

1. INNLEDNING

I løpet av de siste 2-3 årene er markedet for vannbårne oppvarmingssystemer hatt en betydelig vekst, både innen boliger og yrkesbygg. Ofte har disse installasjonsarbeidene blitt utført av rørleggere uten nødvendig kompetanse og tilstrekkelig rutine og erfaring med det resultat at flere av anleggene er mangelfulle. Varmeinfo besluttet derfor å la Norges Byggeforskningsinstitutt (Byggforsk) gjennomføre en evaluering av de tekniske løsningene i 12 vannbårne oppvarmingsanlegg, de fleste boliger. Dette ble utført høsten 2004, og ferdig rapport ble overlevert Varmeinfo i desember 2004.

Hos Byggforsk har følgende personer vært engasjert med gjennomføringen av prosjektet: Sverre Fossdal (prosjektleder), Bjørn-Roar Krogh og Tormod Aurlen (prosjektmedarbeidere) og Ernst Petter Axelsen (programleder). Hos Varmeinfo har Rolf Munk Blaker vært prosjektleder.

Hensikten med dette prosjektet har vært å fokusere på feil som utføres slik at man kan lære av dem. Det ble også gjennomført en spørreundersøkelse blant et utvalg av AVI-erne, 25 personer, om arbeid med vannbåren varme. Her følger et sammendrag av de viktigste konklusjonene fra undersøkelsen og evalueringen. Disse vil senere bli behandlet på AVI-samlinger.

Det må understrekes at de mangler og feil, som oppsummeres i det etterfølgende, ikke er typisk for vannbårne varmeanlegg i Norge. De varmeanleggene, som er evaluert, har blitt plukket ut fordi de har blitt klaget på, og utgjør en liten del av de vannbårne anlegg som finnes.

2. UNDERSØKELSEN

Generelt

Store anlegg planlegges og beregnes av konsulenter, mens mindre anlegg oftest utføres direkte av rørlegger med bakgrunn i egen erfaring og praksis. I begge tilfelle er det rørleggere, som utfører selve installasjonen og som sjekker ut anleggene. Rørleggerne vil være de første til å oppdage eventuelle feil i beskrivelser og de problemer som oppstår med å få anleggene til å virke. Med gode teoretiske kunnskaper om virkemåte og samspillet mellom komponentene i et varmeanlegg samt bred praktisk erfaring, kan derfor rørleggeren forhindre at feil oppstår og dermed redusere driftsproblemene og oppnå en god investering og driftsøkonomi ved varmeanlegget.

For rørleggere, som er mest beskjeftiget med små anlegg er det praktisk kunnskap og bruk av erfaring som danner basisen, og mindre kunnskap om beregninger og hvordan man eksempelvis velger riktig ventil eller pumpe.

Planlegging og prosjektering

De fleste (71 %) svarer at tegningene er forståelige mens halvparten (43 %) hevder at tegningene ikke er oppdaterte. Halvparten av utvalget hevder at det foreligger varmebehovsberegninger på romnivå.

Rørleggerne mener at maksimal vannhastighet i en radiatorkurs (ved rørdiameter på 18 mm) er:

0,13 liter/sekund	29 %
0,25 liter/sekund	29 %
0,51 liter/sekund	29 %

d.v.s. ikke noe entydig svar. De fleste (71 %) mener imidlertid at rørdimensjoner velges ut fra trykkfall per løpemeter. De fleste (71 %) mener også at årsaken til slam i varmesystemet, skyldes dårlig vannkvalitet eller korrosjon.

Når det oppstår problemer og for å få råd, oppsøker de fleste rørleggere produsent/leverandør eller grossist (86 %) mens noen i tillegg (46 %) kontakter konsulent.

Innregulering og ventilvalg

Ved innregulering av varmeanlegg bruker AVI'erne:

- 71 % en kombinasjon av forinnstilling og proporsjonal/kompensasjons-metode.
- 29 % kun bruker forinnstillingsmetode (som er vanlig blant eneboliger).

Av aktuelle hjelpemidler bruker 57 % trykkfallsberegninger og CBI-instrument ved innregulering.

Pumpeproblematikk:

- 43 % gjør en vurdering av pumpas plassering i anlegget.
- 57 % mener trykkfallet over reguleringsventil bør være 10 % av pumpetrykket.
- 14 % mener at dette trykkfallet bør være 50 %.

Innreguleringsventilens funksjon:

- 86 % å gi riktig vannmengde i grenledninger.
- 14 % å regulere konstant vannmengde i grenledninger.

Ventiler

- 57 % har en formening om hva ventilautoritet er.
- 29 % vet ikke hva en ventils autoritet bør være.
- 29 % mener at ventilautoriteten bør være mellom 0,8 og 1,0.

Riktig gjennomstrømningsretning for en innreguleringsventil:

- 86 % mot reguleringsspindel.
- 14 % fra reguleringsspindel.

For overlevering av varmeanlegg sier AVI'erne:

- 57 % leverer ferdig innregulert med dokumentasjon.
- 29 % leverer uten dokumentasjon.

Ved innregulering av olje- og gasskjeler:

- 57 % måler røkgasstemperatur, CO₂-innhold og sotinnhold.
- 43 % måler dette og i tillegg CO-innhold.
- 29 % måler i tillegg røkgassmengde og romtemperatur (ingen vet hvorfor dette måles).

Merking av kurser og ventiler:

- 86 % ja.
- 14 % nei.

Varmeanlegget vil virke:

43 % helt sikre (100 %).

57 % nokså sikre.

Kompetanse nivå blant AVI'erne

Vurdering av kompetansen innen vannbåren varme blant AVI'ere (skala: dårlig-middels-god-meget god):

57 % middels

43 % god

Alle AVI'erne innen utvalget svarer at de har behov for mer opplæring om varme- og kjøleanlegg.

3. VURDERING AV 12 VARMEANLEGG

Totalt er det vurdert 12 vannbårne anlegg, 8 boliger og 4 institusjoner. Anleggene er bevisst valgt ut p.g.a. klager fra byggherrer, eiere eller driftspersonell, og de representerer derfor ikke den generelle tilstanden på varmeanlegg i Norge, men sannsynligvis er de representative for de typiske feil som gjøres på vannbårne varmeanlegg. Klagene er kapasitetsproblemer, feil, manglende dokumentasjon (planlegging) og dårlige utførelser. Byggforsk har gjennomført befaring på 9 av anleggene.

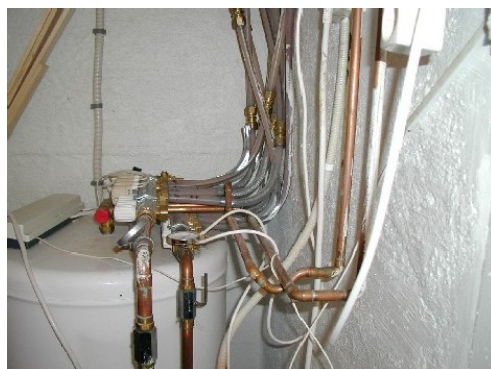
De fleste feil og mangler, som er registrert på anleggene, er av generell karakter og skyldes slurv, feilmontasje, manglende kunnskap om vannbåren varme og dårlig dokumentasjon. For boligene hadde bare et fåtall tegninger, produktbeskrivelser og/eller annen dokumentasjon på hvorledes anleggene var installert og innregulert.

Brukernes kommentarer og Byggforsks egne observasjoner ved befaring

Klagene fra driftspersonell, eiere og beboere består i hovedsak av at:

- Anleggene ikke virker slik de skal ved at for eksempel reguleringen ikke fungerer. Følgene av dette er at det enten blir for kaldt eller for varmt.
- Temperaturen er for ujevn ved gulvvarmeanlegg.
- Den håndtverksmessige utførelsen er rotete (virvar av ledninger) og til dels mindre pen å se på. Dette gjelder spesielt anleggene i frittliggende eneboliger.

I det etterfølgende følger et kort sammendrag av 10 av disse evaluerte varmeanleggene.



Eksempel på synlige anlegg med mindre pene elektriske kabelføringer og PEX-rørkoblinger.



Fordelingsstokk og termostatisk reguleringsventil.



Pent utført anlegg for en enebolig med varmepumpe.

Eksempel 1. Alltid for høy temperatur på soverom i en enebolig

Temperaturen i soverom er alltid for høy. Med et ønske om en temperatur på 22 grader i de øvrige rom kommer temperaturen i soverommet aldri under 23 grader. Eieren må åpne vinduet for å få senket romtemperaturen. Her var alle kursene til de øvrige rom ført i soverommets gulv uten isolering. Dette medførte at temperaturen i soverommet ikke lot seg regulere. I dette tilfelle var ikke konsekvensene ved valgte føringsveier vurdert.

Eksempel 2. For lite varme på en institusjon

Beboerne klaget over for lite varme. Ved gjentatte, men ufullstendige, innreguleringer forskyver problemene seg mellom leilighetene, slik at de som var for kalde ble brukbare og vise versa. Rørleggeren observerte at turtemperatur var ”normal”, mens returtemperatur var ”iskald” på de radiatorer, som lå lengst ute på kursen. Institusjonen hadde innflytning før anlegget var ferdig innregulert, og da dette ble forsøkt utført i ettertid, har det oppstått ubalanse i anlegget samtidig som det også indikerer at vannmengden er for liten på de ytterste radiatorene.

Eksempel 3. Romtermostater og termoelektrisk element må skiftes i en enebolig

Eieren klaget over at temperaturfølere og termoelektrisk element (aktuator) går i stykker og dermed lukker kursen slik at det gulvet, som kursen betjener, ikke får tilført varme, samt at det blir ujevn oppvarming av gulvet på kjøkkenet. Anlegget ble installert i 2001, og består av 8 kurser (7 reguleringskretser). I løpet av de 3 årene anlegget har vært i drift, er de fleste romtermostatene og 3-4 av termoelektriske elementene (aktuatorene) skiftet.

For de fleste anleggene med vannbåren gulvvarme var aktuatorene (de termoelektriske elementene) plassert slik at de enten var på oversiden av fordelerstokken eller horisontalt ut på siden. I dette tilfellet var de plassert på undersiden, som antas å være årsaken til at 3-4 av aktuatorene er blitt skiftet. Årsaken er mistanke om at ventilene kan lekke eller at kondens fra samlestokken renner inn i aktuatorene og kortslutter disse.

Befaringen avdekket ombygging av termostater for 2 soverom, hvor et av soverommene blir benyttet som kontor, slik at det var for varmt på soverommet og for kaldt på kontoret.

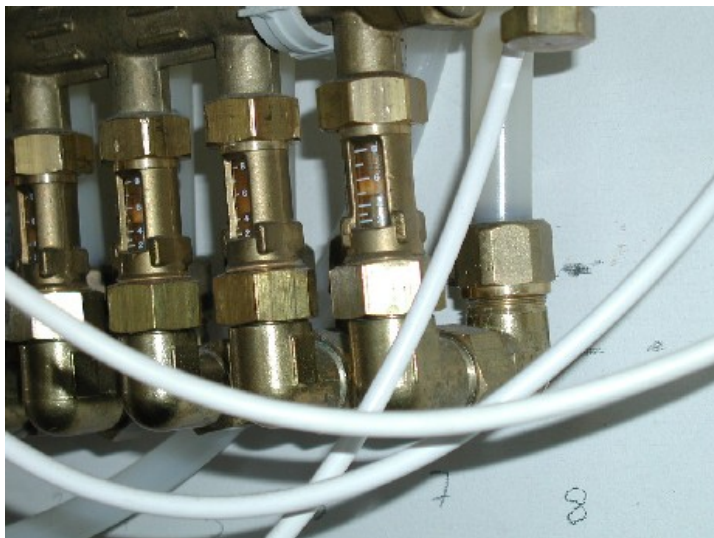
Eksempel 4. Ingen gjennomstrømning av varme i en kjeller i en enebolig

En av de innstøpte varmekursene i kjelleren i en enebolig hadde ingen gjennomstrømning. Ledningen viste seg å være tett. En annen varmekurs var blitt skjøtet i gulvet, fordi det var trukket for korte PEX-rør. Ved befaring av anlegget viste det seg at alle regulatorene var tatt av fordelingsstokkene og lå "i en haug" på gulvet sammen med styringsenhetene. Kursene til de forskjellige rom var ikke merket, ei heller hvilken lengde det var på PEX-rørene til de forskjellige kursene.

Et betydelig arbeid må utføres for å rette opp alle disse feilene, som er utført av en autorisert rørlegger.



Umonterte regulatorer og gjennomstrømningsmålere på et 2-3 årgammelt anlegg. Her gjenstår det mye arbeid!



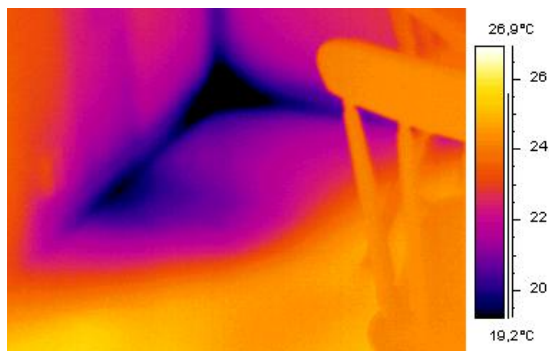
Eksempel 5. Shuntventil var montert feil vei i en enebolig

I en enebolig (på det tidspunktet ubebodd) med radiatorvarme og oljefyrt kjel har shuntventilen "lekket" med det til følge at temperaturen i boligen ble meget høy helt til fyringsoljen tok slutt. Dette skjedde i januar 2004, midt i en kuldeperiode, og kunne ha medført betydelige frostskaider, dersom det ikke var blitt oppdaget i tide. Ved inspeksjon av anlegget viste det seg at den fjærbelastede shuntventilen (type Honeywell) var montert feil vei slik at temperaturen på vannet ikke ble redusert slik termostaten ga indikasjon om. Shuntventilen var montert av autorisert rørlegger, som ikke var klar over at enkelte typer shuntventiler montert feil vei, kan gi katastrofale følger.

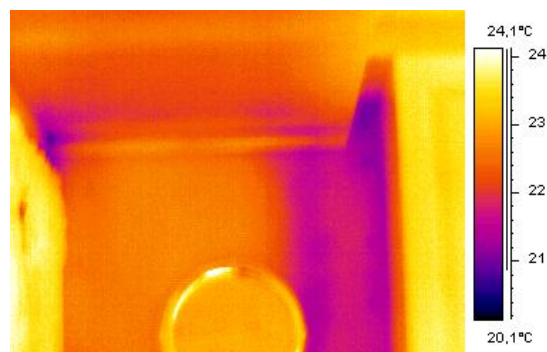
Eksempel 6. For kaldt i enkelte rom i et leilighetskompleks

I et leilighetskompleks med gulvvarme i alle rom klages det over at det er for kaldt i enkelte rom og deler av enkelte rom, og at det er umulig å høyne temperaturen (spesielt i karnapper). Klagen har medført at vannmengdene er økt til det tredobbelte av de prosjekterte verdier. Ved befaring med termofotografering av gulv og vegger ble det påvist at i en av leilighetene var det en temperaturforskjell på 6 grader ved yttervegg, og denne kuldebroen skyldes sannsynligvis luftlekkasje eller utilstrekkelig isolering. Varmerørene er montert til sponplater med varmfordelingsplater og med overliggende parkett, som innebærer at rørsøyfene ikke er utstyrt med varmfordelingsplater og at det normalt bare er 60-70 % av gulvoverflaten, som tjener som en aktiv heteflate. Dette må taes hensyn til ved valg av rørmønster.

Ved bruk av vannbåren gulvvarme er det av avgjørende betydning at det ikke er kuldebroer i gulvkonstruksjonen. Kuldebroer skal elimineres ved hjelp av varmeisolering og vindtetting, og ikke ved å tilføre betydelige vannmengder. Rørene ligger i sløyfer med 30 cm mellomrom i gulvlåsene, og det er derfor en betydelig varmemotstand fra varmerør og varmfordelingssjikt til gulvvarmeoverflaten (forhold som igjen betinger høyere vanntemperaturer). I tillegg ble det påvist en kuldebro på en kjøkkenvegg mot "det fri", som skyldes en stålbjelke i vegg.



Kuldebro på gulv og stålbjelke på kjøkken.



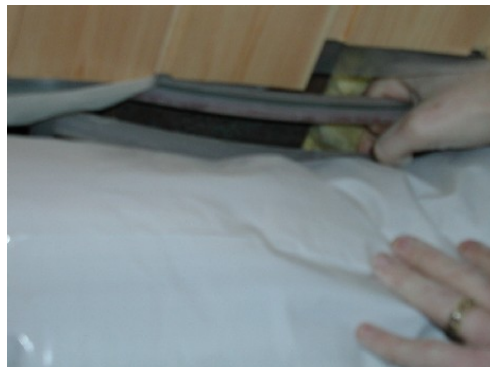
Eksempel 7. Baderommet i 2. etasje i en enebolig får ikke nok varme

For en varmesentral med varmepumpe (geotermisk) og elektrisk varmekolbe klager eier over at baderommet i 2. etasje ikke får nok varme. Varmesentralen oppvarmes kun av varmepumpen (sikringene på elkolben er tatt ut) og forsyner boligen med både varmt tappevann og vannbåren gulvvarme uten andre problemer enn det man har på badet. PEX-rørene på badet er montert med cc 300 mm under 22 mm sponplater i bjelkelag med overliggende våtromsmembran, avrettingsmasse og fliser med en total byggehøyde på 82 mm.

En teknisk vurdering av anlegget konkluderer med at selv med en turtemperatur på 45 grader på vannet, vil badegulvet i kalde perioder ikke klare å opprettholde komforttemperatur. Det anbefales derfor at eksisterende gulv taes opp og at nye rør legges i avrettingsmasse (termomasse) over sponplatene, samt at cc på varmerørene reduseres til under 200 mm. Alternativt kan det monteres en tilleggsvarmekilde, som f. eks. en stråleovn. Gulvvarmeanlegget vil da kunne tjene som en komfortvarme slik at man unngår kalde gulv.

Eksempel 8. Varmeanlegget i en enebolig gir ikke nok varme

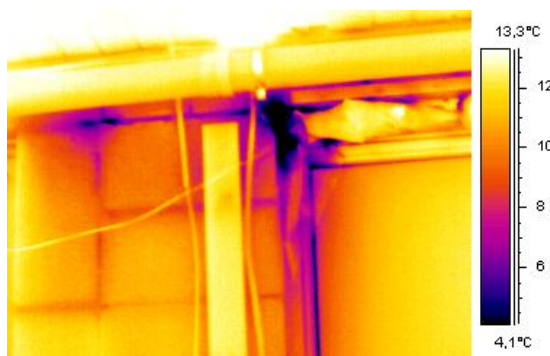
Eieren av en enebolig klager på at varmeanlegget ikke gir tilstrekkelig varme, samt at den er ujevn, spesielt i kalde perioder, og eieren har registrert et energiforbruk på 300 kWh/m². Oppvarmingen skjer bare ved gulvvarme fordelt på 10 kurser. Gulvet består av 8 mm parkett på 22 mm sponplate. PEX-rørene er montert til underkant av sponplatene i bjelkelaget med varmfordelingsplater og 200 mm mineralullisolasjon og panelt undertak mot kjeller. Kjelleren, hvor varmesentralen er plassert, er ikke innredet og har kuldebroer og til dels uisolerte PEX-rør. Huseieren har vært nødt til å benytte elektriske panelovner i soverom og andre rom for å få tilstrekkelig varme, med den følge at el.kostnadene er økt.



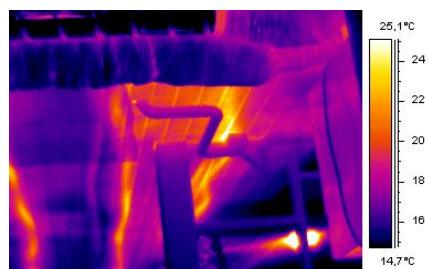
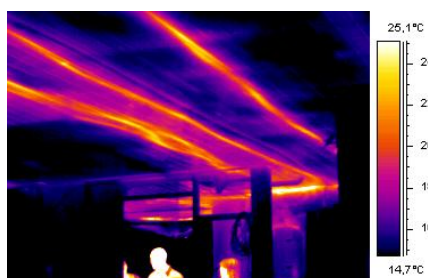
Uisolerte rør i frittliggende enebolig.



Kuldebro i kjeller i en frittliggende enebolig.



Varmetap til uoppvarmet kjeller fra rørføringer i bjelkelag.



Eksempel 9. Problemer med turbulensrør på varmesentral med trepellets på en institusjon

En av institusjonene har en varmesentral med fyring med trepellets, fyringsolje og elektrisitet. Man har registrert kvalitetsforskjeller på trepellets fra de to aktuelle leverandørene, hvor en av dem tilsynelatende har dårligere kvalitet enn den andre. Dette gir seg utslag i at "den dårligste trepelletsen" oftere medfører rengjøring av kjele, samt at trepelletsen under forbrenningen på risten kleber sammen og blir liggende der i motsetning til trepellets fra den andre leverandøren, som faller naturlig ned i askeskuffen.

På kjelen, som benyttes til trepellets, viser det seg at deler av turbulensrøret brenner i stykker. Turbulensrøret er derfor skiftet 2 ganger siden oppstart for 4 år siden. Det er spesielt den ene siden av turbulensrøret, som er utsatt. Restene av det forbrente røret legger seg i forbrenningskammeret og i røkgassene.

Anlegget mangler signaler for flere typer målinger, bl.a. av CO₂, som ifølge kontrakt skulle følge med anlegget. Det er dessuten uoverensstemmelser mellom virkelig energibruk og det som leses av på SD-anlegget.

Takket være en meget dyktig vaktmester ved institusjonen fungerer anlegget tilfredsstillende.



Turbulensrør i et pelletsfyrte anlegg.



Eksempel 10. Varmesentral ved en institusjon som er vanskelig å drifte - Kopling av radiatorer

Prosjekteringen ved denne institusjonen er utført av en teknisk konsulent. Det 7-8 år gamle varmeanlegget er knyttet til fjernvarmenett. Det har i alle år vært vanskelig å drifte varmeanlegget. Klagene fra brukerne og driftsoperatører er at enkelte radiatorer avgir for lite varme i de kalde periodene slik at ventilasjonsanlegget må benyttes til oppvarming med den følge at inneklimaet blir dårligere.

Det har vært eksempler på at de termostatiske radiatorventilene på det ene anlegget har gått tette, samt at det har vært problemer med å få det varme vannet ut til de ytterste radiatorene. Det har vært observert at turvannet til de ytterste radiatorene har vært varmt mens returvannet fra disse radiatorene har vært kaldt. Dette kan skyldes for liten vannmengde i anlegget.

Det er fra konsulent beskrevet en trykkavlastningsventil på enden av hver radiatorrets som skal slippe gjennom vann og opprettholde vannsirkulasjonen når radiatorventilene stenger. Disse ventilene har man ikke lyktes å finne, men de skal ifølge konsulent være i toppen på hver sjakt.

I enkelte store rom er radiatorene seriekoplest på en måte som gjør at sjikting kan forekomme slik at det ikke oppnåes full vanngjennomstrømning med problemer med varmeavgivelse som resultat. Bunn av radiator 1 bør koples til topp av radiator 2, og generelt bør det unngås at flere radiatorer er seriekoplest.

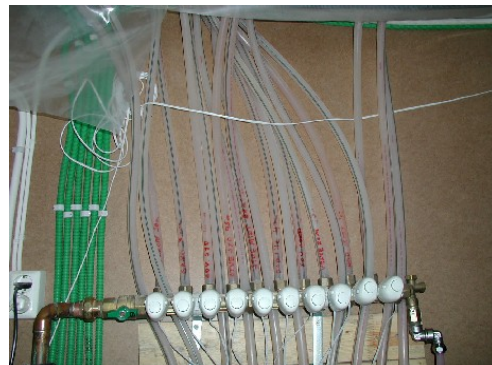
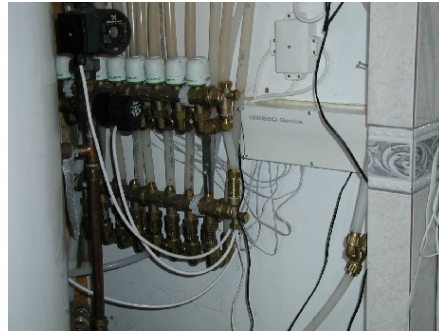
Det har vært umulig å finne dokumentasjon på hvordan anlegget skal driftes verken hos konsulent eller eier, ei heller oppdaterte tegninger av anlegget, som viser hvordan det er blitt utført (as built). Øvrige interessante data for varmeanlegget synes også å være mangelfull (eller mangle helt).

Varmeplanlegget er ifølge konsulent dimensjonert for en gjennomsnittlig spesifikk varmeeffekt på 20 W/m² for 1.-3. etasje og 30 W/m² for 4. etasje. I tillegg vil internlast fra belysning, personer og maskiner være med å dekke varmebehovet. Dimensjonene på rørsystemet er påvist å være for små slik at når det er kaldest, må man benytte ventilasjonsluften til oppvarming.

4. MANGLER OG FEIL

Erfaringene fra evalueringen av disse anleggene viser at det i hovedsak er de samme mangler og feil som går igjen, enten det er små eller store varmeanlegg. Når det gjelder den håndverksmessige utførelsen, er de større varmeanleggene generelt bedre enn de mindre.

Håndverkmessige forskjeller mellom store og små anlegg.

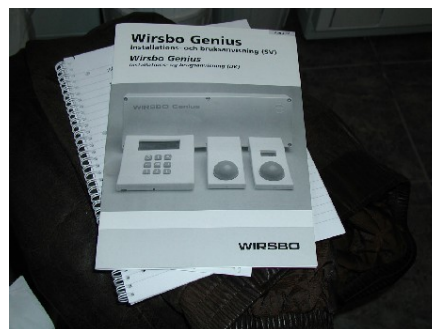
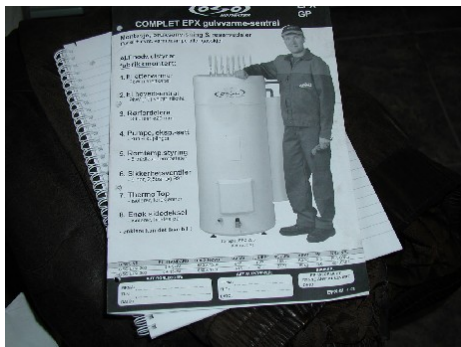


Dokumentasjon

Komplett dokumentasjon er generelt manglende for alle evaluerte gulvvarmeanleggene, til tross for at dette er et krav i Plan- og Bygningsloven (§ 5-11 i Teknisk Forskrift). Mangel på dokumentasjon er ofte knyttet til manglende planlegging. Dokumentasjon, som vanligvis mangler ved vannbårne varmeanlegg, er:

- Oppdaterte tegninger.
- Driftsinstrukser.
- Produktinformasjon.
- Innreguleringsprotokoller.
- Vedlikeholdsprosedyrer.

For større og mer kompliserte anlegg er det et ønske fra driftspersonalet om mer dokumentasjon, spesielt mer omfattende brukerveiledning.



Eksempel på komponentdokumentasjon.

Isolasjon

Flere av varmesentralene er plassert i kalde rom. På små varmeanlegg (eneboliger) isoleres ikke ventiler og rør ved varmesentral. God isolasjon av varme flater på varmeanlegg bedrer fyringsøkonomien, og varmetapet fra en uisolert flensventil tilsvarer et tap fra 1,5-2 meter uisolert rør. Anbefalt isolasjonstykkelse på DN20-DN32 er 50 mm (mineralull), men for de evaluerte anleggene er isolasjonen 20-50 mm. Ved enkelte anlegg er det benyttet 13 mm Armaflex som rørisolasjon.

Isolering av rør og ventiler er normalt ikke gjennomført på gulvvarmeanlegg i eneboliger. Selv på større varmeanlegg er det mye uisolerte ventiler og rør.

Dårlige isolerte rør og ventiler plassert i kalde og uoppvarmede rom, kan føre til økte energikostnader, men dette betyr sannsynligvis mindre for små anlegg.



Godt isolerte rør og ventiler.

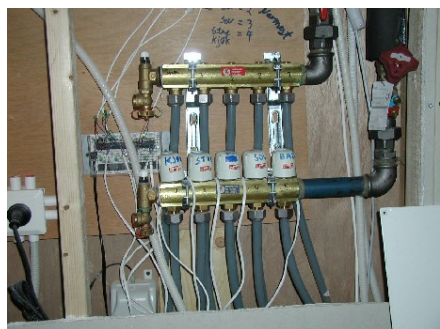
Merking av anlegg og komponenter

På små anlegg mangler det ofte merking av kurser og komponenter. Ofte ser en på gulvvarmeanlegg i eneboliger at kursene er merket med tusj penn på rørene, på veggen bak eller på de termoelektriske elementene (aktuatorene) for hver enkelt kurs.

For større anlegg er det også mangelfull merking.

Manglende merking gjør det vanskeligere å vedlikeholde og feilsøke ved ettersyn og service.

Merking av kurser og innstillinger utført på rør og fordelerstokker i boliger.



Andre mangler og feil

Det er avdekket en del uheldige løsninger med plassering av bereder og utstyr som pumper, reguleringsventiler, ekspansjonskar og samlestokker. På et av anleggene var sirkulasjonspumpen defekt, og i tillegg var det også ren mekanisk shunting. Dette medførte at temperaturen på turvannet fra kjelen var for høy (50-60 grader), som igjen har medført knirking i gulv på et av soverommene.

En varmesentral var plassert for tett opp til samlestokken, som lå inne i veggen slik at den kunne skjules bak en luke. Pumpe og ekspansjonskar stikker imidlertid inn i åpningen, som umuliggjør å skjule (dekke til) samlestokken.

Feil montering av shuntventil har medført unormalt høyt energiforbruk ved at ventilen slipper gjennom varmt vann i lukket tilstand.

Det er observert at termostater er koplet til feil kurser, som medfører at det blir for kaldt der det skal være varmt.

Det er også observert anlegg der radiatorkretsene ikke klarer å avgi nok varme.

5. KONKLUSJON

Det oppsummeres med følgende konklusjoner ved de evaluerte anleggene:

- Mangelfull dokumentasjon ved de fleste anleggene. (Dette stemmer godt overens med resultatene fra intervjuundersøkelsen).
- Dårlig utførelse ved flere av anleggene (dårlig håndtverk).
- Mangelfull innregulering av anleggene.
- Dyktig personell klarer som oftest å dekke over de fleste mangler.

6. TILTAK

Følgende tiltak anbefales for å eliminere manglene:

- **Krav om dokumentasjon** i form av:
 - Tegninger med tekniske beskrivelser.
 - Anleggsinformasjon.
 - Beregninger.
 - Produkt/komponentbeskrivelser.
 - Kontrollskjemaer/sjekklistor.
 - Innreguleringsskjema.
 - Systemskisser og tekniske data.
 - Driftsinstrukser.

På denne måten vil byggherre/eier lettere kunne sette seg inn i anlegget og drifte det optimalt.

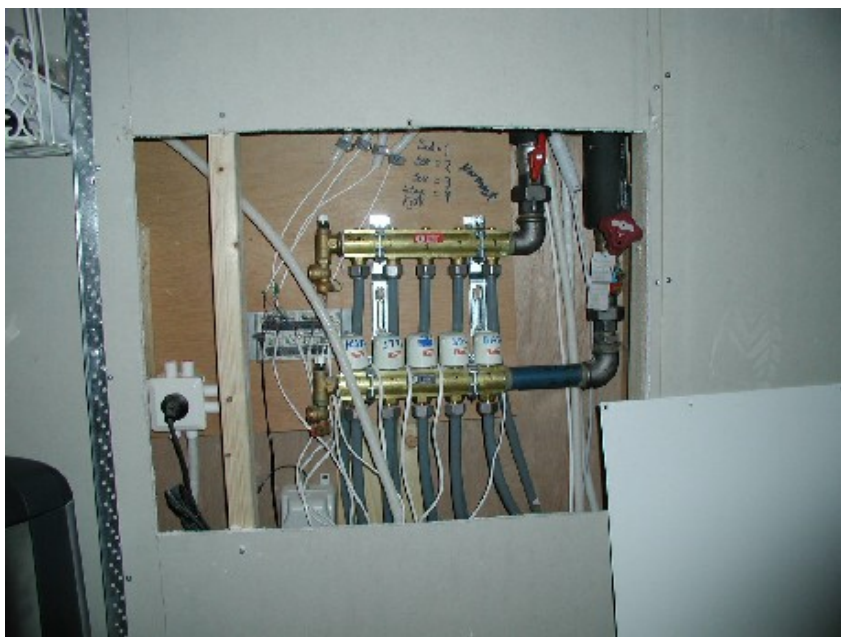
- **Kvalitetssikring.** Dette er nøkkelbegrep for å kunne dokumentere at anlegget er dimensjonert, bygget, innregulert og avlevert på en slik måte at det tilfredsstiller de krav eier har til anlegget. Kvalitetssikringen skal avdekke feil som gjøres slik at disse kan rettes opp straks. Dette innebærer at det gjennom hele prosessen fra planlegging til overlevering gjøres dokumenterte kontroller av tegninger og anlegg.

- **Kontrollskjema.** For å gjennomføre den nevnte dokumentasjon er det nyttig å benytte velegnede kontrollskjemaer. I disse skjemaene skal alle nødvendige måleresultater og beregninger registreres.

- **Innregulering.** Innreguleringen skal vurderes ut fra varmeanleggets størrelse og kompleksitet og kan deles inn i 2 nivåer:

- Mindre og enkle anlegg med kun innregulering ved bruk av varmefordelerstokk.
- Mellomstore og store anlegg for ventiler med måleuttak og bruk av proporsjonalmetoden.

Begge disse formene for innregulering vil for radiatoranlegg "kreve" trykkfallsberegninger av varmeanlegget.



Fordelingsstokker og regulatorer for liten og leilighet - innregulert etter rørlengder.



VEDLEGG

En enkel sjekkliste ved overlevering av et varmeanlegg. Den er kanskje ikke komplett, men vil vise at anlegget er kontrollert og at den nødvendige dokumentasjon finnes.

Anlegg/Eier : _____

Adresse : _____

Utført av : _____ Dato: _____
(signatur)

Kontrollert av : _____ Dato: _____
(signatur)

6.3.1 Kapasitetskontroll

Dokumenterte effektberegninger	☐ Ja	☐ Nei
Dokumenterte effektberegninger på romnivå	☐ Ja	☐ Nei
Alle rom dimensjonert med samme effektbehov? _____ W/m ²	☐ Ja	☐ Nei
Dekker anlegget varmtvannsforbruket?	☐ Ja	☐ Nei
Dekker anlegget oppvarming av svømmebasseng/gateoppvarming?	☐ Ja	☐ Nei
Kjelen stor nok? _____ kW	☐ Ja	☐ Nei
Maks. turtemp ? _____ °C Temp.diff. _____ °C		

6.3.2 Påfylling, lufting og trykkprøving

Lufteventil/mikrobobleutskiller type og plassering riktig ihht tegning/beskrivelse?	☐ Ja	☐ Nei
Ekspansjonskar type og plassering riktig ihht tegning/beskrivelse?	☐ Ja	☐ Nei
Anlegget trykkprøvet? _____ kPa ☐ Med luft ☐ Med vann	☐ Nei	
Rørnett oppfylt etter gitt trykk? _____ kPa	☐ Ja	☐ Nei
Trykkprøvingsprotokoll	☐ Ja	☐ Nei

6.3.3 Ledningsnett og komponentkontroll

Montering utført etter siste revidert tegning _____ dato	☐ Ja	☐ Nei
Riktig rørtype og dimensjoner	☐ Ja	☐ Nei
Isolasjon av rør og utrustning etter beskrivelse	☐ Ja	☐ Nei
Ventiler og annen utrustning plassert og merket ihht tegninger?	☐ Ja	☐ Nei
Komplett dokumentasjon av:		
Oppdaterte tegninger	☐ Ja	☐ Nei
Driftsinstrukser	☐ Ja	☐ Nei
Produktdokumentasjon	☐ Ja	☐ Nei
Vedlikeholdsprosedyrer	☐ Ja	☐ Nei

6.3.4 Innregulering

Innregulering etter:	☐ Forenklet strupeskjema
	☐ TA CBI
	☐ Proporsjonalmetoden
Innreguleringsprotokoll	☐ Ja ☐ Nei

Eksempler på skjemaer og protokoller er vist i slutten av vedlegget.

Forslag til innregulering

Innreguleringen skal vurderes ut fra anleggets størrelse og kompleksitet og kan deles på to nivåer.

Mindre og enkle anlegg med kun innregulering ved bruk av varmemfordelerstokk

Mellomstore - store anlegg for ventiler med måleuttak og bruk av proporsjonalmetoden

Begge disse formene for innregulering vil for radiatoranlegg "kreve" trykkfallsberegninger av varmeanlegget.

Forberedelse før innreguleringen starter:

- 1 - Lokaliser alle innjusteringsventiler.
- 2 - Kontroller at det går an å komme til dem.
- 3 - Rengjør alle filter og avluft anlegget.
- 4 - Åpne alle avstengningsventiler som ska være åpne og åpne alle reguleringsventiler.
- 5 - Kontroller at pumpen fungerer som den skal og har riktig rotasjonsretning.

Husk å dokumentere innreguleringen for så vel små som store anlegg.

Mindre anlegg - gulvvarme og radiatorer med varmemfordelere.

Innreguleringen gjøres etter bruk av flowmeter eller forenklet strupeskjema for gulvvarmemfordelere. Forenklet strupeskjema er egentlig en metode for midlertidig justering av gulvvarmeanlegg basert på lengden av sløyfene på hver kurs og innstillingen av strupeventilen på returfordeleren. Metoden egner seg for anlegg hvor det ikke er måleuttak på innreguleringsventilene og hvor kursene har samme effektbehovet pr. m². Denne innreguleringen er velegnet for midlertidig justering av gulvvarmeanlegget, men hvis forutsetningene ikke er oppfylt (forskjellig effektbehov, andre rørdimensjoner) må det gjøres beregninger for å innregulere anlegget. De fleste leverandører av slike anlegg har utviklet egne programmer som gjør slike beregninger.

Maksimalt antall sløyfer per fordelingsstokk bør ikke overstige 10-12 stk. Som et eksempel vises det til Wirsbo Gulvvarme¹, Roth Gulvvarme², Lagerstedt & Krantz AS osv.

For den lengste sløyfen på 85 meter (maks. rørlengde pePEX-rør 20 x 2 mm 120 m) åpnes strupeventilen helt dvs. 5 omdreininger fra stengt ventil. Deretter anvendes nedenstående figur som viser hvordan strupeventilene skal innstilles (antall omdreininger fra stengt åpning) for de øvrige sløyfelengder (kurser).

¹ Wirsbo Gulvvarme Blad 5:32 JAN 2000.

² Roth Scandinavia AS

Lengde på enkelte sløyter fra fordelere

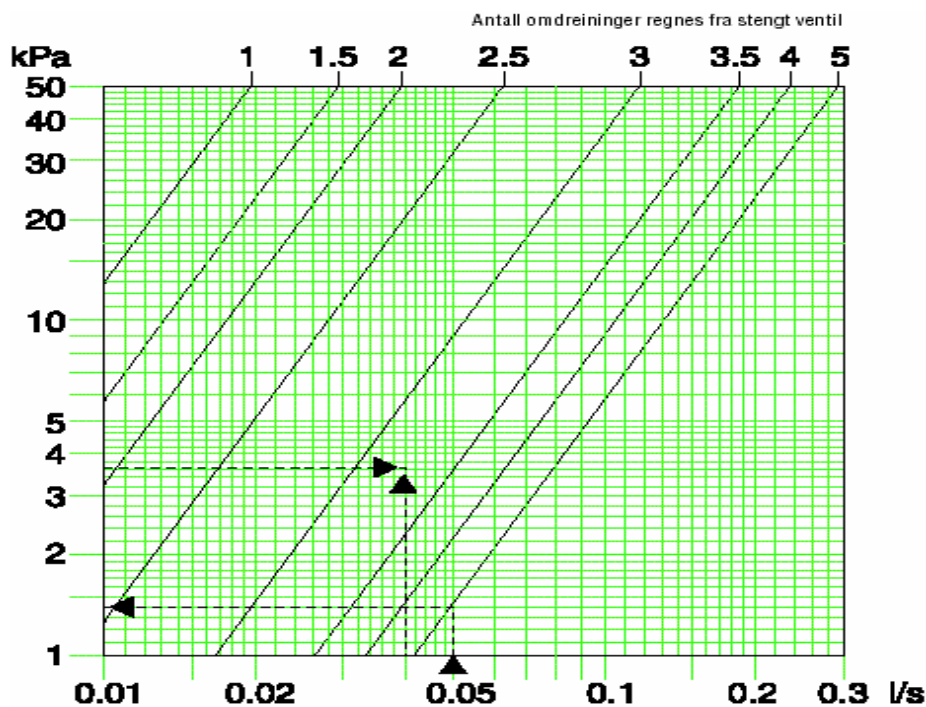
	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
120	5,0	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,1
115		5,0	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
110			5,0	3,6	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	1,7	1,5	1,2
105				5,0	3,6	3,3	3,2	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	1,8	1,6	1,3
100					5,0	3,6	3,3	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
95						5,0	3,6	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,4
90							5,0	3,6	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5
85								5,0	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3	2,1	1,9	1,6
80									5,0	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7
75										5,0	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,1	1,8
70											5,0	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,2	1,9
65												5,0	3,5	3,2	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,3	2,0
60													5,0	3,5	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,4	2,1
55														5,0	3,5	3,2	3,0	2,8	2,7	2,5	2,2
50															5,0	3,5	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4
45																5,0	3,4	3,1	2,9	2,7	2,5
40																	5,0	3,4	3,1	2,9	2,6
35																		5,0	3,4	3,0	2,8
30																			5,0	3,3	3,0
25																				5,0	3,3

fordelerne lengde serie

Rørlengder og strupeventilinnstillinger (Wirsbo)

Til slutt åpnes alle reguleringsventiler og en innregulerer totalmengden til fordelerne.

For radiatorer kan en ikke anvende dette diagrammet. For innregulering av radiatorer må det være gjennomført trykkløsløsberegninger for de forskjellige kursene. En gitt varmeavgivelse og Δt gir vannmengde i l/s og trykkløsløsberegninger for denne kursen. For radiatorer benyttes et ventildiaagram for gulvvarmefordelere som vist i figuren.



Ventildiaagram (Wirsbo)

Eksempel på innregulering av radiatorer tilkoblet samlestock.

Den lengste sløyfe skal ha en vannmengde lik 0,05 l/s og har beregnet et trykkfall for rør og radiatorer på 4,5 kPa. For den ugunstigste sløyfen (sløyfen med størst trykkfall) avleses fra diagrammet for vannmengde 0,05 l/s og et trykkfall over helt åpen ventil (returventilen 5 omdreining) til 1,4 kPa. Det totale trykkfallet over den lengste sløyfen og fordelingsventilene blir da $p = 4,5 + 1,4 = 5,9$ kPa.

Neste sløyfe som kobles til fordeler skal ha vannmengde lik 0,04 l/s og har beregnet et trykkfall på 2,3 kPa. For samme totale trykkfall skal ventilene justeres til $5,9 - 2,3 = 3,6$ kPa.

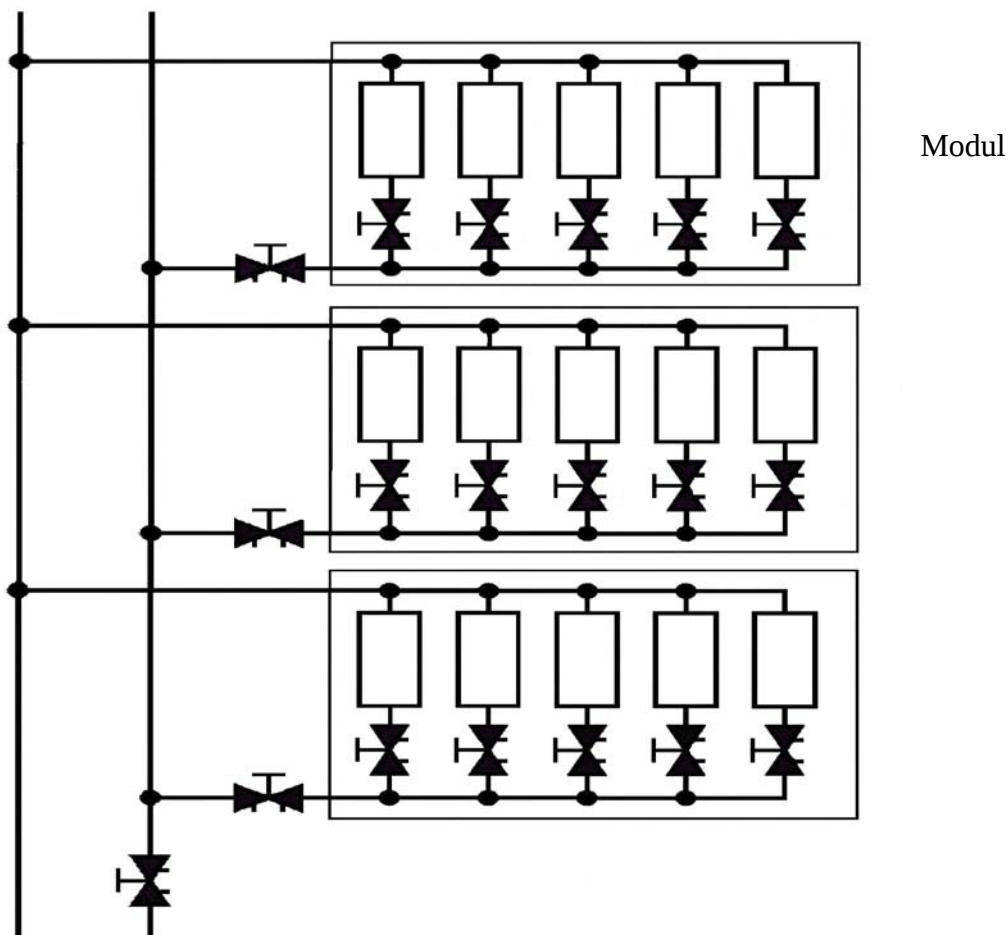
Av diagrammet avleses for vannmengde 0,04 l/s og trykkfall 3,6 kPa at returventilen for denne sløyfen skal innstilles til 3,2 omdreining (avregnet fra stengt ventil).

Slik fortsetter en til alle radiatorsløyfer er innjustert.

Med flere radiatorer på hver sløyfe må disse innjusteres mot hverandre.

Mellomstore - store anlegg

Planleggingen av innregulering av større anlegg gjøres ved gjennomgang av tegninger og identifisering av hovedledning, stamledninger, grenledninger og apparater. Det er viktig å få fastlagt at det er planlagt og montert tilstrekkelige med innreguleringsventiler i varmeanlegget. Innreguleringsventiler bør installeres slik at anlegget kan deles opp i moduler og innreguleres uavhengig av resten av anlegget, se figuren.



Stamledninger, grenledninger og apparater

Kontroller at vannmengdene for samtlige innjusteringsventiler er angitt på tegningene, samt at foreskrevet mengde for hver stamledning tilsvarer summen av de foreskrevne mengdene for grenledningene, osv.

Innregulering med TAs innreguleringsventiler og TA-CBI og TA Balance

TA Balance krever at ventilene nummereres som vist i figuren, dvs at ventilen som er nærmest partnerventilen (innreguleringsventilen for modulen) skal være nr. 1.

1. Velg en modul, hvilken som helst. Velg en av innjusteringsventilene i modulen.
2. Mål differenstrykket med TA-CBI ved innstilt ventilposisjon.
3. Steng av ventilen helt. Mål differansetrykket igjen. Åpne deretter ventilen til samme posisjon som tidligere.
4. Legg inn ønsket mengde for innjusteringsventilen i TA-CBI.
5. Gjenta trinn 2 til 4 for de øvrige innjusteringsventilene i modulen.

Når en har målt ønsket mengder for samtlige ventiler i modulen, beregner TA-CBI ut rett forinnstilling av innjusteringsventilene. Siden er det bare å gå en runde og stille inn innjusteringsventilene i henhold til data fra TA-CBI. Deretter fortsetter en med neste modul.

Innregulering etter proporsjonalmetoden

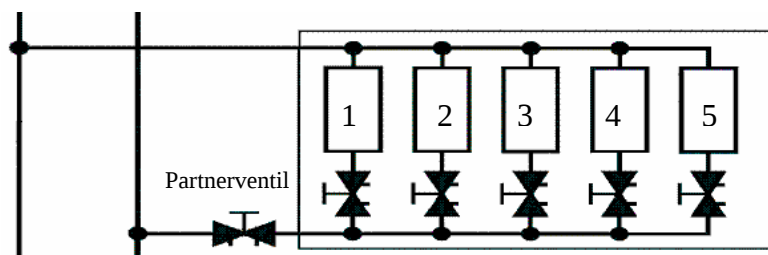
Innregulering etter proporsjonalmetoden gjøres der hvor en ikke kan benytte TA Balance eller tilsvarende program, men må måle trykk/vannmengder og innregulere systematisk.

Prinsippet for proporsjonalmetoden er at endringer i differansetrykket over en modul har like stor innvirkning på vannmengdene i samtlige apparater innenfor modulen (samme proporsjon), mens ved forandringer inne i modulen skjer ikke forandringene proporsjonalt mellom apparatene innefor modulen (proporsjonalloven gjelder ikke).

Innreguleringen etter proporsjonalmetoden starter på den stamledning og grenledning som har størst forholdstall, F-verdi (alle shunt- og innreguleringsventiler åpnes helt).

$$F = \frac{\text{Målt vannmengde}}{\text{Prosjektert vannmengde}}$$

Hvis vannmengden i en eller flere grenledninger er større enn 150 % av prosjektert verdi reguleres mengdene i disse ned til ca. 110 %



Nummerering av apparater/ventiler

1. Mål vannmengder i alle apparater
2. Beregn alle F-verdiene. Det apparatet som har minst F-verdi på grenledningen kalles **referanseenhet** og er ofte den siste enheten på grenen, hvis ikke innreguleres ventilen på siste enhet (5) til samme F-verdi som på referanseenheten og låses. *Kun det siste apparater kan benyttes som referanse.*
3. Innreguler ventiler på apparat 4 slik at $F_4 = F_5$ og fortsett deretter med neste apparat (3) til $F_3 = F_5$.
4. Innreguler vannmengdene på alle apparater suksessivt til de har en F-verdi $= F_5$. Når alle apparater er innregulerte innreguleres ventilen på grankanalen slik at $F_5 = 1$.

Gjenta samme prosedyre for innregulering av grenledninger på en stamme og la den ytterste grenledningen være referanseenheten.

Tilsvarende gjøres for stamledningene i forhold til hovedledningen.

Proporsjonalmetoden krever forberedelser for å bestemme på hvilken stamme og grenledning innreguleringen skal begynne.

Metoden er beskrevet nærmere i TAs hefte nr 2 kapittel 4.

Nordtest³ har utviklet en metode for avlevering av gulvvarmesystemer, "**Acceptance test**", som baserer seg på målinger ved bruk av strømningsmålere (flow indicators). Metoden krever at slike strømningsmålere installeres for hver kurs sammen med tilhørende temperaturføler i tur og returledninger. Hensikten er å dokumentere at gulvvarmesystemet avgir en varmeeffekt til de enkelte kurser som er i samsvar med prosjekterte verdier.

³ nordtest method NT VVS 119, 1998 Floor heating systems: Acceptance test

Kontrollskjemaer

De etterfølgende sider viser skjemaer for dokumentasjon som skal vedlegges driftsinstruks.

Radiatorer[illegible]

Gulvvarme

[illegible]

Trykkprøving(ORAS)

	Dato	Kl:	Manometer kPa	Kommentarer/Signatur
Trykk påsatt				
Trykk avlest				
Trykk avlest				
Trykk avlest				

Prøvetrykket skal minimum være 1,3 ganger oppgitt driftstrykk og minst 100 kPa over driftstrykket. Prøvetiden bør minimum være 2 timer.

Innregulering – sluttprotokoll

Anlegg/Eier : _____

Adresse : _____

Utført av : _____ Dato: _____
(signatur)

Ventil nr	Type	Dim	Innstilling/ Strupelinje Omdr.	Δp kPa	Vannmengde l/h	Prosjektet vannmengde l/h	Avvik %

Vedrørende innreguleringsskjema henvises det til VVS - bransjens Varmenorm kapittel 8, Innreguleringsskjema.