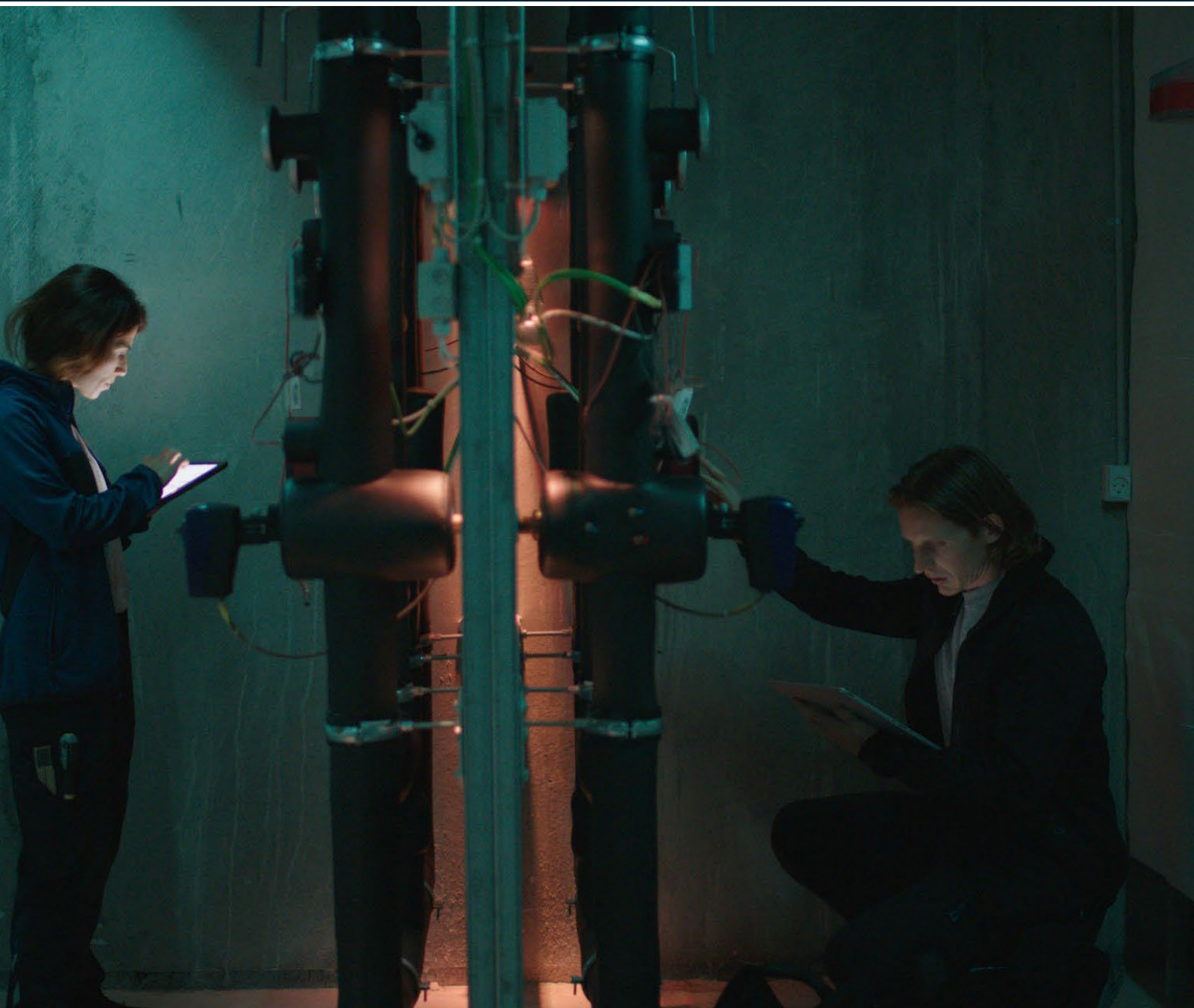


Kompendium

Fjernvarmeservice-uddannelsen - Teoridelen



Revideret december 2024

Forord

Formålet med dette kompendium er at give et grundlag for uddannelsen til fjernvarmeservicemontør.

Indholdet er i denne teoridel og i den medfølgende beskrivelse af hovedeftersynet således udformet til at understøtte den metodik, som bruges i forbindelse med et servicebesøg og for sikre en ensartet uddannelse til at lave fjernvarmeservice i en-familieboliger.

Kursuskompendiet indeholder gennemgang af komponenter, indstillinger og dele som findes i mindre installationer. Indholdet beskriver både norm- og lovgivningsmæssige regler, praktiske erfaringer og forenklinger for at kunne udføre et servicebesøg. Et servicebesøg der har som formål at skabe god afkøling og et lavt energiforbrug i bygningen. Og eventuelt at rådgive boligejeren til yderligere tiltag der kan forbedre driften.

Materialet er gennemgået og vurderet af faglærere på de tekniske skoler, censorer til certifikatprøven og af sekretariatet for Fjernvarmens Serviceordning.

Fjernvarmens Serviceordning er en landsdækkende serviceordning for kvalitetssikrede fjernvarmeeftersyn. Ordningen er støttet af mange fjernvarmeværker og arbejder målrettet for, at fjernvarme i Danmark bliver bedre og mere effektivt.

Kompendiet er redigeret pr. december 2024.

Kommentarer, herunder forslag til forbedringer til eventuelle revisioner, modtages meget gerne på mail: kkh@teknologisk.dk

Civ. Ing. Kristian K. Hansen
Teknologisk Institut

Kompendiet er udviklet i samarbejde med EVU – El- og Vvs-branchens Uddannelsessekretariat. EVU sikrer kompetencegivende og fremtidsrettede uddannelses tilbud inden for vvs-energiområdet. Med fokus på branchens behov, grøn omstilling og ny teknologi udvikler EVU erhvervs- og efteruddannelses tilbud, der understøtter kvalificeret arbejdskraft til den bæredygtige fremtid. Vvs-energiuddannelsen kombinerer håndværk, innovation og certificerede kompetencer for at sikre, at både lærlinge og faglærte står stærkt i en branche i hastig udvikling. Bag EVU står organisationerne Blik- og Rørarbejderforbundet, Dansk El-Forbund og TEKNIQ Arbejdsgiverne.

Indhold

Forord	2
Intro	5
Generelle krav	5
Energøkonomiske krav til tilslutningsanlæg	6
Eksisterende varmeanlæg	7
Incitament- og motivationstarif	8
Systemtyper	10
Specielle krav	10
System 1-6	11
Varmetab og energiforbrug	17
Radiatorer	19
Vurdering af eksisterende radiatorstørrelse	19
Søjleradiatorer	22
Panelradiatorer	23
Konvektorer	24
Planradiatorer	25
Ventiler	25
Generelt	26
Tryktrin og maksimalt differenstryk	28
Trykdifferensregulatorer	29
Dynamiske ventiler	30
Pumpeteori	32
Blandesløjfer	37
Vekslere	40
Varmt vand i boliger	43
Varmtvandsbehov i mindre anlæg	43
Dimensionering	43
Gennemstrømningsvandvarmere	45
Beholdere med spiral	47
Anlægstyper	49

Gulvvarme	51
Udlægningsmønstre	51
Forindstilling af gulvvarmeanlæg	52
Udekompensering – automatik	54
Men, hvordan virker det i princippet?	55
Temperaturstyring/varmeregulering i praksis	56
Natsænkning (<i>obs! –tjek varmekærks regler</i>)	57
EKSTRA – Ikke Pensum	58
Ventiler	58
Radiatorer	59
Indregulering	65
Vurdering af eksisterende radiatorer	68
Varmetab	69
Graddage	69
Korrigeret energiforbrug	72

Intro

Det første fjernvarmeværk i Danmark blev opført på Frederiksberg i 1903. Det var et anlæg til affaldsforbrænding, som både håndterede byens affald og leverede varme til det nærliggende hospital.

Fjernvarme adskiller sig fra el og gas på flere måder. Fjernvarmerør er meget større end gasrør og elledninger, hvilket gør transport af fjernvarme dyrere. Desuden kan fjernvarme kun anvendes til varmt vand og opvarmning, mens el og gas har flere anvendelsesmuligheder som lys, madlavning, proces, varme etc. Derfor har fjernvarme en begrænset værdi som produkt – det er dyrt at transportere, og brugen er mere specifik.

Fjernvarme egner sig særligt godt i områder med tæt bebyggelse, hvor transportomkostningerne kan holdes nede. I Danmark er der ikke et sammenhængende ledningsnet for fjernvarme som for el og gas.

Det er derfor ikke overraskende, at fjernvarme primært anvendes i større byer, hvor det også bidrager til at løse andre problemer. For det første kan affald, der ikke kan genanvendes, bruges til fjernvarme i stedet for at ende på deponeringsanlæg eller lossepladser. For det andet har fjernvarme spillet en vigtig rolle i forbedringen af luftkvaliteten i hovedstaden, da individuelle opvarmningsmetoder forurenede luften. Fjernvarmesystemet har også medvirket til, at hovedstadsområdet nu opvarmes med cirka 65% grøn energi.

I dag er fjernvarmeværker i Danmark ofte kraftvarmeværker, som udnytter overskudsvarme fra elproduktionen til at generere varme. Opbygningen af det nuværende fjernvarmesystem begyndte under oliekrisen i 1970'erne, da behovet for at skifte fra olie var stort. Med udvidelsen af naturgasnettet blev der etableret flere nye værker rundt om i landet, kendt som barmarksværker, som traditionelt brugte naturgaskedler til samproduktion af elektricitet.

I nyere tid er disse værker gradvist blevet erstattet af alternative energikilder som biomasse, varmepumper og solenergi. For at udnytte energien bedst muligt i de enkelte værker er der visse krav som værkerne beder forbrugerne om at tilpasse sig.

Generelle krav

De generelle krav til tilslutningsanlæg er beskrevet i de enkelte fjernvarmeværkers "Tekniske bestemmelser for fjernvarmelevering".

Disse tekniske bestemmelser udarbejder fjernvarmeforsyninger således at de passer for deres forsyningsområde.

Hovedpunkterne i de tekniske bestemmelser består typisk af nedennævnte vvs-installationsdetaljer:

- Udførelse af installationsarbejde (autorisation)
- Etablering af stikledning og hovedhaner
- Etablering af måleudstyr
- Projektering og udførelse af varmeinstallationer
- dimensioneringsgrundlag
- projektering og udførelse
- Tilslutningsarrangement
- Interne rørledninger
- Specielle anlæg
- Isolering
- Trykprøve og idriftsættelse

Vedrørende tilslutningsarrangementet står der typisk noget i retning af:

"Tilslutningsarrangementet, som forbinder fjernvarmeforsynings stikledning med forbrugerens varmeinstallation, skal principielt udføres som vist på tegningerne i de tekniske bestemmelseres bilag, som også viser forskellige varmeinstallationer. Tilslutningsarrangementet bør, så vidt muligt, anbringes i et rum med gulvafløb".

"Værket anviser i hvert tilfælde hvilke type tilslutnings- og varmeinstallation, der tillades anvendt. Afvigelser fra disse vil kun undtagelsesvis kunne accepteres af værket, og kun hvis særlige forhold taler herfor".

Det er almindeligt at de enkelte værker udvælger de typer anlæg, som de ønsker anvendt i deres forsyningsområde, ligesom flere får fabrikanterne til at lave units der er specielt egnede for deres område, og eventuelt tilpasset målertype, særlige termometre o.l.

Energiøkonomiske krav til tilslutningsanlæg

Besparelser

Energibesparelser ved produktion og fordeling af fjernvarme har længe været i fokus, og mange udredninger m.v. har peget på tilslutningsanlægget som værende kritisk i relation til disse bestræbelser.

I en række systemer er det muligt at sænke temperaturniveauet og dermed opnå besparelser.

Besparelserne består dels af sparet varmetab pga. de lavere temperaturniveauer, dels af besparelser i produktionen for mange af de varme- og kraftvarmeproducerende enheder, når det lavere temperaturniveau samtidig også forbedrer disses driftsbetingelser og totalnyttevirkningsgrad. Ved lavtemperaturdrift forstås her en sænkning af det gennemsnitlige temperaturniveau.

Energirigtige fjernvarmetilslutningsanlæg er derfor attraktive fordi anlæggenes funktion, udførelse og drift er forudsætningen for energimæssig optimal drift af fjernvarmesystemer, både i nye bygninger og i eksisterende.

Krav til brugeranlæg

Overordnet skal tilslutningsanlægget sikre en god afkøling ved lav fremløbstemperatur. Dette skal sikres både ved boligopvarmning og ved produktion af varmt brugsvand.

I bygningsreglementet stilles krav til nye brugerinstallationer via kravene i DS469 – varmenormen. Ydermere vil varmesystemer i bygninger med relativt store radiatorflader ikke kun tilgodese krav i forbindelse med lavtemperaturdrift, men er også meget mere fleksible med hensyn til valg af varmeproducerende enheder.

Lavere temperaturniveauer hos slutbrugerne stiller større krav til komponenter i opvarmningsanlæg og anlæg for produktion af varmt brugsvand. Krav til brugsvands-temperatur sætter en nedre grænse for fremløbstemperaturen. Resultatet vil være:

- Ændret udgangspunkt for dimensionering
- Ønsker om forbedring af komponenters energieffektivitet
- Nye mere effektive styringssystemer

Kravene vil kræve opmærksomhed omkring dimensionering af især:

- Vekslere
- Hedeflader i beholdere
- Varmeafgivere (radiatorer)
- Reguleringssystemer, trykdifferensregulatorer m.v.

Flere forhold gør at temperaturniveauet hos mange forbrugere og dermed i mange systemer kan sænkes, uden gener og uden store investeringer.

I en række tilfælde er det dog nødvendigt at udskifte komponenter hos forbrugerne, omend der løbende vil ske en fornyelse af brugerinstallationer. Installationer skal ved nyanlæg og renovering tilpasses krav til lavtemperaturdrift. Generelt skal rørsystem og ventiler ved dimensioneringen tilpasses det aktuelle systems krav til vand og varmestrømme.

Eksisterende varmeanlæg

I de tilfælde, hvor lavtemperaturdrift af fjernvarmenettet er et problem for de allerede tilsluttede anlæg, har årsagen til problemet typisk relation til:

- dårlig indregulering
- utilstrækkelig effekt i vekslere og vandvarmere
- utilstrækkelig effekt i varmeafgivere
- forkerte ventiler

For eksisterende varmeanlæg, der tilsluttes fjernvarme, sætter de forhåndenværende komponenter en vis grænse for den opnåelige energiøkonomi. Inden for disse begrænsninger kan tilslutningsanlægget arbejde mere eller mindre optimalt i relation til den ønskede drift. Energiøkonomien omfatter flere faktorer, herunder:

- lavest mulige nettemperaturer, lavtemperaturdrift, stor afkøling
- mindst mulige effektbehov hos den enkelte forbruger.
- udjævning af effektbehov på nettet, reduktion af den maksimale effekt.
- begrænsning af udgifter til pumpning.
- en optimal regulering i en balance mellem pris, tryktab, stabilitet og reguleringsnøjagtighed.

For et-strengede anlæg vil det almindeligvis gælde, at det ikke er muligt at opnå det samme lave returtemperaturniveau, som det er for tostrengede anlæg. Det er dog i mange tilfælde muligt at komme et stykke ad vejen mod lavere returtemperaturer.

For et-strengs kan en stram styring af fremløbstemperaturen sikre en lavere returtemperatur.

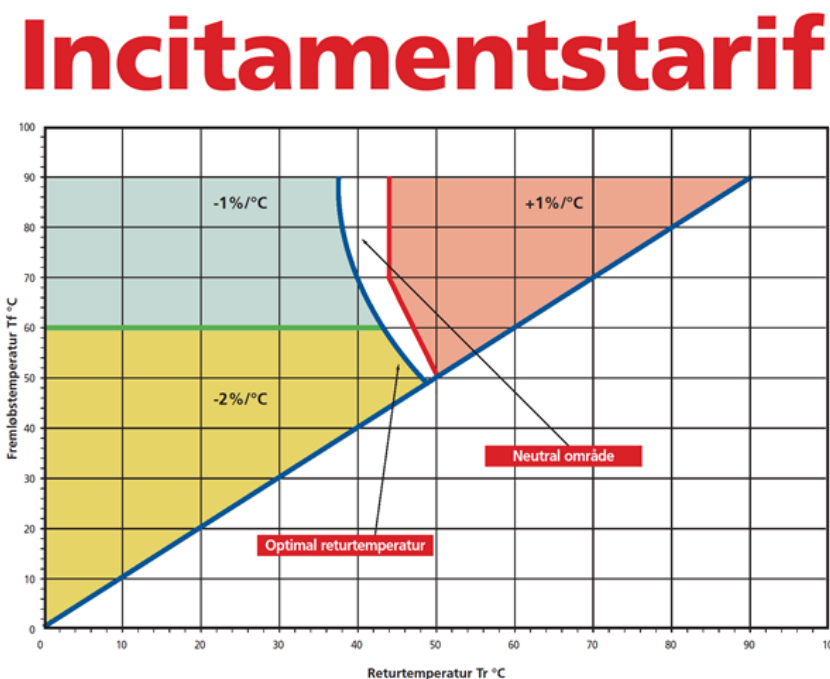
Incitament- og motivationstarif

De fleste fjernvarmeværker har indført en tarif for at sikre bedre afkøling. Eksempelvis skriver HOFOR – (Københavns Fjernvarme):

"Afkølingskravet for 2024 er 29°C. For lavtemperaturområdet ved Vesterbro er afkølingskravet 24°C.

Hvis afkølingen i ejendommen er op til 5°C højere eller lavere end afkølingskravet, opkræves der ingen ekstra betaling eller udbetales bonus. Er afkølingen over året i gennemsnit over 34°C (29°C for lavtemperaturområdet ved Vesterbro), udbetales der bonus. Omvendt opkræves der en ekstra betaling, hvis afkølingen i gennemsnit har været under 24°C (19°C for lavtemperaturområdet ved Vesterbro)."

Grunden til forskellen er at HOFOR drifter med en lavere fremløbstemperatur på Vesterbro – derfor er det også sværere at opnå en høj afkøling.



Figur 1: Afkølingstarif Viborg Fjernvarme

Hos Midtfyns Fjernvarme gælder en motivationstarif med et tillæg til varmeregningen på 1% af det variable bidrag pr. °C manglende vægtede gennemsnitlig årsafkøling under 25 °C.

Hos Viborg fjernvarme måles fremløbstemperaturen løbende over året og vægtes i forhold til forbruget. Dvs. at fremløbs-temperaturen tæller mere om vinteren hvor fjernvarme-forbruget er meget højere end om sommeren – hvor typisk kun varmtvandsproduktionen bruger fjernvarme.

Hos Viborg Fjernvarme afregnes afkølingstariffen efter billedet herover. Hvis eks. den målte gennemsnitlig vægtede fremløbstemperatur er 64°C – så kan kunden opnå 1% billigere fjernvarme for hver grad at returtemperaturen er lavere end ca. 43°C – med andre ord kan der opnås rabat på varmen allerede ved en afkøling på 21°C.

I gennemsnit kan det siges, at man skal sigte mod en gennemsnitlig afkøling på ca. 30 °C – i Viborg ville dette have udløst en varmeregning der er 9% billigere ved 64°C fremløb, på Vesterbro ville den samme drift give en rabat på $(30-24) \cdot 0,8\% = 4,8\%$. I Hovedområdet i HOFOR vil en afkøling på 30°C – ikke give rabat – da HOFOR har en $\pm 5^\circ\text{C}$ zone hvor der ikke beregnes – de 5 °C tæller dog stadig med når der beregnes uden for zonen.

Systemtyper

Bestykning af tilslutningsanlæg

Principperne for opbygning af tilslutningsanlæg kan deles op i følgende hovedtyper:

- Direkte anlæg
- Indirekte anlæg med varmeveksler
- Direkte anlæg som blandeanlæg med 2- eller 3-vejs automatisk temperaturregulering
- Indirekte fjernvarmeanlæg med tilslutning af supplerende energikilde

I det efterfølgende er angivet principdiagrammerne fra Dansk Fjernvarmes tekniske bestemmelser.

Diagrammerne angiver ud over den principielle opbygning også den bestykning det anbefales at anvende.

Tilslutningsanlægget skal dog som et minimum være udstyret med:

- Termometre for registrering af fremløbs- og returtemperatur
- Ventiler for separat afspærring af rumopvarmningsanlæg og vandopvarmningsanlæg
- Plads til målerarrangement med ventiler, så målerskift kan foretages med et minimum af vandtab
- Snavssamler foran anlæg og måler
- Union- eller flangesamlinger, så tilslutningsanlæg kan skilles fra fjernvarmenettet uden overskæring af rør
- Studse og ventiler for aftapning, udluftning og trykprøvning af anlæg.

Man skal øvrigt altid være opmærksom på bygningsreglementets krav til varme- og varmtvandsanlæg, DS469 og DS439, samt arbejdstilsynets regler i publikation 58.

Specielle krav

Varmeværket kan stille specielle projekterings- og driftsmæssige krav til visse dele af tilslutningsanlægget, hvorfor forespørgsel om sådanne krav altid bør rettes til varmeværket forud for projekteringen.

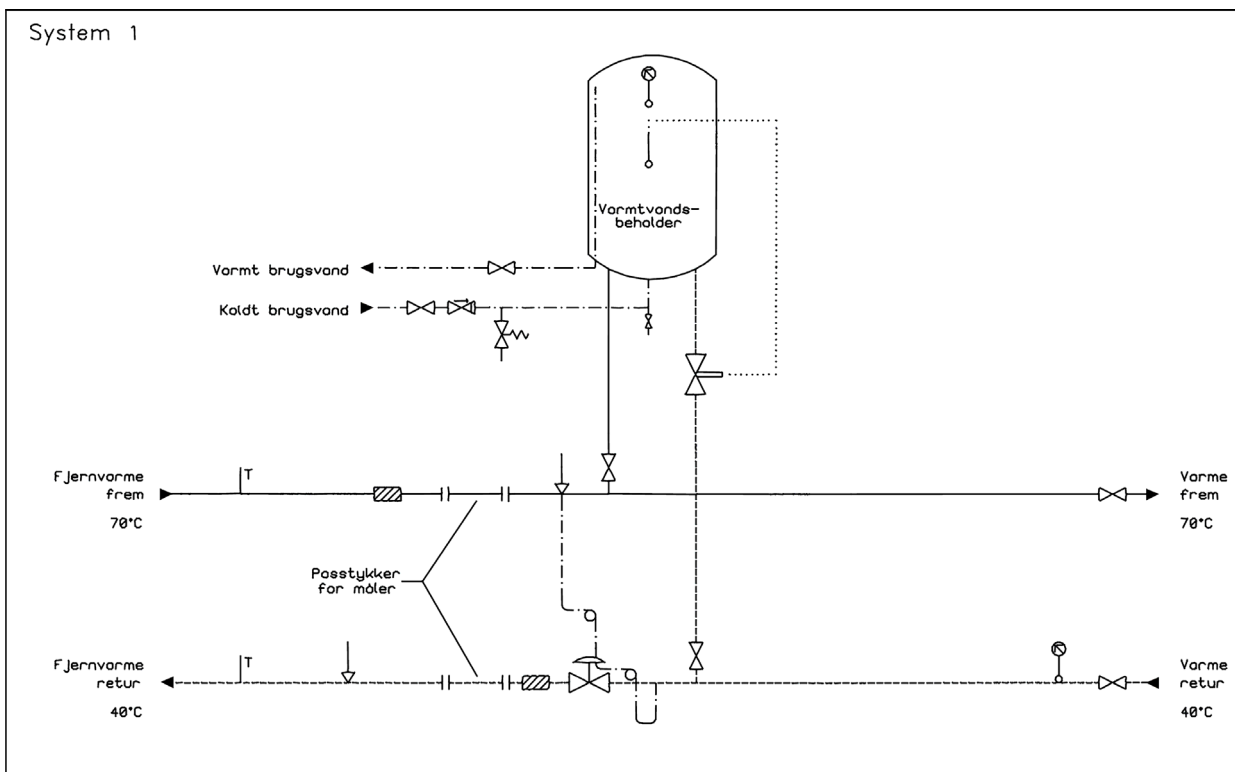
Eksempelvis kan nævnes:

- At nogle varmeværker stiller krav om, at tilslutning skal ske over varmeveksler.
- At målerstørrelse og type ofte kan være dimensionsgivende for varmtvandsanlægget, ligesom tryk og temperaturforholdene fra varmeværket kan have stor indflydelse på netop denne del af tilslutningsarrangementet.
- At der kan forekomme specielle krav til målerplaceringen, f.eks. med hensyn til "lige rør" før og efter måleren, samt til afstande fra andre installationer eller bygningsdele.
- At der fra varmeværkets side kan forekomme specielle krav om selvstændig måler på særlig effektkrævende enkeltkomponenter.

- At der fra varmeværkets side kan stilles krav om en minimumsafkøling af fjernvarmevandet på f.eks. 30 °C og begrænser af returtemperaturen.
- Flere fjernvarmeselskaber tillader ikke, af kapacitetsmæssige årsager gennemstrømningsvekslere til varmtvand.

System 1-6

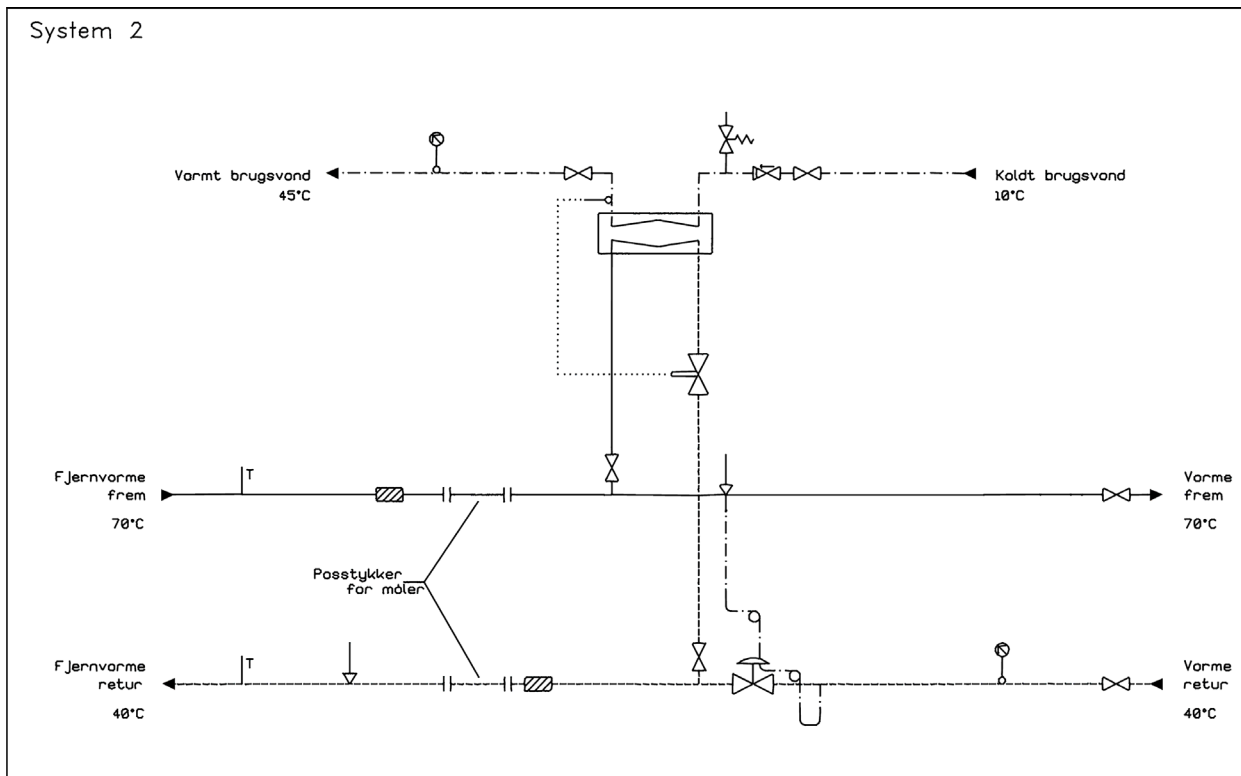
I forbindelse med hovedeftersynet skal det anføres hvilken opbygning fjernvarmetilslutningsanlægget har.



Figur 2: System 1 - Direkte fjernvarme med varmtvandsbeholder

Dette system er det ældste opbygningssystem som har været brugt i fjernvarmesammenhæng siden de første anlæg. I dag ses de særligt i mindre byer og uden for hovedstadsområdet.

Bemærk at trykdifferensregulatoren dækker over både beholderens reguleringsventil og over alle radiatorernes ventiler. Dette er en konsekvens af at en trykdifferensregulator er kostbar og det kan derfor være vanskeligt at indregulere den så både beholdeopvarmningen og radiatordriften er perfekte.



Figur 3: System 2 - Direkte fjernvarme med brugsvandsveksler

I løbet af 1980'erne begyndte de kompakte veksler at vinde indpas og system 1 blev mange steder af hensyn til plads lavet med gennemstrømningsveksler. Gennemstrømningsvekslerne er mest udbredt i Jylland, men ses også i mindre byer andre steder. Udfordringen kan være for nogle værker at de ikke har trykdifferens nok og derfor kan veksleren ikke følge med.

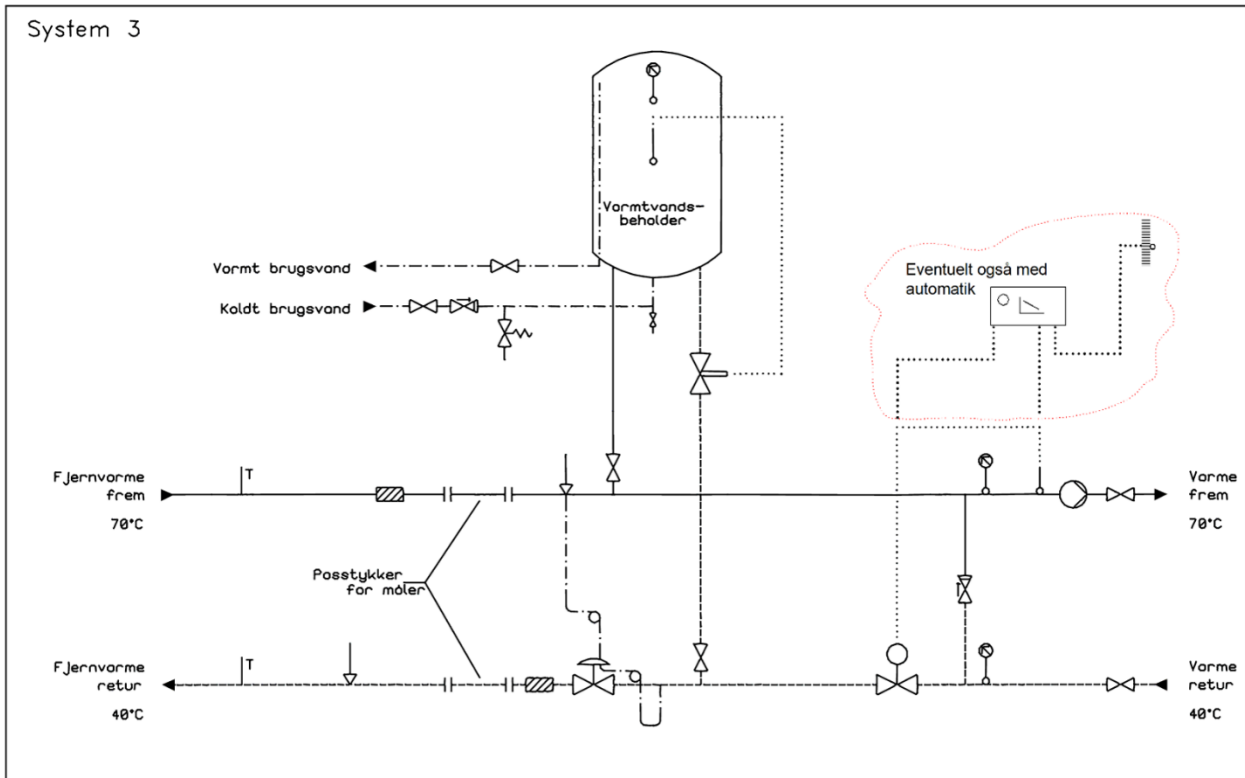
Nogle værker tillader brug af boosterpumper til at øge effekten fra fjernvarmen.

Man skal være opmærksom på at veksler er mere udsatte over for kalkdannelse, som ødelægger vekslerens evne til at lave varmt vand med god afkøling.

Bemærk desuden af trykdifferensregulatoren er flyttet over til kun at dække radiatorkredsen.



Figur 4: Boosterpumpen kan øge effekten med ca. 10 kW



Figur 5: System 3 - Direkte fjernvarme med blandesløjfe og varmtvandsbeholder

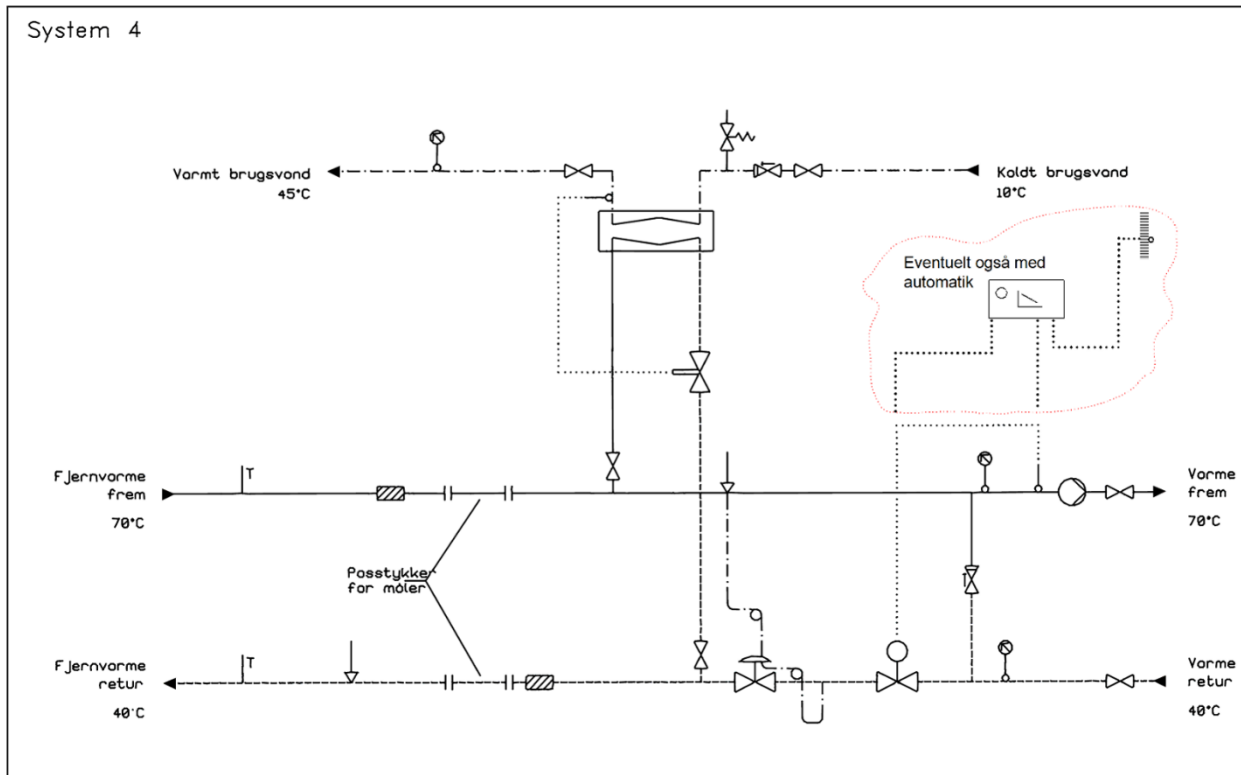
I mange fjernvarmeområder har man historisk driftet med meget høj fremløbstemperatur. For at undgå høje driftstemperaturer i radiatorer og måske gulvvarme så har mange direkte anlæg fået en blandesløjfe påbygget.

En blandesløjfe kan shunte fremløbstemperaturen ned til et lavere niveau.

I DS469 i varmenormens tillæg af 2002 var det desuden et krav at der var monteret en vejrkompensator for bygninger større end 300 m². Fra 2013 blev det et krav at alle nye anlæg skulle have en vejrkompensteret eller behovsstyret regulering af varmetilførslen – typisk fremløbstemperaturen.

I system 3 bruges - som i det simple anlæg - kun en trykdifferensregulator.

I takt med ønsket om lavere energiforbrug og tilgængelighed af lidt mere avancerede komponenter



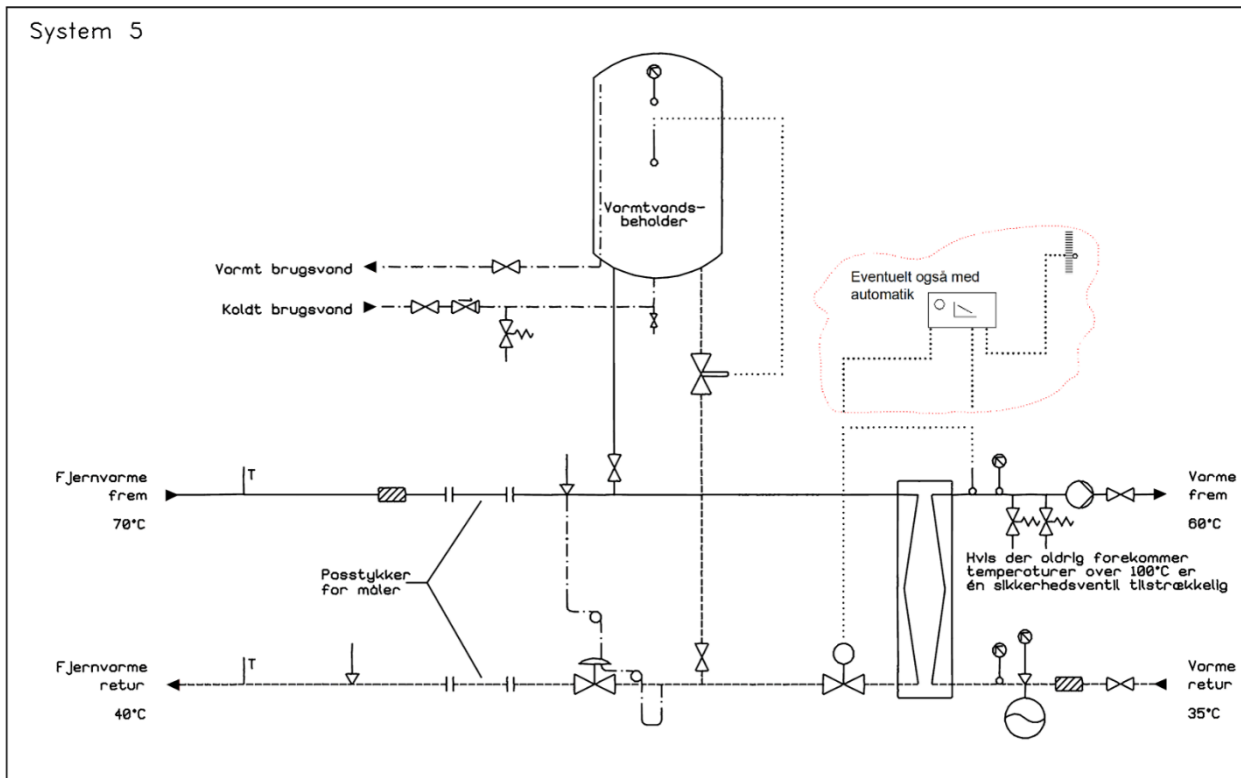
Figur 5: System 4 - Direkte fjernvarme med blandesløjfe og brugsvandsveksler

Som system 3. I takt med at der kom flere gennemstrømningsvekslere blev disse også udviklet. I 1990'erne kom der trykstyrede ventiler til varmtvandsproduktionen – de såkaldte "kødben" (PM ventilen)



Figur 6: Tryk og Tryk/temperaturstyret ventil (PTC) til gennemstrømningsveksler

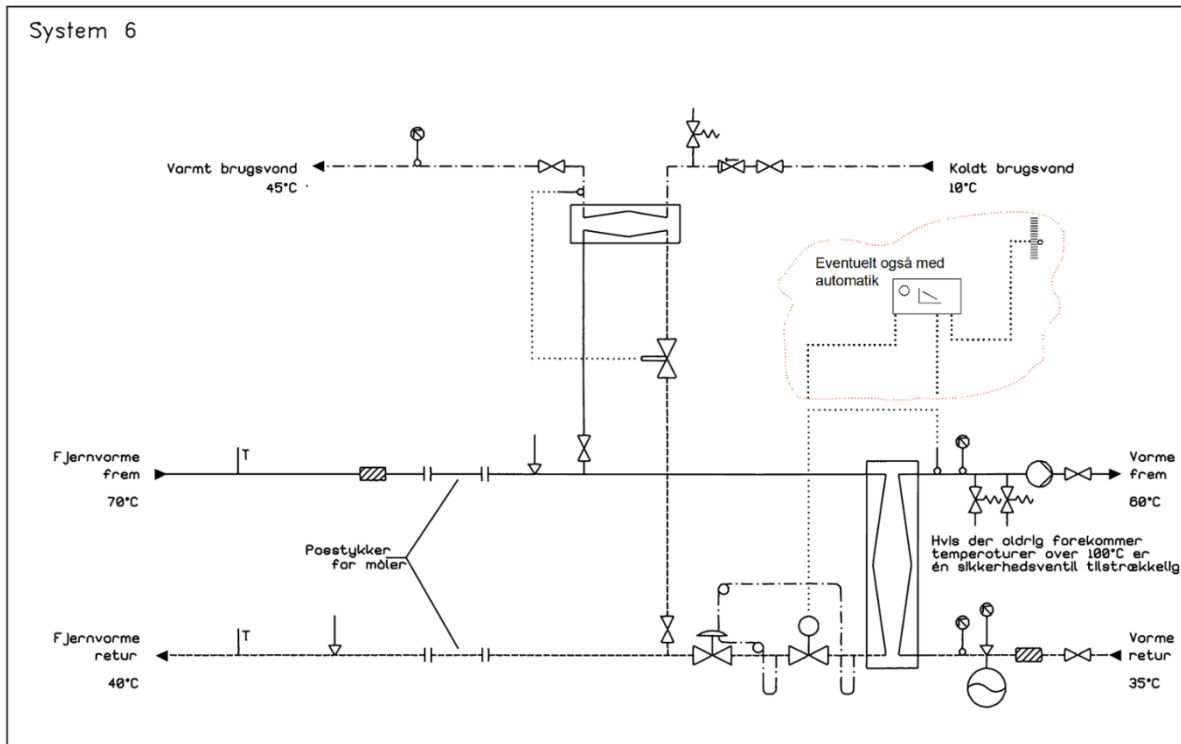
Senere kom modellen også med en temperaturindstilling, så brugsvandstemperaturen ikke varierede hen over året. Tryk åbne lynhurtigt ved forbrug og lukker fjernvarmevand ind i veksleren. PTC-ventilen justerer herefter temperaturen til den indstillede (ca. 50 °C).



Figur 7: System 5 - Indirekte fjernvarme med veksler og varmtvandsbeholder

I nogle fjernvarmeverker må der ikke bruges direkte fjernvarme, derfor skal der installeres en veksler til at adskille primær og sekundær side. I princippet er alle indstillinger det samme som for blandesløjfe koblingen. Dog skal man ikke sætte fremløbstemperaturen til radiatorerne højere end ca. 5-10°C lavere end fjernvarmetemperaturen.

For det indirekte anlæg skal der således også bruges trykeksansion, udluftning, manometer og sikkerhedsventil(er) som der ikke benyttes i system 1-4.



Figur 98: System 6 - Indirekte fjernvarme med veksler og brugsvandsveksler

Ofte vil der i et system 2, 4 og 6 være brug for en sommerventil til at holde stikledningen varm mellem tapninger af varmt vand, hvis der bruges trykstyrede ventiler. Hvis der bruges en termostatisk ventil, så vil den holde stikledningen varm til der er et ny forbrug.

Læg mærke til at trykdifferensregulatoren sidder rundt om reguleringsventilen som den skal for at sikre korrekt trykdifferens.

Figur 10:
Sommerventil



Varmetab og energiforbrug

Ved gennemgang af en bygning vil det være nødvendigt at vurdere hvor meget varme en bygning skal bruge.

Når en bygnings varmetab kendes, kan installatøren beregne hvor store radiatorerne, veksleren, ventilerne og pumpen skal være.

I Fjernvarmens Serviceordningen bruges denne tabel

	Byggeår								
	1930-1959			1960-1979			1980-1999		
Isolering i mm	Gulv: ca. 50 Hulmur: Ingen Loft: ca. 30			Gulv: ca. 50 Hulmur: 75 Loft: ca. 100			Gulv: ca. 150 Hulmur: 100 Loft: ca. 200		
Vinduer	Forsats/koblet			Termoruder			Termoruder		
Varmetab	70 W/m ²	60 W/m ²	50 W/m ²	55 W/m ²	50 W/m ²	45 W/m ²	40 W/m ²	35 W/m ²	30 W/m ²

Figur 9: Skema til vurdering af varmetab

De "sorte" tal er gennemsnittet for en bygning fra den pågældende tidsperiode. Varmetabet kan vurderes højere end det "sorte" tal, men så er der også tale om tydelige mangler på bygningens klimaskærm.

Tabellen bruges f.eks. ved at en bygning fra 1930-1959 er kommet hulmursisolering på ca. 50-75mm og loftsisolering til ca. 100-200 så er bygningen forbedret 1. interval til 60 W/m² - hvis der er yderligere forbedringer såsom energiruder og andet så er det 2. intervaller til 50 W/m².

Der er her tale om et overslag på varmetabet. VVS-installatører skal ikke lave meget præcise udregninger, men udelukkende have mulighed for at lave en simpel vurdering af behovet.

Når varmetabet er fundet, kan bygningens forventede årlige energiforbrug(fjernvarmeforbrug) findes.

	Byggeår									
	1930-1959			1960-1979			1980-1999			2000-
Isolering i mm	Gulv: ca. 50 Hulmur: Ingen Loft: ca. 30			Gulv: ca. 50 Hulmur: 75 Loft: ca. 100			Gulv: ca. 150 Hulmur: 100 Loft: ca. 200			Gulv: ca. 2-300 Hulmur: 125-190 Loft: ca. 350
Vinduer	Forsats/koblet			Termoruder			Termoruder			Energiruder
Årligt varmekonsum	140 kWh/m ²	120 kWh/m ²	100 kWh/m ²	110 kWh/m ²	100 kWh/m ²	90 kWh/m ²	80 kWh/m ²	70 kWh/m ²	60 kWh/m ²	60 kWh/m ²

Figur 10: Det årlige varmekonsum er baseret på at der er opvarmet til 20°C i fyringssæsonen fra ca. medio maj til ultimo september.

For at finde et overslag på husets varmekonsum ved normal brug og i et normalt år, så skal man blot tage husets areal og gange varmebruget på – herefter tillægges forbrug af varmt vand.

Varmt vand regnes typisk til 850 kWh pr. person pr. år. Man kan tillægge lidt ekstra til tab i fyrrummet og installationerne.

Et eksempel kunne være:

Et hus på 140 m² fra 1970 er forbedret lidt med isolering til 200 mm på loft og nye vinduer.

Varmetab på 50 W/m² = forbrug på 100 kWh/m² = 14000 kWh

Der bor 3 personer. 3x850 kWh = 2550 kWh

Tab der ikke bruges til opvarmning = 500 kWh

Samlet forbrug 14+2,55+0,5 = 17,05 MWh

Indberetning systemet korrigerer selv målerdata for graddage – se ekstra viden for eksempel.

Radiatorer

Når der er foretaget en varmetabsberegning for hvert enkelt rum, kan man bestemme om størrelsen af en eller flere radiatorer, som skal dække rummets varmetab, er tilpas.

Jf. Normen DS-EN 469 gælder dette vedr. dimensionerende frem- og returløbstemperatur:

Rumopvarmningen samt eventuelle ventilationsvarmefflader og andre installationer tilsluttet varmeanlægget skal dimensioneres for en fremløbstemperatur på højst 60 °C og en returløbstemperatur på højst 40 °C ved den dimensionerende udetemperatur.

Sker varmforsyningen med kondenserende kedel eller varmepumpe, skal der anvendes en dimensionerende fremløbstemperatur til rumopvarmningen på højst 55 °C.

Gulvvarme samt loft- og vægvarme skal dimensioneres for en fremløbstemperatur på højst 45 °C.

For anlæg tilsluttet fjernvarme gælder de dimensionerende frem- og returløbstemperaturer ved fjernvarmestikkets hovedhaner.

Det er vigtigt at fastslå hvilken radiatorstype der er opsat, før end at radiatorens ydelse kan fastslås.

I mange radiatorkataloger og ved opslag kan radiatorers ydeevne findes.

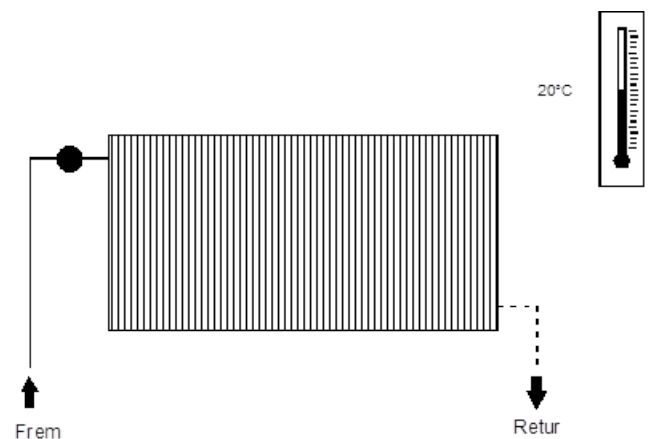
Pas på med små radiatorer.

For de radiatorer der er smallere end 100 cm meter og/eller lavere end 45 cm er det erfaringen at fabrikanter ofte omregner forkert.

I praksis er det meget svært at sikre stor afkøling og meget lavet flow for disse typer.

Da man ved nogle varmesystemer altid skal tilstræbe størst mulig afkøling, bør alle radiatorer dimensioneres for en afkøling på 30 °C.

Beskrivelsen herunder er den metode som fjernvarmeordningens indberetningsportal benytter til overslag på radiatorernes ydelser.



Figur 11: Radiatoren er den komponent i huset der har den største indflydelse på fjernvarmedriften.

Vurdering af eksisterende radiatorstørrelse

Indberetningsportalen beregner radiatorernes ydelse ud fra deres fysiske størrelse. Metoden der bruges, er beskrevet herunder. Metoden er baseret på 90/70/20 – dvs. et fremløb på 90°C, et returløb på 70°C ved en rumtemperatur på 20°C. Disse temperaturer er de oprindelige temperaturer som radiatorer blev dimensioneret og kontrolmålt til. I dag måles de fleste radiatorer ved et fremløb på 75°C, et returløb på 65°C. Dette kan også være et problem – se ekstra viden.

Radiatorstørrelsen kan bestemmes ved sammenlægning af katalogværdier for radiatorerne. Dette kræver at der kan fremskaffes et katalog, som gælder for de aktuelle radiatorer.

Bestemmelse af radiatorstørrelse ud fra katalogværdier

For nyere radiatorer kan et katalog rekvireres hos producenten. Med kataloget og en tommestok i hånden kan de nominelle ydelser for samtlige radiatorer aflæses i kataloget. Man skal være opmærksom på at det er den nominelle ydelse ved 90/70°C ($\Delta t=60$), der ofte aflæses.

For ældre radiatorer kan kataloger som oftest ikke skaffes, og man er derfor nødt til at bruge fremgangsmåden, som er beskrevet i det følgende afsnit.

Omregning af radiatorydelse til bygningens aktuelle driftstemperaturer kan findes ud fra følgende tabel.

Fremløbs-temp. °C	Bygge-højde mm	Returtemperatur °C									
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
90	190-310				1,79	1,55	1,36	1,22	1,10	1,00	0,92
	311-490				1,64	1,45	1,30	1,18	1,08	1,00	0,93
	491-1010				1,45	1,32	1,22	1,13	1,06	1,00	0,93
85	190-310			2,22	1,87	1,16	1,41	1,26	1,13	1,03	
	311-490			1,99	1,72	1,51	1,36	1,23	1,13	1,04	
	491-1010			1,71	1,53	1,40	1,29	1,20	1,12	1,06	
80	190-310		2,89	2,32	1,94	1,67	1,47	1,30	1,17	1,07	
	311-490		2,52	2,10	1,80	1,59	1,42	1,29	1,18	1,09	
	491-1010		2,10	1,83	1,63	1,49	1,37	1,27	1,19	1,12	
75	190-310	4,07	3,04	2,43	2,03	1,74	1,53	1,35	1,22	1,10	
	311-490	3,42	2,67	2,22	1,91	1,67	1,50	1,35	1,24	1,14	
	491-1010	2,71	2,25	1,96	1,75	1,59	1,46	1,35	1,26	1,19	
70	190-310	4,32	3,21	2,56	2,13	1,82	1,59	1,41	1,26		
	311-490	3,66	2,85	2,36	2,02	1,77	1,58	1,43	1,30		
	491-1010	2,94	2,44	2,11	1,88	1,70	1,56	1,45	1,35		
65	190-310	4,61	3,40	2,70	2,24	1,91	1,66	1,47			
	311-490	3,95	3,06	2,52	2,15	1,88	1,67	1,51			
	491-1010	3,21	2,65	2,29	2,04	1,84	1,69	1,56			
60	190-310	4,94	3,62	2,86	2,36	2,01	1,74				
	311-490	4,29	3,30	2,71	2,30	2,01	1,78				
	491-1010	3,55	2,91	2,51	2,23	2,01	1,84				
55	190-310	5,34	3,88	3,05	2,51	2,12					
	311-490	4,7	3,59	2,93	2,48	2,16					
	491-1010	3,96	3,24	2,78	2,46	2,21					
50	190-310	5,87	4,19	3,27	2,67		Eksempel: Udfra opmåling af en en 5-søjlet radiator er ydelsen fundet til: 3,1 m ² x 4900 Watt I alt 15190 W Ved et tempertursæt på 90/70/20 °C Radiatorhøjde - 645 mm Beregn ydelsen ved 55/35/20 °C 3,24 gange mindre end ved 55/35/20 °C Dvs. 15190 W/3,24 = 4690 W				
	311-490	5,2	3,95	3,20	2,70						
	491-1010	4,49	3,65	3,12	2,74						
45	190-310	6,4	4,56	3,53							
	311-490	5,85	4,40	3,54							
	491-1010	5,19	4,19	3,56							
40	190-310	7,15	5,02								
	311-490	6,71	4,98								
	491-1010	6,17	4,93								

Figur 12: Radiatorfaktor - omregning af ydelser til andre tempertursæt end 90/70/20 °C

Bestemmelse af radiatorstørrelse ud fra måling

Ved hjælp af de viste billeder af radiatorer udvælges den type radiator, som bedst ligner radiatorerne i det aktuelle hus. For hver type radiator kan man i skemaerne finde den nominelle ydelse pr. m² frontareal, q_a . Ud fra dette er den nominelle ydelse for en radiator:

$Q_{nom} = A \times q_a$, hvor A er frontarealet af radiatoren:

$A = \text{højde(m)} \times \text{længde(m)}$

Hvis alle husets radiatorer er ens, kan det samlede areal indsættes.

For nogle typer af radiatorer i de viste skemaer er det nødvendigt at også radiatoren dybde måles.

Eksempel:

Hvad er den samlede katalogværdi for radiatorerne i et hus med følgende radiatorer:

3,1 m² søjleradiatorer med 5 bølger, og en højde på 645 mm.

2,2 m² søjleradiator med 5 bølger og en højde på 370 mm.

0,9 m² planradiatorer 37 mm dyb og en højde på 500 mm.

Opgave:

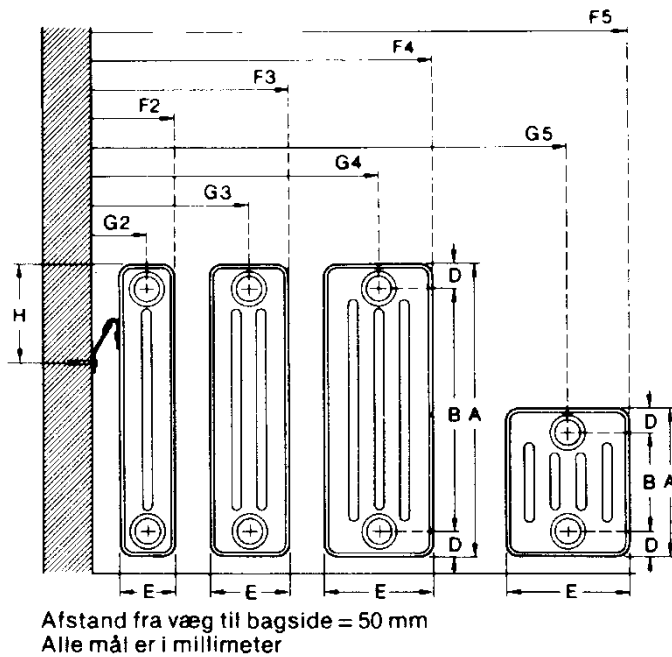
Omregn disse til lavtemperatur fjernvarme 55/35/20 °C

Løsning:

Type	Højde	Areal	Kat. værdi	Effekt	Faktor ved 55/35/20	Effekt ved 55/35/20
	(mm)	(m ²)	(W/m ²)	(W)		(W)
S 265/5	645	3,1	4900	15190	3,24	4690
S 265/5	370	2,2	5800	12760	3,59	3550
Plan 37	500	0,9	2750	2475	3,24	760
Den samlede katalogværdi				30425		9000

Figur 13: Eksempel på opmåling og omregning til 55°C fremløb.

Søjleradiatorer



Figur 15: Søjleradiatorer

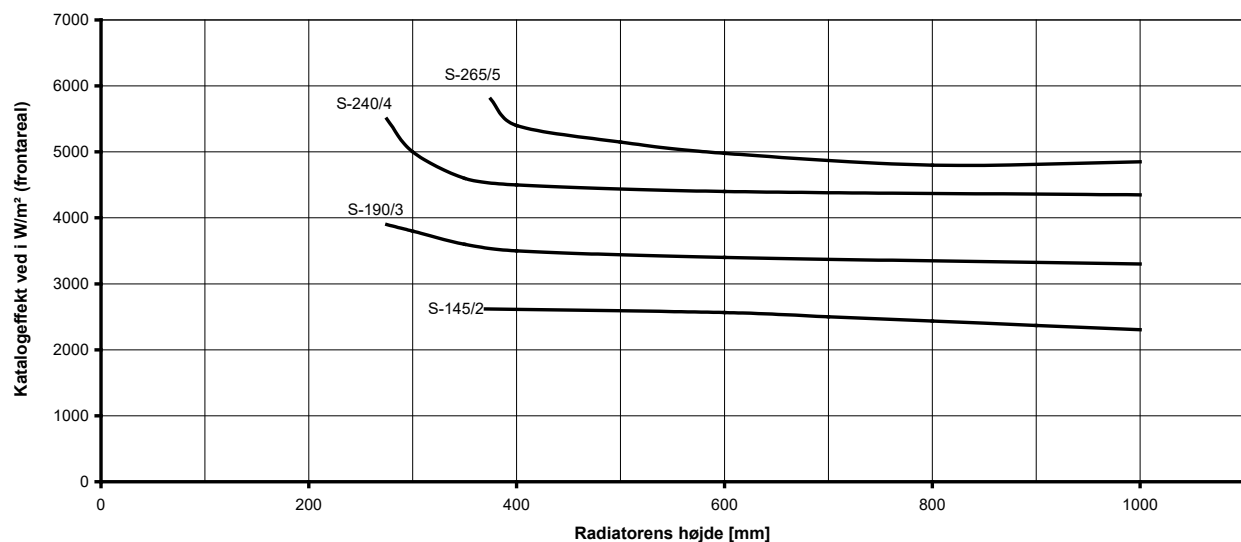
Her til venstre er vist 4 forskellige søjleradiatorer. Fra venstre er der en 2 søjlet (en udskæring mellem hver søjle), herefter er der en 3-søjlet, en 4-søjlet og en 5-søjlet der typisk er lavere end de andre.



Figur 14: Ex.-type: 4-søjlet

Søjleradiatorer

Ydelse ved 90/70/20 °C ($\Delta T = 60^\circ\text{C}$)



Figur 16: Diagram - Radiatoreffekt for søjleradiatorer

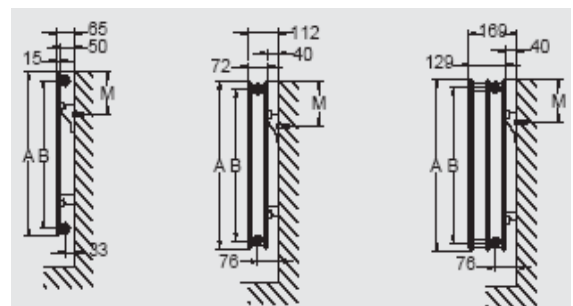
Panelradiatorer

Radiatorerne på denne side er panelradiatorer uden konvektorblik imellem de vandfyldte plader.

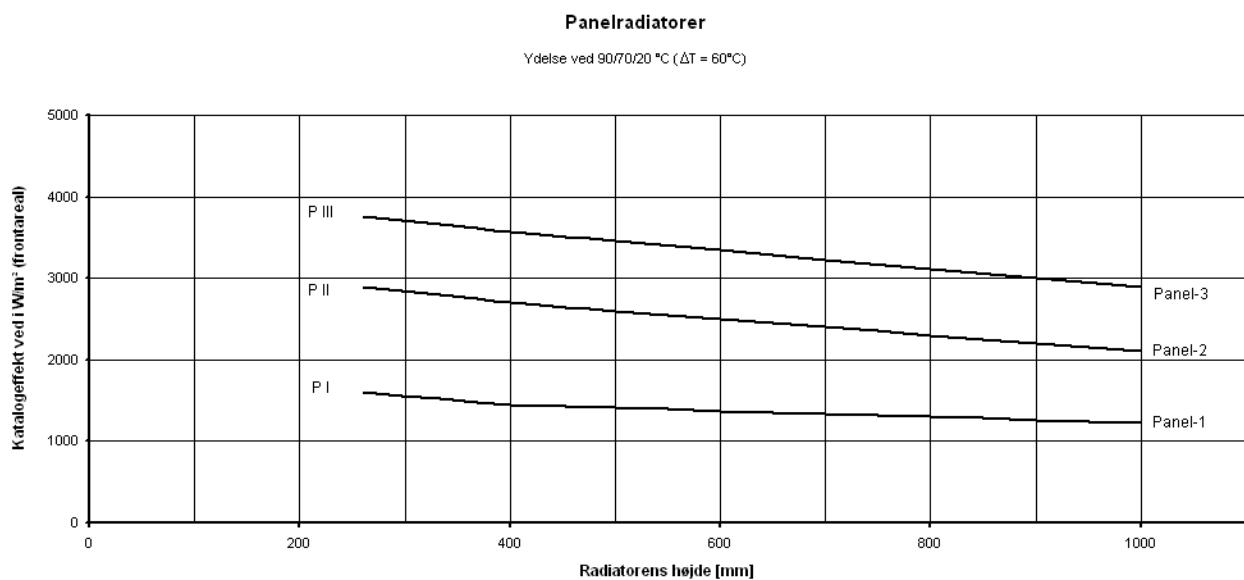
Radiatorerne har en lavere ydelse end radiatorer med konvektorer i, til gengæld er de meget nemmere at rengøre.



Figur 18: Panelradiator - type PII



Figur 19: PI, PII og PIII panelradiatorer



Figur 17: Diagram - Radiatoreffekt for panelradiatorer

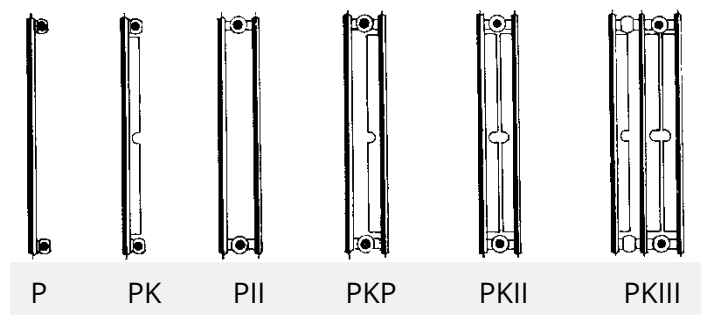
Konvektorer

Panelkonvektorer eller panelradiatorer. Antallet af vandfyldte plade – benævnes P og antallet af konvektorblik K Herunder er der vist forskellige typer af panelkonvektorer.

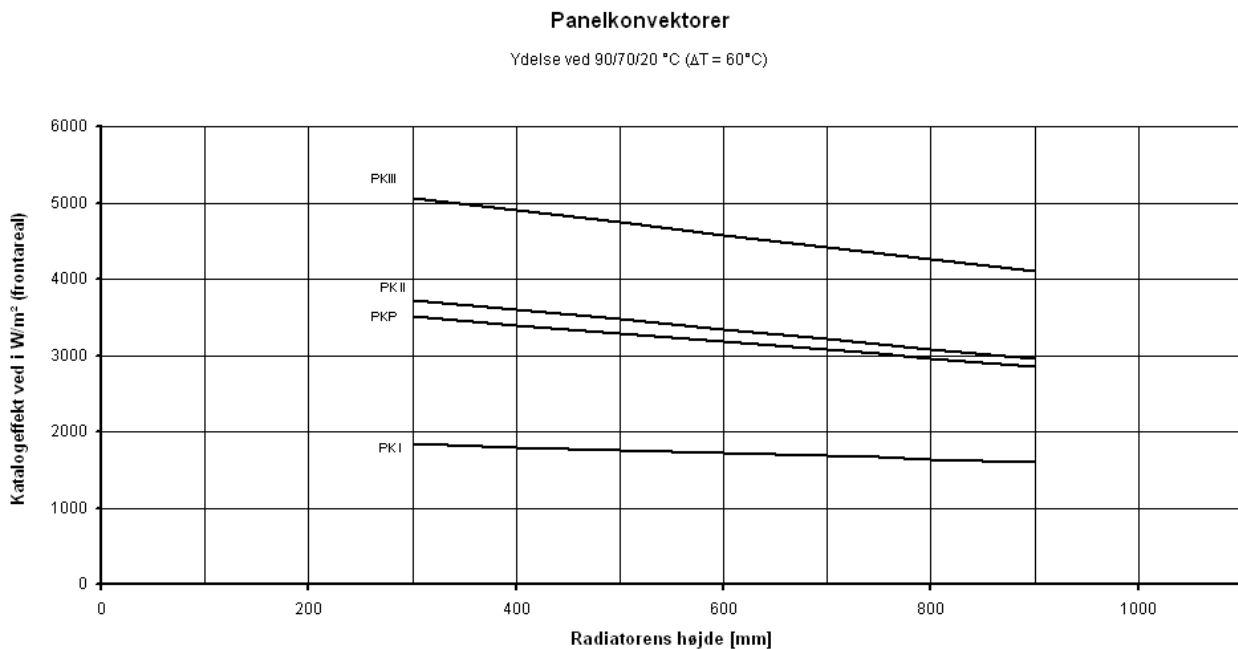
Ex.-type: PKIII svarer til en 3-delt panelkonvektor.



Figur 20: Panelkonvektor - type PKII



Figur 21: Typer



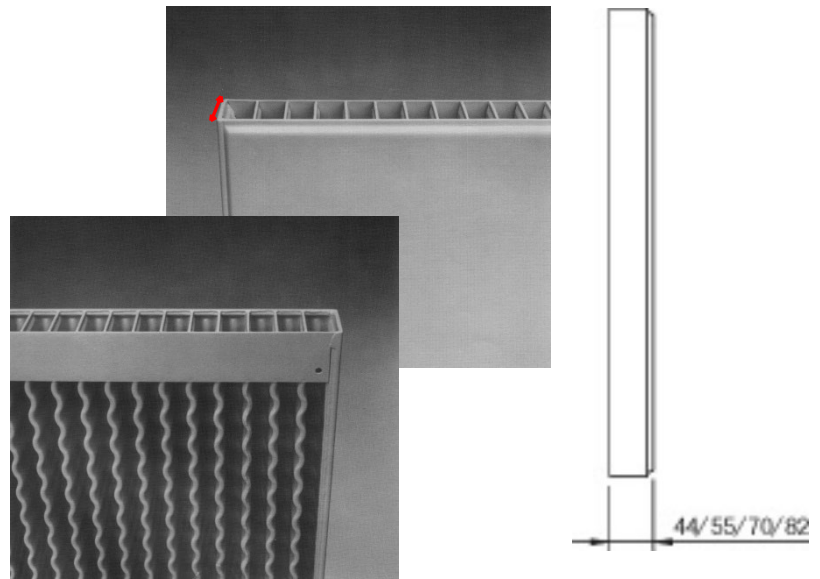
Figur 22: Diagram - Radiatoreffekt for panelkonvektorer

Planradiatorer

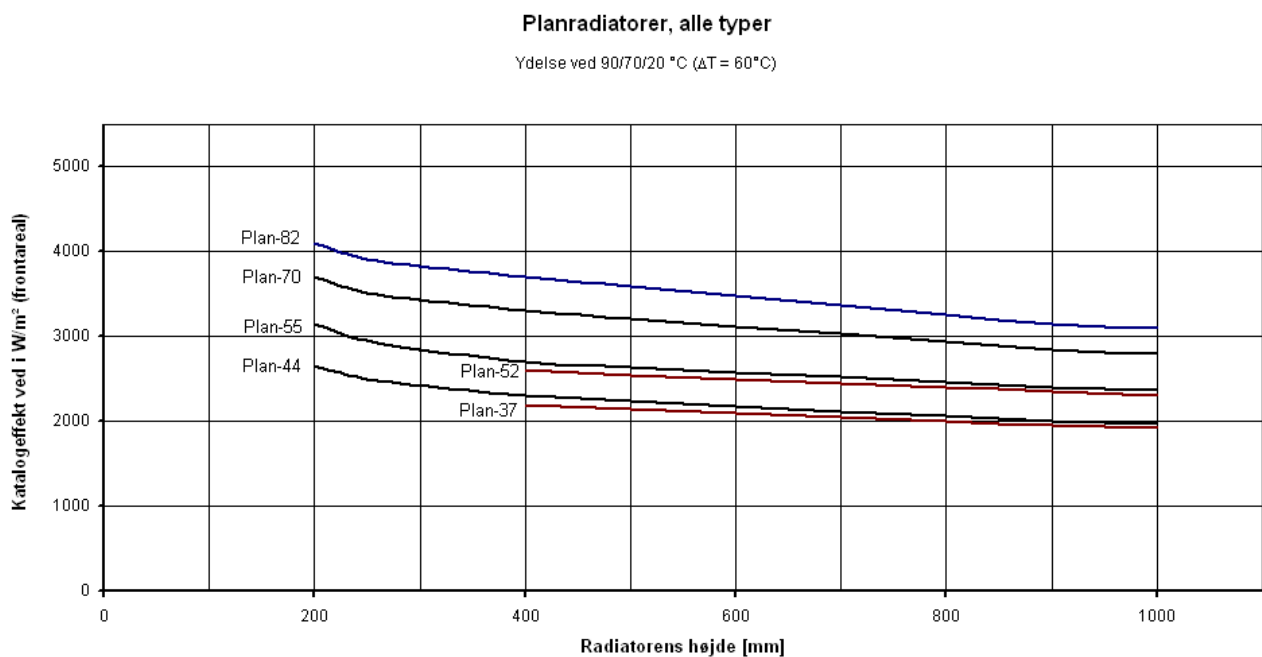
Den hyppigst forekomne planradiator er af mærket Hudevad. De har gerne en dybde på 40 mm, 55 mm, 70 mm eller 82 mm. Dette kan måles med tommestok som vist på billedet.

Mål derefter radiatorens front højde x længde, som for de andre typer.

Ex.-type: Plan-55 yder 2700 W/m² for 90/70/20



Figur 23: Planradiator set forfra og bagfra



Figur 24: Diagram - Effekt for planradiatorer

Ventiler

Generelt

I varmeanlæg og særligt i fjernvarmeanlæg bruges mange ventiler til at sikre driften af anlægget. Ventilerne har 2 formål de skal opfylde:

- sikre at boligen og dens beboere får den varme og det varme vand som de skal bruge.
- Give en ydelsesmæssig og rolig drift.



Figur 25: [Link til Mikkel Heramb's video, om Kv- og KvS-værdi.](#)

Begge formål er beskrevet i bygningsreglementet med henvisninger til varme- og brugsvandsnormen.

Særligt i varmenormen er det beskrevet at:

Varmestrømmen til de enkelte varmegivere skal kunne afpasses, så den ønskede varmeafgivelse opnås.

Varmeanlægget skal forsynes med indreguleringsventiler eller -spjæld, så alle varmegivere sikres passende varmemstrømme under normal drift samt ved genopvarmning. I anlæg, hvor forsyningstrykket varierer meget, fx i fjernvarmeanlæg, kan det være nødvendigt at anbringe regulatorer, der udligner trykvariationerne. Varmeanlæg skal forsynes med målepunkter, så indreguleringen kan kontrolleres. Undtaget er dog indregulering af de enkelte radiatorer, konvektorer eller gulvvarmekredse, hvor indreguleringen kan ske alene ved beregning.

Hvad er en varmemstrøm? En varmemstrøm er kombinationen af et temperatursæt og et flow, ex. en radiator skal yde 1000 W for at varme et rum op, når det er dimensionerende koldt. Dette kan gøres ved et flow på ca. 29 l/h ved en afkøling på 30 °C el. ved et flow på ca. 43 l/h ved en afkøling på 20 °C. Dette bestemmer VVS'eren el. rådgiveren.

For at opnå en tilfredsstillende regulering er det vigtigt at kende nogle af de forhold, der er afgørende for en ventils egnethed til disse formål:

Kv el. Kvs

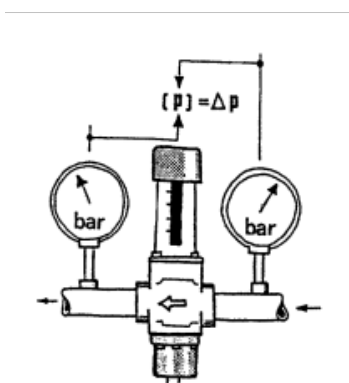
Kapacitetsfaktoren (Kvs-værdien) angiver den vandmængde i m^3 pr. time (m^3/h), der strømmer gennem den helt åbne ventil, når der er et trykfald = differenstryk fra tilgang til afgang på 1 bar. Trykket 1 bar = 100 kPa = 10 mVS

Det bør understreges, at kapaciteten af ventilen i helt åben tilstand normalt ligger noget over den vandmængde, som der skal bruges. Kvs er en slags grænseværdi for ventils formåen, da der ikke er et differenstryk på 1 bar til rådighed – og måske kan ventilen slet ikke fungere i denne situation.

Kv er den beregnede ventilkoefficient som skal bruges til den aktuelle situation. Kv-værdien er også ventils ønskede modstand. Nogle ventiler har mulighed for at indstille forskellige Kv-værdier. Ex. kan radiatorventiler stilles fra 1-7 og kan således repræsentere mange ønskede driftssituationer.

Nogle gange kan man ikke lige finde den ventil der passer til den ønskede Kv-værdi. Afhængig af lokale forhold, såsom differenstryk og viden om temperaturer der normalt forekommer i fjernvarmen der hvor anlægget skal opsættes, vælge at gå op eller ned til nærmeste køb-bare ventil.

Differenstryk Δp

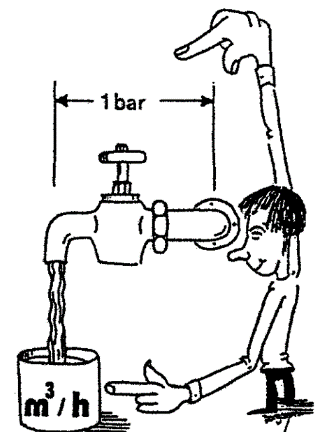


Figur 27: ΔP over en ventil

Differenstrykket over en ventil er trykforskellen mellem ventils tilgangstryk og afgangstryk og betegnes ofte som trykfald. Trykfaldet er et resultat af pumpens arbejde og den modstand som ventilen yder.

I fjernvarmeanlæg er der flere differenstryk. Fra fjernvarmen leveres et differenstryk til vores bygning via fjernvarmestikledningerne. Som regel er differenstrykket mellem 0,2 til 1,0 bar men det kan være noget højere, afhængig af beliggenhed og fjernvarmeverk. Hvis det er lavere end 0,2 bar vil det være meget vanskeligt at sikre varmeforsyning til den pågældende bolig.

Internt på varmeanlægget leveres differenstrykket af vores cirkulationspumpe – en typisk pumpe kan lave 0,2-0,5 bar i differenstryk. Dette differenstryk skal sikre at ALLE modstande i anlægget kan overvindes og at det korrekte flow kan opnås. De enkelte ventiler i anlægget kan derfor ikke have hele pumpens differenstryk, der vil også være trykfald i rør, bøjninger, afgreninger, tilsætninger og



$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$$

Figur 26: Kvs er ventilen maksimale flow ved 1 bar i differenstryk

vekslere. Hvis det meste af trykfaldet ligger andetsteds end på ventilerne mister ventilerne deres autoritet og anlægget kan være i ubalance.

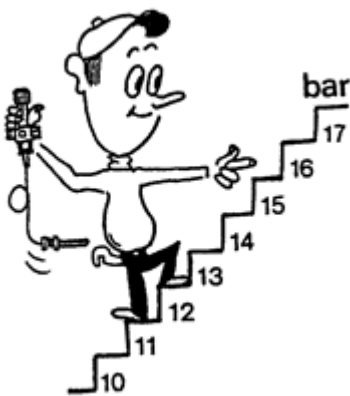
Kv formlen

Sammenhængen mellem ønsket Kv-koefficient og driftsforhold kan findes af denne formel

$$K_V = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}}, \text{ hvor } Q \text{ skal indtastes i m}^3/\text{h og } \Delta P \text{ i bar.}$$

Eks. en radiator skal bruge 1000 W ved en afkøling på 20 °C, tryktabet over ventilen vælges til 10 kPa el. 0,1 bar i alt findes:

$$flow = \frac{1000 \text{ W} \cdot 0,86}{20 \text{ °C}} = 43 \text{ l/h} \quad \text{el. } 0,043 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow K_V = \frac{0,043}{\sqrt{0,1}} = 0,14$$



Tryktrin og maksimalt differenstryk

Tryktrin er det tryk, ventilen må påvirkes af under normale driftsforhold for sikre dens funktion. Ofte er dette benævnt TN. Samtidigt skal der tages hensyn til det tilladelige differenstryk.

F.eks. har en Danfoss RA-N radiatorventil et tryktrin på 10 bar og et maksimalt differenstryk på 0,6 bar.

Begge dele er noget man skal være opmærksom på ved direkte fjernvarme – system 1 til 4.

Figur 28: TN er ventilers operationelle arbejdsdruk - kommer man over dette tryk er det ikke sikkert ventilen fungerer

Type	Best. nr.	VVS-nr.	Udførelse	ISO 7-1 Tilknytning		Forindstilling										Max. tryk			Max. vand-temp.
				tilg. R ₁	afg. R	K _v -værdi ¹⁾								K _{vs}	Arbejds-tryk bar	Differens-tryk bar	Prøve-tryk bar		
						1	2	3	4	5	6	7	N					N	
RA-N 10 ²⁾	013G0011	403203.003	vinkel lige UK h.side. v.side.	3/8	3/8	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	10	0,6	16	120	
	013G0012	403202.003																	
	013G0151	403205.003																	
	013G0231	403207.003																	
	013G0232	403209.003																	
RA-N 15 ²⁾	013G0013	403203.004	vinkel lige UK h.side. v.side.	1/2	1/2	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	10	0,6	16	120	
	013G0014	403202.004																	
	013G0153	403205.004																	
	013G0233	403207.004																	
	013G0234	403209.004																	

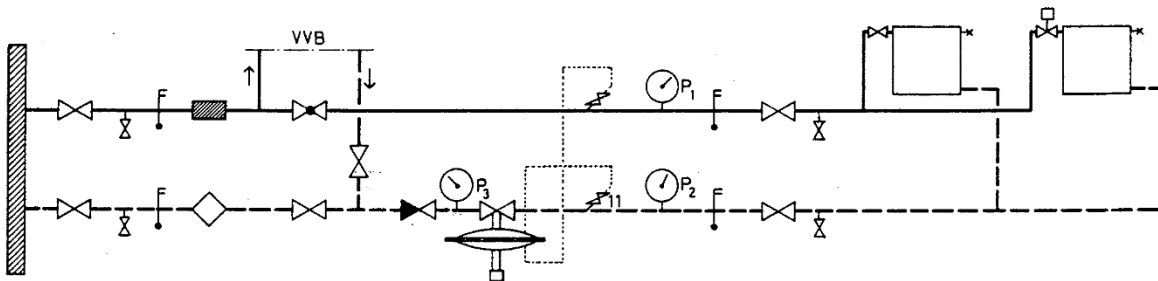
Figur 29: Maksimalt differenstryk skal iagttages

Trykdifferensregulatorer

Nogle gange forkortet til TD-regulator.

En trykdifferensregulator reducerer med øjeblikkelig virkning det svingende gadeledningstryk således, at trykdifferensforholdene i vores anlæg er konstante eller der er et konstant differenstryk over vores reguleringsventil til varme eller varmt vand.

Anlægget får på denne måde samme trykforhold som kedelanlæg med cirkulationspumpe, og man kan populært sige, at trykregulatoren erstatter pumpen i kredsløbet. Som følge heraf er varmeafgivelsen fra radiatorerne også konstante. Åbnes eller lukkes for nogle af radiatorerne, reguleres drivtrykket automatisk ind, og hver radiator vil have et konstant differenstryk. Derfor vil anlægget være stabilt i drift.



Figur 30: Viser at det store trykfald sker over TD-regulatoren mens P1-P2 er konstant – ex. 10 kPa.

Til dagligt skal der ikke stilles på regulatoren; den indstilles en gang for alle, passende til det pågældende anlæg. Regulering af varmen foregår herefter over hovedventilen eller på direkte anlæg ved at indstille på radiatorventilerne.

Problemet i al fjernvarmeregulering ligger i at reducere et stort svingende differenstryk til et lille konstant tryk i det lokale anlæg, og hertil er trykdifferensregulatoren godt egnet.

Trykdifferensregulator kan placeres i fremløb eller returløb

Hvis TD-regulatoren anbringes i fremløbet nedsættes det generelle tryk i anlægget ved et system 1 el. 2 anlæg. Ved at anbringe regulatoren i returløbet opnår man at have det fulde cirkulationstryk til rådighed over selve anlægget.

På Billede 50 er vist en Danfoss AVPL som kan indstilles fra 5 kPa til 25 kPa differenstryk. TD-regulatoren bør vælges til samme eller en Kv-dimension højere end den reguleringsventil som den skal hjælpe med et konstant differenstryk, afhængig af det disponible fjernvarmedifferenstryk. Ex. en ventil til et veksleranlæg skal være på $K_v=1,25 \text{ m}^3/\text{h}$ – så skal der bruges en AVPL på $K_v=1,6 \text{ m}^3/\text{h}$.



Billede 31: Lille TD-regulator - der er meget anvendt

Dynamiske ventiler

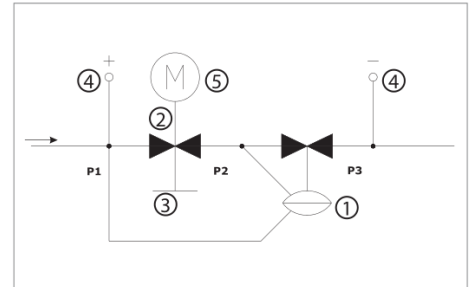
Er en to-i-en ventil af en reguleringsventil og en TD-regulator.

I meget lang tid har statiske ventiler domineret landskabet inden for VVS-teknologi, med en teknologi, der stort set har forandret sig siden 1950'erne. I 1988 kom den første dynamiske strengreguleringsventil til indregulering på store ejendomme.

I 2006 kom de første reguleringsventiler med indbygget tykdiffereensregulering, men vvs-markedet har først i de seneste år taget ventilerne til sig.

Billedet til højre vise princippet for ventiltypen, der ikke adskiller sig fra en almindelig opbygning med 2 enheder.

I videoerne her beskrives de mest almindelige dynamiske ventiler på markedet.



Figur 32: Princippet i en dynamisk reguleringsventil

				
Typer	Danfoss ABQM	Frese Optima	Måling på hovedventil	Kontrol af dynamisk radiatorventil
Link til video	Link til video	Link til video	Link til video	Link til video

Figur 33: Læringsvideoer om reguleringsventiler

k_v -værdi	En ventils k_v -værdi er gennemstrømningsmængden (Q) i m^3 pr. time ved en given ventilindstilling og et trykfald (Δp) over ventilen på 1 bar (10 m VS).
k_{vs} -værdi	k_{vs} -værdien angiver gennemstrømningsmængden (Q) i m^3 pr. time ved helt åben ventil og stadig et trykfald over ventilen på 1 bar.
Differenstryk (Δp)	er trykforskellen mellem ventilens tilgangstryk og afgangstryk og betegnes ofte som trykfald.
Tryktrin	er det tryk, ventilen må påvirkes af under normale driftsforhold; der skal dog samtidig tages hensyn til det tilladelige differenstryk.
Prøvetryk	er det tilladelige tryk, ventilen må påvirkes af under f.eks. en tæthedsprøve på et anlæg. Ventilens funktion er ikke sikret under disse forhold.
Tilladelig føler-temperatur	angiver den højeste temperatur, føleren må udsættes for, uden at den deraf følgende trykstigning i det termostatiske element bliver ødelæggende.
Tilladelig medie-temperatur	er begrænsninger, der hovedsagelig kan føres tilbage til de anvendte pakningsmaterialer.
Proportionalbånd (x_p)	angiver den afvigelse mellem indstillingstemperatur og følertemperatur, der netop fører ventilen til at åbne/lukke fra 0-100%.
Proportional afvigelse (x_d)	angiver den afvigelse, der er mellem indstillingstemperatur (tilstræbt temperatur) og den opnåede temperatur, efter at systemet har opnået sin ligevægts-tilstand, og ikke i en af yderstillingerne. Værdien (x_d) er således afhængig af systemets belastning og ændrer sig med denne.
Reguleringsforhold	$\frac{k_{vs}}{k_{vr}}$ = ventilens reguleringsforhold el. ventilens evne til at regulering i det lave område. Ex. 1:50 betyder at minimumsflow på 2% eller derunder vil opleves pendlende.

Figur 34: Terminologi vedrørende ventiler

Pumpeteori

I meget gamle dage var varmeanlæggenes "cirkulationspumper" baseret på den fysiske kendsgerning, at varmt vand vejede mindre end koldt vand (vand vejer i øvrigt mest ved 4°C), så ved udførelsen af varmeanlæg med naturlig cirkulation var det særdeles vigtigt, at denne fysiske lov blev tilgodeset med hensyn til:

- rør- og ventildimensioner
- rørtrækning
- udluftning
- radiator-, varmtvandsbeholder- og kedelplacering

I dag er man nødt til at bruge pumper – da der ikke benyttes høje driftstemperaturer, opadgående rørføring og store dimensioner af mange grunde – såsom afkøling, energioptimering og materialeomkostninger.

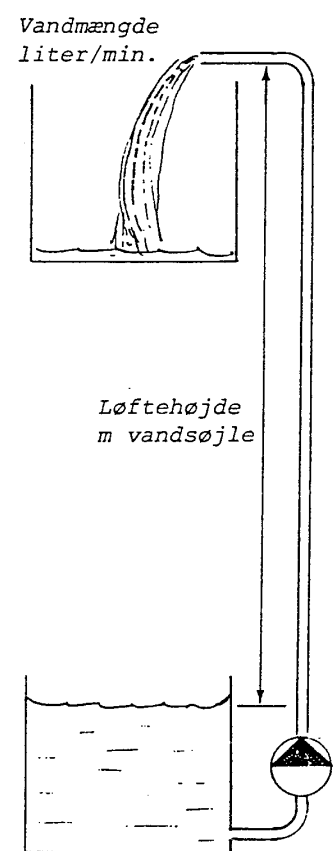
Derved er man næsten helt uafhængig af placeringen af varmeanlæggets enkelte komponenter.

Cirkulationspumper består egentlig af 2 sammenkoblede dele, nemlig elmotoren samt selve pumpen.

Oplysninger om en pumpe ydeevne/effektbehov kan aflæses på pumpens/motorens skilt, men komplette oplysninger skal som regel søges i pumpefabrikantens brochure- og databladsmateriale, og som nyttig oplysning skal her omtales pumpe ydeevne.

Ofte benævnes en pumpe tryksætningsevne som dens løftehøjde. I et lukket anlæg som fjernvarme er løftehøjden det samme som pumpe trykdifferens til overvindelse af modstande i anlægget. Højde betyder ikke noget i lukket varmeanlæg.

En pumpe ydeevne angives i vandmængde (l/min eller m³/time), samt løftehøjde (mVS/kPa), hvilket vil sige, hvor stort modtryk (modstand), pumpen kan overvinde, når den skal yde en given mængde vand pr. minut eller pr. time.



Figur 35: Pumpebegreber

Eksempel på ydelsesdiagram

De farvede tynde skrå linjer i diagrammet repræsenterer forskellige rørmodstands karakteristikker eller forskellige antal radiatorer åbent i anlæg – hvor den røde er alle radiatorer åbne.

Man kan da, når anlægs-karakteristikken for et anlæg kendes, undersøge hvad andre pumper vil yde i dette anlæg, idet man fra det ene pumpe-diagram til det andet følger skrålinjerne.

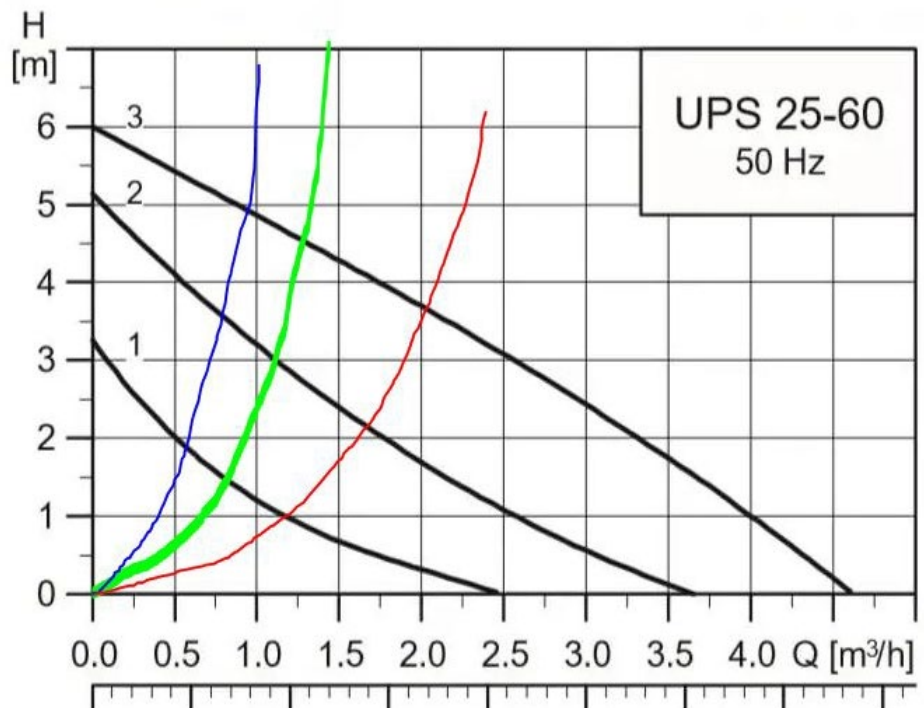
Grundlaget for dimensionering af pumpestørrelse (ydeevne) er bygningens maksimale varmebehov inklusive varmetab fra rørledningerne, idet varmeanlæggets maksimale ydelse skal svare hertil.

Grundlaget for fastsættelse af, ved hvilket modtryk (løftehøjde) pumpen skal kunne levere den beregnede vandmængde, kan kun findes ved beregning af modstanden i de forskellige rørkredsløb.

Eksempel:

På ovenstående ydelsesdiagram er indtegnet en pumpeydelse for den røde anlægskurve på ca. 2,0 m³/h ved et modtryk på 3,6 mVS el. 36 kPa. Når så nogle radiatorer lukker så skal der måske kun bruges en grøn kurve.

A-mærkede pumper i dag vil automatisk forsøge at tilpasse sin drift til den grønne kurve ved at bruge proportionalfunktionen i pumpen – som følger den "røde" linje, mens gamle pumper vil fortsætte med at pumpe og herved forårsage støj og højere vandmængde.

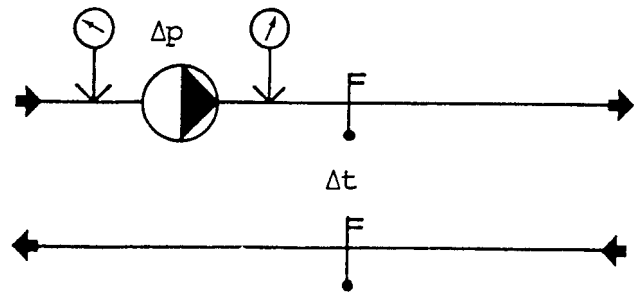


Figur 36: Pumpekarakteristik

Når du skal indstille pumpen, skal det bedømmes, hvor stor pumpekapacitet, der skal køres med.

Normalt er det muligt at hente oplysninger hos den, der har projekteret anlægget, f.eks. hvilken afkøling (fremløbstemperatur og returtemperatur), der er forudsat ved de forskellige udetemperaturer.

For de små anlæg bruges typisk 3 indstillinger alt efter husets størrelse og art.



Figur 37: Pumpe laver en trykstigning - det dynamiske tryk

Ældre pumper med højt strømforbrug



Figur 38: Ældre pumper, der står til udskiftning

Pumpetypen kan læses af pumpens mærkeskilt, desuden kan der også læses effektforbrug og alder. De gamle pumper har typisk en drejeknap til indstilling af 3-4 trin.

Disse pumper kan med fordel udskiftes. Men kontroller lige om de kan køre i trin 1 og hvilken effekt dette er.

Regnestykket for udskiftning er:

$$\text{Besparelse pr. år} = \frac{W \cdot h \cdot \text{pris} \cdot 80\%}{1000}, \text{ hvor}$$

W er pumpestrømforbrug,

h er de timer om året pumpen kører og

prisen er elprisen (typisk 2 kr. – husk at elektriciteten ender i vandet og har en værdi svarende til fjernvarmeprisen)

Gammel pumpe Watt gange 6000 timer gange 2 kr. divideret med 1000 gange 0,8.

De 6000 timer er fyringssæsonen og de 1000 er til kWh og 0,8 fordi en ny pumpe typisk bruger 20% strøm af en gammel.

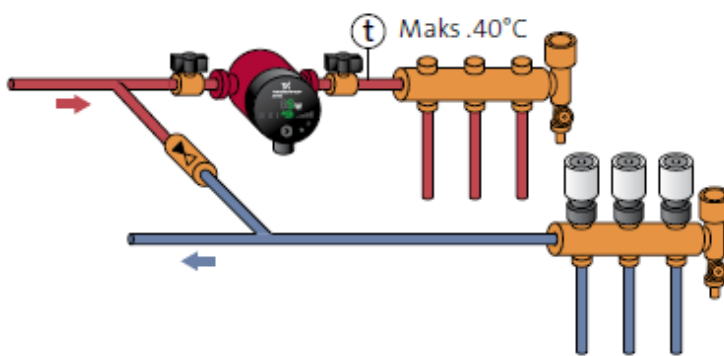
Ex. en pumpe bruger 60 W. Man kan således spare ca. 575 kr. om året med en ny pumpe.

Regulerbare pumper

Der kan etableres en pumperegulering, hvilket ofte medfører en stor energibesparelse. For almindelige varmeanlæg vælges der mellem differenstrykregulering også kaldet konstanttrykregulering eller mængdeafhængig differenstrykregulering som kaldes proportionaltryksregulering.

Man skal vælge konstanttryksregulering når rørmodstanden og fælles modstande ikke har en væsentlig indflydelse på anlæggets modtrykskurve – eksempelvis gulvvarmemanifolder og de anlæg hvor der ikke optræder variationer ex. 1- strengs varmeanlæg.

Eksempler på anvendelse:



Gulvvarmeanlæg - den store forskel på en radiator og et gulvvarmeanlæg er driftstemperaturen og afkølingen. Der bruges konstanttryksregulering til gulvvarmeanlæg da der ikke er forskel på de enkelt slanges position i anlægget.

En nyere pumpe muligheder. Som VVS'er indstiller vi til PP Proportional tryk og CP Constant Pressure.

Figur 39: Pumpe i et gulvvarmeanlæg

Typisk laveste indstilling ved små boliger op til 100 m² og højeste ved store boliger over 150 m². På nogle pumper findes også en middel indstilling, den er til boliger imellem arealet. Ved små rør og lavere afkølingsstrategi vælges højere indstilling end angivet. Kun hvis den er helt gal kan vi sætte den i konstant kurve 3.

Generelle betragtninger

- Vælg altid en A-mærket pumpe.
- Minimumsforbruget for A-mærkede pumper er ca. 3-15 W til et enfamilieshus. I forhold til en D-pumpe er besparelsen ca. 80 % (115/550 kWh/år). Minimumsforbruget til andet byggeri end enfamilieshuse afhænger af størrelsen af anlægget.
- Pas på med at foreslå en pumpe udskiftes – måske kan den sættes ned i trin, også er udskiftningen ikke rentabel.
- Pumper skal styres automatisk efter vandstrøm og trykbehov i varmeanlægget ved den aktuelle driftstilstand.
- Pumpen skal have en trinløs styring.
- Vælg de nye typer pumper, som hurtigt og trinløst og kan tilpasse sig anlæggets specifikke behov.
- Cirkulationspumper (især i større ejendomme) er ofte kraftigt overdimensionerede. Dette skyldes, at den projekterende sandsynligvis ræsonnerer, at pumpen altid kan nedreguleres passende efter behov. Der er imidlertid stor risiko for at pumpen derved alligevel kommer til at arbejde med ringe virkningsgrad.
- Der skal vælges den mindst mulige pumpe mht. til effekten.

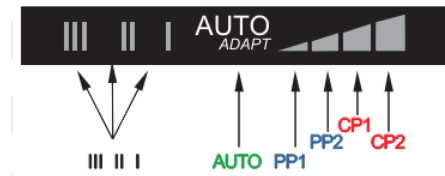


Fig. 8 Otte lysfelter

Antal tryk	Lysfelt	Beskrivelse
0	AUTOADAPT (fabriksindstilling)	AUTOADAPT
1	PP1	Laveste proportionaltrykkurve
2	PP2	Højeste proportionaltrykkurve
3	CP1	Laveste konstanttrykkurve
4	CP2	Højeste konstanttrykkurve
5	III	Konstantkurve, hastighed III
6	II	Konstantkurve, hastighed II
7	I	Konstantkurve, hastighed I
8	AUTOADAPT	AUTOADAPT

Figur 40: Indstilling på en Grundfos Alpha pumpe

Blandesløjfer

Hvorfor installere en blandesløjfe?

Den primære årsag til at installere en blandesløjfe, er at det giver mulighed for at sænke fremløbstemperaturen til varmegiverne. Dette kan etableres både med en selvvirkende manuel ventil, men vil som oftest i dag blive installeret som en del af et vejrkompenseringsanlæg. Der vil som ofte være energibesparelser at hente på 10-15% ved at installere en blandesløjfe med vejrkompensering, på direkte fjernvarmeanlæg uden opblanding (system 1 og 2).

Fælles for blandesløjfer til regulering af fremløbstemperatur, er at de er som minimum nødvendigt med følgende komponenter:

- Cirkulationspumpe
- By-pass med kontraventil
- Reguleringsventil med fremløbsføler

Skal blandesløjfen reguleres med vejrkompensering til fremløbstemperatur, er følgende komponenter som minimum nødvendige:

- Cirkulationspumpe
- By-pass med kontraventil
- Elektronisk reguleringsventil
- Elektronisk fremløbsføler
- Elektronisk udeføler
- Elektronisk styring

Principopbygning for blandesløjfe med 2-vejs ventil:

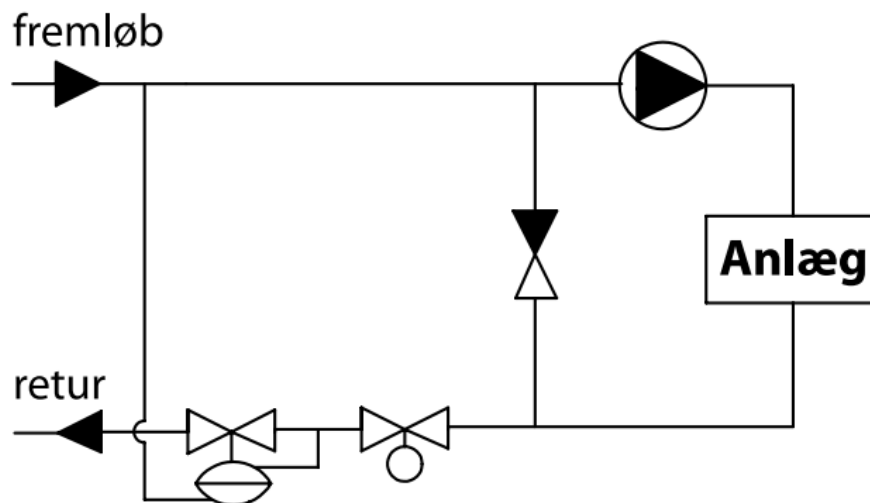
Til trykbaserede anlæg med en hovedpumpe fra varmekilden og en cirkulationspumpe til blandesløjfen, anvendes der 2-vejs ventiler til regulering.

På direkte fjernvarme sidder hovedpumpen på fjernvarmeværket og der skal derfor benyttes blandesløjfer med 2-vejs ventiler.

Det er vigtigt at røret til opblanding i blandesløjfen er dimensioneret korrekt, så der ingen nævneværdig modstand er i dette (typisk dimensioneres det i samme størrelse rør som hovedrørene i kredsen).

Hvis røret underdimensioneres, vil det i forbindelse med indregulering af anlægget betyde at reguleringsventilens autoritet falder og at der derved kan opstå pendling i del-last situationer, som vil give sig til udtryk i svingende fremløbstemperatur.

Trykdifferensregulatoren skal altid monteres på primærsiden af blandesløjfen. Om impulsledningen er placeret så trykområdet er over hele anlægget eller kun selve reguleringsventilen er uden betydning, hvorfor der er valgfrihed, hvad det angår.



Figur 41: Principopbygning for blandesløjfe med 3-vejs ventil ([Link til video](#))

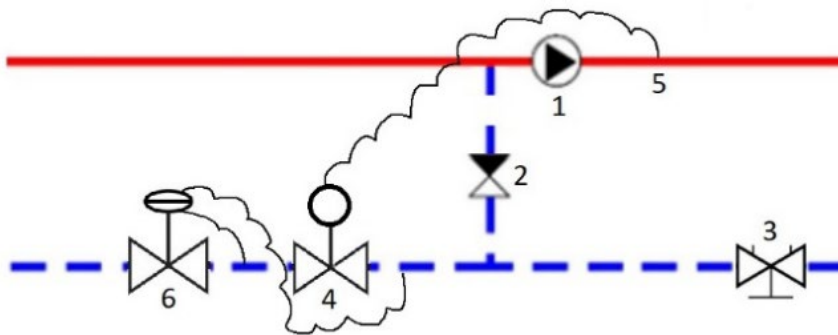
Opbygningen af blandesløjfer med 3-vejs-ventiler må generelt frarådes på fjernvarmeanlæg, da disse kun er velegnede til ikke-trykbaserede anlæg, dvs. anlæg uden en hovedpumpe. I situationer uden hovedpumpe vil cirkulationspumpen på anlægssiden defineres som en sugepumpe, der via 3-vejsventilen suger fra hhv. returrøret på sekundærsiden og fremløbsrøret på primærsiden, for at opnå den ønskede fremløbstemperatur.

Det er især i konverteringen fra ældre anlæg til nye fjernvarmeanlæg, at man vil kunne støde på eksisterende blandesløjfer med 3-vejs ventiler. Det kan f.eks. være på varmekredse, ventilationsanlæg eller gulvvarmeanlæg.

Selvom det altid frarådes at opbygge blandesløjfer med 3-vejs-ventiler på trykbaserede anlæg, vil det også altid bero på en individuel vurdering, om det anbefales at ombygge anlægget. Hvis anlægget fungerer som det skal, energiforbruget er forventeligt og afkøling er som den skal være, så vil det sandsynligvis ikke være rentabelt at udskifte "før tid".

Tegning af typisk blandesløjfe på fjernvarmeanlæg:

1. 1.Cirkulationspumpe
2. 2.Kontraventil på by-pass
3. 3.Statisk indreguleringsventil, sekundærside
4. 4.Reguleringsventil med selvvirkende føler
5. 5.Føler monteret på fremløb, sekundærside
6. 6.Trykdifferensregulator med impulsledninger monteret over reguleringsventil



Figur 42: Tegning over typisk blandesløjfe på fjernvarmeanlæg.

Vekslere

Varmevekslere anvendes i meget stort omfang i fjernvarmesystemer. I indirekte anlæg anvendes en varmeveksler til veksling med bygningens opvarmningssystem og der anvendes også i stort omfang varmevekslere til opvarmning af brugsvand.

I de tilfælde, hvor brugsvand opvarmes i beholder, indgår også en varmeveksler, som er placeret i beholderen.

Den mest anvendte varmeveksler er en pladevarmeveksler. Pladevarmevekslere produceres af mange producenter. I princippet ser de ud som vist på figuren.

Temperaturforhold for varmevekslere

Varmevekslere har en primærside og en sekundærside. I indirekte tilslutningsanlæg for rumopvarmning er der fjernvarmevand på primærsiden og radiatorvand på sekundærsiden.

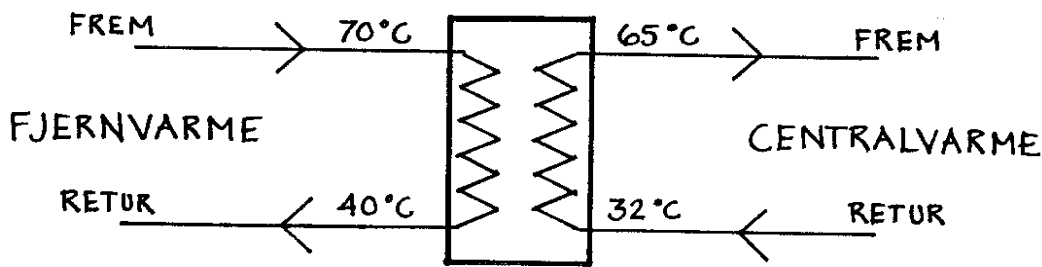
Ved brugsvandsopvarmning er der fjernvarmevand på primærsiden og brugsvand fra vandværket på sekundærsiden



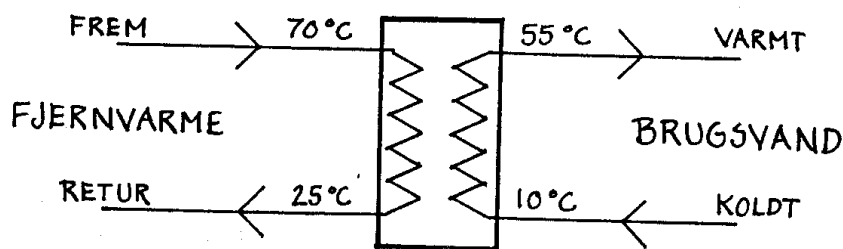
Figur 43: Eksempel på en veksler i et stort fjernvarmetilslutningsanlæg

Når der indskydes en varmeveksler, som eksempelvis i indirekte tilsluttede anlæg, optræder et 'temperaturtab'. Dette skal forstås på den måde, at det ikke er muligt at opvarme det sekundære fremløb til samme temperatur som det primære fremløb. Ligeledes er der ikke muligt at afkøle primærvand til en temperatur, der er den samme som den sekundære returtemperatur. Afhængig af vekslerens konstruktion og størrelse i forhold til den overførte effekt gennem varmeveksleren kan der dog opnås temperaturer, der nærmer sig.

Erfaringsmæssigt er det ofte muligt at opnå en sekundær fremløbstemperatur, der er 5°C lavere end den primære fremløbstemperatur, og det er muligt at opnå returtemperaturer på primærsiden, der kun er 3-5°C over den sekundære returtemperatur.



Figur 44: Eksempel på temperaturer omkring en pladevarmeveksler til rumopvarmning, her er returen så høj at der skal kigges nærmere på veksleren

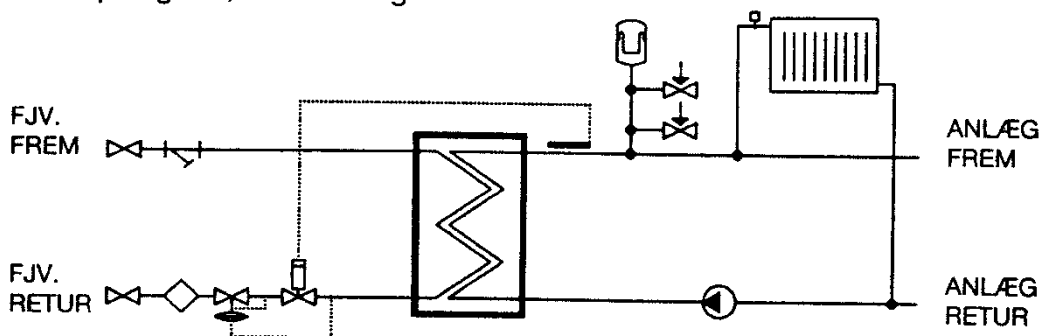


Figur 45: Eksempel på temperaturer omkring en gennemstrømningsveksler til varmt vand, måske skal den udsyres?

Temperaturregulering af varmevekslere

Varmevekslere reguleres meget ofte af en selvvirkende termostatisk reguleringsventil, som det er vist på nedenstående figur.

Principdiagram, varmeanlæg



Figur 46: Eksempel på temperaturer omkring en gennemstrømningsveksler til varmt vand, måske skal den udsyres?

Læg i øvrigt mærke til, at der på figur 48 er skitseret en trykdifferensregulator til at sikre et konstant arbejdsdifferenstryk til regulatorventilen.

Veksler i anlæg for produktion af varmt brugsvand

Dimensionering af veksleres varmeoverføring til drift ved lave temperaturer eller lav returtemperatur byder ikke i sig selv på større vanskeligheder, men i forbindelse med installation af veksler i tilslutningsanlæg er det vigtigt at optimere veksler og øvrige komponenter med hensyn til ydelse, tryktab og pris.

Afregningsmæssige forhold kan i vurdering af hensigtsmæssig vekslerstørrelse. Afregning efter m³eller delvist efter afkøling gør, at der kan være behov for en større veksler, end der ellers ville være installeret.

Den til rådighed værende trykdifferens kan være ned til 0,2 bar, men også op til eksempelvis 5 bar. Det kan derfor normalt nødvendigt at installere en trykdifferensregulator, der skal kunne fungere i et bredt område, og især de små trykdifferenser kan her byde på vanskeligheder.

Ofte siges om en konkret veksler, at den har en ydelse på eksempelvis 40 kW. Dette siger dog ikke noget om ydelsen, hvis ikke det også nævnes, under hvilke omstændigheder denne ydelse er til stede. Ligeledes vil udtalelser om afkøling på primærsiden heller ikke have nogen mening, hvis ikke de øvrige data for driftstilstanden er opgivet.

Når veksler dimensioneres, er det som udgangspunkt nødvendigt at opgive følgende data:

1. Overført effekt
2. Fremløbstemperatur på primærsiden
3. Returtemperatur på primærsiden
4. Fremløbstemperatur på sekundærsiden
5. Returtemperatur på sekundærsiden

I en driftssituation, hvor disse data kendes, er flow på primærside og på sekundærside også fastlagt. Svarende til disse flow optræder der et tryktab på primærsiden og på sekundærsiden. Tryktabene er ofte af afgørende betydning, idet der jo kun er en vis trykdifferens til rådighed.

Flere producenter tilbyder i forbindelse med indkøb af veksler en dimensionering, der kan tage højde for de omtalte forhold, så der kan vælges den rigtige veksler til den aktuelle placering.

Varmt vand i boliger

Tekst og billeder i dette afsnit er venligst udlånt af Lemon Rådgivning ved Uwe Hansen.

Varmtvandsbehov i mindre anlæg

I brugsvandsnormen DS439 – en ny er på vej – kommer 1. januar 2025. gælder følgende for mindre boliger.

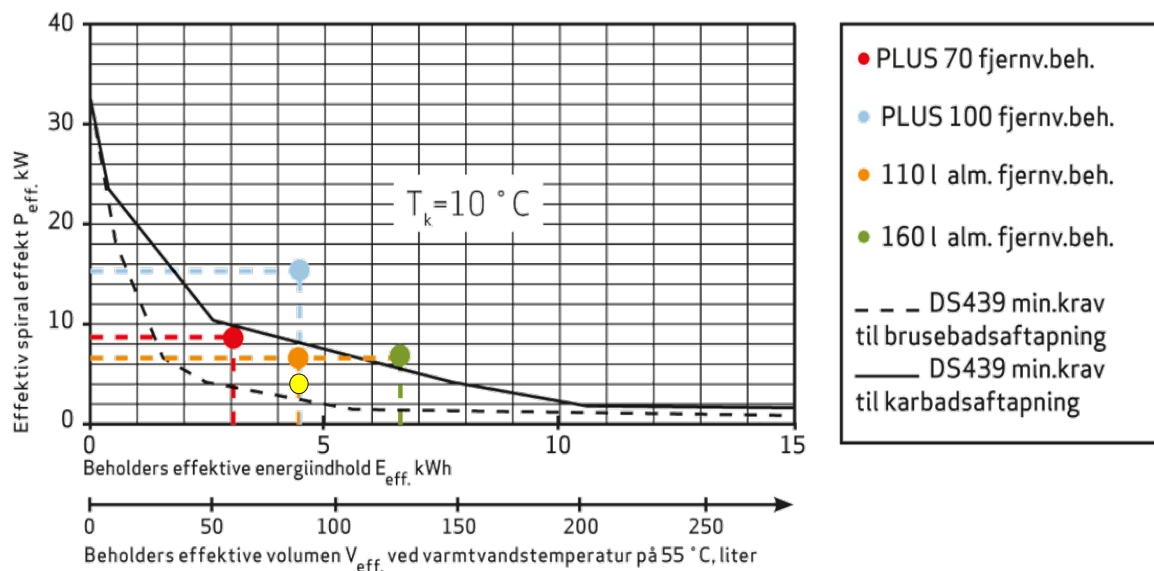
Temperaturer

I DS439 står der: Af hensyn til risikoen for bakterievækst bør vandet i vandvarmere kunne opvarmes til mindst 60°C. Vandinstallationen bør desuden udformes, så temperaturen på det fremførte vand i alle dele af vandinstallationen ved normal brug ikke falder til under 50 °C og 45 °C ved spidsbelastning.

I mindre boliger vil det altid være de 50°C – som der indstilles til.

Dimensionering

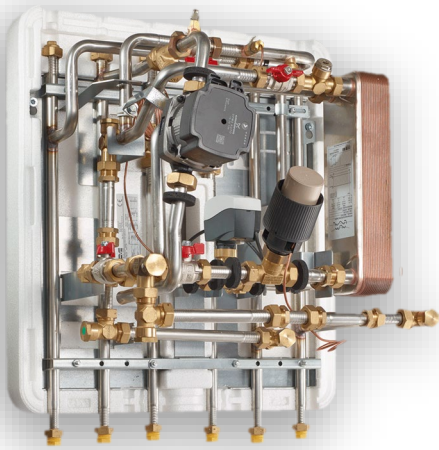
Anlægget i en enfamiliebolig skal kunne levere varmt vand iht. normen. Ud fra et norm-fastlagt tappeprogram er diagrammet herunder konstrueret.



Figur 47: DS439 - normkrav til varmtvandsanlæg. Kilde: Lemon Energirådgivning.

Gennemstrømningsvekslere

I figuren ses det at for vekslerer så er kravet 32,3 kW – det effektive volumen er nemlig 0 liter.



Figur 48: Unit med gennemstrømningsvandvarmer

Effektkravet kommer fra et behov der svarer til tapning til køkkenvask og bruser samtidigt.

Køkkenvask	14,7 kW
Bruser	17,6 kW
I alt	32,3 kW

Man taler så om, at når veksleren er ny så skal den bestilles i en overstørrelse på plus 15% svarende til ca. 37 kW – dette gøres for, at den så hen ad vejen kan tåle at få lidt belægninger og stadigvæk fungere.

I praksis vil der være en del installationer som ikke helt kan nå 32 kW – måske 20-25 kW med en tilfredsstillende drift – og

max. 20 graders retur til fjernvarmen. For mange boligejere er dette OK / da de kun bruger et tapsted ad gangen. Installatøren kan dog bemærke at veksleren bør renses eller skiftes hvis det forværres.

Beholdere

MetroTherm (MT) beholdere er meget anvendt i Danmark. For andre beholdere må producenten spørges om det effektive volumen og spiralens effekt. Det ses på den orange prik, at en 110 liters beholder lige præcist er for lille til en bolig med karbad – her skal vælges en Plus 100 eller en 160 liters beholder.

For 110 liters beholderen med en "ikke" fjernvarmespiral – den gule prik - med ¾" spiral – så vil den faktisk også kunne virke – da dens spiral kan yde 3,8 kW ved et temperatursæt på 60/30 °C – der er faktisk kun et krav om ca. 2,5 kW effekt på spiralen jf. vandnormen DS439 – lige under den gule prik.

I praksis svarer kravene til at der bruges 40-75 l varmt vand pr. person / døgn. Og at et brusebad er på 5 min. = 50 l ved 40 °C = 1,8 kWh, det svarer til at der tappes ca. 33 liter af en beholder der er opvarmet til ca. 55°C.



Figur 49: Unit med beholder

Gennemstrømningsvandvarmere

I en del fjernvarmesystemer bruges der gennemstrømnings-vekslere til opvarmning af det varme vand. I disse værker er nettet udlagt til det lidt højere differenstryk der kræves mindst 30 kPa og måske mere underdrift i anlægget. Der bruges desuden en dimension større stikledning til at forsyne boligen.



Figur 50: Vekslerer til BV-opvarmning

Fordele:

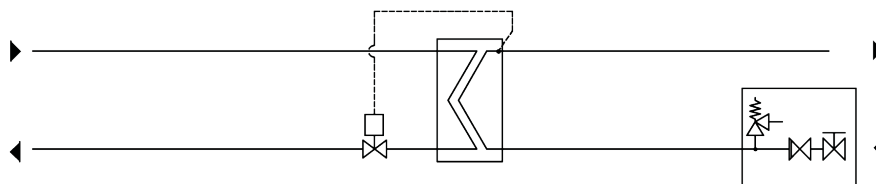
- Fylder ikke meget
- Små varmetab
- Giver god afkøling
- Sikkerhedsventil kan ofte undværes – der bruges en trykudligner der er godkendt dertil.
- Kontinuerlig aftapning – kan give et meget stort forbrug.

Ulemper:

- Kræver stort differenstryk – 30 kPa og højere
- Store rør i stikledning
- Kalker til – særligt ved høj fremløbstemperatur fra fjernvarmen
- Lidt svære at regulere

Temperaturregulering

Vandmængden på primærside styres af føler placeret i sekundærsides afgang. Ved denne driftsform er veksleren altid varm. Der kan være problemer med pendlende drift, styringers

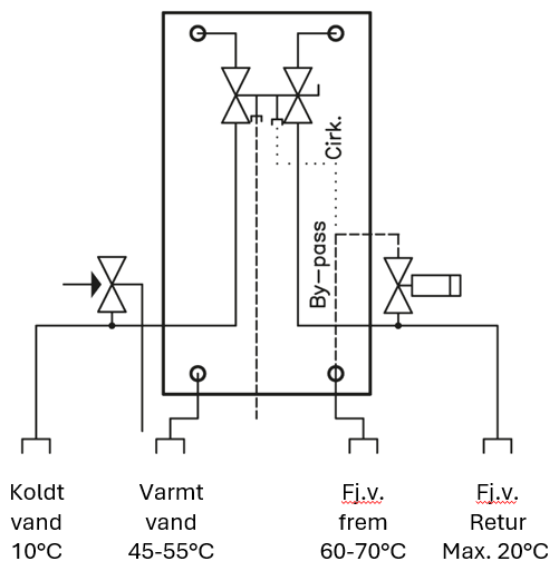


Figur 51: Termostatisk reguleret gennemstrømningsvejsler.

stabilitet og nøjagtighed, føleres varmekapacitet og placering, samt indflydelsen af kalkudfældning på følerens tidskonstant.

Trykstyring

Vandmængden på primærsiden er styret af tryktabet over sekundærsiden-vandsiden. Der åbnes derfor først for primærsiden, når der tappes. Derfor er veksleren "kold" imellem tapningerne.



Figur 52: Princip for en trykstyret BV-veksler.

kolde mellem tapningerne, idet der ikke trækkes varme til opvarmningsformål. Trykstyringen vil derfor forårsage ventetid på varmt vand og øge forbruget af brugsvand. Vandmængden på fjernvarmesiden vil også øges, med et kapacitetstab til følge, idet varmetabet fra stikledningen dog samtidig reduceres. Nogle vekslerer er derfor forsynet med omløb gennem nåleventil/by-pass, så stikledningen altid holdes varm.

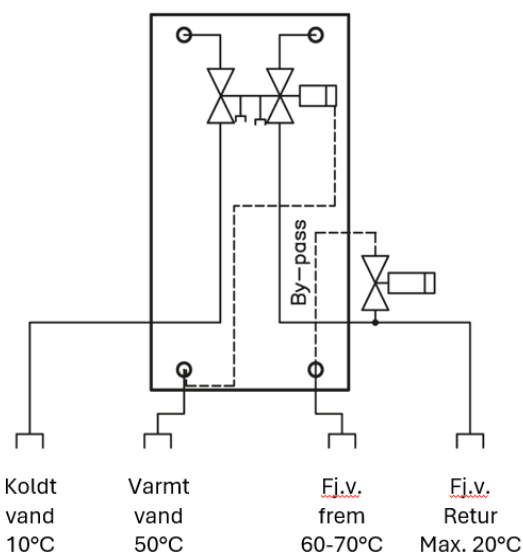
Forholdet mellem vandmængderne på primærsiden og sekundærsiden er justeret ind til at yde en vis temperatur på det varme brugsvand, ved en given fremløbstemperatur på fjernvarmen. Denne fremløbstemperatur varierer imidlertid ofte med årstiden, og forholdet mellem vandmængderne må ændres med mellemrum, hvis den ønskede varme brugsvandstemperatur skal fastholdes.

Fordelene ved trykstyring er, at der kun forbruges fjernvarmevand, når der tappes varmt vand og at der lukkes hurtigt efter endt tapning.

Om sommeren kan stikledninger, der forsyner trykstyrede vekslerer, imidlertid nå at blive



Figur 53: "Kødben"



Figur 54: Princip for en tryk - og temperaturstyret BV-veksler.

Tryk og temperaturstyring

Dette er en udvidelse af ovennævnte, blot med en efterstilling af temperaturen når den ønskede temperatur på ca. 50 °C opnås.

Fordele:

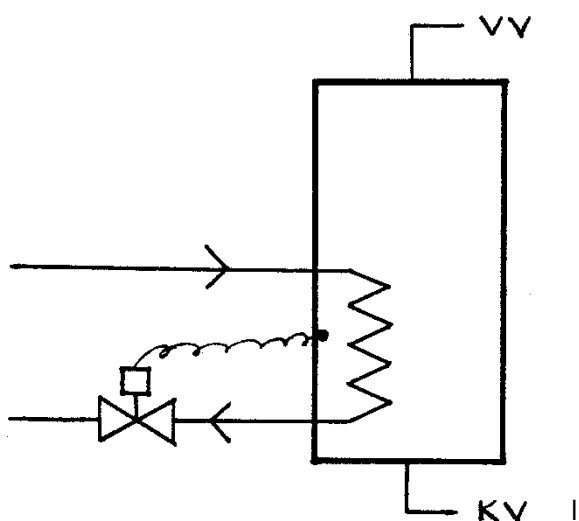
- Ventilens åbning er styret af aftapningen
- Termostatstyret reguleringsventil
- Minimerer tilkalkning
- Små tomgangstab

Beholdere med spiral

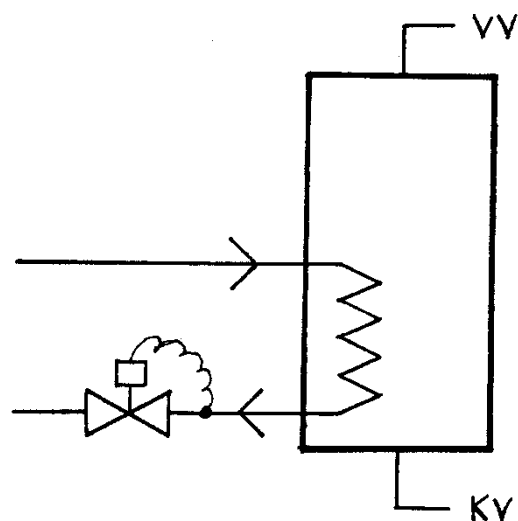
Ved opvarmning af brugsvand i beholdere med indlagt veksler mindskes afkølingen af fjernvarmevandet i mange tilfælde mod slutningen af et opvarmningsforløb efter tapning. Årsagerne kan være en for lille veksler, men kan også bero på uhensigtsmæssig placering af veksleren i beholderen og uhensigtsmæssig styring/følerplacering. Resultatet er en ringere middelafrkøling.

Spiralens ydelse og datablade

Det kan ofte være vanskeligt at overskue producenters data for spiralers ydelser.



Figur 56: Termostatisk regulering af beholder med spiral. Føler i beholder.



Figur 55: Termostatisk regulering af beholder med veksler. Returtermostat.

Figur 79 er vist returtemperaturregulering, denne form for regulering er ikke optimal ift. bedst mulig afkøling – se næste afsnit.

Ventiler til beholdere

For beholdere er det meget vigtigt at ventil og føler er korrekte, da det er afgørende for beholderens drift og afkøling.

En gennemgang af beholdere på markedet viser at spiralerne generelt er på 0,75 m² eller højere, også for de såkaldte centralvarmebeholdere.

0,75 m² giver ca. 4 kW effekt ved 60-30//10-45

3,8 kW for ¾" spiral og 60 liter FJV-beholder – MetroTherm og sikkert andre beholdere

Fra Figur 70 kan det ses kravet til effekt er 2,5 kW for en beholder på ca. 110 liter nominelt – som der har et effektivt volumen på ca. 80 liter.

$$Flow(m^3/h) = \frac{Effekt(kW) \cdot 0,86}{Afkøling(\Delta T)} = \frac{2,5 \cdot 0,86}{(60-30)} = 72 l/h, \quad K_v = \frac{0,072}{\sqrt{0,1}} = 0,22 m^2/h$$

Det giver en kv-værdi på 0,22 m³/h. Og en indstillet dp på 10 kPa.
De fleste beholdere til enfamilieboliger har samme behov.

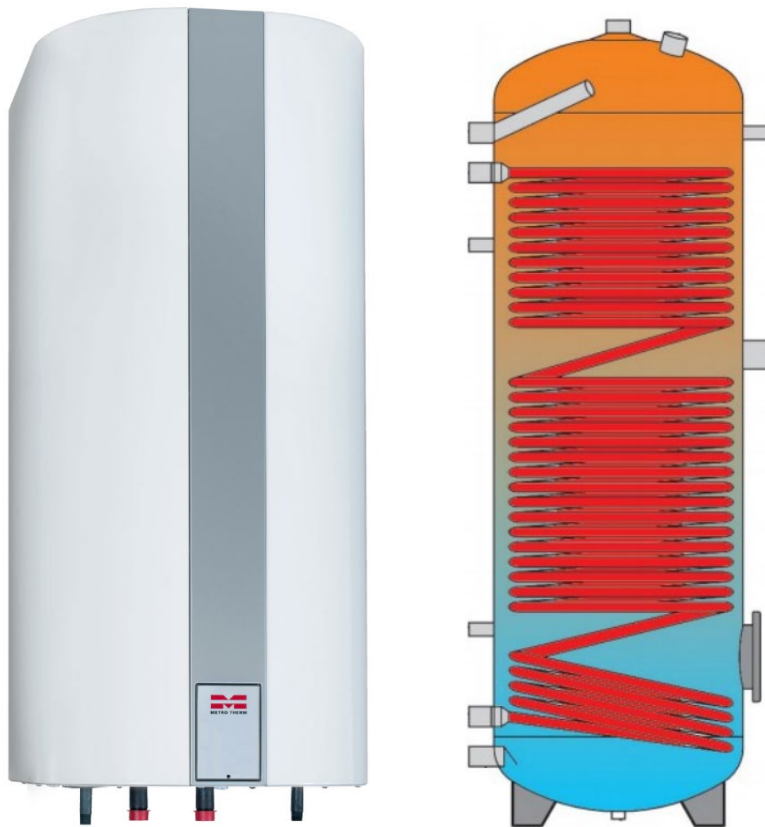
De såkaldte fjernvarmbeholdere fra MetroTherm har en spiral på 1 m² = 6,8 kW for 3/8" spiral Metrotherm (110 ltr. og 160 ltr). Her er der en mulighed for at stille genopvarmningseffekten lidt højere – hvis boligejeren har et behov for et større forbrug – uden at det i væsentlighed giver en meget dårligere returtemperatur.

Dette kan evt. gøres i mindre step – man bør ikke overskride et indstillet flow på ca. 125 l/h. svarende til er der valgt hvis der er valgt en ventil med en Kv på 0,25 så skal trykdifferensregulatoren stiles på 25 kPa.

Hvis ikke ventilens data kan aflæses – skal montøren skrue op for termostaten og aflæse det aktuelle fjernvarme-flow gennem beholderen. Er dette flow langt over ovennævnte flow på **72-125 l/h** – så skal ventilen foreslås udskiftet til en passende – hvis ikke der er en TD-ventil der kan justeres.



Figur 57: En dynamisk ventil vil i alle tilfælde være optimal til beholderdrift.



Figur 58: 2 beholdere – specielt udviklet til fjernvarme – Metrotherm til venstre med 3/8" spiral og ARO Energy med en spiral der er optimeret til afkøling (200 liters)

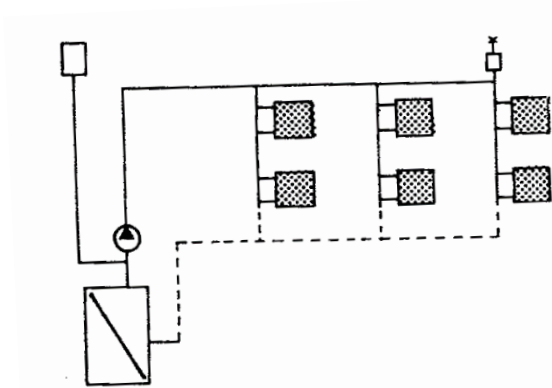
Anlægstyper

Radiatoranlæg

I det efterfølgende er der omtalt 5 af de rørsystemer, som oftest bruges til fordeling af centralvarme-vandet fra varmeveksler/reguleringsrum til forbrugsstederne.

Det er som regel bygningens udformning, værelsernes placering samt krav om udseende, der afgør, hvilket system centralvarmeanlægget bliver udført efter.

1-strengs anlæg med lodrette strenger



Vandet fordeles foroven fra den vandrette ledning, hvor en luftpote giver en enkelt udluftning.

Da der kun føres 1 streng til radiatorerne, får anlægget et tiltalende udseende, hvilket foretrækkes ved anlæg, hvor rørene ligger synligt.

For at drive vandet ud i den enkelte radiator er det nødvendigt med en modstand i mellemstikket. Dette sikres normalt med en mindre rørdimension der.

Figur 59: 1-strengs anlæg

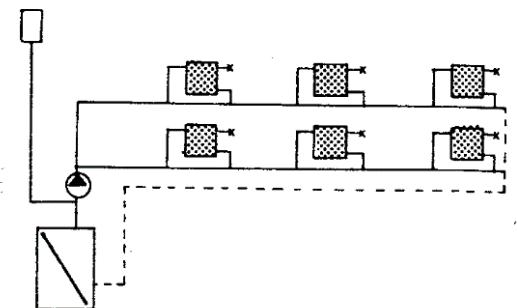
1-strengs anlæg med vandret fordeling

Foretrækkes ved anlæg, hvor man ikke ønsker lodrette strenger op gennem lokalerne.

Anlægget er sværere at udlufte, idet alle radiatorerne skal være udstyret med luftskruer.

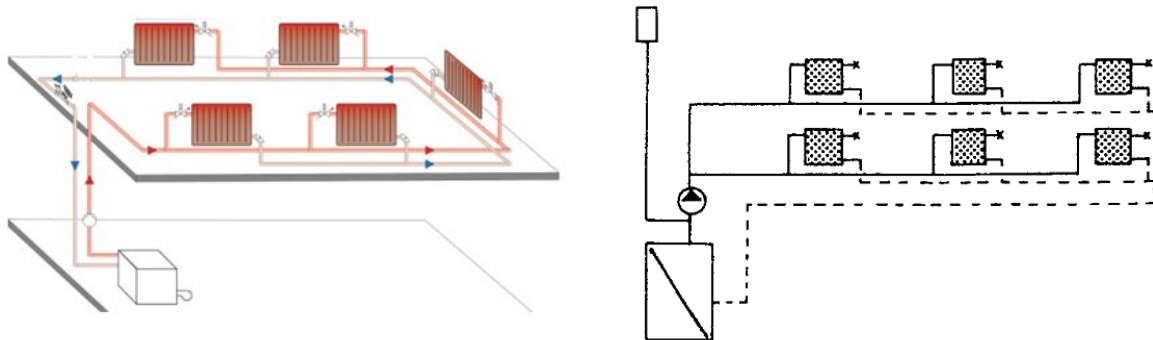
Radiatorerne skal også her være forholdsvis større i hovedledningens retning, idet vandtemperaturen bliver lavere for den enkelte radiator.

Anlægget kan være vanskeligt at dimensionere korrekt.



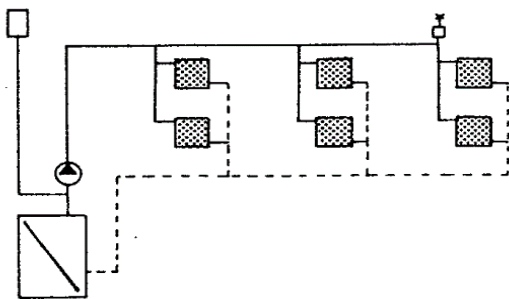
Figur 60: 1-strengs vandret

2-strengs anlæg med vendt retur



Figur 61: 2-strengsanlæg med vendt retur

Ved 2-strengs anlæg med vendt retur har hver radiator på samme etage samme rørlængde, regnet fra pumpen igennem radiator og tilbage til pumpen. Tanken er at dette giver en god vandfordeling i anlægget – man dog risikere at radiatorerne i midten blive underfordelt. Det anbefales at bruge dynamiske radiatorventiler ala RA-DV fra Danfoss eller Eclipse ventiler fra IMI til disse anlæg.



Figur 62: 2- strengsanlæg øvre fordeling

2-strengsanlæg med fordeling foroven

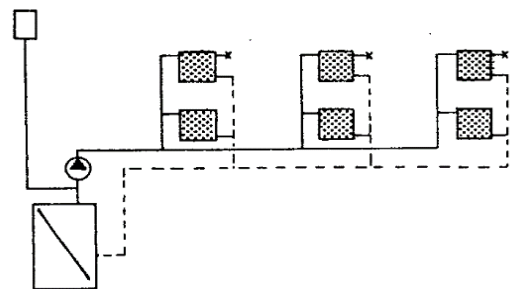
Fordelingsledningen placeres oppe på loftet og forsynes med udluftningspotte, hvorigennem udluftningen lettes.

Typen er ret udbredt i lidt større ejendomme, da den er relativ lettere at få i balance og indreguleret, ligesom den er lettere at udbygge.

2-strengs anlæg med fordeling forneden

Systemet er meget anvendt i villaer og i bygninger, hvor der ikke er plads til rørinstallationer på loftet.

Fordelingen sker derfor med fordelingsledninger under gulv eller kælderloft. Er der flere etager, forsynes øverste radiator med luftskruer.

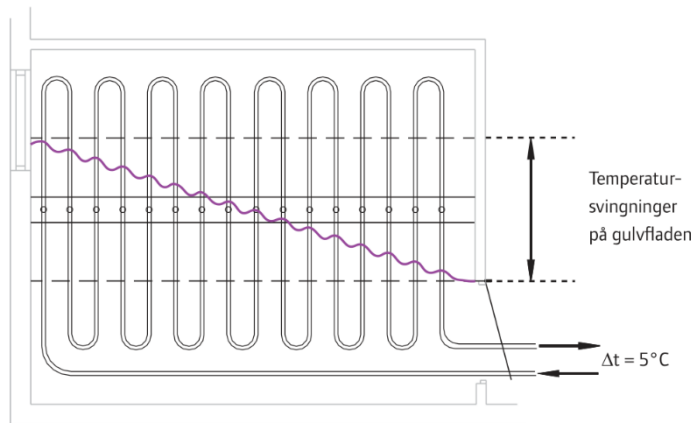


Figur 63: 2-strengs forsyning fra kælderen

Gulvvarme

Lånt fra Uponors håndbog - [LINK til håndbog](#)

Udlægningsmønstre



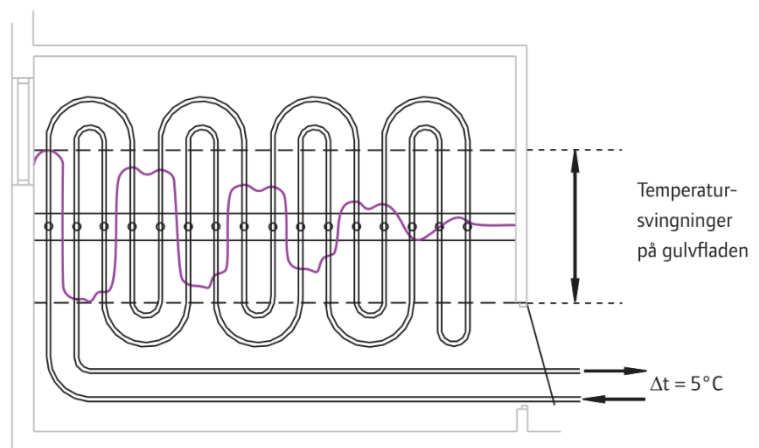
Figur 64: Udlægningsmønster A – enkelt bane
under 1°C

Udlægningsmønster **A** er nemt at installere og giver en mere jævn varmefordeling over gulvfladen. Temperaturvariationer på små arealer holdes på et minimum. Den største fordel ved udlægningsmønster **A** er, at det er velegnet til alle former for gulvkonstruktioner. Dette udlægningsmønster anvendes som ved udlægning i sporplader.

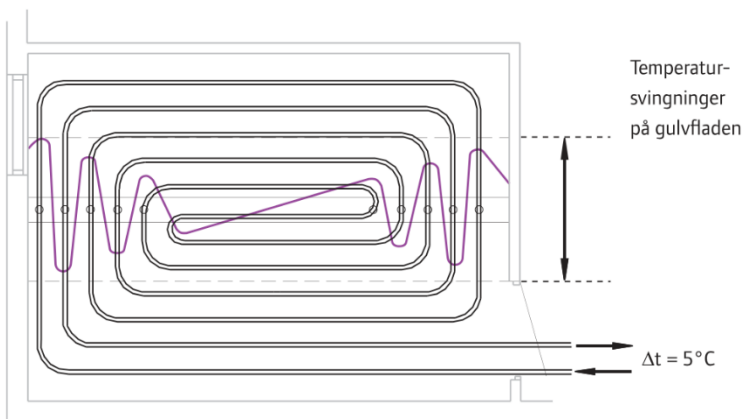
De viste temperatursvinger er i praksis

Karakteristisk for udlægningsmønster **B** er, at forsynings- og returrørene i spirallayoutet løber parallelt med hinanden. Udlægningsmønster **B** sikrer en jævn gennemsnitstemperatur, men giver større temperaturvariationer på små arealer. Det er velegnet til opvarmning af større arealer med et stort varmebehov - såsom kirker og hangarer eller udendørsarealer hvor det er nødvendigt at smelte sne.

De viste temperatursvinger er i praksis under 1°C



Figur 65: Udlægningsmønster B, parallelle frem- og returrør



Figur 66: Udlægningsmønster C, parallelle frem- og returrør: spiralformet udlægning

Udlægningsmønster **C** er grundlæggende en variation af udlægningsmønster **B**, men er formet som en spiral. Udlægningsmønster **C** er velegnet til huse med et større varmebehov, typisk renoveringsopgaver indstøbt i beton. Ved dette udlægningsmønster er der ikke nogen skarpe bøjninger, og eventuel stivhed i rørene udgør derfor ikke noget problem. Det gør det også muligt at lægge røret med en lille centerafstand, hvilket man

med fordel kan gøre i badeværelser og toiletter, hvor der er et ønske om varme end resten af boligen. De viste temperatursvinger er i praksis under 1°C

Forindstilling af gulvvarmeanlæg

Find manualen for det pågældende gulvvarmeanlæg, og indstil efter deres anvisninger.

For at sikre at alle slanger i et gulvvarmeanlæg kan få vandflow nok skal slangerne indbyrdes tildeles en formodstand (kv). Ofte bruges det, at den længste slange stilles uden modstand, også kompenseres der med modstande på de kortere slanger.

Herunder er vist et eksempel fra Uponor og en video på hvorledes det kan se ud i praksis.

Længden på de øvrige kredse på fordeleren (m)		120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
Længden på den længste kreds (m)	120	5,0	3,8	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5					
	115		5,0	3,8	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5					
	110			5,0	3,7	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6					
	105				5,0	3,7	3,4	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,3	2,2	2,0	1,8	1,5				
	100					5,0	3,7	3,4	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9	1,6				
	95						5,0	3,7	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5			
	90							5,0	3,7	3,3	3,2	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,1	1,9	1,6			
	85								5,0	3,7	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,0	1,8	1,5		
	80									5,0	3,7	3,3	3,1	3,0	2,8	2,7	2,4	2,2	1,9	1,6		
	75										5,0	3,6	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,3	2,1	1,8	1,5	
	70											5,0	3,6	3,3	3,1	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	
	65												5,0	3,6	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,1	1,8	
	60													5,0	3,6	3,2	3,1	2,9	2,6	2,3	1,9	1,5
	55														5,0	3,5	3,2	3,0	2,8	2,5	2,1	1,7
	50															5,0	3,5	3,2	3,0	2,7	2,4	1,9
	45																5,0	3,5	3,2	2,9	2,6	2,2
	40																	5,0	3,4	3,1	2,9	2,4
	35																		5,0	3,4	3,1	2,7
	30																			5,0	3,4	3,0
	25																				5,0	3,3
	20																					5,0



[Link til Teknologisk Instituts video om funktionsafprøvning](#)

Figur 67: Mange gulvvarmesystemer kommer med et indreguleringsskema

Hvis den længste slange er nr. 2 og er på 110 meter og der er en slange på 80 meter (nr. 1) og slange nr. 3 er på 50 meter – så lukkes alle slanger. Nr. 1 åbnes 2,9 omgange, nr. 2 åbnes 5 omgange og nr. 3 åbnes 1,8 omgang.

Indstilling efter flow

$\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$, varmetab 50 W/m^2 .

$$\text{Flow} = \frac{l}{\text{min}} \text{ pr. m}^2 = \frac{W/\text{m}^2 \cdot 0,86}{\Delta T \cdot 60 \text{ min/h}} = \frac{50 \cdot 0,86}{(35 - 30) \cdot 60} = 0,14 \text{ l/min pr. m}^2$$

Dvs. hvis der er en slange der dækker et gulv på 30 m^2 - så skal der indstilles til $30 \cdot 0,14 = 4,2 \text{ l/min}$. Det er ca. ved den røde markering på billedet.

Figur 68:
Flowindikator



I UPONORs håndbog er der mange detaljer om gulvvarme – bl.a. maksimal længder for forskellige situationer. Noget om konstruktioner, den er et studie værd.

Figur 69: [Link til UPONORs gulvvarmehåndbog](#)

Udekompensering – automatik

Varmeregulering med vejrkompensatorer

Ved hjælp af automatisk reguleringsudstyr kan man "skræddersy" opvarmningen således, at man kan sikre sig:

maksimal varmekomfort ved et minimalt energiforbrug

døgnet 24 timer, alle ugens dage, hele året rundt.

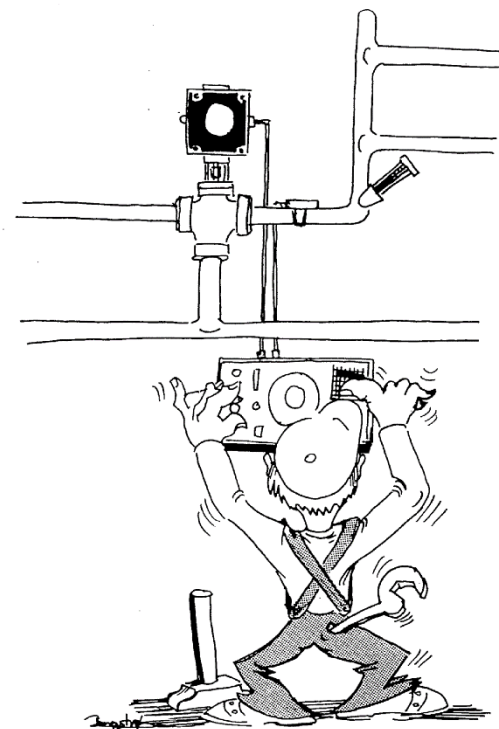
Manglende eller forkert udført varmeregulering vil altid medføre at man får:

maksimalt energiforbrug og en minimal varmekomfort

Ved regulering af fjernvarmeanlæg er det også af væsentlig betydning, at afkølingen bliver størst mulig. Det er derfor af stor betydning at holde øje med afkølingen i bestræbelserne på at regulere rigtigt.



Figur 70: Behovsstyring af varmetilførslen



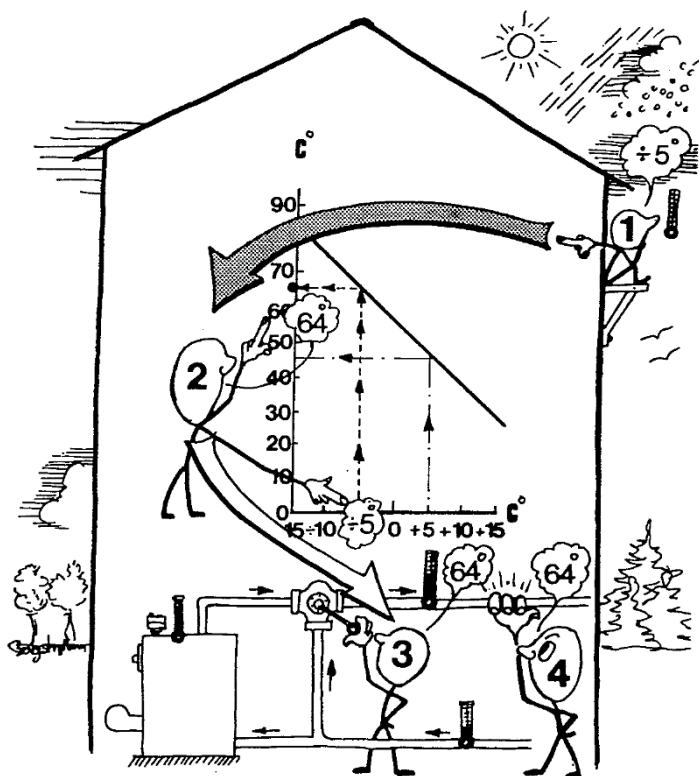
Figur 71: Indstillinger kræver viden

Varmereguleringsudstyret er baseret på den idé, at man automatisk kan få afpasset temperaturen af fremløbsvandet til radiatorerne efter de varierende udetemperaturer - hele året rundt og det giver besparelser og komfort

Yderligere vil man kunne få sænket fremløbs-temperaturen til radiatorerne nogle grader ekstra i perioder hvor der ikke er behov for normal varme som f.eks. i et vist antal nattetimer og i ferier m.m. og det medfører energibesparelser som gør varmeregningen mindre.

I forbindelse med fjernvarme er det imidlertid ikke altid rentabelt for fjernvarmeværket. Belastningen kan hermed øges i morgentimerne, hvor det giver større udgifter for fjernvarmeværket. De øgede udgifter skal dækkes af forbrugerne på en eller anden måde.

Men, hvordan virker det i princippet?



Figur 72: De væsentligste komponenter i en vejrkompensering

I temperaturkurverne fastholdes forholdet mellem udetemperatur og fremløbstemperatur alt efter kurvens placering i diagrammet.

Nogle paneler er udstyret med en bevægelig kurve således, at man selv kan placere denne hvor man finder det bedst. I andre paneler er der indtegnet et antal forskellige kurver således, at man kan vælge den kurve hvis placering passer bedst.

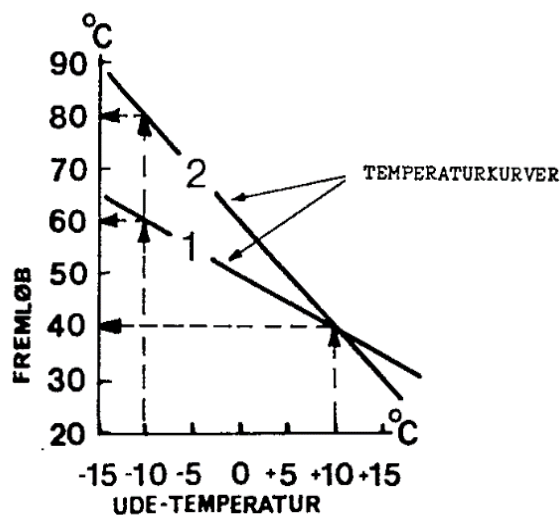
Som eksempel på temperaturkurver er vist ovenstående diagram, hvori der er indlagt 2 forskellige temperaturkurver med benævnelserne 1 og 2. Kurvernes benævnelser 1 og 2 har direkte nogle med kurvernes forskellige funktioner at gøre.

Såfremt anlægget køres efter kurve 1, vil man opnå, at fremløbstemperaturen hæves 1°C når udetemperaturen falder 1°C . Se diagrammet: Når udetemperaturen er $+10^{\circ}\text{C}$ vil fremløbstemperaturen blive 40°C (den er forskudt 10°C opad). Når udetemperaturen falder 20°C til $+10^{\circ}\text{C}$ vil fremløbstemperaturen blive hævet 20°C , nemlig fra 40°C til 60°C .

Udenpå husmuren sidder udeføleren. Når den mærker ændringer i udetemperaturen, meddeler den til styreboksen som giver beskeden videre til blandeventilen. Denne sørger så for at få blandet noget af det koldere returvand op i idet varmere fremløb fra værket(kedlen) så dette får en passende lav temperatur. Føleren kontrollerer fremløbstemperaturen til radiatorerne.

Styrepanelet skal hele tiden sørge for at hæve fremløbstemperaturen af vandet til radiatorerne når udetemperaturen falder og sænke fremløbstemperaturen når udetemperaturen stiger.

For at kunne klare denne opgave, er automatikken udstyret med temperaturkurver.



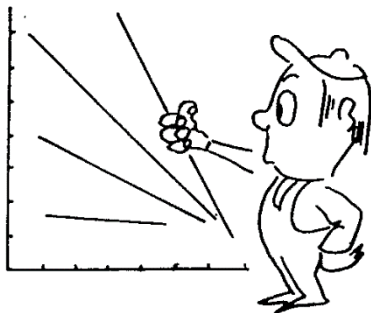
Figur 73: 2 forskellige driftskurver

Køres anlægget efter kurve 2 (se diagrammet) så vil fremløbstemperaturen blive hævet fra 40°C ved +10°C til 80°C ved +10°C. Dette svarer til at fremløbstemperaturen hæves 2°C når udetemperaturen falder 1°C.

Temperaturstyring/varmeregulering i praksis

Maksimal varmekomfort ved minimalt energiforbrug

eller sagt med andre ord: Vi skal året rundt køre anlægget med så lav fremløbstemperatur som muligt, uden at beboerne i ejendommen kommer til at fryse.



Det er radiatorernes størrelse som afgør varmekurvens hældning – se video.



Figur 74: Valg af varmekurve

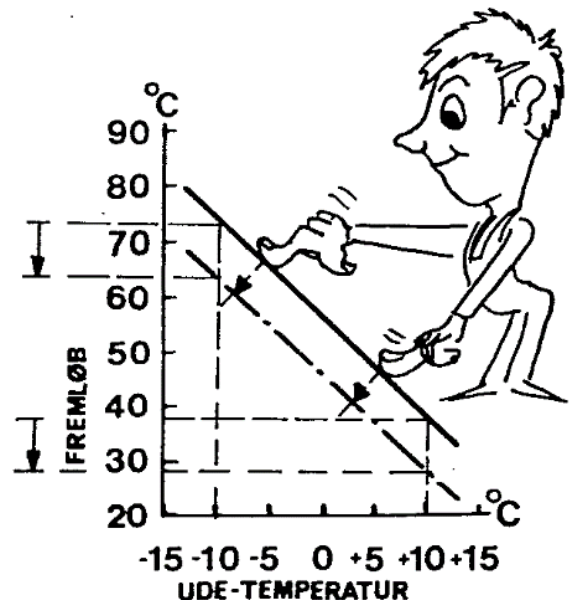
[Link til video](#)

Ønskes højere komfort så kan kurven parallel forskydes. I praksis skal kurven forskydes 2-3 °C pr. ekstra grad der ønskes i boligen.

Kurven kan parallelforskydes som vist.

Skulle det imidlertid vise sig, at rumtemperaturen, målt i visse rum er for lave er den mest almindelige årsag hertil er, at centralvarmeanlægget er ude af balance, dvs. at centralvarmevandet ikke sendes ud til diverse forbrugssteder, radiatorerne, i de rigtige mængder. Nogle får for meget vand mens andre får for lidt vand.

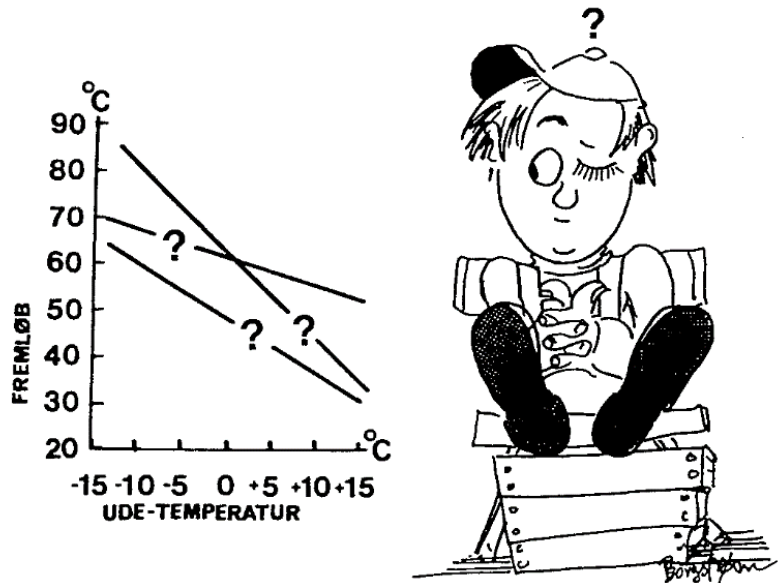
De rum som får for lidt vand tilført deres radiatorer vil naturligvis først mærke at vi sænker fremløbstemperaturen.



Figur 75: Forskydning - komfortniveau

Sagt med andre ord: En forudsætning for, at man kan få fuld udnyttelse af det vejrkompenenserende varmereguleringsanlæg er, at centralvarmeanlægget er bragt i bedst mulige balance ved brug af diverse reguleringsventiler og forindstillinger.

Den endelige temperaturkurve skal naturligvis ligge sådan, at samtlige rum netop får den nødvendige varmemængde og dermed rumtemperatur - men heller ikke mere.



Figur 76: Der er mange parametre der kan indstilles i en vejrkompenator

Natsænkning *(obs! -tjek varmeværks regler)*

Anlægget kan bringes til at arbejde med en lavere fremløbstemperatur i et vist antal nattetimer som f.eks. fra kl. 22 aften til kl. 6.00 morgen.

Hvor meget man tør sænke fremløbstemperaturen og hvor mange timer man kan tillade at anlægget arbejder med nedsat fremløbstemperatur, vil afhænge af bl.a. bygningens beskaffenhed, isolering m.m.

Man bør imidlertid ikke lade rumtemperaturen komme under ca. 16-17°C, da man kan risikere mugdannelser, fugtpletter m.m.

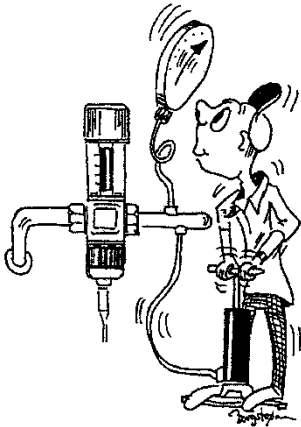
Hvordan man i praksis får etableret natsænkning vil fremgå af div. fabrikanters vejledninger.

Weekendsænkning og ferie sænkning

Anlægget kan bringes til at arbejde med en lavere fremløbstemperatur fra f.eks. fredag aften til mandag morgen. Dette kan give en god besparelse.

EKSTRA – Ikke Pensum

Ventiler



Figur 77: PN - maksimalt prøvetryk

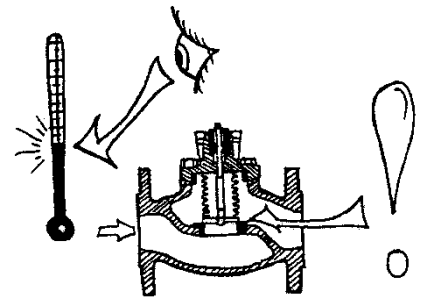
Prøvetryk

Prøvetrykket er det tilladelige tryk, ventilen må påvirkes af under f.eks. en trykprøve eller tæthedsprøve på et anlæg. Ventilens funktion er ikke sikret under disse forhold. Prøvetryk benævnes PN og står ofte på selve ventilen.

Maksimal medietemperatur

Dette er en begrænsning, der hovedsagelig kan føres tilbage til de anvendte pakningsmaterialer. Særligt med fjernvarme er der nogle steder risiko for meget høje driftstemperaturer. Hos

Vestforbrændingen er der i zone 4 normalt 115 °C om vinteren i fremløbet og hos HOFOR ses temperaturer over 100 °C. Reguleringsventilen sættes derfor normalt på returrøret og vil derfor i normal drift få anlæggets returtemperatur.



Figur 78: Kontroller at ventilen kan holde til fjernvarmens maksimale temperaturer

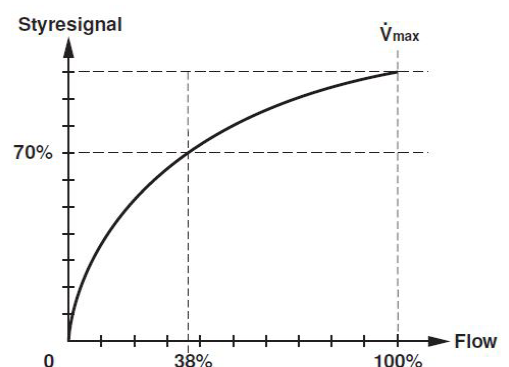
Typer

Sædeventiler og spjæld el. skydeventiler – selve lukkefunktionen kan være med en kegle der lukker ned i et leje(sæde).

Til at regulere flow, så er det sædeventilen som er den bedst egnede. Dette skyldes at karakteristikken på en sædeventil kan designes til at være tæt på lineær, mens karakteristikken på en skydeventil er parabolisk.

Sædeventiler kan ikke altid garanteres at lukke helt tæt og der kan være tale en lækstrøm. Lækstrømmen kan kontrolleres ved at lukke ventilen eventuelt på automatikken og kontrollere via måleren, at der ikke løber fjernvarme igennem.

Spjæld- og skydeventiler eller butterfly typen bruges sjældent til små installationer.



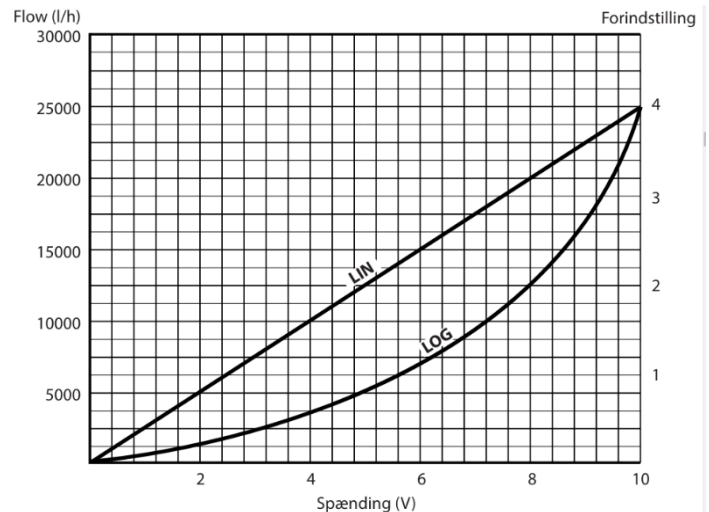
Figur 79: Typisk profil for flow og åbningsgrad

Mest kendt er Belimo's orange type som ses til mindre blandekredse – Den har en særlig indsats som gør at den faktisk har en logaritmisk reguleringskarakteristik. Det kan ses her til højre. Når spindlen er åbnet 70% så giver ventilen kun 38% vandmængde – hvis der holdes et konstant differenstryk.

Ventilkarakteristik

Mange reguleringsventiler har en lineær til let logaritmisk kontrolkarakteristik. Den lineære karakteristikkens bevirker, at en given påvirkning fra føleren, ex. en føler med et P-bånd på 10°C, vil hver 1/10°C afvigelse fra setpunktet give 1% mere eller mindre flow, hvis trykdifferensen holdes konstant.

Til højre ses karakteristikkens for en Frese Optima ventil. Hvis der ønskes en yderligere optimering af fjernvarmedriften (undgå pendlinger), kan nogle motorer indstilles til at give et logaritmisk udgangssignal og dermed en logaritmisk ventil karakteristikkens uafhængig af forindstilling af flow.



Figur 80: Ventilkarakteristik

Radiatorer

Dimensionering af radiatorer

Når der er foretaget en varmetabsberegning for hvert enkelt rum, kan man bestemme størrelsen af en eller flere radiatorer, som skal dække rummets varmetab.

Jf. DS-EN 469 vedr. dimensionerende frem- og returløbstemperatur:

Rumopvarmningen samt eventuelle ventilationsvarmefflader og andre installationer tilsluttet varmeanlægget skal dimensioneres for en fremløbstemperatur på højst 60 °C og en returløbstemperatur på højst 40 °C ved den dimensionerende udetemperatur.

Sker varmforsyningen med kondenserende kedel eller varmepumpe, skal der anvendes en dimensionerende fremløbstemperatur til rumopvarmningen på højst 55 °C.

Gulvarme samt loft- og vægvarme skal dimensioneres for en fremløbstemperatur på højst 45 °C.

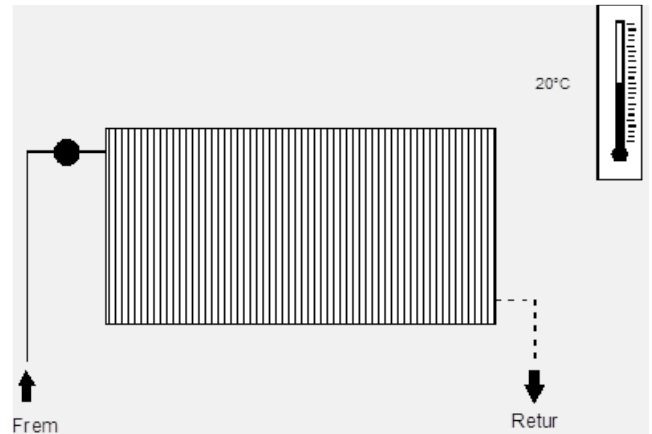
For anlæg tilsluttet fjernvarme gælder de dimensionerende frem- og returløbstemperaturer ved fjernvarmestikkets hovedhaner.

Der må vælges hvilken radiator type man ønsker, før radiatoren dimensioneres.

I radiator katalogerne er radiatorernes ydeevne ofte angivet med $\Delta t = 30^\circ\text{C}$, 35°C eller 60°C for henholdsvis 60/40, 70/40 el. 90/70 som driftstemperaturer.

Denne Δt må ikke forveksles med den afkøling der ønskes eller er på radiatorerne. I forbindelse med ydeevne defineres denne Δt som:

Radiatorens middeltemperaturdifferens er tilgangs- + afgangstemperatur, divideret med 2 – minus rumtemperaturen.



Figur 81: Δt = radiatorens middeltemperatur minus rumtemperaturen.

$$\text{Radiators } \Delta t = \frac{^\circ\text{C frem} + ^\circ\text{C retur}}{2} - ^\circ\text{C rum}$$

Eksempel på dimensionering

Er varmeanlægget dimensioneret for en maksimal fremløbstemperatur på 70°C og en returtemperatur på 50°C , dvs. en afkøling på 20°C , er anlæggets middeltemperatur:

$$\frac{70 + 50}{2} = 60^\circ\text{C}$$

Radiatorens Δt bliver da $60 - 20 = 40^\circ\text{C}$

Da man ved nogle varmesystemer altid skal tilstræbe størst mulig afkøling, bør alle radiatorer til fjernvarme dimensioneres for en afkøling på ca. 30°C og højst 40°C i returen.

Alle radiatorer er imidlertid ikke lige egnede for store afkølinger og flere radiatorfabrikanter har fået udarbejdet tabeller for omregningstal, som kan anvendes ved andre temperatursæt end $\Delta t = 60^\circ\text{C}$.

Fremløbs- temp. °C	Bygge-højde mm	Returtemperatur °C									
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
90	190-310				1,79	1,55	1,35	1,22	1,10	1,00	0,92
	311-490				1,64	1,45	1,30	1,18	1,08	1,00	0,93
	491-1010				1,45	1,32	1,22	1,13	1,05	1,00	0,93
85	190-310			2,22	1,87	1,65	1,41	1,25	1,13	1,03	
	311-490			1,98	1,72	1,51	1,35	1,23	1,13	1,04	
	491-1010			1,71	1,52	1,40	1,29	1,20	1,12	1,05	
80	190-310		2,89	2,32	1,94	1,67	1,47	1,30	1,17	1,07	
	311-490		2,52	2,10	1,80	1,59	1,42	1,29	1,18	1,08	
	491-1010		2,19	1,82	1,52	1,40	1,27	1,27	1,19	1,12	
75	190-310	4,07	3,04	2,43	2,03	1,74	1,53	1,35	1,22	1,10	
	311-490	3,42	2,57	2,22	1,91	1,67	1,50	1,35	1,24	1,14	
	491-1010	2,71	2,25	1,96	1,75	1,59	1,45	1,35	1,26	1,19	
70	190-310	4,32	3,21	2,56	2,13	1,82	1,59	1,41	1,26		
	311-490	3,65	2,85	2,35	2,02	1,77	1,58	1,43	1,30		
	491-1010	2,94	2,44	2,11	1,88	1,70	1,55	1,45	1,35		
65	190-310	4,61	3,40	2,70	2,24	1,91	1,66	1,47			
	311-490	3,85	3,05	2,52	2,15	1,88	1,67	1,51			
	491-1010	3,21	2,65	2,29	2,04	1,84	1,69	1,55			
60	190-310	4,94	3,62	2,86	2,36	2,01	1,74				
	311-490	4,29	3,29	2,71	2,29	2,01	1,78				
	491-1010	3,55	2,91	2,51	2,22	2,01	1,84				
55	190-310	5,34	3,98	3,05	2,51	2,12					
	311-490	4,7	3,59	2,92	2,42	2,15					
	491-1010	3,95	3,24	2,75	2,45	2,21					
50	190-310	5,87	4,39	3,27	2,67		Eksempel: Ud fra skemaer er radiatorydelse fundet til: 2650 Watt Ved et temperatursæt på 90/70/20 °C Radiatorhøjde - 400 mm Beregn ydelsen ved 60/30/20 °C 4,29 gange mindre end ved 60/30/20 °C Dvs. 2650 W/4,29 = 617 W				
	311-490	5,2	3,95	2,98	2,70						
	491-1010	4,49	3,35	2,52	2,74						
45	190-310	6,4	4,95	3,53							
	311-490	5,25	4,09	2,94							
	491-1010	4,39	3,39	2,55							
40	190-310	7,15	5,02								
	311-490	6,71	4,58								
	491-1010	6,17	4,52								

Figur 82: omregning af ydelser til andre temperatursæt end 90/70/20 °C

Tabellerne kan anvendes ved de fleste radiatorer. Men ved egentlige lavkonvektorer skal ydelserne opgives af fabrikanten.

Tabellen bruges når det dimensionerende varmetab er fundet, og radiatorens byggehøjde og fabrikat er valgt.

Eksempel:

Dimensionerende varmetab = 820 W
Radiators byggehøjde = 655 mm

Fabrikat RIOpanel
Fremløb 60°C
Returløb 35°C

Ved at gå ind i tabellen ved de forudsatte værdier findes omregningsfaktoren 2,91, hvilket betyder, at radiatoren ved $\Delta t = 27,5^\circ\text{C}$ skal kunne yde $2,91 \times 820 \text{ W} = \mathbf{2386 \text{ W}}$ ved 90/70/20

Et eksempel på korrekt benævnelse af en radiator kan være:

RIO Panelkonvektor

Δt : 27,5°C (65/35/20°C)

Type: PKII

Højde: 555 mm

Længde: $2386/1890 = 1262 \text{ mm}$ skal
oprundes til 1300 mm

Anboring: 1/2" ACD

Ydelse: $1,3 \times 1890/2,91 = 844 \text{ W}$

PKP/21	Output		Water content	Weight
Height mm	W/metre 75°/65°/20°	W/metre 90°/70°/20°	litres/ metre	kg/ metre
255	587	755	2.9	11.5
355	808	1025	4.0	16.2
455	1002	1270	4.9	21.0
555	1182	1498	5.9	25.6
655	1347	1709	6.9	30.2
955	1755	2251	9.9	43.4

2PK/22	Output		Water content	Weight
Height mm	W/metre 75°/65°/20°	W/metre 90°/70°/20°	litres/ metre	kg/ metre
255	729	932	2.9	13.3
355	1012	1281	3.5	19.0
455	1257	1594	4.6	24.6
555	1486	1890	5.6	30.1
655	1703	2170	6.7	35.6
955	2274	2923	9.9	51.7

3PK/33	Output		Water content	Weight
Height mm	W/metre 75°/65°/20°	W/metre 90°/70°/20°	litres/ metre	kg/ metre
255	1091	1383	3.8	19.9
355	1482	1883	5.3	28.5
455	1849	2348	6.7	36.7
555	2190	2779	8.2	44.9
655	2505	3179	9.8	53.0
955	3300	4207	14.8	77.1

Figur 83: RIO Panel - ydelser og størrelser pr. meter

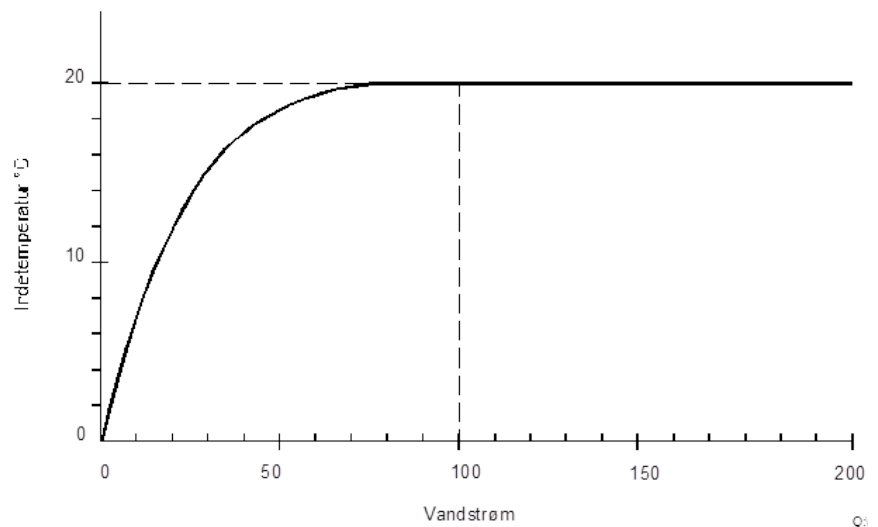
Radiatorens varmeafgivelse

Radiatoren skal afgive så megen varme, at rumtemperaturen holdes på den ønskede værdi. Det gør den dog kun, hvis radiatoren har den rigtige størrelse, får den rigtige fremløbstemperatur og den rigtige vandstrøm.

I de følgende 3 figurer er det vist, hvad der sker med rumtemperaturen, hvis der er fejl i én af de 3 nævnte fejlkilder. De 2 andre er samtidig holdt på korrekt værdi. En samtidig fejl i flere af de 3 størrelser er ikke mulig at vise grafisk. Alle værdier er beregnet med en udetemperatur på 0°C for et anlæg, dimensioneret ved en fremløbstemperatur ved 60°C ved en udetemperatur på -12°C.

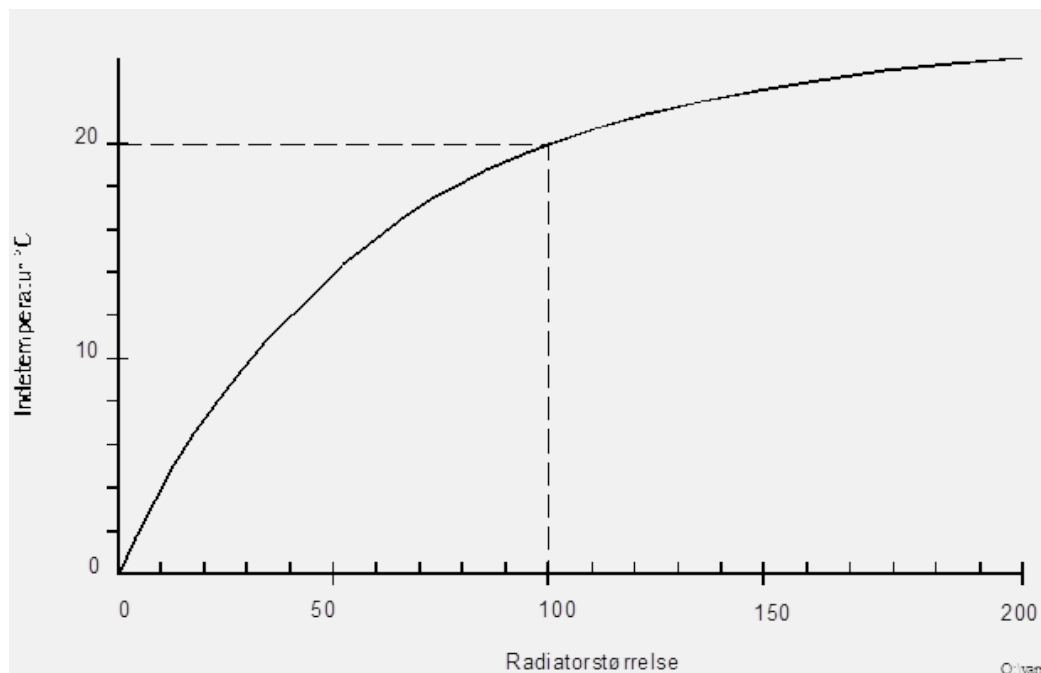
En for stor vandstrøm hæver kun rumtemperaturen lidt, og en uendelig stor vandstrøm kan kun hæve rumtemperaturen til 22 °C. Det er dog forudsat, at radiatoren er dimensioneret korrekt.

Virkningen af for lille vandstrøm gennem radiatoren er betydelig kraftigere. Er vandstrømmen kun halvt så stor, som ønsket (50%), falder rumtemperaturen til 18 °C.



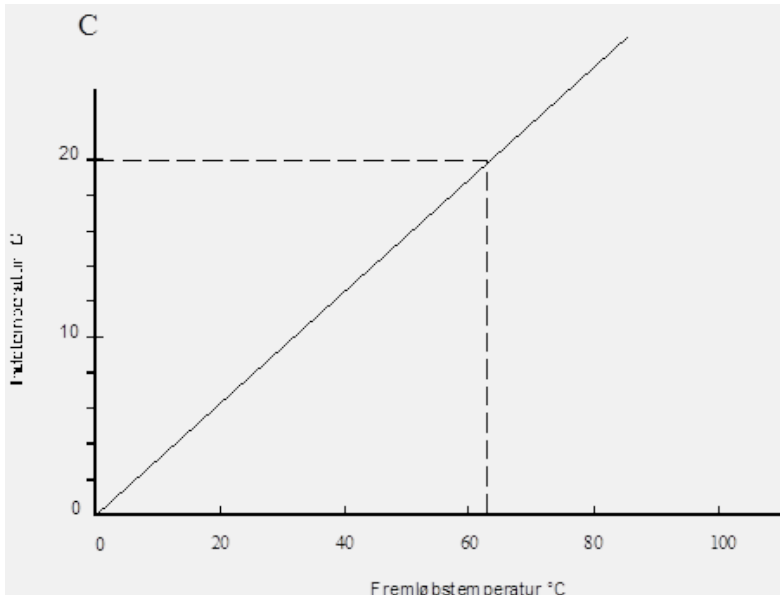
Figur 84: viser, hvordan fejl i vandstrømmen igennem radiatorer påvirker rumtemperaturen. Den korrekte vandstrøm er 100%, og som vist med den stiplede linje giver det en rumtemperatur på 20°C.

En radiator, betragtet som en enkelt komponent, kan ikke være forkert i størrelse. Om en radiator er for stor eller for lille, afhænger kun af dens størrelse i forhold til de andre radiatorer.



Figur 85: viser sammenhængen mellem fejl i radiatorstørrelse og rumtemperaturen. Den korrekte radiatorstørrelse er 100%. En underdimensionering på 20% giver en rumtemperatur på 17,5 °C.

Figuren viser sammenhængen mellem fremløbstemperaturens størrelse og rumtemperaturen. Ved 0 °C udetemperatur er 64 °C den korrekte fremløbstemperatur med de givne forudsætninger.



Da 1 °C for høj rumtemperatur øger energiforbruget med 5-10%, kan man se, at betjeningen af anlæggets fremløbstemperaturstyring er et overordentligt led i kæden af energisparebestræbelser.

Figur 86: Af kurven i figur C kan man se, at for hver gang fremløbstemperaturen hæves 3 °C ved 0 °C udetemperatur, stiger rumtemperaturen 1 °C.

Fejl i radiatorstørrelse

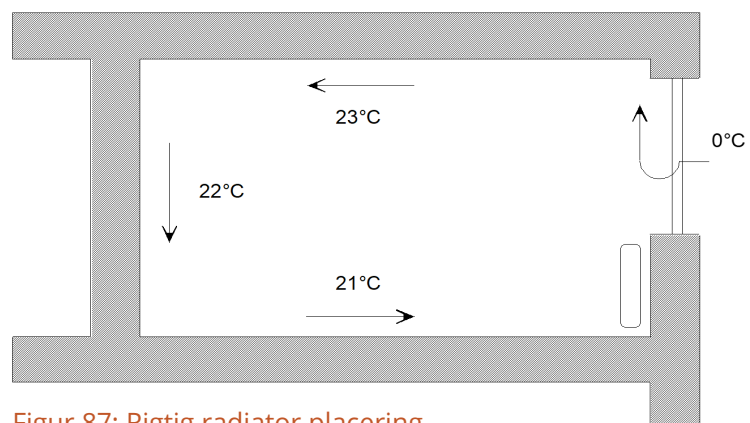
Hvis blot én radiator i et anlæg er 20% underdimensioneret, vil rumtemperaturen blive 17,5 °C. For at få temperaturen hævet de 2,5 °C til 20 °C må fremløbstemperaturen hæves 8 °C.

Som vist i kander således bliver 22,5 °C i alle bygningens øvrige rum. Bygningens energiforbrug til opvarmning vil derfor have en risiko for at blive forøget med $2,5 \times (5-10) = 12,5-25,0\%$.

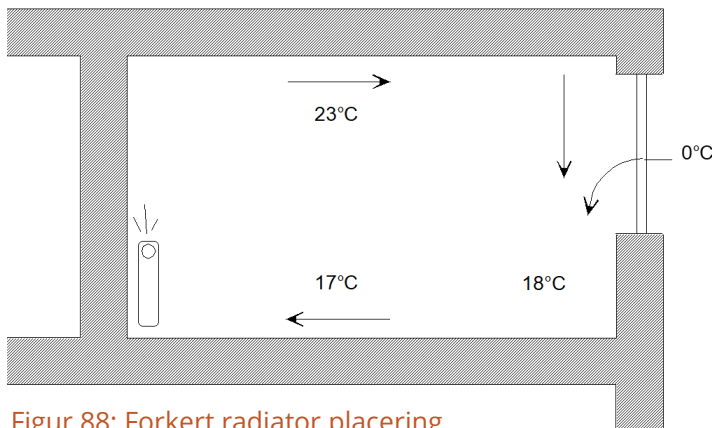
Det er derfor vigtigt, at der ved indregulering tages hensyn til over- eller underdimensionerede radiatorer.

Radiatorplacering

Selv om en radiator er korrekt dimensioneret, kan det føles, som om den har problemer med at klare opvarmningen, såfremt den er forkert placeret.



Figur 87: Rigtig radiator placering



Figur 88: Forkert radiator placering

Radiatoren skal derfor helst placeres således, at den opvarmer kold luft, f.eks. fra et vindue, hvorved den opvarmede rumluft vil blande sig med den kolde luft fra vinduet, stige til vejrs, cirkulere rundt i stuen og på ny blive opvarmet.

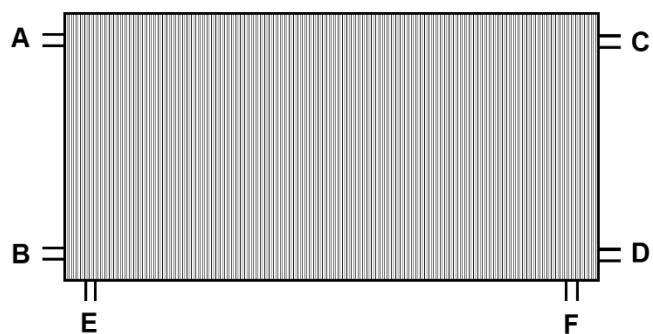
Placeres radiatoren forkert som vist i figuren, hvor radiatoren er placeret på en væg modsat et vindue - vil den i forvejen noget afkølede rumluft blande sig med den kølige luft fra vinduet, hvorved rumluften

bliver yderligere afkølet. Denne placering vil give anledning til fodkulde i rummet. Man vil derfor være tilbøjelig til at skrue meget op for radiatoren, og dette giver en stor temperaturforskel i rummet med øget energiforbrug tilfølg.

Anboringer

Når man har fundet radiatorstørrelsen, skal det angives, hvorledes radiatoren skal være ancoret. Det gøres ved en bogstavbetegnelse, is man forestiller sig, at man står foran radiatoren, når den er sat op, angives ancoren således:

- Øverste venstre hjørne som A
- Nederste venstre hjørne som B
- Øverste højre hjørne som C
- Nederste højre hjørne som D



Figur 89: Tilslutninger på en radiator

Da det ikke er ualmindeligt, at radiatorer kan være ancoret i bunden, angives:

- Venstre side som E
- I højre side som F

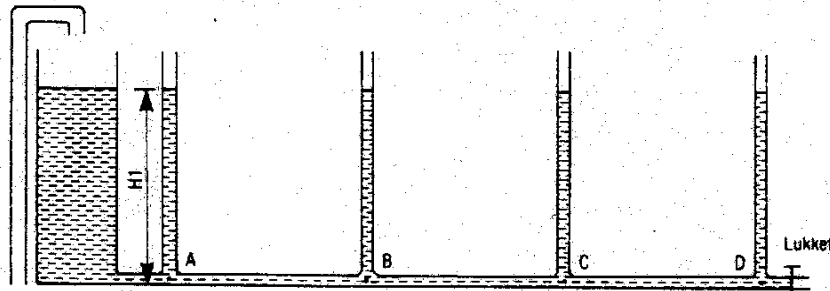
Indregulering

Vi ønsker at kunne opretholde en bestemt rumtemperatur i en bygnings enkelt rum. Det er varmeanlæggets opgave at tilføre det enkelte rum så megen varme, at dets varmebehov, dvs. varmetab til omgivelserne, dækkes.

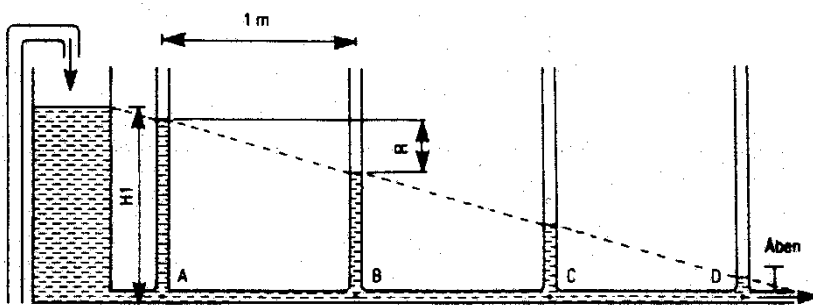
En forudsætning for at kunne få en effektiv og energioekonomisk varmefordeling til de enkelte rum er, at vandfordelingen i anlægget er korrekt, altså at varmeanlægget er indreguleret.

Vandfordeling

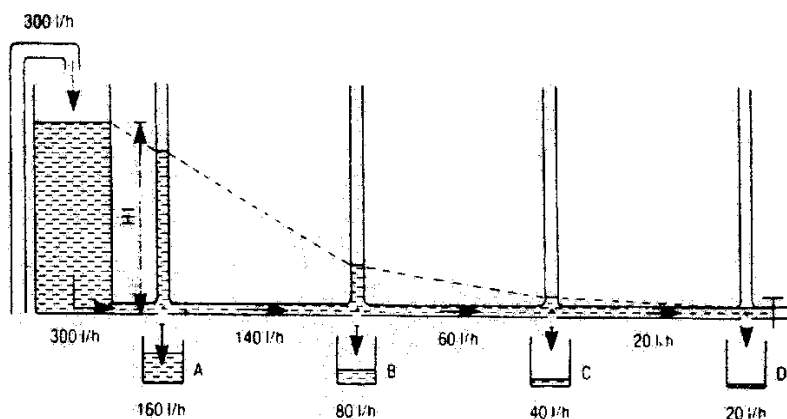
For at forstå, hvad indreguleringen går ud på, er det nødvendigt at vide, hvad der sker, når vand strømmer i rør. Dette forklares ved hjælp af følgende tegninger.



Figur 90: A - der er lukket



Figur 91: B - hanen er åbnet



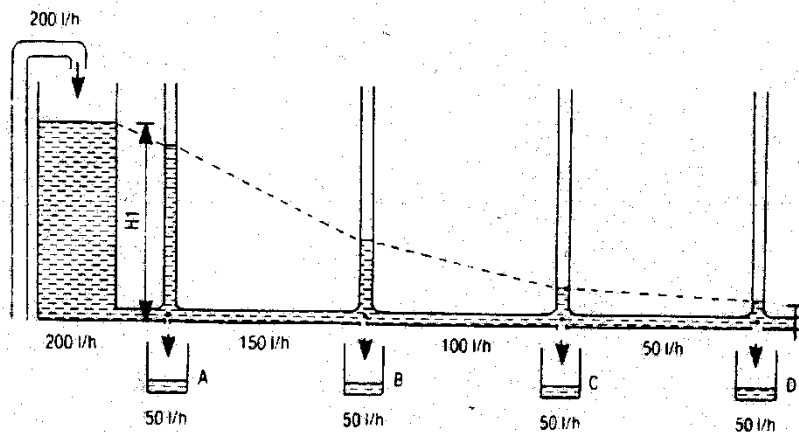
Figur 92: C - ens åbninger ved hvert rør

A viser et rørsystem, der består af en beholder med vand, et vandret rør med en hane for enden og 4 vandstandsør. Hanen er lukket. Der er derfor ingen strømning i det vandrette rør. Trykket i punkterne A, B, C og D er lige store og kan i vandsøjlehighøjde aflæses på de 4 glasør til $H = 1$ m vandsøjle.

B er som figur A, men hanen er nu åben, og vandet strømmer fra beholderne og ud gennem åbningen ved hanen, hvor trykket er 0. Trykket i bunden af beholderen er stadig $H = 1$ m vandsøjle.

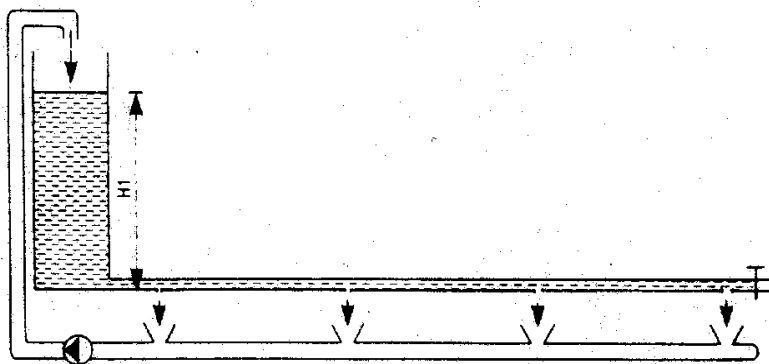
Vandet strømmer altså fra et sted med højere tryk til et sted med lavere tryk. Vandtilførslen sørger for, at vandstanden i beholderen holder sig i samme højde H .

C som er som figur A, men der er nu boret 4 ens huller i det vandrette rør. Under hvert hul står der en beholder, der i én time har opsamlet, hvad der løb ud af hullerne. Drivtrykket $H1$ i den store beholder holdes konstant ved at der påfyldes 300 l/h. Trykket ved hullerne falder kraftigt henimod det sidste hul. Der løber derfor mest vand ud ved hul A og mindst ud ved hul D.



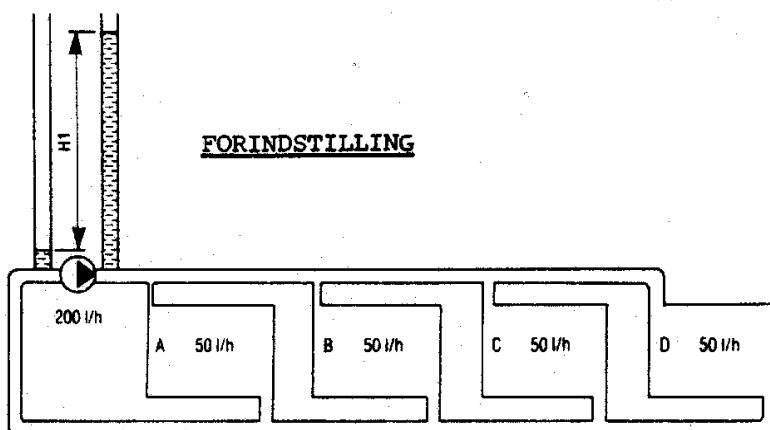
Figur 93: D - proportionelt større huller væk fra karet

D er som figur C, men hullet ved A er boret meget mindre. Hullet ved B er også mindre, mens hullerne ved C og D er større, end de var i figur C. Herved kan man opnå, at vandstrømmen i punkt A, B, C og D bliver lige store. Vandstrømmen, der skal til for at holde H_1 i samme højde, er også blevet mindre.



Figur 94: E - nu med en pumpe til at fylde karet

E. I et varmesystem er det pumpen, der løfter vandet op og derved sørger for, at der altid er tilstrækkeligt tryk til at få den ønskede vandstrøm til at cirkulere.



Figur 95: F - Anlægget lukkes og er nu forindstillet

F er som figur D, men beholderne A, B, C og D er erstattet med radiatorer. Det drivtryk, der før blev frembragt af beholderne, bliver nu opretholdt af pumpen.

Den ens vandstrøm i radiatorerne er opnået ved at forindstille radiatorventilerne, så deres gennemløb giver en modstand, der svarer til de huller, der blev boret i røret i figur D.

Vurdering af eksisterende radiatorer

Radiatordimensionering

Radiatorer dimensioneres, således at de kan forsyne de enkelte rum med varme i dimensioneringstilstanden. Radiatorerne skal sikre en indetemperatur på $t_i = 20^\circ\text{C}$ ved en udetemperatur på $t_u = -12^\circ\text{C}$. Den nødvendige effekt hertil er Q_{rum} [W] for rummet eller Q_{dim} [W] for huset ialt. Q_{dim} er husets dimensionerende varmetab.

Radiatorens varmeeffekt skal være lige så stor som eller større end rummets dimensionerende varmetab. Husets samlede radiatoreffekt Q_{rad} skal derfor være større end eller lig med det samlede dimensionerende varmetab Q_{dim} .

Radiatorfaktorer

I forbindelse med vurderinger af radiatorers størrelse anvendes radiatorfaktoren R:

$$R = Q_{\text{kat}}/Q_{\text{dim}}$$

der kan beregnes for et enkelt rum eller for huset som helhed. Radiatorfaktoren er radiatorens ydelse ved $t_f/t_r = 90/70^\circ\text{C}$ (Q_{kat}) divideret med det dimensionerende varmetab som radiatoren skal dække.

Eksempel:

I eksemplet fra før var husets dimensionerende varmetab $Q_{\text{dim}} = 4200$ W og den fundne samlede nominelle radiatoreffekt Q_{nom} var 14000 W, når der skulle være lavtemperaturdrift ved $t_f/t_r = 55/35^\circ\text{C}$.

Radiatorfaktoren for huset som helhed er derfor:

$$R = 14000/4200 = 3,33$$

Radiatorerne er dermed 3,33 gange så store som ved "højtemperaturdrift $90/70^\circ\text{C}$ ".

Radiatordimensionering

Radiatorer dimensioneres, således at de kan forsyne de enkelte rum med varme i dimensioneringstilstanden. Radiatorerne skal sikre en indetemperatur på $t_i = 20^\circ\text{C}$ ved en udetemperatur på $t_u = -12^\circ\text{C}$. Den nødvendige effekt hertil er Q_{rum} [W] for rummet eller Q_{dim} [W] for huset ialt. Q_{dim} er husets dimensionerende varmetab.

Radiatorens varmeeffekt skal være lige så stor som eller større end rummets dimensionerende varmetab. Husets samlede radiatoreffekt Q_{rad} skal derfor være større end eller lig med det samlede dimensionerende varmetab Q_{dim} .

Radiatorfaktorer

I forbindelse med vurderinger af radiatorers størrelse anvendes radiatorfaktoren R :

$$R = Q_{\text{kat}}/Q_{\text{dim}}$$

der kan beregnes for et enkelt rum eller for huset som helhed. Radiatorfaktoren er radiatorens ydelse ved $t_f/t_r = 90/70^\circ\text{C}$ (Q_{kat}) divideret med det dimensionerende varmetab som radiatoren skal dække.

Eksempel:

I eksemplet fra før var husets dimensionerende varmetab $Q_{\text{dim}} = 4200 \text{ W}$ og den fundne samlede nominelle radiatoreffekt Q_{nom} var 14000 W , når der skulle være lavtemperaturdrift ved $t_f/t_r = 55/35^\circ\text{C}$.

Radiatorfaktoren for huset som helhed er derfor:

$$R = 14000/4200 = 3,33$$

Radiatorerne er dermed 3,33 gange så store som ved "højtemperaturdrift $90/70^\circ\text{C}$ ".

Varmetab

Hvis man vil regne lidt ekstra på varmetabet, kan dette regneark bruges: [LINK til regneark](#)

Fjernvarmens Serviceordnings inddateringsportal kan selv beregne bygningens teoretiske for og bygningens aktuelle forbrug ud fra graddageberegning.

Graddage

Måden systemet beregner på er skitseret herunder.

Graddøgn anvendes i forbindelse med:

- Beregning af en projekteret bygningens rumvarmeforbrug (referenceårets graddøgn.
- Vurdering af ændret rumvarmeforbrug som følge af ændringer i bygningens isoleringstilstand (aktuelle graddøgn)
- Vurdering af eventuelle ændringer i varmeanlæggets energiøkonomiske tilstand (aktuelle graddøgn)
- Vurdering af fremtidigt brændselsforbrug og tidspunkt for næste brændselsleverance (referenceårets graddøgn, aktuelle graddøgn, graddøgnspregninger)

Et graddøgn ($^\circ\text{C d\ddot{a}gn}$) er et udtryk for en forskel på 1°C mellem døgnmiddelværdierne af en korrigeret indetemperatur $t_{i,\text{korr}}$ (basistemperatur) og middeludtemperaturen $t_{u,\text{mid}}$.

$t_{i,\text{korr}}$ ansættes almindeligvis til 17°C , og er altså ikke den faktiske indetemperatur, idet det er antaget at de udnyttede varmetilskud giver bygningen en opvarmning svarende til $20-17 = 3^\circ\text{C}$.

Svarende hertil udgør de udnyttede varmetilskud ca. 19% af rumvarmebehovet. I bygninger, hvor de udnyttede varmetilskud fra intern belastning og solindfald udgør en større del af varmemeforbruget, eksempelvis i lavenergihuse, kan $t_{i,korr} = 17^\circ\text{C}$ ikke umiddelbart anvendes.

Antallet af skyggegraddøgn beregnes på døgnbasis af (1°C døgn = 24°C timer):

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

dog efter forskellige kriterier afhængigt af formålet med beregningen:

- Kun i fyringssæsonen (Teknologisk Institut)
- Start om efteråret: når $t_{u,mid}$ når under 12°C i 3 døgn i træk
- Stop igen om efteråret: når $t_{u,mid}$ når over 12°C i 3 døgn i træk
- Stop om foråret: når $t_{u,mid}$ når over 10°C i 3 døgn i træk
- Start igen om foråret: når $t_{u,mid}$ når under 10°C i 3 døgn i træk
- Direkte efter [1] (Meteorologisk Institut og DFF (Danske Fjernvarmeværkers Forening))
- Efter [1] kombineret med solkorrigerede graddøgn. Der anvendes middelværdien af skyggegraddøgn og solkorrigerede graddøgn.
- Med forskellige værdier af indetemperaturen t_i uden korrektion for udnyttede varmetilskud

Normalår

Oversigt fra Teknologisk Institut - graddage.

Nuværende normalår for TI graddage og for EMO graddage fremgår i tabellen nedenfor.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	I alt
TI skyggegraddage normalår 1991-2020	469	427	407	231	52	0	0	0	20	191	326	429	2552
TI solkorrigerede graddage normalår 1991-2020	440	384	315	135	27	0	0	0	11	140	297	409	2158
EMO skyggegraddage normalår 1991-2020	469	427	407	265	142	54	18	17	83	218	327	429	2856
EMO solkorrigerede graddage normalår 1991-2020	440	384	315	144	55	16	5	4	33	155	297	409	2257

Figur 96: Forskellige graddagesystemer

Der vil selvfølgelig være en mindre forskel på det endelige resultat alt afhængig af hvilket graddagesystem som der vælges til korrektionen.

Generelt kan det siges at man bør vælge TI graddage hvis der slukkes konsekvent for varmen i perioden medio maj til slut september.

Og ligeledes bør man vælge solkorrigerede graddage hvis man har store vinduespartier med soltilskud og en del "gratis" varme.

GUF og GAF metode

GUF og GAF er henholdsvis det Graddage Uafhængige Forbrug (GUF) og det Graddage Afhængige Forbrug (GAF).

GUF

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

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

Nedenstående tabel angiver gennemsnitlige effektforbrug for forskellige typer af anlæg der er tilsluttede fjernvarme.

Type	Installation	Varmetab , W
1	Tilslutningsanlæg for fjernvarme	150 W
2	Opvarmet ekspansion på loft	200 W
3	Cirkulation på varmt vand	10 W/meter
4	Komfortgulvvarme	50 W/m ²
5	Tomgangstab fra varmtvandsbeholder	50-100 W
6	Gammel rørinstallation m. 2 cm isolering	400 - 500 W
7	Ny isoleret rørinstallation med veksler	150 - 300 W

Figur 97: Tab fra installationsdele

Det varme vand kan typisk estimeres til 800-1000 kWh/år pr. person.

GAF

Det graddage afhængige forbrug beregnes enten som det dimensionerende varmetab ved -12°C, eller fastsættes ved at anvende aflæste forbrug i kWh over en periode med kalibreret måler, og derfra fratrække GUF.

Det skal dog bemærkes, at en del af GUF kommer bygningens varmetab til gode i fyringssæsonen, hvorfor der skal tages hensyn til dette når GUF fratrækkes.

Normalt fratrækkes 50 % af den GUF der ikke stammer fra varmt brugsvandsforbruget.

Find det dimensionerende effektbehov:

Ud fra kendskabet til hvor koldt en periode har været – typisk et år – så kan man bestemme bygningens varmebehov ud fra dets forbrug af energi til varme. Det er faktisk det som der er

vurderet i Tabel 11: Skema til vurdering af varmetab $17 q_{\text{dim}} = \frac{Q_{\text{GAF,periode}} \cdot 32}{GD_{\text{periode}} \cdot 24}$

Hvor $Q_{\text{GAF,periode}}$ er perioden energiforbrug til opvarmning

og GD_{periode} er den samme periodes graddaetal.

Tallet 32 kommer af forskellen fra minus 12 udendørs til 20 grader indendørs

Korrigeret energiforbrug

I denne beregning gælder det om at relatere en kold henholdsvis varm fyringssæson til en gennemsnitlig situation, typisk kaldet normalåret.

$$Q_{\text{normal}} = \frac{Q_{\text{GAF,periode}} \cdot GD_{\text{normal}}}{GD_{\text{periode}}} + Q_{\text{GUF,periode}} \cdot \frac{\text{dage}_{\text{normal}}}{\text{dage}_{\text{periode}}}$$

Hvor $Q_{\text{GAF,periode}}$ er perioden energiforbrug til opvarmning

Hvor $Q_{\text{GUF,periode}}$ er periodens energiforbrug til brugsvand, varmetab o.l.

Og GD_{periode} er den samme periodes graddaetal.

GD_{normal} er normalåret eller den periode man vil sammenligne for.

Det må påpeges at jo kortere perioden er for aflæsning desto større bliver usikkerheden på beregningen. Man bør vælge en periode med både hård vinter og overgangssæson. Altså helst 6 måneder som minimum.

Hvis man i stedet ønsker, at finde forbruget i, en anden periode ud fra en kendt aflæsningsperiode, så indsætter man bare den ønskede periode i stedet for normalperioden.

Et eksempel på korrektion til normalårsforbrug:

Forudsætninger:

- Enfamiliehus på 130 m² isoleret efter BR 82
- Ny installation (200 W inkl. tilslutningsinstallation)
- 8 m² komfortgulvvarme der kører hele året
- 15 meter brugsvandscirkulation der kører hele året
- 3 personer

Q-Aflæst forbrug i periode 1/2-2023 – 31/1-2024	=	17960 kWh
Graddage 1/2 31/1(2585-392+490)	=	2683
Normalgraddage	=	2856

Der opstilles et regnestykke hvor GUF findes og fratrækkes forbruget

Beregning af GUF for et år.

Brugsvand:	$3 * 1000 \text{ kWh}$	=	3000 kWh
Installation:	$200 * 24 * 365$	=	1752 kWh
Gulvvarme:	$50 * 8 * 24 * 365$	=	3504 kWh
15 m cirkulation:	$10 * 15 * 24 * 365$	=	648 kWh
50% til GUF	$5904 \text{ kWh} * 50\%$	=	<u>2952 kWh</u>
GUF i alt			<u>5952 kWh</u>

Beregning af GAF.

$$\text{GAF: } Q_{\text{aflæst}} - \text{GUF: } 17960 - 5952 = 12008 \text{ kWh}$$

Beregning af det graddage korregeret forbrug

$$\begin{aligned} \text{GAF} &= 12008 * 2856 / 2683 = 12782 \text{ kWh} \\ \text{GUF} &= \underline{5952 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

$$\text{Det graddage korrigerede forbrug er således} = \underline{18734 \text{ kWh}}$$

Når forbruget er korrigeret, kan man sammenligne årene med hinanden

Installationstype	Varmetab
Gammel kedel, gammel varmtvandsbeholder og delvis uisolerede rør	1200W 5184 kWh/år 520 l olie/år el. 480 m ³ gas/år
Ældre kedelunit med indbygget varmtvandsbeholder, før 1977	800W 3450 kWh 345 l olie/år el. 320 m ³ gas/år
Renoveret, efterisoleret kedel og varmtvandsbeholder, isolerede rør	400W 1725 kWh/år 175 l olie/år el. 160 m ³ gas/år
Nyere kedelunit efter 1977 med indbygget varmtvandsbeholder	330W 1425 kWh/år 140 l olie/år el. 130 m ³ gas/år
Nyere kondenserende kedel	330W 1425 kWh/år 140 l olie/år el. 130 m ³ gas/år
Fjernvarmetilslutningsanlæg	100-150W 430-645 kWh/år
Opvarmet ekspansionsbeholder på loft	200W 860 kWh/år
Cirkulationsledning til varmt vand	10 W/meter 43 kWh/år pr. m
Komfortgulvvarme i badeværelse	50 W/m ² 215 kWh/år/m ²
Varmt brugsvand (pr. person) (ca. 50 liter pr. døgn)	80-100 W 700-1000 kWh/år (850kWh/år)

Tabel 98: Typiske varmetab fra installationer samt varmtvandsforbrug pr. person.

Ovenstående graddageuafhængige forbrug fra installationsdelene vil i fyringsperioden komme bygningens varmetab til gode, og disse skal derfor kun medregnes i den periode hvor der ikke er behov for varme, hvilket er ca. halvdelen af året. Dette er der taget højde for i tabellen.