

TAPPVARMVATTEN- ANVÄNDNING PÅ HOTELL



Stefan Petersson och Sven Werner, FVB Sverige ab
Martin Sandberg och Åsa Wahlström, SP

Forskning och Utveckling | 2004:115

TAPPVARMVATTENANVÄNDNING PÅ HOTELL

Forskning och Utveckling | 2004:115

**Stefan Petersson och Sven Werner, FVB Sverige ab
Martin Sandberg och Åsa Wahlström,
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut**

ISSN 1401-9264
© 2004 Svensk Fjärrvärme AB
Art nr FOU 2004:115

Förord

Arbetsgruppen som har genomfört detta projekt består av Stefan Petersson och Sven Werner från FVB Sverige ab samt Martin Sandberg och Åsa Wahlström från SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Detta arbete har finansierats av Svensk Fjärrvärme. Referensgruppen har bestått av Christer Forslund, Gävle Energi AB; Janusz Wollerstrand, Lunds Tekniska Högskola och Roger Svensson, Göteborg Energi AB.

Vi vill rikta ett tack till ledningen för de hotell som ingått i undersökningen för att vi fick lov att mäta och vi hoppas att ni får något igen från undersökningen. Tack även till Gävle Energi AB som delade med sig av mätningarna på hotellet i Gävle. Ett speciellt tack riktas till Janusz Wollerstrand i referensgruppen för diskussioner och värdefullt engagemang vid beräkning med Gumbelfördelning och konsekvenser av bristdimensionering (Stefan Peterssons kommentar).

Sammanfattning FOU 2004:115 – Tappvarmvattenanvändning på hotell

Historiskt sett har dimensioneringskurvor för varmvattenberedning i bostäder varit väl tilltagna och därmed komponenterna överdimensionerade. Den svenska fjärrvärmebranschen har uppmärksammat detta och flera företag byter ut stora ventiler mot behovsanpassade vilket ger flera fördelar. Det finns flera orsaker till att det går att behovsdimensionera ventiler och växlare och ändå uppfylla brukarnas komfortkrav. Tappvarmvattenflödet är sammanlagrat, tappningarna har oftast kort varaktighet, stora samtidiga tappningar är inte särskilt sannolika. Dessutom förekommer dimensionerande flöden på vintern, medan tappvarmvattensystemet är dimensionerat för sommarfall. Temporära temperatursänkningar jämnas ut av vattenledningar och brukaren märker sällan dessa då 55 gradigt vatten inte används vid tappstället.

För bostäder finns rekommendationer om dimensionerande varmvattenflöde, men för hotell saknas detta. Syftet med projektet har varit att utvärdera varmvattenanvändningen på svenska hotell i förhållande till storlek och belägningsgrad. Om de utvalda hotellens användningsmönster sammanfaller med hänsyn tagen till storlek kan man föreslå dimensioneringskurvor för varmvattenflöden. Dessa kan användas vid renovering eller nybyggnation av hotell eller anläggningar med liknande användningsmönster.

Mätningar på tre hotell av varierande storlek har genomförts. Hotellen har 36, 52 och 158 rum. Hotellen finns i Borås och Kinna. En kort mätserie från ytterligare 1 hotell i Gävle (199 rum) har kommit projektet till del. Mätningarna visar att stora varmvattentappningar på hotell är sällsynta och korta. Relativa frekvenser, kumulerade relativa frekvenser och sannolika extremvärden har beräknats för hotellen. Svensk Fjärrvärme har rekommendationer för dimensionerande varmvattenflöden för bostäder. Generellt kan man säga att dessa tidigare legat så att en kumulerad relativ frekvens på 1 % uppnåts, dvs. 99 % av alla varmvattentappningar som förekommer understiger det rekommenderade flödet. Den kommande dimensioneringskurvan innebär en kumulerad relativ frekvens på 7 % för bostäder. Detta förfarande kan man inte direkt överföra på hotell eftersom de har en varierande belägningsgrad under mätperioderna. Detta projekt har visat att maximalt varmvattenflöde inte nödvändigtvis uppstår vid högsta belägningsgrad, utan istället påvisat sannolika maximala flöden för de tre hotellen. Rekommendationerna gäller för dimensionering av värmeväxlare och primär styrventil. Vattenledningar i fastigheterna omfattas av en speciell dimensioneringsstandard.

Antal hotellrum	Rekommenderade dimensionerande varmvattenflöden [l/s]
<30	0,40
50	0,59
75	0,89
100	1,11
150	1,41
200	1,63
250	1,80
300	1,94
400	2,15
500	2,32

Nyckelord: Fjärrvärme, hotell, varmvatten, dimensioneringskurvor

Summary FOU 2004:115 – Domestic Hot Water Usage in Hotels

Historically, design curves for domestic hot water, have been well sized and therefore also the components oversized. The Swedish district heating companies have noticed this and some exchange large valves with customer-required valves, which give several advantages. There are several reasons why valves and heat exchangers can be customer-required and still the customers demand for hot water comfort can be fulfilled. The domestic hot water flow is composed, the taps are often short, large simultaneous taps are not very likely. Also, the dimensioning flows occur in the winter period, while the components are dimensioned for the summer case. The water pipes level off temporary temperature drops and the user seldom notices these because water with 55°C is not used in the tap.

For residential buildings there are dimensioning recommendations on domestic hot water flow, but not for hotels. The purpose of this project has been to evaluate the domestic hot water use in relation to size and number of occupied beds. If the patterns of the chosen hotels coincide regarding to the sizes, dimensioning curves for domestic hot water use can be suggested. They can be used when hotels, or buildings with the same use pattern, are being built or restored.

Measurements on 3 hotels with different sizes have been made. The hotels have 36, 52 and 158 rooms. The hotels are situated in the cities of Borås and Kinna in Sweden. A short period of measurements from another hotel in the city of Gävle (199 rooms) has also been included in this project. The measurements show that large hot water taps in hotels are rare and short. For the hotels, relative, cumulative relative frequencies and likely extreme values have been estimated. For residential buildings, The Swedish District Heating Association have recommendations for dimensioned domestic hot water flows. Formerly, these recommendations have been levelled so a cumulative relative frequency of 1 %, is reached, i.e. 99 % of all hot water taps are below this flow. The new recommended dimensioning curve for residential buildings involve a cumulative relative frequency of 7 %. This can not be directly transferred to hotels due to variations in number of occupied beds during the period of measurements. This project has shown that maximum domestic hot water flow not necessarily occurs when the hotel is fully occupied. Instead, it indicates likely maximum flows for the three hotels. These recommendations are for heat exchangers and primary valves dimensioning. The water pipes in the houses are included in a special dimensioning standard.

Number of hotel rooms	Recommended dimensioned domestic hot water flows [l/s]
< 30	0,40
50	0,59
75	0,89
100	1,11
150	1,41
200	1,63
250	1,80
300	1,94
400	2,15
500	2,32

Keywords: District heating, Hotels, Domestic hot water, Design curves

Innehållsförteckning

1.	Inledning	7
1.1.	Problemställning	7
1.2.	Kunskapsläget	8
1.3.	Syfte och avgränsningar	9
1.4.	Arbetsmetoder	9
2.	Hotellen i undersökningen	10
2.1.	Hotellbeståndet i Sverige	10
2.2.	First Hotel Grand i Borås	11
2.3.	Hotell Borås i Borås	11
2.4.	Kinna Stadshotell i Kinna	11
2.5.	Hotell Winn i Gävle (Park Inn)	11
3.	Beskrivning av mätningar	12
3.1.	Lagringsintervall	12
3.2.	Beskrivning av mätutrustning på Hotel Grand	13
3.3.	Beskrivning av mätutrustning på Hotell Borås	13
3.4.	Beskrivning av mätutrustning på Kinna Stadshotell	13
4.	Resultat från mätningarna	14
4.1.	Mätperioder	14
4.2.	Vattentemperaturer	15
4.2.1.	First Hotel Grand	15
4.2.2.	Hotell Borås	16
4.2.3.	Kinna Stadshotell	19
4.2.4.	Hotell Winn i Gävle	20
4.3.	Dygnsmönster	21
4.3.1.	First Hotel Grand	21
4.3.2.	Hotell Borås	22
4.3.3.	Kinna Stadshotell	23
4.4.	Vattenanvändning	24
4.4.1.	First Hotel Grand	24
4.4.2.	Hotell Borås	25
4.4.3.	Kinna Stadshotell	27
4.5.	Tappvarmvattenanvändningens frekvens	29
4.5.1.	First Hotel Grand	29
4.5.2.	Hotell Borås	30
4.5.3.	Kinna Stadshotell	31
4.5.4.	Hotell Winn i Gävle	33
4.6.	Lagringsintervallets betydelse för tappfrekvensen	34

4.7.	Tappvarmvattenanvändningens sannolika extremvärden.....	36
4.7.1.	First Hotel Grand.....	37
4.7.2.	Hotell Borås	39
4.7.3.	Kinna Stadshotell	40
4.8.	Slutsatser från mätningarna	41
5.	Konsekvenser vid överbelastning av värmeväxlare	43
6.	Diskussion och slutsatser.....	46
7.	Litteratur.....	48

1. Inledning

1.1. Problemställning

Historiskt sett har dimensioneringskurvor för varmvattenberedning i bostäder visat sig vara väl tilltagna och därmed ingående komponenter överdimensionerade. Den svenska fjärrvärmebranschen uppmärksammar i allt större grad att fallet är sådant och att mindre styrventiler ger flera fördelar. Ofta är styrventiler flera gånger för stora och vissa fjärrvärmeföretag som äger sina fjärrvärmecentraler börjar nu byta ut överdimensionerade styrventiler mot mindre (exempelvis Gävle och Göteborg). Istället monteras ”behovsdimensionerade” styrventiler. Det finns flera orsaker till att det är möjligt att snåldimensionera ventiler och växlare och ändå uppfylla brukarnas tappvarmvattenbehov:

- Tappvarmvattenflödet har en sammanlagring, dvs. alla tappar inte samtidigt
- Varmvattentappningarna har oftast kort varaktighet
- Stora samtidiga tappningar är inte särskilt sannolika
- Varmvattenledningen har en temperaturutjämnande inverkan
- Dimensionerande flöden förekommer på vintern, medan tappvarmvattensystemet är dimensionerat för sommarfall

I anläggningar dämpas temperaturfallet vid stora tappningar av den ackumulerade värmeenergin i värmeväxlaren och i VVC-systemet. Hur mycket det dämpas beror av VVC-systemets konfiguration och flöde. Eftersom brukare normalt inte använder 55-gradigt vatten för duschning eller annat brukar temporära dippar i temperaturen inte märkas hos slutanvändaren.

Emellertid finns det anläggningar som under vissa speciella tidpunkter på dygnet kan ha hög tappintensitet. Det vill säga varmvattenanvändningens mönster i dessa typer av anläggningar följer inte det användningsmönster som normalt förekommer i bostäder. Exempel på anläggningar som skulle kunna utmärka sig är hotell. På morgonen använder många hotellgäster varmvatten samtidigt som aktiviteter i hotellkök startar. På hotell är det ofta extra viktigt att brukarna inte märker av några temporära temperatursänkningar. Ett annat exempel är idrottsanläggningar eller simhallar där många duschar samtidigt.

”Behovsdimensionering” av styrventiler och växlare är kanske därför mindre lämplig att överföra direkt på sådana anläggningar. Om uttagsmönstret i dessa anläggningstyper däremot går att förutsäga kan man bättre styra dimensioneringen av ingående utrustning i fjärrvärmecentralen, så som värmeväxlare och styrventil.

1.2. Kunskapsläget

Mätningar på sjukhus och kontor är genomförda i *Volla, 1996*. Sjukhusen representerar anläggningar med hög användning av varmvatten och kontor representerar anläggningar med låg användning. I undersökningen visas att dimensionerande flöde nås ibland, men karakteristiskt flöde är endast 10-20 % av dimensionerande flöde. Detta leder till stora ventiler med reglerproblem som följd. Reduktion med 50 % i ventilstorlek löser problemet och leder endast till en något minskad prestanda för användarna enligt *Volla, 1996*. I en undersökning, *Aronsson 1996*, studeras tillsammans med bostäder även kontorshus och sjukhem. I övrigt har inte så många undersökningar genomförts som berör anläggningar än bostäder. Det kan vara naturligt eftersom bostäder står för den allra största delen av fjärrvärmeansluten bebyggelse. Andra typer av anläggningar bedöms mer från fall till fall vilket behov av varmvatten som föreligger.

För bostäder har alltså flera undersökningar genom åren genomförts. Redan på mitten av 1980-talet var det känt att SBN gav en överskattning av varmvattenflödet, *Werner 1985*. En undersökning, *Berg 1994*, vid Stockholm Energi visade att tappvarmvattensystemet fungerade bättre om man dimensionerade systemet för halva det dimensionerande flödet enligt *SBN 80*. Detta dimensioneringsförfarande gav som resultat att systemet bättre klarade av att tillhandahålla rätt tempererat tappvarmvatten. Även flera andra undersökningar har visat att dimensionering av tappvarmvattenutrustning kan dimensioneras snålare än vad som gjorts förut, ex. *Aronsson 1996* och *Holmberg 1987*.

I Gävle har man kommit långt när det gäller anpassning av varmvattensystemets ingående komponenter. Där har man de senaste åren skaffat sig en stor erfarenhet genom att behovsanpassa styrventiler. Man har för en viss bostad testat hur långt ner i dimension man kan gå utan att de boende upplever en brist i tappvarmvattenkomforten (egentligen klagar). Om klagomål uppstår har man ökat styrventilen en storlek. Deras experiment har så småningom lett till att forskare intresserat sig för att förklara varför man kan reducera ingående komponenter så kraftigt jämfört med tidigare dimensioneringsrekommendationer. Peter Gummérus har skrivit om behovsanpassad dimensionering i bl.a. *Gummérus, Petersson 1999*. Han visar med simuleringsmodeller att stora tappningar förekommer sällan och att varmvattensystemets ledningar har en temperaturutjämnande inverkan. Därmed kommer eventuella bristsituationer med för låg varmvattentemperatur att förekomma sällan och brukaren kommer troligtvis inte att märka av dem. Gummérus föreslår utifrån simuleringsmodeller och mätningar en bristdimensionering på 7 % (kumulerad relativ frekvens¹) för bostäder, vilket kan jämföras med Svensk Fjärrvärmes tidigare rekommendationer av ca 1 %. Gummérus rekommendation från modellen är konservativ eftersom modellen inte tar hänsyn till att en person som precis kommit ut från duschen inte börjar duscha igen. Nämnas kan samtidigt att Gävle Energi dimensionerar generellt för ca 10 % kumulerad relativ frekvens. I en senare undersökning av denna dynamiska dimensioneringsmetod, *Wollerstrand 2002*, visas att tappvarmvattensystemets förmåga att utjämna temperaturvariationer är begränsad, men att människans förmåga att uppleva långsamma temperaturvariationer är individuell. Wollerstrand visar att behovsdimensionerad dimensionering i stort sett

¹ Kumulerad relativ frekvens är ett mått på tappningarnas varaktighet. Jämför med varaktighetsdiagram för effektbehov i fjärrvärmesystem. Det anger hur ofta förekommande en viss storlek på tappning är. 1% kumulerad relativ frekvens betyder att endast 1% av alla tappningar överstiger den nivån. Kumulerad relativ frekvens säger inget om när dessa inträffar.

fungerar som avsett, men att det slutgiltiga valet av reglerventilens kapacitet är avhängigt av hur väl vvc-systemet fungerar.

Svensk Fjärrvärme har rekommendationer för bostäder för vilket varmvattenflöde som är lämpligt att dimensionera en fjärrvärmeansluten anläggning med, *Svensk Fjärrvärme 2004*. Efterhand som kunskaperna kring varmvattentappningar ökat, har de rekommenderade dimensioneringsflödena genom åren minskats. Idag rekommenderas för bostäder dimensionerande flöden enligt Tabell 1. Däremot saknas rekommendationer för andra typer av anläggningar så som hotell.

Tabell 1 Rekommenderade dimensionerande tappvarmvattenflöden för bostäder (2004)

Table 1. Recommended levels for dimensioning domestic hot water flows in residential buildings (2004)

Lägenheter st.	Varmvatten l/s	Lägenheter st.	Varmvatten l/s	Lägenheter st.	Varmvatten l/s
1	0,2	80	0,78	170	1,24
5	0,25	90	0,84	180	1,28
10	0,31	100	0,89	190	1,33
20	0,4	110	0,94	200	1,38
30	0,48	120	0,99	210	1,62
40	0,55	130	1,04	220	1,47
50	0,61	140	1,09	230	1,51
60	0,67	150	1,14	240	1,56
70	0,77	160	1,19	250	1,6

1.3. Syfte och avgränsningar

Syftet med projektet är att utvärdera varmvattenanvändningen på svenska hotell i förhållande till deras storlek och beläggningsgrad. Om de utvalda hotellens användningsmönster sammanfaller med hänsyn tagen till storleken kan man därefter ge rekommendationer för dimensioneringskurvor för dessa typer av anläggningar. Dimensioneringskurvorna kan sedan ligga till grund vid renovering eller nybyggnation av hotell eller anläggningar med liknande användningsmönster.

1.4. Arbetsmetoder

Projektet har mätt varmvattenanvändningen på tre utvalda befintliga hotell i Sverige av varierande storlek. Hotellen har valts med tanke på att få resultat från hotell som storleksmässigt speglar det svenska hotellbeståndet. Dessutom har projektet haft tillgång till tidigare utförda mätningar på ytterligare ett hotell. Alla fyra hotellen har sedan ingått i utvärderingen av varmvattenanvändning.

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) har ansvarat för mättjänsten samt en del av utvärderingsarbetet. SP har tillhandahållit mätutrustningen samt ombesörjt installationen i de utvalda hotellen. FVB har tillsammans med SP utformat kravspecifikation för mätningarna samt utvärderat insamlade mätdata. Slutrapporten har huvudsakligen utformats och skrivits av FVB.

2. Hotellen i undersökningen

2.1. Hotellbeståndet i Sverige

Idag finns det ca 1700 hotell i Sverige². Tillsammans har de en kapacitet på ca 89000 rum och 32,5 miljoner rumsnätter. År 2001 var efterfrågan ca 15,4 miljoner rumsnätter vilket ger en beläggning på ca 47%. Omsättningen var ca 20 miljarder kronor år 2001. Två av tre personer som bor på hotell är affärsresenärer, övriga är privatgäster.

Storleksmässigt fördelar sig hotellbeståndet enligt följande:

Tabell 2 Storleksmässig fördelning på svenska hotell

Table 2 Hotel size variations in Sweden

Storlek [rum]	Antal [styck]	Övrigt
Fler än 100	230	Står för ca hälften av sålda rum
50-100	325	
25-50	450	
Färre än 25	700	
Totalt	1705	

Hotellen lägger 4-8 % av omsättningen på kostnader för energi, vatten och sopor. Det motsvarar 250-450 kr/m² och år i utgifter för dessa poster.

De tre hotell som ingår i projektets mätstudie återfinns i några olika grupper i ovanstående tabell. Arbetsgruppen har medvetet valt hotellen för mätning efter några kriterier:

- Hotellet skall vara anslutet till det lokala fjärrvärmenätet
- Hotellen skall vara av varierande storlek
- Hotellet skall finnas inom en radie av 100 km från Borås för att hålla nere resekostnader vid mätning.
- Hotellens fjärrvärmecentral skall finnas bakom en låsbar dörr pga. stöldrisk av mätutrustning
- Hotellens fjärrvärmecentral skall vara byggd så att rören har tillräckliga raksträckor för att installera mätutrustning och därmed få god kvalitet på mätningarna. Det skall även finnas plats för logger mm.
- Kallvattenflöden skall vara möjliga att registrera antingen med en extra mätare eller med kommunens kallvattenmätare.
- Hotellens beläggning under mätperioden skall vara känd
- Hotellet skall ha relativt god förväntad beläggning under mätperioden
- Mätperioden skall vara minst 1 månad.

Gruppen hade från början önskemål om att det eventuella kökets varmvattenanvändning gick att särskilja från övriga hotellets användning. Detta

² Uppgifterna kommer från SHR (Sveriges Hotell- och Restaurangföretagare)

önskemål gick inte att uppfylla pga. stammarnas förgreningar, varför alla mätningar även innehåller köksanvändningar och eventuella andra användningar.

2.2. First Hotel Grand i Borås

Hotellet som är beläget i centrala Borås har 158 rum. I anslutning till hotellet finns även en restaurang med kök, en festlokal samt en konferensavdelning. Rummen har inte snålspolande armaturer.

2.3. Hotell Borås i Borås

Hotellet ligger på Sandgårdsgatan 25 i centrala Borås. Hotellet har 52 rum. Alla rum har dusch eller bad. Rummen har inte snålspolande armaturer. Till anläggningen hör restaurang Renässans och en pub i källaren.

2.4. Kinna Stadshotell i Kinna

Kinna Stadshotell är beläget i Kinna (ca 35 km från Borås) och har 36 rum, alla med dusch på rummen. Rummen har inte snålspolande armaturer. Totalt finns det 56 bäddar att tillgå. Hotellet har även en kvällsöppen restaurang och festlokal samt konferenslokaler.

2.5. Hotell Winn i Gävle (Park Inn)

Detta hotell har gruppen inte själva genomfört mätningarna på utan det är Gävle Energi AB som har stått för dem. Därmed finns inte mätutrustning och mätosäkerheter redovisade för detta hotell. Tillgängliga mätdata innefattar enbart varmvattenanvändningens frekvens och varmvattentemperaturer.

Hotellet är beläget i centrala Gävle på Norra Slottsgatan 9. Hotellet har 199 rum med dusch/bad på alla rum, konferensavdelning, restaurang, simbassäng och bastu i relaxavdelningen. Rummen har inte snålspolande armaturer.

3. Beskrivning av mätningar

Mätningarna i de tre hotellen har koncentrerats på att registrera varmvattenanvändningen och dess temperatur. Samtidigt har också den totala kallvattenanvändningen och ytterligare flertalet vattentemperaturer i fjärrvärmecentralen registrerats. Syftet med de extra mätpunkterna har varit att förvisa sig om systemet har fungerat normalt utan någon oförklarlig yttre mätpåverkan och därmed få med underlag till eventuella felsökningar. Mätuppställningen mellan de tre hotellen har skiljt sig åt p.g.a. yttre förutsättningar varför varje uppställning presenteras var för sig.

3.1. Lagringsintervall

Vid samtliga mätningar har samplingsintervallet varit 10 sekunder. För Hotel Grand har sedan mätvärden lagrats var 5:e minut. För Hotell Borås och Kinna Stadshotell har lagringsintervallet reducerats till 1 minut. Anledningen har varit att dessa hotell är mindre och därmed behövs högre upplösning för att det momentana flödets storlek skall presenteras på ett representativt sätt. Med högre upplösning blir överlagringen i tappningar mindre. Den totala uppmätta volymen blir densamma oberoende av lagringsintervallets längd p.g.a. att flödesmätare med pulsutgångar tillsammans med ett totalisatorkort använts.



Figur 1. Mätutrustning som använts på Kinna stadshotell

Figure 1. Measurement equipment that have been used in "Kinna Stadshotell"

3.2. Beskrivning av mätutrustning på Hotel Grand

Följande mätutrustning har använts på Hotel Grand:

Agilent 34970A datainsamlingssystem	Inv. nr. 202 364
Cambell datainsamlingssystem	Inv. nr. 200 946
Vinghjulsräknare, varmvatten, SPX DN 40, qn 10	Sn. nr. 21 89 044
Vinghjulsräknare, kallvatten, SPX WP, DN 50, qn 15	Anl. Nr Borås Kommun 334031
	Mätarnr. 160 P50
Temperaturgivare, Pentronic Pt-100	Pentronic nr. 65-481, 482, 483, 485, 487, 488, 490

Mätosäkerheterna för kall- och varmvattenmätarna uppskattas till mindre än +/- 4 %.

Mätosäkerheterna för temperaturgivarna uppskattas till mindre än +/- 1,0 K.

3.3. Beskrivning av mätutrustning på Hotell Borås

Följande mätutrustning har använts på Hotell Borås:

Agilent 34970A datainsamlingssystem	Inv. nr. 202 364
Induktiv flödesräknare, varmvatten, Valmet	Inv. nr. 202 189
Enermet MP115	
Vinghjulsräknare, kallvatten, SPX, DN 20, qn 2,5	Anl. Nr Borås Kommun 300151
	Mätarnr. 14529 PF5
Temperaturgivare, Pentronic Pt-100	Pentronic nr. 65-481, 482, 483, 485, 487, 488, 490

Mätosäkerheterna för kall- och varmvattenmätarna uppskattas till mindre än +/- 2 %.

Mätosäkerheterna för temperaturgivarna uppskattas till mindre än +/- 1,0 K.

3.4. Beskrivning av mätutrustning på Kinna Stadshotell

Följande mätutrustning har använts på Kinna Stadshotell:

Agilent 34970A datainsamlingssystem	Inv. nr. 202 364, 202 509
Induktiv flödesräknare, varmvatten, Valmet	Inv. nr. 202 189
Enermet MP115	
Vinghjulsräknare, kallvatten, SPX, DN 20, qn 2,5	Kontr. Nr Marks Kommun 23 029 736
Temperaturgivare, Pentronic Pt-100	Pentronic nr. 65-481, 482, 483, 485, 487, 488, 490

Mätosäkerheterna för kall- och varmvattenmätarna uppskattas till mindre än +/- 2 %.

Mätosäkerheterna för temperaturgivarna uppskattas till mindre än +/- 1,0 K.

4. Resultat från mätningarna

I detta avsnitt redovisas resultaten från mätningarna. Relevanta parametrar redovisas som vattentemperaturer, dygnsmönster, vattenanvändning och varmvattenanvändningens frekvens för samtliga hotell. Undantaget är hotell Winn i Gävle där endast vattentemperaturer och varmvattenanvändningens frekvens redovisas.

Vattentemperaturer redovisas eftersom de kan ha en viss inverkan på varmvattenanvändningen (exempelvis om inkommande fjärrvärmetemperatur är för låg eller om utgående varmvatten har för låg eller för hög temperatur).

Dygnsmönster redovisas för att visa vid vilka tidpunkter på dygnet som varmvattentoppar inträffar. Om dessa toppar är väldigt markanta och höga måste man troligtvis dimensionera värmeväxlaren och primärventilen annorlunda jämfört med bostäder.

Den totala vattenanvändningen redovisas för att påvisa om det föreligger större skillnader i vattenanvändning hotellen emellan. Detta kan indikera att någon del i varmvattensystemet inte fungerar som avsett eller att hotellet har en verksamhet som inte är representativ.

Slutligen redovisas tappvarmvattenanvändningens frekvens som ligger till grund för de bedömningar och rekommendationer som studien kan ge över vilka sannolika varmvattenflöden som förekommer på hotell.

I de fall där vattenanvändning är kopplad mot antalet belagda rum har vi utgått från belägningsstatistik som respektive hotell försett oss med. Vi har antagit att beläggningen för ett visst dygn gäller från kl. 12 på dagen till kl. 12 följande dag.

4.1. Mätperioder

På Hotel Grand genomfördes mätningar under perioden 25 januari - 2 april, 2002. Upplösningen av mätdata är under hela perioden 5 minuter.

På Hotell Borås genomfördes mätningar under perioderna 3 februari – 20 mars, 2003 samt 3 april – 28 juni, 2003. Under den senare perioden användes lagringsintervallet 1 minut. Dessa 1 minuters mätningar har även konverterats till 5 minuters lagringsintervall för att på så sätt få en uppskattning av lagringsintervallets betydelse för varmvattenflödenas storlek.

På Kinna Stadshotell genomfördes mätningarna under perioden 20 november – 27 november, 2003. Därefter försvann strömförsörjningen till mätutrustningen varvid mätvärden under en period försvann. Mätningar finns sedan för perioden 3 december, 2003 – 20 januari, 2004. Under hela mätperioden användes lagringsintervallet 1 minut. Dessa 1 minuters mätningar har även konverterats till 5 minuters lagringsintervall för att på så sätt få en uppskattning av lagringsintervallets betydelse för varmvattenflödenas storlek.

På Hotell Winn i Gävle har gruppen inte själva genomfört mätningarna på utan det är Gävle Energi AB som har stått för dem. På detta hotell har mätperioden inte varit lång, endast 3 dygn. Men den ger oss ändå värdefull information om frekvenser av varmvattenanvändning från ytterligare en storlek på hotell. På Hotell Winn genomfördes mätningar under perioden 14 januari – 17 januari, 2003. Upplösningen av mätdata är under perioden 30 sekunder. Mätdata har även konverterats till 1 minuts och 5 minuters lagringsintervall för att kunna bedöma lagringsintervallets betydelse

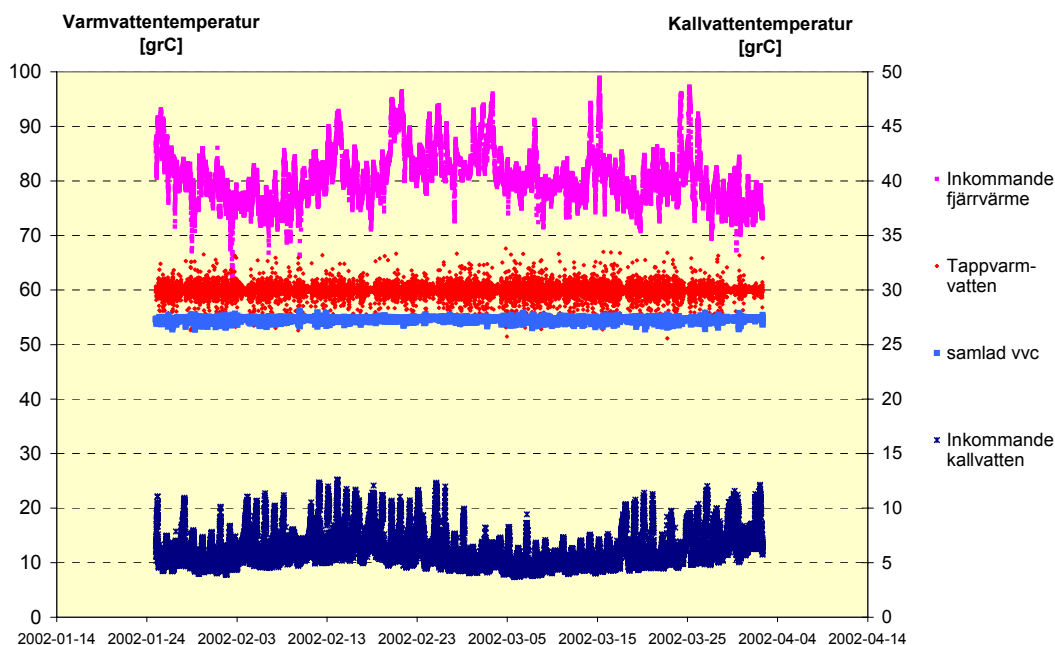
för tappvarmvattenfrekvenserna. Beläggningen på hotellet var under de studerade dygnet, tisdag till fredag, god (93%, 93%, 65% och 24%).

4.2. Vattentemperaturer

4.2.1. First Hotel Grand

Av Figur 2 framgår att inkommande fjärrvärmtemperatur varierat mellan 100°C och 65°C. Ytterligheterna har endast förekommit några enstaka tillfällen. Fjärrvärmtemperaturer har under perioden varit över den acceptabla lägstanivån på 65°C. Utgående varmvattentemperatur från värmeväxlarna har varit relativt jämnt runt det inställda börvärdet på 60°C. Även den samlade vvc-temperaturen är jämn under perioden med ett medelvärde på 55°C. Kallvattentemperaturen har under mätperioden varierat mellan 4°C och 12°C med ett medelvärde på 6°C.

Vattentemperaturerna är därmed normala och det finns således ingen anledning till att misstänka avvikelser från det normala uttagsmönstret av varmvatten.

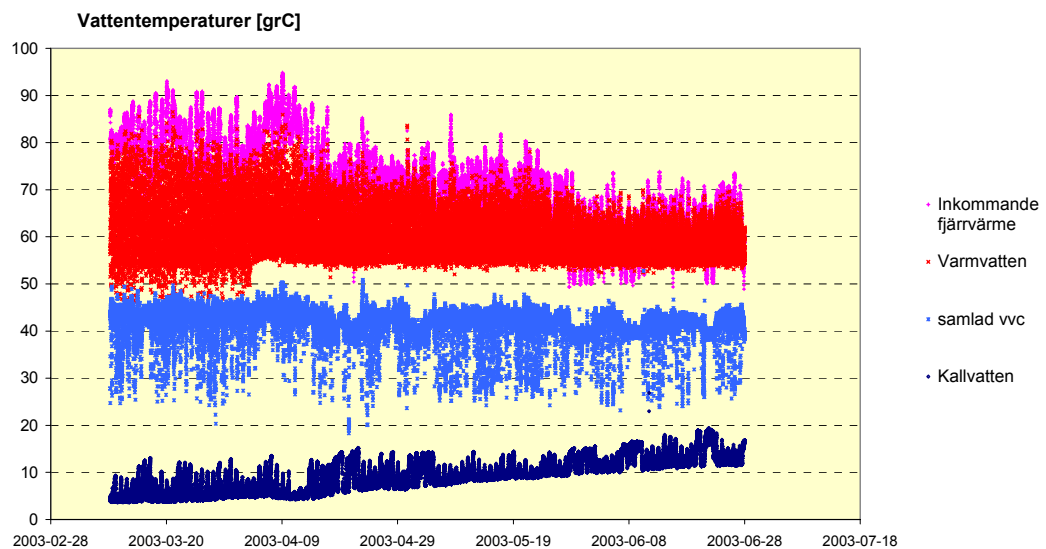


Figur 2. Vattentemperaturer under mätperioden (5 min lagringsintervall)

Figure 2. Water temperatures during the period of measurements (5 min intervals of storing)

4.2.2. Hotell Borås

Av Figur 3 framgår att inkommande fjärrvärmetemperatur varierat mellan 95°C och 50°C. Om framledningstemperaturen understiger inställt börvärde för varmvattentemperaturen under en längre sammanhängande tidsperiod så skapas en primär kortslutning eftersom primär styrventilen då ställer sig i helt öppet läge. Borås Energi har under slutet av mätperioden levererat en låg framledningstemperatur emellanåt. Detta kan bero på att man haft produktionsproblem eller att flödet i fjärrvärmenätet varit så lågt att vattnet hunnit svalna av så mycket från produktionsanläggningen fram till anläggningen. Utgående varmvattentemperatur från värmeväxlarna har varierat kraftigt kring det inställda börvärdet på 61°C. Standardavvikelsen från medelvärdet har varit 6,4°C under perioden. Även den samlade vvc-temperaturen har varierat kraftigt med ett medelvärde på 42°C. Kallvattentemperaturen har under mätperiodens senare del stigit något då man använder ytvatten i Borås färskvattensystem.

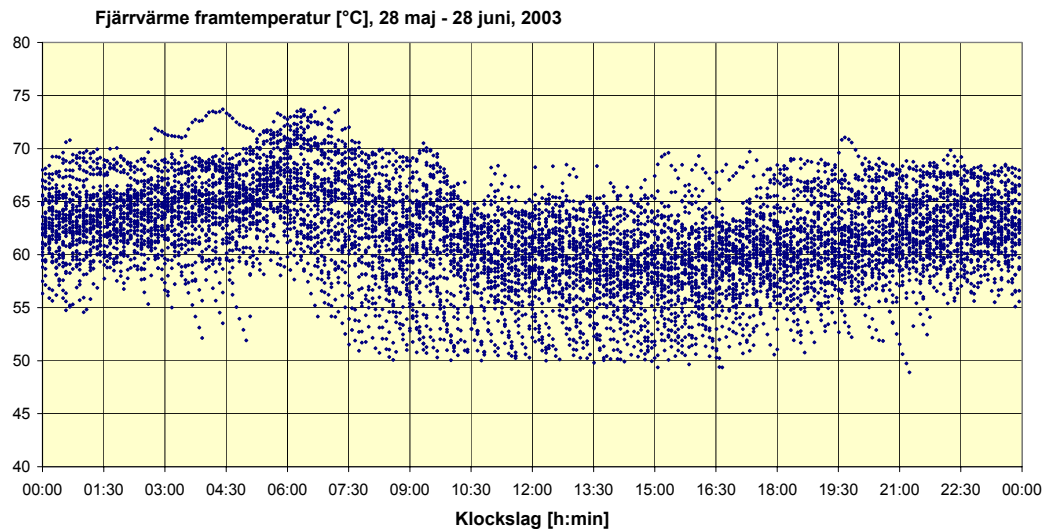


Figur 3. Vattentemperaturer under senare delen av mätperioden (5min lagringsintervall)

Figure 3. Water temperatures during the later period of measurements (5 min intervals of storing)

Låg framledningstemperatur och variationer i varmvattentemperaturen gör att det kan förekomma avvikelser från normalt uttagsmönster av varmvatten på Hotell Borås. En kontroll görs därför för att undersöka om det förhåller sig så.

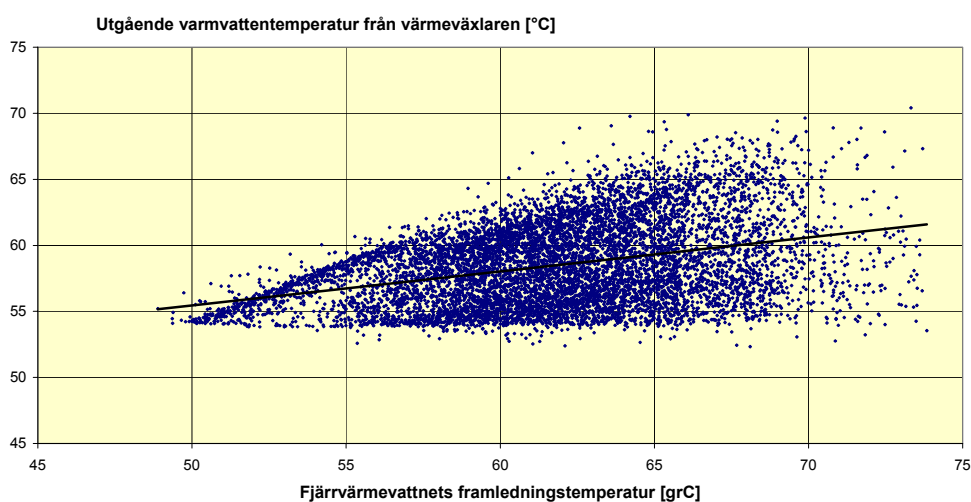
Kontrollen genomförs för perioden 28 maj – 28 juni, 2003 med 5 minuters lagringsintervall. Av Figur 4 framgår att lägst framledningstemperatur har hotellet haft under dagtid då varmvattenbehovet är större än under nattetid. Fjärrvärmetemperaturen vid morgontoppen som för detta hotell inträffar runt kl 6 (se Figur 10) är emellertid relativt hög så den påverkas troligen inte mycket av låg framledningstemperatur.



Figur 4. Framledningstemperatur på fjärrvärmevattnet vid hotellet uppdelat över dygnet under kontrollperioden.

Figure 4. Forward temperature in the district heating system at the hotel over the time of the day during the control period.

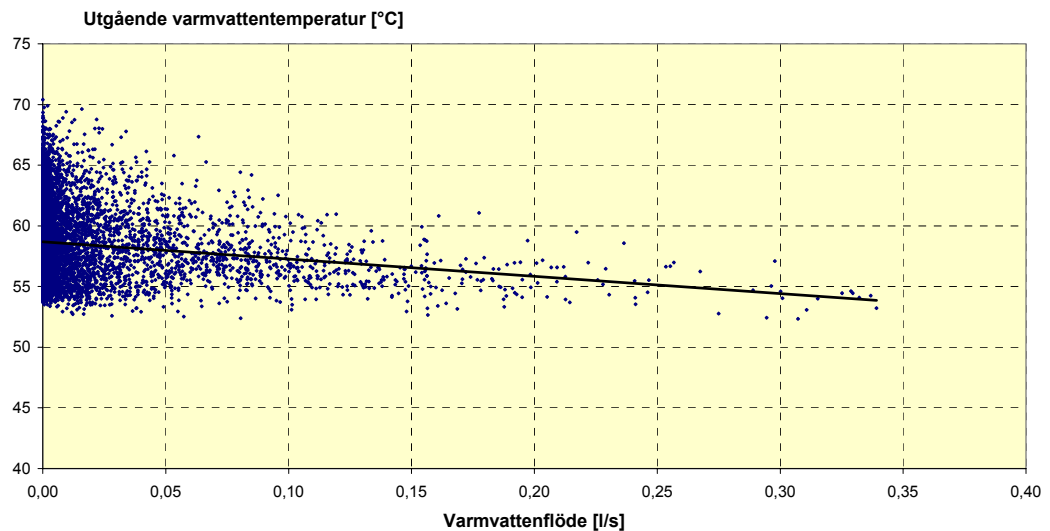
Hur utgående varmvattentemperatur varierat under kontrollperioden framgår av Figur 5, vilken visar att tappvarmvattentemperaturen inte understigit ca 52°C trots låga framledningstemperaturer. Man skall tänka på att anliggningsgivare använts för detta projekt vilket ger en dämpning av temperaturen samt en tidsförskjutning. Verklig varmvattentemperatur kan därför ha varit något lägre än vad som framgår av figuren. Den visar att tappvarmvattnets variation ökar kraftigt då fjärrvärmens framledningstemperatur ökar. Det kommer sig av att anläggningens varmvattenreglering inte fungerar bra.



Figur 5. Samband mellan fjärrvärmevattnets framledningstemperatur och tappvarmvattnets temperatur.

Figure 5. Temperature of the domestic hot water vs. the incoming forward temperature in the district heating system

Det finns ett samband mellan utgående varmvattentemperatur och flödets storlek. Under kontrollperioden kan man från Figur 6 se att det finns ett svagt samband mellan en låg utgående varmvattentemperatur och ett ökat varmvattenflöde. Emellertid har utgående varmvattentemperatur inte understigit 50°C under perioden, varför det inte är troligt att brukarna har använt mer varmvatten pga. att de inte fått tillräckligt hög temperatur vid tappstället. Snarare kan man konstatera att utgående varmvatten ofta haft en för hög temperatur pga. bristande reglering (vintertid uppåt 80°C), så brukaren har kanske upplevt det som för varmt vid tappstället.



Figur 6. Samband mellan utgående varmvattentemperatur och varmvattenflödet

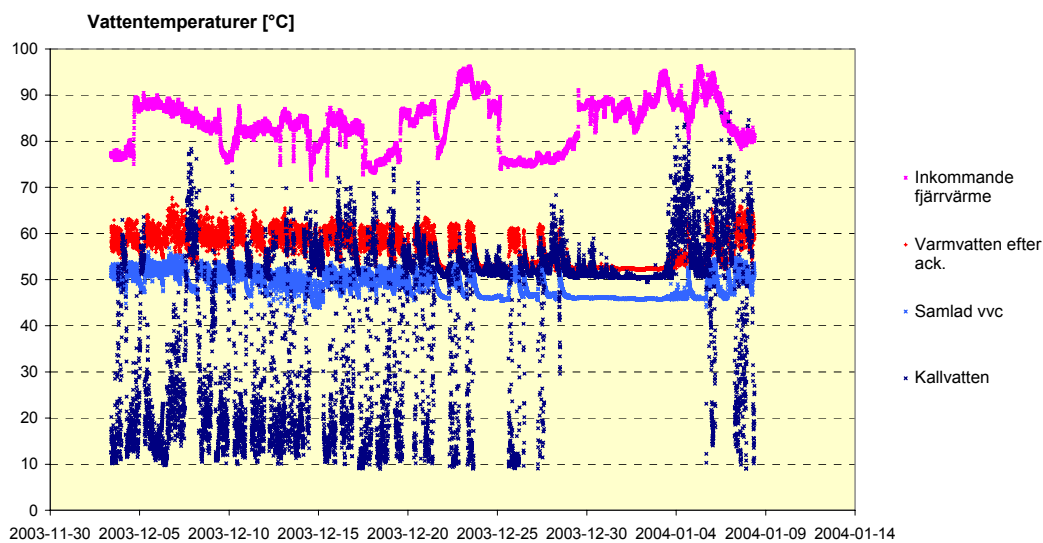
Figure 6. Domestic hot water temperature vs. hot water flow.

Sammantaget kan man konstatera att utgående varmvattentemperatur varierat kraftigt under mätperioden. En jämnare reglering av varmvattentemperaturen (vid 55-60 °C) efter värmeväxlaren skulle medfört att den totala uppvärmda kallvattenvolymen skulle varit **större** under mätperioden än den uppmätta. En trolig slutsats är därför att dimensionerande flöden underskattas något för Hotell Borås.

4.2.3. Kinna Stadshotell

Av Figur 7 framgår att inkommande fjärrvärmes temperatur varierat mellan 95°C och 75°C. Fjärrvärmes temperaturen har alltså under mätperioden legat över den acceptabla lägstanivån på 65°C. Utgående varmvattentemperatur från värmeväxlarna har varit relativt jämn runt värdet 56°C. Standardavvikelsen har varit 3,3°C på varmvattentemperaturen. Även den samlade vvc-temperaturen är jämn under perioden med ett medelvärde på 49°C. Standardavvikelsen för vvc-temperaturen har varit 2,5°C. Inkommande kallvattentemperatur har under mätperioden varit ca 10°C. Pendlingarna beror på att kallvattenledningen där givaren suttit värmts upp då inga tappningar förekommit.

Vattentemperaturerna är därmed normala och det finns således ingen anledning till att misstänka avvikelser från det normala uttagsmönstret av varmvatten.



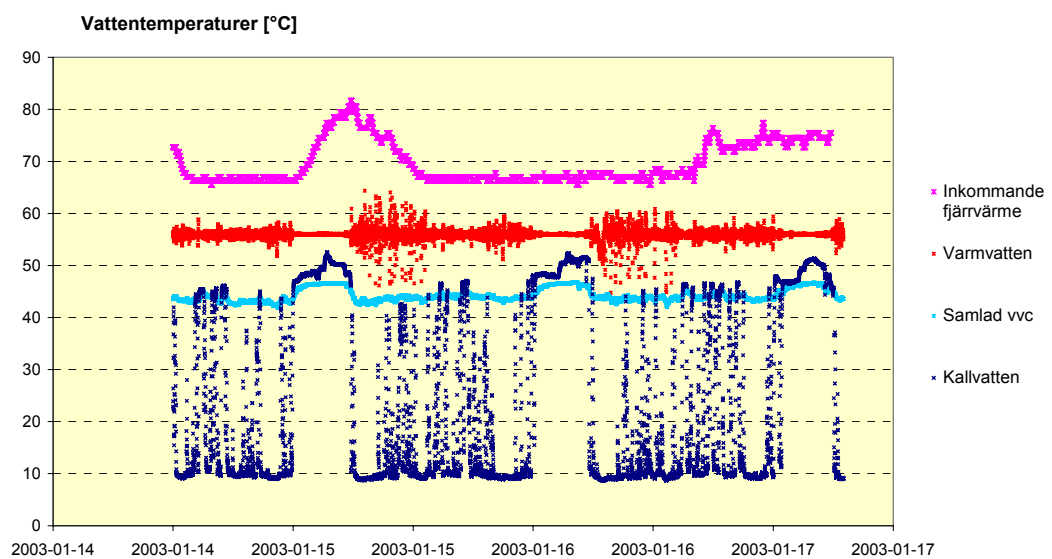
Figur 7. Vattentemperaturer under mätperioden (5min lagringsintervall)

Figure 7. Water temperatures during the period of measurements (5 min intervals between storing)

4.2.4. Hotell Winn i Gävle

Temperaturvariationer på vattentemperaturer framgår av Figur 8. Inkommande fjärrvärmetemperatur har varierat mellan 82°C och 65°C. Fjärrvärmemetemperaturen har alltså under mätperioden legat över den acceptabla lägstanivån på 65°C. Utgående varmvattentemperatur från värmeväxlarna har legat jämnt runt värdet 56°C. Standardavvikelsen har varit 1,1°C på varmvattentemperaturen. Även den samlade vvc-temperaturen är jämn under perioden med ett medelvärde på 44°C. Standardavvikelsen för vvc-temperaturen har varit 1,2°C. Inkommande kallvattentemperaturen har under mätperioden varit ca 10°C. Pendlingarna beror på att kallvattenledningen där givaren suttit värmts upp då inga tappningar förekommit.

Det finns således ingen anledning till att misstänka avvikelser från det normala uttagsmönstret av varmvatten pga. vattentemperaturerna för Hotell Winn.



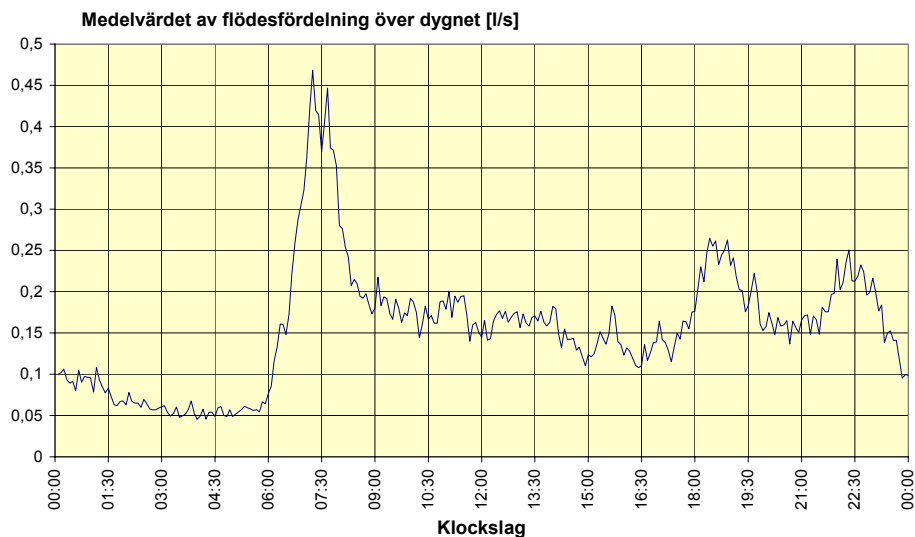
Figur 8. Vattentemperaturer på Hotell Winn under mätperioden (30sek lagringsintervall)

Figure 8. Water temperatures in "Hotell Winn" during the period of measurements (30sec intervals between storing)

4.3. Dygnsmönster

4.3.1. First Hotel Grand

Dygnsmönstret har varit önskvärt att studera för att se om att hotellet har väldigt koncentrerade och höga effekttoppar vilket kan orsaka att man inte kan dimensionera hotell som man vanligtvis gör med bostäder.



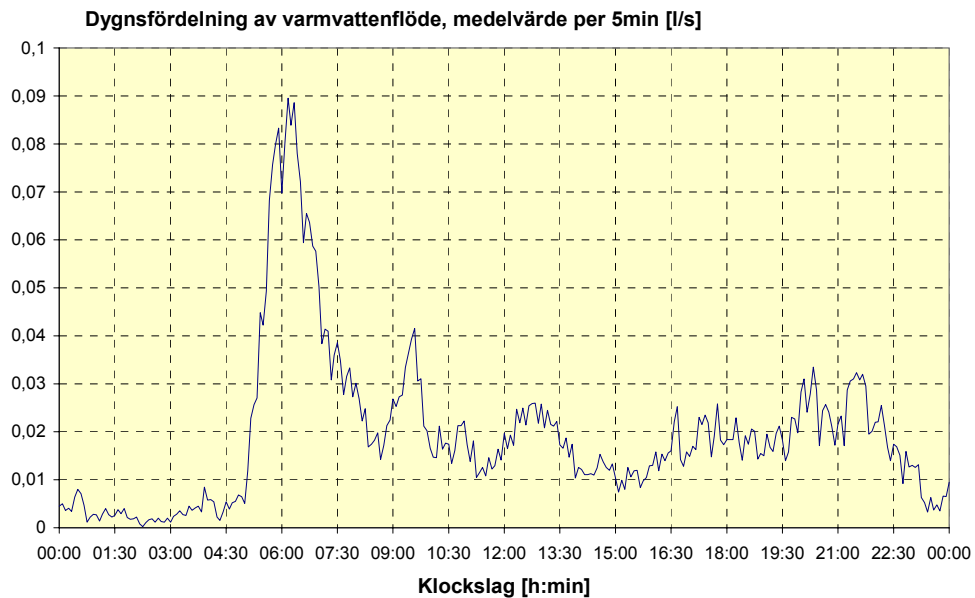
Figur 9. Varmvattnets flödesfördelning över dygnet på Hotel Grand (5 min lagringsintervall)

Figure 9. Mean values of hot water flows over the hours of the day on Grand Hotel (5 min intervals of storing)

Figur 9 visar medelvärde av alla registrerade varmvattenflöden uppdelat på 5 minuters perioder under mätperioden för Hotel Grand. Av figuren utläser man att nattanvändningen är låg och att morgontoppen är ca dubbelt så stor som användningen under dagen. En sjunkande användning under dagen följs sedan av två markerade flödestoppar kring kl. 19 och 22,30. Slutsatsen av detta är att hotellet har ett uttagsmönster med en markant men ej exceptionell morgontopp.

4.3.2. Hotell Borås

Figur 10 visar medelvärdet av alla registrerade varmvattenflöden uppdelat på 5 minuters perioder under mätperioden för Hotell Borås. Av figuren utläser man att även här är morgontoppen tydlig. Den är ca 5 ggr större än flödet under dagen. Morgontoppen bör procentuellt sett vara högre på mindre hotell jämfört med större eftersom sammanlagringen är mindre på mindre hotell. Relativt låg användning under dagen med lägre toppar runt lunch och på kvällen. Slutsatsen av detta är att även Hotell Borås har ett uttagsmönster med en markant morgontopp.



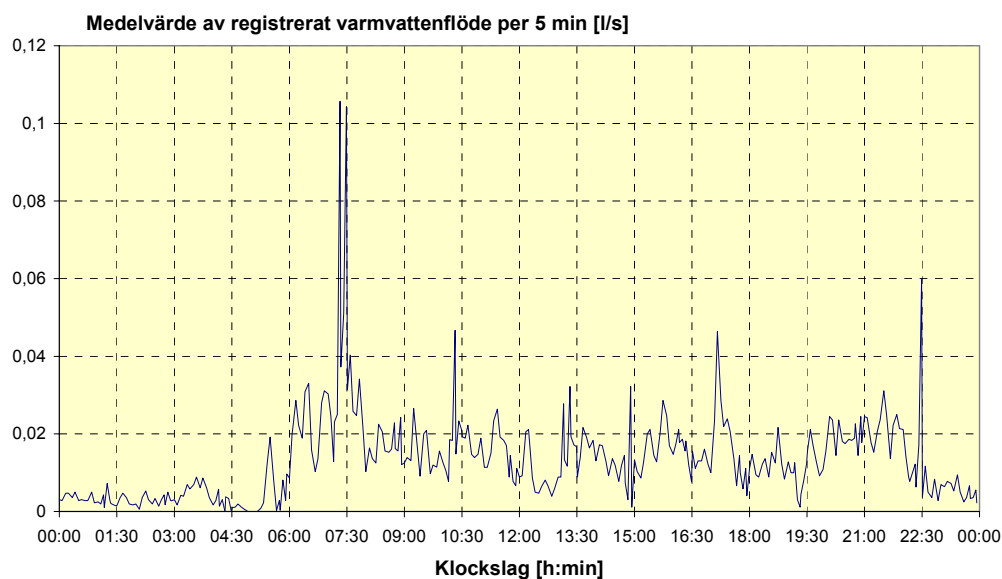
Figur 10. Dygnsfördelning över varmvattenflödet (5min lagringsintervall)

Figure 10. Mean values of hot water flows over the day in "Hotell Borås" (5 min intervals of storing)

4.3.3. Kinna Stadshotell

Medelvärde av alla registrerade varmvattenflöden uppdelat på 5 minuters perioder under mätperioden för Kinna Stadshotell framgår av Figur 11. Av figuren utläser man att morgontoppen tydlig. Den är ca 10 ggr större än flödet under dagen. Mönstret för hotellet är att topparna är spetsigare än för de andra hotellen. Det är naturligt eftersom sammanlagringen bör vara lägst på detta hotell som har minst antal rum av de undersökta hotellen. Relativt låg användning under dagen med lägre toppar runt kl. 10,20, 17,10 samt 22,30.

Slutsatsen av detta är att hotellet, som är minst, har lägst sammanlagring vilket är naturligt med den kraftigaste morgontoppen av de tre hotellen.



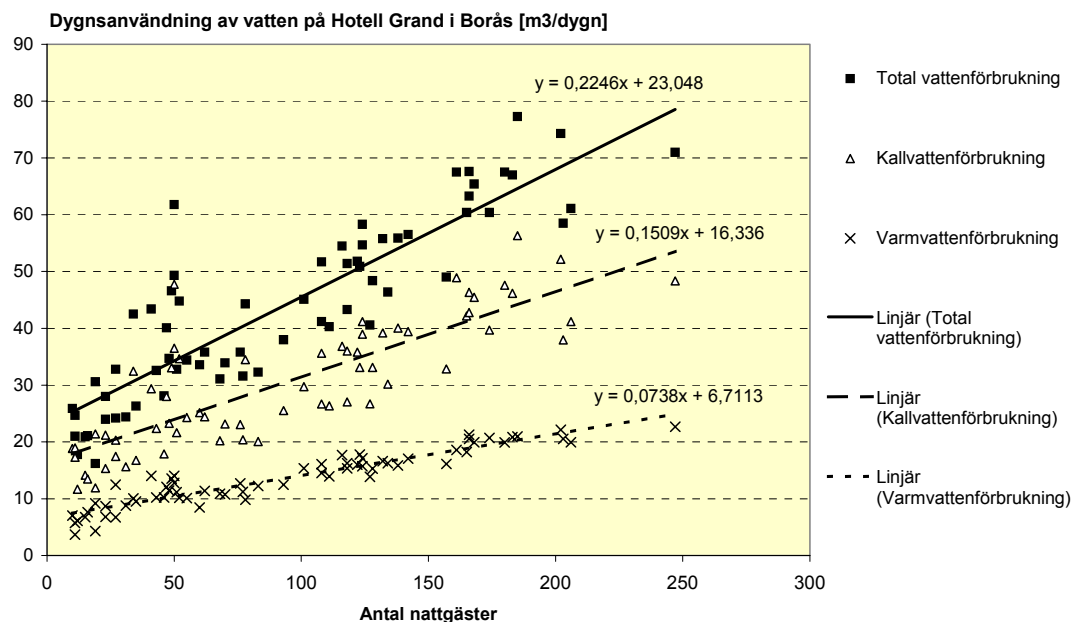
Figur 11. Dygnsfördelning av registrerat varmvattenflöde på Kinna Stadshotell (5min lagringsintervall)

Figure 11. Mean values of hot water flows over the day in "Kinna Stadshotell" (5 min intervals between storing)

4.4. Vattenanvändning

4.4.1. First Hotel Grand

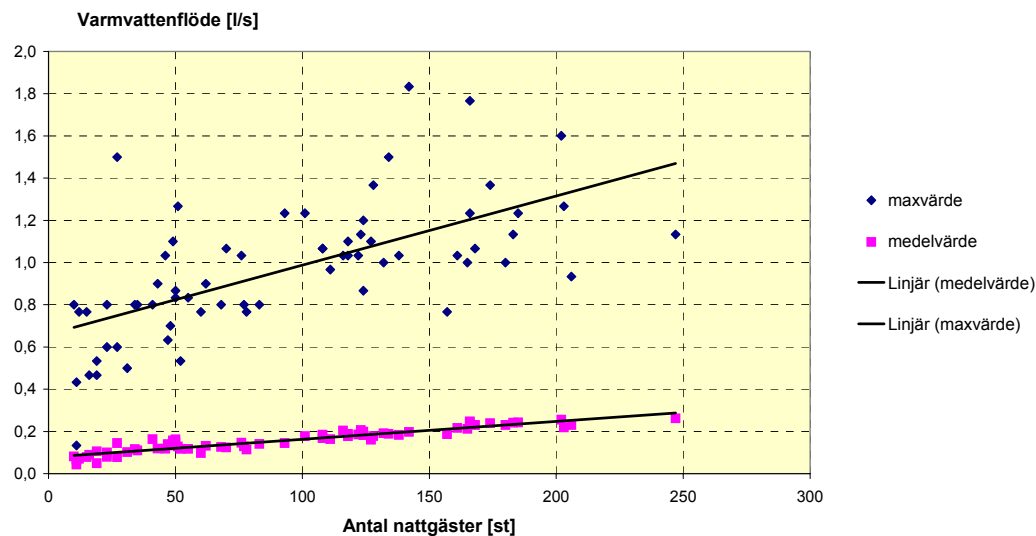
På hotellet har både kallvatten och varmvattenanvändningen registrerats. Från Figur 12 kan resultatet utläsas. Total vattenanvändning är mätt på inkommande kallvattenledning genom kommunens kallvattenmätare. Kallvatten i figuren blir sedan differensen mellan total vattenanvändning och varmvattenanvändning. Av figuren framgår att det finns ett linjärt förhållande mellan antalet nattgäster och vattenanvändningen. På Hotel Grand använder varje nattgäst 150 liter kallvatten och 74 liter varmvatten per dygn. Köks- och andra aktiviteter på hotellet som inte direkt beror på nattgästerna kan kvantifieras till 16 m³ kallvatten och 7 m³ varmvatten per dygn.



Figur 12. Vattenanvändning på Hotel Grand kopplat till antalet nattgäster

Figure 12. Domestic water use at Hotel Grand vs. the number of occupied beds.

Varmvattenflöden som registrerats har kopplats mot antalet nattgäster på hotellet. Figur 13 visar hur variationen av varmvattenflöden varit. Figuren visar att medelvärden av varmvattenflödet ökar, som förväntat, vid ökande beläggning medan maximala uppmätta varmvattenflöden under mätperioden inte förekommit vid högsta beläggningen utan vid något lägre beläggning. Detta skulle kunna förklaras med att de maximala varmvattenflödena beror på andra varmvattentappningar på hotellet än de som sker på rummen. Dock finns det ett samband mellan maximala dygnsflöden och antal gäster.

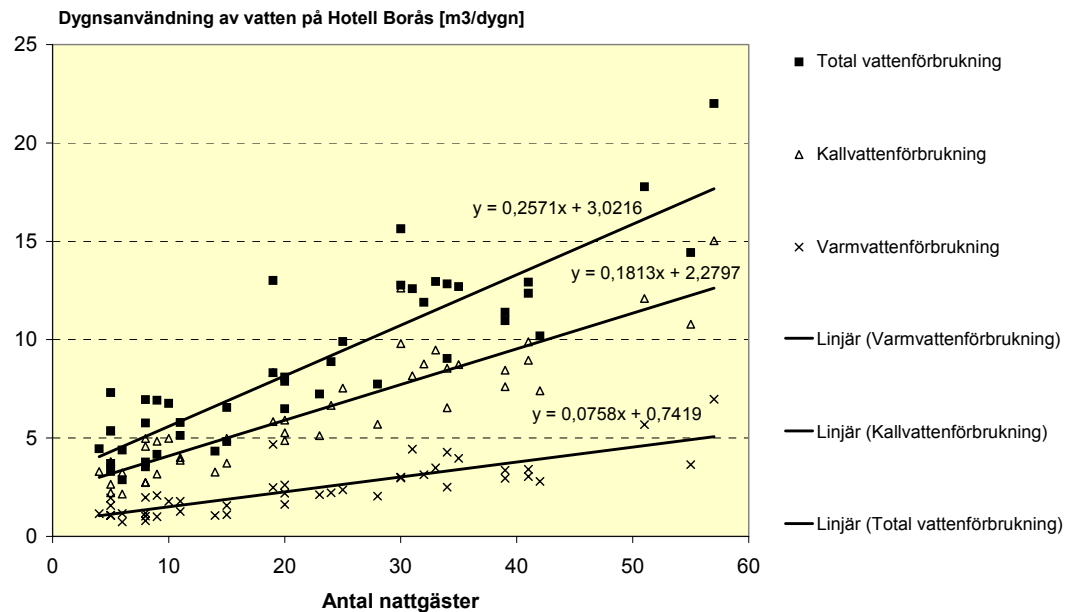


Figur 13. Registrerade maximala varmvattenflöden resp. dygn på Hotel Grand samt medelvärde kopplat till antalet nattgäster.

Figure 13. Registered maximum hot water flows every day and mean values at Hotel Grand vs. the number of occupied beds

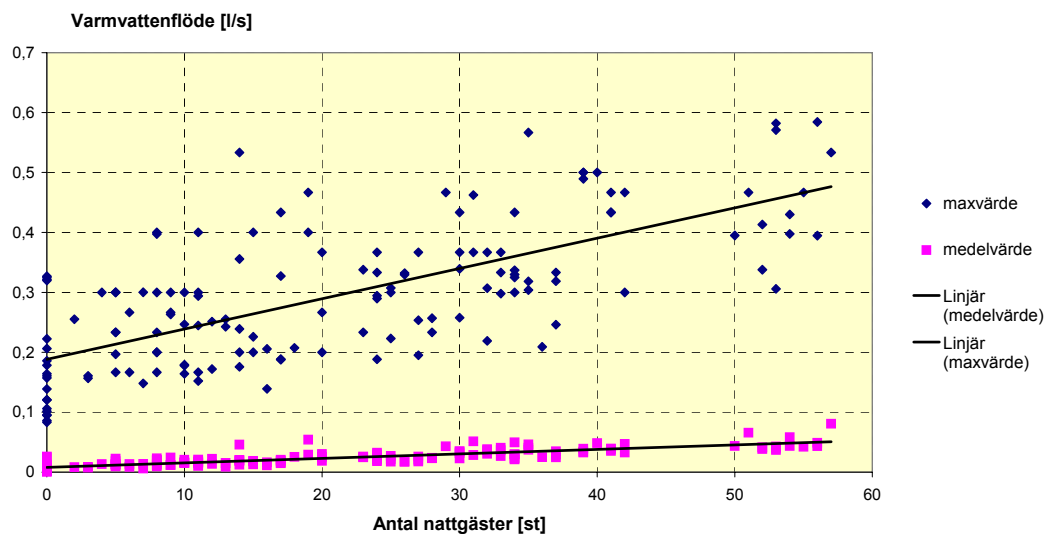
4.4.2. Hotell Borås

På hotellet har både kallvatten och varmvattenanvändningen registrerats. Från Figur 14 kan resultatet utläsas. Total vattenanvändning är mätt på inkommande kallvattenledning genom kommunens kallvattenmätare. Kallvatten i figuren blir sedan differensen mellan total vattenanvändning och varmvattenanvändning. Av figuren framgår att det finns ett linjärt förhållande mellan antalet nattgäster och vattenanvändningen. På Hotell Borås använder varje nattgäst 181 liter kallvatten och 76 liter varmvatten per dygn. Köks- och andra aktiviteter på hotellet som inte direkt beror på nattgästerna kan kvantifieras till 2 m³ kallvatten och 0,7 m³ varmvatten per dygn. Jämfört med Hotel Grand (74 liter/nattgäst och dygn) använder varje hotellgäst lika mycket varmvatten. Man använder dock något mer kallvatten per nattgäst på detta hotell.



Figur 14. Vattenanvändning på Hotell Borås beroende av antal nattgäster

Figure 14. Domestic water use in "Hotell Borås" vs. the number of occupied beds.



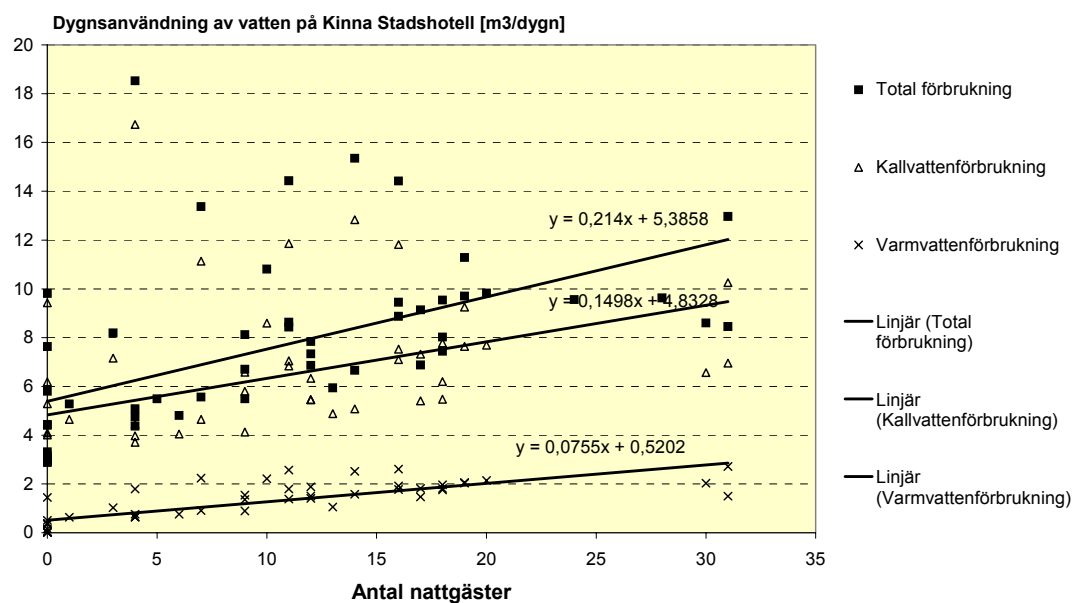
Figur 15. Registrerade maximala varmvattenflöden varje dygn på Hotell Borås samt medelvärde kopplat till antalet nattgäster. (5min lagringsintervall)

Figure 15. Registered maximum hot water flows every day and mean values at "Hotell Borås" vs. the number of occupied beds (5min intervals between storing)

Varmvattenflöden som registrerats har kopplats mot antalet nattgäster som hotellet haft. Figur 15 visar hur variationen av varmvattenflöden varit. Slutsatsen från figuren är att maximala uppmätta varmvattenflöden under mätperioden har förekommit vid de högsta beläggningarna, att det finns ett samband mellan maximala dygnstappningar och antalet gäster samt att medelvärdet av varmvattenflödet på hotellet ökar med ökande beläggning.

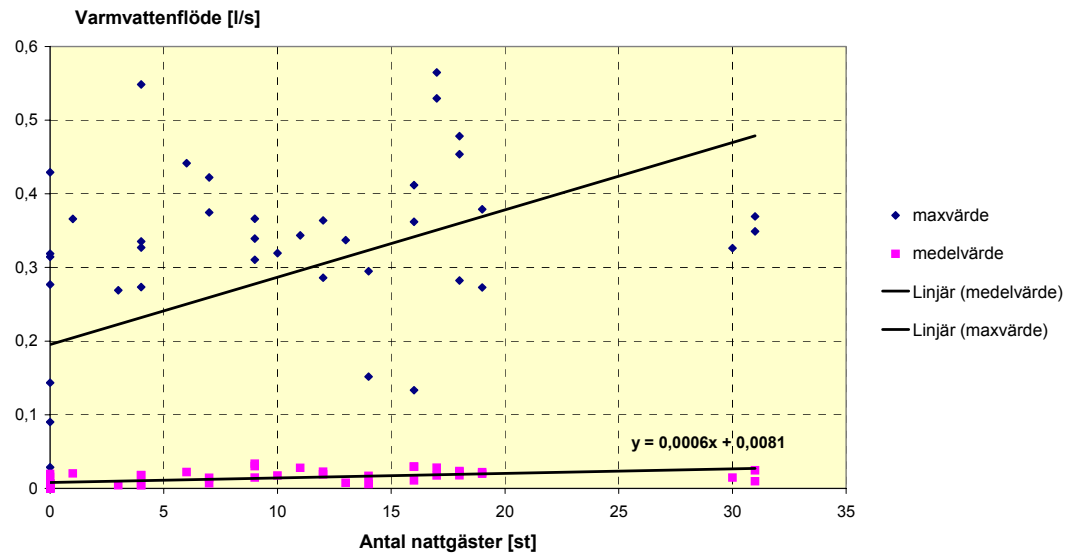
4.4.3. Kinna Stadshotell

Från Figur 16 kan resultatet över vattenanvändningen på hotellet utläsas. Total vattenanvändning är mätt på inkommande kallvattenledning genom kommunens kallvattenmätare. Kallvatten i figuren blir sedan differensen mellan total vattenanvändning och varmvattenanvändning. På Kinna Stadshotell använder varje nattgäst 150 liter kallvatten och 76 liter varmvatten per dygn. Köks- och andra aktiviteter på hotellet som inte direkt beror på nattgästerna kan kvantifieras till 4,8 m³ kallvatten och 0,5 m³ varmvatten per dygn. Jämfört med Hotel Grand (76 liter/nattgäst och dygn) använder varje hotellgäst nästan exakt lika mycket varmvatten. Man använder dock mindre kallvatten per nattgäst på detta hotell. Hotellet har dock en hög grundanvändning av kallvatten, vilket visat sig bero på en kylmaskin som använde färskvatten för kylprocessen. Detta har åtgärdats.



Figur 16. Vattenanvändning på Kinna Stadshotell som funktion av antal nattgäster

Figure 16. Domestic water use in "Kinna Stadshotell" vs .the number of occupied beds.



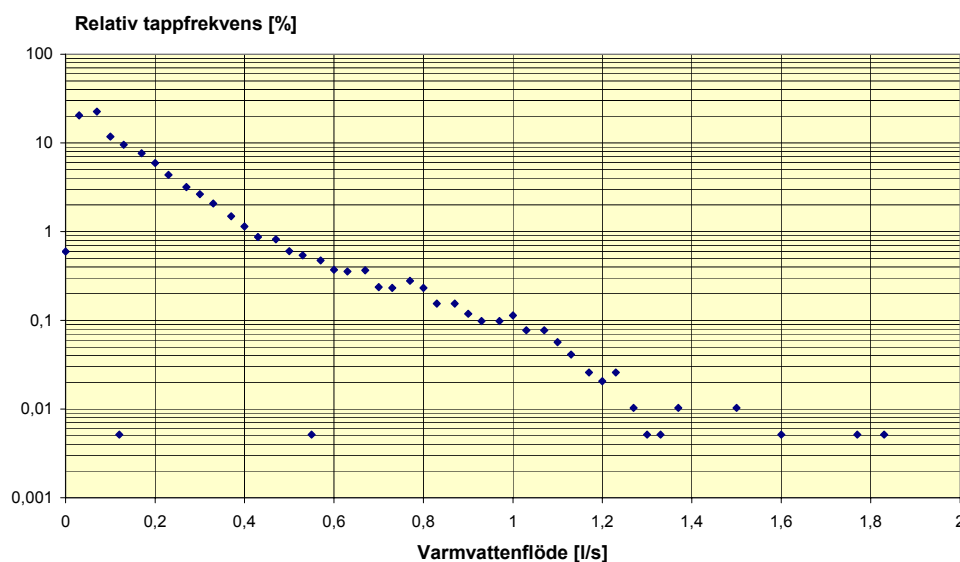
Figur 17. Registrerade maximala varmvattenflöden varje dygn på Kinna Stadshotell samt medelvärde kopplat till antalet nattgäster. (5min lagringsintervall)

Figure 17. Registered maximum hot water flows every day at "Kinna Stadshotell" and mean values vs. the number of occupied beds (5min intervals between storing)

Varmvattenflöden som registrerats har kopplats mot antalet nattgäster som hotellet har haft. För Kinna Stadshotell visar Figur 17 hur variationen av varmvattenflöden varit. Liksom för Grand Hotel har maximala uppmätta varmvattenflöden under mätperioden inte förekommit vid högsta beläggningen utan vid något lägre beläggning, men att det finns ett generellt samband mellan höga maximala dygnstappningar och antalet gäster. Även här ökar dygnsmedelvärdet av varmvattenflödet vid ökande beläggning.

4.5. Tappvarmvattenanvändningens frekvens

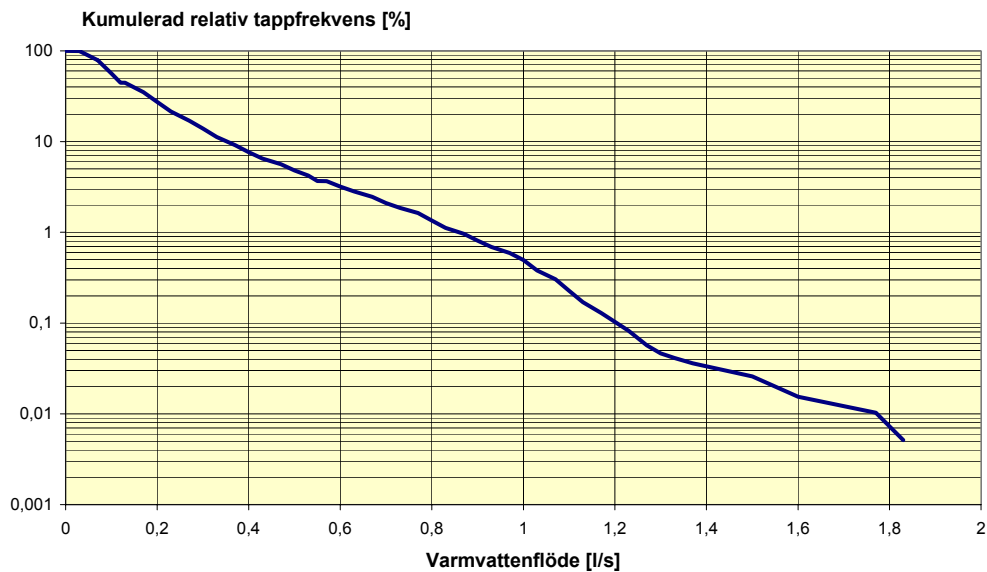
4.5.1. First Hotel Grand



Figur 18. Varmvattnets relativa tappfrekvens på Grand Hotel (5min lagringsintervall)

Figure 18. Relative frequency of domestic hot water flows in Grand Hotel (5min intervals between storing)

Tappvarmvattnets relativa frekvens är ett mått på hur ofta en tappning av en viss storlek förekommer. För Hotel Grand i Borås redovisas detta i Figur 18. Av figuren framgår det att det flöde som var vanligast förekommande (med 5 minuters upplösning) under mätperioden var 0,07 l/s. Av totalt 19394 st. 5 minuters perioder förekom det flödet ca 23 % av den totala mättiden. Av figuren framgår också att stora tappningar förekommer sällan. Tappningar över 1 l/s förekommer inte oftare än 0,1% av den totala mättiden.

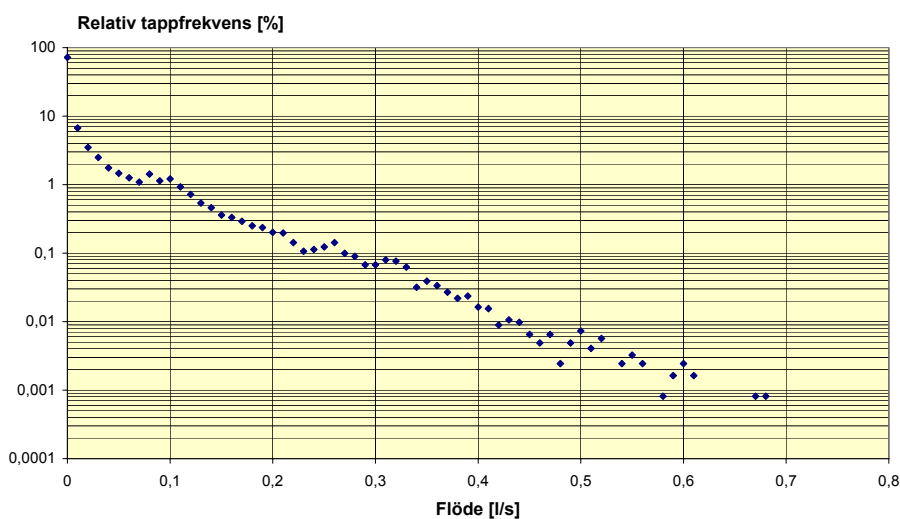


Figur 19. Varmvattnets kumulerade relativa frekvens (5min lagringsintervall)

Figure 19. Cumulative relative frequency of domestic hot water flows (5min intervals between storing)

Om man integrerar värden från Figur 18 får man den kumulerade relativa frekvensen enligt Figur 19. Ytan under kurvan motsvarar den relativa frekvensen 100 % och kurvan ger oss ett mått på hur stor del av användningen som sker under ett visst flöde. Studerar man figuren ser man exempelvis att för den kumulerade relativa frekvensen 1 % är värdet ca 0,83 l/s. Det betyder att under 99 % (100-1) av tiden understiger flödet 0,83 l/s på detta hotell med 5 minuters lagringsintervall. Lagringsintervallet har betydelse för nivån på kurvan och en diskussion omkring detta förs i avsnitt 4.6.

4.5.2. Hotell Borås

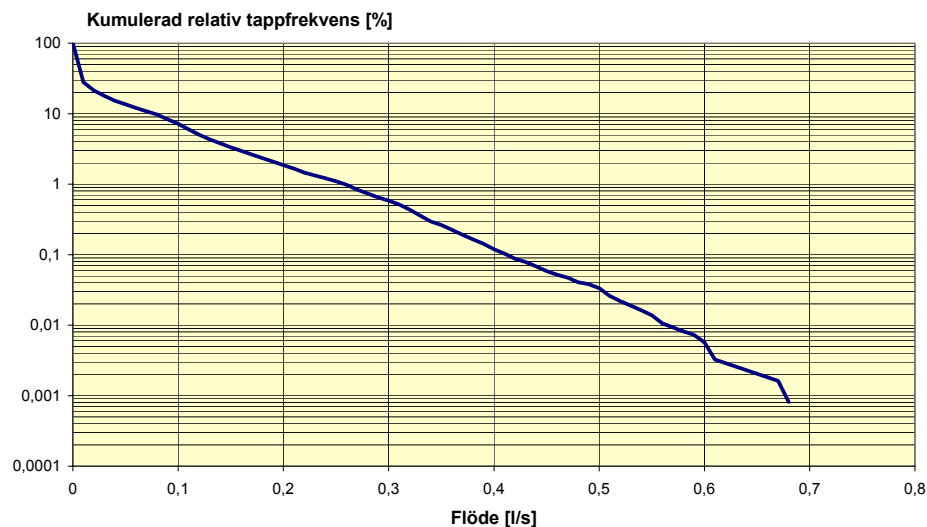


Figur 20. Varmvattnets relativa tappfrekvens på Hotell Borås (1min lagringsintervall)

Figure 20. Relative frequency of domestic hot water flows in "Hotell Borås" (1min interval between storing)

Tappvarmvattnets relativa frekvens redovisas för Hotell Borås i Figur 20. Av figuren framgår det att det flöde som var vanligast förekommande (med 1 minuters lagringsintervall) under mätperioden var 0,0 l/s. Av totalt 122960 st. 1 minuters perioder förekom det inget varmvattenflöde alls ca 72 % av den totala mättiden. Av figuren framgår också att stora tappningar förekommer sällan även på detta hotell. Tappningar överstigande 0,27 l/s förekommer inte oftare än 0,1% av den totala mättiden.

Studerar man Figur 21 ser man att för Hotell Borås är den kumulerade relativa frekvensen 1 % värdet ca 0,26 l/s. Det betyder att under 99 % (100-1) av tiden understiger flödet 0,26 l/s på detta hotell med 1 minuts lagringsintervall.

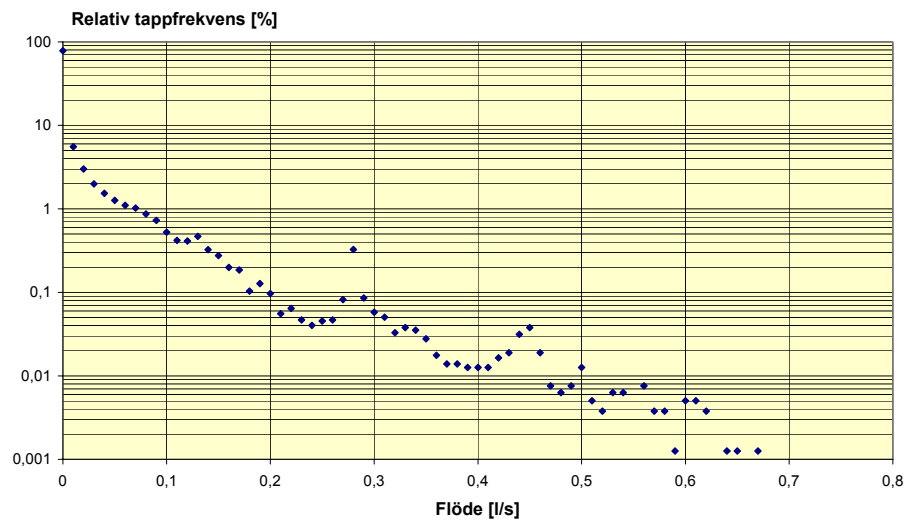


Figur 21. Varmvattnets kumulerade relativa frekvens på Hotell Borås (1min lagringsintervall)

Figure 21. Cumulative relative frequency of domestic hot water flows in "Hotell Borås" (1min interval between storing)

4.5.3. Kinna Stadshotell

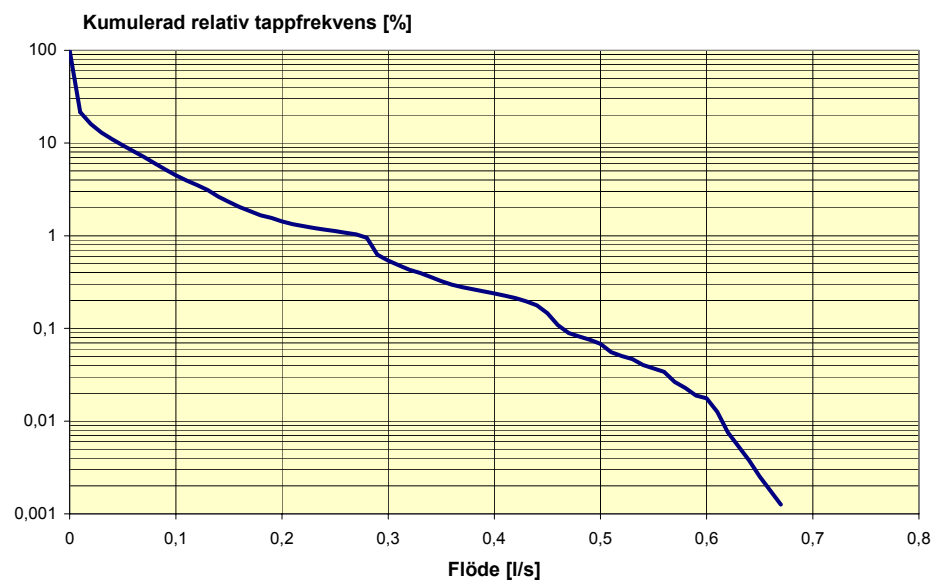
Av Figur 22 framgår det att det flöde som var vanligast förekommande (med 1 minuters lagringsintervall) för Kinna Stadshotell under mätperioden var nollflöde. Av totalt 79309 st. 1 minuters perioder förekom det inget varmvattenflöde alls ca 78 % av den totala mättiden. Av figuren framgår också att stora tappningar förekommer sällan även på detta hotell. Tappningar överstigande 0,28 l/s förekommer inte oftare än 0,1% av den totala mättiden.



Figur 22. Varmvattnets relativa tappfrekvens på Kinna Stadshotell (1min lagringsintervall)

Figure 22. Relative frequency of domestic hot water flows in "Kinna Stadshotell" (1min interval between storing)

Från Figur 23 ser man att för Kinna Stadshotell har den kumulerade relativa frekvensen 1 % värdet ca 0,27 l/s. Det betyder att under 99 % (100-1) av tiden understiger flödet 0,27 l/s på detta hotell med 1 minuts lagringsintervall.



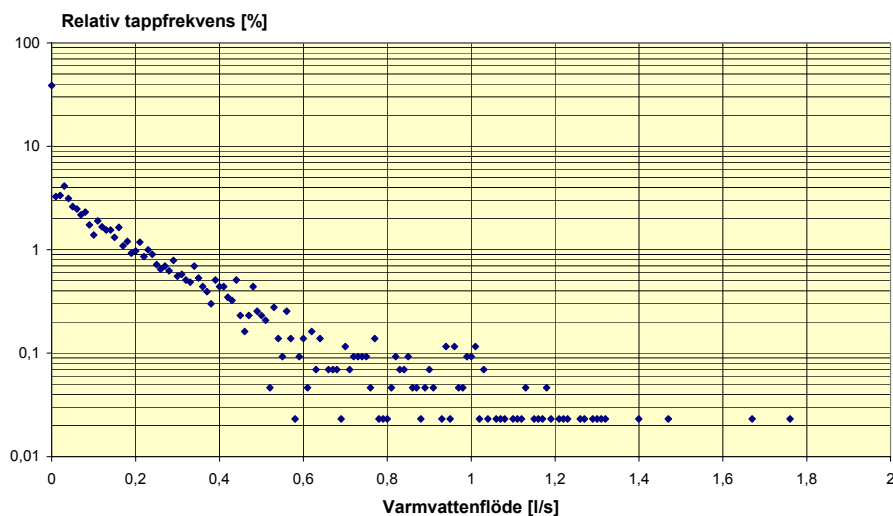
Figur 23. Varmvattnets kumulerade relativa frekvens på Kinna Stadshotell (1min lagringsintervall)

Figure 23. Cumulative relative frequency of domestic hot water flows in "Kinna Stadshotell" (1min interval between storing)

4.5.4. Hotell Winn i Gävle

Från detta hotell kan man i detta projekt inte dra några större slutsatser eftersom mätperioden är så kort. Dock redovisas frekvenser även för dessa dygn som mätningarna pågick.

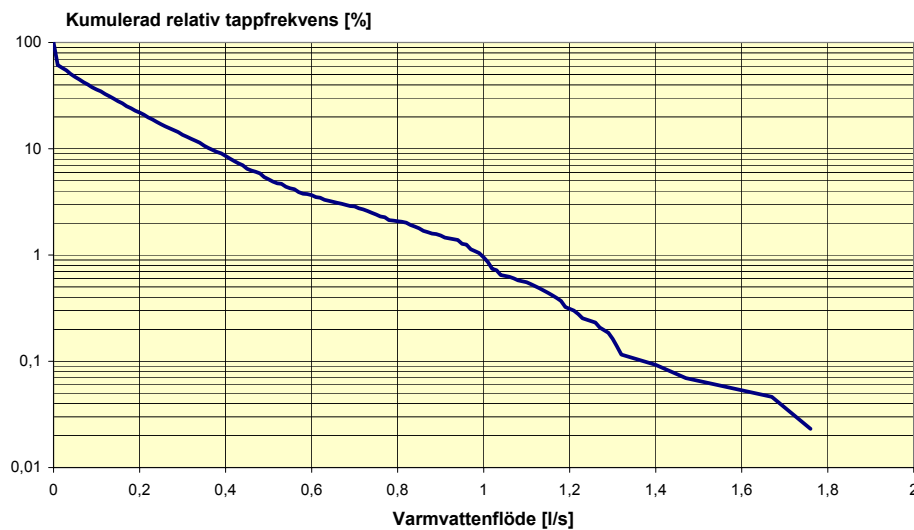
Av Figur 24 framgår det att det som var vanligast förekommande (med 1 minuters lagringsintervall) för Hotell Winn under mätperioden var nollflöde. Av totalt 4320 st. 1 minuters perioder förekom det inget varmvattenflöde alls ca 39 % av mättiden. Av figuren framgår också att stora tappningar förekommer sällan även på detta hotell under mätperioden. Tappningar överstigande 1,0 l/s förekommer inte oftare än 0,1% av den totala mättiden.



Figur 24. Varmvattnets relativa tappfrekvens på Hotel Winn (1min lagringsintervall)

Figure 24. Relative frequency of domestic hot water flows in "Hotell Winn" (1min interval between storing)

Från Figur 25 ser man att för Hotell Winn har den kumulerade relativa frekvensen 1 % värdet 1,0 l/s. Det betyder att under 99 % (100-1) av tiden understiger flödet 1,0 l/s på detta hotell med 1 minuts lagringsintervall.



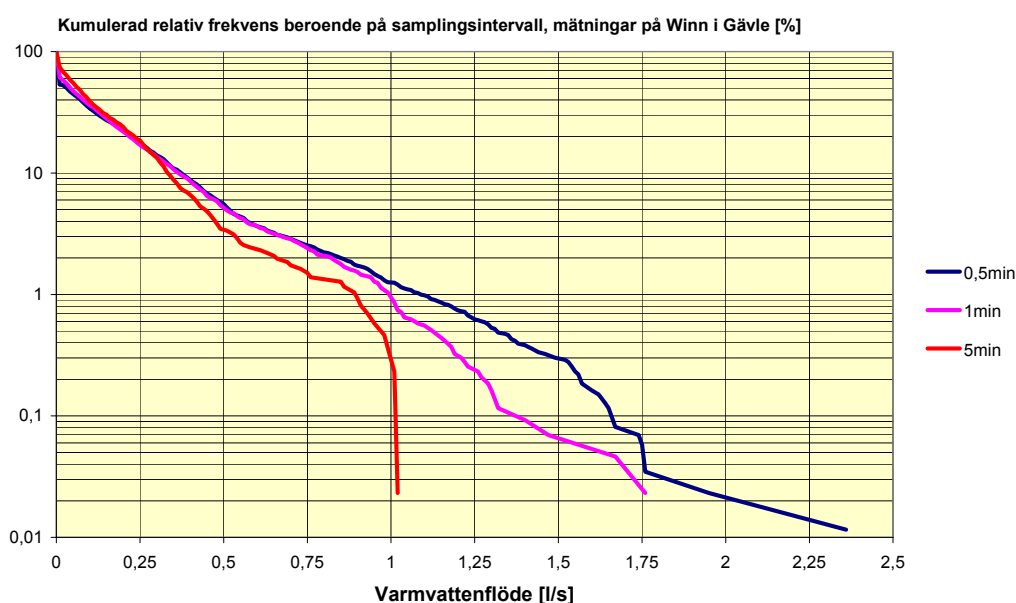
Figur 25. Varmvattnets kumulerade relativa frekvens på hotell Winn (1min lagringsintervall)

Figure 25. Cumulative relative frequency of domestic hot water flows in "Hotell Winn" (1min interval between storing)

4.6. Lagringsintervallets betydelse för tappfrekvensen

I detta avsnitt vill vi föra en diskussion kring lagringsintervallets inverkan på den kumulerade relativa tappfrekvensen. Orsaken till att vi vill göra det är att ju grövre lagringsintervallet är desto mer utjämnar man flödestopparna som oftast förekommer under korta tidsperioder. Vi har på de hotell som vi mätt använt lagringsintervallet 5 minuter respektive 1 minut. På hotell Grand (som är det största hotellet) har vi använt 5 minuter under hela mätperioden och från vårt resonemang i detta avsnitt vill vi kunna skatta kumulerad tappfrekvens för det hotellet om lagringsintervallet istället varit 1 minut. Däremot har vi använt en teknik som mäter total vattenvolym under respektive lagringsintervall så i det fallet spelar lagringsintervallet inte någon roll.

För att göra denna skattning tar vi mätningarna på Hotell Winn i Gävle till hjälp. Mätningarna genomfördes med ett lagringsintervall på 30 sekunder. Dessa mätningar har vi sedan även konverterat till 1 minut respektive 5 minuters lagringsintervall. Även mätningarna på Hotell Borås och Kinna Stadshotell har vi konverterat från 1 minut till 5 minuter för att få en uppskattning även från dem över hur stor inverkan lagringsintervallet har på de sannolika flödenas storlek.



Figur 26. Lagringsintervallets betydelse för den kumulerade relativa frekvensen (från mätningar på hotell Winn i Gävle)

Figure 26. The impact of intervals between storing on the cumulative relative frequency (from measurements in "Hotell Winn" in Gävle)

Från Figur 26 framgår det hur den kumulerade relativa frekvensen beror av lagringsintervallet. Generellt kan man säga att skillnaden blir större ju finare kumulerade relativa frekvens som man önskar studera.

Om man studerar skillnaden vid 1 % kumulerad relativ frekvens kan man se att högsta frekvensen (0,5 min) ger värdet 1,09 l/s, mellersta frekvensen (1 min) ger värdet 0,99 l/s och lägsta frekvensen (5 min) ger värdet 0,89 l/s. Vi får då flödesförhållandet 1 / 1,11 / 1,22, dvs. man underskattar flödet med 22% om man mäter med 5 minuters lagringsintervall istället för 30 sekunder.

Tittar man istället vid 7 % kumulerad relativ frekvens kan man se att värdena istället är 0,44 l/s (0,5 min), 0,44 l/s (1min) och 0,39 l/s (5 min). Flödesförhållandet är då 1 / 1,13 / 1,13, dvs. man underskattar flödet med 13% om man mäter med 5 minuters lagringsintervall istället för 30 sekunder eller 1 minut. Det spelar vid bedömning av den kumulerade frekvensen 7 % (eller grövre) ingen roll om man mäter med 1 minuts eller 30 sekunders lagringsintervall för ett hotell av denna storlek.

Jämför man även de andra två hotellen där det finns två olika lagringsintervall upptäcker man att man underskattar flödena vid 1 % kumulerad relativ frekvens med 25-50 % om man använder 5 minuters lagringsintervall istället för 1 minuts lagringsintervall. Vid 7 % kumulerad relativ frekvens underskattar man flödena med 15-25 %. Alltså: ju färre rum man har desto större blir underskattningen, vilket är naturligt eftersom sammanlagringen blir större ju fler rum och brukare man har. Det är alltså viktigare att mäta med en hög upplösning på mindre hotell än på större hotell.

Utifrån detta resonemang anser vi att vi kan ansätta flödesvärden för Hotel Grand (som vi endast mätt med 5 minuters lagringsintervall) med 1 minuts lagringsintervall. Vid 1 % kumulerad relativ frekvens ökas flödesvärdet från 0,86 l/s till 1,03 l/s (ökning med 20 %). Vid 7 % kumulerad relativ frekvens ökas värdet från 0,42 l/s till 0,49 l/s (ökning med 17 %).

4.7. Tappvarmvattenanvändningens sannolika extremvärden

De kumulativa frekvenserna som beräknats i avsnitt 4.5 säger inget om **när** tappningarna inträffat eller hur långa de varit under den studerade tidsperioden. De säger inte heller någonting om vilken beläggningsgrad som hotellet haft under de tidpunkter som de stora tappningarna förekommit. Detta kan leda till underskattning av tappvarmvattenbehovet eftersom, såsom kumulativa diagram är konstruerade, kontinuerligt hög belastning under morgontimmar en dag då beläggningen är hög på ett hotell kan "smetas ut" mellan de övriga dagarna då beläggningen är låg. En lösning skulle vara att dela upp mätperioden i finare beläggningsintervall. Detta resulterar tyvärr i för korta mätperioder i detta projekt för att kunna dra några slutsatser om sannolika maxflöden vid olika beläggningsgrader. Därtill hade behövts mycket längre mätserier. Ett annat sätt att bedöma vilket dimensionerande varmvattenflöde som hotell av denna storlek bör ha måste alltså användas.

Maximala användningar av tappvarmvatten i bostadshus följer bra en extremvärdesfördelning kallad *Gumbelfördelning*, vilket bl.a. visats i exempelvis *Wollerstrand 1997*. Fördelningen kan användas i dimensioneringssyfte förutsatt att det finns mätdata som underlag. I Sverige använder man för dimensionering av tappvarmvattenberedare den vedertagna formeln av *Rydberg/Holmberg* där parametrarna är anpassade till användningar i flerbostadshus.

$$q = q_m + O(n * Q_m - q_m) + A \sqrt{O * q_m} \sqrt{n * Q_m - q_m}$$

där (källa: *Svensk Fjärrvärme 2001*)

q =	dimensionerande flöde [l/s] för n lägenheter
n =	antal lägenheter
q _m = 0,15 =	sammanlagrat flöde per lägenhet för dimensionering av vvx
Q _m = 0,2 =	summa maximalt flöde per lägenhet, vid högre behov ökas värdet
O = 0,015 =	sannolikhet för överskridande av q _m
A = 3,1 =	sannolikhet för överskridande av q

Sannolikt skulle ovannämnda formel kunna anpassas även till andra typer av byggnader såsom hotell, frågan måste dock utredas vidare. Då tillgången på högupplösta mätdata från tappvarmvattensystem är mycket bättre idag än den var på 1990-talet ligger det nära till hands att försöka använda Gumbelfördelningen. Förfarandet för den är att man identifierar det maximala förekommande flödet varje dygn och sorterar dem i stigande ordning. Dessa blir y-värden i Gumbeldiagrammet. Sedan skapas x-värden utifrån respektive maxvärdets ordningsnummer (från 1 till ANTAL_VÄRDEN), enligt formeln:

$$x(n) = -\log(-\log((n-0.5)/\text{ANTAL_VÄRDEN}))$$

Om data är Gumbelfördelade skall de bilda en någorlunda rak linje. Koefficienterna för en regressionslinje kan sedan användas till att bestämma sannolikheten för att ett visst maxvärde överskrids.

Tabell 3 Sannolikhet för överskridelse och antal dagar det går innan en överskridelse sannolikt inträffar.

Table 3 Probability for exceeding and number of days before exceeding occurs.

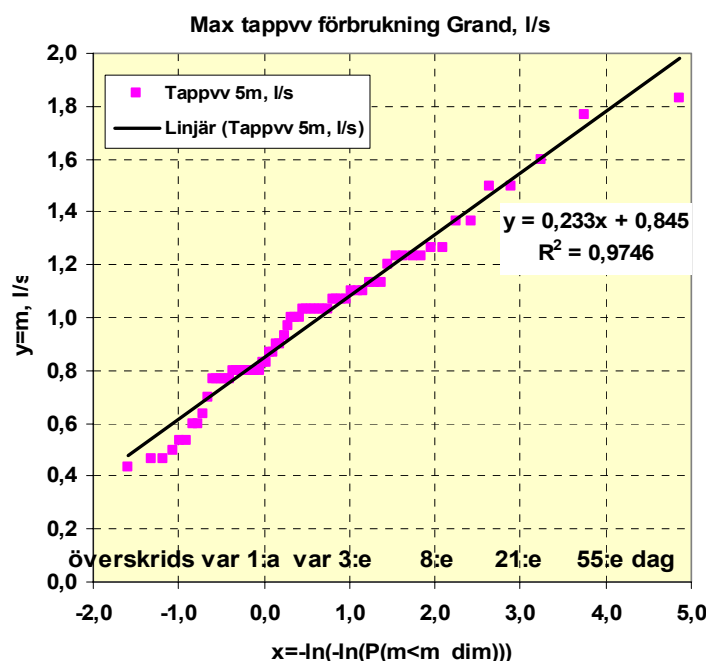
$P(m < m_{dim}) (\%) = \exp(-\exp(-x)) * 100$		
x	P(%)	Antal dagar tills det sannolikt blir en överskridelse
0	36,8	1
1	69,2	3
2	87,3	8
3	95,1	21
4	98,2	55
5	99,3	149

visar för olika $x(n)$ hur många dygn som det går innan det sannolikt blir en överskridelse. Detta beskrivs eftersom digrammen är skapade i MS Excel och detta kan inte direkt på x-axeln skala sannolikhet (det finns dock andra program som kan). Vi plottar i följande diagram sedan sannolikhet för varmvattenflöden för de studerade hotellen.

Förfarandet med Gumbelfördelning har inte genomförts på hotell Winn i Gävle eftersom mätperioden har ansetts vara för kort.

4.7.1. First Hotel Grand

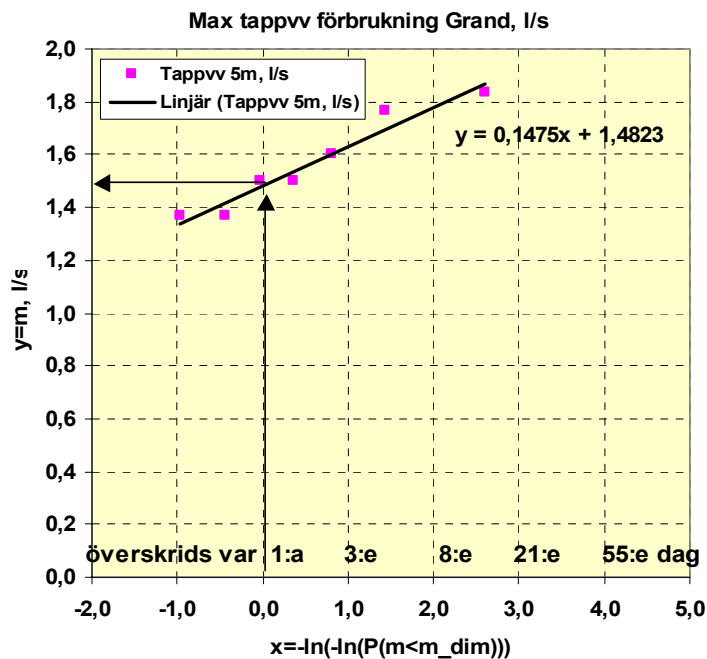
På First Hotel Grand kan man från Figur 27 se att varmvattenanvändningen följer Gumbelfördelningen bra. Det är således troligt att Rydbergs formel skulle kunna anpassas även för hotell med lämpliga anpassningar av koefficienterna.



Figur 27. Extrema tappvarmvattenanvändningar på Hotel Grand (5 min samplingsintervall)

Figure 27. Extreme domestic hot water flows at Hotel Grand (5 min intervals between storing)

Liksom för resonemanget kring kumulativ frekvens tar man ej hänsyn till beläggningen med denna metod. Eftersom vi tidigare visat att maximala varmvattenflöden inte nödvändigtvis uppstår vid maximal beläggning på hotellet men att det samtidigt råder ett samband mellan ökande extrema varmvattenflöden och ökande beläggning är det svårt att göra en exakt koppling mellan beläggning och maximala varmvattenflöden. Vi använder istället ett mindre antal av de maximala dygnsflöden som förekommer och ansätter att det sannolika flödet överskrids en 5-minuters period per dygn, Figur 28.



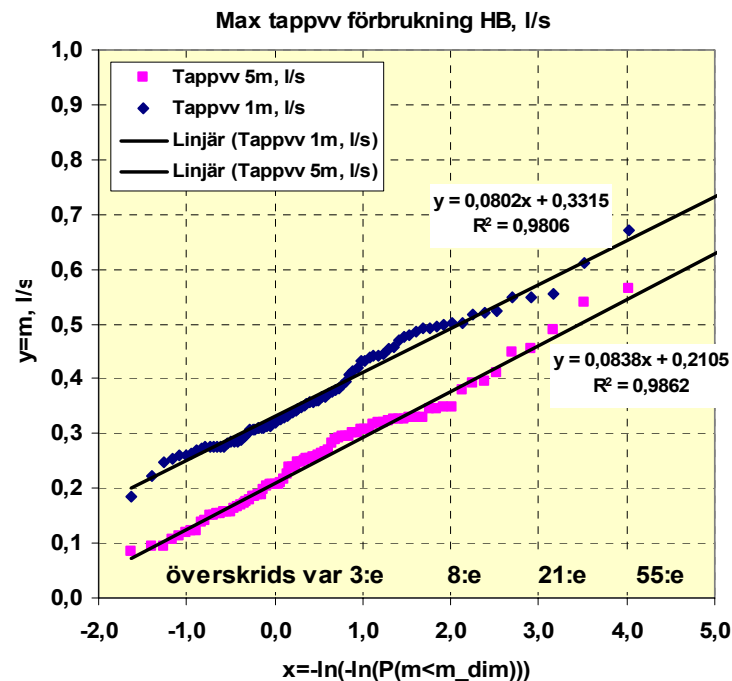
Figur 28. Samma som Figur 27 men med färre antal extremvärden

Figure 28. Same as Figure 27 but with less extreme values

För Hotel Grand anser vi att en lämplig nivå att ansätta sannolikt varmvattenflöde är 1,48 l/s. Detta flöde överskrids sannolikt under en 5-minuters period per dygn då hotellet har extremt hög användning av varmvatten. I avsnitt 5 för vi ett resonemang kring vad som sker då en värmeväxlare överbelastas och hur mycket som man kan acceptera i överbelastning.

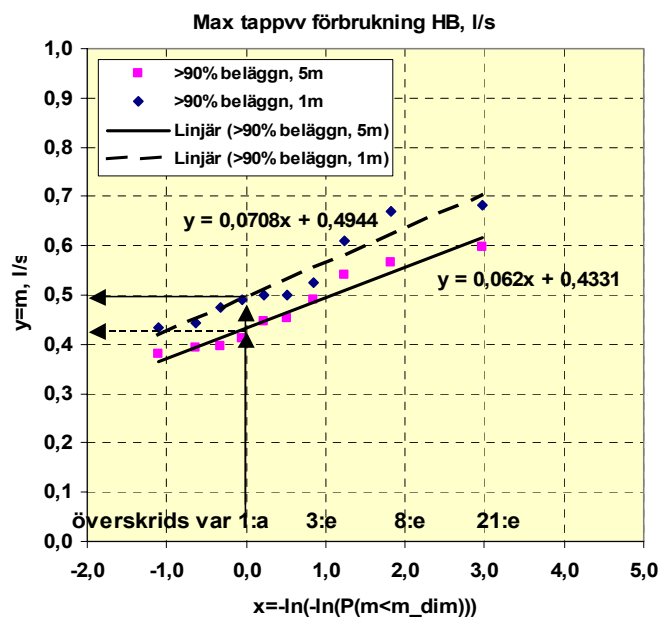
4.7.2. Hotell Borås

På hotell Borås kan man från Figur 29 se att varmvattenanvändningen också följer Gumbelfördelningen bra. I figuren framgår också att man får olika maxflöden under dygnet beroende på samplingsintervall.



Figur 29. Extrema tappvarmvattenanvändningar på Hotell Borås (1min och 5 min samplingsintervall)

Figure 29. Extreme domestic hot water flows at "Hotell Borås" (1min and 5 min intervals between storing)



Figur 30. Samma som Figur 29 men med färre antal extremvärden (då antalet gäster överstiger 90% av hotellets kapacitet).

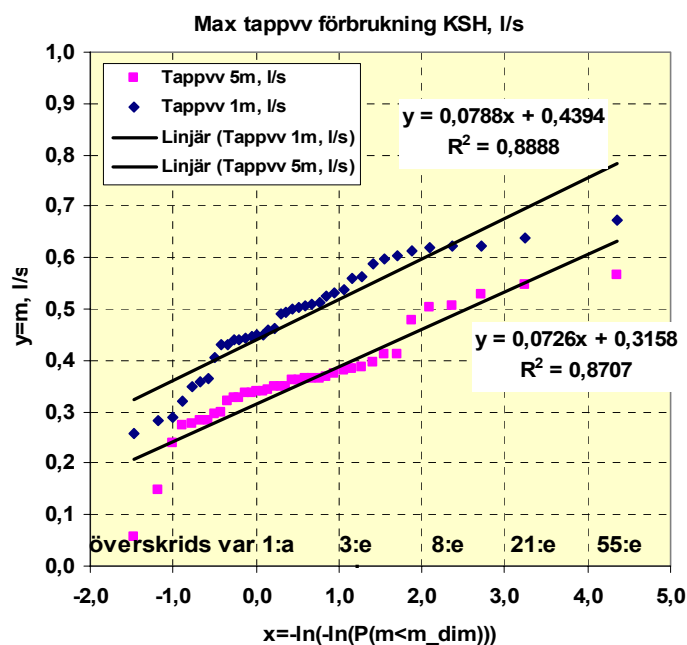
Figure 30. Same as Figure 29 but with less extreme values (when the number of guests exceeds 90% of the capacity of the hotel)

På detta hotell var det tydligare att maximala dygnsflöden uppstår vid hög beläggning på hotellet. Därför väljer vi att studera de dygn då beläggningen varit över 90%.

För Hotell Borås anser vi att en lämplig nivå att ansätta sannolikt varmvattenflöde är 0,43 l/s. Detta flöde överskrids sannolikt under en 5-minuters period per dygn då hotellet har extremt hög användning av varmvatten. Med 1-minutsupplösning kommer detta flöde att överskridas med ca 15%. I avsnitt 5 för vi ett resonemang kring vad som sker då en värmväxlare överbelastas och hur mycket som man kan acceptera i överbelastning.

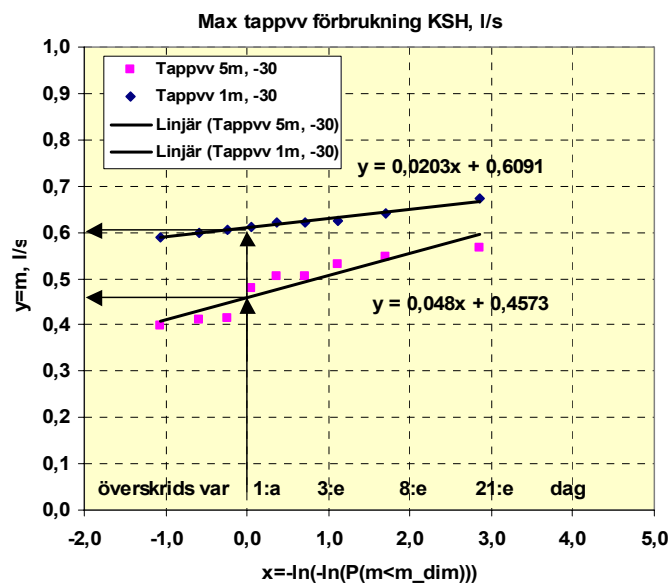
4.7.3. Kinna Stadshotell

På Kinna Stadshotell kan man från Figur 31 se att varmvattenanvändningen även här följer Gumbelfördelningen ganska bra. I figuren framgår också att man liksom på Hotell Borås erhåller högre maxflöden under dygnet med tätare samplingsintervall.



Figur 31. Extrema tappvarmvattenanvändningar på Kinna Stadshotell (1min och 5 min samplingsintervall)

Figure 31. Extreme domestic hot water flows at "Kinna Stadshotell" (1min and 5 min intervals between storing)



Figur 32. Samma som Figur 31 men med färre antal extremvärden (de 30 lägsta dygnsmaximala värdena borttagna).

Figure 32. Same as Figure 31 but with less extreme values (30 of the lowest maximum values removed)

För Kinna Stadshotell anser vi att en lämplig nivå att ansätta sannolikt varmvattenflöde är 0,46 l/s. Detta flöde överskrids sannolikt under en 5-minuters period per dygn då hotellet har extremt hög användning av varmvatten. Med 1-minutsupplösning kommer detta flöde att överskridas med ca 33%. I avsnitt 5 för vi ett resonemang kring vad som sker då en värmeväxlare överbelastas och hur mycket som man kan acceptera i överbelastning.

4.8. Slutsatser från mätningarna

I detta avsnitt sammanfattas resultaten från mätningarna på hotellen. Resultat från mer än 9 månaders mätningar på hotell av varierande storlek ger en relativt säker bild av hur uttagsmönstret av varmvatten på hotell ser ut.

Vattentemperaturerna på samtliga hotell förutom Hotell Borås har uppvisat jämna värden och vi har inte funnit någon anledning till att tro att uttagsmönstret av varmvatten påverkats av dessa parametrar i någon större omfattning. Efter en enkel analys av Hotell Borås, avsnitt 4.2.2, blir slutsatsen för detta hotell att en jämnare reglering av varmvattnet skulle resultera i ett något högre sannolikt flöde jämfört med de beräknade i avsnitt 4.5.2.

Dygnsmönstren av varmvattenanvändning ser i stort sett ut på liknande sätt på alla hotell med en tydlig morgontopp. Flödet är relativt jämnt under dagen och två lägre flödestoppar kommer på eftermiddagen och kvällen. Ju mindre hotell desto tydligare och spetsigare toppar, vilket beror på mindre sammanlagring av tappningarna.

Varmvattenanvändningen uppvisar ett väldigt tydligt samband hotellen emellan. På samtliga tre hotell kan man se att nattgäster i medeltal använder mellan 74 och 76 liter varmvatten per dygn. Även en annan undersökning, *Volla 1992*, där mätningar gjordes på tre norska hotell visar att gästerna även där använder så mycket vatten per gäst och dygn. Varmvattenanvändningen ökar med ökande beläggning, men de högsta registrerade varmvattenflödena har på två av tre hotell inte inträffat då beläggningen

varit som störst. Detta beror troligtvis på andra aktiviteter som hotellen har (kök, konferens, festlokal)

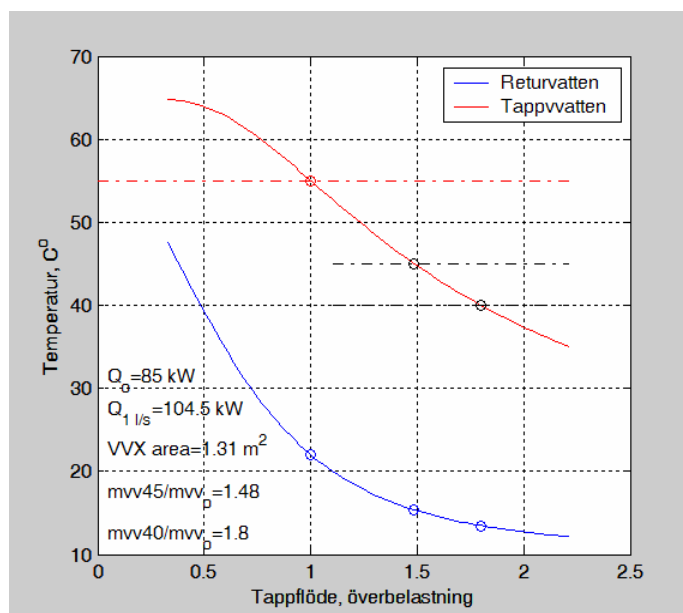
Frekvensundersökningarna ger oss resultatet att på de mindre hotellen är nollflöde av varmvatten det vanligast förekommande. Stora tappningar förekommer sällan på samtliga tre hotell. Vilket varmvattenflöde som sedan ett hotell av en viss storlek skall dimensioneras för är en fråga som den som dimensionerar anläggningen i sista hand beslutar. De rekommenderade flödesnivåer som detta projekt ger baseras på extremvärdesfördelning med sannolikhetsbedömning.

5. Konsekvenser vid överbelastning av värmeväxlare

I detta kapitel förs en diskussion kring vad som händer då en värmeväxlare överbelastas och hur stora temporära överbelastningar kan tillåtas. Resonemanget återger innehållet i *Wollerstrand 2004*.

Från tidigare projekt, *Wollerstrand 2002*, vet man att en överbelastning av tappvarmvattenberedaren under 5 minuter är normalt helt acceptabelt om inte överbelastningen har en extrem karaktär. Ett sätt att gardera sig mot det extrema är att kontrollera överbelastningen med 1 minuts upplösning och notera den procentuella skillnaden mellan de erhållna värdena. Om överbelastningen på minutbasis inte leder till att den utgående tappvarmvattentemperaturen efter beredaren understiger 40°C då kan överbelastningens karaktär antas vara acceptabel.

När man bedömer vad som händer vid överbelastning utgår man från att vid ökande sekundärflöde i en värmeväxlare ökas primärflödet av dess reglerventil tills rätt utgående temperatur uppnås. Detta fungerar tills dimensionerande belastning uppstår. Därefter kan inte primärflödet öka utan förblir konstant. Om sekundärflödet ökar ytterligare då sjunker dess utgående temperatur. Detta går att räkna ut för given dimensionering av värmeväxlaren. Man får bara beakta att valet av värmeövergångstalen påverkar beräkningsresultatet (här är $\alpha_{\max}=12 \text{ kW/m}^2\text{K}$ på båda sidorna av värmeväxlaren). Resultat av en sådan beräkning för dimensionering 10–55/65–22 °C visas i Figur 33.



Figur 33. Utgående tappvarmvattentemperatur och primär returtemperatur från en värmeväxlare som funktion av tappvarmvattenflöde vid konstant dimensionerande primärflöde. (källa: J Wollerstrand)

Figure 33. Outgoing hot water temperature and primary return temperature from a heat exchanger vs. hot water flow at constant dimensioning primary flow (source: J Wollerstrand)

I Figur 33 är alltså primärflödet konstant och ger 55 gradigt vatten vid dimensionerande flöde (0,45 l/s vid 85 kW). Då tappflödet ökar sjunker den utgående

tappvarmvattentemperaturen. I beräkningen tas hänsyn till ökande värmeövergång på sekundärsidan varför temperaturminskningen inte är linjär. Man kan se att temperaturen blir 45°C vid 1,5 ggr överbelastning och 40°C vid 1,8 ggr överbelastning. Detta gäller allmänt oberoende av värmeväxlarens storlek. Värmeväxlaren har således inbyggd reservkapacitet vilken dock måste korrigeras nedåt på grund av ökande tappvarmvattenanvändning då den utgående tappvarmvattentemperaturen sjunker.

Hur påverkas tappvarmvattenanvändning vid överbelastning av tappvarmvattenberedaren d.v.s. vid sjunkande tappvarmvattentemperatur? Enligt *Gummerus 1989* blir den relativa ändringen av tappvattenanvändning då tappvarmvattentemperaturen ändras såsom anges i Tabell 4.

Tabell 4 Inflytande av tappvarmvattentemperatur på förbrukat flöde

Table 4 Influence of the hot water temperature on the domestic hot water flow

<i>Gummerus 1989, del 2, s 49:</i>				Relativt (55–10°C)/ (T _{vv} –10°C) Q _{värmebalans}
T _{vv} °C	Bad	Hand	Kök	
40	1,37	1,28	1,19	1,50
45	1,25	1,18	1,13	1,29
50	1,12	1,09	1,06	1,13
55	1,00	1,00	1,00	1,00
60	0,88	0,91	0,94	0,90
65	0,75	0,82	0,87	0,82

Tappvattentemperatur 55°C är vår referenstemperatur. Det visas i tabellen att olika typer av tappställen påverkas olika av förändring av tappvarmvattentemperaturen. Kolumnen längs till höger i tabellen visar vad man borde förvänta sig om man räknade tappvarmvattenanvändningen värmebalansmässigt (utifrån ett antagande att konstant värmemängd förbrukas vid tappningar oberoende av tappvarmvattnets temperatur eftersom brukaren alltid ställer in önskad vattentemperatur vid tappstället med hjälp av blandaren). Jämförelsen visar att siffrorna i de vänstra kolumnerna är av samma storleksordning som de beräknade enligt värmebalansen men generellt något lägre, vilket är det rimliga om man tar hänsyn till brukarnas beteendemönster.

Hur stor överbelastning är då acceptabelt? Som konstaterats ovan är den utgående sekundära vattentemperaturen i en värmeväxlare som överbelastats med 80% ca 40°C, jämfört med dimensionerande 55°C. Samtidigt medför det en ökning av tappvarmanvändningen med ca 37% vid bad (som sannolikt dominerar i ett hotell på morgonen). Således, om man sätter som villkor att temperaturen inte får vara lägre än i medeltal 40°C vid samplingsintervall 1 minut, så begränsas den inbyggda reservkapaciteten till

$$1,8 / 1,37 = 1,31$$

Motsvarande blir om man inte accepterar tillfälliga temperaturdippar lägre än 45°C:

$$1,5 / 1,25 = 1,2$$

Observera att det är fortfarande möjligt att temperaturen blir lägre än 40°C resp. 45°C under en del av den analyserade minuten. I så fall blir dock temperaturen högre under resten av samma minut och det kommer att röra sig om en högfrekvent pendling som jämnas ut av ledningssystemet.

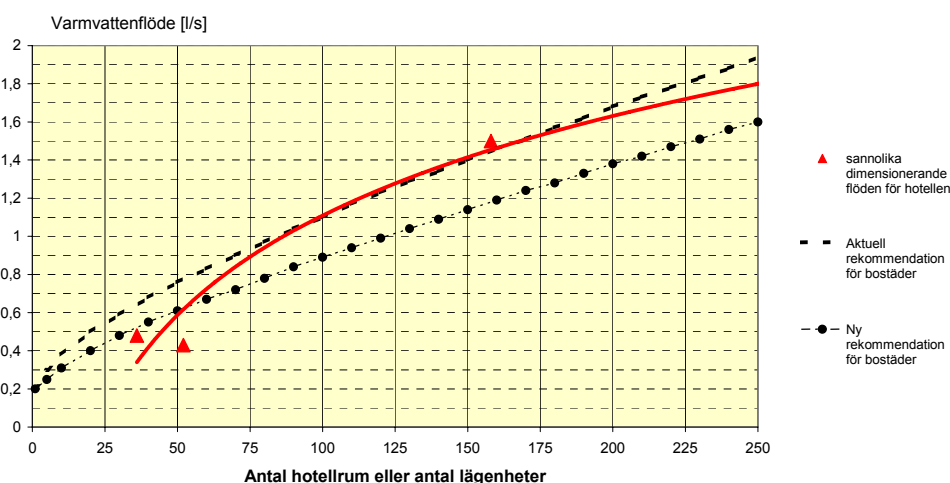
Vår slutsats blir således att ”smärtgränsen” för överbelastning av tappvarmvattenberedaren ligger vid varaktig överbelastning vid 31% för den valda typen av värmeväxlare (standard plattvärmeväxlare). En Gumbelanalys av mätvärden för Hotell Borås och Kinna Stadshotell som är baserade på 1- respektive 5-minuters medelvärdesbildning visar ett identiskt förhållande mellan flöden som uppstår då sannolikheten för överskridelse av det dimensionerande flödet sätts till 1 vecka (också 31%).

Observera att att de framräknade procentsatserna här är identiska beror helt klart på en slump, vilket kan kontrolleras genom att man väljer en annan överskridelsesannolikhet (väljer man tre veckor istället för en, så blir kravet på växlarens överbelastningsbarhet 24%). Observera även att vid val av reglerventilens storlek skall den nödvändiga avrundningen göras uppåt då det inte finns någon inbyggd reserv kvar här. Eventuell avrundning uppåt kommer att öka beredarens reservkapacitet.

6. Diskussion och slutsatser

Hur ofta förekommer stora tappningar av varmvatten? Svaret på den frågan skall ge oss vägledning till hur man bör dimensionera varmvattenutrustningen på hotell. Tappvarmvattenflöden består vanligtvis av många små tappningar som ibland inträffar samtidigt och bildar stora uttag vid uppvärmande enheter. I bostäder inträffar dessa väldigt sällan och därför bör man tillåta att utgående varmvattentemperatur ibland sjunker något när de största (och kortvariga) tappningarna inträffar. Brukaren som inte använder 55-60 gradigt vatten, kommer inte att märka av någon försämrad varmvattenkomfort om temperaturen långvarigt understiger ca 40°C.

Analyser av tappvarmvattenanvändningens frekvens hos hotell visar, liksom hos bostäder, att stora tappningar är sällsynta och korta. Relativa frekvenser, kumulerade relativa frekvenser och sannolika extremvärden (ej för Hotell Winn) har beräknats för hotellen. Svensk Fjärrvärme har rekommendationer för dimensionerande varmvattenflöden för bostäder. Nivåerna har genom åren minskat eftersom kunskapen om sannolika flöden ökat. Generellt kan man säga att Svensk Fjärrvärmes rekommendationer för bostäder tidigare legat så att en kumulerad relativ frekvens på ca 1 % uppnåts, dvs. 99 % av alla varmvattentappningar understiger den rekommenderade nivån. Den nya dimensioneringskurvan kommer att innebära en kumulerad relativ frekvens på ca 7 % för bostäder, dvs. 93 % av tappningarna i en bostad kommer att understiga den rekommenderade nivån. Detta förfarande kan man inte direkt överföra på hotellen eftersom de har en varierande beläggningsgrad under mätperioderna (bostäders dimensioneringskurvor är framtagna för 100% ”beläggningsgrad”). Vi har påvisat att maximalt varmvattenflöde inte nödvändigtvis uppstår vid högsta beläggningsgrad, utan istället påvisat sannolika maximala flöden för de tre hotellen.



Figur 34. Sammanställning av sannolikt varmvattenflöde och antal hotellrum. Även jämförelse med aktuell resp. kommande (under 2004) rekommendation från Svensk Fjärrvärme för bostäder.

Figure 34. Domestic hot water curves vs. number of hotel rooms. The figure also includes curves for residential buildings (number of apartments on the x-axis). The top curve is the actual and the second curve from the top is the new recommendation (during 2004) by the Swedish District Heating Association.

Dimensioneringsrekommendationer från detta projekt kan sammanfattas i Figur 34. I den anges sannolika nivåer för hotellens maxflöden. Vi har valt nivåer där sannolikt flöde uppkommer under 5 minuter per dygn under perioder med hög belastning. Enligt resonemang i kapitel 5 kan kortvariga överbelastningar av värmeväxlaren på ca 30% accepteras. Med den acceptansnivån så är man uppe i de maximalt uppmätta nivåerna för samtliga hotell under de studerade tidsperioderna. Observera att detta gäller vid direktväxling. Används varmvattenberedning (vilket generellt sett inte är att rekommendera) kan kurvorna sänkas ytterligare.

Av figuren framgår att hotell Borås (52 rum) ligger något under den anpassade trendlinjen. En bättre fungerande varmvattenreglering skulle troligtvis höja hotellets punkt närmare trendlinjen. Generellt är bedömningen mer osäker för mindre hotell eftersom baslasten (kök, städ, personals behov) får så stor genomslagskraft.

Ur **Fel! Hittar inte referenskälla.** kan rekommendationer för dimensionerande varmvattenflöden för ett antal olika hotellstorlekar utläsas. Underlaget gäller endast för dimensionering av värmeväxlare och primär styrventil. För dimensionering av interna vattenrör finns en speciell Europastandard (prEN 806-3).

Tabell 5 Rekommenderade nivåer för varmvattendimensionering av hotell

Table 5 Recommended levels for dimensioning domestic hot water flows in Hotels

Antal hotellrum	Rekommenderade dimensionerande varmvattenflöden [l/s]
<30	0,40
50	0,59
75	0,89
100	1,11
150	1,41
200	1,63
250	1,80
300	1,94
400	2,15
500	2,32

I de fall då varmvattenuttaget överstiger de dimensionerande gränserna kommer varmvattentemperaturen att sjunka vilket diskuterats i rapporten. Man skall dock hålla i minnet att flera situationer måste inträffa för att en bristsituation skall uppstå:

- Lägre temperatur än 65 °C i fjärrvärmesystemets framledning
- Lägre differenstryck än dimensionerande differenstryck
- Kallvatten som understiger dimensioneringstemperaturen
- Högre temperaturfall än 5 °C mellan växlare och tappstället

Sammantaget gör detta att sannolikheten för bristsituationer är låg om dessa riktlinjer följs.

7. Litteratur

Aronsson, S. **"Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov"**, doktorsavhandling, Inst. för Installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1996

Berg, Å., **"Ändrade riktlinjer för dimensionering av vattenvärmare för tappvarmvatten"**, Värmeforsk Rapport H3-400, (1994)

Gummérus, P., **"Analys av konventionella abonnentcentraler i fjärrvärmesystem"**, Doktorsavhandling, Inst. för energiteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg (1989)

Gummérus, P, Petersson, S., **"Robust fjärrvärmecentral"**, Rapport A99-223, Inst. för Energiteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1999

Volla, R., Hjorthol, E. M., **"Optimalisering av anlegg for tappevannsberedning, del II"**, SINTEF Varmeteknik, RE-19/1992, ISBN 82-595-7469-1, Trondheim 1993

Holmberg, S. **"Flow rates and power requirements in the design of water services"**, Tekniska Meddelanden 316, 1987:2, Inst. för Uppvärmning och Ventilationsteknik, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm 1987.

Svensk Byggnorm, SBN 80, Statens Planverks författningssamling, 1980:1, Stockholm 1980

Svensk Fjärrvärme, **"Fjärrvärmecentralen – utförande och installation"**, FVF F:101, juni 2001

Svensk Fjärrvärme, **"Fjärrvärmecentralen – utförande och installation"**, FVF F:401, juni 2004

Volla R., **"Consumer heating systems for district heating – Development by system simulations and service hot water measurements"**. Doktor Ingeniöravhandling, Institutt for klima- og kuldeteknikk, Universitetet i Trondheim, Norges Tekniske Høgskole, KKT-rapport 1996:1

Werner, S., **"Värmeeffektens sammansättning i svenska fjärrvärmesystem"**, Artikel ur tidskriften VVS & Energi, nr 9 1985.

Wollerstrand, J., **"District Heating Substations, Performance, Operation and Design"**, doktorsavhandling, Inst. för värme- och kraftteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 1997

Wollerstrand, J., **"Tappvarmvattensystem - egenskaper, dimensionering och komfort"**, Svensk Fjärrvärme, FoU rapport 2002:75

Wollerstrand, J., **"Dimensionering av tappvarmvattenberedare i hotell med hjälp av Gumbel-fördelning"**, PM 2004-04-30, Inst. för värme- och kraftteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2004

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Svensk Fjärrvärmes Förlagsservice.

Telefon: 026 – 24 90 24, Telefax: 026 – 24 90 10, www.fjarrvarme.org

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING – RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare – Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem – en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör ”Hisings-Backa”	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla – två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98

Nr	Titel	Författare	Publicerad
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Leena Carpén	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsflödesmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin	dec-99

Nr	Titel	Författare	Publicerad
		Carmen Pletikos	
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät – Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport ”Neuartige Wärmeverteilung”	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01
54	Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät	Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck	feb-01
55	Tryckväxlare för fjärrkyla	Lars Eliasson	mars-01
56	Beslutsunderlag i svenska energiföretag	Peter Svahn	sept-01
57	Skarvtätning baserad på svällande material	Henrik Bjurström Pal Kalbantner Lars-Åke Cronholm	okt-01
58	Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	okt-01
59	Analys av trerörssystem för kombinerad distribution av fjärrvärme och fjärrkyla	Guaxiao Yao	dec-01
60	Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Magdalena Svanström	jan-02
61	Korrosionsskydd av en trycklös varmvattenackumulator med kvävgasteknik – fjärrvärmeverket i Falkenberg	Leif Nilsson	jan-02
62	Tappvarmvattenreglering i P-märkta fjärrvärmecentraler för villor – Utvärdering och förslag till förbättring	Tommy Persson	jan-02
63	Experimentell undersökning av böjar vid kallförläggning av fjärrvärmerör	Sture Andersson Nils Olsson	jan-02

Nr	Titel	Författare	Publicerad
64	Förändring av fjärrvärmenäts flödesbehov	Håkan Walletun Daniel Lundh	jan-02
65	Framtemperatur vid värmegles fjärrvärme	Tord Sivertsson Sven Werner	mars-02
66	Fjärravläsning med signaler genom rörnät – förstudie	Lars Ljung Rolf Sjöblom	mars-02
67	Fukttransport i skarvskum	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	april-02
68	Round Robin test II av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ture Nordenswan	april-02
69	EkoDim – beräkningsprogram	Ulf Jarfelt	juni-02
70	Felidentifiering i FC med ”flygfoton” – Förstudie	Patrik Selinder Håkan Walletun	juni-02
71	Digitala läckdetekteringssystem	Jan Andersson	aug-02
72	Utvändigt skydd hos fjärrvärmerörsskarvar	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	sept-02
73	Fuktdiffusion i plaströrsystem	Heimo Zinko Gunnar Bergström Stefan Nilsson Ulf Jarfelt	sept-02
74	Nuläge värmegles fjärrvärme	Lennart Larsson Sofie Andersson Sven Werner	sept-02
75	Tappvarmvattensystem – egenskaper, dimensionering och komfort	Janusz Wollerstrand	sept-02
76	Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun	okt-02
77	Isocyanatexponering vid svetsning av fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Lisa Lindqvist Stefan Nilsson	okt-02
78	Förbättringspotential i sekundärnät	Lennart Eriksson Stefan Petersson Håkan Walletun	okt-02
79	Jämförelse mellan dubbel- och enkelrör	Ulf Jarfelt	dec-02
80	Utvändig korrosion på fjärrvärmerör	Göran Sund	dec-02
81	Varmvattenkomfort sommartid i småhus	Tommy Persson	dec-02
82	Miljöbelastning från produktion av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Camilla Holmgren	dec-02
83	Samverkande produktions- och distributionsmodeller	John Johnsson Ola Rossing	feb-03
84	Användning av aska vid förläggning av fjärrvärmeledningar - förstudie	Rolf Sjöblom	feb-03
85	Marginaler i fjärrvärmesystem	Patrik Selinder Heimo Zinko	mars-03
86	Flödesutjämning körstrategi	Gunnar Larsson	april-03
87	”Black-Box”-undersökning av fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun Bernt Svensson	juni-03
88	Långtidsegenskaper hos lågflödesinjusterade radiatorsystem	Stefan Petersson Sven Werner	aug-03

Nr	Titel	Författare	Publicerad
89	Rationellt byggande av fjärrvärmeledningar	Tommy Gudmundson	sep-03
90	Total – Kontra utförandeentreprenad	Tommy Gudmundson	sep-03
91	Tryckväxlare för fjärrkyla – Teknik och funktion	Bror-Arne Gustafson	sep-03
92	Kylning av kylmaskiners kondensorer med fjärrkyla i livsmedelsbutiker	Caroline Haglund Stignor	sep-03
93	Minskade distributionsförluster med diffusionstäta fjärrvärmerör	Maria Olsson	okt-03
94	Kopplingsprinciper för fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump	Patrik Selinder Håkan Walletun Heimo Zinko	okt-03
95	Funktion hos 1-rörs radiatorsystem – Avkylning, komfort och stabilitet	Stefan Petersson Bernt-Erik Nyberg	okt-03
96	EPSPEX-kulvert – Utveckling, utförande och uppföljning	Tommy Gudmundson	okt-03
97	EPSPEX-kulvert – Funktion under och efter vattendränkning	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	okt-03
98	Fukt i fjärrvärmerör, larmsystem och detektering Inventering av mätmetoder och gränsvärden	Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm Mats-Olov Edström	okt-03
99	Undersökning av skarvar med isolerhalvor efter nio år i drift	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	nov-03
100	Strategier för framtidens fjärrvärme	Markus Fellelsson	dec-03
101	Fjärrvärmevärmda torkrumsanläggningar	Peter Neikell Tobias Nilsson	nov-03
102	Kyllager i befintligt kylnät	Fredrik Setterwall Benny Andersen	nov-03
103	Reglerdynamik, tryckhållning och tryckslag i stora rörsystem	Gunnar Larsson	dec-03
104	Energimätning i småhus. Förstudie.	Jan Eliason Morgan Romvall Håkan Walletun	dec-03
105	Konsekvenser av mindre styrventiler i distributionsnät	Håkan Lindkvist Håkan Walletun	jan-04
106	Inventering av nya inspektionsinstrument för statuskontroll av fjärrvärmerör	Göran Sund	jan-04
107	Kopplingar i fjärrvärmesystem – inventering av alternativ och utvecklingspotential	Rolf Sjöblom Jöns Hilborn	feb-04
108	Gradtid för kyla	Peter Lundell	april-04
109	Effektivare rundgångar	Håkan Walletun Karolina Näsholm	april-04
110	Mikrobiell aktivitet i fjärrkylennät	Magnus Nordling	april-04
111	Effektivare distribution av fjärrkyla	Olle Källman Per Hindersson Börje Nord	maj-04
112	Värmedriven kyla	Magnus Rydstrand Viktoria Martin Mats Westermark	maj-04

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
113	Markradar fältförsök	Emelie Vestin Peter Wilén	juni-04
114	EcoTrenchläggning av fjärrvärmerör	Alf Lindmark	juni-04
115	Tappvarmvattenanvändning på hotell	Stefan Petersson Sven Werner Martin Sandberg Åsa Wahlström	juni-04

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99
6	Optimering av fjärrvärmevattens framledningstemperatur i mindre fjärrvärmesystem	Ilkka Keppo Pekka Ahtila	jan-03
7	Sammanställning över fjärrvärme- och kraftvärmeprojekt med eu-stöd	Sofie Andersson Sven Werner	feb-04
8	Utvärdering av FOU-programmet Hetvattenteknik 2001-2003	John Johnsson Håkan Sköldberg	feb-04
9	Nytta med svensk fjärrvärmeforskning	Sven Werner	feb-04

*Svensk Fjärrvärme AB och Statens energimyndighet bedriver
forskningsprogram inom området fjärrvärme, hetvattenteknik och fjärrkyla.*



Svensk Fjärrvärme • 101 53 Stockholm • Telefon 08-677 25 50 • Fax 08-677 25 55
Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr. • E-post kontakt@fjarrvarme.org • www.fjarrvarme.org