

Temperaturer i rörschakt och fördelarskåp för tappvatten

Resultat av mätningar och beräkningar



Förord

Projektets syfte har varit att undersöka hur temperaturen på kallvattnet i tappvattenschakt och fördelarskåp ökar genom uppvärmning från varmvatten- och VVC-ledningar.

Undersökningarna har genomförts genom mätningar i ett försöksschakt och i fördelarskåp monterade i laboratorium. Mätningarna har kompletterats med beräkningar för att ge en mer generell bild av resultaten.

Resultaten från arbetet har aktualiserats sedan Boverket publicerade allmänna råd för största uppvärmning av tappkallvatten i den utgåva av Boverkets byggregler som började gälla 2014-07-01. Beräkningar och förslag till riktlinjer har därför anpassats till dessa råd. Rapporten bygger på rapporter av Claes Blomqvist på Högskolan i Gävle om de mätningar som utförts. Projektet har pågått sedan slutet av 2009.

Arbetet har genomförts av en projektgrupp:

Mätningar, Claes Blomqvist och Elisabet Lindén, Högskolan i Gävle

Beräkningar, Chadi Beaini, Simon Bolteau och Jörgen Rogstam, Energi & Kylanalys AB

Projektledare, Rolf Kling, VVS Företagen

Diagram, Malin Alros, KTH

Texter om Legionella: Göran Stålbom, Allmänna VVS-byrån

Referensgrupp för mätningarna:

Bengt Isaksson, Uponor AB

Bengt Julin, Cupori AB

Bertil Jönsson, Boverket

Fredrik Runius, Säker Vatten AB

Joakim Rydholm, Roth Nordic AB

Robert Wiklund, LK Systems AB

Mats Åström, LK Systems AB

Arbetet har finansierats av VVS Företagen samt av de deltagande företagen.

LK Systems AB har bidragit med beräkningsprogram och installationsmaterial.

Innehåll

Temperaturer i rörschakt och fördelarskåp för tappvatten Resultat av mätningar och beräkningar	1
Förord	3
Legionella i tappvatteninstallationer	5
Temperaturer i tappvattenschakt med kallvatten-, varmvatten- och VVC-ledningar	7
Temperaturer i kallvattenledningar	7
Undersökningar om uppvärmning av kallvatten	8
Resultat	9
Mätningar och beräkningar av temperaturökning på kallvatten i rörschakt	9
Temperaturmätningar i fördelarskåp	10
<i>Bilaga 1</i>	11
Temperaturmätningar	11
Temperaturmätningar i tappvattenschakt	11
Temperaturmätningar i fördelningsskåp	15
Mätresultat	17
Mätresultat från schaktmätningar	17
Mätresultat från temperaturmätningar i kopplingsskåp	22
<i>Bilaga 2</i>	24
Beräkning av kallvattentemperatur	24
Beräkningar av schakttemperatur	25
Ingående parametrar - diskussion	25
Beräkningsresultat	27
Kompletterande beräkningar	28
<i>Bilaga 3</i>	29
Inomhustemperatur	29
Litteratur	30

Legionella i tappvatteninstallationer

Legionella är namnet på en familj av bakterier som upptäcktes 1976 i USA.

Legionellabakterier förekommer naturligt i sjöar, vattendrag, i jord och i grundvatten, men mängden är normalt så liten att bakterien varken kan upptäckas vid analys eller orsaka sjukdom. Tillväxten är normalt låg i naturliga miljöer. Bakterierna förökar sig framför allt i tappvatten- och kylsystem. Tillväxten gynnas av den biofilm som nästan alltid finns på installationernas innerväggar. Här växer olika organismer, bland annat amöbor och andra protozoer.

Legionellabakterier kan föröka sig i vatten vid temperaturer mellan 20°C och 45°C. Den optimala temperaturen är 30°C till 40°C. Vid temperaturer under 20°C är bakterierna vilande. De överlever, men förökar sig inte. Vid höga temperaturer dör bakterierna. De har svårt att överleva i vatten som konstant ligger över 50°C och de dör på kort tid när temperaturen når 70°C.

Legionellabakterier kan orsaka två olika sjukdomar, Legionärssjuka och Pontiacfeber. Legionärssjuka är en lunginflammation. Det första fallen upptäcktes i Sverige 1979 och spårades till ett varuhus i Västerås.

Legionärssjuka yttrar sig som lunginflammation, vanligtvis med hög feber, huvudvärk, muskelvärk och diarré. Efter exponering tar det 2 till 10 dygn för symtomen att visa sig. Sjukdomen kan vara allvarlig, 5 till 10 procent av de smittade avlider. De flesta återhämtar sig dock helt, men det kan ta lång tid. I Sverige konstateras cirka 100 fall av Legionärssjuka varje år. Drygt en tredjedel av dessa har smittats utomlands. Forskare tror att mörkertalet för smittade kan vara 5 till 10 gånger.

Pontiacfeber är en mindre allvarlig sjukdom än Legionärssjukan. Inkubationstiden är mellan fem timmar och tre dagar. Sjukdomen varar normalt mellan två och fem dagar med symtom som liknar influensa: huvudvärk, illamående, kräkning, muskelvärk och hosta. Sjukdomen går över av sig själv.

Man kan bara få Legionärssjuka eller Pontiacfeber genom att aerosol (små vattendroppar), som innehåller legionellabakterier, andas ned i lungorna. Sjukdomen smittar inte från person till person. Man kan inte heller bli smittad genom att dricka vatten. De vanligaste spridningsvägarna för legionellabakterier anses vara duschar, men också öppna kyltorn placerade utvändigt som producerar aerosoler.

Risker för mikrobiell tillväxt

Låga nivåer av legionellabakterier är ett naturligt inslag i de flesta vattentäkter. Även i vatten som kommer från det kommunala vattennätet kan det därför finnas små mängder legionellabakterier. Det är ofta så små mängder att de inte är möjliga att påvisa med de mätmetoder som finns. Denna förekomst är inte heller möjlig att påverka. Vattenleverantören anses inte ha någon rimlig möjlighet att avskilja eller säkert döda bakterierna. Den vanliga strategin för att begränsa riskerna är att se till att bakterierna inte får möjlighet att föröka sig i fastigheternas VVS-installationer och att bygga robusta system som inte är känsliga för olika typer av påverkan. Många faktorer har betydelse för att legionellabakterierna ska kunna föröka sig. Några av dessa är:

- Vatten. Legionellabakterier lever i vatten. Utan vatten dör bakterierna.
- Näring. Bakterierna behöver näring. De ämnen som normalt finns i kommunalt vatten är tillräckliga för bakterien.

- Syre. Legionellabakterier är aeroba. De dör i syrefattigt vatten.
- Temperatur. Bakterierna överlever i vattentemperaturer under 20°C och de kan föröka sig i vatten vid temperaturer mellan 20°C och 45°C med en optimal temperatur på 30°C till 40°C.
Legionellatillväxt i kallvatten har främst konstaterats då vattnet oavsiktligt värmts upp, exempelvis av närliggande varma rör.
- pH. Legionellabakterier kan föröka sig om pH-värdet är mellan 5,5 och 9,2 (i tappvatten är det normalt mellan 7,5 och 9).
- Tid. Bakterierna behöver tid på sig för att föröka sig. En lång tid (några dygn eller veckor) med gynnsamma betingelser utgör en risk.
- Låg strömningshastighet. Stillastående eller långsamt strömmande vatten ger goda förutsättningar för bakterien.
- Biofilm. Legionellabakterier får goda möjligheter att leva och föröka sig i de biofilmer som byggs upp på innerväggar i installationer.

Faktaruta

Särskild risk för legionellatillväxt:

För kallt varmvatten

För varmt kallvatten

Stora system utan VVC eller med dåligt injusterade VVC-system

Varmvattenberedare med för låga temperaturer och temperaturskiktning

Blindledningar med stillastående vatten

Handdukstorkar kopplade till VVC-systemet (svårt att injusterar varmvattencirkulationen och hög värmeavgivning från VVC-systemet som gör det svårt att hålla tillräckligt hög temperatur)

Temperaturer i tappvattenschakt med kallvatten-, varmvatten- och VVC-ledningar

Temperaturer i kallvattenledningar

Det är inte ovanligt att det förekommer klagomål från lägenhetsinnehavare i relativt nybyggda flerbostadshus på att kallvattentemperaturen är hög, framför allt på morgonen. Ibland kan temperaturen vara över 35 °C. I bostäder är det vanligt att det under natten inte förekommer någon tappning av vatten. Detta gäller även i flerbostadshus. Om kallvattenrören är förlagda i samma rörschakt som varmvatten- och VVC-ledningarna kan stillastående kallvatten värmas upp så mycket att risk för bakterietillväxt uppstår.

Boverkets regler

I Boverkets byggregler finns krav och allmänna råd till skydd mot mikrobiell tillväxt. Sedan 2014-07-01 gäller bland annat följande:

"6:622 Mikrobiell tillväxt. För att minska risken för tillväxt av bl.a. legionellabakterier bör tappkallvatteninstallationer inte placeras på ställen där temperaturen är högre än rumstemperatur. Risken finns bl.a. i varma schakt eller varma golv, i vilka installationer för t.ex. tappvarmvatten, tappvarmvattencirkulation och radiatorer är förlagda. Om det är omöjligt att undvika ... så bör samtliga installationer utformas och isoleras så att temperaturökningen på tappkallvattnet blir så låg som möjligt. Då bör installationernas utformning och isolering dimensioneras så att tappkallvattnet kan vara stillastående i 8 timmar utan att temperaturen på tappkallvattnet överstiger 24°C"

Undersökningar om uppvärmning av kallvatten

För att undersöka hur snabbt kallvatten värms upp i ett tappvattenschakt eller i ett fördelarskåp och hur det kan vara möjligt att följa Boverkets allmänna råd om kallvattnets uppvärmningshastighet har ett projekt med mätningar och beräkningar genomförts. Projektet har bestått av två huvuddelar:

1. Temperaturmätningar på rörinstallationer i schakt och i fördelarskåp

Temperaturmätningar utfördes i ett tre våningar högt provschakt med kall-, varm- och VVC-ledningar som byggdes i laboratoriehallen på Högsolan i Gävle. Temperaturmätningar utfördes också i fördelarskåp till fördelarrör för tappvattensystem.

Syftet med mätningarna i schaktet var dels att undersöka hur kallvattnets temperatur stiger i kallvattenrör som är förlagda i samma rörschakt som varmvatten- och VVC-rör, dels att få underlag för att validera och eventuellt korrigera ett befintligt beräkningsprogram för bestämning av kallvattentemperatur vid olika installationsalternativ.

Temperaturmätningarna i fördelarskåp syftade till att undersöka om det är möjligt att uppfylla Boverkets allmänna råd om temperaturökning om man förlägger stamledningar för kall- och varmvattenrör och fördelarrör i samma fördelarskåp.

Temperaturmätningarna utfördes i fördelarskåp som monterades i laboratoriehallen på Högsolan i Gävle

2. Temperaturberäkningar för tappkallvattenrör

Avsikten med beräkningarna var att ta fram ett mer allmängiltigt resultat som gäller fler rördimensioner och fler isolertjocklekar. Beräkningarna har utförts med ett särskilt beräkningsprogram ursprungligen framtaget för att beräkna risk för kondens på rörinstallationer. Beräkningsprogrammet kalibrerades först mot resultaten från mätningarna.

Resultat

Mätningar och beräkningar av temperaturökning på kallvatten i rörschakt. Resultaten från mätningar och beräkningar redovisas som en tabell med isolertjocklekar för olika rördimensioner. Avsikten är att den ska kunna användas som vägledning vid planering och dimensionering av tappvattenschakt. Resultaten i tabellen är anpassade till Boverkets allmänna råd som finns återgivna ovan.

Förslagen till isolertjocklekar är baserade på mätningar i laboratoriemiljö och teoretiska beräkningar. I verkligheten är det svårt att ta hänsyn till alla tekniska förutsättningar som kan påverka uppvärmningshastigheten på kallvattnet. Under sommarmånaderna kan inomhustemperaturen under korta perioder bli ända upp till ca 30 °C. Även temperaturen på inkommande kallvatten kan vara hög, i vissa fall strax under 20 °C. Båda dessa faktorer kan påverka kallvattentemperaturen och det är svårt att förhindra detta med tappvattenschaktets utformning.

Rör- och isolerdimensioner som enligt mätningar och beräkningar ger en kallvattentemperatur under 24 °C efter 8 timmar

Rördimensioner Koppar/PEX			Isolertjocklek mm
KV/VV	KV/VV VV och VVC samisolerade	VVC	
22/25		15/16	60
	22/25	15/16	50
28/32		15/16	50
35/40		15/16	40
42/50		22/25	40

Alla mått i tabellen anges i mm

- Rörisolering med $\lambda = 0,037 \text{ W/m, K}$.
- Tabellen förutsätter att kall-, varm- och VVC-ledningar har samma isolertjocklek. Avgreningarna i schakt är isolerade.
- För att klara Boverkets rekommendation på största uppvärmning av kallvatten måste rören vara isolerade genom bjälklagsgenomföringen.
- Beräkningarna utgår från att omgivningstemperaturen i rummet utanför schaktet inte överstiger 23 °C. Temperaturen är vald med utgångspunkt från Boverkets kartläggning av inomhustemperaturer i flerbostadshus redovisade Betsi-projektet, se bilaga 3.

Mätningar och beräkningar finns redovisade i bilagorna **Temperaturmätningar** och **Beräkningar av schakttemperatur**.

Temperaturmätningar i fördelarskåp

Vi de mätningar som utfördes visade det sig att kallvattentemperaturen i fördelarskåpet blev över 24 °C på cirka tre timmar om kall- och varmvattenledningarna var monterade i samma skåp. Detta oavsett om rören var isolerade eller inte. Om rören däremot monterades i skilda fördelarskåp blev kallvattentemperaturen i stort sett samma som omgivningstemperaturen. Detta gällde även om fördelarskåpen monterades mot varandra.



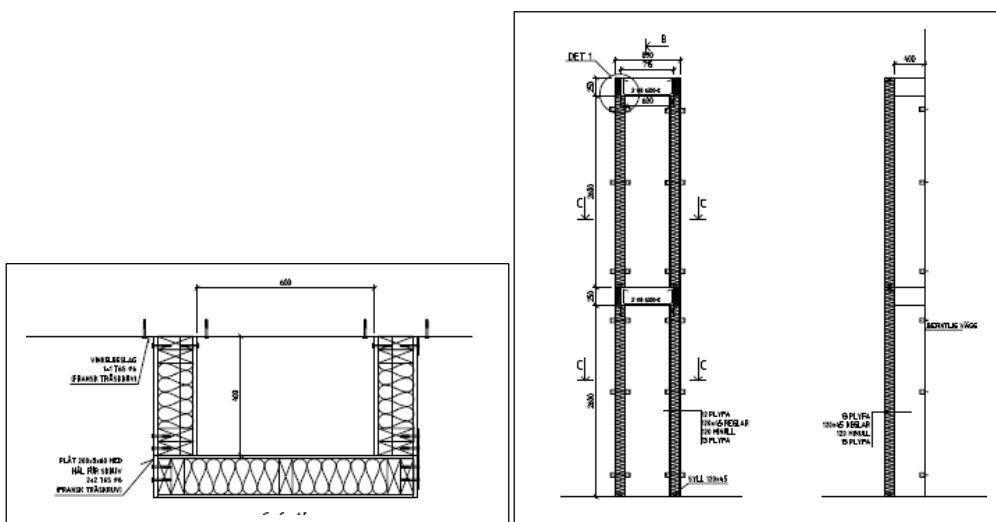
Bilaga 1

Temperaturmätningar

Temperaturmätningar i tappvattenschakt

Provschakt

I laboratoriehallen på Högskolan i Gävle byggdes ett rörschakt med utseende och mått enligt Figur X. Schaktets stomme var utförd av träreglar och samtliga sidor bestod av 12 mm plywood. Baksidan var i hela sin höjd isolerad med 120 mm mineralull. Schaktets framsida bestod av tre 12 mm plywoodskivor som skruvats mot schaktramen för att lätt kunna avlägsnas för byte av rör och rörisolering i enlighet med de olika provfallen. Som bjälklag användes prefabricerade betongelement med dimensionerna 600 x 300 x 250 mm (bredd x djup x höjd) placerade på två höjder över hallens golv, se figur X. Bjälklagselementen var täta mellan schaktsidorna och även mot schaktets framsida.





Bjälklagselement



Tappvattenrör med isolering monterade i provschaktet

Mätutrustning

Rörschakt och rör försågs med mätpunkter för mätning av temperatur i 20 olika punkter enligt figur X. Termoelementen kopplades till en datainsamlingsenhet (Agilent 34970A) som användes för mätning och registrering av temperaturerna. Mätosäkerheten uppskattades till $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Kallvattentemperaturen uppmättes med givarna placerade inuti kallvattenröret.

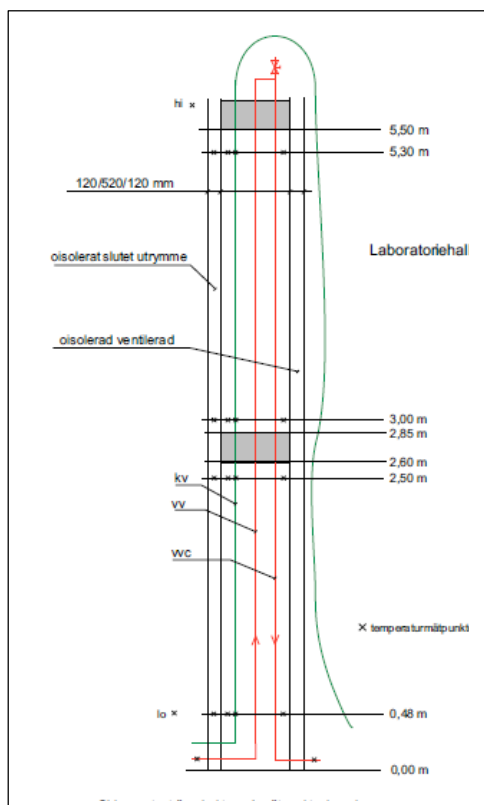
Tappvarmvattnet värmdes med en mobil elpanna med cirkulationspump, se figur X. Utgående tappvarmvattentemperatur styrdes med on-off reglering med cirka ± 3 graders noggrannhet.



Varmvattenpanna med reglerutrustning

Mätutförande

Alla uppmätta rörsystem bestod av ett varmvattenrör, ett VVC-rör och ett kallvattenrör. Det aktuella rörsystemet monterades och hålen i bjälklagen göts igen med betong. Schaktets framsida skruvades igen och varmvattencirkulationen startades. När lufttemperaturen i rörschaktet uppnått termisk fortvarighet spolades kallvatten i kallvattenledningen till dess att temperaturen blivit konstant och så låg som möjligt (10 till 11 °C, den lägsta tillgängliga temperaturen på det kommunala vattnet) varefter kallvattnet stängdes av. Mätningarna startades och temperaturen registrerades i 20 mätpunkter med 1 minuts intervall under upp till 20 timmar.



Placering av mätpunkter i schktet.

Mätprogram

Mätningar gjordes på installationer med rör-i-rör system av PEX och med kopparrör

Mätningar med LK PEX Universalrör med tomrör (rör-i-rör)

Varmvatten- och kallvattenrör dimension 25 mm, VVC-rör dimension 16 mm.

Alla rör isolerades lika. Mätningar gjordes på följande rörinstallationer:

- Rör utan isolering, dvs enbart med skyddsrör, monterade i kontakt med varandra och i samma hål genom bjälklaget.
- Rör utan isolering, dvs enbart med skyddsrör, i var sitt hål i bjälklagsgenomföringen.
- Rör utan isolering, dvs enbart med skyddsrör. Schaktet kompletterades med en "vägg" mellan kallvattenröret och varmvatten- och VVC-rören, bestående av en 12 mm träfiberskiva tätad mot schaktväggarna.
- Rör utan isolering, dvs enbart med skyddsrör. Schaktets framsida försågs med 12 x 200 mm spalter i över- och underkant på frontluckan vid varje bjälklag på varje våningsplan.
- Rör med 40 mm isolering, men utan isolering genom bjälklagen.
- Rör med 10 mm prefabricerad isolering, även genom bjälklag.
- Rör med 40 mm isolering, även genom bjälklag.

Mätningar med Kopparrör

Varmvatten- och kallvattenrör dimension 28 mm, VVC-rör dimension 15 mm

Prefabricerad isolering med tjocklek 15 mm för 28 mm rör och tjocklek 10 mm för 15 mm rör.

Mätningar gjordes på följande rörinstallationer:

- Rör med prefabricerad isolering (Plusprisrör), monterade i kontakt med varandra och i samma hål genom bjälklaget.
- Rör utan isolering, i var sitt hål i bjälklagsgenomföringen.
- Rör med 40 mm isolering, men utan isolering genom bjälklagen.
- Rör med prefabricerad isolering (Plusprisrör), även genom bjälklag.
- Rör med 40 mm isolering, även genom bjälklag.



Temperaturmätningar i fördelningsskåp

Provutrustning

Mätningarna utfördes i fördelarskåp av standardtyp där fördelarrör för kallt respektive varmt vatten kunde monteras. Det fanns också möjlighet att montera kall- och varmvattenmätare i fördelarskåpet. Kall- och varmvattenstamledningarna var dragna genom fördelarskåpet medan VVC-ledningen drogs utanför skåpet.

Fördelarskåpen var tillverkade i enkel plåt med 1 mm tjocklek. Skåpen hade hål för rör genomföringar på över- och undersidan. De genomföringar som inte användes sattes igen med gummitätningar. Skåpens framsida bestod av en plastskiva samt en plåtlucka. Under mätningarna var plastskivan och plåtluckan monterade på plats.

Mätutrustning

Fördelarskåp och fördelarrör försågs med fem givare för mätning av temperatur vid de mätningar där kall- och varmvattenrören var monterade i samma fördelarskåp och sju givare när kall- och varmvattenrören var monterade i separata skåp. Temperaturer för följande mätpunkter registrerades:

- Varmvattentemperatur
- Kallvattentemperatur i kallvattenfördelaren
- Lufttemperatur i fördelarskåpets överdel. (I bägge skåpen när mätningar gjordes i två skåp)
- Lufttemperatur i fördelarskåpets nederdel (I bägge skåpen när mätningar gjordes i två skåp)
- Omgivande lufttemperatur

Termoelementen kopplades till en datainsamlingsenhet (Agilent 34970A) som användes för mätning och registrering av temperaturerna. Mätosäkerheten uppskattades till $\pm 0,3$ °C. Kallvattentemperaturen uppmättes med givarna placerade inuti kallvattenröret. Tappvarmvattnet värmdes med en mobil elpanna med cirkulationspump, samma utrustning som vid schaktmätningarna.

Mätutförande

Innan mätningarna började startades varmvattencirkulationen och skåpet värmdes upp av varmvattenledningen till dess att lufttemperaturen i skåpet blev stationär. Sedan spolades kallvatten genom kallvattenfördelaren så att denna antog samma temperatur som kallvattnet. Därefter stoppades kallvattenflödet och mätning av temperaturstegringen i kallvattnet gjordes. Temperaturen registrerades med 1 minuts intervall under minst 8 timmar.



Fördelarskåp med monterade fördelarrör.
Mobil elpanna med cirkulationspump

Mätprogram

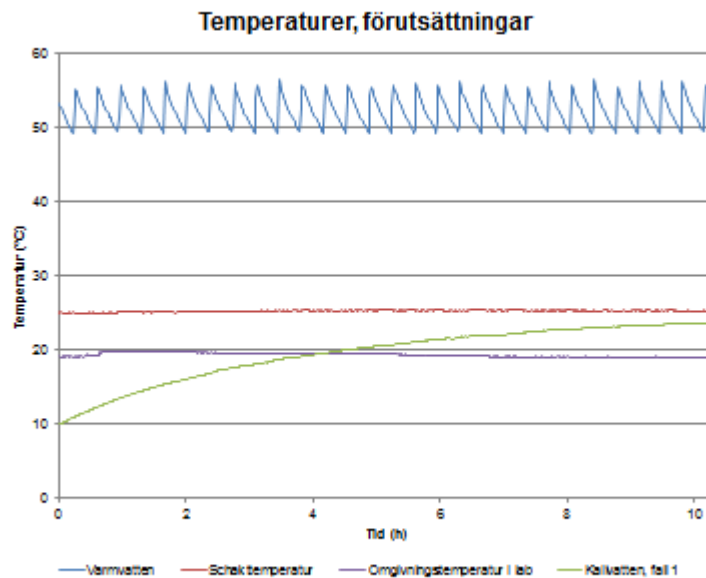
Mätningar gjordes på följande installationer:

- Oisolerat genomgående kallvattenrör utan uppvärmning av VV-systemet. Uppvärmning skedde enbart av omgivningstemperaturen i laboratoriehallen
- Oisolerade genomgående kallvatten- och varmvattenrör
- Oisolerade genomgående kallvatten- och varmvattenrör med kallvatten- och varmvattenmätare monterade i kopplingsskåpet
- Oisolerat genomgående kallvattenrör. Genomgående varmvattenrör med 19 mm isolering
- Genomgående kallvatten- och varmvattenrör med 14 mm isolering
- Genomgående kallvatten- och varmvattenrör med 19 mm isolering
- Oisolerade genomgående kallvatten- och varmvattenrör monterade i separata fördelningsskåp. Skåpen var skilda åt av en 45 mm tjock träregel
- Oisolerade genomgående kallvatten- och varmvattenrör monterade i separata fördelningsskåp. Skåpen var monterade direkt mot varandra

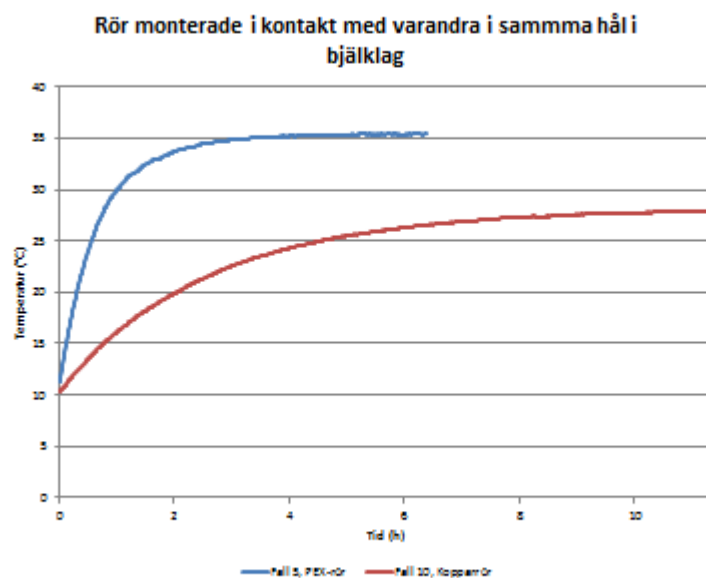
Mätresultat

Resultatet av mätningarna redovisas som kurvor från de Excel-filer som mätningarna genererade.

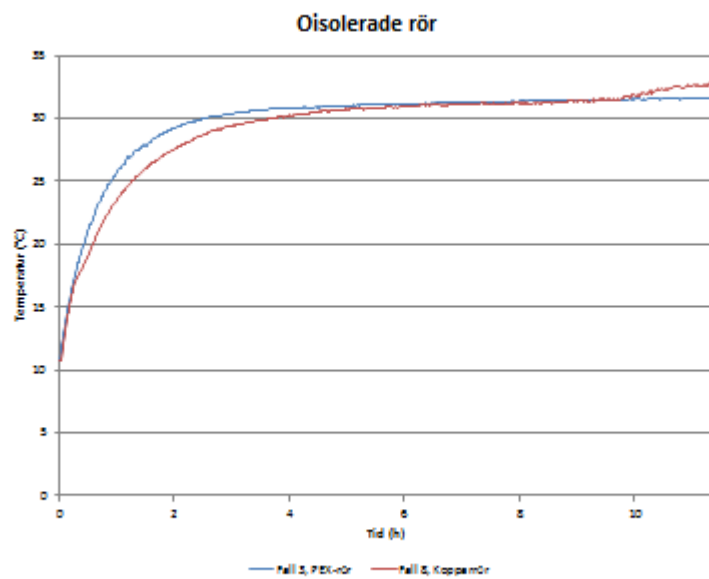
Mätresultat från schaktmätningar



Exempel på temperaturförlopp vid mätningar i tappvattenschaktet

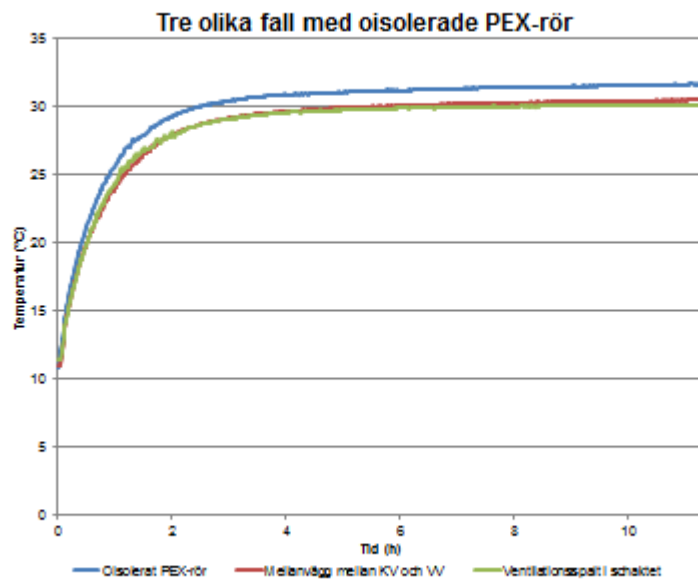


När tappvattenrören monteras ihop går uppvärmningen av kallvattnet snabbt. Kopparrör med prefabricerad isolering (plusprisol), tjocklek 15 mm för 28 mm rör och tjocklek 10 mm för 15 mm rör.



Oisolerade PEX-rör med skyddsrör och oisolerade kopparrör

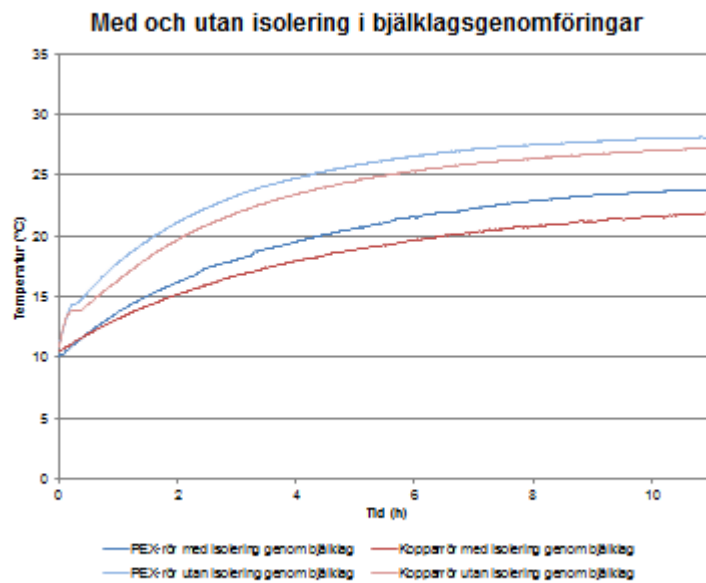




Tre olika fall med oisolerade PEX-rör provades.

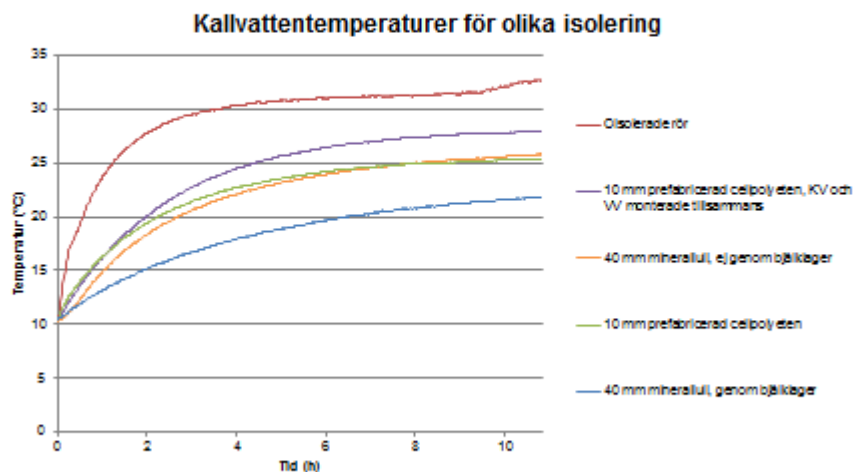
- Oisolerade rör som på bilden ovan
- En tät skiva, mellanvägg, monterad mellan kallvattenröret och varmvattenrören. Utförandet kommer från ett förslag i ***“Technical Report - Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption, TC 164 WI 00164353”***.
- Schaktets framsida försågs med en ventilationsspalt i över- och underkanten på varje våning. Avsikten var att kontrollera om detta skulle innebära att det uppstod självdragsventilation i schaktet som i sin tur skulle minska uppvärmningen av kallvattnet.

Som figuren ovan visar blev det ingen skillnad mellan dessa tre alternativ.



Med 40 mm isolering på rör och i bjälklagsgenomföringar får man en betydligt långsammare uppvärmning av kallvattnet än om man inte isolerar rören genom bjälklaget.

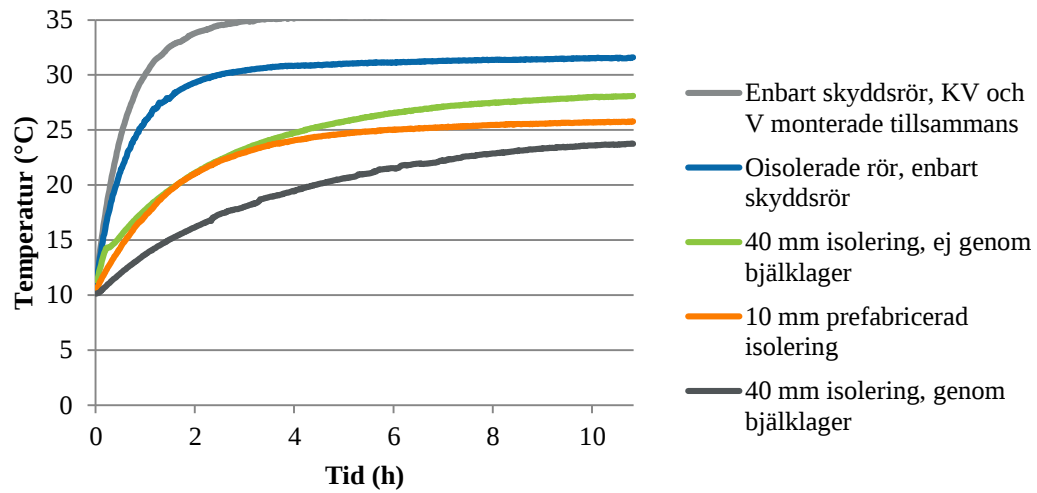
Sammanfattning - kopparrör



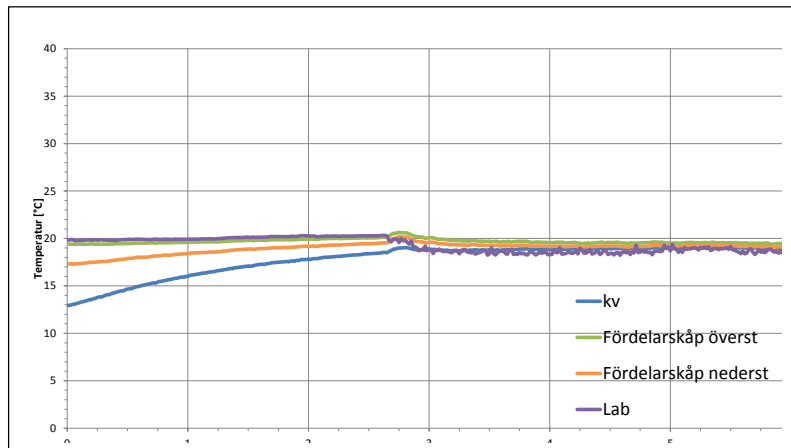
Figuren visar att det blir stor skillnad om man isolerar rören genom bjälklaget. I praktiken är det endast alternativet ”40 mm mineralull, även genom bjälklaget” som klarar det allmänna rådet i BBR. Samma resultat gäller för PEX-rör.

Sammanfattning - PEX-rör

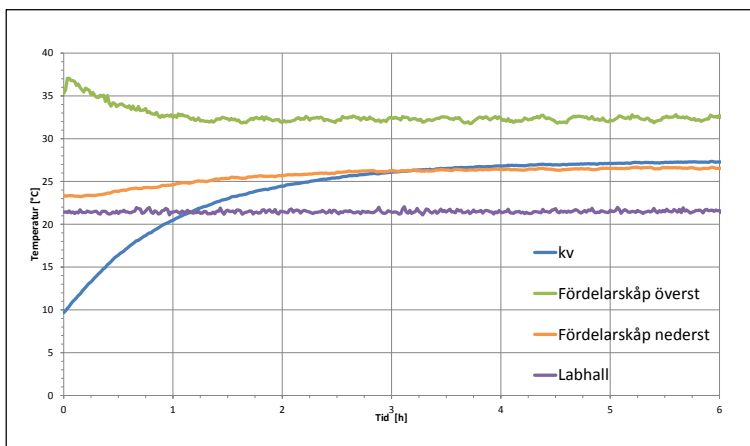
Kallvattentemperaturer för olika isolering



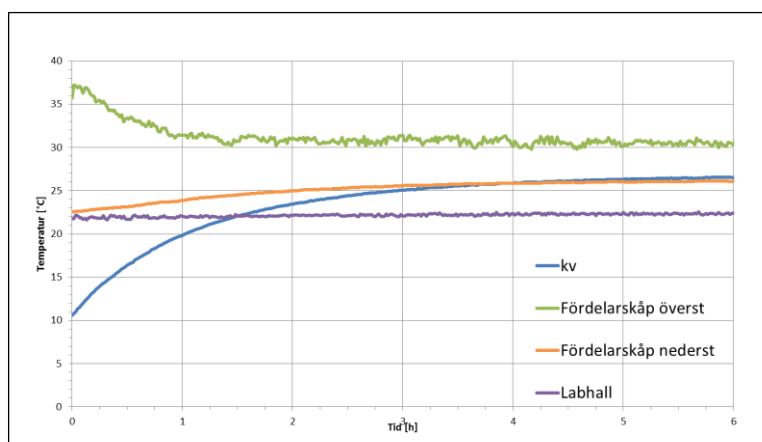
Mätresultat från temperaturmätningar i kopplingsskåp



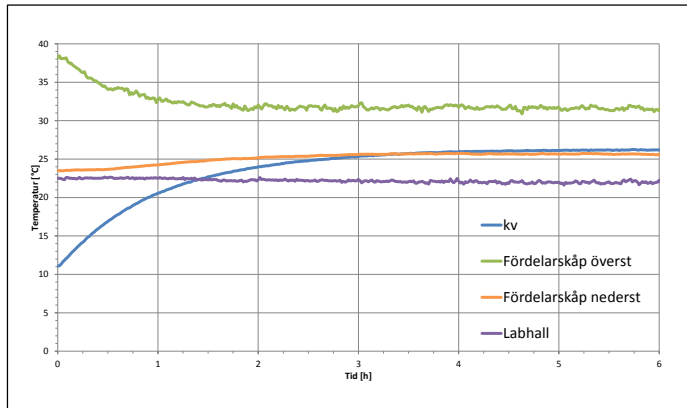
Oisolerade kallvattenrör. Enbart uppvärmning av omgivningstemperaturen i laboratoriehallen.



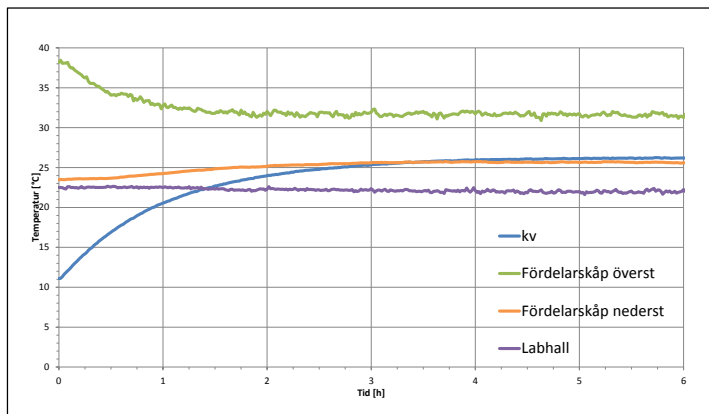
Oisolerade kallvatten- och varmvattenrör i kopplingsskåpet



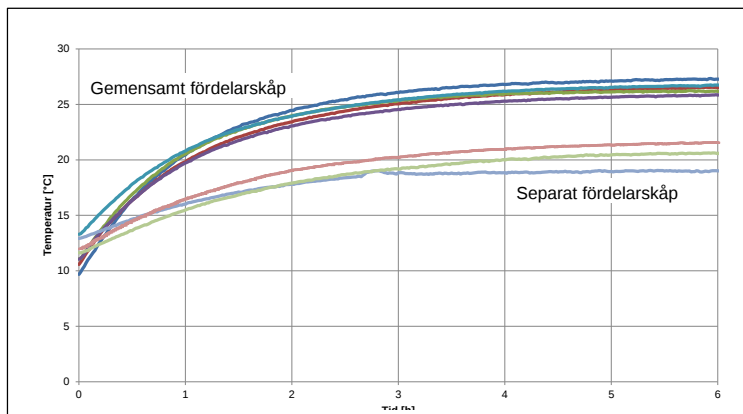
Oisolerat kallvattenrör och 19 mm isolering på varmvattenrör



19 mm isolering på både kallvatten- och varmvattenrör



Separata skåp för oisolerade kallvatten- och varmvattenrör



Sammanställning - kallvattentemperaturer

Bilaga 2

Beräkning av kallvattentemperatur

Det program som har använts är ett befintligt program utformat för att simulera ett uppvärmningsförlopp i ett rörschakt. Modellen antar att temperaturen i värme- och VVC-rören är konstant och att kallvattnet har en viss utgångstemperatur som kan anges. Programmet är ursprungligen framtaget för att beräkna risk för kondens på kallvattenrör.

Gränssnitt för beräkningsprogrammet.

Som indata för beräkningen anges de aktuella rörens dimension och isolering med tjocklek och värmeledningsförmåga. För kall- och varmvatten anges temperaturer. För kallvattnet gäller den utgångstemperatur så råder då uppvärmningsförloppet startar. Beräkningen förutsätter att ingen kallvattentappning sker. Även schaktets dimensioner, isolering och omgivningstemperatur anges.

Med hjälp av mätresultaten "kalibrerades" beräkningsprogrammet" så att beräkningsresultaten stämde överens med mätresultaten.

Indata

- Avgiven värmeeffekt från varmvatten- och VVC-rör.
- $U \cdot A$ för schaktet, där U är det sammanvägda U -värdet för schaktväggen och A är väggens area.
- Ventilationsyta för ventilationshål i schaktväggen samt höjdskillnad mellan hålen.
- Omgivningstemperatur i rummet som schaktet står i.
- Schaktets höjd.

- Temperaturen i varmvatten- och VVC-rör.
- Avgiven kyleffekt från kallvattenrör.
- Kallvattnets temperatur.

Beräkningar av schakttemperatur

Schakttemperaturen beräknas genom en energibalans för schaktet. Schaktet ventileras genom naturlig konvektion, d v s det uppstår en lufttrycksskillnaden mellan schaktet och omgivande luft. Då tryckskillnaden är en funktion av schakttemperaturen genomförs en iterationsberäkning för att erhålla schakttemperaturen. Dock bör beaktas att schakttemperaturen är en funktion av temperaturen i kallvattenröret. Kallvattentemperaturen ökar och därför kyls schaktet mindre.

Ingående parametrar - diskussion

Vilken temperatur kallvattnet i schaktet antar och hur lång tid det tar kommer att styras av rörets omgivningstemperatur, dvs lufttemperaturen i schaktet, samt av rörens isolering. Kallvattnet kommer efter en viss tid att anta den omgivande luftens temperatur. Det förutsätter att kallvattenledningen inte är i direkt kontakt med de varma varmvatten- och VVC-ledningarna. Den temperatur kallvattnet teoretiskt kan uppnå bestäms endast av luftens temperatur och inte av typen av rör eller isolering. Den kritiska faktorn är dock kombinationen av uppvärmningstid och kallvattentemperatur dvs uppvärmningshastigheten.

De viktigaste faktorerna för uppvärmningen av luften i schaktet och den slutliga temperaturen är:

- Varmvatten- och VVC-temperatur
- Rörens värmeavgivande egenskaper
- Schaktets ventilation
- Schaktets isolering (UA-värde)
- Schaktets yttre omgivningstemperatur

Varmvatten- och VVC-temperatur

Varmvatten- och VVC-temperaturen ska enligt Boverkets byggregler vara över 50°C och i praktiken innebär det att den måste vara lägst 55°C (vilket också är VVS-branschens rekommendation, t ex i Säker Vatteninstallation).

Rörens värmeavgivande egenskaper

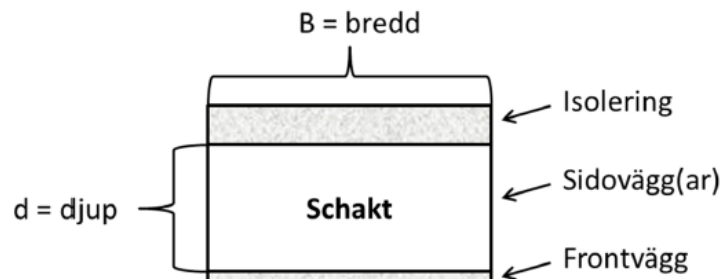
Hur stor värmeeffekten är från värme- och VVC-rören avgör hur uppvärmningen av schaktet sker. Detta styrs av rördimension och isolering på värme- och VVC-rören. Ett större rör får en större yta och kommer att avge mer värme till omgivningen.

Schaktets ventilation

I praktiken kan man inte förvänta sig att ett tappvattenschakt har någon betydande ventilation. I beräkningsprogrammet går det att simulera olika öppningar i schaktet vilket i sin tur leder till ett visst ”drag” genom desamma. De mätningar som utfördes på Högskolan i Gävle visar dock att denna faktor inte påverkar uppvärmningshastigheten, inte ens om man inför relativt stora ventilationsöppningar i schaktet.

Schaktets isolering (UA-värde)

Denna faktor är av stor betydelse för den lufttemperatur som kommer att ställa in sig i schaktet. Termodynamiskt så kommer schaktet att ställa in sig i jämvikt genom att temperaturen i schaktet blir så hög att den värme som avges från varmvatten- och VVC-rören kan läcka ut till omgivningen. Nedan visas en modell för schaktet och hur UA-värdet beräknas.



Förutom geometrin i figuren ovan har följande parametrar antagits:

Värmeövergångstal in- och utsida: $\alpha = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Isolering, 70 mm mineralull: $\lambda = 0.04 \text{ W/m K}$

(I provschaktet där mätningarna gjordes var isolertjockleken 120 mm)

Sidoväggar av 13 mm gips: $\lambda = 0.14 \text{ W/m K}$

Frontvägg av 28 mm plyfa+13 mm gips $\lambda = 0.14 \text{ W/m K}$ (för båda)

För ett ”standardschakt” med antaganden enligt ovan och dimensionerna 600x400mm (bxh) och höjden 2.5 m blir då UA-värdet $7.2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Omgivningstemperatur

Ett schakt kan ha olika placeringar t.ex. mitt i fastigheten eller mot yttervägg, vilket påverkar schaktets lufttemperatur.

Tiden

Tiden, vilken är viktig eftersom det relevanta tidsfönstret är 8 timmar, kommer att styras av rörisoleringens egenskaper och i begränsad utsträckning av rörets värmeledningsegenskaper. Vidare kommer kallvattenrörets inneslutna volym (vattenmängden) att spela roll eftersom den termiska trögheten i kallvattnets totala massa kommer att påverka hur snabbt volymen värms upp. Mer isolering ökar tiden det tar för vattnet att uppnå en given temperatur men den slutliga temperaturen bestäms fortfarande av schaktets temperatur.

Beräkningsresultat

Beräkningar har utförts för ett ”standardschakt” som motsvarar det schakt som användes vid temperaturmätningarna. Väggmateriel:

Bakre vägg: betong 150mm. Sidoväggar: gips 13mm. Frontvägg: plywood 15mm + gipsskiva 13 mm + kakel 10 mm

Beräkningar gjordes för:

Tre schaktdimensioner: bredd x djup x höjd

- B: 470, 570 och 670mm
- D: 220 mm
- H: 2.5 m per våning

Tre rördimensioner för kall- och varmvatten

- 28, 35 och 42 mm
- VVC 15/16 mm

Tre omgivningstemperatur på rumsluften utanför schaktet

- 20, 22 och 23°C

Två dimensioner på rörisolering

- 20 och 40 mm

Temperatur i kallvattnet efter 8 timmar

Tre schaktstorlekar och tre omgivningstemperaturer

Schaktdimension bredd x djup: 470x220 höjd:2500; UxA=5,85 W/m ² , K						
	T _{omg} =20 °C		T _{omg} =22 °C		T _{omg} =23 °C	
Rördim, mm	Isolertjocklek, mm		Isolertjocklek, mm		Isolertjocklek, mm	
	20	40	20	40	20	40
28	23,0	21,0	24,5	23,0	25,5	24,0
35	22,5	20,5	24,2	21,8	25,0	22,2
42	22,2	19,8	24,0	20,8	24,7	21,8
Schaktbredd: 570x220; UxA=6,63 W/m ² , K						
	T _{omg} =20 °C		T _{omg} =22 °C		T _{omg} =23 °C	
Rördim, mm	Isolertjocklek, mm		Isolertjocklek, mm		Isolertjocklek, mm	
	20	40	20	40	20	40
28	22,7	21,0	24,0	22,7	25,0	23,5
35	22,5	20,2	24,2	21,5	24,8	22,0
42	22,2	19,5	23,8	20,7	24,4	21,6
Schaktdimension: 670x220; UxA=7,40 W/m ² , K						
	T _{omg} =20 °C		T _{omg} =22 °C		T _{omg} =23 °C	
Rördim, mm	Isolertjocklek, mm		Isolertjocklek, mm		Isolertjocklek, mm	
	20	40	20	40	20	40
28	22,3	21,0	24,0	22,3	24,8	23,4
35	21,8	19,8	23,5	21,2	24,5	22,0
42	21,4	19,2	23,1	21	24,2	21,5

- Beräkningarna förutsätter att kall-, varm- och VVC-ledningar har samma isolertjocklek.
- VVC-dimensionen är 15 alternativt 16 mm beroende på rörmaterial.
- För att klara Boverkets rekommendation på största uppvärmning av kallvatten måste rören vara isolerade genom bjälklagsgenomföringarna.

Kompletterande beräkningar

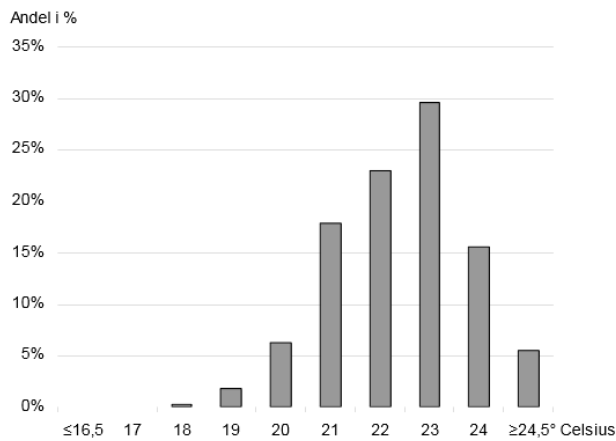
Med utgångspunkt från ovanstående beräkningar valdes det ”svåraste” fallet, dvs det minsta beräknade schaktet, 470x220x2500 mm med $U \times A = 5,85 \text{ W/}^\circ\text{C}$ och den högsta omgivningstemperaturen, 23°C . För detta schakt gjordes kompletterande beräkningar. Röda fält uppfyller inte Boverkets allmänna råd om temperaturökning av kallvatten, gula fält är tveksamma och gröna fält uppfyller rådet.

Isolertjocklek mm ($\lambda = 0,037 \text{ W/m, K}$)	Kallvattentemperatur efter 8 timmar				
	10	20	40	50	60
22 mm KV/VV-rör	27,0	25,6	24,2	23,7	23,2
22 mm samisolerad VV/VVC	26,2	25,0	23,3	23,0	22,5
28 mm KV/VV-rör	27,6	25,5	24,0	22,7	22
35 mm KV/VV-rör	26,5	25,0	22,2	21,0	20,2
42 mm KV/VV-rör	26,0	23,7	21,8	18,6	17,8

Bilaga 3

Inomhustemperatur

I Boverkets rapport ***Teknisk status i den svenska bebyggelsen, 2011***, som bland annat redovisar mätningar utförda i det så kallade Betsi-projektet, redovisas inomhustemperatur i lägenheter i flerbostadshus. Medeltemperaturen för flerbostadshus var 22,3 °C. I mer än 85 procent av lägenheterna är temperaturen 23 °C eller lägre.



Litteratur

Technical Report — Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption, TC 164 WI 00164353

Legionella. Risker i VVS-installationer. VVS Installatörerna, 2002. Göran Stålbom, Rolf Kling

Legionella i vatteninstallationer. Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärvad legionellainfektion. Smittskyddsinstitutet, Boverket och VVS Installatörerna, 2006

Boverkets byggregler

Teknisk status i den svenska bebyggelsen. Boverket, 2011.

Baksidestext

Det är inte ovanligt att det förekommer klagomål från lägenhetsinnehavare i relativt nybyggda flerbostadshus på att kallvattentemperaturen, framför allt på morgonen, är hög. Ibland över 35°C. I bostäder är det vanligt att det under natten inte förekommer någon tappning av vatten. Detta gäller även i flerfamiljshus. Om kallvattenrören är förlagda i samma rörschakt som varmvatten- och varmvattencirkulationsledningarna kan stillastående kallvatten värmas upp så mycket att risk för bakterietillväxt, framför allt Legionella, uppstår.

I rapporten redovisas resultaten från mätningar i provschakt utförda av högskolan i Gävle samt teoretiska beräkningar av ytterligare installationsfall med olika rördimensioner och isolertjocklekar. Resultaten redovisas som förslag till isolering av tappvattenledningar i rörschakt. Avsikten är att rapporten ska kunna användas som vägledning vid planering och dimensionering av tappvattenschakt. Resultaten är anpassade till Boverkets allmänna råd för tappkallvatten som började gälla första juli 2014.