

INNEHÅLL

Inledning	7
Syftet med injusteringen	8
Ordlista	9
1. Byggprocessen ur injusteringens perspektiv	11
1.1 Planering	11
1.1.1 <i>Injusteringsentreprenörens roll</i>	11
1.2 Projektering	12
1.2.1 <i>Systemhandling</i>	12
1.2.2 <i>Bygghandling</i>	13
1.3 Produktion	13
2. Grundläggande principer	15
2.1 Termisk komfort	15
2.1.1 <i>Aktivitet och klädsel</i>	15
2.1.2 <i>Operativ temperatur</i>	16
2.1.3 <i>Riktvärden för inomhusklimat</i>	17
2.1.4 <i>Förväntningar på inomhusklimatet</i>	17
2.2 Tryckfall	18
2.3 Kv-värdet	20
2.4 Att mäta flöde	20
2.5 Tillgängligt tryck	21
2.5.1 <i>Att mäta tillgängligt tryck</i>	24
2.5.2 <i>Tillgängligt tryck vid felsökning</i>	26

2.6 Ventilauktoritet	27
2.7 Komponenter	27
2.7.1 Manuella injusteringsventiler	28
2.7.2 Differenstrycksstabiliserande injusteringsventiler	28
2.7.3 Radiatorventiler och terminalventiler	29
2.7.4 Maxflödesbegränsande ventiler.....	30
2.7.5 Termostater.....	31
2.7.6 Pumpar	32
3. Projektering	45
3.1 Behovet av värmeeffekt	45
3.1.1 Dimensionerande vinterutetemperatur, DVUT.....	45
3.1.2 Transmissionsförluster och köldbryggor.....	46
3.1.3 Förluster vid luftväxling	47
3.2 Beräkning av flöde	48
3.3 Radiatorns värmeavgivning och val av systemtemperaturer.....	49
3.3.1 Medeltemperaturdifferensen	49
3.3.2 Beräkning av värmeavgivning	49
3.3.3 Val av systemtemperaturer.....	50
3.3.4 Framledningskurvan	58
3.3.5 Systemtemperaturer vid nyproduktion	61
3.3.6 Andra typer av system	61
3.4 Olika kopplingsprinciper	61
3.4.1 Etrörssystem	61
3.4.2 Tvårörssystem	64

3.4.3	<i>Trerörssystem – Tichelmannsystem</i>	65
3.5	Injusteringsberäkningen	66
3.5.1	<i>K_v-värden till radiatorventiler</i>	66
3.6	Att tänka på vid projektering	69
3.6.1	<i>Injusteringshandlingen</i>	71
4.	Injustering.....	75
4.1	En fullgod injustering.....	75
4.1.1	<i>Flöden</i>	75
4.1.2	<i>Differenstryck över betjänade objekt</i>	76
4.1.3	<i>Temperaturfall och rumstemperaturer</i>	77
4.1.4	<i>Systemets tryckfall</i>	78
4.2	Smuts och gaser i systemet.....	80
4.2.1	<i>Smuts i systemet</i>	80
4.2.2	<i>Gaser i systemet</i>	80
4.3	Förberedelser och förutsättningar	81
4.3.1	<i>Systemet korrekt driftsatt</i>	81
4.3.2	<i>Praktiska tips och checklista inför injustering</i>	82
4.3.3	<i>Förinställning av apparater</i>	82
4.3.4	<i>Flödesmätning vid fullt flöde</i>	83
4.3.5	<i>Identifiering av indexventilen</i>	84
4.4	Injusteringsmetoder	85
4.4.1	<i>Proportionalitetsmetoden</i>	87
4.4.2	<i>Förinställningsmetoden</i>	88
4.5	Förenklade metoder.....	91
4.5.1	<i>Injustering utifrån stamtryckfall</i>	91

4.5.2 Injustering utifrån temperaturdifferens.....	93
4.6 Injustering av shuntade kretsar	94
4.6.1 Temperaturfall och flöden i shuntgrupper.....	95
4.6.2 Tvåvägshunt	95
4.6.3 Ventilauktoritet och injusteringsventilen på primärsidan.....	97
4.6.4 Trevägshunt med variabelt primärflöde.....	99
4.6.5 Trevägshunt med konstant primär- och sekundärflöde	102
4.6.6 Trevägshunt med konstant primärflöde och variabelt sekundärflöde	103
4.7 Kontroll och efterjustering	104
4.7.1 Förberedelse och optimering av framledningskurvan	105
4.7.2 Temperaturkontroll och efterjustering av kv-värden.....	106
4.8 Dokumentation	107
Bilaga AMAYHB/6.....	111
Litteraturtips	113

INLEDNING

INJUSTERINGEN SPELAR EN central roll i byggprocessen för att anläggningarna ska fungera som de är tänkta att göra. Samtidigt finns det betydande energimängder att spara i det befintliga beståndet på att fastigheternas klimatsystem är i balans och därmed kan optimeras fullt ut.

Med högre krav på energieffektiva system har kraven på injusteringen ökat. Kraven ökar också på konsulten att redan i projekteringen säkerställa att anläggningarna kommer att gå att injustera som tänkt.

Det finns flera angreppssätt och olika metoder för att nå fram till samma eller liknande resultat. Ett viktigt syfte med den här skriften är att samla en begreppsgrund som konsulter kan använda för att föreskriva injusteringen i den tekniska beskrivningen och som sedan injusteringsteknikern kan omsätta i praktisk handling. Fram till AMA VVS & Kyla 19 fanns det i Råd & Anvisningar en hänvisning för injusteringsmetoder till Byggforskningens Informationsblad B12:1974. Även om vare sig injusteringens grunder eller fysikens lagar förändrats sedan 70-talet är den skriften på många sätt utdaterad och idag inte heller allmänt tillgänglig. För information om injusteringsmetoder har man varit hänvisad till framför allt ventiltillverkarna som på vissa håll har väldigt bra informationsmaterial och utbildningar.

Den här skriften börjar med att beskriva byggprocessen ur injusteringens perspektiv och vad som är viktigt att tänka på i olika skeden för att injusteringen ska få så bra förutsättningar som möjligt. Den fortsätter med ett kapitel om grundläggande principer som är viktiga för att ge läsaren en begreppsgrund.

Kapitlet om projektering beskriver vilka steg som leder fram till injusteringshandlingen, vilka överväganden som behöver göras

längs vägen och vad handlingen ska innehålla för att injusteringen ska underlättas.

I kapitlet om injusteringsmetoder presenteras Proportionalitetsmetoden och Förinställningsmetoden där den senare är den vanligaste vid injustering av värmesystem. Även förenklade metoder i befintliga system diskuteras för de fall där kanske ritningsunderlag saknas eller är bristfälligt. De olika angreppssätt som krävs vid olika systemtyper och shuntkopplingar beskrivs.

Metoderna som beskrivs ger ett injusterat system till lågt tryckfall om de följs. De ger dock inte nödvändigtvis den snabbaste vägen till slutresultatet. Med erfarenhet kan man som tekniker ibland ta mindre genvägar som förkortar tiden för att utföra injusteringen. Sådana effektiviseringar är dock beroende av situation och svåra att fånga i en metodbeskrivning.

Fokus i boken ligger på injustering av värmesystem men injusteringsmetoderna är i stort sett allmängiltiga och tillämpbara i alla typer av hydroniska system, exempelvis kyla eller VVC. Det som skiljer injusteringen av systemen åt är snarare hur flödena beräknas, inte hur de sedan uppnås vid injusteringen.

Boken riktar sig till de konsulter som tar fram injusteringshandlingarna samt de tekniker som utför injusteringen. Även beställarsidan kan ha nytta av boken för att få en förståelse för injusteringens komplexitet men även för hur byggprocessen bör planeras för att injusteringen ska få rätt förutsättningar. Boken utgör också ett bra underlag för en beställare att kunna ta fram en kravställning till en upphandling.

Syftet med injusteringen

Enkelt uttryckt syftar injusteringen till att värmesystemet ska uppnå önskad funktion till så låg energianvändning som möjligt. Detta uppnås genom att man med injusteringen skapar en flödesbalans i anläggningen. Det vill säga att alla värmare får det flöde de behöver vid alla tidpunkter.

I ett system som inte är injusterat är flödena obalanserade. Vissa delar får överflöden medan andra får underflöden. Det tar sig uttryck i att vissa delar i byggnaden kanske inte uppnår önskad temperatur.

Andra symtom på att en anläggning inte är injusterad är exem-

pelvis dålig avkylning på värmevattnet eller störande ljud i radiatorventiler. Det senare är ofta en konsekvens av att någon försökt åtgärda problem med undertemperaturer genom att höja pumptrycket eller framledningskurvan.

Ofta är förväntningen på injusteringen att man ska uppnå en viss inomhustemperatur. Det är i sig inte fel men det finns också begränsningar i hur mycket injusteringen kan kompensera för brister i ett värmesystem. Är exempelvis radiatorer feldimensionerade så är det inte något som injusteringen kan råda bot på.

Ordlista

Betjänat objekt – Del av system (komponent eller stam) som betjänas av en injusteringsventil.

Differenstryck – Skillnaden i tryck (tryckfallet) mellan två punkter i rörsystemet.

Dimensionerande sträcka – Den sträcka från pumpen ut i systemet som har det högsta tryckfallet.

Externt tryckfall – Tryckfallet i distributionssystemet (systemtryckfallet utan tryckfall i undercentralens komponenter).

Flödeskvot – Förhållandet mellan uppmätt och projekterat flöde genom en injusteringsventil.

Hydroniskt system – Ett system där en cirkulerande vätska används för värmeöverföring.

Indexventil – Den tryckfallsmässigt sämst belägna injusteringsventilen.

Injusteringsventil, IV – En ventil som används för injustering av flöde i ett hydroniskt system, ofta med mätfunktion. För injusteringsventil används ritningsbeteckningen IV i boken men vanligt förekommande i handlingar är även RV. Med RV menar man dock reglerventil vilket för in tankarna på styrventiler. Därför är IV en

lämpligare beteckning för denna bok som behandlar injustering. Även om RV är brett använt av konsulter förekommer även IV i många handlingar.

Kv-värde – Flödet genom en ventil i m^3/h vid tryckfallet 1 bar.

Operativ temperatur – Medelvärdet av luftens temperatur (t_{luft}) och medelstrålningstemperaturen (\bar{t}_r) från omgivande ytor

P-band – Proportionalitetsband. Den förändring i rumstemperatur som krävs för att en termostatventil ska gå från fullt öppet till fullt stängd.

Relativ värmeavgivning – Andelen värmeeffekt som en radiator avger vid ett visst drifttillstånd relativt ett referenstillstånd.

Systemtryckfall – Det totala tryckfallet i systemet som pumpen ska övervinna.

Ventilauktoritet – Andel av det tillgängliga trycket vid en styrventil som erhålls över en fullt öppen ventil.

1. BYGGPROCESSEN UR INJUSTERINGENS PERSPEKTIV

INNAN VI GÅR IN i de tekniska aspekterna av injusteringen ska vi gå igenom byggprocessen och vad man bör beakta i respektive del för att skapa så bra förutsättningar för injusteringen som möjligt. Injusteringen är ett av de sista momenten innan inflyttning i ett nybyggt hus och utförs därför ofta i ett tidspressat skede nära projektets deadline. Många problem kan undvikas med en bättre planering och förståelse för injusteringens roll i byggprocessen.

1.1 Planering

Det är viktigt att avsätta tillräckligt med tid för anläggningens driftsättning och injustering i projektets tidplan och ta höjd för att saker kan hända på vägen. Det måste också finnas tid för att åtgärda eventuella brister som uppkommer. Det är lättare sagt än gjort men det är av stor vikt att driftsättning och injustering inte nedprioriteras i slutskedet med konsekvenser för anläggningens funktion, energieffektivitet och livslängd.

1.1.1 Injusteringsentreprenörens roll

Anläggningen går aldrig igenom så grundligt som vid en injustering. Injusteraren besöker samtliga systemets ventiler och mäter flöde/differenstryck vid alla injusteringsventiler med mätfunktion. Så utöver injusterarens uppenbara uppgift, att justera anläggningen, kan också injusteringen fungera som en kontroll av att anläggningen byggts enligt handling och inte är behäftad med några fel.

Idag är det vanligast att rörentreprenaden är en totalentreprenad. Injusteringen ingår då i rörentreprenaden och har inte rörentreprenören själv injusteringskompetens handlas en underentreprenör upp för injusteringen.

Det finns dock goda exempel på när injusteringen handlas upp som en egen entreprenad direkt under beställaren. Fördelen är att injusteraren då blir oberoende i relation till rörentreprenören och därför kan agera som kontrollfunktion. Utmaningen med upplägget är gränsdragningen mellan entreprenaderna och hos vem ansvaret för eventuella fel i anläggningen ligger. Om injusteringen handlas upp som egen entreprenad är det enda rimliga att både rör- och injusteringsentreprenaden genomförs som utförandeentreprenader.

Oavsett entreprenadform finns det fördelar med att låta injusteringsentreprenören komma in tidigt i projektet och bidra med sin kompetens. En nära samverkan mellan injusterare och projektör där injusteraren kan granska handlingar ur ett injusteringsperspektiv lägger en god grund för ett lyckat projekt.

1.2 Projektering

Det är viktigt att projektera en anläggning som både är möjlig och enkel att injustera. Det finns begränsade möjligheter att under injusteringen kompensera för brister som uppstått tidigare i projektet. Därför måste man redan under projekteringen säkerställa att alla förutsättningar för injustering finns och ha en tydlig idé om hur anläggningen ska injusteras.

1.2.1 Systemhandling

I beställarens systemhandling ska en systemlösning läggas fast. Här bestäms systemtemperaturer. För att det ska vara möjligt behöver en djupare projektering genomföras än vad som historiskt krävts i detta skede. Bakgrunden till detta är att värmesystemen kräver allt lägre effekt i takt med att husen byggs på ett energisnålare sätt.

I moderna välisolerade hus med förvärmad tilluft hamnar en relativt låg effekt på radiatorsystemet varför vätskeflöden kan bli väldigt låga. Man bör alltså redan i systemhandlingen utföra en komplett effektbehovsberäkning ner på rumsnivå för att utifrån det lägga fast systemtemperaturer. Vidare bör rördimensioner för samlingsledningar samt ventiler väljas för att säkerställa att injusteringsvärden är möjliga att ställa in.

1.2.2 Bygghandling

I bygghandlingen ska slutligen installationernas utförande läggas fast. Här är det viktigt att beakta placering av injusteringsventiler samt att anläggningen förses med de mätmöjligheter som krävs för att kunna utföra injusteringen. Injusteringsentreprenören kan med fördel få granska bygghandlingar ur detta perspektiv.

Det är också viktigt att projektera anläggningen för låga tryckfall och säkerställa att föreslagna rördragningar är möjliga för att undvika att ytterligare tryckfall byggs in i anläggningen under produktionen. Ju färre avvikelser den färdiga anläggningen har från bygghandlingen desto bättre förutsättningar finns det för en lyckad injustering.

1.3 Produktion

Produktionsfasen kan delas in i tre skeden.

1. Anläggningens uppförande
2. Driftsättning
3. Injustering

Under anläggningens uppförande är det viktigt att rörentreprenören har god förståelse för hur utformningen av systemet påverkar injusteringen. Fokus bör genomgående ligga på att bygga anläggningen med så låga tryckfall som möjligt genom att exempelvis minimera antalet rörböjar.

Injusteringsventiler måste installeras enligt tillverkares anvisningar för att inte introducera onödiga mätfel. Om man av någon anledning måste byta material från bygghandling är det av största vikt att det nya materialet är identiskt med det tidigare. Olika injusteringsventiler kan ha olika inställningsområden trots att de har samma dimension. Rörssystem i sin tur har olika egenskaper beträffande tryckfall beroende av vilken tillverkare de kommer ifrån. Här ska tryckfallsberäkningen uppdateras om rörsystemen byts ut.

Det är också viktigt under produktion att i största möjliga mån jobba för att hålla rör och andra komponenter så rena invändigt som möjligt. Under produktion är det stor risk att man får in partiklar som senare vållar problem vid driftsättning och injustering.

Man bör speciellt tänka på att inte förvara rör med öppna ändar i dammig miljö under längre tid än nödvändigt samt säkerställa att spån inte kommer in i rören vid kapning.

Driftsättningen av anläggningen tar tid och det är viktigt att denna fas inte nedprioriteras. Syftet med driftsättningen är att fylla upp systemet och eliminera smuts och gaser i systemet. Systemet ska spolras ur och sedan ska det cirkulera med fullt flöde utan termostater och ställdon monterade under minst två veckor innan injusteringen kan utföras.

Under den tiden ska silar och filter rengöras vid behov. Det är en fördel om stammar och andra apparater (exempelvis värmebatterier) förses med avtappningar så att de kan spolras individuellt.

Anläggningens tryckhållningsanordning driftsätts och ställs in. Systemet avgasas och luftas ur vid flera tillfällen under driftsättningen.

Efter driftsättning kan anläggningen slutligen injusteras. Här är det viktigt att ha marginal i tidsplanen då det inte är ovanligt att man vid injusteringen upptäcker brister i anläggningen som kan behöva åtgärdas.

Många hus byggs med etappvis inflyttning. Injusteringen måste då också utföras etappvis. Här behöver man låta framtida etapper som ännu inte är byggda representeras av förbigångsledningar för att möjliggöra injustering. På så sätt kan man flödesmässigt simulera det färdiga systemet. Varje etapp måste injusteras med fullt flöde varför man behöver avvakta med att montera termostater i de tidigare etapperna tills det att hela anläggningen är färdigställd. Om termostater av någon anledning behöver monteras i de första etapperna innan de senare injusteras behöver dessa demonteras innan injusteringen kan återupptas.