3.1.

Med hensyn til risikoen for legionella-forekomst i varmt brugsvand, kan det ikke henføres til, om der anvendes korrekt dimensioneret varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer til fremstilling af det varme brugsvand, da der er konstateret legionellaforekomster i begge typer anlæg. Se videre angående Legionella i afsnit 4.3.

4. Udførelse af varmeinstallationer

Installationen skal udføres i henhold til DS 469 "Varmeanlæg med vand som varmbærende medium", DS 452 "Termisk isolering af tekniske installationer", samt eventuelt supplerende krav fra fjernvarmeværket, som installationen skal forbindes til.

4.1 Gulvvarmeanlæg

Gulvvarmeanlæg afgiver generelt varme til omgivelserne, både hvor det er tilsigtet, og hvor det ikke er tilsigtet. Det er derfor vigtigt for at undgå unødigt energiforbrug og fugtproblemer, at gulvvarmekonstruktionen isoleres både op- og nedefter, samt at tilstødende ydermure og indermure sikres mod kuldebroer.

En af de særlige foranstaltninger er, at rumopdeling skal udføres ved, at der etableres skillevægsgundamenter i form af to skifter letklinkerblokke med kantisolering.

Hvis en bolig er i to etager, og der ønskes gulvvarme på første sal, skal installationen af gulvvarme til første sal ligge i mellembjælkelaget. Det kan efterfølgende blive problematisk at regulere temperaturen på nederste etage, idet mellembjælkelaget vil afgive loftsvarme. I disse tilfælde skal første-sals-gulvet isoleres med mindst 50 mm, før gulvvarmeinstallationen laves. Det skal dæmme op mod den ukontrollerbare varmeafgivelse til rummet nedenunder.

4.1.1 Betongulv med gulvvarme

Varmerørene fastgøres til et armeringsnet og indstøbes direkte i betonen. Det er vigtigt, at gulvet isoleres godt, og at der anvendes en kantisolering ud mod soklen for at nedsætte varmetabet igennem gulv og sokkel. Der bør laves kantisolering langs skillevægge. Dette er af to årsager: Dels for at kunne styre varmen i det enkelte rum, dels for at kunne leve op til de forventede krav i det ny bygningsreglement (2005). Endelig den tredje begrundelse: Efterfølgende reparationer. Det bør være muligt at udføre reparationsarbejde på gulvvarmeanlægget i et rum uden at risikere opugning under skillevægge.

Ved ombygning af eksisterende ejendomme med betongulv uden gulvvarme skal det sikres, at der udføres isolering langs skillevægge, dersom der i nogle eller alle rum skal udføres gulvvarme. Det skal ske for at undgå varmetransmission gennem betongulvet til andre rum. Hvis ikke rummene "adskilles" med isolering, vil det være problematisk at styre rumtemperaturen i det enkelte rum, hvad enten der er gulvvarme i alle rum eller blot i nogle få, eksempelvis et badeværelse.

4.1.2 Trægulv med gulvvarme

Trægulv med gulvvarme og selv bærende varmefordelingsplade.

Løsningen anvendes, hvor der ønskes lav byggehøjde på gulvkonstruktionen.

Varmefordelingspladerne monteres direkte oven på bjælkerne, hvorefter gulvvarmerørene monteres i varmefordelingspladerne og udskæringer i bjælkerne. Det er væsentlig at kontrollere, at bjælkerne har den fornødne styrke til, at der kan laves udskæringer. En anden væsentlig faktor er at sikre, at der isoleres helt op under varmefordelingspladerne. Når pladerne og rørene er lagt, lægges gulvpap og overgulv. Byggehøjde af undergulvet (kun gulvvarmefordelingspladerne) ca. 1 mm

Trægulv med gulvvarme og gulvvarmefordelingsplader.

Anvendes, hvor der ønskes gulvvarme i et bjælkelag med flydende gulv. Der forskalles på tværs af bjælkerne, og aluvarmefordelingsplader monteres oven på forskallingen. Gulvvarmerørene monteres derefter i varmefordelingspladerne og forskallingen. Når pladerne og rørene er lagt, afsluttes gulvet med gulvpap og overgulv. Byggehøjde af undergulvet (forskalling + varmefordelingsplader) ca. 25 mm.

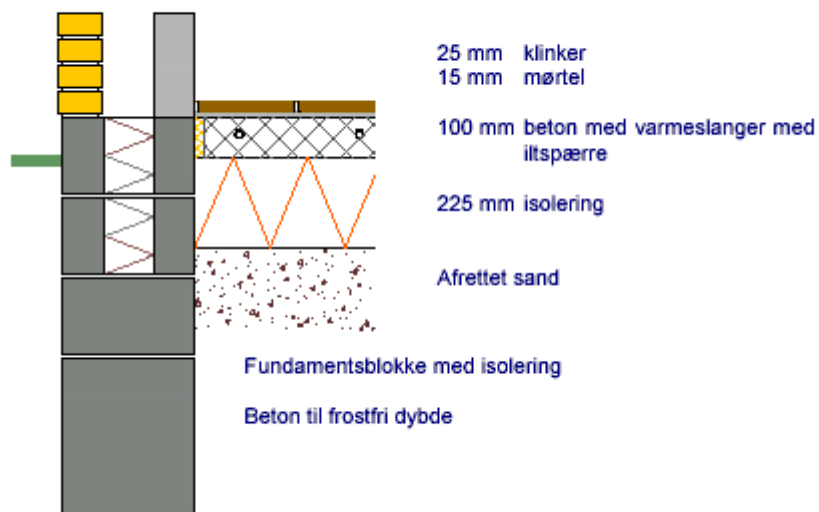
Trægulv med gulvvarme på beton dæk og polystyrenplader.

Anvendes, hvor gulvvarme installeres oven på betondæk. Der monteres polystyrenplader på betongulvet. Direkte herpå monteres aluvarmefordelingsplader. Gulvvarmeslangerne lægges ned i polystyrenpladerne og aluvarmefordelingspladerne. Der afsluttes med gulvpap og overgulv. Byggehøjden (polystyrenplade + varmefordelingsplade) ca. 20-30 mm.

Sidstnævnte løsningsforslag anbefales ofte til parcelhuse i nyt byggeri, idet de ofte bygges med støbt betongulv. Herpå kan polystyrenpladerne og varmefordelingspladerne fordeles, og der kan afsluttes med træ- eller laminatgulv. Herved opnås, at selve træ- eller laminatgulvet bliver opvarmet, og eventuelle tæpper under borde vil ikke påvirke gulvvarmen nævneværdigt.

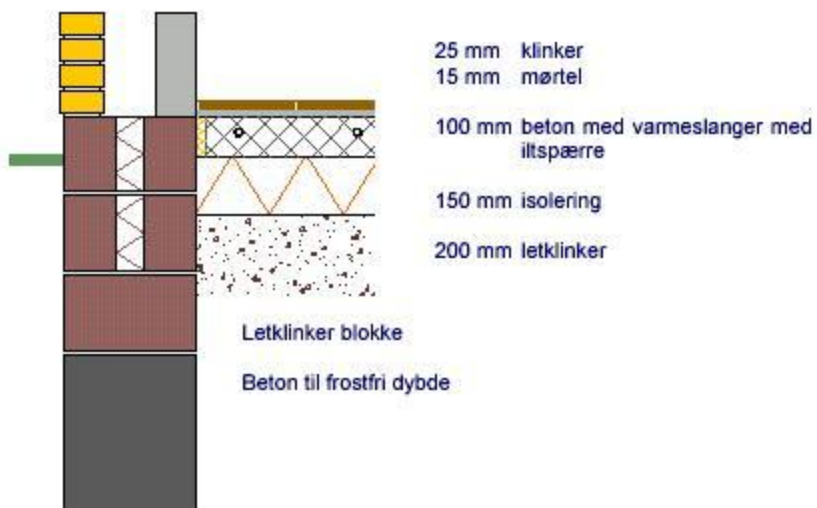
For at overholde bygningsreglementet og forhindre store linietab via fundamentet kan følgende konstruktioner anbefales:

Gulvvarme i betongulv

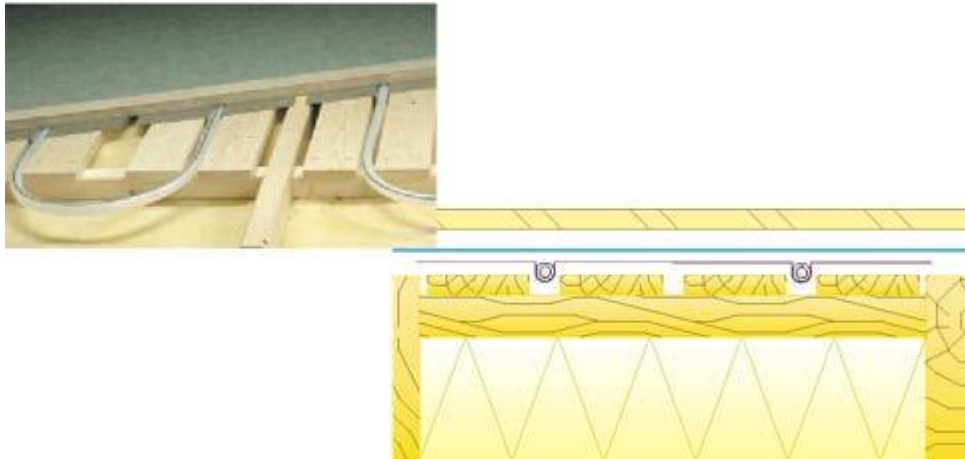


Figur 8. Gulvvarme i betongulv med fundamentsblokke med isolering.

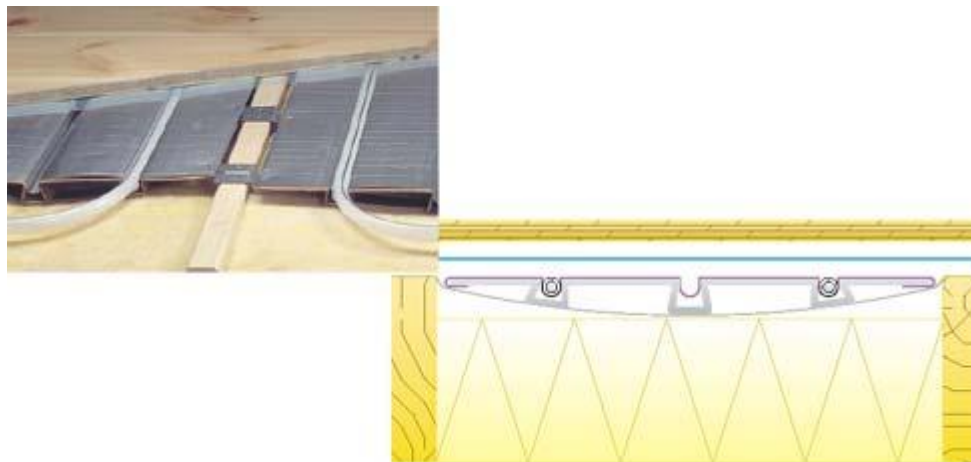
Gulvvarme i betongulv



Figur 9. Gulvvarme i betongulv med letklinkerblokke.



Figur 10. Gulvvarmeslanger med varmefordelingsplader nedlagt i bjælkelag. Det skal sikres, at bjælkerne har den fornødne styrke til at kunne klare udskæringerne.
Kilde: Unopor Wirsbo A/S



Figur 11. Gulvvarmeslanger nedlagt i selvbærende varmefordelingsplader.
Kilde: Unopor Wirsbo A/S

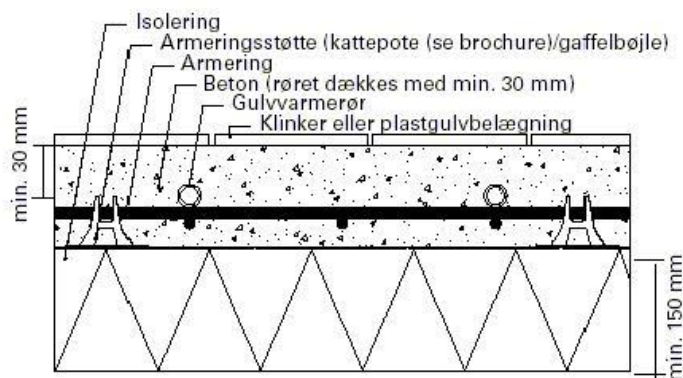


Figur 12. Gulvvarmeslanger nedlagt i "figur"-PU-plader.
Kilde: Unopor Wirsbo A/S

4.1.3 Lægning af gulvvarme

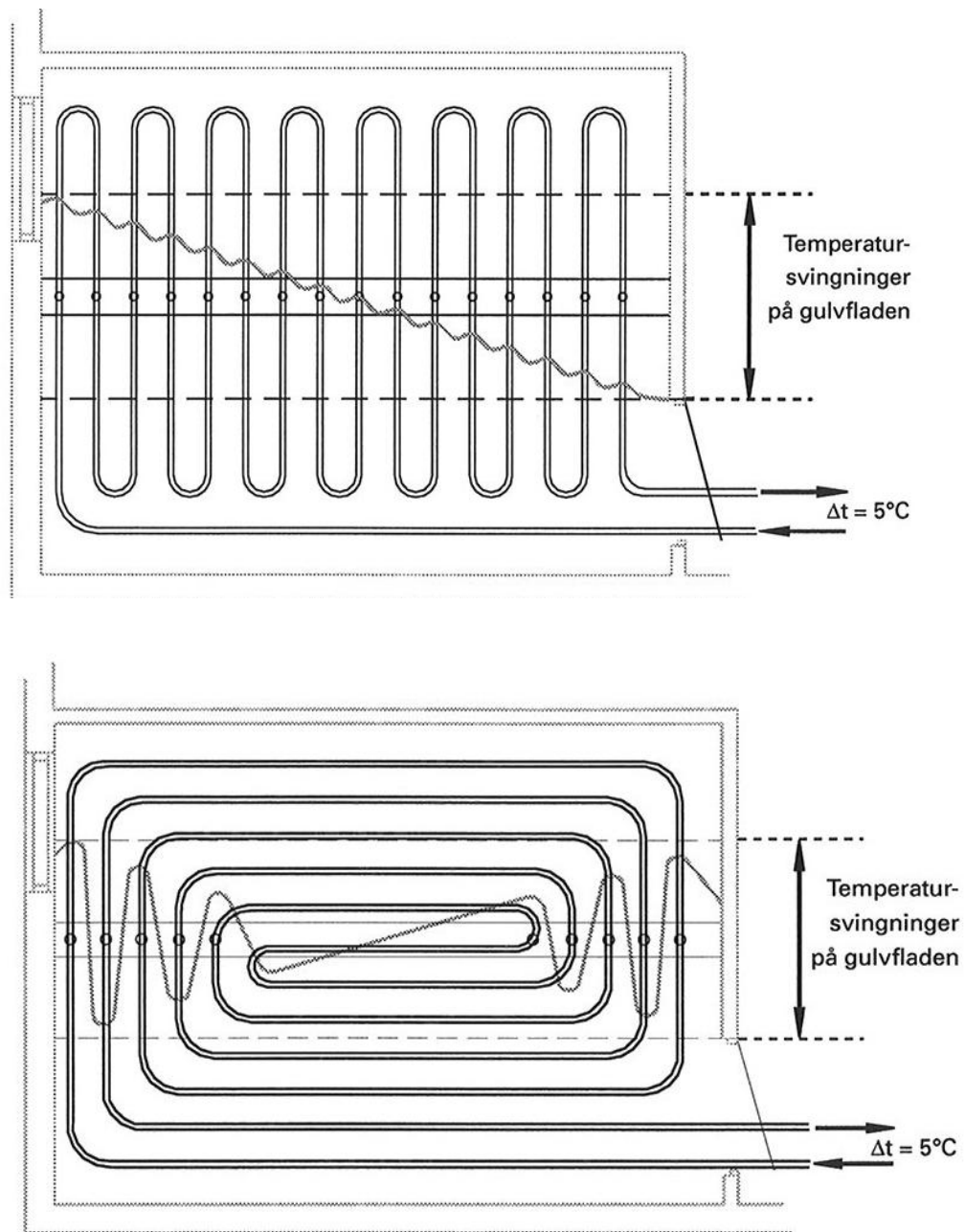
Gulvvarmeanlæg kan udføres af svejste stålrør, tyndvæggede stålrør, kobberør samt forskellige plastrør eksempelvis Alu-PEX eller PEX-rør med iltspærre, der er meget udbredt i Danmark. Leverandørens lægningsvejledning skal nøje følges for alle rørtyperne. Det anbefales at vælge rør med lille diameter af hensyn til konstruktionshøjden.

Korrekt udførelse af gulvvarme i beton afhænger af udførelsesmetoden. Desuden stiller det store krav til de udførendes omhyggelighed og arbejdsrutine, samt nøje tilrettelæggelse af arbejdet. Flere entreprenører eller installatører samtidig besværliggør udlægning af varmerør, hvor det skal sikres, at de foreskrevne afstande mellem armering og beton samt armering og varmerør overholdes. Det er vigtigt, at isoleringen ligger korrekt og ikke beskadiges, når f.eks. armeringsnet udlægges. Isoleringen skal være trædefast således, at armeringsjernenes afstandsklodser ikke trædes ned i isoleringen. Armeringen er en del af betonens styrke, og afstandsklodserne skal sikre, at armeringen ikke lægger direkte an mod isoleringen. Varmerørene kan bindes fast oven på armeringsnettet med bindetråd, eller der kan benyttes monteringsbånd.



Figur 13. Afstandsklodserne skal sikre, at armeringen ikke ligger direkte an mod isoleringen.

Der findes forskellige former for rørdlægningsmønster til gulvvarme. Generelt skal man være opmærksom på først at lede forsyningsstrømmen ud til ydervæggene eller andre potentielt kolde områder, når rørlayout planlægges. Bemærk, at man på dette tidspunkt også skal huske at sikre sig, at rørene ikke føres gennem betonelementernes ekspansionsfuger. Herefter er vist et par eksempler på udlægningsmønster. Der henvises til leverandører af gulvvarmesystemer for yderligere oplysninger om hvilke mønstre, der er bedst egnet til forskellige gulv og belægningstyper.



Figur 14. Figuren øverst viser et mønster, der er nemt at installere og giver en jævn varmefordeling over gulvoverfladen. Figuren nederst viser et spiralmønster, der er særligt velegnet til huse med højt varmebehov.

Kilde: Uponor Wirsbo A/S

Den maksimale vandtemperatur bør ikke overstige 60°C for at undgå at beskadige betonen. Ved store rum med stor gulvoverflade skal regnes med større afkøling end ved små rum, - merafkøling 5-10°C.

Erfaringsmæssigt nødvendige temperaturer på fremløbsledningen for gulvvarme indstøbt i betongulv:

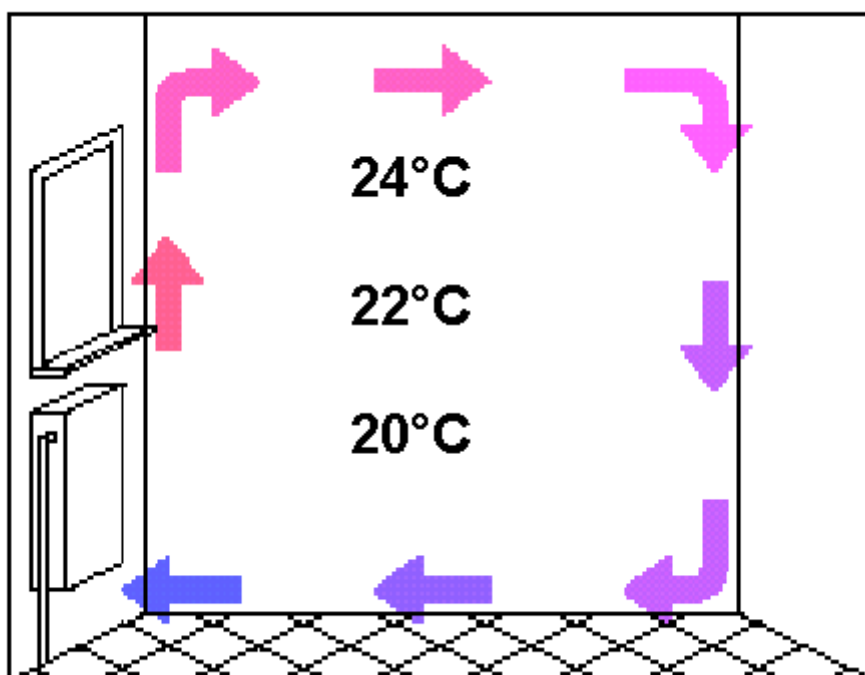
Klinkegulve	27-33 °C
Fast tæppe	30-40°C
Laminat eller trægulve	40-45 °C
Laminat/træ + fast tæppe	45-52 °C

Det anbefales, at afbalancere anlægget med en ventil-forindstilling, så afkølingen bliver ensartet i de forskellige rum. Vedrørende regulering af gulvvarme henvises til afsnit 5.1.

4.2 Radiatoranlæg

Som nævnt under afsnit 3.3 findes der forskellige systemer til varmeinstallation. Til brug i nye én – og tofamilieboliger anbefales det at etablere varmeanlægget som et to-strengssystem. Ved mindre anlæg som disse er det ikke nødvendigt at udføre anlægget med vendt retur. Vendt retur laves ofte i større bygninger for at sikre ens strømningsmodstand i alle radiatorer på samme etage.

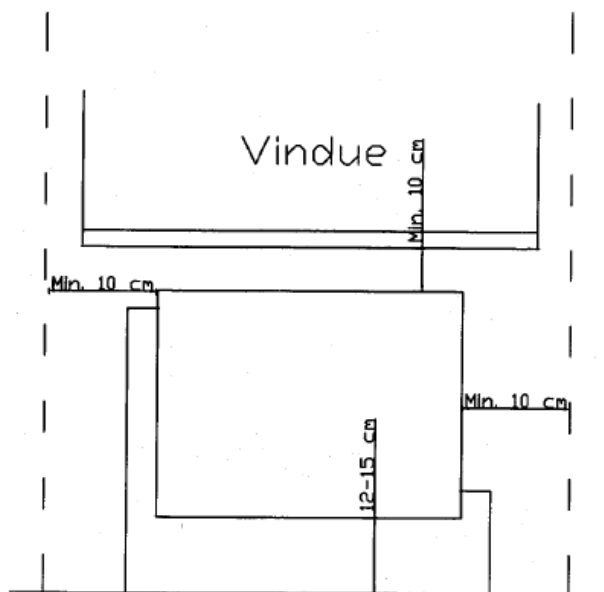
Radiatorerne skal primært placeres under vinduer for at undgå træk og kuldenedfald.



Figur 15. Luftstrømme og kuldenedfald i rum.

Radiatoren monteres med min. 10 cm fri luftpassage over radiatoren og min 20 cm mindre end "væg-pladsen" for at give plads til montering af termostat og forskruninger.

Radiatorer skal, også efter montering, have fri plads omkring alle sider. Der bør ikke hænge gardiner, der dækker, eller være møbler, der står i vejen for luftpassagen.



Figur 16. Frimål i forbindelse med radiatormontering.

4.3 Brugsvandsopvarmning

I kold tilstand er vandværksvand/brugsvand ikke vanskeligt at have med at gøre, men opvarmes det til temperaturer på op over 60-65°C, udfældes kalk, O₂ og CO₂. Alle tre ting har uheldig indflydelse på varmtvandsforsyningsanlægget.

Kalken kan lægge sig i et kraftigt lag i beholder og rør og derved hindre varmeoverføringen samt gennemstrømningen. O₂ og CO₂ kan medføre tæringsangreb på beholder og rør.

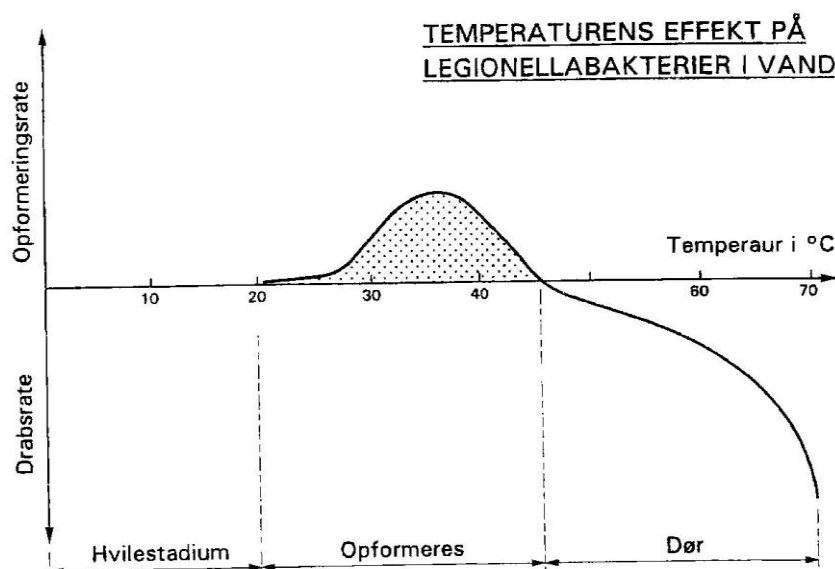
I varmt brugsvand skal man være opmærksom på risikoen for Legionellaforekomst. Legionella er slægtsbetegnelsen for en række bakterier, som er årsag til to forskellige sygdomme hos mennesker: Legionærsygdom og Pontiacfeber. Legionærsygdom er en alvorlig form for lungebetændelse, med dødelig udgang fra under 10 % til 50 % afhængig af, hvor hurtigt diagnosen stilles og behandling igangsættes, og hvor svækket patienten er. Der påvises og anmeldes ca. 100 tilfælde om året i Danmark. Pontiacfeber er en influenzalignende sygdom, der går over i løbet af få dage uden behandling. Der er ingen registrering af denne sygdom i Danmark.

Det er imidlertid ikke alle Legionella-bakterier, der er lige sygdomsfremkaldende. Over 90 % af alle tilfælde af legionærsygdom skyldes arten Legionella pneumophila, der igen kan opdeles i 15 undergrupper, hvoraf især undergruppe 1 er årsag til 50-60 % af alle infektioner. For at vurdere risikoen for at få en infektion er det altså ikke tilstrækkeligt at tælle antallet af Legionella-bakterier i et varmtvandssystem. Det er vigtigt at vide, hvilke arter og undergrupper, der er tilstede. Et højt indhold af Legionella-bakterier udgør altså i sig selv ikke nødvendigvis en risiko.

Den vigtigste smittevej er formentligt forstøvet vand (aerosoler) fra køletårne, spabade og brusebade. Smitte fra person til person er aldrig set. Ved udbrud af legionærsygdom, hvor mange mennesker er blevet syge, er det imidlertid mindre end 5% af de personer, der har været udsat for smitte, der bliver syge. Generelt øges smitterisikoen ved immunsvækkelse, kroniske hjerte/lungesygdomme, stort tobaks- og alkoholforbrug og høj alder. Desuden har mænd større risiko end kvinder for smitte.

Det er derfor især på hospitaler, plejehjem og andre steder med ældre svækkede mennesker, at risikoen for legionærsygdom er størst, hvorimod yngre mennesker med almindeligt helbred sjældent smittes.

Ved temperaturer mellem 30°C og 45°C trives Legionella-bakterier særdeles godt. Ved temperaturer over 50°C nedsættes bakteriernes vækst betydeligt og ved temperaturer over 60°C dør de, jævnfør kurven herunder.



Figur 17 Dødelighed for Legionella-bakterier.

Kilde: Statens Seruminstitut

Ud fra ovenstående kunne det være fristende blot at hæve temperaturen til 65-70°C i beholderen. Dette er dog ikke nogen god løsning, specielt på grund af følgende:

- Ved temperaturer over 60°C øges kalkudfældningen markant.
- Øget korrosionsrisiko grundet udfældning af O_2 og CO_2 .
- Ved temperaturer omkring 65-70°C ses opblomstring af andre bakteriekulturer.
- Væsentligt forøget skoldningsrisiko.
- I mange fjernvarmeforsynede installationer vil det ikke være muligt grundet lavtemperaturdrift på fjernvarmenettet.

Der er altså ting, der strider mod hinanden, når der skal findes en optimal temperatur.
Der kan gives følgende anbefalinger i forbindelse med risikominimering af Legionella-forekomst:

- Vandtemperaturen ved fjerneste tapsted bør ikke være under 50°C.
- Denne temperatur skal opnås efter 10-20 sekunder.
- Varmtvandsbeholderens volumen bør passe til forbruget, så opholdstiden i beholderen minimeres.
- Varmtvandsrør bør isoleres for at undgå varmetab.
- Fjern/undgå blinde rørstrækninger.
- Hold det kolde vand koldt (under 12°C ved fjerneste tapsted).

Desuden bør rør-, veksler- og beholdersystemet indeholde et minimum af organisk materiale, som eksempelvis plast og gummi, eftersom bakterierne let får fæste på denne type materialer. Alle indretninger som kan skabe aerosoler (brusere, springvand, luftfugtere) er potentielle Legionella-smittespredere. Nogle armaturer med lav vandstrøm, de såkaldte vandspare, har specielle vandforstøvere, som øger aerosoldannelsen, og dermed også risikoen for bakteriespredning. Disse forhold taler for i stedet for at installere moderne etgrebs- og termostat-armaturer. Derved opnås både, at der kan tillades høje varmtvandstemperaturer uden risiko for skoldningsulykker, og samtidig begrænses vandspildet.

Da der altid er bakterier i vandværksvand, må det tilstræbes enten, at deres opvækst hæmmes mest muligt under opholdet i varmtvandsbeholderen, eller at de bliver slået ihjel ved opvarmning. Bakterievæksten er størst ved temperaturer i området 30-45°C, hvorfor varmtvandstemperaturen bør være højere.

Der anbefales en temperatur på 55°C. Ved denne temperatur vil en del bakterier blive slået ihjel. Samtidig vil det være hensigtsmæssigt, hvis anlægget udformes, så temperaturen lejlighedsvis kan hæves til 60-65°C. Dette kan godt foregå kortvarigt, uden at kalkudfældning mv. får nogen egentlig betydning.

4.4 Afluftning af anlæg

Luft i varmeanlæg giver ofte anledning til driftsgener og er ofte vanskelige at afhjælpe, hvis der ikke er taget højde for problemerne i projekterings- og anlægsfasen.

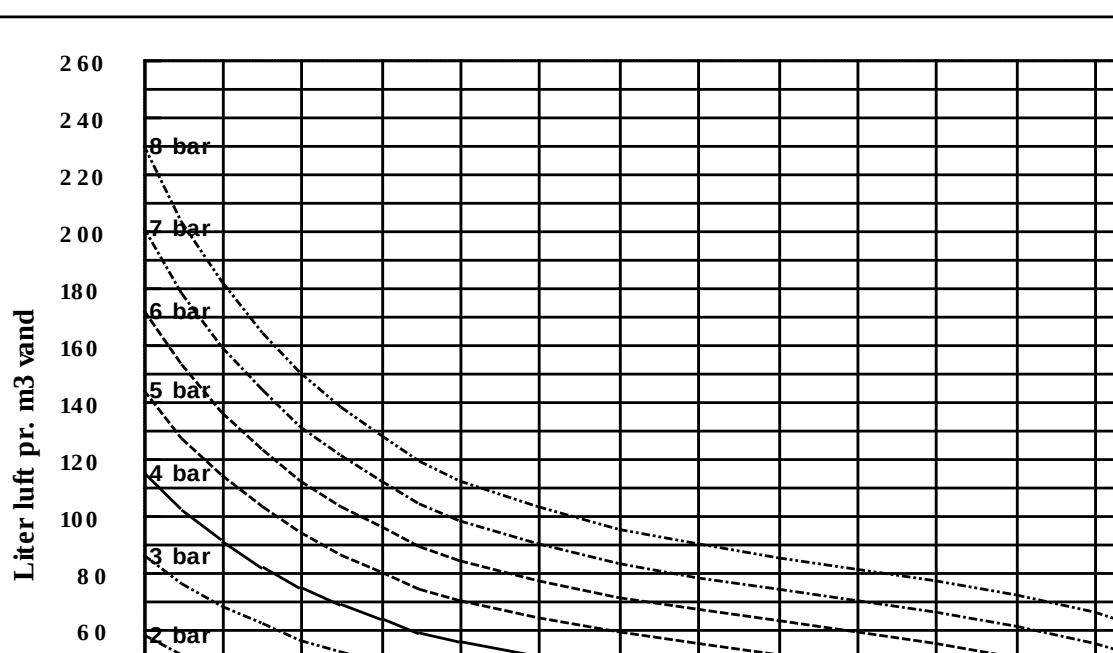
Vand kan indeholde opløst atmosfærisk luft både i form af ilt, kvælstof og kuldioxid i varierende mængder. Vandværksvand og vand, der har henstået i åben forbindelse med luft, er luftmættet og vil derfor tilføre fjernvarmesystemet uønskede iltmængder og andre luftarter, hvis der ikke sker en afluftning. Iltten forbruges ved dannelsen af korrosionsprodukter, men de øvrige luftarter vil forblive i spædevandet og vil senere kunne volde problemer i anlægget, hvis de ikke fjernes.

Driftsforstyrrelser vil ofte vise sig som luft i varmeinstallationer ude hos bestemte forbrugere, hvor termostatventilerne på fremløbet til radiatorerne vil give det trykfald, der udløser frigivelsen af luft. Trykfaldet kan også udløses i trykdifferensregulatorer, hvor disse sidder på fremløbet. Dette kan sammenlignes med bruset i en sodavand, der åbnes.

Symptomerne på luft i anlægget er udover driftsforstyrrelser hos de pågældende forbrugere et elastisk anlæg med tryksvingninger og varierende vandstand i hydroforen eller i udligningsbeholderen. Hos forbrugeren viser det sig som støj i anlægget og manglende funktion af visse radiatorer eller gulvvarmekredse. Tryksvingninger som følge af luft i anlægget kan endvidere bevirke, at reguleringsventiler slides langt hurtigere end normalt.

Mængden af luft, der kan opløses i vand, afhænger primært af tryk og temperatur.

- Ved højere tryk kan opløses mere luft, der igen frigives ved faldende tryk.
- Ved lavere temperaturer kan opløses mere luft, der igen frigives ved stigende temperaturer.
- Eksempelvis kan der ved 20°C opløses 20 liter luft i 1 m³ vand ved 1 bar og 110 liter ved 6 bar.
- Ved 80°C kan der derimod kun opløses ca. 5 liter luft i 1 m³ vand ved 1 bar og ca. 65 liter ved 6 bar.



Figur 17. Kurver over mættet luftindhold i vand.

4.4.1 Afluftning i direkte tilsluttede anlæg

I direkte tilsluttede anlæg udføres afluftningen af spædevandet af fjernvarmeverket, og brugerinstallationerne skal udføres således, at de kan gennemskyllles og udluftes fuldtud før ibrugtagning og tilslutning til fjernvarmesystemet.

Gulvvarmeslanger skal således kunne afspærres enkeltvis og gennemskyllles enkeltvis for udluftning før ibrugtagning.

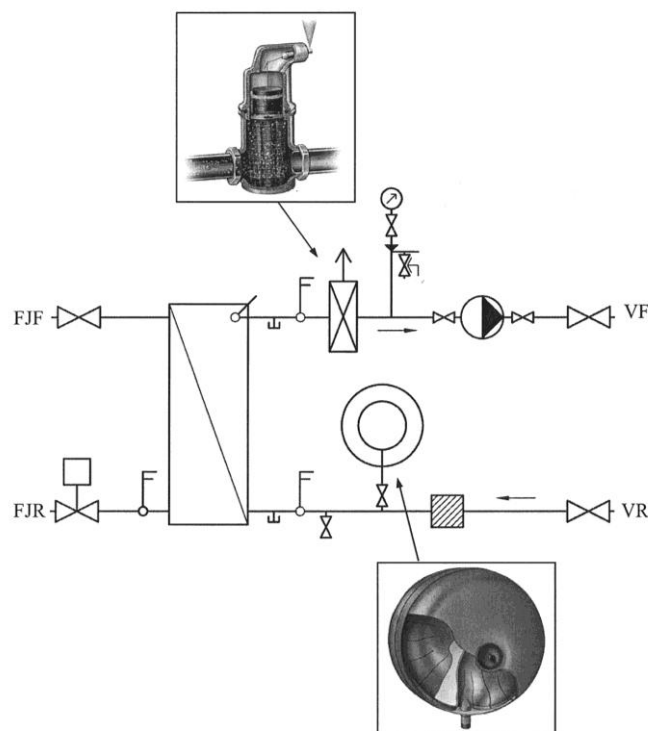
Radiatoranlæg kan normalt udluftes tilstrækkeligt via luftskruer på radiatorerne.

4.4.2 Afluftning i indirekte tilsluttede anlæg

I indirekte tilsluttede anlæg er det brugerens ansvar at sikre funktionen af eget anlæg og herunder også afluftningen.

Radiatoranlæg giver sjældent anledning til problemer, da disse kan udluftes af én eller flere gange via luftskruerne på radiatorerne efter vandpåfyldning både i forbindelse med anlægsstart og siden ved reparation og vedligeholdelse.

Ved gulvvarmesystemer skal der træffes særlige foranstaltninger for at sikre en fuldstændig udluftning ved anlægsstart samt efter reparation og vedligeholdelse – herunder efter hver vandpåfyldning. Gulvvarmeslanger skal således som minimum kunne afspærres enkeltvis og gennemskylles enkeltvis for udluftning før ibrugtagning. Ofte vil dette dog ikke være tilstrækkeligt til sikring af en problemfri drift, hvorfor det i sådanne tilfælde anbefales at montere en mikroboble-aflifter i fremløbet umiddelbart efter varmeveksleren, hvor vandet er varmest og derfor lettest frigør den opløste luft.



Figur 19. Microbobleaflifter i en gulvvarmeinstallation sikrer god afluftning af anlægget.

Kilde: Armatex A/S

Behovet for afluftning er en direkte følge af behovet for vandpåfyldning, se afsnit 6.3

4.5 Isolering af installationer

Fjernvarmeinstallationer i bygninger skal isoleres i henhold til DS452 "Termisk isolering af tekniske installationer", men der sker ofte væsentlige forsømmelser herimod, som medfører unødigt stort energiforbrug i form af energispild og uønsket varmeafgivelse.

De oftest forekommende forsømmelser er:

- Manglende eller mangelfuld isolering af rør indstøbt i eller under betongulve
- Manglende isolering af rør, der løber gennem andre rum end det, de forsyner
- Manglende isolering af rør og armaturer i fjernvarmeunits
- Manglende isolering af fjernvarmestikledning og -armaturer samt -måler i bygningen.

Normen angiver krav til isolering opdelt i forskellige klasser.

1. Isoleringsklasse for rør, som kun er i brug i varmesæsonen, og som har en fremløbstemperatur, der er tilpasset behovet, samt er beliggende i opvarmede rum.
2. Isoleringsklasse for rør, som kun er i brug i varmesæsonen, og som har en fremløbstemperatur, der er tilpasset behovet, men som er beliggende i uopvarmede rum.
4. Isoleringsklasse for rør, som er i brug hele året ved en temperatur på $>55^{\circ}\text{C}$

Isoleringsklasse 3 anvendes normalt ikke ved fjernvarmeinstallationer, og er derfor ikke medtaget i denne vejledning. Men til eksempel kan nævnes, at varmtvandsbeholdere med spiral skal isoleres efter klasse 3.

Isoleringsklasserne er i henhold til DS452. I nedenstående tabel er isoleringstykkelsen vist i mm for forskellige udvendige rørdiametre ("d") og med to forskellige isoleringsmaterialer med en isoleringsværdi (" λ ") på hhv. 0,035 og 0,04 W/m·K.

Der kan interpoleres lineært for at finde isoleringstykkelsen for rør mellem de angivne diametre.

	Isolerings- klasse 1		Isolerings- klasse 2		Isolerings- klasse 3		Isolerings- klasse 4	
d [mm]	λ [W/m·K]		λ [W/m·K]		λ [W/m·K]		λ [W/m·K]	
	0,035	0,04	0,035	0,04	0,035	0,04	0,035	0,04
10	3,5	5	5,5	7	8,5	11	13	17
20	9,5	12	13,5	17	18	23	25,5	33
30	14	17	17,5	23	25	31	35,5	45
40	17,5	21	23	28	31	38	43	54

Mineraluldsskåle med alufolie og diverse rørsåle af polyethylen, polyurethan eller polystyren kan normalt regnes som $\lambda = 0,04$ W/m·K. De bedste skumprodukter kan regnes som $\lambda = 0,035$ W/m·K.

Al isolering skal i henhold til normen afsluttes med en robust overflade, der sikrer isoleringen mod beskadigelse under normale driftsforhold på stedet. Isoleringen skal føres igennem over alle bøjninger og afsluttes tæt mod bygnings- eller inventar-gennemføringer.

Afspærringsventiler og måler samt andet armatur skal være isoleret, men samtidig tilgængeligt for udskiftning og betjening. Hvor der derfor ikke isoleres igennem, det vil sige hen over ventilerne, måleren eller andet armatur, bør der anvendes isoleringsskåle, der kan leveres til alle gængse ventiler, målere og armaturer.

VARME III
1.3.98 / 4.

Isoleringsmaterialer

49 9210 - 49 9228

49 9210

49 9211

49 9213

49 9215

49 9217

49 9228

Isoleringskåle til haner, ventiler, snavssamlere samt vand- og varmemålere af formstøbt polyurethan med beklædning af grå PVC; aftagelige.

Rørgevind Nominal diameter mm	DN	3/8 10	1/2 15	3/4 20	1 25	1 1/4 32	1 1/2 40	2 50
Til mufteventiler, sæde-, (klap-)kontra- og motorventiler	dimensionskode	-	108	108	108	110	111	112
49 9211 afspærrings- og skydeventiler	dimensionskode	-	106	106	108	110	111	112
49 9213 membranventiler	dimensionskode	-	106	106	108	110	111	112
49 9215 kuglehænder	dimensionskode	-	106	106	108	110	111	112
49 9217 snavssamlere/filtre	dimensionskode	-	106	106	108	111	111	112
49 9220 fristrømsventiler (skrå spindel)	dimensionskode	-	104	106	108	110	111	112
49 9222 strengreguleringsventiler (lige spindel)	dimensionskode	103	104	106	108	110	111	112
49 9224 strengreguleringsventiler (dobbeltskrå spindel)	dimensionskode	-	104	106	-	-	-	-
49 9226 strengreguleringsventiler (skrå spindel)	dimensionskode	-	104	106	108	110	111	112

Til vand- og varmemålere,
med forskruninger med rørgevind 3/4, byggelængde A ekskl. forskruninger 190 mm.
▽ 49 9228.105
med forskruninger med rørgevind 3/4, byggelængde A ekskl. forskruninger 220 mm.
▽ 49 9228.106

Bearbejdning af isoleringsskålene kan være nødvendig ved visse ventiltyper.

Figur 20. Eksempler på isoleringsmaterialer. Udsnit fra VVS-bogen.

4.5.1 Rør indstøbt i eller under betongulve og til forsyning af radiatorer

Varmerør til radiatorer skal efter DS 452 isoleres efter isoleringsklasse 1, så længe de forløber i opvarmede rum, og som isoleringsklasse 2, hvis de forløber i uopvarmede rum.

For rør i eller under betongulve betyder det, at fremløbsledningen skal isoleres som isoleringsklasse 1, hvis røret ligger over gulvisoleringen, og som isoleringsklasse 2, hvis det ligger under gulvisoleringen.

Returledningen kan evt. ligge uisoleret, hvis den ligger indstøbt i betongulvet over gulvisoleringen. Hvis returledningen ligger under gulvisoleringen, skal den isoleres som isoleringsklasse 2.

Hvor der er tale om direkte tilsluttede fjernvarmeanlæg uden blandesøjfe skal fremløbsledningen dog isoleres som isoleringsklasse 4, hvis røret ligger under gulvisoleringen.

For ledninger beliggende over et isoleret betongulv, men under trægulve gælder samme regler, at fremløbet skal isoleres som isoleringsklasse 1, og at returledningen evt. kan ligge uisoleret..

Varmerør af PEX, der ligger i flexible rør – det såkaldte ”rør i rør” princip – skal isoleres på lige fod med andre rør, og det er her foringsrørets ydre diameter, der er bestemmende for isoleringstykkelsen.

Klasse 1 isolering på varmerør til radiatorer svarer til de normalt anvendte ca. 10 mm mineralulds isoleringsskåle for rør med en ydre diameter på 12 – 18 mm, men for ”rør i rør” systemer, hvor den ydre diameter er 25 mm, skal der til klasse 1 anvendes 15 mm mineraluldsskåle eller 12 mm isoleringsskåle med en λ -værdi på højst 0,035 W/m·K.

Klasse 2 isolering på varmerør til radiatorer, skal anvendes på både fremløb og retur, hvis ledningerne ligger under gulvisoleringen eller i Leca- eller gruslaget under den afsluttende gulvisolering.

Der skal i sådanne tilfælde altid anvendes ”rør i rør” af hensyn til udskifteligheden, og med en ydre diameter på 25 mm betyder det et krav om en isoleringstykkelse på 20 mm mineraluldsskåle eller 16 mm isoleringsskåle med en λ -værdi på højst 0,035 W/m·K.

Klasse 4 isolering på direkte fjernvarmefremløb til radiatorer skal anvendes, hvis fremløbsledningen med fuld fjernvarmetemperatur ligger under gulvisoleringen som nævnt ovenfor. Med en udvendig diameter på foringsrøret på 25 mm betyder det et krav om en isoleringstykkelse på 40 mm mineralulds-isoleringsskåle eller 30 mm isoleringsskåle i med en λ -værdi på højst 0,035 W/m·K.

Hvor rørene ligger under gulvisoleringen, skal isoleringen endvidere beskyttes mod indtrængning af vand og have så robust en overflade, at den ikke skades mekanisk af de omgivelser, de ligger i. Det tilrådes derfor i sådanne situationer at anvende præisolerede fjernvarmerør til formålet.

4.5.2 Rør, der løber gennem andre rum end det, som de forsyner

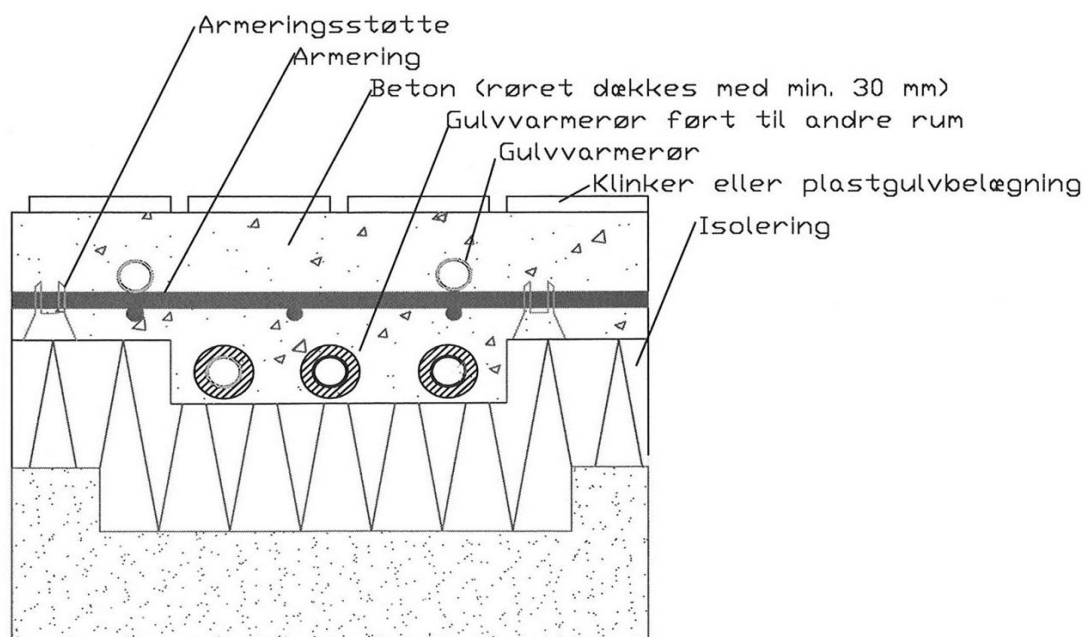
Rør, der løber gennem andre rum end det rum, hvori de forsyner radiatorer eller gulvvarmeanlæg, skal efter DS 452 isoleres som isoleringsklasse 1.

I praksis betyder det, at alle rør, der forsyner varmeanlæg i andre rum, skal føres i kanal eller panel og deri isoleres som isoleringsklasse 1.

For gulvvarmeanlæg betyder det, at både fremløb og returledning skal isoleres som isoleringsklasse 1 frem til gulvet i det rum, som de skal forsyne. Gulvvarmerør må således ikke indstøbes uisolerede i gulve i andre rum end i det rum, som de skal opvarme.

I praksis betyder det, at der skal etableres en fremføringsvej for gulvvarmerørene fra fordelieranlægget til de enkelte rum, og at rørene heri er isoleret som isoleringsklasse 1.

Klasse 1 isolering på gulvvarmerør med en ydre diameter på 22 mm svarer til ca. 13 mm isoleringsskåle med en λ -værdi på højst 0,04 W/m·K eller 11 mm isoleringsskåle med en λ -værdi på højst 0,035 W/m·K.



Figur 21. Når rør til andre rum føres under gulvet, skal "den fortrængte isolering" lægges alligevel, blot længere nede, så det isolerende lags tykkelse er konstant.

4.5.3 Rør og armaturer i fjernvarmeunits

Rør, armaturer og varmeveksler m.v. i fjernvarmeunits skal efter DS 452 isoleres som isoleringsklasse 4 for den del af unitten, der er varm hele året, og som isoleringsklasse 1 for de rør og armaturer, der kun er varme i varmesæsonen. Varmtvandsledningen i unitten skal efter DS 452 isoleres som isoleringsklasse 2. Dog skal der isoleres som isoleringsklasse 3, hvis der er cirkulation på det varme brugsvand.

I stedet for at isolere de enkelte rør og komponenter i unitten, kan fabrikanten vælge at isolere hele unitten i kappen. Hvis unitten er isoleret i kappen, skal det sikres, at kappen er lukket, og specielt, at bunden er tæt og lukket omkring rørgennemføringerne. At unitten som helhed opfylder DS 452 vil i så fald fremgå af VA-godkendelsen eller af den kommende energimærkning af units. Hvor der anvendes fordelerrør til f.eks. radiatoranlæg eller gulvvarmeanlæg, skal disse fordelerrør forsynes med aftagelige isoleringskapper eller indgå i den isolerede unit.

Isoleringskapper til fordelerrør indgår normalt som et supplement i leverandørernes leveringsprogrammer. Gulvvarmeslanger, der udgår fra fordelerrørsinstallationen, bør isoleres og føres, som det fremgår af figur 21.

4.5.4 Fjernvarmetilslutning i bygning

Den del af fjernvarmestikledningen, der ligger i bygningen eller i en kanal under bygningen samt eventuelt i en skakt i bygningen, skal isoleres svarende til klasse 4 efter DS 452. Returledningen kan dog isoleres efter klasse 1 i opvarmede rum og efter klasse 2 i uopvarmede rum.

Klasse 4 isolering på fremløbet svarer til en isoleringstykkelse på mindst 40 mm mineraluldsskåle eller 30 mm isoleringsskåle i med en λ -værdi på højst 0,035 W/m·K ved normale stikledningsdimensioner med en udvendig diameter på 25–30 mm.

Den tilsvarende returledning skal isoleres med mindst 20 mm mineraluldsskåle i opvarmede rum og 30 mm mineraluldsskåle i uopvarmede rum eller tilsvarende mindre, hvis der anvendes isoleringsskåle med en λ -værdi på højst 0,035 W/m·K.

5. Indregulering og kontrol

5.1 Indregulering

Uanset hvilken varmeinstallation, man har valgt, er det vigtigt at få anlægget indstillet korrekt for at opnå optimal drift. Ofte opleves, at selv veldimensionerede anlæg har en dårlig driftsøkonomi og komfort, hvilket alene hviler på, at anlægget er indstillet forkert.

5.1.1 Gulvvarme

En forudsætning for at udføre en korrekt beregning af den krævede fremløbstemperatur i et gulvvarmesystem er, at der findes en transmissionsberegning, hvoraf det dimensionerende varmebehov for hvert enkelt rum fremgår. De nuværende isoleringskrav jf. bygningsreglementet indebærer, at det normale varmebehov for et hus er 30-50 W/m².

Hvor transmissionsberegning ikke er kendt, kan man anvende en vejledende basisværdi på 50 W/m² som dimensionsgivende for gulvvarmeanlægget, hvilket erfaringsmæssigt giver en tilstrækkelig høj fremløbstemperatur til at dække varmebehovet i et traditionelt typehus. Fremløbstemperaturen skal reguleres afhængigt af udetemperaturen, hvilket bør ske automatisk.

Indregulering af gulvvarme bør ske ved en central reguleringsenhed, i hvilken vandmængden til den enkelte gulvvarmeslange reguleres, så vandmængden svarer til rummets behov, altså at der er balance i anlægget. Det aktuelle varmebehov til den enkelte gulvvarmeslange bestemmes ud fra rumtemperaturen i det enkelte rum. Reguleringen sker enten ved termoventil- eller pulsstyring. Reguleringsenheden kan se ud som vist på billedet herunder.

Der bør deruden monteres føler til registrering af returtemperaturen fra gulvvarmeslangen. En forøgelse af returtemperaturen bør automatisk medføre en nedregulering af anlægget.



Figur 22. Eksempel på reguleringsenhed til gulvvarmeanlæg.

Kilde: Roth Scandinavia A/S

Gulvvarme er generelt trægt at regulere, idet varmen er akkumuleret i hele gulvfladen. Det er derfor vanskeligt at korrigere for eksempelvis solindfald. Når rummet opvarmes af solen, reagerer gulvvarmen ved at skrue ned, men grundet varmeakkumulering er det blevet aften, førend reguleringen får virkning. Da er solen væk, og rummet vil føles koldt.

Løsningen på dette problem kan være en ekstern gulvføler, med hvilken man kan fastholde/begrænse gulvtemperaturen op- eller nedefter.

Ved større rum med flere varmekredse bør disse udlægges, så længdeforskellen mellem varmekredsene bliver så lille som mulig for at holde samme tryk. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, kan der i stedet monteres drøvleventiler ved returfordeleren. Ventilerne skal indstilles, så flowet i de forskellige varmekredse afbalanceres. Derved opnås, at afkølingen bliver ensartet i de forskellige varmekredse. Fordeleren bør anbringes centralt for at give korte fødeledninger til de forskellige varmekredse. Er der mere end en varmekreds benyttes en fordeler-shuntgruppe. Shuntgruppen kan regulere temperaturen og vandmængden fra varmekilden, så den passer til gulvvarmesystemet.

Det anbefales at anvende et dobbelt følerprincip, hvor det er middelværdien mellem fremløbs- og returtemperatur, dvs. middeltemperaturen, der reguleres efter. Hermed opnås en mere direkte regulering af varmetilførslen. Stiger returtemperaturen på grund af reduceret varmeforbrug i bygningen, vil fremløbstemperaturen således sænkes. Efter nat- eller weekendsænkning vil fremløbstemperaturen indstille sig på en endnu højere temperatur i opvarmningsfasen, indtil returtemperaturen også begynder at stige.

For at korrigere for ovennævnte problemer vedrørende regulering kan gulvvarmen suppleres med varme fra radiatorer. Det optimale anlæg opnås da ved at koble reguleringen af radiatorerne sammen med gulvvarmereguleringen.

Hvis ikke den løsning vælges, skal det som minimum tilsikres, at gulvvarmen og radiatorerne indreguleres således, at gulvvarmen bliver primær varmekilde og radiatorerne sekundær. Dette for at undgå at skulle installere et "fuldt dimensioneret" radiatoranlæg.

For at opnå bedst mulig varmekomfort skal der monteres rumtermostater med tilhørende styreenhed således, at hvert rum kan reguleres individuelt med sin egen rumtermostat. I baderum og lignende kan en gulvføler anvendes i stedet for en rumføler. Regulering foregår ved, at en rumføler i hvert rum styrer en ventil og dermed vandstrømmen.

Styring af gulvvarmekredse kan ofte med fordel ske ved pulsstyring frem for termoventilstyring. Ved termoventilstyring og lille varmebehov vil vandet sive ganske langsomt og hele tiden. Det giver en lav vandhastighed og en skæv varmefordeling af gulvet.

Ved pulsstyring vil vandet kun løbe i kort tid af gangen, til gengæld vil vandhastigheden være høj. Det betyder, at gulvet opnår en jævn varmefordeling

Efter installation af gulvvarmerørene skal der udføres en tæthedsprøvning, inden varmekredsene lukkes, og overgulvet lægges. De enkelte varmekredse trykprøves med 1,5 x drifttrykket i 30 minutter. Trykniveauet holdes så stabilt som muligt. Herefter sænkes trykket til 0,5 x driftstrykket. Ventilen lukkes og trykket kontrolleres i de næste 90 minutter. Trykniveauet i varmekredsens rør

må i dette tidsrum ikke falde. En mindre trykstigning er derimod acceptabel, idet den er udtryk for en temperaturstigning i anlægget.

5.1.2 Radiatoranlæg

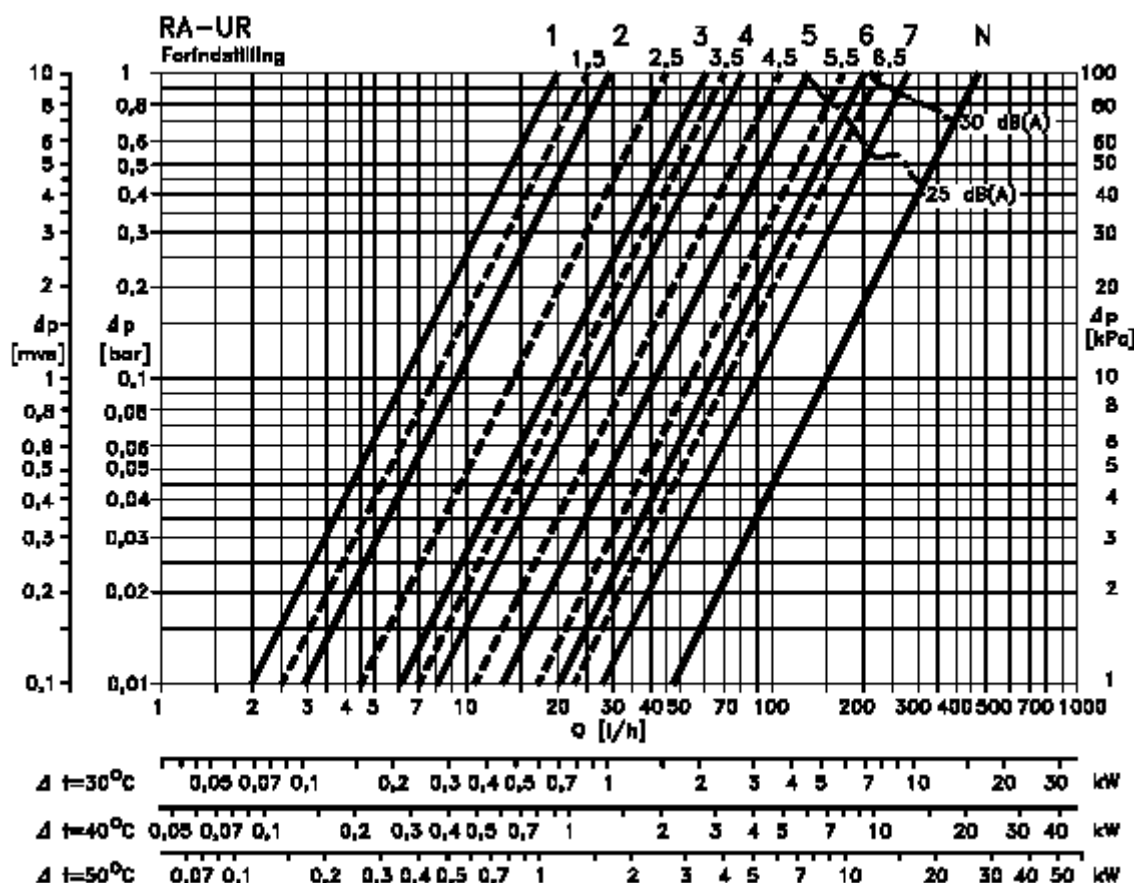
Et radiatoranlæg skal trykprøves og gennemskyllles inden indreguleringen. Det sker ved at lade alle ventiler stå fuldt åbne (oftest forindstillingen fra fabrikken). Herved skylls snavs i rør og ventiler ud.

Derefter skal anlægget forindstilles på skalaen inde på ventilen, jævnfør billedet. Der gælder forskellige forindstillinger for hver enkelt ventiltipe. Der følger oftest et kurve-ark med ventilen ved indkøb. Heraf fremgår, at ved et givet differenstryk (som er indstillet på 0,5-1 mVs, jævnfør tidligere) vil der ved en forindstilling på ex. 3 på skalaen, kunne leveres en bestemt vandmængde gennem ventilen.



Figur 23. *Det er væsentligt, at termostater forindstilles. Det skal ske efter trykprøvning af anlægget, og inden anlægget tages egentligt i brug.*

Hvis anlægget er dimensioneret ud fra vandmængden, jævnfør afsnit 3.1, findes forindstillingen ved at gå ind på den ene akse med vandmængden og den anden akse med differenstrykket. Skæring mellem de to viser forindstillingsværdien, se figuren herunder.



Figur 24. Med hver enkelt termostat følger kurver for forindstilling af den pågældende type.

Kilde: Danfoss A/S

Efter forindstilling monteres termostathovedet. Temperaturen i rummet kan nu reguleres ved hjælp af skalaen på termostathovedet, se figuren herunder. Er der flere radiatorer i samme rum, skal de indstilles til samme temperatur (samme tal på skalaen). Ved flere reguleringsmuligheder på den enkelte radiator, eksempelvis temperaturregulering ved hjælp af fremløbstermostat og mængderegulering ved hjælp af returtermostat, skal indstillingen ske, så fremløbstermostaten er den primære regulering og returtermostaten den sekundære regulering. Det sker ved at lade returreguleringen stå til et højere temperaturniveau end fremløbstermostaten.



Figur 25. Den ønskede temperatur indstilles på termostathovedets skala.

Kilde: Danfoss A/S

5.1.3 Brugsvand

Det anbefales at skylle anlægget igennem ved at lukke fuldt op for reguleringsmuligheden på beholderen eller veksleren. Herved opnås højst mulig temperatur, og eventuelle bakterier i rør, beholder og veksler slås ihjel. Man skal naturligvis være opmærksom på skoldningsrisikoen i forbindelse med tapninger under gennemskylningen.

Efter gennemskylning indstilles på den indstillingsmulighed, veksleren eller beholderen har. Der indstilles til den ønskede temperatur, jævnfør afsnit 4.3.

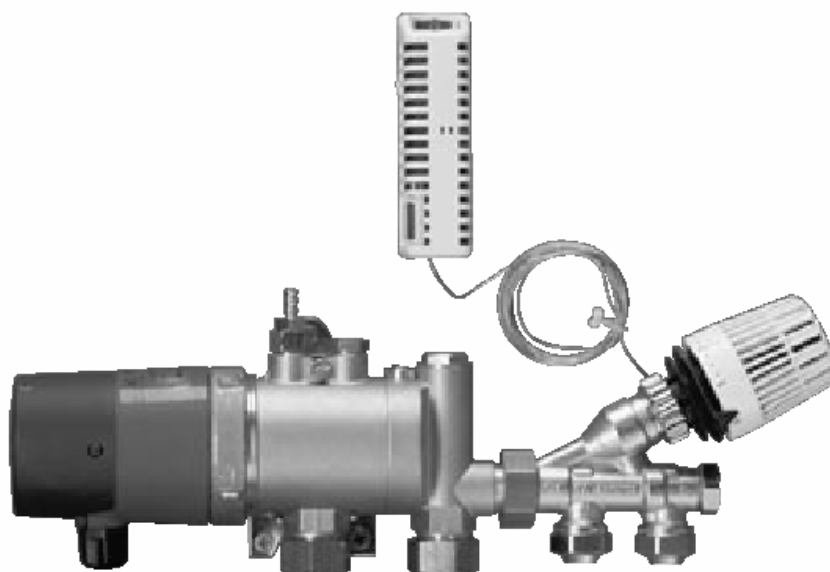
5.1.4 Fremløbstemperatur i direkte forbundne anlæg

I direkte forbundne anlæg er fremløbstemperaturen givet, idet den er lig med den af fjernvarmeværket leverede fremløbstemperatur.

Fjernvarmeværket vil normalt ændre fremløbstemperaturen i forhold til behovet for opvarmning, dog således at behovet for produktion af varmt brugsvand tilgodeses.

Tilslutningsanlægget skal derfor være forsynet med en trykdifferensregulator for at sikre optimale driftsbetingelser for de termostatiske fremløbstermostater på radiatorerne i form af et fast differenstryk. Differenstrykket i en normal installation i én- og tofamiliehuse, bør være indstillet til 0,5 – 1,0 mVs (0,05-0,1 bar).

Gulvvarmeanlæg bør aldrig være tilsluttet direkte uden en blandesløjfe til nedregulering af fremløbstemperaturen. Særlige blandesløjfer for gulvvarmeanlæg til enkeltrum – såsom badeværelser – er på programmet hos flere leverandører.



Figur 26. *Eksempel på kompakt blandesløjfe incl. pumpe for gulvvarmeanlæg i en enkelt rum.*

Kilde: Unopor Wirsbo A/S

5.1.5 Fremløbstemperatur i indirekte forbundne anlæg og i anlæg med blandesløjfer

I indirekte forbundne anlæg og i anlæg med blandesløjfe er det muligt at regulere fremløbstemperaturen i takt med opvarmningsbehovet i det enkelte anlæg, uanset fremløbstemperaturen fra fjernvarmeværket.

Tilslutningsanlægget bør ligeledes være forsynet med en trykdifferensregulator for at sikre optimale driftsvilkår for styringen af blandesløjfen eller veksleren.

Fremløbstemperaturen bør ideelt set styres elektronisk med en motorventil efter udetemperaturen, men i mindre anlæg er dette oftest uøkonomisk, hvorfor der vælges en termomekanisk ventil med en fast indstilling, der blot ændres nogle få gange i løbet af året. Fremtidens fjernvarmeunits for indirekte tilsluttede installationer forventes i større omfang være udstyret med automatik som en del af grundlaget for energimærkning af units.

Hvis der ikke er installeret automatik, bør der som minimum vælges en standardindstilling, der dækker behovet i det meste af vinteren samt i overgangsperioderne. Om sommeren bør der lukkes for anlægget, og på særligt kolde vinterdage kan der skrues et trin op på den termomekaniske ventil. Det er vigtigt hver gang at huske at skrue tilbage igen.

Indstillingen af fremløbstemperaturen til varmeanlægget skal altid være mindst 5°C lavere end fremløbstemperaturen fra fjernvarmeværket, da der ellers er stor risiko for, at der kommer "gennemslag" af uudnyttet fjernvarmevand og deraf følgende manglende afkøling. I vinterperioden kan der reguleres op for fremløbstemperaturen på det interne anlæg, men husk da, at der skal reguleres ned igen, når vinteren er ovre, idet der ellers kan være risiko for, at det interne anlæg står til en højere fremløbstemperatur, end fjernvarmeværket overhovedet leverer i sommermånederne.

Hvis der er monteret termostatventiler på radiatorerne og dermed variabelt flow i varmeinstallationen, bør der vælges en cirkulationspumpe med automatisk regulering af tryk og volumen. Hvis der er installeret en pumpe uden automatisk regulering, skal pumpen indreguleres til lavest mulige trin for at begrænse flowet mest muligt og derved sikre den bedst mulige afkøling. Om nødvendigt kan pumpen stilles ét trin op på meget kolde dage.

Pumpen bør standses i sommerperioden, og når der i øvrigt intet opvarmningsbehov er i længere perioder, eksempelvis i forbindelse med ferier.

Når pumpen stoppes i sommerperioden skal det sikres, at der lukkes for fjernvarmetilgangen til veksleren eller til blandesløjfen, så der ikke sker "gennemslag" som følge af den manglende cirkulation.

5.1.6 Fremløbstemperatur i et-strengsanlæg

Et-strengsanlæg skal altid tilsluttes indirekte eller over en blandesløjfe, fordi det er yderst vigtigt at kunne regulere temperaturen i ringledningen i forhold til udetemperaturen for at sikre en god afkøling og for at begrænse varmetabet fra ringledningen mest muligt.

Mange et-strengsanlæg er bygget til oliefyring eller fjernvarme med høj fremløbstemperatur, og når disse anlæg skal fungere ved lavere temperaturer end oprindeligt forudsat, må man erstatte det naturlige (termiske) drivtryk med pumpetryk. Derfor skal man stille pumpetrykket højere på et et-strengsanlæg end et tilsvarende to-strengt anlæg. Det betyder, at vandet cirkulerer med en højere hastighed gennem anlægget. Dermed er der et større trykfald pr. meter i ringledningen og hermed et bedre differenstryk over den enkelte radiator til at drive vandet op gennem radiatoren.

Reguleringen af temperaturen i ringledningen kan med fordel ske ved at regulere på returtemperaturen fra anlægget. Hermed sikres, at returtemperaturen ikke overstiger den indstillede værdi til gavn for afkølingen, og at man i de særligt kolde perioder kan få tilstrækkelig høj fremløbstemperatur ind på anlægget, således der kan opretholdes en tilstrækkelig varmekomfort.

Uanset om der reguleres ved hjælp af fremløbs- eller returtemperaturen, skal forbrugeren være klar over, at, når der er tale om et-strengsanlæg, skal man indstille radiatortermostaterne på den ønskede værdi, og ved manglende varmekomfort på grund af vejret skal der reguleres op for temperaturen i ringledningen. Når vejret bedrer sig, skal temperaturen reguleres ned. Denne regulering varetages nemmest ved hjælp af automatik.

Cirkulationen i ringledningen skal lukkes uden for fyringsperioden, ellers kommer der et uforholdsmæssigt stort varmetab fra ringledningen.

Det er vigtigt at sikre sig, at der er anvendt specielle termostatventiler beregnet til et-strengsanlæg – de såkaldte type 2 ventiler i modsætning til de normale type 8 ventiler.

5.2 Kontrol

Når anlægget er indreguleret og taget i brug, er det vigtigt løbende at kontrollere temperaturer og flow for at sikre en fortsat optimal drift.

5.2.1 Returtemperatur

Det vigtigste at kontrollere er returtemperaturen fra installationen til fjernvarmeværket. Det gælder, både efter at anlægget er indstillet og senere under driften.

Hvis fjernvarmeværket kræver en afkøling på 35°C som årgennemsnit, og fremløbstemperaturen typisk er 65°C, betyder det, at returtemperaturen skal være under 30°C.

Dette krav til returtemperatur kan ofte ikke opfyldes med et-strengsvarmeanlæg, der er konverteret fra olie til fjernvarme, og gulvvarmeanlæg kan kun opfylde det, hvis de er veldimensionerede og meget korrekt udført.

To-strengs radiatoranlæg kan opfylde kravet, hvis de er korrekt dimensionerede, og anlægget er korrekt indstillet.

Uanset om fjernvarmeværket kræver en bestemt afkøling af fjernvarmevandet, bør returtemperaturer over 35°C kun undtagelsesvis accepteres i fjernvarmeinstallationer.

I den dimensionerende situation ved -12°C udetemperatur kan en returtemperatur på 40°C fra radiatorinstallationen dog accepteres.

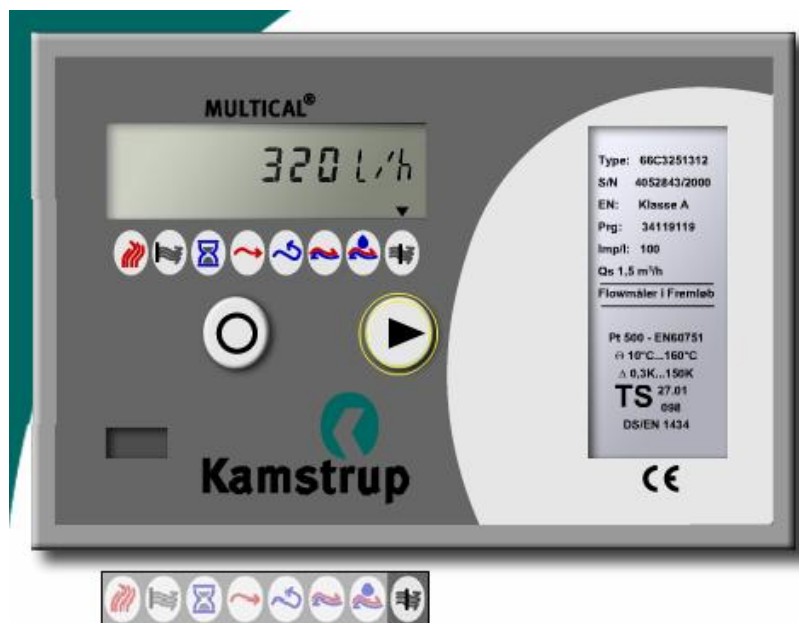
5.2.2 Maksimalt flow

For at kunne styre returtemperaturen skal flowet gennem de enkelte anlægsdele være tilpasset anlægsdelenes ydelse – jvnf. afsnit 3.3 om flow-begrænsere i radiatorventiler eller returkobling.

Om de nødvendige flowbegrænsere er monteret, kan lettest kontrolleres ved at lukke for hele anlægget dvs. alle radiatorer, varmtvandsforsyningen og eventuelt gulvvarmeslangerne. Derefter åbnes fuldt for en enhed ad gangen. Det kan være radiatorerne i ét rum ad gangen (ved flere radiatorer i samme rum skal de åbnes samtidig). Vandstrømmen, der kan aflæses i målerens display, må ikke være større end 1 – 2 liter pr. time pr. m² rum ved test af radiatorerne, jvnf. afsnit 3.1 om fastlæggelse af effektbehov.

Ligeledes må returtemperaturen ved fuldt åbne radiatorventiler ikke overstige 35–40°C.

En tilsvarende kontrol kan foretages med gulvvarmesystemer og med brugsvandssystemet ved kun at åbne for én anlægsdel ad gangen.



Visning af **aktuelt fjernvarmevandsforbrug**:

Denne værdi angiver den aktuelle vandmængde, der cirkulerer gennem varmeanlægget.

Figur 27. Eksempel på målerdisplay på elektronisk måler.

Kilde: Kamstrup A/S

6. Ibrugtagning af varmeanlæg

6.1 Udførelseskontrol

Udførelsen af varmeanlæg skal kontrolleres og dokumenteres af VVS-entreprenøren i henhold til dennes kvalitetssikringssystem.

I de tilfælde, hvor der foreligger et egentligt projektmateriale, skal dette dog kontrolleres og dokumenteres af den, der er ansvarlig for projektet. Hvor der ikke foreligger et selvstændigt projekt, har VVS-entreprenøren det fulde ansvar for anlæggets projektering og komponentvalget.

VVS-entreprenørens kvalitetssikringssystem skal ud over kontrollen af eget arbejde rumme kontrol og dokumentation af andre arbejder, der kan influere på varmeanlæggets funktion og holdbarhed. Herunder specielt indstøbning af varmerør og andre anlægsdele, der ikke er tilgængelige for inspektion efter arbejdets udførelse.

Hvor rør eller andre anlægsdele indstøbes i gulve, skal VVS-entreprenøren sikre sig, at den valgte gulvkonstruktion er egnet til indstøbningen, og at konstruktionen udføres på en sådan måde, at varmeinstallationens funktion eller sikkerhed ikke skades. Herunder specielt underlaget for og opklodsningen af gulvvarmeslanger, samt fastgørelsen af disse til armeringsnettet.

VVS-entreprenøren alene har ansvaret for anlæggets tæthed og skal sikre sig ved trykprøvning, at anlæggets komponenter er fejlfrie og korrekt samlede, inden isoleringsarbejdet udføres, og rørene indstøbes.

Trykprøven skal udføres i h.t. fjernvarmeværkets anvisning og overværes af fjernvarmeværket i det omfang, som fjernvarmeværket måtte ønske og som anført i værkets tekniske leveringsbetingelser.

Der er i Danmark ingen lovkrav om godkendelse af materialer og produkter, der benyttes i installationer i forbindelse med fjernvarme. Endvidere kræves der heller ikke autorisation af virksomheden, der udfører arbejde med fjernvarmeinstallationer. Det enkelte fjernvarmeselskab kan i sine tekniske leveringsbetingelser stille visse specifikke krav til både materialer og udførsel under henvisning til anlæggets samlede funktion.

Der findes en kontrolordning af fjernvarmeunits, kaldet TI-standardunits. Den er oprettet af VVS-fabrikantene (nu VE-fabrikantene) i samarbejde med Teknologisk Institut (TI) og DFF. Ordningen styres af Teknologisk Institut. TI afprøver og godkender fjernvarmeunits, der opfylder retningslinierne. Ordningen står over for revision og afløses formodentlig af en energimærkningsordning.

I forbindelse med installationsarbejde for varmt og koldt brugsvand kræves en VA-godkendelse af de anvendte materialer. Desuden kræves autorisation af virksomheden, der udfører arbejdet.

6.2 Afleveringskontrol

Af DS469 fremgår at ved aflevering af varmeanlægget til den fremtidige ejer, skal anlægget dokumenteres ved hjælp af en komponentliste med kopier af de tekniske specifikationer på de komponenter, der er anvendt til anlægget, samt en betjeningsvejledning, der angiver den korrekte betjening og indstilling af komponenterne.

I forbindelse med overdragelsen skal det gennemgås og kontrolleres, at indstillingen af anlægget er sket i overensstemmelse med betjeningsvejledningen og som beskrevet i afsnit 5.1. Ved afleveringen kontrolleres endvidere, at alle synlige anlægsdele er isolerede som beskrevet i afsnit 4.5.

Desværre ses ofte et svigt i denne afleveringskontrol med det resultat, at brugeren ikke har kendskab til sit anlæg og som følge deraf ikke ved, hvordan optimal drift opnås.

6.3 Driftskontrol

For at sikre, at varmeanlægget til enhver tid er indstillet optimalt, er det nødvendigt at udføre en regelmæssig driftskontrol, der efterviser, at anlægget fortsat er indstillet som beskrevet i betjeningsvejledningen og som beskrevet i afsnit 5.1.

Hvis indstillingen efterfølgende er ændret på baggrund af erfaringer fra driften, skal disse ændringer anføres i betjeningsvejledningen, så denne til enhver tid er ajourført.

Kontrollen kan ske som beskrevet i afsnit 5.2.

Ved indirekte forbundne anlæg skal det endvidere kontrolleres, om anlægget taber vand, og der skal om nødvendigt påfyldes vand én eller to gange om året. Hvis det ikke er tilstrækkeligt med vandpåfyldning to gange om året, er det en indikation af, at anlægget er utæt og bør undersøges nærmere og eventuelt trykprøves af en VVS-installatør.

Driftskontrollen kan udføres på flere måder, hvoraf de væsentligste er:

- Brugerens lejlighedsvis egenkontrol – f.eks. ved varmesæsonens start og slutning.
- Fejlsøgning ved funktionsforstyrrelser eller ved unormalt varmeforbrug
- Serviceaftale med VVS-entreprenør eller fjernvarmeværk
- Energisyn af installationen i forbindelse med energimærkning, som forventes at blive obligatorisk fra 2006, når EU-direktivet om bygningers termiske ydeevne implementeres i dansk lovgivning og i det nye Bygningsreglement- BR 2005.

Det anbefales endvidere, at brugeren af anlægget løbende fører kontrolbogen, som er udleveret af fjernvarmeværket.

Gennemførelse af en manuel lækagekontrol kan give en indikering af, om der er utætheder i anlægget. Ved direkte anlæg, hvor måleren er placeret på fremløbsledningen, lukkes hovedventilen på returledningen. Efter et stykke tid skal måleren vise et flow på 0 l/h. Er måleren ved et direkte forbundet anlæg placeret på returen, lukkes hovedventilen på fremløbsledningen. Måleren skal efter et stykke tid igen vise et flow på 0 l/h. Hvis måleren "løber baglæns", viser et tal større end 0 eller viser "error", kan det være fordi, der er utætheder i anlægget, og varmeværket bør kontaktes.

Ved indirekte anlæg vil utætheder i anlægget vise sig ved behov for hyppig vandpåfyldning. Ved mistanke om utæthed kontakt varmeværket.

Både varmtvandsbeholdere og brugsvandsvarmevekslere kan også blive utætte. Det kan vise sig både ved, at fjernvarmevand strømmer ind i brugsvandsledningen, og ved at brugsvand strømmer ind i fjernvarmeledningen. Ved mistanke om utætheder kontakt igen varmeværket.

Som alternativ hertil kan et stigende antal værker tilbyde online driftsovervågning i form af lækagekontrol og energistyring via internettet, hvorved brugernes anlæg er sikret en optimal funktion. Ved afvigende forbrug eller ved funktionsforstyrrelser kontaktes brugeren for at finde årsagen og for at afhjælpe en eventuel fejl eller fejlindstilling af anlægget.

Princip for tilslutning af radiatorer som supplerende varmekilde til gulvvarmeanlæg

Tilslutningsanlæg udføres i henhold til
DFF-vejledning Brugerinstallationer, diagram 1-4

