



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R13:1985

Teknisk flexibilitet hos konventionella fjärrvärmesystem

Svend Frederiksen

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>Ser</i>

*K
A11a*

Byggeforskningsrådet

R13:1985

TEKNISK FLEXIBILITET HOS KONVENTIONELLA
FJÄRRVÄRMESYSTEM

Svend Frederiksen

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810735-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen
för värme- och kraftteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

I Bygghforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R13:1985

ISBN 91-540-4328-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHALLSFÖRTECKNING

Sida

1	SAMMANFATTANDE INLEDNING	1
2	KULVERTTEKNIKENS BETYDELSE VID MODIFIERING AV TEMPERATURPROGRAM	3
3	VAL AV FRAMLEDNINGS- OCH RETURTEMPERATUR I ETT FJÄRRVÄRMENÄT	9
4	GRÄNSER FÖR TRYCKET I ETT FJÄRRVÄRMESYSTEM	12
	Högsta tillåtna tryck	12
	Lägsta tillåtna tryck	12
	Minsta tillåtna differenstryck	15
5	ÅTGÄRDER SOM SYFTAR TILL ATT FLYTTA GRÄNSEN FÖR KAVITATION I STYRVENTILER	16
6	FÖRBÄTTRAD REGLERING AV NÄTTRYCK	19
7	NÄTFÖRSTÄRKNING OCH TRYCKHÖJNINGSPUMPAR	23
8	NÄTUPPDELNING	26
9	INFÖRANDE AV DIREKT KOPPLING I INDIREKT ANSLUTNA ABONNENTCENTRALER	32
	Motiv	32
	Tekniska problem vid direkt anslutning	34
	Förbigångsledningar med manuella avspärrningsventiler	35
	Förbigångsledningar med motorventiler	37
	Utnyttjande av tidigare radiatorväxlare som förvärmningssteg för tappvarmvatten	37
	Komplettering med direkt ansluten krets	37
10	REFERENSER	40

1 SAMMANFATTANDE INLEDNING

Val av framlednings- och returtemperaturer är en klassisk frågeställning inom fjärrvärmetekniken. I befintliga nät kan man reducera värmeförlusterna genom att sänka nättemperaturerna och en lägre returtemperatur ger dessutom mindre cirkulerande flöde och därmed reducerat pumpeffektbehov. Temperatursänkningar är även attraktiva på grund av att de kan förbättra prestandan för flera typer av värmeproduktionsanläggningar påtagligt, t ex för ångkraftvärmeverk och värmepumpar.

Möjliga och ändamålsenliga temperatursänkningar i näten begränsas dock av olika anledningar. Sänker man framledningstemperaturen i ett befintligt nät får man större flöde och därmed större tryckfall i ledningarna och för trycken i ett nät finns begränsningar. En undre gräns för framledningstemperaturen i ett nät utgörs av erforderlig tappvarmvattentemperatur och framledningstemperaturen till radiatorerna hos abonnenterna. I den nya svenska Byggnormen [1] krävs att dessa temperaturer är lägre än i den gamla normen, varvid möjligheterna att sänka även nättemperaturerna förbättras. Ytterligare en faktor som kan inskänka det fria valet av nättemperatur är själva ledningarna, beroende på typ av ledningskonstruktion.

På senare år har en ny typ av krav på flexibilitet hos näten dykt upp, nämligen att de skall kunna anpassas till en decentraliserad produktionsapparat. Utvecklingen inom värmepumpstekniken har i kombination med låga elpriser gjort det attraktivt att utnyttja ett flertal lågvärdiga värmekällor såsom markvärme, värme i avloppsvatten mm, källor som fordrar värmepumpar på olika platser i ett nät och som kan komplettera t ex kraftvärmeverk. Med en decentraliserad produktionsapparat kan det vara attraktivt att differentiera nättemperaturerna inom olika delområden av ett nät.

Det har ofta diskuterats om den konventionella fjärrvärmetekniken är flexibel eller inte. Föreliggande rapport tar inte ställning i denna fråga generellt utan analyserar aspekter på den tekniska flexibiliteten hos näten. I detta ligger bl a den avgränsningen att ekonomiska och organisatoriska frågeställningar (t ex val av taxekonstruktion) inte tas upp i rapporten. Behandlingen av det valda temat kommer att visa på både välkända och mindre uppenbara lösningar, som bl a är viktiga att uppmärksamma vid framtida nätuppbyggnad. Dessutom diskuteras ett antal tekniska åtgärder som kan bidra till att öka flexibiliteten hos befintliga nät.

I avsnitt 2 behandlas ledningsteknikens betydelse för flexibiliteten. Här utvecklas bl a synpunkten att den klassiska typen av betongkulvert är ganska flexibel med hänsyn till val av nättemperaturer, medan den för tillfället mycket använda typen, dvs friktionsfixerad, direktskummad plaströrskulvert, kan ge besvärande begränsningar för vilka motåtgärder dock är tänkbara.

I avsnitt 3 beskrivs alternativa sätt att modifiera driftsättet för ett fjärrvärmenät med olika konsekvenser för framlednings- och returtemperaturer.

Avsnitten 4 till 7 behandlar förbättrad hushållning med tryckfallen i ett fjärrvärmenät. Eftersom det finns ett klart samband mellan möjliga sänkningar av framledningstemperaturen och gränser för trycket, blir det härvid möjligt att ange metoder, som indirekt kan möjliggöra sådana temperatursänkningar. I avsnitt 4 analyseras

dessa tryckgränser först och därefter behandlar avsnitt 5 metoder för gynnsam förskjutning av gränsen för kavitation i abonnentcentralers styrventiler, avsnitt 6 förbättrade metoder för övervakning och reglering av nättryck och avsnitt 7 (kortfattat) nätförstärkningar och införande av tryckhöjningspumpar.

I avsnitt 8 tas frågan om differentiering av nättemperaturer inom olika delområden upp. Det farliga och antagligen något förbisedda fenomenet vandrande temperaturfronter, som därvid kan uppträda, tillmäts stor betydelse. Ett mindre vanligt sätt att utnyttja sektioneringsventiler, för vilket beteckningen semipermanent sektionering valts, presenteras.

Slutligen diskuteras i avsnitt 9 olika sätt att konvertera indirekt anslutna abonnentcentraler till direkt anslutna. Denna typ av konvertering rekommenderas inte som generell åtgärd, men några av de kopplingsvarianter som presenteras bör dock kunna vara av intresse i en del nät.

2 KULVERTTEKNIKENS BETYDELSE VID MODIFIERING AV TEMPERATURPROGRAM

Vid bedömningen av hur sänkta ledningstemperaturer kan påverka livslängden för ett fjärrvärmenäts ledningar har det betydelse om modifieringen sker i ett nytt eller befintligt nät, i vilka belastningsintervall modifieringen sker och vilka kulverttyper som finns i nätet.

Både framlednings- och returtemperaturen kan vara intressanta att sänka. Fig. 2.1 visar tre exempel på modifierade program för framledningstemperaturen. Utgångspunkten är det program som under många år varit förebilden i Sverige. Modifikation A [2] innebär att man sänker framledningstemperaturen vid lägre uteluftstemperaturer, modifikation B [3] att sänkningen koncentreras till sommaren, medan att framledningstemperaturen är oförändrad vid maximal värmelast. I fall C sänks framledningstemperaturen vid alla laster.

Ett argument mot A är att de lägsta uteluftstemperaturerna ganska sällan inträffar, varför energivärdet av temperatursänkningen inte blir så stort. Effektivvärdet för ett kraftvärmeverk kan dock förbättras påtagligt i fall A. Modifikation B innebär minst ledningsdimensioner, eftersom dessa måste väljas med hänsyn till största flödet i ledningarna, och mindre ledningsdimensioner innebär mindre värmeförluster. Den stora variationen i ledningstemperaturer över året i fall B kan för några vanliga typer av ledningskonstruktion betyda ökad cyklisk belastning. Extremfallet att man stänger av ledningssystemet helt på sommaren har övervägts i fall där man kan klara av hela värmeförsörjningen med el-värme, men har ansetts vara betänkligt m h t ledningernas livslängd.

Under fjärrvärmeteknikens utveckling har många typer av kulvertkonstruktioner kommit till användning. Fig. 2.2 illustrerar ett urval av de vanligaste typerna. Speciellt i äldre nät kan man ofta ha många varianter representerade. Fig. 2.2a visar traditionell förläggning i betongkulvert. I de nordiska länderna har olika typer av plaströrskulvertar på senare tid blivit dominerande i nyproduktion och i Sverige då nästan uteslutande så kallade direktskummade (Fig. 2.2b) konstruktioner, dvs med fast förbindelse mellan isolerande polyuretanskum och stålrör. I Danmark har även hålörskulverter (Fig. 2.2c) fått stor spridning. Direktskummade plaströrskulverter kan vara förlagda enligt två principer (som båda har tillämpats i svenska nät), nämligen friktionsfixerat eller friktionshämmat. Vid friktionsfixerad förläggning är avståndet mellan kompensatorerna så stort att det finns en sträcka mellan kompensatorerna som är helt fixerad i förhållande till marken, medan kompensatorerna vid friktionshämmande förläggning har så litet avstånd att rörens termiska expansion endast begränsas av markfriktionen och således inte fixeras på någon delsträcka.

Vid friktionsfixering brukar man förvärma ledningarna före packning med grus, eftersom man därvid reducerar spänningarna vid maximal ledningstemperatur. Vid friktionshämning kan de maximala spänningarna inte bli lika höga och man brukar då inte förvärma, vilket förkortar läggningstiden. I gengäld måste man investera i fler kompensatorer. Vid hålörskulvert, där rörens termiska expansion inte begränsas alls, får man lika många kompensatorer som vid förläggning i betongkulvert.

För betongkulvertar av den typ som visas i Fig. 2.2a bör en sänkning av ledningstemperaturerna normalt inte inge större betänkligheter. Kompensatorerna är dimensionerade för avkyllning

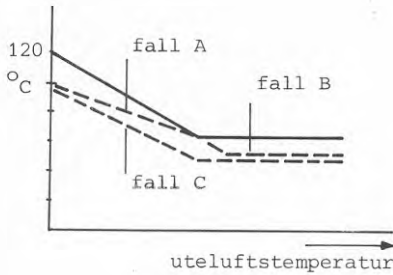
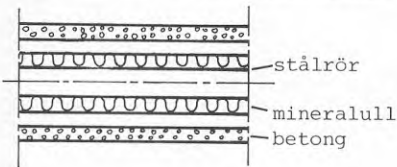


Fig. 2.1

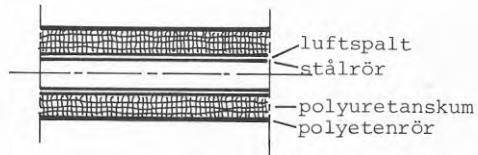
Olika sätt att modifiera program för framledningstemperatur

Fig. 2.2 Vanliga typer av fjärrvärmekulvertar

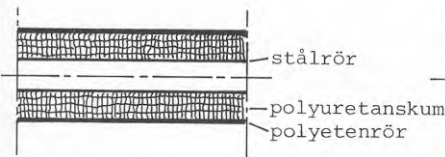
a. Betongkulvert med luftspalt:



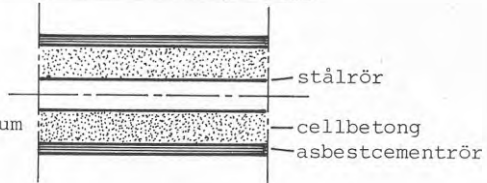
c. Hålrörskulvert:



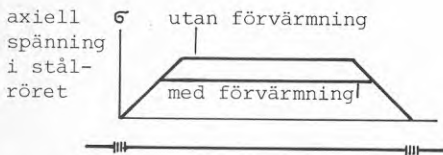
b. Direktskummad plaströrskulvert:



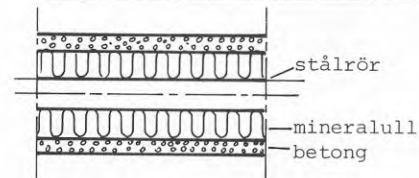
d. Asbestcementkulvert:



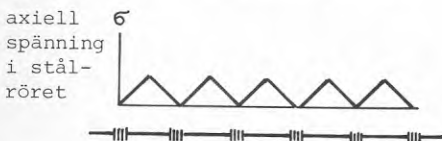
Friktionsfixerad förläggning:



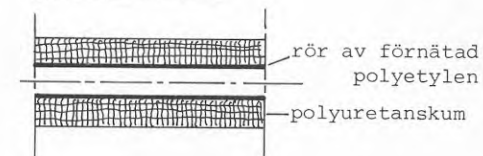
e. Betongkulvert utan luftspalt:



Friktionshämmande förläggning:



f. Plastkulvert:



ända ner till omgivningstemperaturen och luftspalten mellan betongskalet och mineralullsisoleringen bör normalt garantera att risken för kondensbildning på stålrörens utsida, med därav följande korrosionsproblem, är liten.

Däremot kan risken för sådan korrosion vara stor vid en sänkning av ledningstemperaturer i kulvertar utan luftspalt och med ett yttre hölje av betong eller asbestcement, i synnerhet om den yttre dräneringen är dålig (Fig. 2.2 d, e). Man kan inte räkna med att skalet är tätt, vilket betyder att dag- eller grundvatten kan tränga in till isoleringen och i denna transporteras in till stålröret. Någon allmän temperaturgräns går inte att specificera, men alla temperatursänkningar utgör för dessa ledningstyper ett riskmoment, speciellt om sänkningen utsträcks till långa perioder. Dessa kulvertkonstruktioner får numera betecknas som föråldrade, men de finns i stor utsträckning kvar i äldre nät.

I nyare ledningskonstruktioner finns flera sorters polymera material. Det yttre höljet (skyddsröret) kan vara av polyeten eller polyvinylchlorid (PVC) och isoleringen är ofta av polyurethan. Mediarör av plast (Fig. 2.2 f) brukar vara av förnätad polyeten. För alla dessa material gäller att vid de ledningstemperaturer som är aktuella, krypning kan uppträda vid mekanisk belastning. Är mediaröret av plast minskar livslängden snabbt vid temperaturer över 60°C på grund av det inre övertrycket [4]. Polyurethanskummet i direktskummade plaströrskulvertar tål högre temperaturer. I Tyskland, där man ofta har högre framledningstemperaturer än i Sverige, har denna kulverttyp ofta använts upp till 130°C, även om detta med säkerhet påverkat cellstrukturen. I ett nät har man t o m gått ännu högre i temperatur [5].

Generellt gäller för dessa polymera material att deras livslängd kan öka påtagligt vid sänkta ledningstemperaturer, i synnerhet i de fall då sänkt ledningstemperatur samtidigt innebär mindre mekanisk belastning på materialet. För direktskummade plaströrskulvertar utan förvärmning går tendensen entydigt i den riktningen. För friktionsfixerade ledningar med förvärmning kan sänkt ledningstemperatur under förvärmningstemperaturen visserligen innebära större tangentialspänningar i skummet, men tiden till krypbrott kan likväl öka på grund av lägre kryphastighet.

Även för stålrören i direktskummade plaströrskulvertar gäller att spänningsnivån generellt minskar vid lägre driftstemperaturer i system utan förvärmning men att den ökar vid temperatursänkningar under förvärmningstemperatur. Tänker man sig exempelvis att förvärmningstemperaturen valts till 95°C, medelvärdet mellan högsta driftstemperatur 120°C och lägsta temperatur 70°C, ger en driftstemperatur om 45°C vid fullständigt förhindrad sammandragning en nominell spänning om ca 100 N/mm². Detta är klart under sträckgränsen, men lokalt kan sträckgränsen likväl överskridas av flera anledningar.

Det inre övertrycket ökar visserligen spänningen men inte särskilt mycket. Exempelvis ger 10 bars övertryck en ringspänning om endast 27 N/mm² i ett stålrör med inre diameter 273 mm och 5 mm godstjocklek.

Böjspänningar kan uppstå dels vid sättningar i marken och dels till följd av axialkrafter i rör med avvinklingar (avvikelser från rätlinjig längsaxel). Storleken på dessa spänningar varierar från fall till fall [6] och kan ge ett avsevärt tillskott.

I böjar, avgreningar mm kan höga spänningskoncentrationsfaktorer föreligga och där kan man utan vidare få lokala överskridanden av flytgränsen i stålröret [7]. Enstaka överskridanden behöver inte vara farliga, men upprepade plastiska deformationer kan leda till utmattning, så kallad low-cycle fatigue.

Driftstemperaturer långt under förvärmningstemperaturen i direktskummade plaströrskulvertar behöver således inte i sig innebära en väsentlig reduktion av ledningarnas livslängd. Farligt är framförallt om en sådan sänkning kombineras med cykliska variationer i temperaturen, t ex dygnsvisa variationer till följd av nattsänkning hos abonnenterna. I nyare typer av nattsänkingsutrustning här man så kallad morgonvärmning i radiatorsystemen, dvs kraftigt höjd effekt tidigt på morgonen. Håller verket konstant framledningstemperatur kan detta medföra betydande variationer i returtemperaturen. Verket kan visserligen i viss mån möta effekttoppen på morgonen, men då fås även en cyklisk variation i framledningstemperaturen över dygnet.

Ännu farligare med hänsyn till risken för low-cycle fatigue kan vandrande temperaturfronter vara, se fig. 2.3. Dessa kan bli uppstå om man i ett nät med produktionsanläggningar på flera platser i nätet har olika utgående framledningstemperaturer. Där flöden med olika temperaturer möts, kan dessa fronter bildas. Deras läge fluktuerar med tillfälliga belastningsvariationer i nätet, varvid t ex en kraftigt belastad avgrening kan bli utsatt för många temperaturcykler inom ett dygn.

Vandrande temperaturfronter diskuteras närmare i avsnitt 8, där det även anges sätt att undvika dem i nät med differentierade nättemperaturer i olika delområden av nätet. Överhuvudtaget framstår uppgiften att finna metoder för undvikande eller reduktion av cykliska belastningar som viktig, när man modifierar temperaturprogrammen i nät med direktskummade plaströrskulvertar. De cykliska belastningarna kan vara farliga för mer än stålrören. En annan utsatt del av systemet är skyddsrörens samlingar. Vid cykliska belastningar finns risk att man i samlingarna kan få axiella förskjutningar, som efter hand leder till otätheter.

I ett nät med förvärmda, direktskummade plaströrskulvertar kunde man tänka sig att förvärma på nytt till en lägre förvärmningstemperatur, om man har för avsikt att sänka driftstemperaturen vid alla värmelaster, t ex enligt program C i fig. 2.1. Rören måste då friläggas, vilket är ett omfattande företag om det skall genomföras generellt för hela nätet. Istället kunde man begränsa ändringen till ledningar i anslutning till de mest utsatta delarna i systemet. Dessutom finns möjligheten att avlasta utvalda nätdelar genom att bygga in extra kompensatorer.

När det gäller att identifiera kritiska delar i nätet, bör man ägna avgreningar och deras konstruktion särskild uppmärksamhet. I ett arbete [5], som givits ut av den tyska fjärrvärmeorganisationen AGFW, kritiseras den vanligaste typen av avgrening, fig. 2.4. Med hjälp av mineralull eller dylikt utanför skyddsrören i avgreningen försöker man möjliggöra termisk expansion. Detta verkar antagligen enligt avsikten vid termisk expansion av det större röret, men vid expansion av det mindre röret är det risk att det större röret är för styvt, vilket får till följd att höga spänningar och stora plastiska deformationer uppstår i avgreningen.

temperatur

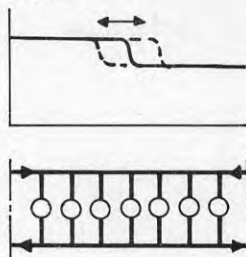


Fig. 2.3

Vandrande temperaturfront där motsatt riktade fjärrvärmeflöden möts.

Se även fig. 8.1.

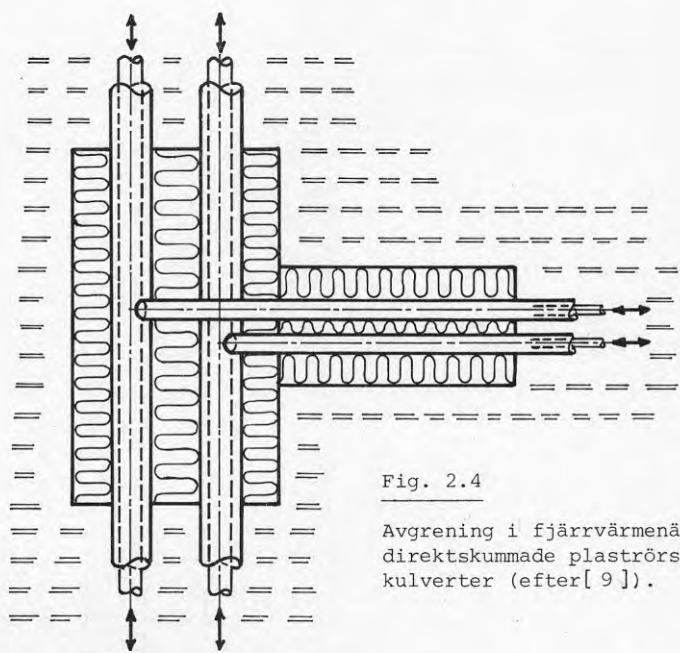
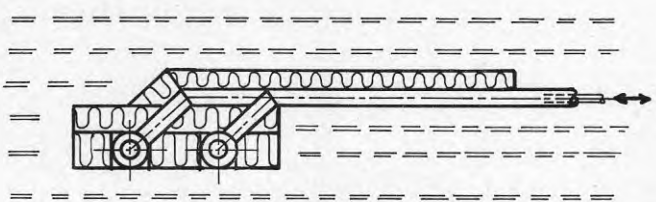


Fig. 2.4

Avgrening i fjärrvärmenät med direktskummade plaströrskulverter (efter [9]).



I den tyska skriften rekommenderas en konstruktion där avgreningsröret har en sträcka längs huvudröret före den vinkelräta avböjningen. Denna extra rörsträcka ger tillräcklig elasticitet för termisk expansion av avgreningsledningen. En annan möjlighet är att ha en kompensator på avgreningsledningen tillräckligt nära avgreningen.

3 VAL AV FRAMLEDNINGS- OCH RETURTEMPERATUR I ETT FJÄRRVÄRMENÄT

För flera typer av betydelsefulla värmeproduktionsanläggningar har valet av temperaturer i fjärrvärmenätet stor inverkan på anläggningarnas prestanda. I ett ångkraftvärmeverk är mottrycket bestämt av fjärrvärmetemperaturen, som därmed blir avgörande för utvunnen eleffekt. I en värmepumpsprocess bestäms kondenseringstrycket av nätets temperaturer, som då bestämmer hur stor elförbrukningen blir vid given värmeeffekt.

I kraftvärme- och värmepumpsprocesser med kondensering av mediet i ett enda steg är det i huvudsak utgående fjärrvärmetemperatur som avgör anläggningens prestanda. Vid kondensering i flera steg, vilket är termodynamiskt bättre, blir både in- och utgående fjärrvärmetemperatur av direkt betydelse för anläggningens prestanda. Även vid processer med kondensering i ett steg är returtemperaturerna i nätet dock betydelsefull, bland annat därför att skillnaden mellan framlednings- och returtemperatur är avgörande för hur stort flödet i nätet blir.

Det är således viktigt att man i ett nät väljer lämpliga framlednings- och returtemperaturer anpassade efter värmelasten. Dessa parametrar kan påverkas på många sätt vid val av systemreglering och vid val av dimensionerande parametrar i värmeväxlare mm. Fig. 3.1 illustrerar några karakteristiska valsituationer.

I figuren är abonnentanläggningarna indirekt anslutna med parallellkopplade värmeväxlare för radiator- och tappvarmvatten. För värmeproduktionen finns två seriekopplade anläggningar. Den ena av dessa är en grundlastanläggning, antingen elproducerande (kraftvärmeverk) eller elförbrukande (värmepump). Den andra anläggningen, som endast tas i anspråk i andra hand, är en hetvattenpanna. När båda anläggningarna är i drift värms fjärrvärmevattnet först i grundlastanläggningen, som därvid alltid arbetar mot så låga fjärrvärmetemperaturer som möjligt.

Om man (fall A) för given värmelast sänker framledningstemperaturen kommer normalt returtemperaturen att gå upp något och flödet ökar. Nettoeffekten av de motsatt riktade temperaturförändringarna kan vara positiv eller negativ för grundlastenhetens prestanda, beroende på hur denna är inkopplad på nätet. Ju mindre del av den totala uppvärmningen som sker i grundlastenheten och ju flera steg det finns för fjärrvärmevattnets uppvärmning i grundlastenheten, desto större roll spelar förändringar i returtemperaturen. Har man exempelvis en värmepump som ger endast ett marginellt tillskott till den totala värmeproduktionen, kan elförbrukningen öka även om sänkningen i framledningstemperatur är väsentligt större än uppgången i returtemperaturen.

I andra fall, då grundlastenheten producerar en större del av värmeeffekten, kan en sänkning av framledningstemperaturen vid given värmelast vara högst önskvärd. Emellertid ökar tryckfallen i nätet snabbt med det ökande flödet och gränser för högsta och lägsta tryck kan då komma att begränsa möjlig sänkning av framledningstemperaturen. Av denna anledning är det en angelägen uppgift att undersöka hur givna tryckgränser kan utnyttjas optimalt och hur gränserna kan påverkas med tekniska ingrepp. Dessa spörsmål behandlas i följande avsnitt.

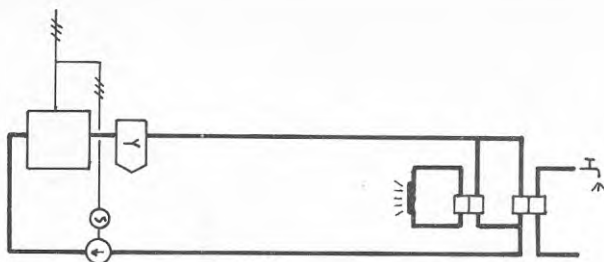
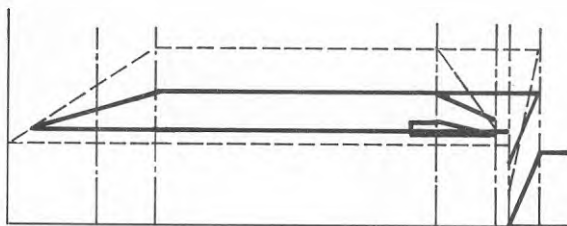


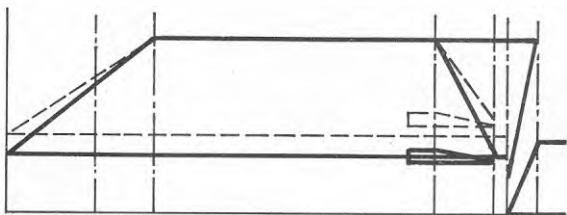
Fig. 3.1

Olika sätt att
variera nät-
temperaturer vid
given värmelast



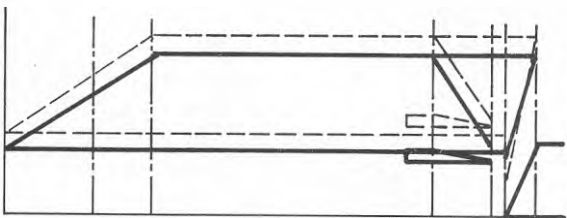
Fall A

Större nätflöde



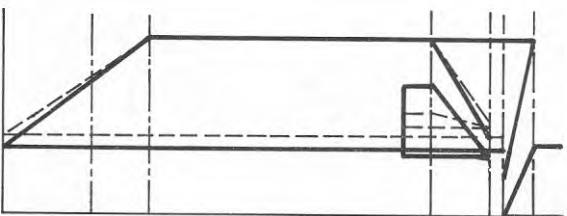
Fall B

Större radiatoryta,
sänkning av nätets
returtemperatur
enbart



Fall C

Större radiatoryta,
sänkning av både
framlednings- och
returtemperatur i
nätet



Fall D

Minskning av
radiatorflöde

En förstoring av radiatorytorna hos abonnenterna kan t ex utnyttjas (fall B) uteslutande för att sänka returtemperaturen så mycket som möjligt eller (fall C) för en sänkning av både framlednings- och returtemperaturen. Produktionsapparatens sammansättning bestämmer vilken fördelning av sänkningen på framlednings- och returtemperatur som i konkreta fall blir optimal.

Fall D visar ännu en variant av ändrat driftsätt för fjärrvärmenätet vid given värmelast. Genom att minska radiatorflödet kan man sänka returtemperaturen i radiatorkretsen. Ifall radiatorvärmeväxlaren (mellan radiator- och fjärrvärmekrets) inte är för liten och om flödesminskningen på sekundärsidan inte försämrar värmegenomgångstalet för radiatorväxlaren för mycket, kan denna temperatursänkning även leda till en sänkning av returtemperaturen i fjärrvärmenätet. Kombinerad minskningen av radiatorflödet med större radiatoryta, kan en ännu större sänkning av returtemperaturen i fjärrvärmenätet erhållas. Detta kan vara intressant t ex då värmepumpar är inkopplade på nätets returledning.

4 GRÄNSER FÖR TRYCKET I ETT FJÄRRVÄRMESYSTEM

För trycket finns tre typer av gränser:

- högsta tillåtna tryck
- lägsta tillåtna tryck
- minsta tillåtna differenstryck mellan fram- och returledning

Högsta tillåtna tryck

Ett fjärrvärmesystem är dimensionerat för ett visst maximalt tryck enligt rörledningsnormen, dvs systemets så kallade tryckklass. Enstaka komponenter kan vara godkända för högre tryck. Svenska fjärrvärmesystem har normalt tryckklass 16 bar. Det är olagligt att avsiktligt konstruera systemet på så sätt att denna gräns överskrids. I praktiken får man dock vara förberedd på att detta likväl kan inträffa i haverifall. I synnerhet vid trycktransienter kan det vara svårt att gardera sig med 100% säkerhet.

Även om alla komponenter i ett system är garanterade för ett visst tryck kan det vara lämpligt att operera med en lägre gräns för det maximala trycket. Ett motiv till detta kan vara att läckage i packningar minskar vid lägre systemtryck.

En annan orsak kan vara att man vet, eller befarar, att det i systemet finns rörledningar som försvagats av korrosionsangrepp. Genom att sänka trycket kan man minska risken att tunnväggiga sektioner brister. I längden kan man naturligtvis på det sättet inte undvika brott, men man kan kanske påtagligt minska risken att större haverier skall inträffa just när värmelasten är maximal. Genom att provtrycka systemet med tillfälligt högre tryck kan man istället provocera fram de oundvikliga brotten sommartid.

I system med direktskummade plaströrskulvertar kan man argumentera för att lokal plastisk deformation av stålrören kan minska något genom val av lägre systemtryck med åtföljande mindre risk för utmattningsbrott (low-cycle fatigue). Enligt von Mises' spänningshypotes är skillnaden mellan huvudspänningar (räknade med tecken) avgörande för när flytning inträffar. I det aktuella fallet är det skillnaden mellan den axiella spänningen i stålröret på grund av förhindrad värmeutvidgning och den periferella dragspänningen på grund av inre övertryck som ger bidrag till jämförelsespänningen. Vid maximal vattentemperatur är den axiella spänningen en tryckspänning vid sitt högsta värde, dvs en spänning med motsatt tecken som den periferella dragspänningen. Emellertid är den axiella spänningen normalt numeriskt väsentligt större än den periferella spänningen, varför den minskning av jämförelsespänningen som uppnås genom att välja lägre systemtryck blir liten.

Lägsta tillåtna tryck

Ingenstans i systemet får trycket bli så lågt att kokning uppträder. Man får således se till att man överallt har ett högre vattentryck än ångbildningstrycket vid rådande vattentemperatur. Eftersom fjärrvärmevatten kan innehålla lösta gaser (bl a CO₂), kan man få tvåfasfenomen även vid högre tryck. Av denna anledning måste man operera med ett ångbildningstryck som är förhöjt med hänsyn till möjlig mängd lösta gaser i vattnet.

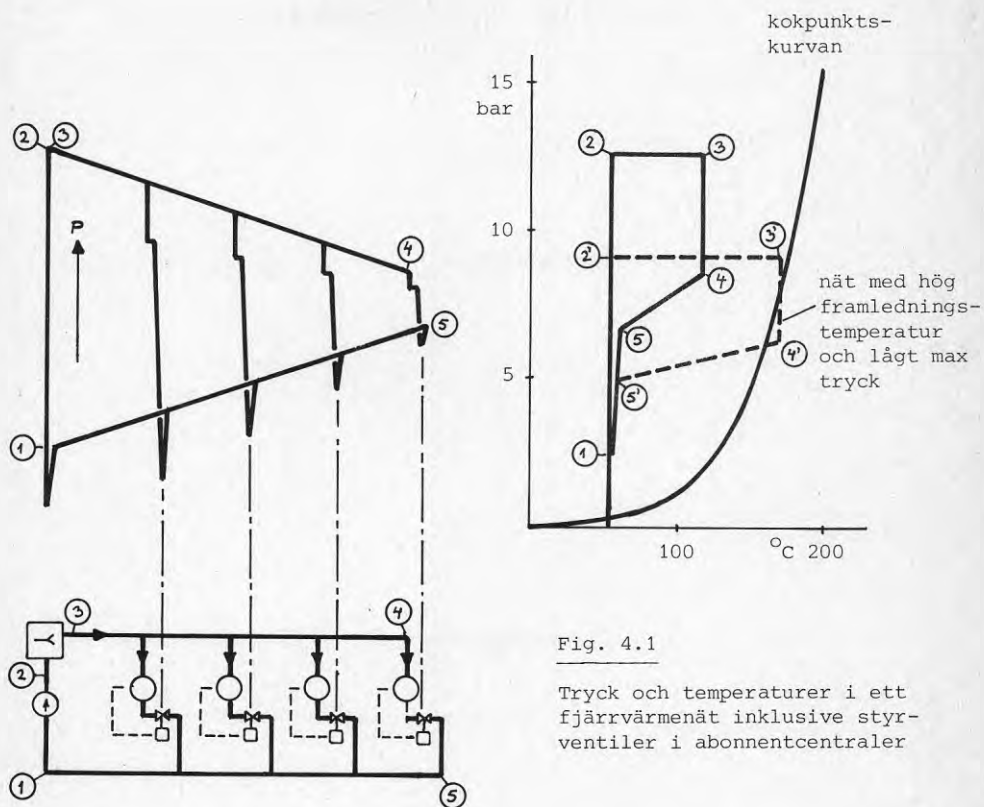


Fig. 4.1

Tryck och temperaturer i ett fjärrvärmenät inklusive styrventiler i abonnentcentraler

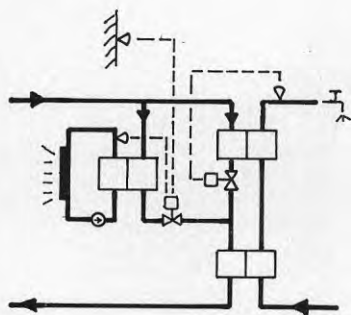


Fig. 4.2

Abbonentcentral med tvåstegskoppling, styrventiler på "kalla sidan" av parallellkopplade värmewäxlare

Fig. 4.1 ger en principiell bild av vattentemperaturer och -tryck i ett fjärrvärmesystems rörledningar. De visade tillstånden får betraktas som genomsnittliga tillstånd under stationär drift. Individuella belastningsvariationer i olika nätdelar, liksom instationära driftfall till följd av snabb belastningsändring eller andra störningar, kan ge avvikelser från det genomsnittliga. Vid dimensioneringen måste man lägga in säkerhetsmarginaler som tar hänsyn till detta.

Ett absolut villkor för säker drift är att ingen ångbildning inträffar i någon ledning. Av figuren ser man att det för svenska nät, med normalt max. 120°C och 16 bar, vanligtvis är det lägsta trycket i returledningarna som är avgörande för kokningsrisken. I system med tillräckligt hög framledningstemperatur i kombination med relativt lågt systemtryck är det dock möjligt att få kokning i framledningarna utan att ångbildningstrycket underskrids i returledningarna.

För att störningsfri drift skall erhållas måste man även beakta de lokala undertryck som uppstår i inlopp till pumpar och i abonnentcentralernas styrventiler. Ifall dessa undertryck medför att kokpunktne underskrids får man kavitation, dvs lokal ångbildning med efterföljande kondensation vid tryckstegring. För systemets cirkulationspump kan kavitation betyda nedsatt kapacitet med åtföljande generell störning av nätets drift. Kavitation i en enstaka styrventil behöver inte medföra störd drift för andra abonnentcentraler än den drabbade men är likväl oönskad, eftersom den ger ökad ventilmöjlighet och buller.

Från ventilmöjlighet vet man att den största trycksänkningen som inträffar i den minsta sektionen i ventilen (s k vena contracta) utgör en viss procentdel av det totala tryckfallet över ventilen någorlunda oberoende av massflödet så länge kavitation ej stör strömningsbilden. Den lokala trycksänkningen utgör normalt en nästan lika stor del av differensstrycket över hela abonnentcentralen, eftersom stabil reglering av en abonnentcentral fordrar att tryckfallet över ventilen är väsentligt större än tryckfallet över värmeväxlaren. Härav följer att den största lokala trycksänkningen fås i den abonnentcentral som är utsatt för det största differensstrycket i nätet. I regel är det samtidigt den abonnentcentral som har det lägsta trycket i returledningen.

Ett förhållande som ytterligare kan öka risken för kavitation i styrventilerna är att vattentemperaturen i en ventil kan överstiga den genomsnittliga returtemperaturen i nätet. Normalt bör man, om möjligt, placera styrventilen på den "kalla" sidan av den värmeväxlare som skall regleras, dels därför att detta minskar kavitationsrisken, dels därför att detta minskar den termiska belastningen på ventilpackningar. Men i abonnentcentralkopplingar med ett gemensamt förvärmarsteg för primärflöden till radiatorväxlare och varmvattenväxlare, t ex tvåstegskoppling, fig. 4.2, ligger styrventilerna på den "varma" sidan av förvärmaren. Detta ger en temperaturhöjning i styrventilerna, en höjning som varierar med abonnentcentralens belastning. Vid liten avkylning av primärvattnet genom eftervärmaren för tappvarmvatten kan vattentemperaturen i styrventilen i serie med denna växlare närma sig framledningstemperaturen.

Ibland placeras styrventiler på den varma sidan av värmeväxlarna och då har man särskilt besvärliga förhållanden. Sådan placering

kan ha skett utan närmare eftertanke. Äldre VVF-rekommendationer visade en sådan placering [8]. Det finns abonnentcentraler med plattvärmväxlare, där för- och eftervärmare för tappvarmvatten är sammanbyggda, så att man inte får plats med en strypventil mellan de båda stegen. Då måste styrventilen för reglering av värme till tappvarmvatten placeras på den varma sidan.

Rundgångar är avsiktliga kortslutningar mellan fram- och returledning i ett fjärrvärmenät. De används ibland för att säkerställa ett minimiflöde i framledningar, där risk för kraftig avkylning på grund av värmeförlust kan föreligga. Med hänsyn till risk för kavitation i ventilerna i rundgångar är det ogynnsamt att flödet i dessa är okylt. Dock bör rundgångar normalt inte finnas vid låga returledningstryck nära cirkulationspumpen. Rundgångar med sådan placering kan vara en reminiscens från en tid då nätet var mindre och bör kunna elimineras.

Slutligen kan noteras att det är tänkbart att kavitation kan uppkomma inuti värmväxlare när det finns styrventiler på den kalla sidan. Avkylningen av primärvattnet i värmväxlaren är emellertid snabb i början av avkylningsförloppet, varför denna kavitationsrisk i allmänhet torde vara minimal.

Minsta tillåtna differenstryck

Det har redan nämnts att tryckfallet över styrventilen måste vara väsentligt större än tryckfallet över den seriekopplade värmväxlaren för att tillfredsställande reglering skall erhållas. Detta kan förklaras på följande sätt: För konstant framledningstemperatur kan man öka uttagen värmeeffekt i en värmväxlare genom att öka primärflödet. Sambandet mellan flöde och värmeeffekt är starkt olinjärt, dvs ju större effekt desto större flödesändring krävs det för att åstadkomma en given effekttökning. Denna olinjäritet kan i viss mån kompenseras med en olinjär ventilkarakteristik. Men om tryckfallet över värmväxlaren inte är litet i förhållande till tryckfallet över ventilen, så betyder en flödesökning vid konstant totalt differenstryck att tryckfallet över ventilen minskar. Detta accentuerar olinjäriteten och kan försvåra regleringen så mycket att det inte går att kompensera tillräckligt med hjälp av olinjär ventilkarakteristik. Man kräver således att det nämnda förhållandet mellan nämnda tryckfall, den så kallade ventilauktoriteten, skall vara tillräckligt stort eller minst 1:5.

Med vanliga tryckfall över värmväxlare leder detta till ett krav på ett minsta differenstryck om ca 1 bar. Differenstrycket kan reduceras något om man har förrådsberedare för tappvarmvatten, eftersom detta i jämförelse med genomströmningsberedare reducerar den maximala värmelasten från en abonnent.

En frågeställning som inte har undersökts tillräckligt är för vilka tryckfall en värmväxlare i en abonnentcentral bör dimensioneras. Genom att variera tvärsnittsarean för primärflödet kan tryckfallet och värmeövergångstalet förändras för konstant värmeöverföringsyta. I modellberäkningar har det visats [10] att det finns ett optimalt värde på tryckfallet.

5 ÅTGÄRDER SOM SYFTAR TILL ATT FLYTTA GRÄNSEN FÖR KAVITATION I STYRVENTILER

Eftersom en ökning av flödet i ett fjärrvärmenät kan medföra kavitation i abonnentcentralernas styrventiler, kan åtgärder som flyttar gränsen för sådan kavitation ingå i ett åtgärdspaket som syftar till att sänka framledningstemperaturen, eventuellt i kombination med en sänkning av returtemperaturen, dvs förbättring av värmeövergången i radiatorer, värmeväxlare i abonnentcentraler, etc.

Kavitationsrisken är i första hand aktuell

- där det finns styrventiler på abonnentcentralernas "varma" sida, dvs styrventiler som är utsatta för framledningstemperaturen. Även om en sänkning av framledningstemperaturen medför att vatt-nets förångningstemperatur blir lägre, kan kavitationsrisken därvid öka, eftersom man får en ökning av differenstrycket över abonnentcentralen.
- för styrventiler i abonnentcentraler med lägsta returledningsstryck. Ifall geodetiska höjdskillnader finns utmed nätet bör man observera att den mest kritiska punkten i nätet kan vara ett ställe som vid moderat nätflöde har högre returledningstryck än högre belägna punkter i nättopografin.

En enkel åtgärd som kan flytta kavitationsgränsen är flyttning av styrventiler från den varma till den kalla sidan av en värmeväxlare. Eftersom man tidigare inte alltid var lika uppmärksam på kavitationsrisken, måste man räkna med att sådana fall kan finnas i äldre fjärrvärmenät, där man inte gått igenom styrventilernas placering systematiskt.

På marknaden finns speciella styrventiler för höga differenstryck. I dessa ventiler fördelas tryckfallet över två eller flera trycksänkingssteg, varvid den lokala trycksänkningen i vena contracta blir mindre än vid ett enda trycksänkingssteg i en enkel styrventil. Dessa specialventiler betingar naturligtvis ett högre inköpspris.

Ett annat sätt att åstadkomma en uppdelning av tryckfallet är att montera in en extra ventil, t ex på den kalla sidan av förvärmaren i en tvåstegs-koppling, se fig. 5.1. Därvid uppnår man en höjning av trycket både i styrventilen för radiatorkretsen och i ventilen för tappvarmvattenkretsen. Dessutom är det ur kavitationssynpunkt gynnsamt att denna extra ventil, som är utsatt för lågt tryck, arbetar vid en lägre temperatur än de båda styrventilerna.

Enklast och billigaste är att låta denna extra ventil vara en handmanövrerad strypventil, vars läge vid översyn av abonnentcentralen kan justeras med hänsyn till aktuellt differenstryck. I en sådan ventil kan man dock inte utan risk att äventyra stabil och säker funktion hos styrventilerna strypa bort en för stor del av differenstrycket över abonnentcentralen. Strypventilen kommer nämligen - i likhet med värmeväxlarna - att reagera som en fast strypning vid förändringar i värmelasten, dvs tryckfallet ökar kraftigt med primärflödet, vilket samtidigt minskar tryckfallet över styrventilerna vid konstant differenstryck över abonnentcentralen,

En annan möjlighet är att som extra ventil i abonnentcentralen installera en differenstrycksregulator, dvs en ventil som håller dif-

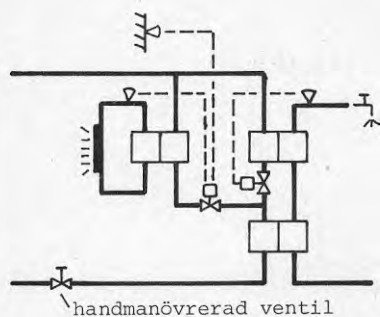


Fig. 5.1

Handmanövrerad strypventil
i abonnentcentral

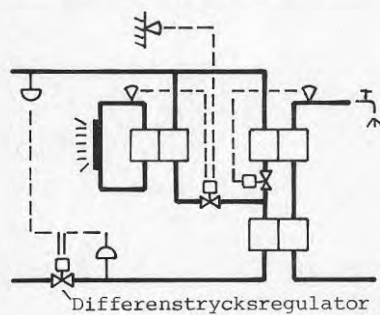


Fig. 5.2

Differenstrycksregulator
i abonnentcentral

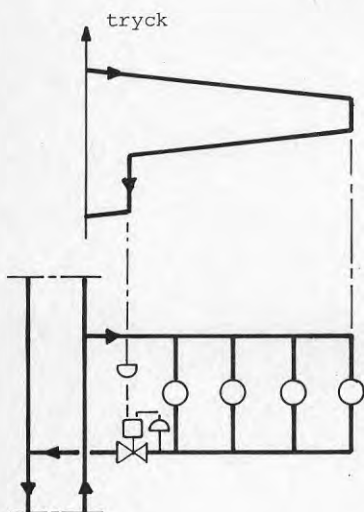


Fig. 5.3

Differenstrycksregulator i
sidogren, konstanthållning
av differenstrycket i in-
loppet

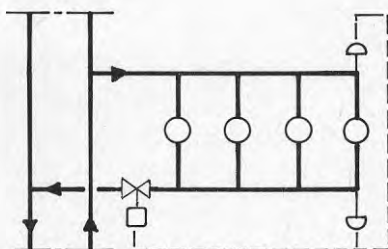


Fig. 5.4

Differenstrycksregulator i
sidogren, konstanthållning
av differenstrycket i änd-
punkten

ferenstrycket konstant över abonnentcentralen genom att ändra sitt läge efter uppmätt differenstryck, se fig. 5.2. I en sådan ventil kan man strypa bort en större del av det totala tryckfallet än i en handmanövrerad ventil, eftersom tryckfallet över differenstrycksregulatorn inte ökar utan tvärtom minskar vid större primärflöde till abonnentcentralen.

Differenstrycksregulatorer är väsentligt dyrare än enkla handmanövrerade strypventiler, men de är fördelaktiga ur flera synpunkter. De underlättar styrventilernas reglerfunktion genom att skydda dessa mot varierande differenstryck, t ex till följd av tillfälliga lastvariationer hos näraliggande abonnenter. I nät där flödesmatningen sker från olika håll vid olika lastfall, kan differenstrycket mellan fram- och returledning för en abonnentcentral variera kraftigt. Styrventilerna kan utan differenstrycksreglering i stor utsträckning kompensera för detta genom att ändra ventilläge, men även om de väljs med omsorg kan det vara svårt att undvika att de i vissa lastfall kommer att arbeta långt från området för bästa reglernoggrannhet och -stabilitet.

I nät där utbyggnad pågått under många år, ser man ofta att styrventiler, som ursprungligen dimensionerats efter låga differenstryck, får arbeta vid höga differenstryck. Efterhand som nätet växer måste nämligen differenstrycket nära cirkulationspumpen ökas. Dessa styrventiler tvingas då att arbeta med allt mindre ventilöppning, detta för att kompensera för större differenstryck. Installerar man nu differenstrycksregulatorer kan man åter minska differenstrycket över styrventilerna med bättre reglering till följd.

Det är idag ovanligt att man i Sverige installerar differenstrycksregulatorer i abonnentcentraler. I Tyskland, där man traditionellt accepterat högre installationskostnader för fjärrvärme, finns de däremot i stor utsträckning. En något billigare lösning som praktiserats i Sverige är att ha differenstrycksregulatorer i inloppet till grenar med höga differenstryck. Sådana ventiler kan vara inställda på att antingen hålla differenstrycket i grenens inlopp konstant (fig 5.3), eller att hålla differenstrycket i dess ändpunkt konstant (fig 5.4). I synnerhet för kortare grenar, där differenstrycket inte varierar så kraftigt längs grenen, kan denna lösning vara en utmärkt kompromiss mellan önskemålet om reducerade tryckfall över styrventilerna och kravet på moderata installationskostnader.

Med för långa grenar med stor variation i differenstrycket från inloppet till ändpunkterna kan man inte tillåta någon stor reduktion av tryckfallet i en gemensam differenstrycksregulator. Istället för att förse samtliga abonnenter i grenen med differenstrycksregulator kan dessa monteras in hos abonnenter med differenstryck över ett visst värde.

En fördel med att ha differenstrycksregulatorer hos alla abonnenter är att de kan utnyttjas för effektbegränsning, se nästa avsnitt.

6 FÖRBÄTTRAD REGLERING AV NÄTTRYCK

Genom att välja ett mer sofistikerat reglersystem för ett fjärrvärmenät kan man, som vi skall visa nedan, öka säkerheten i övervakningen av de tidigare diskuterade tre gränsvillkoren för nättryck: Maximalt tryck i framledningen, minimalt tryck i returledningen och minimalt differenstryck mellan fram- och returledningar. Därvid blir det möjligt att minska säkerhetsmarginalen vid val av framledningstemperatur med bibehållen driftsäkerhet, dvs det mera sofistikerade reglersystemet kan ge ett bidrag till sänkning av framledningstemperaturen.

Fig 6.1 visar först en enkel typ av nätreglering. Utgående framledningstemperatur regleras efter utelufttemperaturen enligt ett fastlagt temperaturprogram genom att uppmätt framledningstemperatur återkopplas till regleringen av effekten från produktionsanläggningen. Ett tryckhållningssystem fixerar vattentrycket före cirkulationspumpen, t ex genom tillförsel av ånga från produktionsanläggningen till ett tryckhållningskärl. Cirkulationspumpens varvtal regleras så att differenstrycket i nätperiferin hålls konstant så länge trycket i framledningen efter cirkulationspumpen inte uppgår till maximalt tillåtet värde. Normalt skall framledningstemperaturen vara så hög att detta villkor är uppfyllt, men snabba lastökningar kan (i synnerhet om nätet har stor utbredning) medföra att maximalt framledningstryck inträffar. I så fall sätts regleringen av differenstrycket ur funktion och varvtalet för pumpen styrs istället så att framledningstrycket hålls på det maximala värdet. Under tiden kan värmeleveranser till abonnenter i nätperiferin minska, men själva nätet förblir intakt.

Istället för att låta tryckhållningssystemet fixera nätets lägsta tryck kan man fixera det högsta trycket och övervaka det lägsta trycket. Ytterligare en variant är att dela upp tryckhöjningen på två cirkulationspumpar och fixera trycket mellan dem. Genom att variera förhållandet mellan de båda stegens tryckhöjning kan man säkra att maximalt och minimalt tryck innehålls och att skillnaden mellan de båda gränstrycken kan utnyttjas maximalt när det är önskvärt.

I praktiken inträffar det ofta att det differenstryck som mäts inte är nätets minsta differenstryck. Under nätets utbyggnad förflyttas nämligen punkten för minsta differenstryck ständigt utåt från cirkulationspumpen och kan t o m plötsligt ligga i en helt ny riktning från pumpen sett, beroende på i vilken takt de olika grenarna av nätet byggs ut. Att ständigt behöva flytta differenstrycksmätningen och dra kablage till mätpunkten kan då vara omständligt. Är man inte säker på att man mäter det lägsta differenstrycket, måste man lägga på en säkerhetsmarginal vid fastställandet av detta, vilket kan betyda att det faktiska lägsta differenstrycket blir onödigt högt. Därför bör man åtminstone i ett utbyggt nät verka för att differenstrycksregistreringen flyttas så nära nätperiferin som möjligt.

En annan svårighet är att extremtryckens lokalisering kan variera med nätets tillfälliga belastning, dvs punkten för minsta differenstryck kan växla från en gren till en annan, beroende på vilken gren som för tillfället är hårdast belastad. I ett nät med geodetiska höjdskillnader behöver det maximala och det minimala trycket inte vara lokaliserade till cirkulationspumpen. Det högsta trycket kan finnas i en lågt belägen punkt och det lägsta trycket i nätet

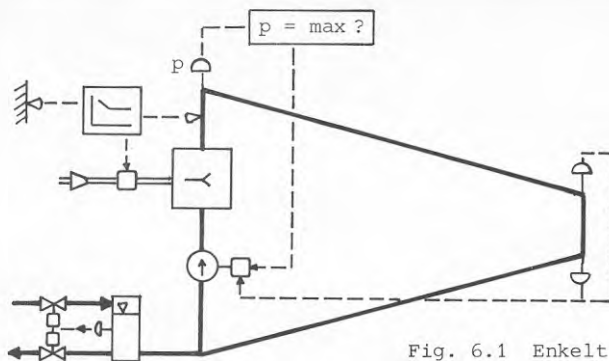


Fig. 6.1 Enkelt regelsystem

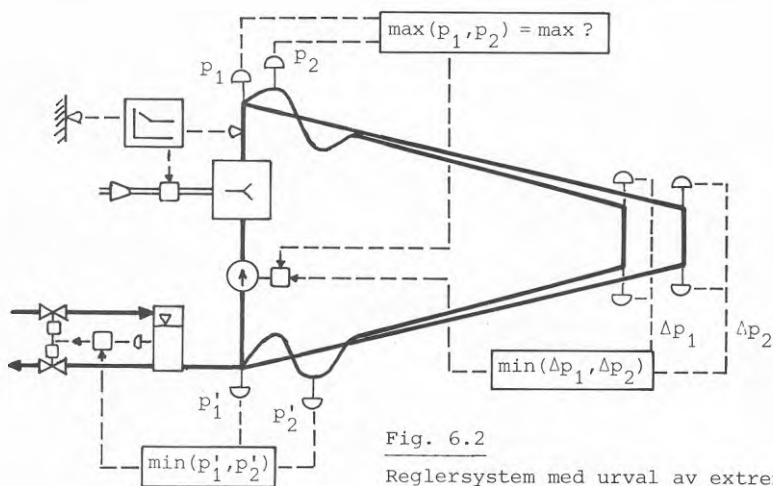


Fig. 6.2

Reglersystem med urval av extremtryck

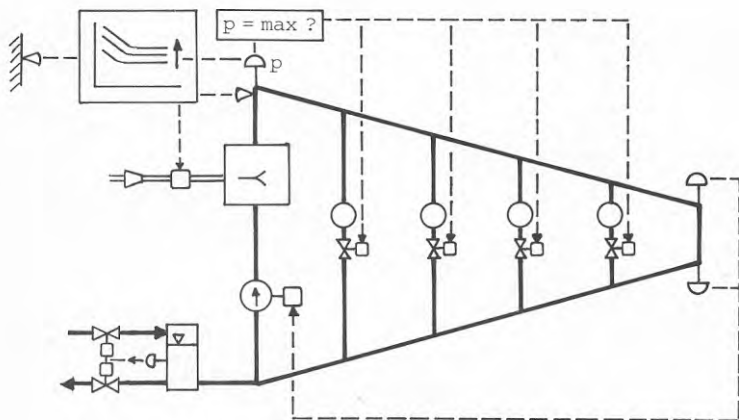


Fig. 6.3

Reglersystem med centraliserad effektbegränsning och med adaptiv inställning av styrkurva för framledningstemperatur

på toppen av en kulle. Om värmelasten ökar kan extrempunkterna vandra utmed nätet i riktning mot cirkulationspumpen.

I nät där extrempunkter på dessa sätt förflyttas med värmelasten kan man förbättra regleringen genom att för varje typ av extremtryck ha mätning i flera av de punkter där extremtrycket kan uppträda, se fig 6.2. Genom att skjuta in automatiska max- och min-värdebestämningar i registreringarna kan man se till att regleringen hela tiden sker på basis av bästa möjliga mätning av extremvärden.

En nackdel med reglersystemet i fig 6.2 är att tryckhållningen tvingas reglera in ett varierande tryck för cirkulationspumpen vid vandrande ministryck i nätet. Tryckhållningen är mer eller mindre trög, vilket kan ge en eftersläpning i regleringen av minimalt nättryck. Genom att istället välja den tidigare nämnda utformningen av reglersystemet med tryckhållning mellan två tryckhöjningssteg för cirkulationspumpen och reglering av förhållandet mellan de båda tryckhöjningarna kan detta tröghetsproblem undvikas.

En annan nackdel, som gäller för både det enkla reglersystemet i fig 6.1 och den mera sofistikerade utformningen i fig 6.2 är att eventuell flödesbrist i nätet ensidigt drabbar abonnenter med lågt differenstryck, dvs abonnenter i nätperiferin. Där tillräckligt differenstryck kan upprätthållas inträffar ingen flödesbrist alls.

Ett sätt att undvika detta problem är att installera ett centraliserat effektbegränsningssystem, där effektuttaget från alla abonnenter kan begränsas tillfälligt med hjälp av en styrsignal som, t ex via telenätet, skickas ut från produktionscentralen. Effektbegränsningssystem är för närvarande föremål för stort intresse och har på försök provats med gott resultat, även om det än så länge måste betecknas som en kostsam metod. Det är dock inte orimligt att tro att den tekniska utvecklingen efter hand medför att centraliserad effektbegränsning blir standardutrustning i fjärrvärmenät.

Effektbegränsningssystem kan utnyttjas för flera syften. Nära till hands ligger bland annat jämn fördelning av effektbrist över abonnentkollektivet vid extremkyla och kontrollerad effektupbyggnad efter nauthaveri. Här föreslås (se fig 6.3) att ett sådant system utnyttjas för att "pressa" framledningstemperaturen så lågt som möjligt i lastintervall, där detta är driftsekoniskt önskvärt. Väljer man tillräckligt låg framledningstemperatur i ett nät finns risken - även vid lägre värmelaster - att maximalt tillåtet flöde (med hänsyn till tryckgränser) inte räcker till vid en snabb lastökning. Skulle denna situation inträffa är den inte så allvarlig om man med hjälp av ett centraliserat kommunikationssystem tillfälligt kan begränsa primärflödet något i alla abonnentcentraler, utom i speciellt prioriterade (t ex sjukhus). Därmed kan ett sådant system möjliggöra en sänkning av framledningstemperaturen utöver den som andra åtgärder kan medföra.

Effektbegränsningen kan ske genom signaler till styrventilernas reglercentraler eller till särskilda flödesbegränsningsventiler, vilka under normal drift kan tjänstgöra som differenstrycksregulatorer (se avsnitt 5). I fig 6.3 konstateras flödesbristen genom registrering av det maximala trycket i systemet. När detta uppgår till det högsta tillåtna värdet, aktiveras effektbegränsningssystemet. I motsats till tidigare varianter för reglersystemet fortsätter differenstryckhållningen utan avbrott.

Fig 6.3 antyder ännu en reglerteknisk finess, som här är kombinerad med den centraliserade effektbegränsningen men som inte förutsätter denna, nämligen att mätningen av maximalt nättryck utnyttjas för adaptiv systemreglering: Istället för att framledningstemperaturen styrs efter en enda (manuellt justerbar) kurva som funktion av utelufttemperaturen, justeras kurvan automatiskt på så sätt att det maximala nättrycket efter hand kommer att fluktuera kring ett värde som är så högt som möjligt (motsvarande så låg framledningstemperatur som möjligt), men dock inte högre än att effektbegränsningssystemet endast behöver träda i funktion med acceptabelt låg frekvens.

7 NÄTFÖRSTÄRKNING OCH TRYCKHÖJNINGSPUMPAR

Beprövade sätt att minska differenstrycket i ett fjärrvärmenät är att öka genomströmningsarean i rörledningarna och att introducera tryckhöjningspumpar på utvalda punkter av nätet. Dessa åtgärder kan aktualiseras av en planerad sänkning av framledningstemperaturen, eftersom en sådan sänkning normalt medför större differens-tryck för given värmeeffekt.

I fig 7.1 visas schematiskt konsekvenserna av nätförstärkning och introduktion av tryckhöjningspumpar, där dessa åtgärder har vidtagits för både fram- och returledningarna. Efter modifikationerna ökas flödet så att det maximala differenstrycket är oförändrat.

Vid dimensionering av ett fjärrvärmenäts olika ledningar är det normalt att eftersträva ett ungefär konstant tryckfall per meter ledning, oberoende av rördiametern, ett förhållande som i figuren antagits föreligga före modifikationernas införande. Enligt detta kriterium får man ökande strömningshastighet med större rördiameter.

I figuren har det förutsatts att nätförstärkningen koncentrerats till de större ledningarna. Detta ger störst utdelning i form av reducerat tryckfall per enhet investerat kapital. Det är dessutom fördelaktigt ur förlustsynpunkt. På grund av ogynnsamt förhållande mellan mantelyta och genomströmningsarea för de klena rören har dessa nämligen relativt stor värmeförluster och nätet totala värmeförlust är koncentrerad till dessa rör. Ledningsförstärkning för de grövre rören ökar därför inte den totala värmeförlusten särskilt mycket. Genom att förstärkningen möjliggör en sänkning av framledningstemperaturen, kan nettoeffekten till och med bli mindre värmeförlust.

Även för tryckhöjningspumpar kan man göra en cost-benefit betraktelse: En uppdelning av det totala tryckfallet i nätet (som i figuren) kräver endast 2 x 1 tryckhöjning (2 x på grund av pump i både fram- och returledning). Flera uppdelningar kräver däremot ett exponentiellt stigande antal pumpar, vilket blir proportionerligt dyrare. Dessutom ökar risken för driftstörningar med antalet pumpar.

Innan man genomför modifikationer som ändrar strömningshastigheterna i ledningarna bör man bedöma om detta kan medföra tekniska problem. Således kan högre strömningshastighet medföra erosion och ökat strömningbuller, det sistnämnda är särskilt känsligt i servisledningarna nära abonnenterna. Mycket låga strömningshastigheter kan i grova, dåligt isolerade ledningar medföra temperaturskiktning.

Nätförstärkningar kan utföras genom att man byter ut befintliga ledningar mot grövre dimensioner, genom att man lägger en extra ledning parallellt med den ursprungliga eller genom att man lägger till ledningar på nya ställen. I äldre nät, där en del ledningar kan ha tveksam teknisk status, behöver man i alla fall byta ut dessa efter hand och kan då passa på att välja större dimensioner.

Även om man inte har för avsikt att sänka framledningstemperaturen i ett nät behöver man som ett led i den kontinuerliga utbyggnaden förstärka grövre ledningar på olika sätt, såsom det fingerade exemplet i fig 7.2 illustrerar:

Fig. 7.1 Införande av nätförstärkning och tryckhöjningspumpar

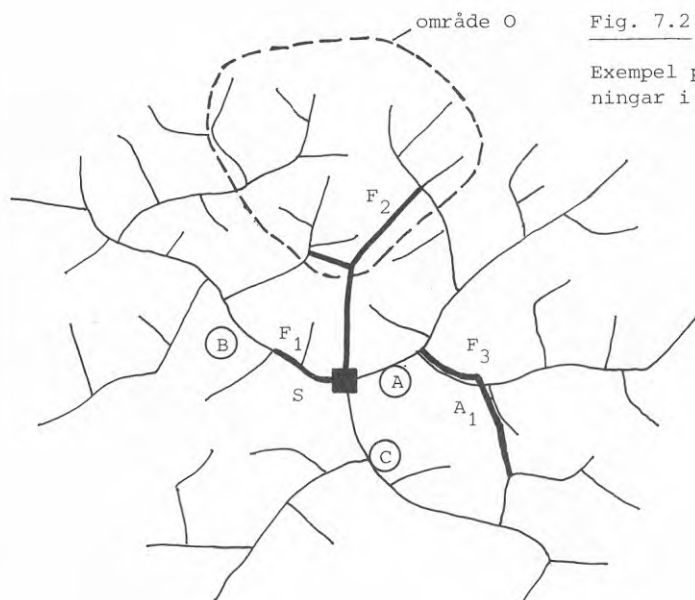
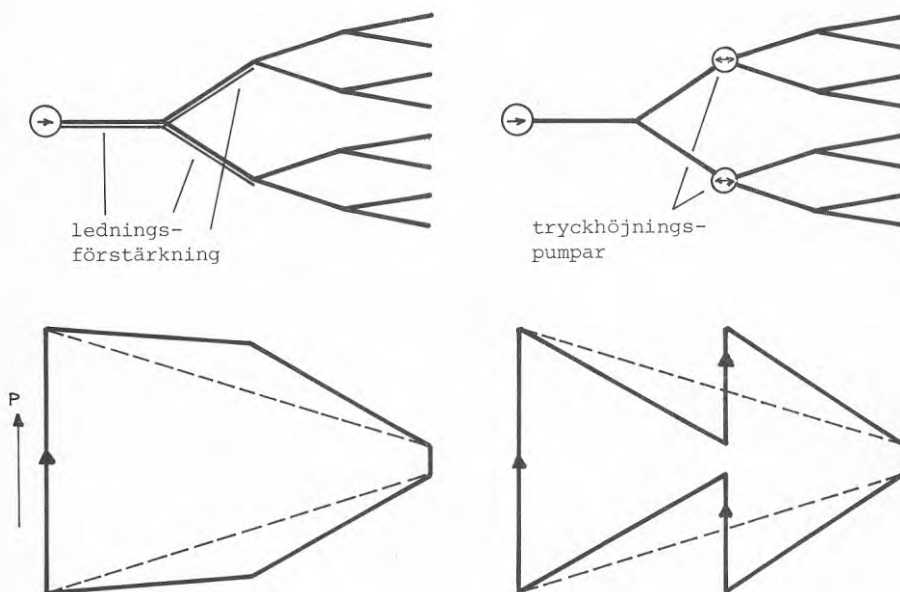


Fig. 7.2

Exempel på nätförstärkningar i trädnet

- Sträckan S har efterhand fått ett tryckfall per meter ledning över det normala (har blivit en "trång sektion") och förstärks därför med ledningen F1,
- Både i gren A och i gren B har strömningsvägen till område 0 blivit lång. Istället för att förstärka A och B direkt etableras en helt ny ledning, F2, med riktning direkt mot område 0,
- Även gren C behöver nu avlastning. F2 har avlastat A men delsträckan A1 visar sig vara hårt belastad. Istället för att dubbla C på en sträcka avlastas C därför med ledningen F3.

Vid sådana nätförstärkningar som är föranledda av värmesänkans utbyggnad, kan man passa på att välja större dimensioner än de som motsvarar kriteriet på ungefär konstant tryckfall per meter ledning. Därmed begränsas merkostnaden för den ökning av strömningsarean som skall underlätta sänkningen av framledningstemperaturen.

Exemplet illustrerar ett annat förhållande som vi skall återkomma till vid diskussion av differentiering av nättemperaturer i olika delområden. Nätutbyggnad och nätförstärkning medför nästan automatiskt att strukturen efter hand övergår från trädstruktur till maskad struktur.

8 NÄTUPPDELNING

Inom svensk fjärrvärmeverksamhet har det under många år varit normalt att man strävat efter att integrera isolerade delnät, så att man efter hand fått ett stort, sammanhängande nät, gärna med maskad struktur. Flera motiv har verkat pådrivande i den riktningen. En stor värmesänka har ofta varit en nödvändig förutsättning för att det skulle vara ekonomiskt motiverat att investera i en hetvattenpanna med hög verkningsgrad eller i ett kraftvärmeverk. Dessutom har man ansett att stora, maskade nät ger högre säkerhet för värmeleveranserna till abonnenterna.

På senare år har det höjts röster som ifrågasatt lämpligheten av att satsa på stora integrerade system. Låga elpriser och den tekniska utvecklingen inom värmepumpstekniken har gjort både små och stora värmepumpar attraktiva. Även de största värmepumpsenheter är väsentligt mindre än de flesta kraftvärmeverken och enbart detta faktum har medfört att mera decentraliserade produktionssystem har blivit intressanta.

I mindre, separata nät är det lättare att anpassa framlednings- och returtemperaturerna efter lokala värmeproduktionsanläggningar. Dock bör man inte förbise att värmepumpar, som i stora nät ger ett marginellt tillskott till värmeproduktionen, kan kopplas in på returledningen och då arbetar mot en genomsnittlig fjärrvärmetemperatur som endast ligger lite över inkommande returtemperatur.

Ibland hävdas det att stora fjärrvärmenät med nödvändighet medför stora värmeförluster. Man förbiser då att de grova ledningarna i stora nät ger ganska små bidrag till den totala värmeförlusten. Det är i högre grad värmeförlusterna inom försörjningsområdet och inte själva anslutningseffektens storlek som är avgörande för hur stora de relativa värmeförlusterna blir. Ett litet nät, som försörjer t ex ett villaområde, kan således ha höga relativa värmeförluster (dvs värmeförlusternas procentdel av värmeleveranserna).

Mot denna bakgrund framstår det som viktigt att undersöka på vilka sätt stora, sammanhängande nät kan anpassas till en decentraliserad produktionsapparat, så att man bibehåller fördelarna med en sammanhängande värmesänka men framförallt möjliggör differentiering av temperaturen i olika delar av nätet.

Fig 8.1 visar schematiskt olika fall av differentierade nättemperaturer. I fall A höjs framledningstemperaturen av en hetvattenpanna i inloppet till ett delområde. En sådan temperaturhöjning kan ibland vara motiverad, eftersom den kan möjliggöra att basenheten för värmeproduktion (t ex ett kraftvärmeverk) kan arbeta med en lägre framledningstemperatur.

I fall B är en värmepump inkopplad på returledningen och höjer returtemperaturen vid övergången från delområdet. Åtgärder som medför större avkylning av fjärrvärmevatten i abonnentcentraler kan koncentreras till delområdet och det blir då med denna lösning möjligt att låta värmepumpen arbeta mot en synnerligen låg genomsnittlig fjärrvärmetemperatur. Om stora abonnenter dominerar inom delområdet, eller om detta ansluts till nätet sedan värmepumpen installerats, behöver inte den extra avkylningen av primärvattnet vara särskilt kostsam.

Fig. 8.1 Fall A-D, vandrande temperaturfronter i nät

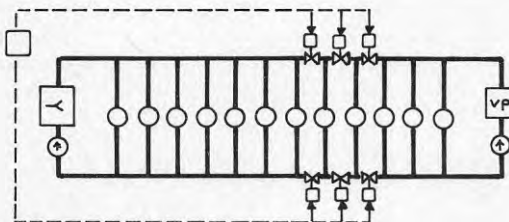
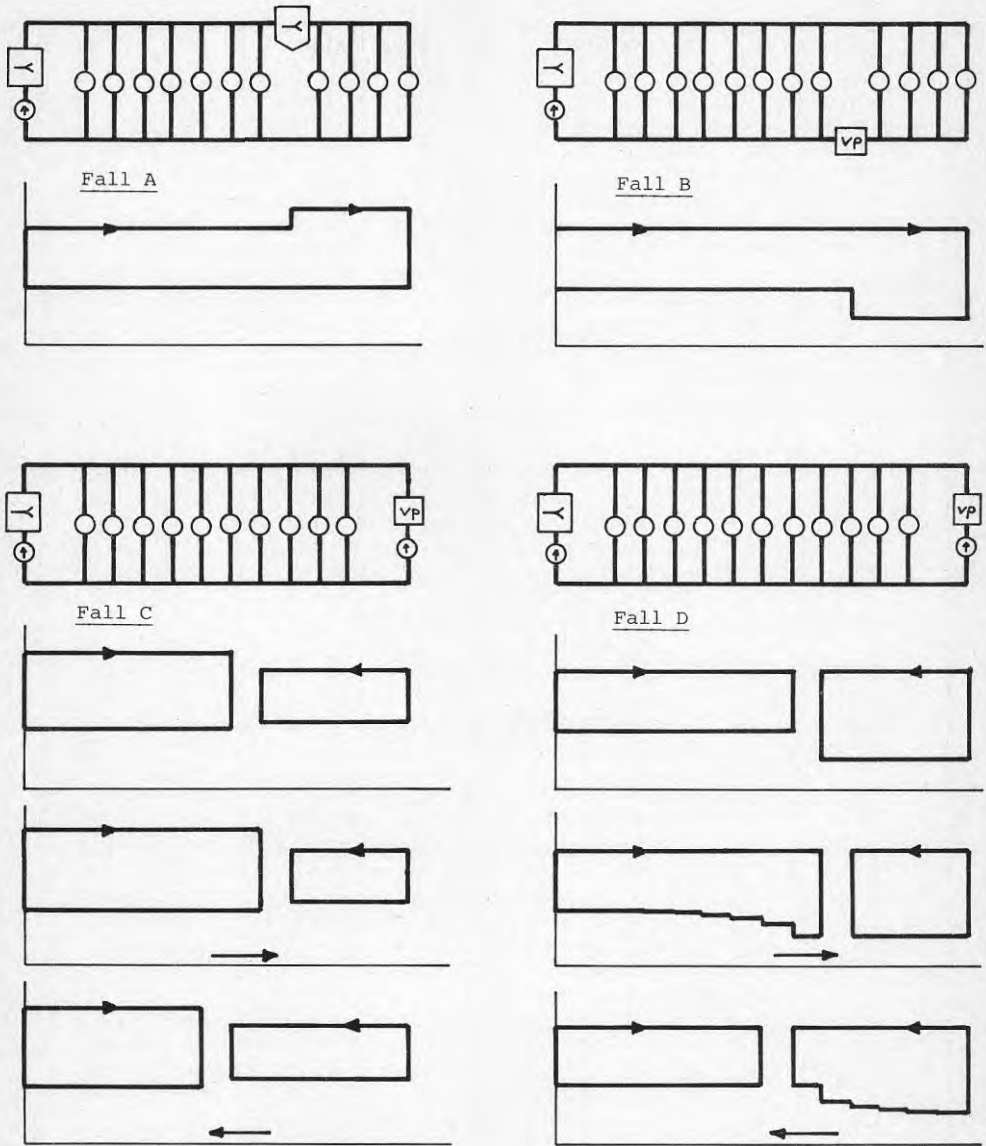


Fig. 8.2

Sektioneringsventiler
vid möjlighet att
mata med flöde från
motsatt riktade håll

I både fall A och fall B finns produktionsanläggningarna i inloppet till delområdet och flödet i framledningen i delområdet rör sig mot nätets ändpunkt. I fall C och D däremot finns produktionsanläggningarna i ändpunkterna och flödet i delområdets framledning har motsatt riktning mot flödet i huvudområdet.

I fall C är de framledningstemperaturer som utgår från de båda produktionsanläggningarna olika. Där flödena i framledningen möts uppstår en temperaturfront, som kommer att vandra fram och tillbaka vid förskjutningar i värmelasterna från olika abonnenter. En sådan vandrande temperaturfront kan - i synnerhet om framledningen är en direktskummad plaströrskulvert med höga spänningar i stålröret - snabbt utmatta ledningen. Problemet har redan berörts i avsnitt 2.

Även i fall D, där primärvattnet inte kyls lika mycket i huvud- och delområdets abonnentanläggningar, kan en vandrande temperaturfront uppkomma, även om fronten inte blir lika skarp som i fall C.

För att undvika dessa vandrande temperaturfronter kan man dela upp nätet med hjälp av sektioneringsventiler, se fig 8.2. Genom att ha flera par sektioneringsventiler på olika ställen blir det möjligt att i olika driftfall fixera temperaturfronten i den position där det för tillfället är mest önskvärt. Ett sådant driftsätt kan man kalla för semipermanent sektionering. Det skiljer sig från det konventionella sättet att utnyttja sektioneringsventiler, där sektioneringen träder i funktion endast i speciella driftsituationer, t ex vid nätläckage, då man genom att sektionera kan begränsa skadans omfattning och snabbare lokalisera läckaget.

Verkliga fjärrvärmenät är sällan linjära, som de hittills visade näten, utan har tvådimensionell struktur som i fig 8.3 till 8.6. Den tvådimensionella strukturen kan vara mer eller mindre lämpad för differentiering av nättemperaturen.

Nätet i fig 8.3 har vad man kan kalla för en hierarkisk struktur, där flera delnät är förbundna med ett överordnat transmissionssystem som saknar sidogrenar. Delnäten kan ha trädstruktur eller maskad struktur. I de punkter där transmissionssystemet och delnäten är i kontakt med varandra kan man ha värmeväxlare eller också kan systemen vara hydrauliskt förbundna. Flera stora nät med denna struktur finns t ex i Danmark. De har vuxit fram genom att självständiga fjärrvärmebolag, som driver var sitt delnät, etablerat samarbete med ett regionalt bolag, som äger transmissionssystemet och en central produktionsanläggning. Hierarkiska strukturer medger utan vidare att man i de olika delnäten väljer olika temperaturnivåer, anpassade till lokala, kompletterande produktionsanläggningar.

Träd nät med sidogrenar på ledningar utgående från en central produktionsanläggning medger avvikande temperaturnivåer (utan risk för vandrande temperaturfronter) i delnät med decentrala produktionsanläggningar om effektbehoven i dessa inte avger större effekt än behoven i respektive delnät, se fig 8.4.

I annat fall kan man (se fig 8.5) analogt med fig 8.2 använda tekniken med semipermanent sektionering i förbindelseledningarna mellan den centrala och de decentrala produktionsanläggningarna.

Maskade nät, där flödet i olika grenar kan gå än i den ena riktningen och än i den andra beroende på lastfördelningen i nätet, är från början inte särskilt lämpade för differentiering av nättemperaturer-

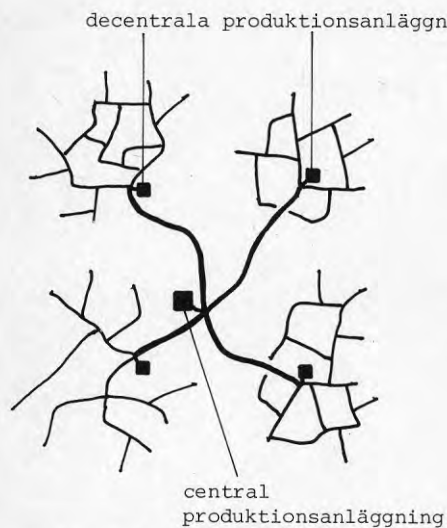


Fig. 8.3 Nät med hierarkisk struktur

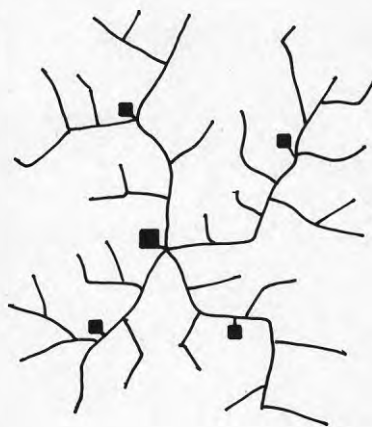


Fig. 8.4 Trädnät

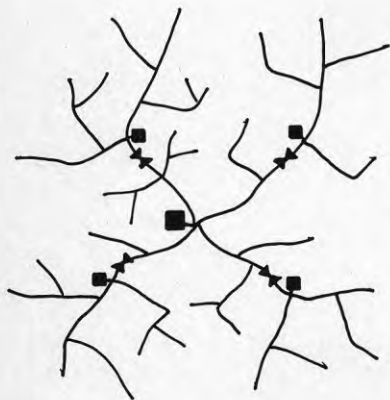


Fig. 8.5
Trädnät med sektionerings-
ventiler

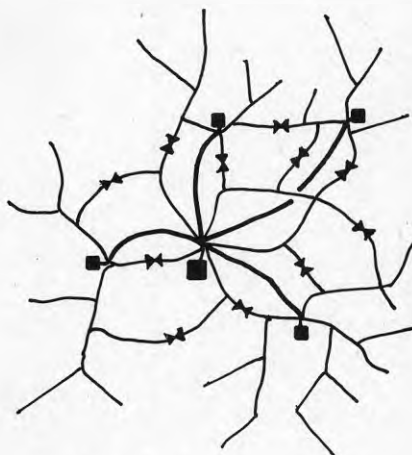


Fig. 8.6
Maskat nät kompletterat med
sektioneringsventiler och
med överordnat transmissions-
nät

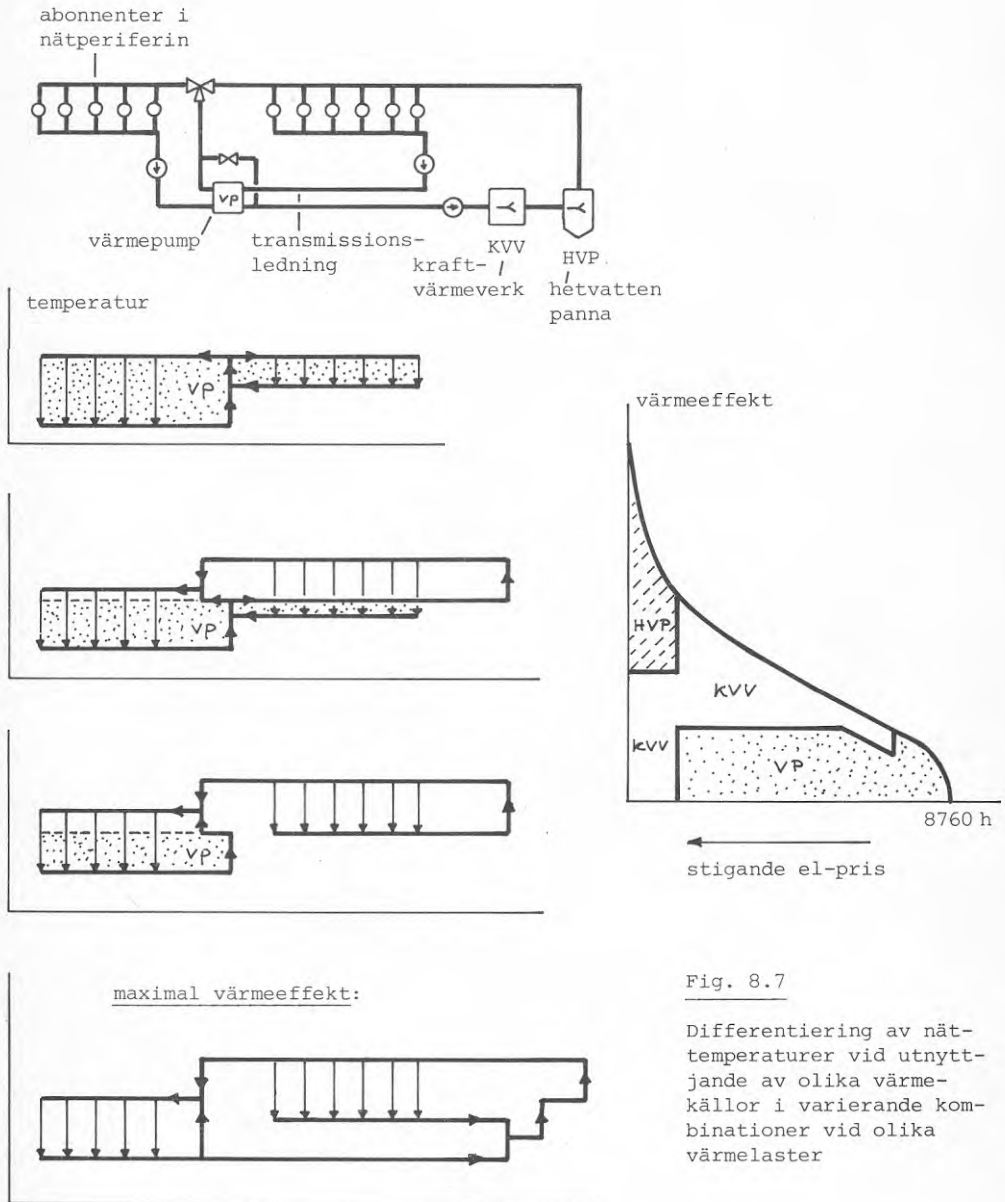


Fig. 8.7

Differentiering av nättemperaturer vid utnyttjande av olika värmekällor i varierande kombinationer vid olika värmelaster

na. Risken för vandrande temperaturfronter är stor. Som påpekats i avsnitt 7 tillkommer emellertid maskor nästan automatiskt vid framväxten av stora, integrerade nät. Många äldre nät i Sverige är således mer eller mindre maskade. En metod som i dessa nät kan möjliggöra differentierade temperaturer kan vara att kombinera semipermanent sektionering med förbindelseledningar mellan produktionsenheterna, fig 8.6. Därvid kommer strukturen att påminna om den hierarkiska (fig 8.3).

I nät av denna typ blir det möjligt att byta ut värme mellan produktionsanläggningarna med effektflöde i olika riktningar vid olika värmelaster. Fig 8.7 visar ett exempel på detta, där ett kraftvärmeverk samspelar med en värmepump på annan plats i nätet. Vid låg last sommartid, då elen är billig, står värmepumpen för hela värmeproduktionen. Vid något större effekt är kraftvärmeverket igång och båda delområdena får värme från de båda produktionsanläggningarna men i olika proportioner och vid olika nättemperaturer. Vid ännu högre värmelast blir returtemperaturen i huvudnätet så hög att värmeeffekten från värmepumpen reserveras helt för lågtemperaturområdet. Slutligen, vid de högsta värmebehoven och då elpriset är högt, låter man värmepumpen gå ur drift och kraftvärmeverket och spetslastpannan tar över hela värmeproduktionen.

9 INFÖRANDE AV DIREKT KOPPLING I INDIREKT ANSLUTNA ABONNENT-CENTRALER

Motiv

Abonnentcentraler i svenska fjärrvärmenät är normalt uppbyggda enligt den indirekta principen, dvs det finns en värmeväxlare mellan fjärrvärmenätet och husets radiatorkrets. Denna värmeväxlare ger upphov till en temperaturförlust mellan primär- och sekundärsida. Som ett led i strävandena efter att sänka temperaturen i ett nät skulle man således kunna överväga att etablera en förbikoppling, så att fjärrvärmevattnet går direkt in i radiatorsystemet. Denna möjlighet skulle säkert betraktas med skepsis inom fjärrvärmebranschen, men likväl förtjänar den att diskuteras närmare.

I Sverige har den indirekta kopplingen hittills varit nästan allennarådande i fjärrvärmesystemen. Direkt anslutning är dock inte alls ovanlig utomlands, även om abonnentcentralerna därvid är utformade på varierande sätt, se fig 9.1. I Tyskland, där fjärrvärmenäten gärna drivs med höga temperaturer och tryck, är variant B vanlig med temperatur- och tryckreduktion i centralen. I Danmark är nästens temperaturer och tryck lägre, framledningstemperaturen t ex ofta under 100°C vid alla värmelaster, och här möter man ofta variant C. Som figuren antyder, är radiatorerna då gärna utrustade med returtermostater.

Ett motiv som vid etablering av abonnentcentraler kan tala för direkt anslutning är den lägre investeringskostnaden, i synnerhet där variant C är en möjlighet. Besparingen ligger inte enbart i att värmeväxlaren bortfaller utan också expansionsbehållaren i radiatorsystemet (och i vissa fall även cirkulationspumpen) kan utelämnas. Besparingsargumentet kan dock vara irrelevant vid konvertering från indirekt till direkt anslutning. Man kan då tvärtom hävda att det skulle innebära en kapitalförstöring, utom i de fall där värmeväxlaren är utsliten och ändå hade behövt bytas ut.

Den temperaturvinst som övergång till direkt anslutning kan medföra beror på flera faktorer, som exemplen på temperaturförlopp i fig 9.2 illustrerar. För enkelhetens skull har tappvarmvattenkretsen utelämnats; returtemperaturen till fjärrvärmenätet skiljer sig mer eller mindre från den primära returtemperaturen från radiatorvärmeväxlaren, beroende på hur tappvarmvattnet är inkopplat och på hur stor varmvattenförbrukningen är.

I fall A1 och B1 motsvarar såväl fjärrvärmetemperaturer som radiatortemperaturer dimensioneringsfallet enligt äldre svensk fjärrvärmepraxis. Fall A2 är det som i Svenska Värmeverksföreningens rekommendation [2] kallas för "lågtemperatur"; såväl fjärrvärme- som radiatortemperaturer är lägre än i raden ovanför, dvs radiatorerna är större. I fall A3 har radiatorerna samma storlek som i A2, men fjärrvärmenätets framledningstemperatur är ännu lägre.

I varianterna B1 och B2 för direkt anslutning har framledningstemperaturen i radiatorkretsen begränsats till 80°C , vilket innebär att variant C inte skulle vara användbar för högre framledningstemperatur i fjärrvärmenätet. Skälet är dels att det finns risk för brännskador om människor vidrör mycket heta ytor, dels kan man få hygieniska problem, dvs oxidering av dammpartiklar. Det kan dock nämnas

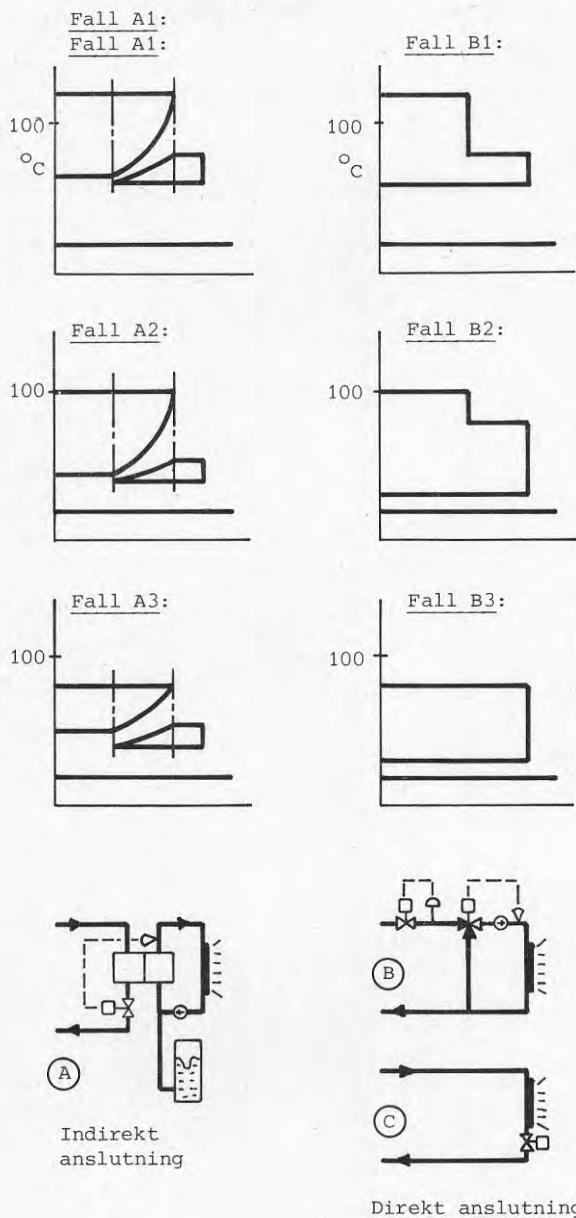


Fig. 9.1 Olika temperaturförlopp i indirekt och direkt anslutna abonnentcentraler

att man i Tyskland utan större betänkligheter tillåter väsentligt högre framledningstemperaturer i radiatorsystemen, i Mannheim t ex 110°C. Undersökningar har nämligen visat att man på grund av intern uppblandning i radiatorerna får väsentligt lägre yttemperatur än den maximala vattentemperaturen.

Vid övergång från A1 till B1 blir vinsten i primär returtemperatur liten. Den motsvarar endast grädigkeiten i värmeväxlaren, dvs den minsta temperaturdifferensen, vilken normalt blir liten när den största temperaturdifferensen (skillnaden mellan primär och sekundär framledningstemperatur) är stor.

Från A2 till B2 blir vinsten i primär returtemperatur större, eftersom man dels eliminerar grädigkeiten men även får lägre sekundär returtemperatur på grund av högre framledningstemperatur till radiatorerna. Även om man har dimensionerat radiatorerna för 55°C i framledningen vid maximal värmelast och stort radiatorflöde, kan det alltså vid övergång till direkt anslutning finnas anledning att återgå till 80°C enligt äldre Byggnorm.

Vid övergång från fall A3 till B3 får man en ännu större sänkning av primär returtemperatur. I A3 är skillnaden mellan primär och sekundär framledningstemperatur liten, varvid grädigkeiten blir större än tidigare.

Jämför man A2 med B3 ser man att det utan att radiatorernas dimensioner ändrats varit möjligt att sänka både framlednings- och returtemperaturen i fjärrvärmenätet. Termodynamiskt sett är det fördelaktigt om man kan undvika uppblandning av inkommande fjärrvärmevatten med returvattnet i variant B, då uppblandningen representerar en exergiförlust. Om man i B2 hade tillåtit en högre framledningstemperatur till radiatorerna kunde returtemperaturen ha varit lägre.

Tekniska problem vid direkt anslutning

Vid övergång till direkt anslutning måste man bedöma risken för ett antal tekniska problem:

- Tryckstötor i fjärrvärmenätet kan komma in i radiatorsystemen och spränga radiatorerna.
- Syre som läckt in i fjärrvärmesystemets vatten kan tränga in i radiatorsystemen och leda till korrosion i radiatorerna.
- Föroreningar i radiatorsystemen kan ledas ut i fjärrvärmenätet.
- Vid läckage i radiatorsystemen kan stora vattenmängder läcka ut i husen.

Tryckstötor kan bland annat förorsakas av pumpar som startar för snabbt eller ventiler som stänger för snabbt i fjärrvärmenätet. Åtgärder som syftar till att förbättra regleringen av pumpar och ventiler kan minska risken för tryckstötor. Även lägre strömningshastighet i rören, uppdelning av stora system med värmeväxlare och införande av tankar för dämpning kan minska risken för eller mildra effekterna av stötor.

I ett stort fjärrvärmenät kan man i praktiken inte förhindra att syre kan läcka från omgivningen till det cirkulerande mediet genom

packningar i ventiler, pumpar etc. Sådant syre kan sedan vid direkt anslutning leda till korrosion i radiatorsystemet, i synnerhet i spalter under smuts som avlagrats i radiatorn vid låg strömningshastighet. Från Danmark känner man många fall med omfattande radiatorskador redan efter få års drift. Det har dock visat sig att vattenkvaliteten då i regel varit undermålig på grund av att man använt tryckhållning med vanlig atmosfärsluft, som innehåller syre. Byte till tryckhållning med kväve är billigt och kan väsentligt sänka syrehalten i fjärrvärmenätet.

Även när det gäller risken för att föroreningar från radiatorkretsen (slam) skall ge problem i det externa systemet kan förbättrad vattenbehandling i detta minska de negativa konsekvenserna. Dessutom kan metoder för kontroll av kvaliteten på returvattnet i abonnentcentralerna bidra. Man kan t ex tänka sig övervakning av vattnets ledningsförmåga, något som bör vara enkelt att införa vid flödesmätning med induktiva givare. Sådant övervakning av ledningsförmågan kan man i framtiden koppla till ett fjärrövervakningssystem, varvid vattenkvaliteten kan övervakas centralt.

Vid indirekt anslutning är de vattenskador som ett läckage i en radiator kan förorsaka normalt begränsade. Läckagemängden överstiger sällan mängden vatten i radiatorsystemet, även om läckage i abonnentcentralens radiatorvärmeeväxlare kan tänkas leda till större läckage. I direkt anslutna system kan en läckande radiator i en fastighet i värsta fall leda till att allt vatten i det externa systemet läcker ut i den drabbade fastigheten.

Risken för sådana drastiska konsekvenser av läckage i radiatorer bör dock kunna minskas, dels genom att man inför centrala larmsystem (kombination med varning för brand, stöld etc), dels genom ett system för övervakning av själva fjärrvärmenätet. Visar sig någon av de nya metoderna för flödesmätning infria ställda förväntningar beträffande noggrannhet och pris, kan man i framtiden tänka sig kontinuerlig mätning av flödet till en fastighet både före och efter abonnentcentralen, varvid läckage i denna eller i radiatorerna kan indikeras.

Sammanfattningsvis finns det alltså åtgärder att vidta mot alla de tekniska problem som kan vara knutna till direkt anslutning.

Förbigångsledningar med manuella avspärrningsventiler (fig 9.2)

Rubricerade lösning innebär att man med hjälp av tre (eller flera) manuellt manövrerade avspärrningsventiler kan koppla om mellan direkt och indirekt ansluten abonnentcentral. Detta bör vara billigt att göra för en ursprungligen konventionell, indirekt ansluten central.

Omkopplingsmöjligheten kan vara en fördel i flera fall. Den innebär således att man vid gradvis övergång från indirekt till direkt koppling i ett nät kan förbereda för direktanslutning långt innan denna blir aktuell, t ex när framledningstrycket i en abonnentcentral sjunkit till den nivå man önskar vid direktanslutning. Man får även en möjlighet att "ängra sig". Det kan hända att värmeverket upptäcker att man underskattat flödesbehovet i ett område av nätet så att det visar sig att trycken där blir för höga för direktanslutning. Då kan man gå tillbaka till indirekt anslutning tills man t ex med hjälp av ledningsförstärkningar fått ned trycken.

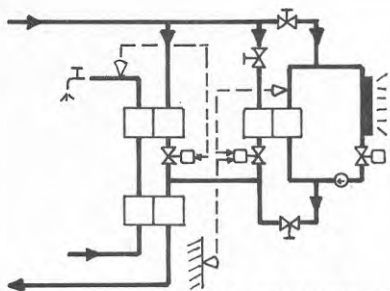


Fig. 9.2

Insättning av förbigångsledningar med handmanövrerbara avspärrningsventiler

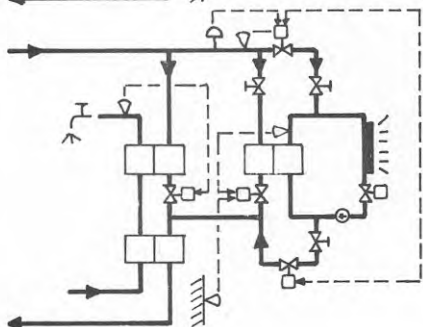


Fig. 9.3

Insättning av förbigångsledningar med motorventiler som stänger automatiskt vid för högt tryck eller för hög temperatur i framledningen ("dual" lösning)

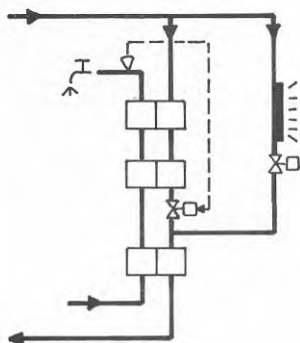


Fig. 9.4

Utnyttjande av tidigare radiatorvärmemväxlare som förvärmningssteg för tappvarmvatten

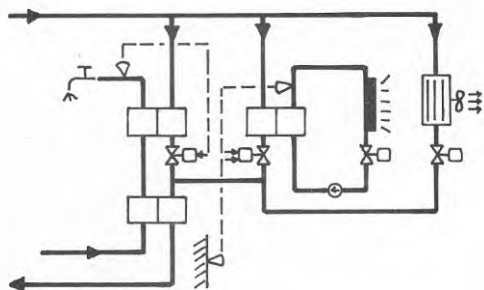


Fig. 9.5

Komplettering med direktansluten krets med rörkonvektorer

Förbigångsledningar med motorventiler (fig 9.3)

Om man ersätter handmanövrerade avspärrningsventiler med automatiska omkopplingsventiler får man vad man kan kalla en "dual" lösning. Omkoppling mellan indirekt och direkt anslutning sker automatiskt, t ex när tryck eller temperatur i framledningen överstiger stipulerade värden. Lösningen blir givetvis dyrare än den enklare varianten med manuellt manövrerade ventiler. För mindre abonnenter blir den möjligen så dyr att det hade varit billigare att uppnå reduktionen av temperaturförlusten genom en kraftig utökning av värmeöverföringsarean. För större abonnenter och vid gruppanslutning bör denna lösning dock vara intressant.

Utnyttjande av tidigare radiatorväxlare som förvärmningssteg för tappvarmvatten (fig 9.4)

Rubricerade lösning innebär att man flyttar radiatorväxlarerna i syfte att förbättra avkylningen av primärvatten för tappvarmvatten. Lösningen fordrar en noggrann genomgång av dimensioneringen, eftersom samtliga växlare kommer att arbeta under förändrade belastningsförhållanden. Det kan således hända att värmeövergångstalet i en av växlarna blir för lågt på grund av för låg strömningshastighet, eller att tryckfallet blir för högt på grund av för hög strömningshastighet. I det senare fallet finns möjligheten att kompensera för detta genom att föra in en lämpligt utformad kropp som minskar genomströmningsarean.

I de fall där man har styrventilen för tappvarmvatten på högtemperatursidan och plats inte finns för den mellan ursprunglig för- och eftervärmare för tappvarmvatten, kan man samtidigt som man flyttar radiatorväxlarerna till läget som förvärmare flytta denna styrventil, varvid gränsen för kavitation i denna samtidigt förskjuts i gynnsam riktning.

Komplettering med direkt ansluten krets (fig 9.5)

Utökar man den totala värmeöverföringsytan för värmeavgivning till inomhusluften i en fastighet kan man tänka sig situationer, där en del av denna utökning med fördel kan ske i en extra, direktansluten krets.

Är det frågan om att sätta upp nya värmeöverföringselement kan man för dessa välja mera trycktåliga typer av radiatorer, eftersom befintliga radiatorer kan vara känsliga för tryckvariationer efter många års drift. Man kan t ex välja rörkonvektorer i ett material som är förhållandevis okänsligt för syrekorrosion. Det är inte säkert att man behöver välja material med extremt goda egenskaper i detta avseende om syrehalten i fjärrvärmenätet är under rimlig kontroll.

Det bör finnas fall där detta sätt att utöka värmeöverföringsytan är billigare än andra sätt. Rörkonvektorerna kommer att ge effektiv värmeövergång, inte minst genom att de får relativt hög framledningstemperatur vid direktanslutningen.

I en fastighet med tre våningar (se fig 9.6) kan man t ex tänka sig att man bibehåller inomhustemperaturen trots lägre temperatur i fjärrvärmenätet genom att välja olika modifikationer för de olika

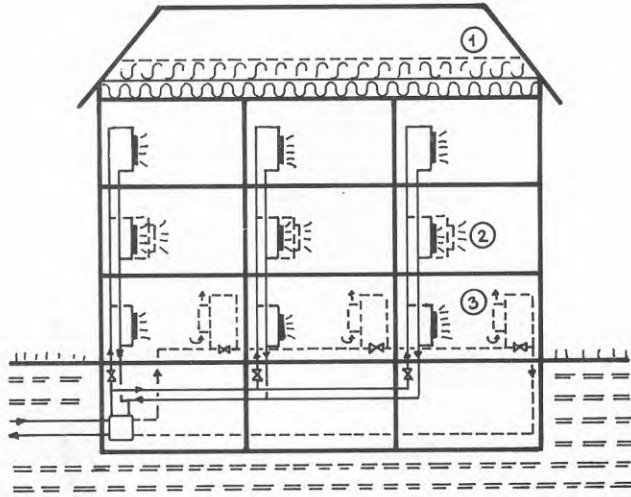


Fig. 9.6

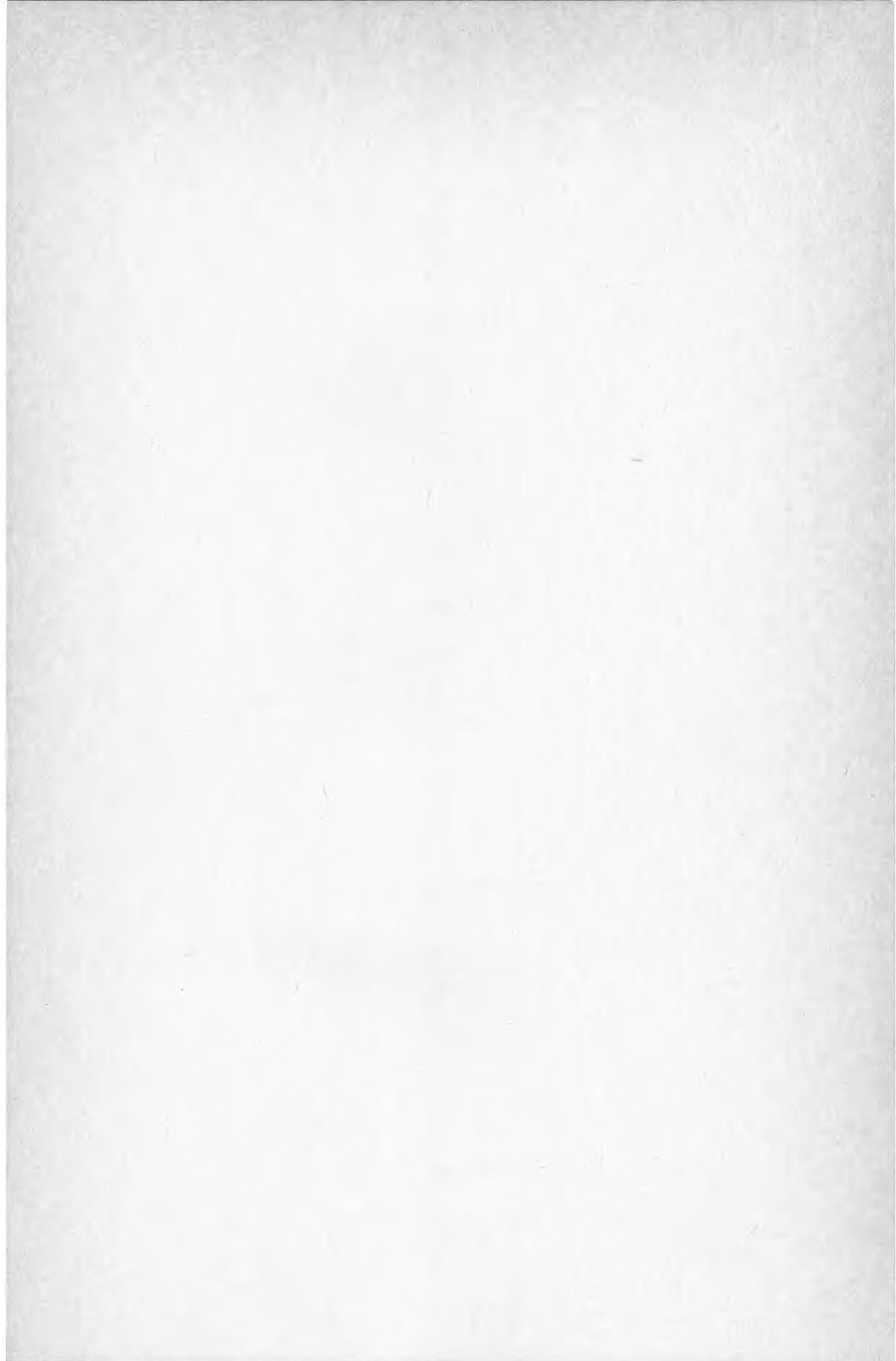
Sänkning av fjärrvärmtemperaturer till flervåningshus, möjliggjort med olika åtgärder på olika våningar

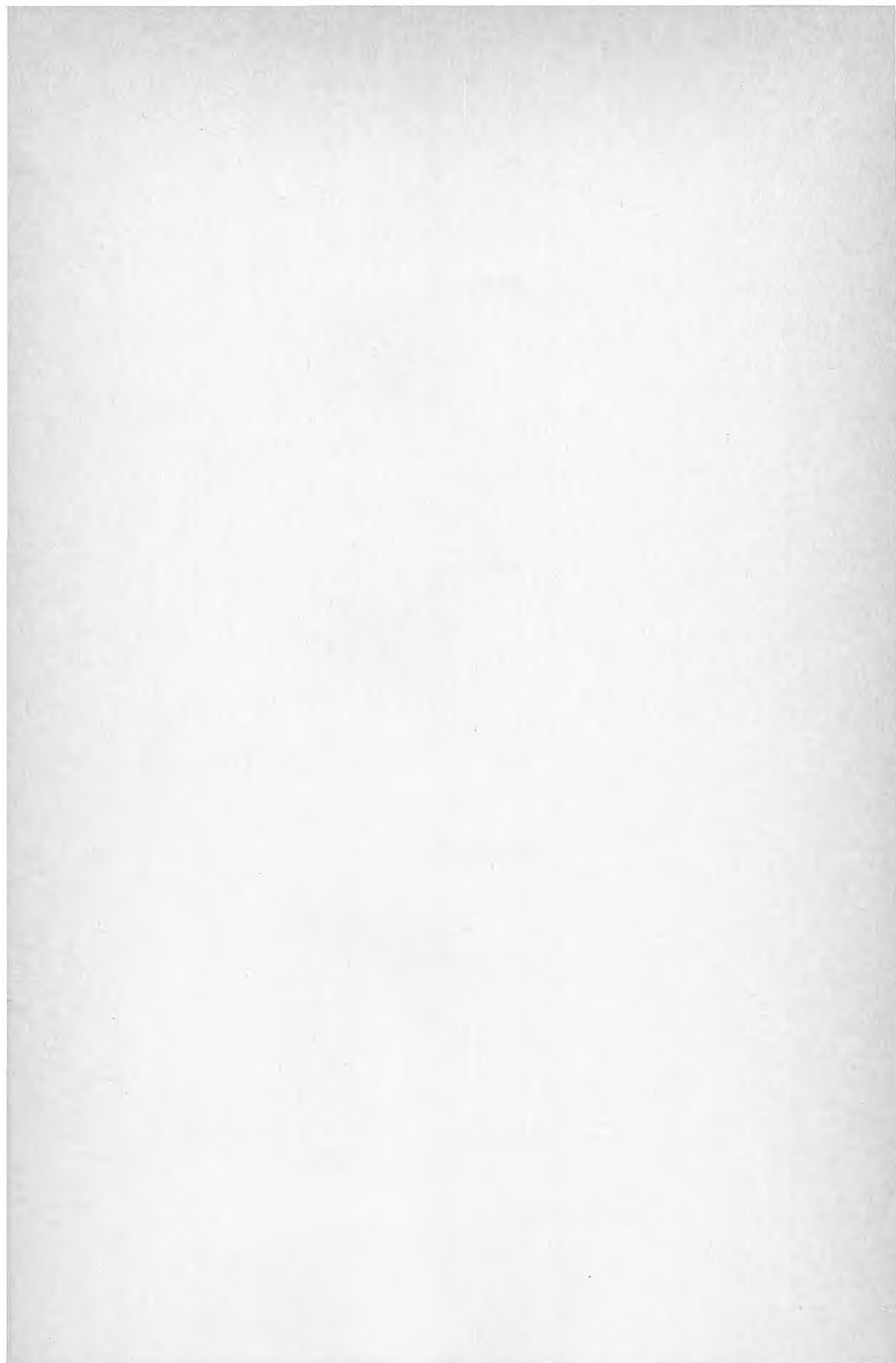
- 1: Utökad takisolering
- 2: Extra radiatorer
- 3: Utökning med direktanslutna rörkonvektorer

våningarna. För våningen högst upp räcker det kanske med att minska värmeförlusten genom att utöka takisoleringen. För andra våningen väljer man att koppla in fler radiatorer på det befintliga systemet. På bottenvåningen utökar man värmeöverföringsytan med den extra, direkt anslutna, kretsen. I och med att denna komplettering endast utförs för bottenvåningen, erfordras begränsad extra rördragning.

10 REFERENSER

1. Tillägg till Svensk Byggnorm: "Direktelvärm i småhus, lågtemperaturuppvärmning av byggnader mm". Statens planverks författningssamling 1982:3.
2. Svenska Värmeverksföreningen: "Fjärrvärmeanslutning, instruktion för större anläggningar". Stockholm, juni 1983.
3. S Roslund: "Lågtemperaturprogram för nya fjärrvärmesystem". VVS nr. 9, 1982, p.77-81 och p.89.
4. R Roseen: "Nya material öppnar nya vägar för vattenburna lågtemperatursystem". VVS Special 1:1978 "Lågtemperaturuppvärmning".
5. Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V.: "Kunststoff-Verbundmantelrohre für Fernwärmeleitungen". Frankfurt/M., Jan. 1983.
6. D Olofsson, J Molin, K Bergendorff: "Friktionsfixerad fjärrvärmeledning, fältmätningar i Lund". BFR-rapport R84:1982.
7. Svenska Värmeverksföreningen: "Rörledningsnormerna RN 1978, tillämpningar inom fjärrvärmedistribution". Stockholm, september 1980.
8. Svenska Värmeverksföreningen: "Principkopplingar i abonnentcentraler anslutna till värmeverk". Installationsgruppen, Stockholm, juni 1965.
9. Svenska Värmeverksföreningen: "Kulverter, lägningsanvisningar för fjärrvärmekulverter med direktapplicerad polyuretansole-ring och med mantelrör av polyeten". Stockholm, juni 1982.
10. S Frederiksen: "A Thermodynamic Analysis of District Heating". Doktorsavhandling, Lunds Tekniska Högskola 1982.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810735-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen
för värme- och kraftteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.**

R13: 1985

ISBN 91-540-4328-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705013

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms