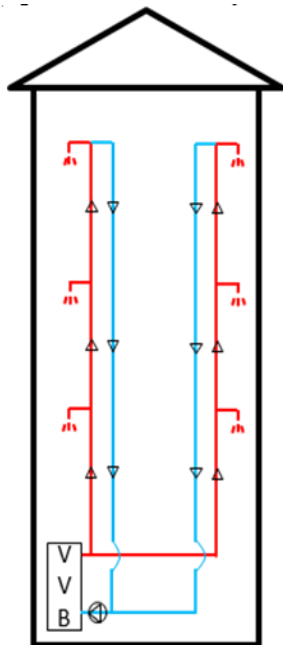


KARTLÄGGNING AV VVC-FÖRLUSTER I FLERBOSTADSHUS



Stephen Burke (NCC), Jonatan von Seth (GK), Magnus Wiktorsson (LTH),
Tomas Ekström (NCC), Christoffer Maljanovski (NCC)

2021-08-10

FÖRORD

Kartläggning av VVC förluster i flerbostadshus är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från och Energimyndigheten (E2B2) samt industristöd från SBUF.

Projektet har letts av NCC Sverige AB (Stephen Burke och Tomas Ekström) och har genomförts i med en projektgrupp bestående av NCC (Stephen, Tomas och Christoffer Maljanovski), Gunnar Karlsten Sverige AB (Jonatan von Seth, Stefan Carlsson, Rickard Larsson, med flera), och Lunds universitet (Magnus Wiktorsson).

Tack till alla fastighetsägarna som ställde upp med byggnader. Utan er skulle det inte finnas mycket information att diskutera!

Tack till Jan-Erik Puurula (International Water Treatment) som har bidragit till projektet med alla Legionella testkits.

Ett stort tack till alla som var så delaktigt i referensgruppsmöten! Det var många bra tips och önskemål som kom framme under projektet baserat på eran stora erfarenhet. Tack till: Anders Lindholm, Lindholmsvärme (Installatör); Anders Löfberg, GK; Annika Mattson, Aktea (Konsult); Dennis Johansson, Installationsteknik LTH, (Avdelningschef); Bertil Jönsson, Säker Vatten; Hampus Svensson, Vasakrona (Bostadsägare); Hans Söderström/Johan Sjölund, Installatörsföretagen (Installatör); Henrik Bergman, Heimstaden (Bostadsägare); Jan-Erik Puurula, International Water Treatment (Legionella); Jens Åkervall, Nordtec Instrument AB (Mätutrustning); Kaisa Nordh, Skanska (Konsult/Entreprenör); Lasse Angelhammar, Midroc (Installatör); Magnus Fluor, Omniprocess (Mätutrustning); Magnus Pålsson, Stena (Bostadsägare); Per Levin Sveby och Projektengagemang Energi & klimatanalys (Konsult); Per Kempe, Projektengagemang Energi & klimatanalys (Konsult); och Roland Jonson, WSP (Konsult).

2021-08-10

Stephen Burke och Jonatan von Seth

SAMMANFATTNING

Tappvarmvattencirkulations (VVC)-förluster antas ofta vara mellan 4–5 kWh/m² och år när man utför energiberäkningar. Men tidigare studier har påvisat att det antagandet kan vara lågt. Denna studie omfattar korttidsmätningar från 160 unika objekt, tillsammans med 5 långtidsmätningar som visar att VVC-förlusten i flerbostadshus från olika år har en medelförlust på ca 15 kWh/m² och år. Resultat från nyare hus byggda av Skanska och NCC visade på ett medel VVC-förlust på 5 kWh/m² och år i 51 flerbostadshus byggda mellan 2016 och 2019.

Den fördjupningsstudie som genomfördes inom projektet visade att problem eller brister med VVC-system är vanligt även i hus med en lägre VVC-förlust. Studien visade även att en låg VVC-förlust inte betyder att tappvarmvatten (VV)-systemet fungerar enligt BBR-krav när det gäller VV-temperaturer, VVC-temperaturer och framledningstiden. Brister finns både när det gäller projektering, utförande, samt underhåll av VVC-systemet.

Nästa steg är att hitta och dokumentera olika brister som kan uppstå i projekt som kan leda till en hög VVC-förlust. Dokumentation av erfarenheter och feedback från tidigare projekt bör fortsätta i framtida arbete. Kvalitetskontroller bör genomföras i nybyggda projekt avseende VVC-förluster, VV-temperatur, VVC-temperatur samt att framledningstiden hålls inom BBR-kravet i VV-systemet för att visa att dessa parametrar uppfyller BBR-kravet innan den slutliga inspektionen av byggnaden innan den tas i bruk. Inför dessa kontroller bör risken minska för att fel görs i projekt och att systemet har problem med Legionella innan byggägaren tar över systemen. Samma arbetssätt bör även kunna användas inför renoveringar för att kartlägga VVC-förlusten samt visa på energibesparingspotentialen.

VVC förluster, flerbostadshus, Legionella, energi, tappvarmvatten

INNEHÅLL

| | |
|--|-----------|
| BAKGRUND | 5 |
| INTRODUKTION..... | 5 |
| LAGKRAV OCH SVEBY | 5 |
| TIDIGARE ARBETE OCH ERFARENHETER | 5 |
| SYFTE | 6 |
| METODER | 6 |
| LITTERATURSTUDIE..... | 6 |
| URVAL AV OBJEKT OCH INFORMATIONSSAMLING | 6 |
| MÄTMETODER..... | 7 |
| MÄTUTRUSTNING OCH OSÄKERHET | 8 |
| <i>Korttidsmätningar</i> | 8 |
| <i>Långtidsmätningar</i> | 9 |
| <i>Legionella</i> | 9 |
| <i>Fördjupad undersökning</i> | 10 |
| <i>Avgränsningar</i> | 10 |
| VVC MÄTNINGAR | 12 |
| MÄTNINGAR FRÅN NCC OCH SKANSKA..... | 12 |
| KORTTIDSMÄTNINGAR | 13 |
| <i>VVC förluster</i> | 13 |
| Temperaturer..... | 13 |
| Byggår | 16 |
| Ort | 17 |
| Isoleringstjocklek..... | 18 |
| VVC och isoleringstyp | 19 |
| VVC förluster och antal huskroppar..... | 20 |
| VVC förluster och antal lägenheter | 22 |
| VVC hastighet..... | 23 |
| LÅNGTIDSMÄTNINGAR | 27 |
| <i>Kalmar</i> | 27 |
| <i>Landskrona</i> | 29 |
| <i>Luleå</i> | 30 |
| <i>Solna</i> | 31 |
| <i>Värnamo</i> | 34 |
| LEGIONELLA | 35 |
| BAKGRUND | 35 |
| BBR..... | 35 |
| MÄTNINGSRESULTAT OCH ANALYS | 36 |
| FÖRDJUPNINGSSTUDIE | 40 |
| SAMMANFATTNING | 40 |
| <i>Backventiler på blandare</i> | 40 |
| <i>Vatten i kopplingsbrunnar</i> | 41 |
| <i>Quattro kulvert</i> | 41 |
| <i>Låg VVC förlust och korta VVC ledningar</i> | 42 |
| <i>Ingen VVC flöde längst bort</i> | 42 |

| | |
|--|-----------|
| ANALYS OCH DISKUSSION AV RESULTATEN | 43 |
| ANALYS AV QUATTRO RÖRSYSTEM..... | 44 |
| REKOMMENDATIONER VID PROJEKTERING AV EN VVC SYSTEM VID NYBYGGNAD..... | 44 |
| <i>Minimera antalet schakt.....</i> | 44 |
| <i>Räkna på det aktuella systemet. Lita inte på schablon.....</i> | 44 |
| <i>VVC system ska ha isolering på alla rör.....</i> | 44 |
| <i>Försöker minimera rörlängden från schakten in i lägenheter.....</i> | 44 |
| <i>Backventiler på armaturer, speciellt om det kan förekomma en tvättmaskin.....</i> | 44 |
| REKOMMENDATIONER VID PROJEKTERING AV VVC SYSTEM VID RENOVERING..... | 45 |
| REKOMMENDATIONER FÖR VVC SYSTEM VID PRODUKTION | 45 |
| REKOMMENDATIONER VID MÄTNING AV VVC FÖRLUSTER..... | 45 |
| <i>Mätning av VVC-förluster i undercentralen.....</i> | 46 |
| <i>Kartläggning av VVC-förluster</i> | 46 |
| SLUTSATS | 46 |
| FRAMTIDEN | 48 |
| REFERENSER | 50 |

Bilaga 1: Single Syringe Test Instructions

Bilaga 2: VVC forskning - Fördjupningsrapport

Bilaga 3: VVC forskning – VVC-flödesloggningrapport

Bilaga 4: Energiförluster i Quattro-rör

BAKGRUND

Introduktion

EU-direktivet 2010/31/EU ställer krav på nära-nollenergi (NNE) för alla nya byggnader och alla byggnader som genomgår större renoveringar. För att nå dit krävs en rad olika åtgärder samt noggranna och korrekta energiberäkningar tillsammans med energiuppföljning för att säkerställa att åtgärderna får önskad effekt. Dagens energieffektiva byggnader projekteras redan enligt principen om välisolerat och lufttätt klimatskal. Att även uppnå en hög värmeåtervinning i ventilationssystemet kan anses som en självklarhet idag. Ju lägre totalt energibehov som kan uppnås i en byggnad desto större procentuell påverkan får de parametrar som ej förbättrats. En sådan är ofta tappvarmvattencirkulations (VVC)-förlusterna.

Lagkrav och SVEBY

Krav på längst framledningstid och lägsta varmvattentemperatur har funnits sedan 1970. VA-byggnormen 1970 hade krav på maximalt 10 sekunders framledningstid. I SBN 80 §51:155 var kravet på maximal framledningstid 10 sekunder, och varmvattnet (VV) skulle hålla en temperatur mellan 45–65 °C (PFS, 1980). I NR som kom 1989 (BFS 1988:18, §5:11) ställs samma krav på temperatur som i VA-byggnormen 1970 och SBN 80, men kravet på längst framledningstid ökades till maximalt 20 sekunder för flerbostadshus och maximalt 40 sekunder för småhus (§5:13) (Boverket, 1989b). I BBR 1 (Boverket, 1993b:57) ändrades kravet på lägsta temperatur till 50 °C vid tappstället (§6:612) med en framledningstid om maximalt 30 sekunder (§6:613) (Boverket, 1989a). Det var inte förrän BBR 12 (Boverket, 2006) som kraven relaterade till tappvarmvatten uppdaterades igen (Boverket, 1993a). Samma krav gäller än i dag, d.v.s. att temperaturen vid tappstället ska vara mellan 50–60 °C (§6:612) och att framledningstiden ska vara maximalt 10 sekunder. För enbostadshus finns inget krav på framledningstid (Boverket, 2006).

I Sveby anges att för nya flerbostadshus kan ett schablonvärde på 25 kWh/m², A_{temp} per år användas för energin till tappvarmvattenanvändning, exklusive VVC-förluster. Sveby har inget förslag på storleken av VVC-förluster i bostadshus men påpekar att den kan bli stor. Den enda rekommendationen Sveby ger gällande VVC-förluster är att ett påslag om 2 eller 3 kWh per m² och år används för kontorsbyggnader. (Levin, 2012)

Tidigare arbete och erfarenheter

NCC:s erfarenhet från energiuppföljningar i nybyggnationer har visat att VVC-förlusterna många gånger har varit mycket större än vad som anges i beräkningsunderlag. Detta har lett till att VVC-förluster har uppmärksammats mer och mer under senare år. Tre rapporter i ämnet—två gällande flerbostadshus och en för lokaler—har redovisat uppmätta VVC-förluster i byggnader (Alros, 2015; Bergqvist, 2015, 2016). Det var dock relativt få objekt som undersöktes för att kunna utgöra statistiskt underlag, däremot undersöktes objekten mer noggrant.

I de studier som har genomförts har det visat sig att VVC-förlusterna kan variera i betydligt högre grad än de ca 4 kWh per m² och år som ofta antas som schablonvärde vid energiberäkningar (JM, 2018). Alros (2015) uppmätte 11 och 37 kWh per m² A_{temp} och år i sina objekt. I (Bergqvist, 2015) har VVC-förluster kartlagts i 12 flerbostadshus och resultaten visar på variationer från 2,3 till 23 kWh per m² A_{temp} och år, där de största förlusterna uppmättes i två nyproducerade byggnader. En möjlig anledning till att VVC-förlusterna i dessa undersökningar verkar vara större i nyproducerade byggnader, kan vara att VVC-ledningarna dras hela vägen fram till varje lägenhet (på grund av hårdare krav på låg framledningstid).

En mer omfattande studie med 8 500 mätpunkter har genomförts av Lindencrona och Lindsköld (2014), men i den gjordes flera antaganden och förenklingar som kan ha påverkat resultatet.

En förenkling var att all uppmätt värmeenergi under tre sommarnätter [mellan kl. 04–05] användes som underlag för VVC-förlusten. Det är oklart huruvida mätvärden loggades under den timmen eller om endast ett mätvärde togs ut. Mätningen hade erhållits från Fortum Värme och gällde hela värmesystemet, inte bara VVC-systemet. Eftersom inga platsbesök gjordes kan vissa felkällor ha inkluderats i mätningarna, såsom värmeförluster i undercentral, fel i antagande om värmesystemet var i drift i alla fall under mätperioden då det bara antogs att det var avstängt, eller om VV- och VVC-systemet var funktionellt/uppfyllde BBR-krav på temperaturer och framledningstid. Dessutom ignorerades VVC-förluster som uppmättes utanför intervallet 5–50 kWh per m² och år eftersom dessa ansågs bero på mätfel. Rapporten klargör inte hur många sådana objekt som fanns. Medelvärdet för deras uppmätta VVC-förluster var 17,4 kWh per m² och år. (Lindencrona and Lindsköld, 2014)

Syfte

Det övergripande syftet med projektet är att underlätta för byggbranschen att hantera VVC-förluster på ett mer statistiskt korrekt sätt. Mer specifikt syftar projektet till att:

- Kartlägga hur stora VVC-förlusterna är i byggnader i dag.
- Kontrollera samband mellan isolertjocklek av VVC-rör, VVC-längd och byggnadsår.
- Ge råd för hur man bättre kan uppskatta energianvändning av VVC.
- Mäta om det finns Legionella i ett begränsat antal byggnader som undersöks.

Genom att inkludera över 165 objekt i mätningarna ges ett bra statistiskt underlag för att kunna dra välgrundade slutsatser gällande VVC och dess förluster. Detta är något som behövs eftersom det i dag räknas mycket utifrån schabloner då det inte finns någon tillförlitlig statistik att luta sig tillbaka på.

Förhoppningen är att byggbranschen kan använda informationen i rapporten för att bättre uppskatta VVC-förlusterna vid energiberäkningar för flerbostadshus, speciellt vid renoveringar. Resultaten kan även användas som underlag till nyare probabilistiska energiberäkningsmetoder med riskanalys som behöver sannolikheter på indata för att göra en riskbedömning för en byggnad.

METODER

Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes för att se hur andra har undersökt VVC-förluster i byggnader samt se vilket resultat de fick. Dessa metoder har använts i denna studie. Resultaten av litteraturstudien är presenterad i rapporten i de olika kapitlen.

Urval av objekt och informationsinsamling

Flera data samlades in för varje mätobjekt från ritningar, beskrivningar, och fastighetsägarna utöver mätdata. Denna data användes som en del av underlaget i analysen och kommer inte presenteras. Där det gick att samla in data har följande data samlats in:

- Adress, fastighetsbeteckning, placering av undercentralen (UC), byggår, ombyggnations år, senaste VVC effektivisering, antal lägenheter, antal trapphus, A_{temp} , typ av byggnad, finns det lokaler i huset, antal våningsplan, uppmätt vattenflöde, VVC rörets inner dimension (mm), beräknad vattenhastighet, TVV temperatur – momentan, VVC temperatur – momentan, VV isoleringstjocklek, VVC isolerings tjocklek (medelvärde), antal meter utan isolering, Tillgodogörs VVC-förlusten (bedömning på plats), byggnadshöjd, antal rörmeter (2D), antal rörmeter (kulvert), antal stammar, effekt VVC-pump, inställning av VVC pump, Legionella prov, vattenflödesmätning metod, isolerade genomföringar, typ av VVC och VV

system (kommentarer), STAD på VVC, inställning STAD, STAD i stamled, Termisk ventil i stamled, datum för mätning, Samisolerad och övriga kommentarer, kallvatten (KV) temperatur under 4 dagar, TVV temperatur under 4 dagar, VVC temperatur under 4 dagar, VVC temperatur längst bort under 4 dagar, och utetemperatur under 4 dagar.

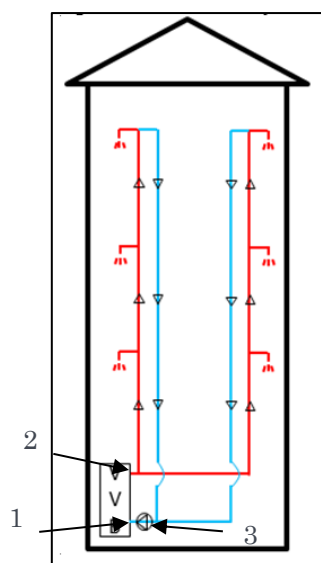
Mätmetoder

Mätning av VVC-förluster är baserad på ekvation 1 där man loggar temperaturen av VVC till värmeväxlaren eller tappvarmvattenberedaren, Temperaturen på VV samt vattenflödet i returen till värmeväxlaren. Uppmätning av flöde i VVC-ledningar har främst mätts upp med ultraljudsmätare (utanpåliggande), när en STAD-ventil har funnits tillgänglig har vattenflödet mätts där.

$$E_{TVV} = \frac{(T_{VV} - T_{VVC}) \cdot c_p \cdot \rho \cdot q_{VVC} \cdot t}{A_{temp}} \quad (1)$$

Där:

- E_{TVV} är energi för TVV i kWh/m² och år
- T_{VV} är temperaturen av varmvattnet efter värmeväxlaren (°C) (Punkt 2, Figur 1)
- T_{VVC} är temperaturen av returen innan värmeväxlaren (°C) (Punkt 1, Figur 1)
- C_p är den specifika värmekapaciteten av vatten, 4,186 kJ/(kg·°C)
- ρ är densiteten av vatten, 0,985 kg/l (55 °C)
- q_{VVC} är vattenflödet in i värmeväxlaren i l/s innan VVC-pumpen (Punkt 3, Figur 1)
- t är tidskonvertering från flödesmätaren till år
- A_{temp} är den uppvärmda arean av huset enligt BBR:s definition.



Figur 1: Mätpunkter i VVC mätningprojekt. 1: VVC (returens) temperatur, 2: VV temperaturen, 3: VVC flödet.

Användning av ekvation 1 och de två mätmetoden innebär att vissa antaganden behöver göras vid korttidsmätningar. Ett antagande är att VVC-systemets energianvändning är konstant under hela året. Ett annat antagande är att vattenflödet är relativt konstant under hela året. Ekvationen tar inte heller hänsyn till om energi kommer byggnaden till godo eller inte, utan redovisar endast den totala energiförlusten per år från systemet. Endast långtidsmätningarna kan visa om det finns en variation över längre tid.

Vid temperaturmätningar har röret slipats innan temperatursensorn monterats. En kontaktpasta har applicerats på rören för att få bra värmeledning till sensorn, sedan har utsidan av temperatursensorn isolerats med cellgummi-isolering. För att minska värmeledning från fjärrvärmväxlaren har givarna till temperaturmätarna placerats minst 1m innan/efter värmväxlaren i flödesriktningen.

Fältarbetet är uppdelat i två delar:

1. korttidsmätning med momentanmätning och loggning under ett dygn och
2. långtidsmätning som sträcker sig över ett år.

Syftet bakom kombinationen av kort- och långtidsmätningar är att se om det finns någon variation av VVC-förlusten över året. Med den informationen kan man utvärdera momentana mätningar på ett bättre sätt.

Mätutrustning och osäkerhet

Flödesmätningar gjordes med en ultraljudmätare, en Fluxus F601 med en osäkerhet på $\pm 1,6\%$. Denna osäkerhet kan reduceras till $\pm 1,2\%$ med en "extended" kalibrering eller $\pm 0,5\%$ med fältkalibrering. (*Fluxus F601 product information, no date*)

Temperaturmätningar genomfördes med två "Tinytag Ultra 2" med externa temperatursensorer. Temperatursensorerna är monterat direkt på vattenrören, enligt tidigare beskrivning. Temperatursensorns osäkerhet är $\pm 0,45\text{ }^\circ\text{C}$. (*Tinytag Ultra 2 – extern temperatur produkt information, 2021*)

Mätintervall var olika beroende på korttidsmätningen eller långtidsmätningen. Vid korttidsmätningen lagrades ett mätvärde varannan minut och sparades fysiskt på en digital mätstick som sedan tömdes manuellt. Vid långtidsmätningen togs mätvärden varje 2 eller 3 minuter som skickades till GKs server. Efter 10 minuter av mätdata räknades medelvärdet ut för en 10-minutersperiod. Mättningsresultaten och data som har bearbetats i studie är baserat på den 10-minuters medelvärdet.

Mätinstrument har kalibrerats innan och under projektets gång för att minimera osäkerheten i mätningarna. Trots det kan det ha uppstått mätfel på grund av själva mätmetoden. Där man mäter temperaturen utanpå rören (med isolering utanpå), så kommer det finnas en liten temperaturavvikelse mellan temperaturen i vätskan och röret. Detta mätfel kommer dock finnas på både VV- och VVC-mätningen. För uträkning av energiförluster är det skillnaden mellan dessa två som är relevant, varför denna avvikelse har försumbar inverkan på resultatet.

Korttidsmätningar

Korttidsmätningarna genomfördes enligt ovan under fyra eller fem dagar. Mättiden innebar att VVC-systemets energianvändning kunde mätas under tre 24-timmars-perioder mellan 00:00 och 23:59. Resultatet kunde extrapoleras till årsenergianvändning enligt ekvation 1. Korttidsmätning genomfördes i undercentralen och är då baserat på både VVC-flöde och temperaturerifferensen. På grund av projektstorleken fanns det inte möjlighet att mäta VVC-förlusterna på stamnivå, därför mättes det i undercentralen. Om VVC-systemet har varit samisolerade har det gjorts en notering om detta, även om samisolering kan bidra till att VVC-temperaturen är högre i undercentralen på grund av intern värmeöverföring från VV-ledningen. Beräkning av VVC-förlusterna har då använt temperaturmätningen i undercentralen för att hålla en konsekvent beräkning och för att kunna jämföra förluster mellan olika objekt.

Långtidsmätningar

För långtidsmätningarna monterades utrustningen på VVC-kretsen med inbyggd pulsutgång som lästes av med uppkopplad loggtrusning som kunde läsas av och följas dagligen. Den uppkopplade loggtrusningen anslöts till ett flöde- och temperaturlogger. Långtidsmätningarna pågick samtidigt i fem olika byggnader i Sverige. Resultatet av loggningen lästes av kontinuerligt och exporterades sedan till Excel.

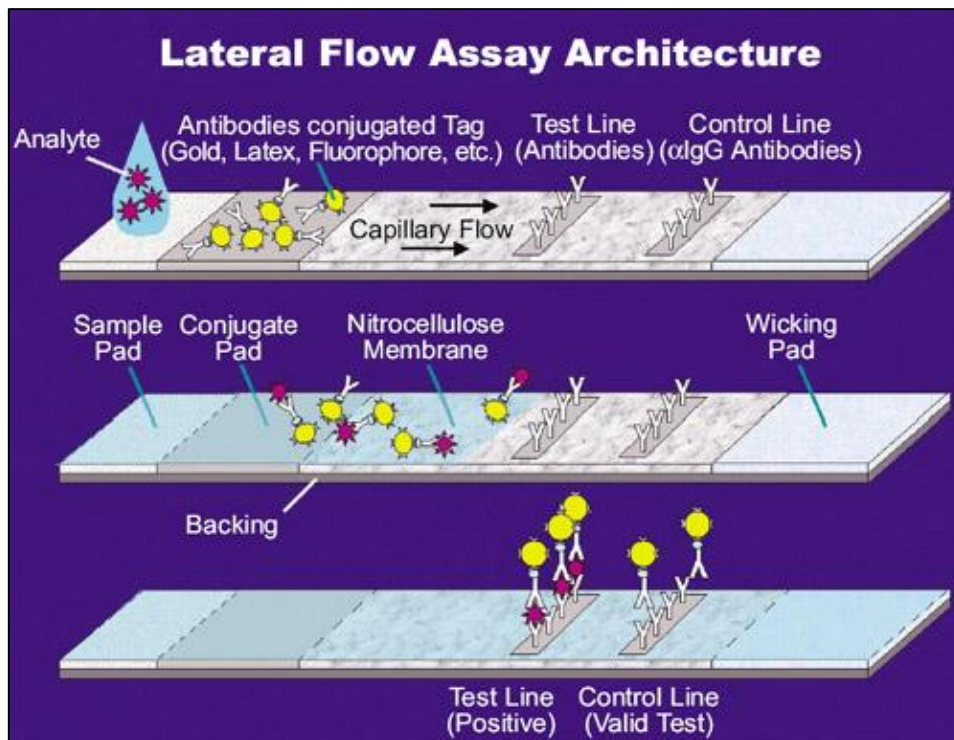
Legionella

Legionellaproverna togs med en "Single Syringe Legionella Test Kit" (Figur 2), tillverkade av Hydrosense. Metoden för provtagning är bifogat som Bilaga 1, men finns även som ett videoklipp på leverantörens hemsida: <https://hydrosense-legionella.com/product/single-legionella-test-kit-2/>



Figur 2: Single Syringe Legionella Test Kit

Metoden tar ca 30 minuter att genomföra och ett positivt resultat betyder att vattnet har minst 100 Colony-forming unit (CFU)/liter *Legionella pneumophila* serogroup (Sg) 1. Metoden använder en "Lateral Flow Immunochromatographic Assay (LFICA)". Lateral Flow Tests används mycket i andra sammanhang (t.ex. graviditetstest och Covid snabbtest). Det innebär att provet transporterar sig kapillärt längst en förberedd provpapp där Legionella Sg 1 bakterier reagerar med ett specifikt enzym. Eventuella Legionellabakterier inkl. enzym fastnar senare (ca 25 minuter i detta fall) vid en provlinje som fångar upp bakterierna. Enzymet skapar då linjen som redovisar ett positivt resultat. Kontrollinjen är bara vatten som tar med sig en annan indikator för att visa att vattnet har kommit förbi provlinjen. Se Figur 3 för illustration.



Figur 3: NASA illustration av en Lateral Flow Assay. By U.S. National Aeronautics and Space Administration http://exploration.nasa.gov/articles/images/homeplanet_3.jpg, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1813026>

Observera att provmetoden har flera begränsningar som är viktiga att känna till:

- På grund av metodens utformning, den reagerar inte så mycket med andra Sg typer (det finns totalt 15 Sg-typer för *Legionella pneumophila*, men typ 1 och 6 är kopplat till ca 90 % av infektioner) (Yu *et al.*, 2002)(Zhang *et al.*, 2014)
- Provet måste läsas av inom 30 minuter då vattnet i provningen fortsätter transportera sig förbi provlinjen.
- Metoden är utvärderad på prover mellan 10–45 °C.
- Metoden visar bara en kvalitativ bedömning och inte en kvantitativ bedömning. För att få information om hur högt koncentration man har måste man skicka ett prov till ett godkänt labb.

Fördjupad undersökning

Under projektets gång har det uppstått flera frågor som referensgruppen ansåg var viktigt att undersöka närmare. Antal korttidsmätningar minskades därför ner till 160, istället för de sedan tidigare planerade 195 objekt, varav 6 objekt valdes ut av arbetsgruppen för vidare analys. Av de utvalda objekten valdes två objekt då hade de högst uppmätta VVC-förlusterna, två objekt var slumpmässigt utvalda (inga uppenbara fel hittades i mätdata), ett objekt hade en låg VVC-förlust och ett objekt hade lite annorlunda tekniska lösningar.

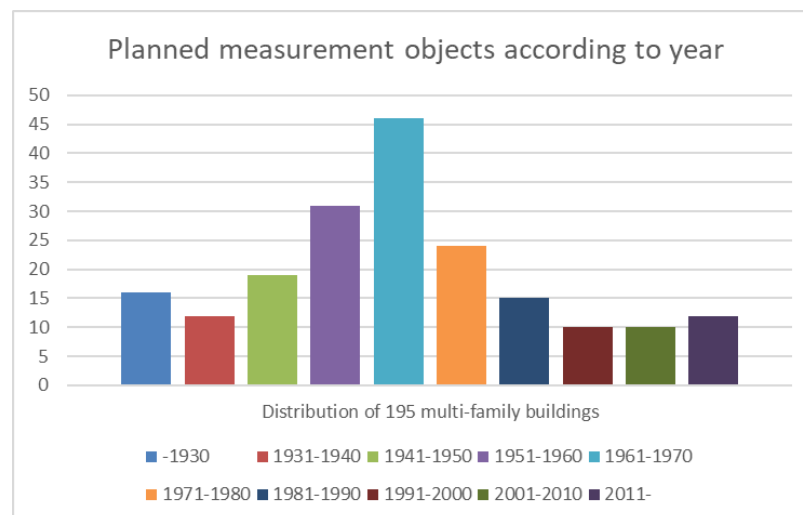
I dessa objekt har man genomfört fördjupande mätningar, flera okulära besiktningar, och en mer noggrann ritningsgranskning.

Avgränsningar

Det finns flera avgränsningar som är aktuella i rapporten:

- Alla objekt är flerbostadshus.

- Antal hus i varje årsgruppering valdes enligt distributionen av antal byggda flerbostadshus per år enligt SCB, se Figur 4 nedan.
- Totalt antal objekt var från början satt till ca 200 objekt, men detta har ändrats under projektets gång till 160 objekt.
- Skanska och NCC har bidragit med totalt 51 egna VVC-mätningar från hus byggda mellan 2016 och 2019 från företagens egna energiuppföljningar, utöver projektets 165 objekt. Dessa är inte med i de stora grupp-mätningarna då dessa inte kan kontrolleras på samma sätt som de andra. Det är olika utrustning, och kan innehålla stora fel både i mätning utförande och i VVC-systemet. I detta fall det finns ingen information om objekten förutom år och mätvärde.
- Rapporten redovisar uppmätt energianvändning, men de flesta mätningar har inte kvalitetssäkrats. Det innebär att det kan finnas fel i uppmätta värden eftersom det antas att man endast mäter VVC-systemet. Om det, till exempel, finns ett systematiskt fel där kallvatten tar sig in i VVS-systemet från en lägenhet (blandare utan backventil), så visar det sig i mätresultatet som en högre VVC-förlust, men problemet kan inte upptäckas utan en noggrann undersökning.
- Vid väldigt höga eller låga mätresultat har det oftast nya mätningar gjorts med ny utrustning för att bekräfta värdet och säkerställa att det inte var ett mätfel.
- Felmarginalen av utrustningen är känd och dokumenterat i rapporten men är inte med i analysen av VVC-förluster.
- Mätningar kan ha gjorts i samband med tekniska problem med VVC-systemet så som dåliga pumpar med lågt flöde eller dåliga sensorer i systemet. När den informationen har kommit fram till arbetsgruppen har den dokumenterats och nya mätningar har utförts efter åtgärder.
- Man har inte verifierat funktionskravet av TVV-systemet, d.v.s. TVV inom 10 sekunder med ett flöde på 0,2 l/s.



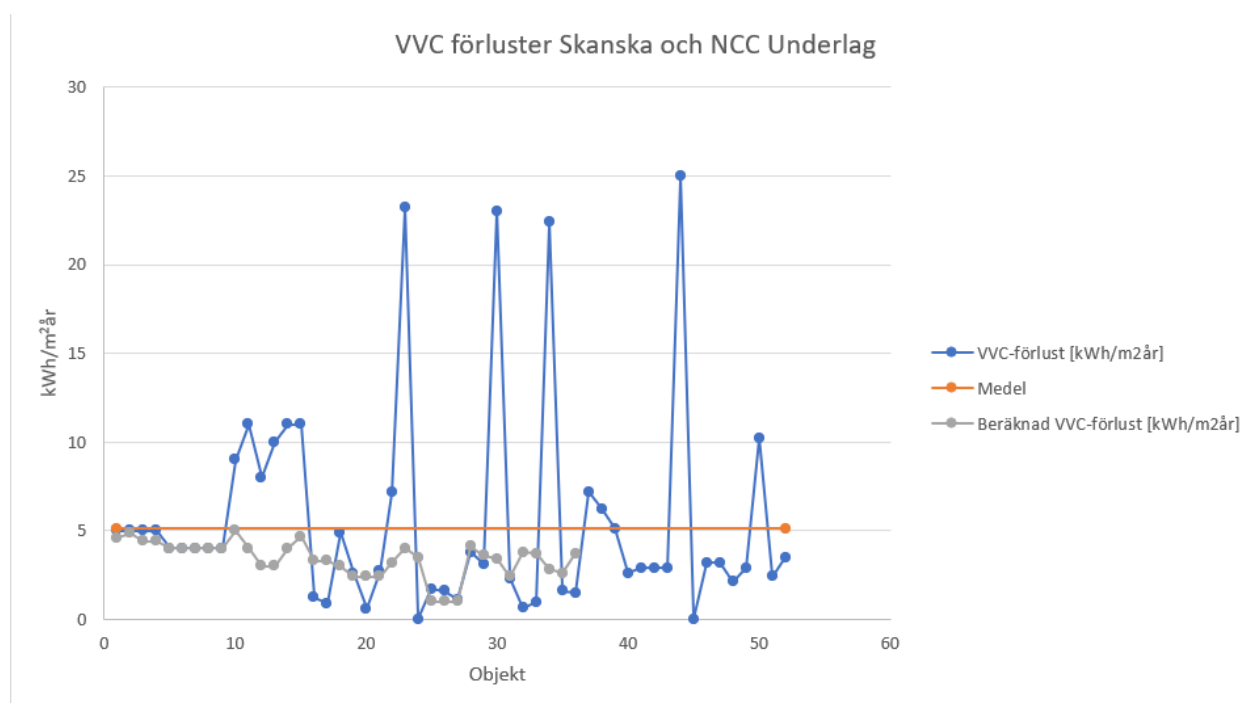
Figur 4: Planerade mätobjekt baserade på distributionen av antal flerbostadshus i Sverige. Observera att antal mätobjekt har minskats till 160 objekt för att fokusera på fördjupningar. Objekt som togs bort har spridits ut över olika byggnadsår så att distributionen har samma form som i originalansökan.

VVC MÄTNINGAR

Denna del av rapporten börjar med att redovisa mätningarna från NCC och Skanska. Därefter presenteras och analyseras de olika resultaten från både kort- och långtidsmätningar, samt resultaten från Legionellaprover. En sammanfattning av fördjupningsstudien presenteras på slutet av denna del.

Mätningar från NCC och Skanska

NCC och Skanska gör kontinuerligt energiuppföljningar i sina projekt. Dock mäts inte alltid VVC-förluster separat, utan de inkluderas ibland i det uppmätta uppvärmningsbehovet. För att bidra med ytterligare mätningar till projektet har NCC och Skanska samlat in resultat från 51 objekt. Dessa mätningar används som en kontrollgrupp för att jämföra mot de korttids- och långtidsmätningarna som genomförts i detta projekt. Dessa objekt redovisas i Figur 5 och visar både mättningsresultaten och, i vissa fall, beräkningsresultat från projekteringskedet.



Figur 5: Beräknade och uppmätta VVC förluster i hus från NCC och Skanska byggda mellan 2016-2019. Mätdata kommer från NCC och Skanskas egna energiuppföljningar.

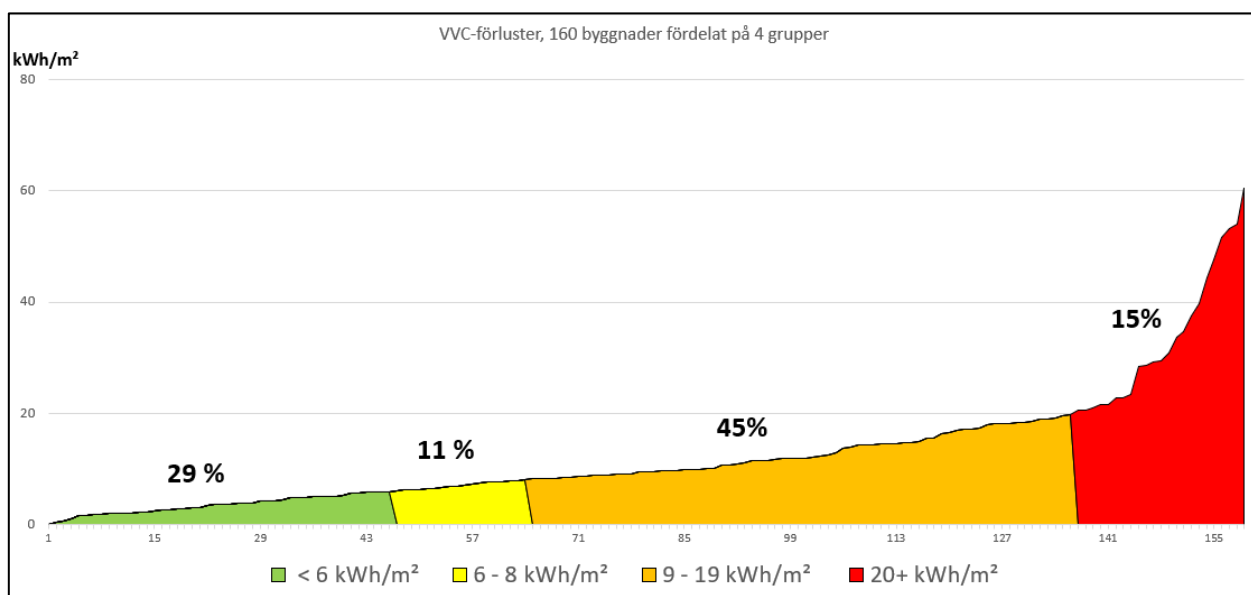
Resultaten visar att VVC-förlusten från energiberäkningen oftast hamnade mellan 4–5 kWh per m² och år, vilket stämmer överens med det värde som man brukar ange i energiberäkningar. Medelvärdet av den uppmätta VVC-förlusten för dessa 51 objekt blev 5,7 kWh per m² och år. Av de objekten med VVC-förlust inlagd i energiberäkningen hade ca 46 % en högre uppmätt VVC-förlust. Flera objekt hade en mycket lägre VVC-förlust än beräknat. Tjugo av alla objekt låg över 4 kWh per m² och år, med det högsta värdet på 25 kWh per m² och år.

Objekten från NCC och Skanska har inte undersökts vidare för att förklara varför uppmätta och beräknade värden avvek från varandra. Objekten har inte heller undersökts när det gäller VV temperaturer eller framledningstiden. När VVC-förluster kraftigt avviker från vad som är beräknat, så tyder det på att det kan finns brister i systemen, eller att beräkningen inte var noggrant utförd.

Korttidsmätningar

VVC förluster

En sammanfattning av alla VVC mätningar presenteras i Figur 6. Resultatet visar VVC-förlusten i kWh per m² och år för 160 objekt sorterat från lägst till högst. Endast 29 % av alla uppmätta objekt hade en VVC-förlust lägre än 6 kWh per m² och år, som ligger inom det intervallen energiberäkningar oftast använder vid nybyggnation. Femton procent av alla objekt hade en VVC-förlust högre än 20 kWh per m² och år. Observera att detta resultat inte visar om VVC-systemet uppfyller BBR-kravet på temperaturer eller framledningstiden men bara energiförlusten under mättiden (3 dagar) extrapolerat till en årsenergiförlust.

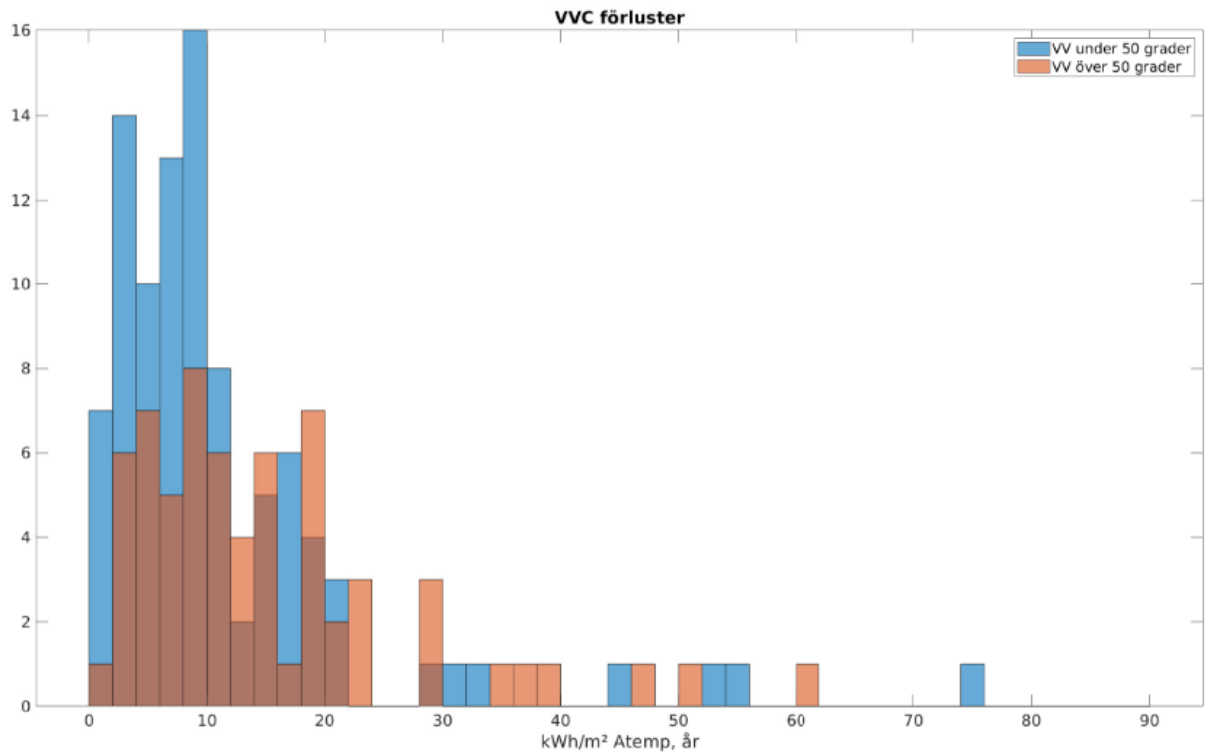


Figur 6: Sammanfattning av korttidsmätningar från alla 160 byggnader sorterat i storleksordning samt uppdelat i intervall baserat på kategorier som identifierats i litteraturstudien.

Temperaturer

VV temperatur

För att försöka få en inblick i hur många VVC-system uppfyller temperaturkravet, Figur 7 redovisar två typer av data, en distributionskurva med VVC-förluster för byggnader med en VV-temperatur på över 50 °C (bruna staplar), och en distributionskurva där VV-temperaturen är under 50 °C (blåa staplar).



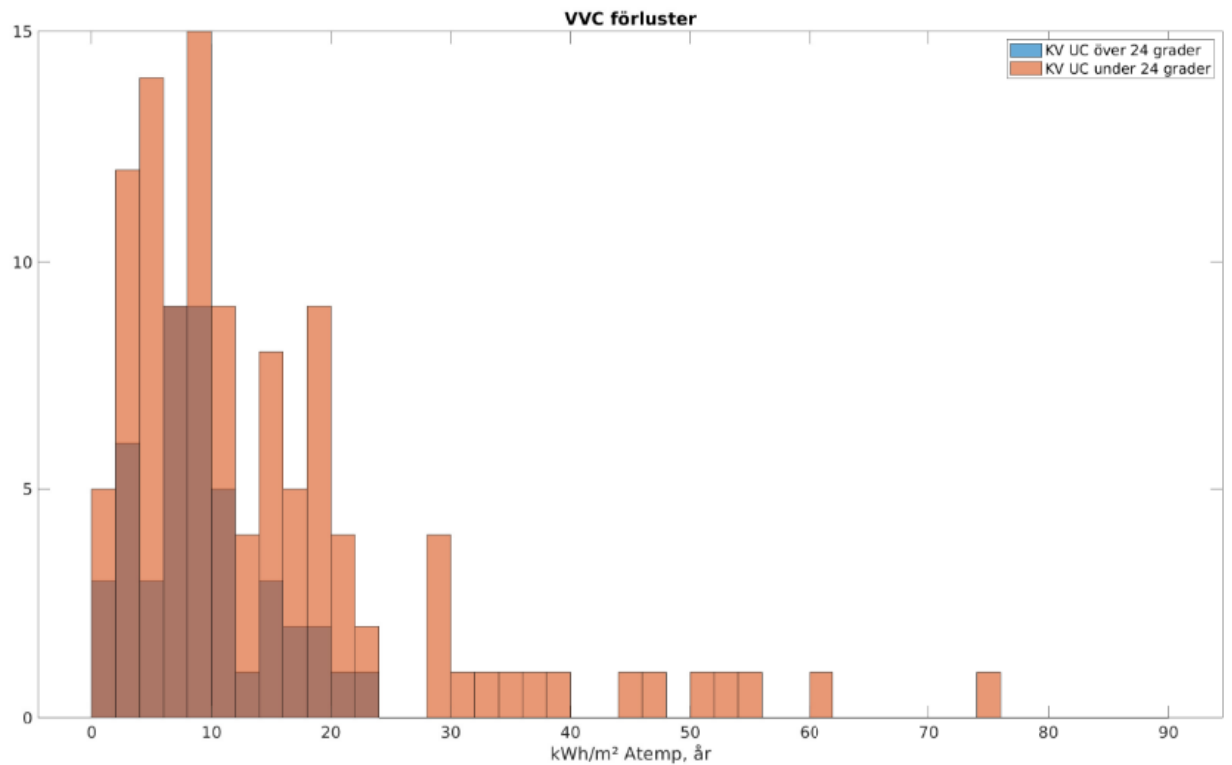
Figur 7: VVC förlust och VV temperatur. Varje stapel representera en 2 kWh/m² år intervall. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (X-axeln).

Resultatet visar att de flesta mätningar ligger mellan 0–20 kWh per m² och år. Det är intressant att mätobjekt som inte uppfyller kravet på minst 50 °C verkar ha lägre VVC-förlust än de byggnader som har temperaturer över 50 °C i VV. Det värsta fallet med en energiförlust på ca 75 kWh per m² och år ligger under 50 °C. Den näst högsta energiförlusten var uppmätt till ca 60 kWh per m² och år, med en VV-temperatur över 50 °C.

En slutsats man kan dra från Figur 7 är att VVC-förlusten i nästan alla objekt är högre än det som ofta antas (4 kWh per m² och år). De flesta objekt under 4 kWh per m² och år hade dessutom en VV-temperatur under 50 °C, vilket tyder på brister i deras system. Om temperaturen skulle höjas till över 50 °C så hade dessa sannolikt hamnat över 4 kWh per m² och år.

KV temperatur

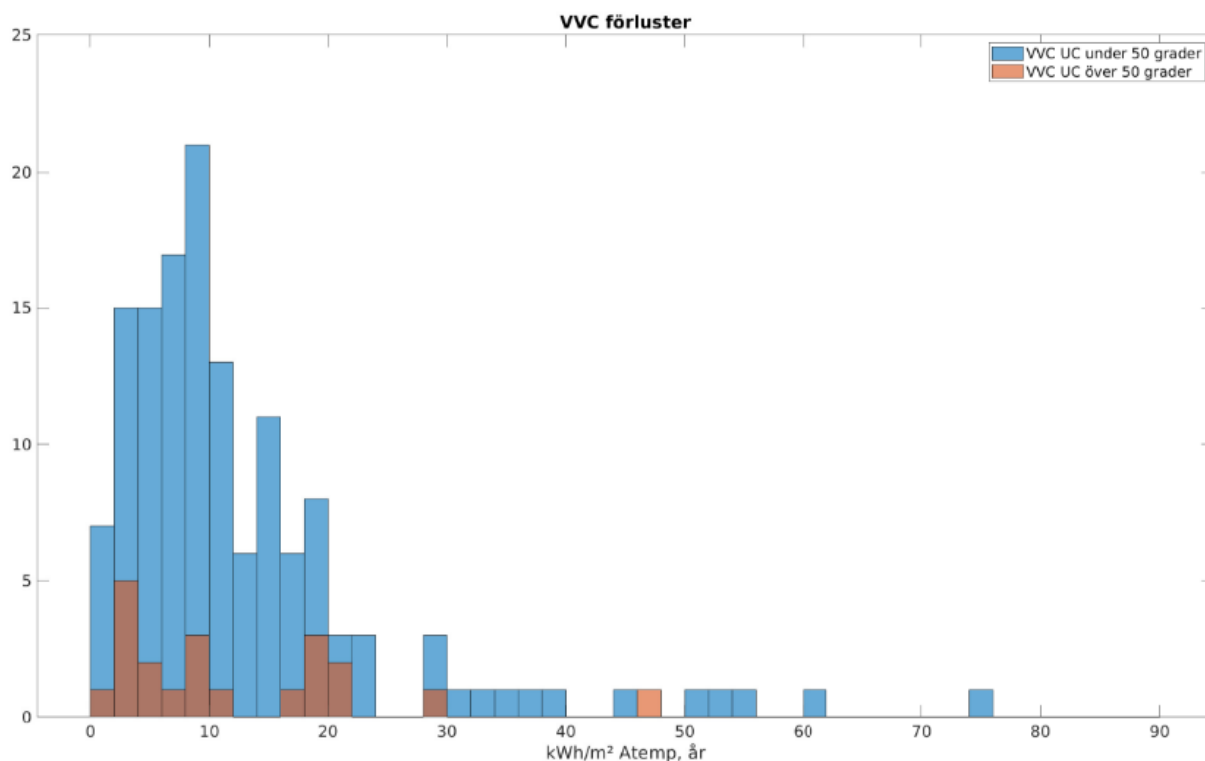
Figur 8 togs fram för att se om KV-temperatur påverkar VVC-förluster. Distributionerna för KV-temperaturer över och under 24 °C liknar varandra, men figuren visar att de med högst VVC-förluster hade kallare KV än de övriga objekten.



Figur 8: VVC förlust och KV temperatur. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

VVC temperatur

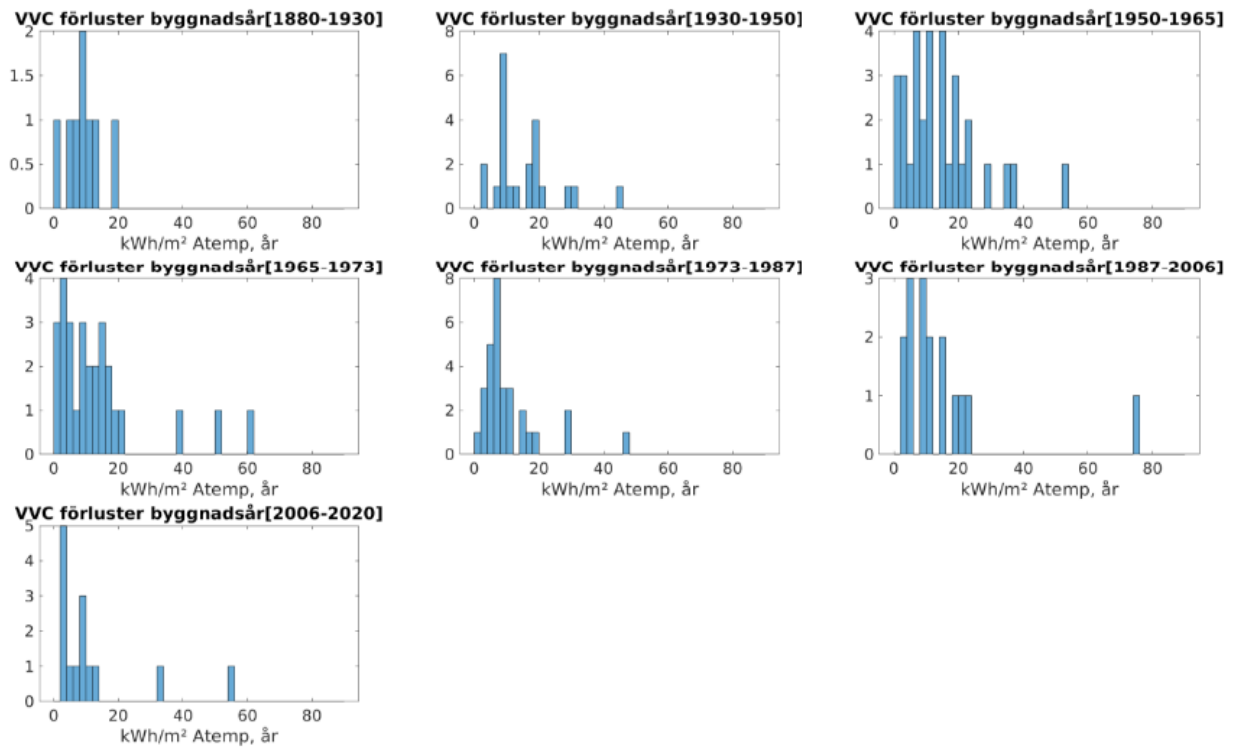
Figur 9 visar VVC-förlusten i system som troligtvis uppfyller BBR-kravet på minst 50 °C i VVC-systemet. Vi skriver "troligtvis" för att man inte kan bekräfta att alla delar av VVC-systemet har minst 50 °C med dessa mätningar (se fördjupningsstudie, Bilaga 2), men returen till värmeväxlaren har åtminstone 50 °C i undercentralen. Figur 9 visar att det är svårt att se ett starkt samband mellan "godkända" och underkända värden. De högsta VVC-förlusterna verkar ligga i objekt som inte uppfyller kravet om minst 50 °C i VVC-systemet, men även de objekt som uppfyller minimumtemperaturkravet ligger oftast högre än 4–20 kWh per m² och år.



Figur 9: VVC förlust och VVC returtemperatur (innan värmeväxlaren eller varmvattenberedare). Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

Byggår

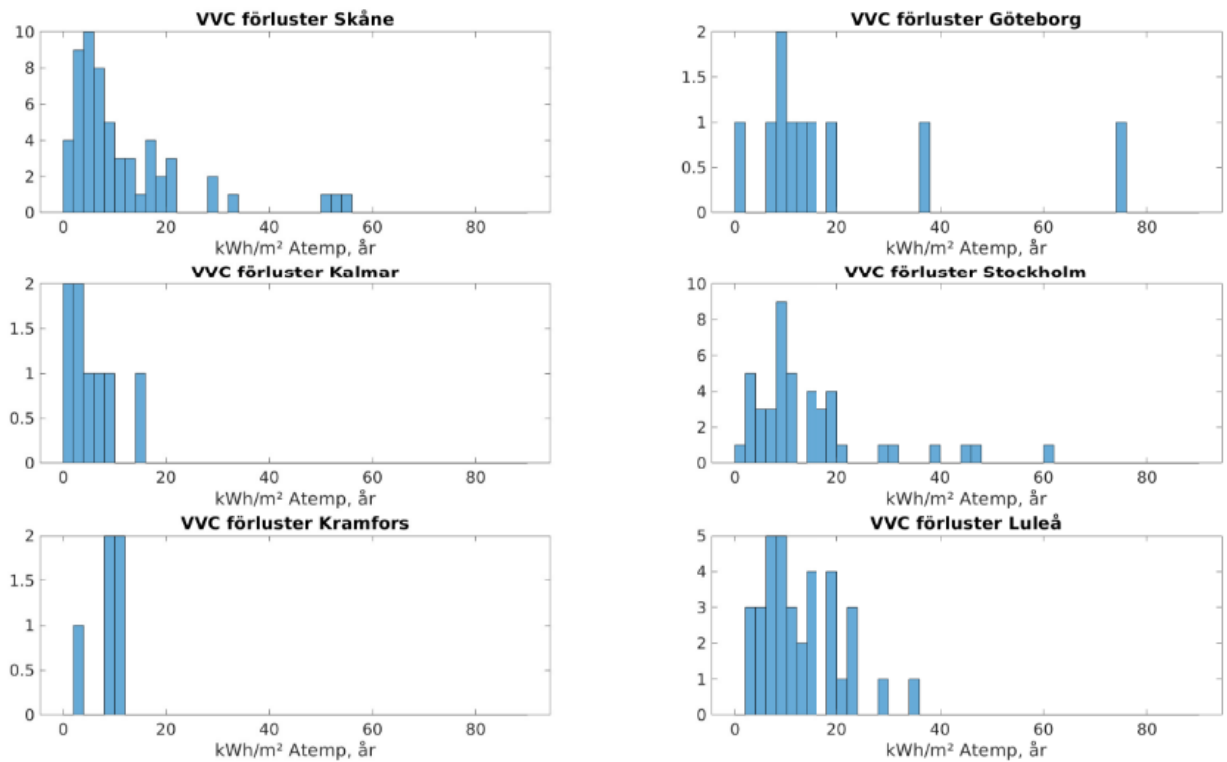
En viktig del av denna studie som är kopplad till renovering av byggnader är VVC-förluster kopplat till byggnadsår. Figur 10 visar VVC-förluster för de olika objekten baserat på byggnadsår. Observera att hänsyn inte har tagits till om och när VVC-systemet har renoverats efter att huset byggdes. Syftet var endast att få en inblick till hur byggnader från olika årtal presterar i dag. Figuren visar att VVC-förluster är ungefär lika stora för alla hus. Endast de äldsta husen har en spridning mellan 2–20 kWh per m² och år medan alla andra objekt har en spridning mellan 2–50 kWh per m² och år, och i vissa fall (1950–1973 och 1987–2020) finns det objekt som är högre än 50 kWh per m² och år. Resultaten med hus efter 2006 är av särskilt intresse då det infördes ett nytt BBR-krav på maximal framledningstid, se Lagkrav och SVEBY. Mätningar som gjordes i denna studie, tillsammans med Skanska/NCC mätningar visar liknande energiprestanda som tidigare år, d.v.s. innan 2006. Man kan även tolka denna figur som en potentiell energibesparing i framtiden, speciellt om hus från 1950–1973 ska renoveras inom de kommande år då många av dessa objekt ligger mellan 8–40 kWh per m² och år.



Figur 10: VVC-förluster för objekt med olika byggnadsår. Observera att detta tar inte hänsyn till om och när undercentralen renoverades. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

Ort

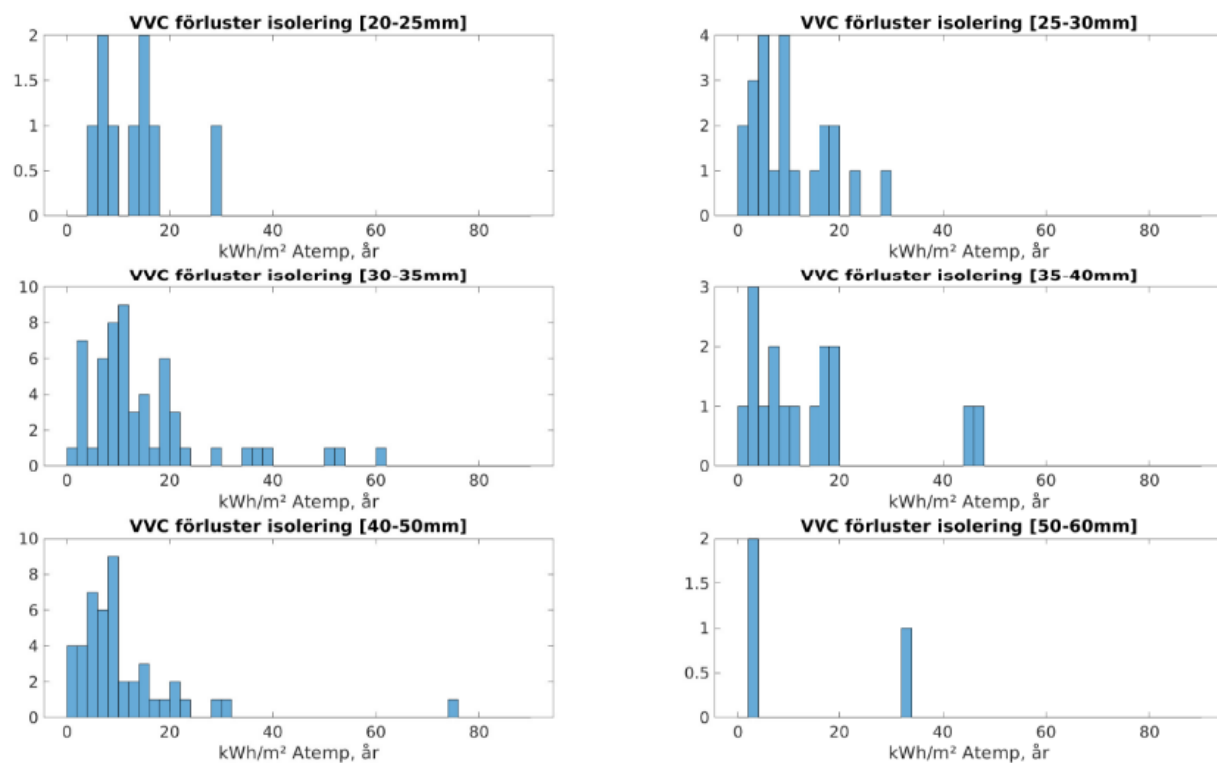
För att se om det finns en koppling mellan klimat och VVC-förluster togs Figur 11 fram. Den visar VVC-förluster för olika områden: Skåne, Göteborg, Kalmar, Stockholm, Kramfors och Luleå. Intressant är att de minsta spridningar ligger i Kramfors (norr), Luleå (norr) och Kalmar (syd). De största spridningar ligger i Skåne, Stockholm, och Göteborg. Figuren visar att objekten i Sydsverige (exklusive Kalmar) har en stor spridning i VVC-förluster. Det är okänt om det finns ett systematiskt samband (VVC teknik, mer noggrann/regelbundna injusteringar) eller om det enbart är ett slumpmässigt utfall.



Figur 11: VVC-förlust för olika orter. Y-axel visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axel).

Isoleringstjocklek

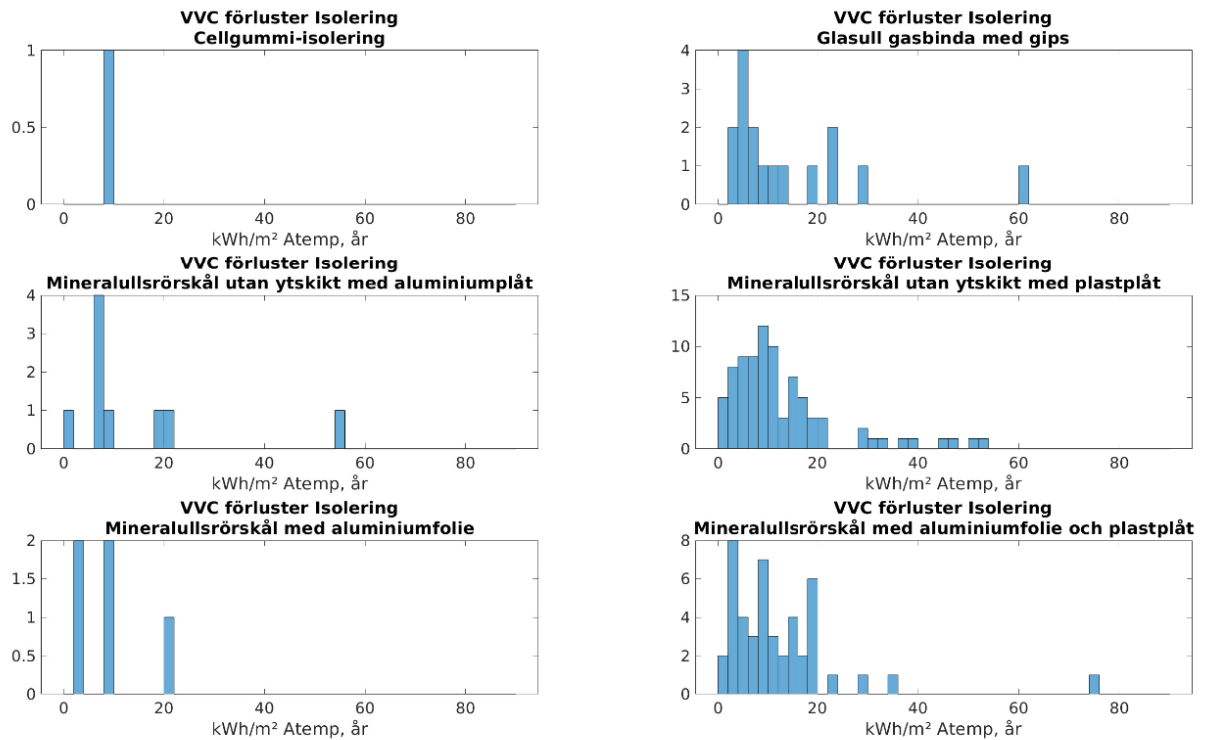
När det gäller isoleringstjockleken så verkar det inte finnas någon stark koppling till VVC-förlusten. Det är viktigt att påpeka att Figur 12 inte visar om VVC-systemet uppfyller BBR-kraven på temperaturer eller framledningstid. Figuren visar inte heller sambandet med rörlängden, eller kvalitet av arbetet men det verkar som att projektering ger jämförbara resultat när det gäller isoleringstjocklek och VVC-förluster då både tunnare och tjockare isolering resulterade i liknande VVC-förluster.



Figur 12: VVC-förlust och isoleringstjocklek. Y-axel visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axel).

VVC och isoleringstyp

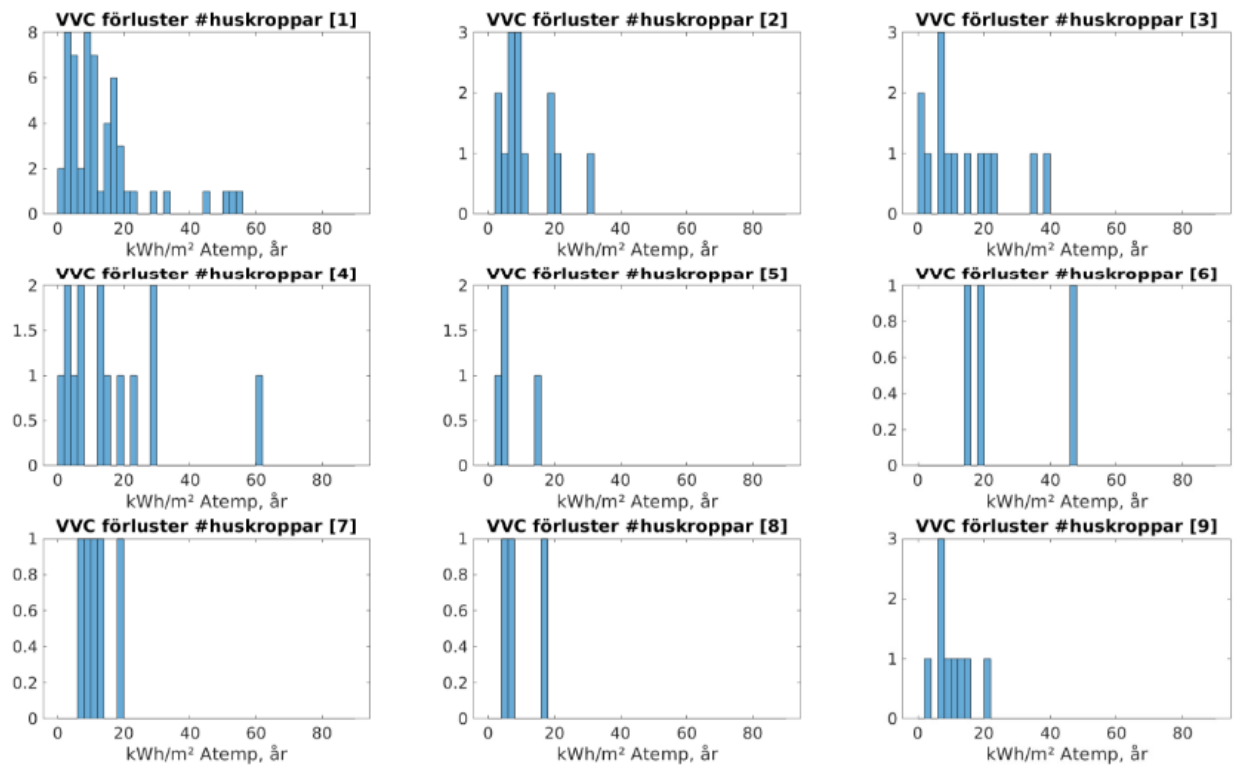
Isoleringstyp kan ses som ett tecken på när VVC-systemet renoverades sist då gamla hus renoveras med ny isolering och teknik. I detta projekt har isoleringstyp eller isoleringsteknik kunnat delas upp i sex olika grupper: cellgummi-isolering; glasull gasbinda med gips; mineralullsrörskål utan ytskikt med aluminiumplåt; mineralullsrörskål utan ytskikt med plastplåt; mineralullsrörskål med aluminiumfolie och sist mineralullsrörskål med aluminiumfolie och plastplåt. Enligt resultatet som redovisas i Figur 13, isoleringstyp spelade inte så stor roll när det gäller VVC-förluster. Figuren visar inte heller vilket isoleringstjocklek är kopplat till de olika isoleringstyper.



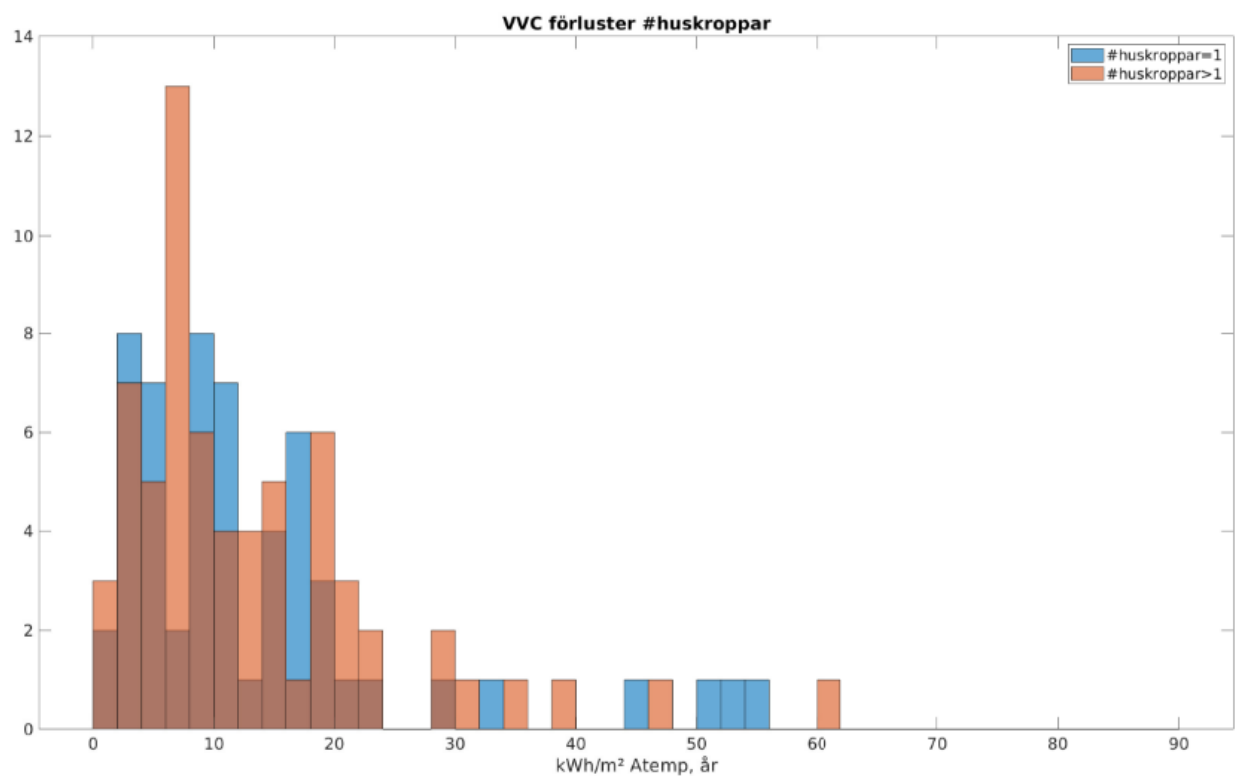
Figur 13: VVC-förlust och isoleringstyp. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

VVC förluster och antal huskroppar

Figur 14 och Figur 15 visar sambandet mellan VVC-förluster och antal huskroppar. Detta gjordes för att undersöka eventuella samband med kulvertförluster. Resultaten visar att det inte verkar finnas ett samband mellan antal huskroppar som undercentralen försörjer och VVC-förluster. Värsta uppmätta fallen har till och med en enda huskropp. Figuren ger ingen indikation huruvida VVC-systemet uppfyller BBR-kravet på VV- och VVC-temperaturer eller framledningstiden.



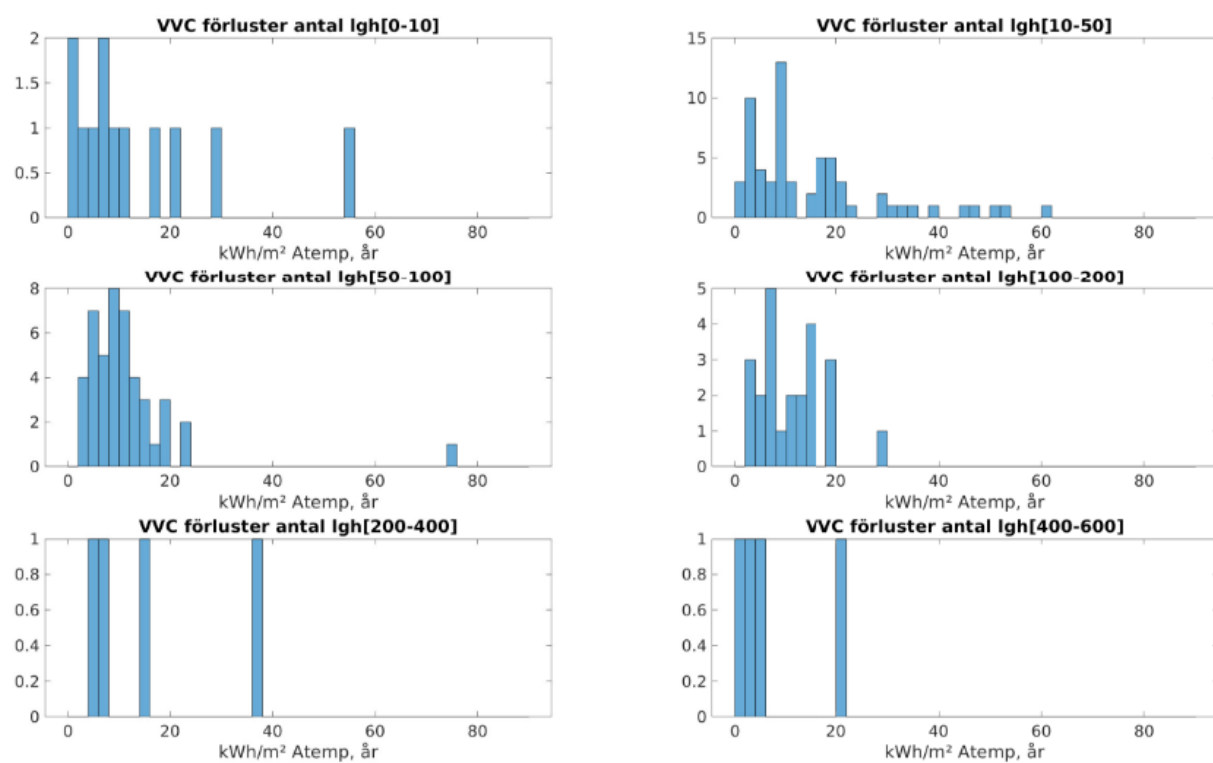
Figur 14: VVC-förluster och antal huskroppar. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).



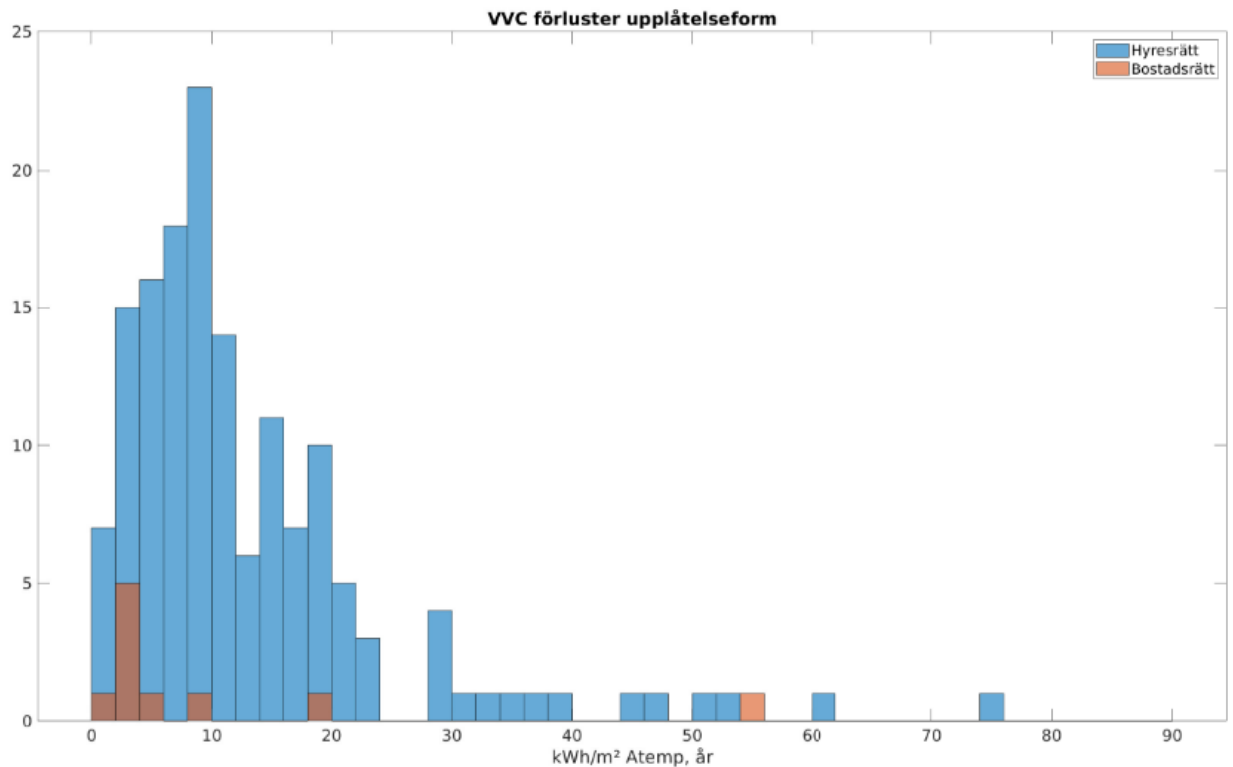
Figur 15: En huskropp jämfört med flera huskroppar. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

VVC förluster och antal lägenheter

När man titta på VVC förluster kopplat till antal lägenheter, Figur 16, ser man ingen större samband mellan VVC-förluster och antal lägenheter. Alla grupperers distributioner ligger huvudsakligen mellan 0–20 kWh/m² och år.



Figur 16: VVC-förlust för hus med olika antal lägenheter. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

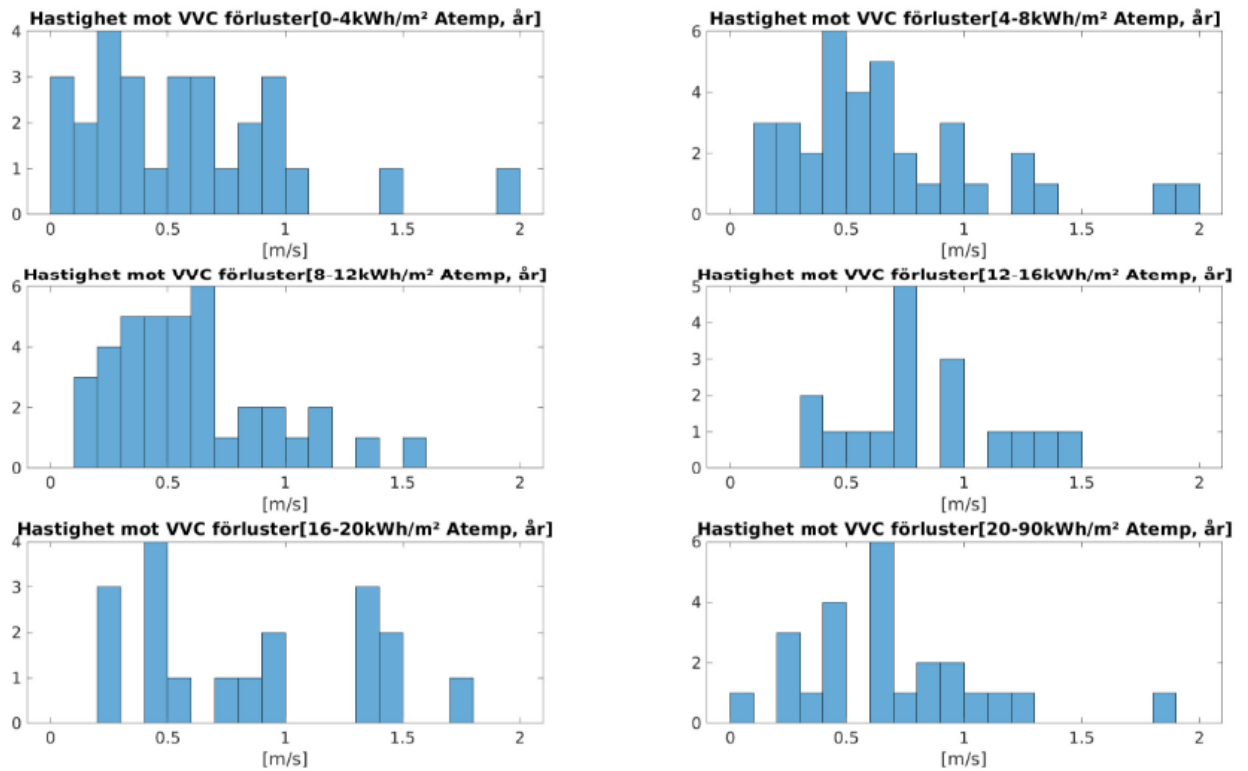


Figur 17: VVC-förluster enligt upplåtelseform (hyresrätt eller bostadsrätt). Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella energianvändningsintervallet (x-axeln).

När man titta på upplåtelseform, Figur 17, det finns väldigt få bostadsrätter med i studien. Resultatet indikera att bostadsrätter verkar har en lägre VVC-förlust än hyresrätter men denna samband behöver undersökas mer i framtiden för att bekräfta.

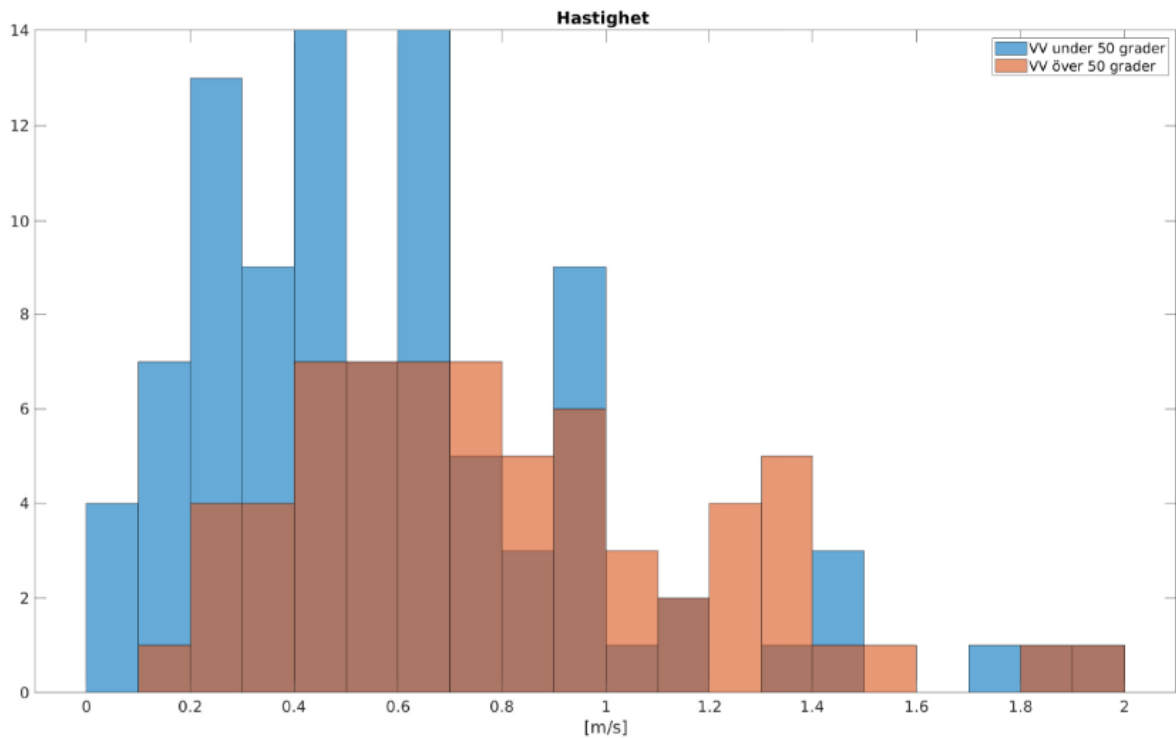
VVC hastighet

Enligt Teknikhandboken VVS (s. 296, 2019), vattnet i ett vattenrörssystem ska inte ha en högre hastighet än 0,5 m/s och den rekommenderade vattenhastigheten ska vara mellan 0,3 m/s och 0,5 m/s. Högre flöden än så riskerar att förkorta livslängden för systemet, speciellt i system med kopparrör/kopparkopplingar. Det innebär i praktiken att vattenrör och dess kopplingar kan erodera snabbare än beräknat. Figur 18 visar vattenhastighet i alla objekt uppdelat på olika VVC-förlustintervall. Resultaten visar att de flesta objekt ligger över 0,5 m/s med de högsta på ca 2 m/s, eller 4 gånger den rekommenderade maximala hastigheten enligt Teknikhandboken VVS.



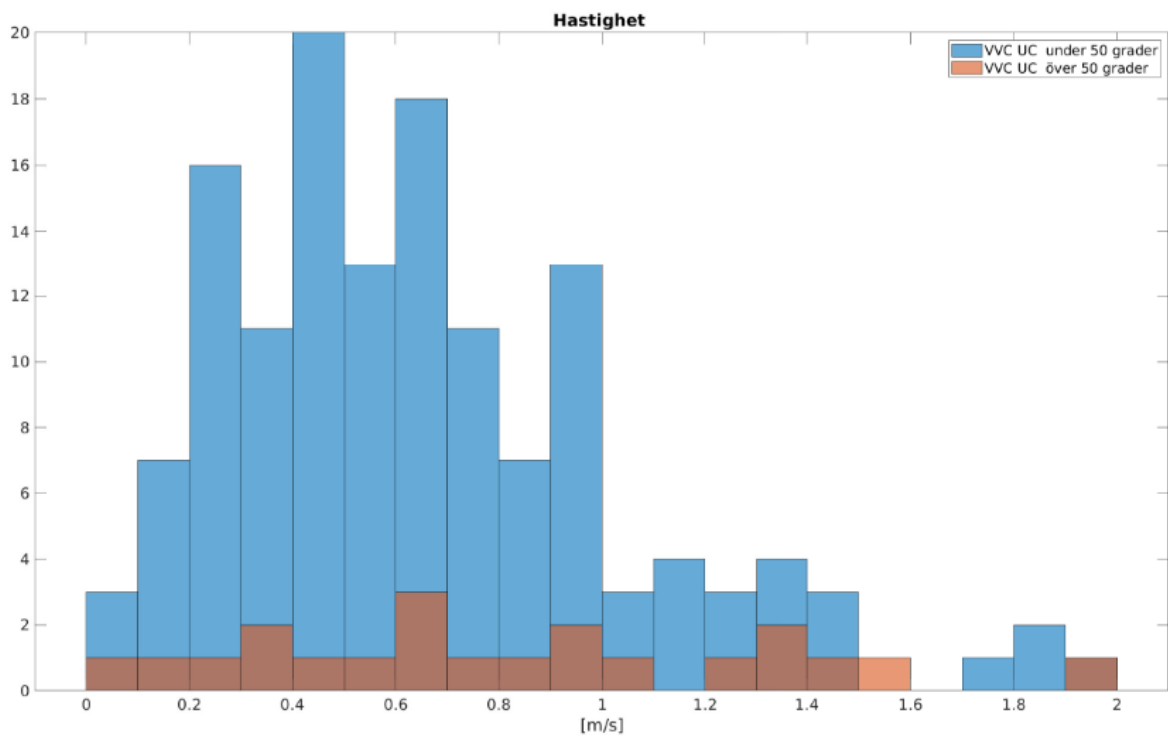
Figur 18: VVC-hastighet för olika VVC-förluster. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella vattenhastighet (x-axeln).

För att se om hastigheten berodde mycket på VV-temperaturen, kontrollerades andel VV-system som klarade 50 °C gränsen mot de byggnader som inte klarade 50 °C gränsen. Figur 19 visar att hastigheten av VVC-flödet var högre i byggnader som klarar denna temperaturgräns. De objekt som uppfyllde hastighetenskravet misslyckades dock oftast tillsammans med temperaturkravet.



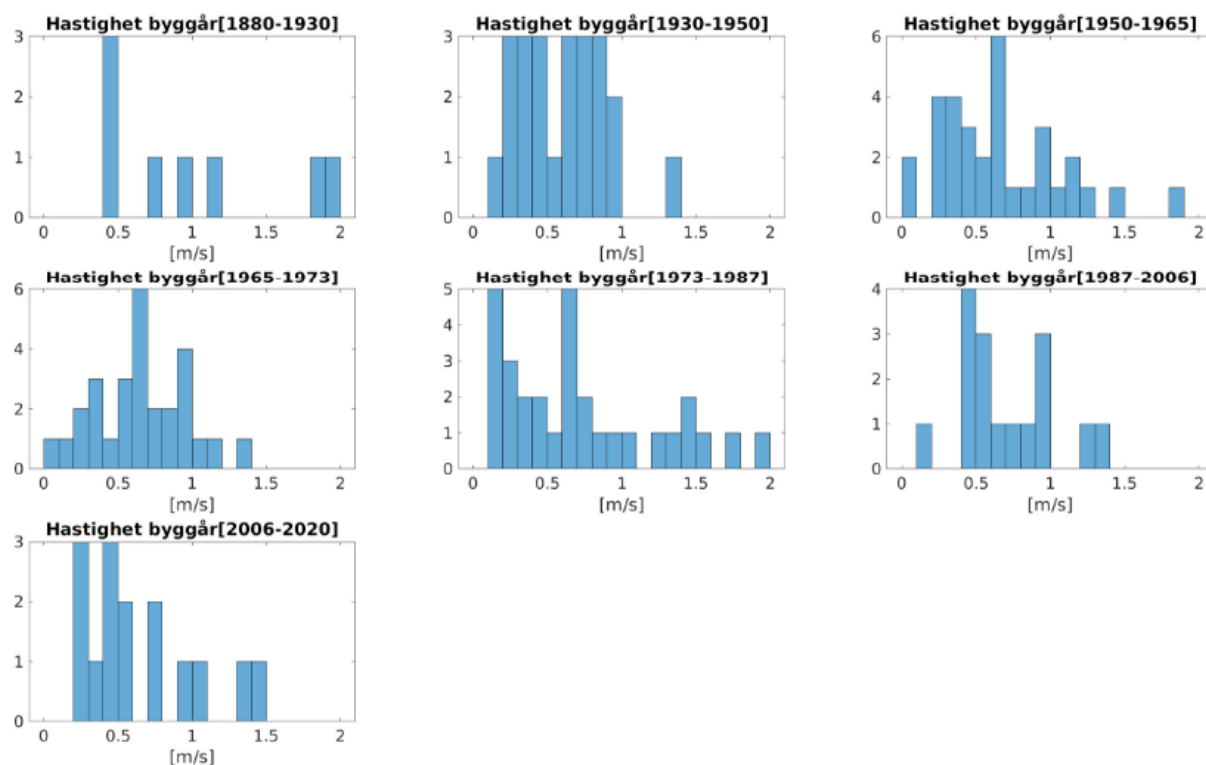
Figur 19: VVC-hastighet där VV är över och under 50 °C. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella vattenhastighet (x-axeln).

Figur 20 togs fram för att se hur vattenhastigheten var i byggnader med över 50 °C i VVC (returen) vid undercentralen, d.v.s. verkar uppfylla BBR-kravet. Som syns nedan, det var väldigt få objekt som uppfyllde både 50°C kravet i VVC-systemet (brunstapel) med en vattenhastighet på mindre än 0,5 m/s (6 objekt).



Figur 20: VVC-hastighet där VVC-returen är under och över 50 °C. Y-axel visar antal objekt som ligger inom det aktuella vattenhastighet (x-axel).

För att se om vattenhastigheten var kopplad till byggnadsår, togs Figur 21 fram. Som resultatet visar, det verkar inte finnas någon stark koppling mellan byggnadsår och vattenhastighet då höga vattenhastigheter mätts i hus från alla årtal.



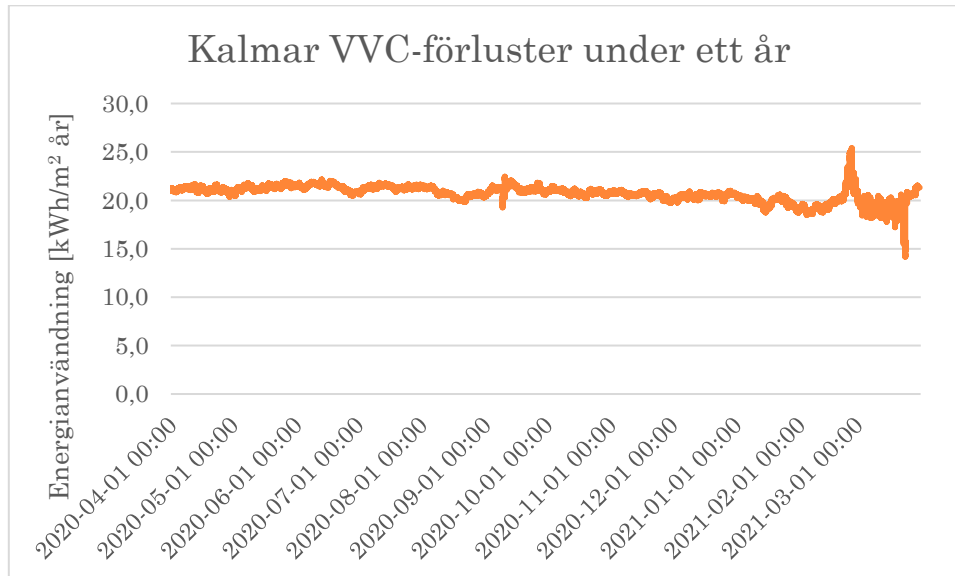
Figur 21: VVC-hastighet mot byggår. Y-axeln visar antal objekt som ligger inom det aktuella vattenhastighet (x-axeln).

För mer detaljerat redovisning av flödesmätningar, se Bilaga 3

Långtidsmätningar

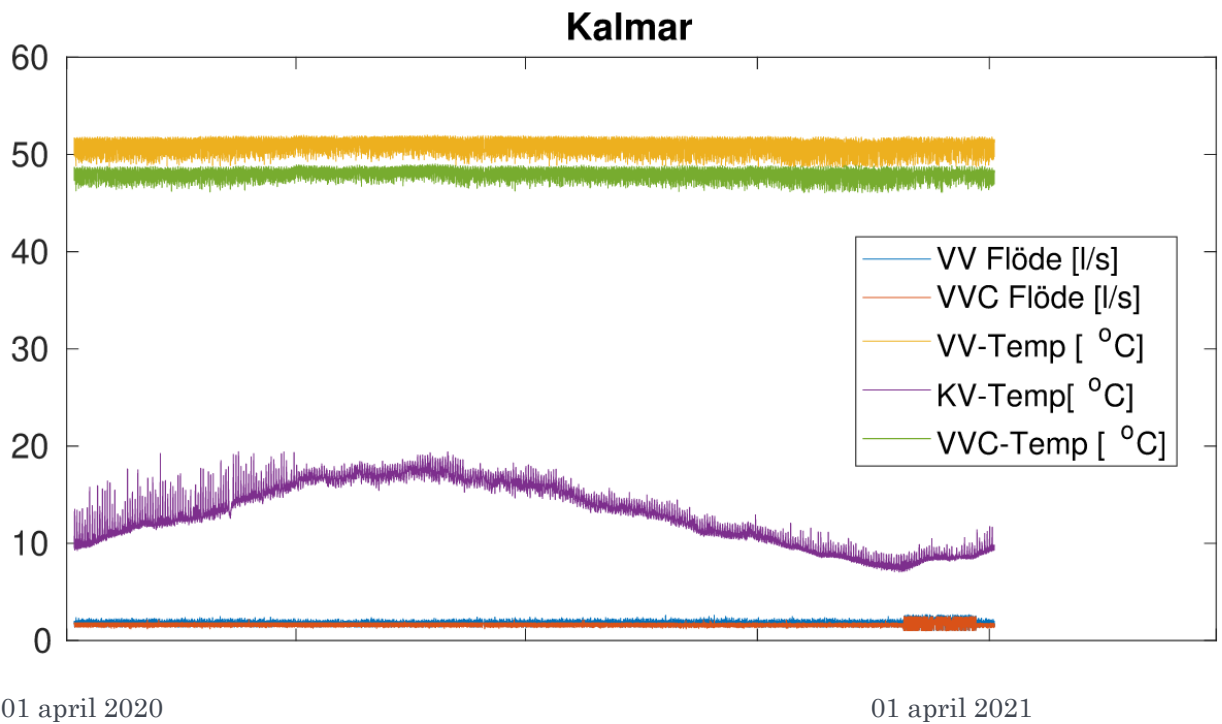
Kalmar

Objekten i Kalmar byggdes under 2017. Mätobjekt består av två huskroppar, med 3st trapphus, 55 lägenheter, ett källarplan och 8 våningsplan. A_{temp} är 2465 m². Undercentralen är placerat på bottenvåningen. VVC förlusten i Kalmar var ca 20,7 kWh/m² och år.



Figur 22: VVC-förluster under ett år (dagsmedel). Y-axel visar objektets energiförluster i kWh/m² och år mellan 1 april 2020 tills den 1 april 2021 (x-axel).

Figur 23 visar resultatet från långtidsmätningen i Kalmar, en rullande årsförlust baserat på dynsmedelförluster. I Figur 23 presenteras VV-flöde, VVC-flöde, VV-temperaturen, VVC-temperatur (retur), och KV-temperatur under mätperioden.

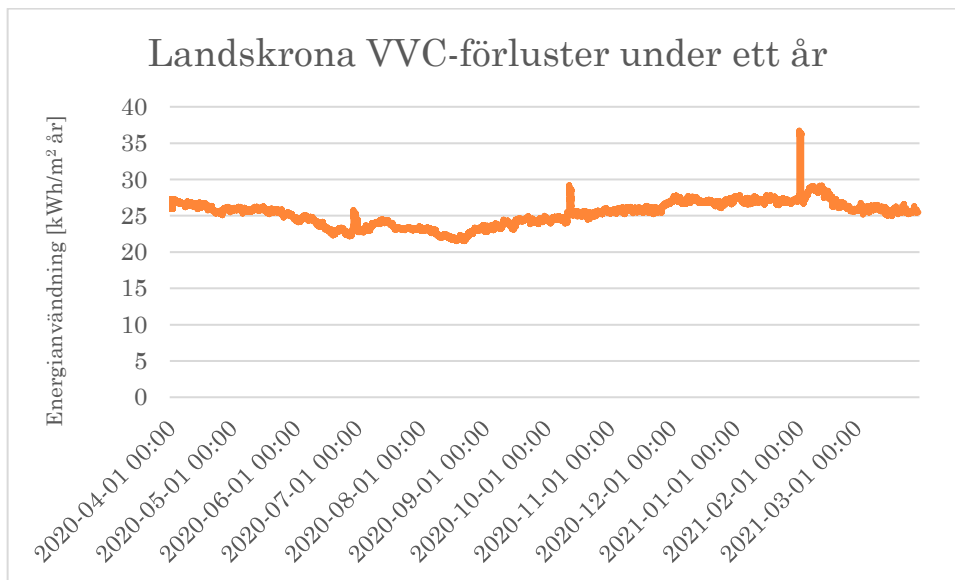


Figur 23: Resultat från långtidsmätningen i Kalmar. Den översta linjen (gul) är VV-temperaturen, den gröna linjen är VVC-temperaturen, den lila linjen är KV-temperaturen. De sista två linjerna är VV-flödet (blå) och VVC-flödet (orange).

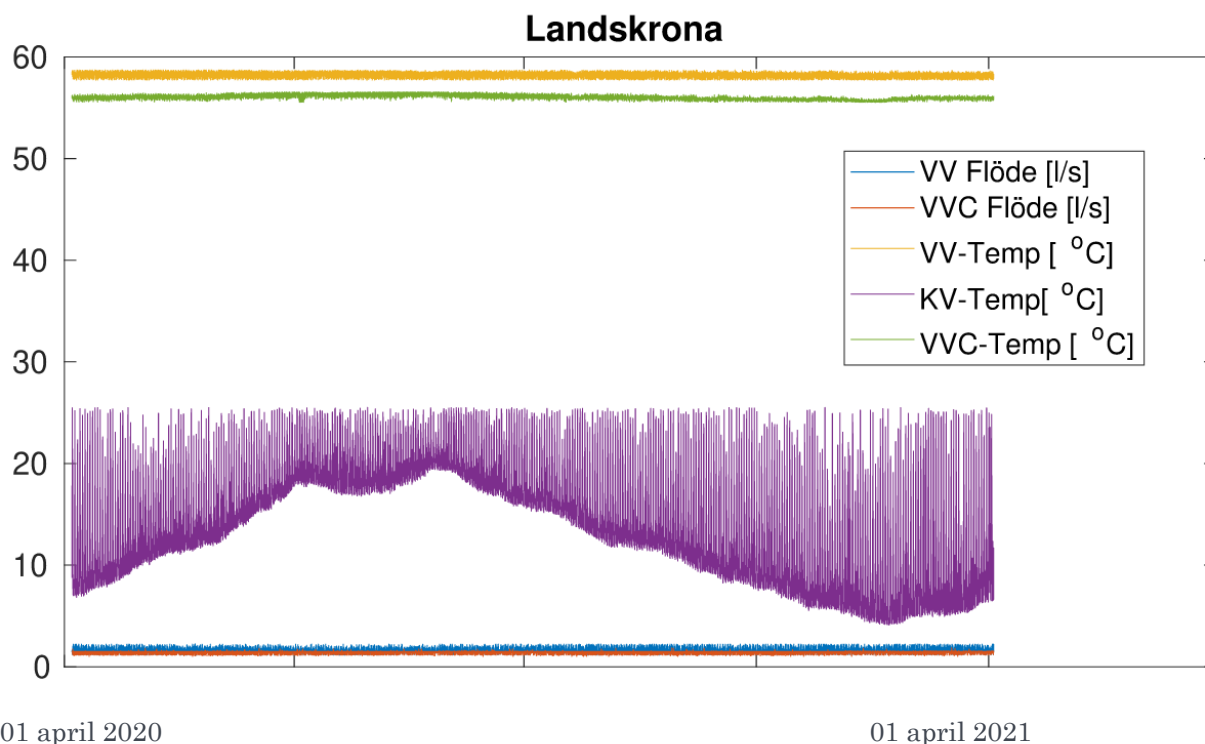
I detta fall kan man se att VVC-temperaturen inte uppfyller BBR-kravet om minst 50 °C. Även VV-temperaturen pendlar mellan 52 °C och 49 °C. Systemet verkar vara mer stabilt under sommaren då den lägsta VV-temperaturen ligger närmare 50 °C.

Landskrona

Objekten i Landskrona byggdes under 1970. Mätobjekt består av två huskroppar, med 4st trapphus, 27 lägenheter, ett källarplan och 4 våningsplan. A_{temp} är 1250 m². Undercentralen är placerat på källarvåning. VVC förlusten i Landskrona var ca 25,3 kWh/m² och år. Figur 24 visar resultatet från långtidsmätningen som en rullande årsförlust baserat på dynsmedelförluster.



Figur 24: VVC-förlusten i Landskrona under ett år (dagsmedelförlust).

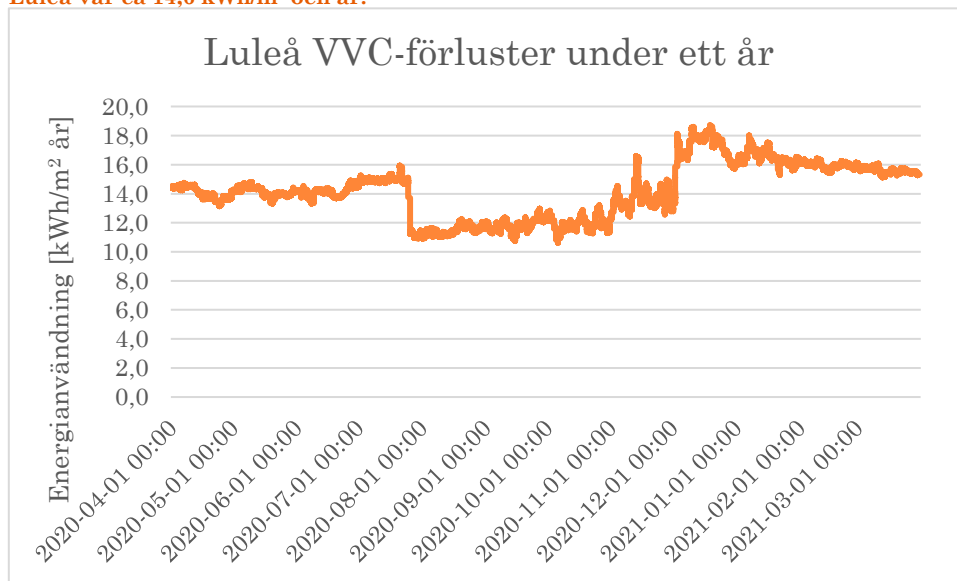


Figur 25: Resultaten från långtidsmätningen i Landskrona.

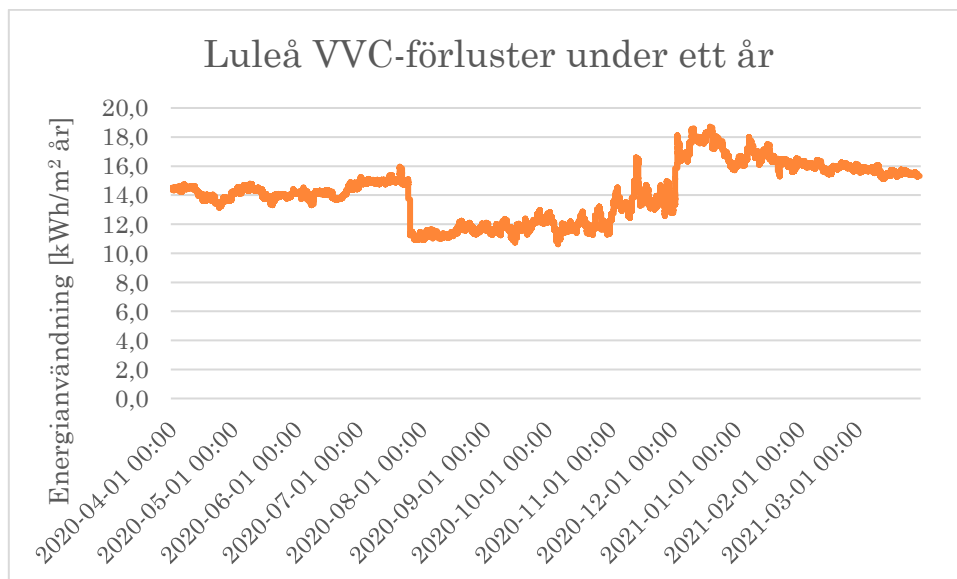
Figur 25 presenterar energiförlusten, VV-flöde, VVC-flöde, VV-temperaturen, VVC-temperatur (retur), och KV-temperatur under mätperioden. Både VV- och VVC-temperaturer uppfyllde BBR-krav på minimum 50 °C i VVC-system under hela mätperioden.

Luleå

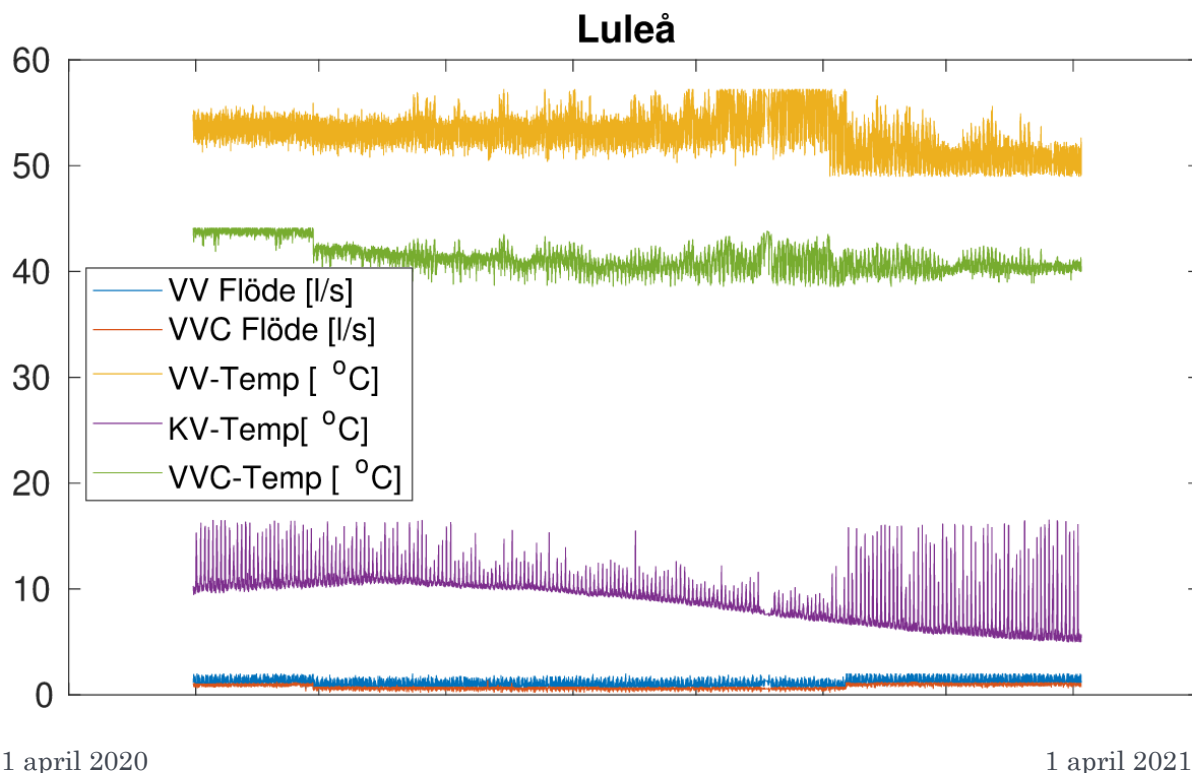
Objekten i Luleå byggdes under 1929. Mätobjekt består av en huskropp, med 4st trapphus, 64 lägenheter, ett källarplan och 6 våningsplan. A_{temp} är 6483 m². Undercentralen är placerat på källarvåning. VVC förlusten i Luleå var ca 14,6 kWh/m² och år.



Figur 26 visar VVC-förlusten under ett år i Luleå objektet.



Figur 26: VVC-förluster i Luleå under ett år.

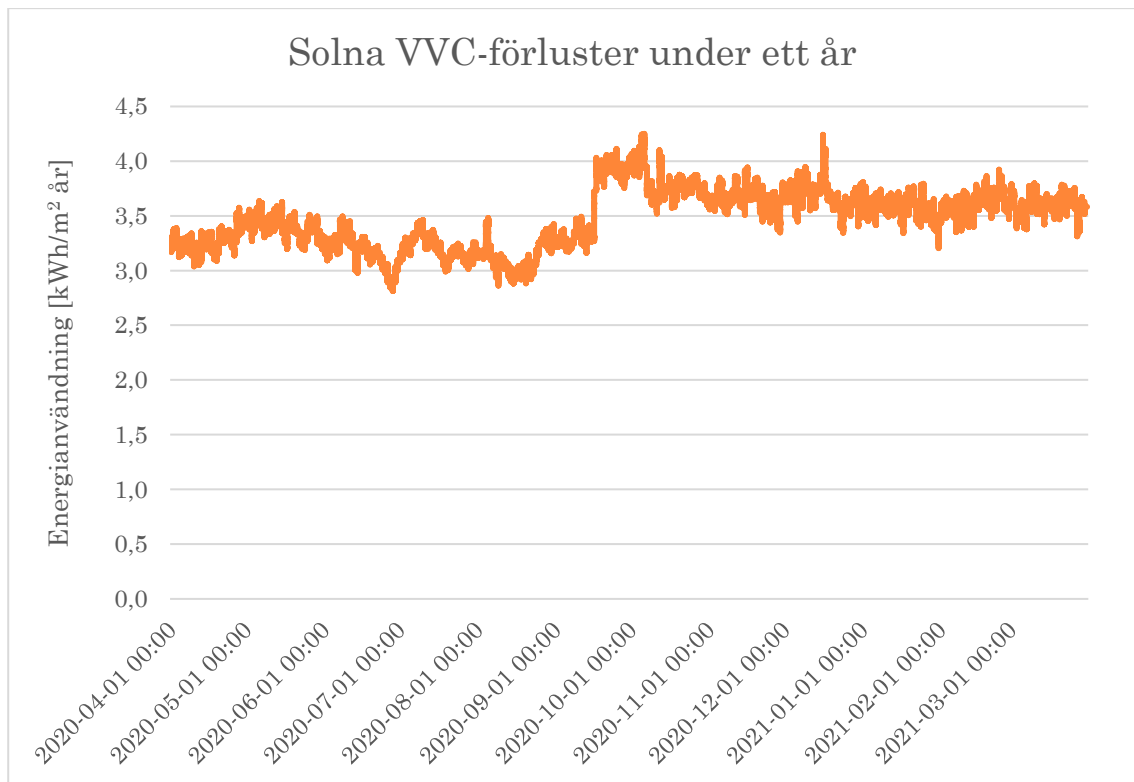


Figur 27: Resultaten från långtidsmätningen i Luleå (en del av året).

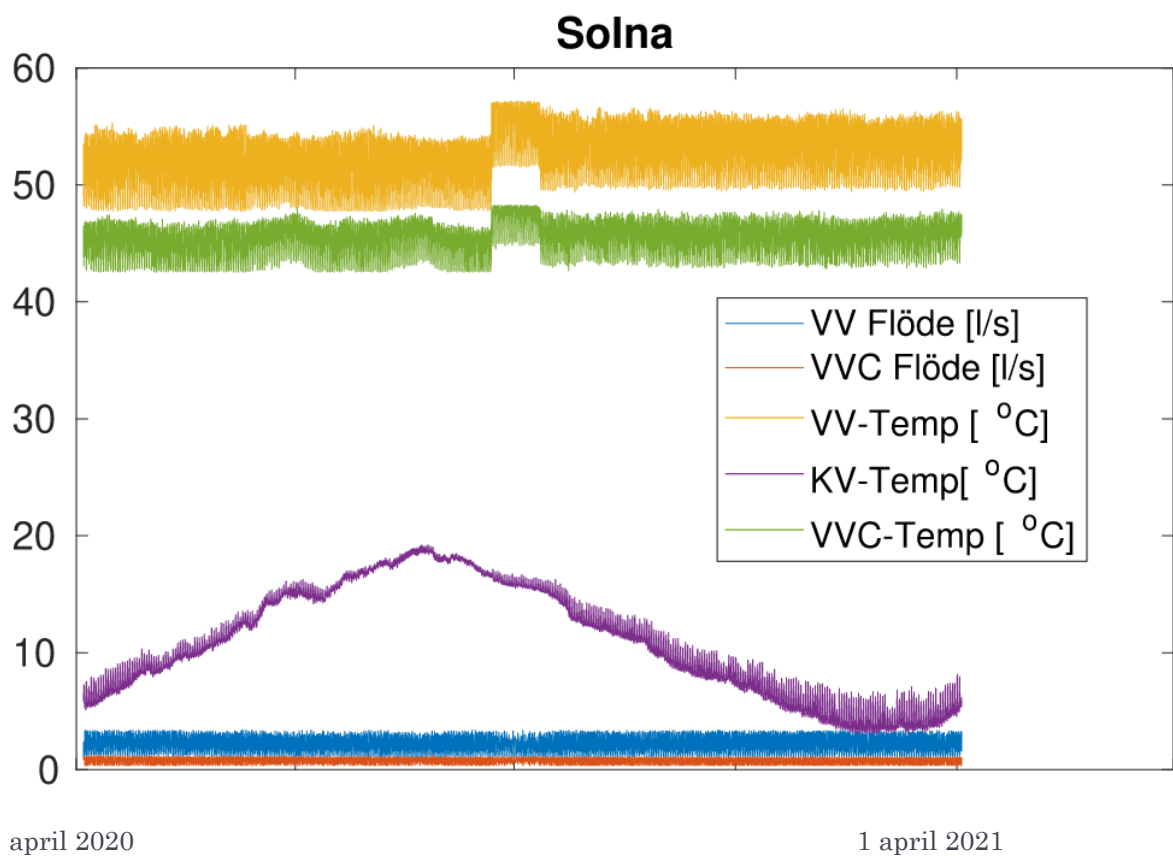
Figur 27 visar att Luleå objektet levererade över 50 °C vatten till VV-systemet men hade problem med VVC-temperaturen (returen) då det temperatur låg på ca 40-45 °C.

Solna

Objekten i Solna byggdes under 1985. Mätobjekt består av fyra huskroppar, med 14st trapphus, 128 lägenheter, ett källarplan och 5 och 6 våningsplan. A_{temp} är 15 728 m². Undercentralen är placerat på källarvåning. VVC förlusten i Solna var ca 3,6 kWh/m² och år.



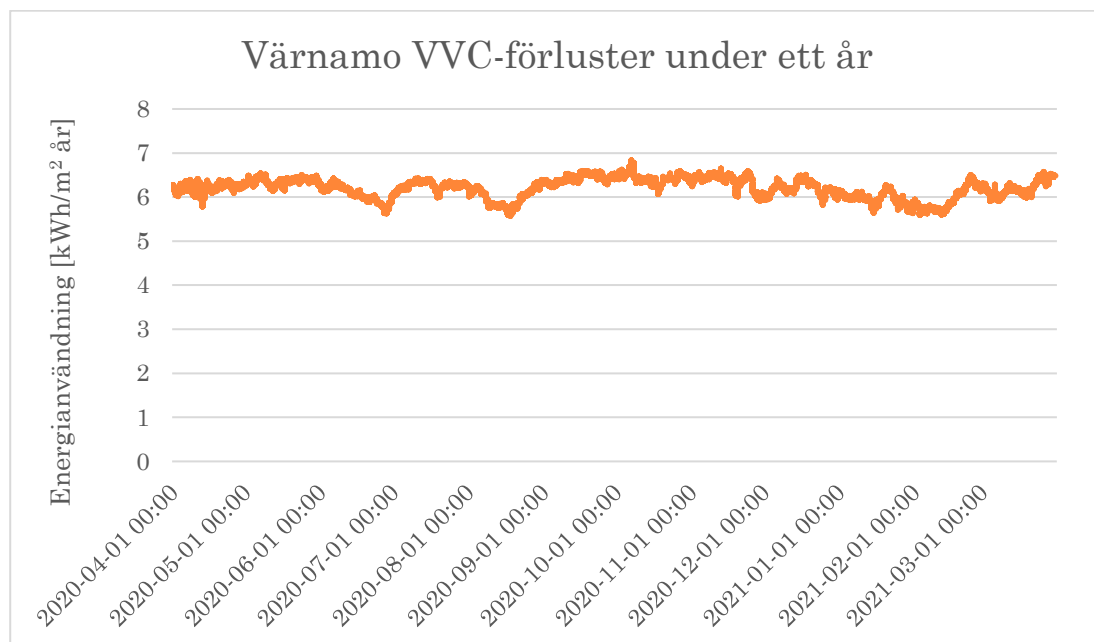
Figur 28: VVC-förluster i Solna objektet under ett år.



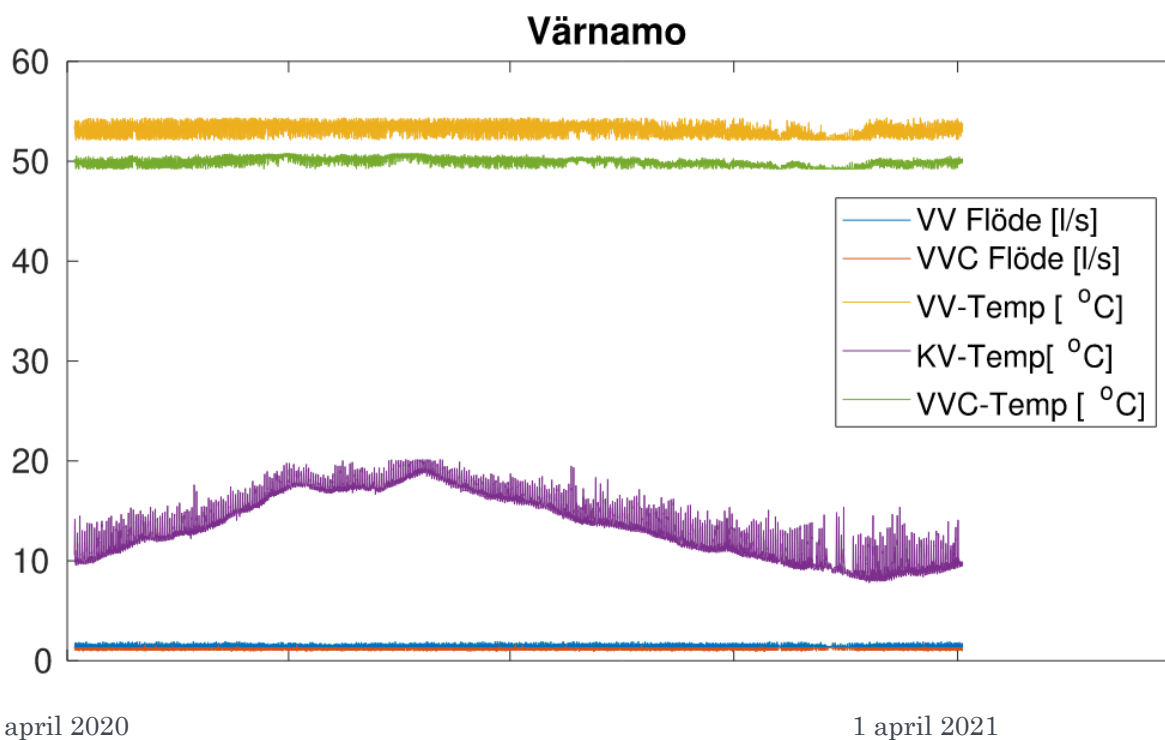
Figur 29: Resultaten från långtidsmätningar i Solna.

Värnamo

Objekten i Värnamo byggdes under 2012. Mätobjekt består av en huskropp, med 5st trapphus, 44 lägenheter, ett källarplan och 5 våningsplan. A_{temp} är 6693 m². Undercentralen är placerat på källarevåning. VVC förlusten i Landskrona var ca 6,2 kWh/m² och år.



Figur 30: VVC-förluster i objektet i Värnamo under ett år.



Figur 31: Resultaten från långtidsmätningen i Värnamo.

Figur 31 visar att Värnamo objektet levererade över 50 °C vatten till VV-systemet och hade ca 50 °C i VVC-temperaturen (returen).

LEGIONELLA

Bakgrund

Legionella pneumophila är en bakterie som kan orsaka Legionärssjuka eller Pontiacfeber. Legionärssjuka är en allvarlig lunginflammation som kan vara dödlig. Pontiacfeber är en mildare sjukdom och har samma symptom som en influensa, så det upptäckts oftast inte eller kopplas sällan till legionella. Människor blir sjuka när man andas in vattendroppar med bakterier, genom att andas in vattenånga vid duschen, vattenånga från bubbelbad eller andas in vattnet när man dricker, så att vattnet hamnar i lungorna. Man kan dricka kontaminerat vatten utan att bli sjuk. (Services, 2021) (Folkhälsomyndigheten, 2018)

Legionellabakterier är vanliga i jord och vattensamlingar men inte alla varianter av Legionella orsakar sjukdomar. Enligt (Bartram *et al.*, 2007) finns det 50 arter av Legionellabakterier med totalt 70 serogrupper. *L. pneumophila* är uppdelat i 16 ”serogroups” vilket är olika genetiska kompositioner. Av dessa 16, serogrupp 1 är den vanligaste varianten som orsakar 70 % av alla sjukdomar kopplat till Legionella. De andra varianterna kan orsaka sjukdomar, men det är sällsynt. (Zhang *et al.*, 2014)

L. pneumophila trivs mellan 20–45 °C och börjar dö vid 50–60 °C, men det kan variera, se Tabell 1.

Tabell 1: Inverkan av temperatur på livslängden av Legionella, (Bartram *et al.*, 2007)

| Temperatur | Effekt |
|-----------------|------------------------------|
| 70 °C + | Dör nästan omedelbart |
| Ca 60 °C | 90 % dör inom 2 minuter |
| Ca 50 °C | 90 % dör inom 80–124 minuter |
| 48–50 °C | Överlever men tillväxer inte |
| 32–42 °C | Kraftig tillväxt |
| 25–45 °C | Svag tillväxt |
| 20 °C och lägre | Överlever utan tillväxt |

BBR

BBR-krav gällande TVV och VVC är utformade för att förhindra att Legionella tillväxer i VV-systemet. Enligt BBR ska den lägsta temperaturen i ett VVC-system inte understiga 50 °C i någon del av installationen. Detta krav, jämfört med Tabell 1, ska säkerställa att risken för Legionärssjuka är låg. Samtidig kan inte dessa temperaturer rengöra systemet om det skulle finnas en kontaminationskälla.

”6:622 Mikrobiell tillväxt

Installationer för tappvatten ska utformas så att möjligheterna för tillväxt av mikroorganismer i tappvattnet minimeras. Installationer för tappkallvatten ska utformas så att tappkallvattnet inte värms upp oavsiktligt. Cirkulationsledningar för tappvarmvatten ska utformas så att temperaturen på det cirkulerande tappvarmvattnet inte understiger 50 °C i någon del av installationen.

Allmänt råd Installationer för tappvatten bör spolas rena innan de tas i drift, för att minska risken för tillväxt av bl.a. legionellabakterier Om vattnet har varit stillastående under byggskedet när omgivningstemperaturen har varit över 20 °C, kan installationerna

dessutom behöva desinficeras. Exempel på hur installationer spol- och desinficeras finns i SS-EN 806-4 avsnitt 6:6. För att minska risken för tillväxt av bl.a. legionellabakterier i tappkallvatten 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 att placera tappkallvatteninstallationer på sådana ställen 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. I samtliga rörledningar för tappvarmvattencirkulation bör det vara möjligt att mäta vattentemperaturen. För att mängden legionellabakterier i installationer där tappvarmvatten är stillastående, bl.a. i beredare eller ackumulatörer för uppvärmning med t.ex. el, sol, ved, värmepumpar och fjärrvärme, inte ska bli skadlig bör temperaturen på tappvarmvattnet inte understiga 60 °C. Handdukstorkar, golvvärme och andra värmare bör inte kopplas in på cirkulationsledningar för tappvarmvatten. Proppade ledningar, dvs. sådana som inte är direkt anslutna till tappställen, på installationer för tappvarmvatten bör vara så korta att temperaturen på vattnet i dessa proppade ledningar inte understiger 50 °C. Gemensam rörledning för flera duschplatser med en temperatur på högst 38 °C bör inte vara längre än 5 meter. (BFS 2014:3).” BBR

Mättningsresultat och analys

Legionella pneumophila sg1 har mätts enligt metoden beskrivit i *Legionella*, sidan 9. Totalt har prover tagits i 114 objekt och av dessa har 24,6% av alla byggnader som valdes ut slumpmässigt haft ett positivt resultat med uppmätt *Legionella pneumophila sg1* i sitt VVC-system.

Tabell 2 visar uppdelningen mellan byggnadsår och andel positiv legionellaprov. Det är intressant att notera att den grupp med högst andel positiva svar är 1930–1950-tals hus, och 2006–2020-tals hus. Det är viktigt att notera att byggnadsår och VVC-systemets ålder oftast är olika på grund av renoveringar, stambyte, eller energieffektiviseringar som har gjorts efter huset byggdes. Enligt mätningar, det finns ingen förbättringstrend när det gäller legionellaprov mot byggnadsår.

Tabell 2: Positiva *Legionella pneumophila sg1* prov vs Byggår. Observera att vissa byggnader kan ha ett ombyggt VVC-system.

| Byggår | Andel positiv <i>Legionella pneumophila sg1</i> [Antal(Total)] |
|-----------|---|
| 1880–1930 | 0(6) |
| 1930–1950 | 3(11) |
| 1950–1965 | 3(23) |
| 1965–1973 | 2(18) |
| 1973–1987 | 0(20) |
| 1987–2006 | 2(11) |
| 2006–2020 | 4(12) |

Tabell 3: Andel hus som klarar och inte klarar VV-temperaturkrav på 50 °C samt VVC-temperaturkrav på 50 °C i returen till värmeväxlaren mot andel positiva legionellaprover.

| | Andel positiv <i>Legionella pneumophila sg1</i> [Antal(Total)] VV-krav | Andel positiv <i>Legionella pneumophila sg1</i> [Antal(Total)] VVC-krav |
|---------------------|---|---|
| Klarar 50 °C krav | 4(41) | 2(17) |
| Klara ej 50 °C krav | 10(70) | 12(94) |

Tabell 3 visar andel positiva Legionellaprover med både BBR-godkända och underkända varmvattentemperaturer (50 °C) samt godkända och underkända VVC-returledningstemperatur (också 50 °C). Även här verkar det inte som att det finns en tydlig trend mer än de hus som uppfyller kravet på VV eller VVC har en liten lägre andel positiva Legionellaprover. Av alla mätningar med positivt Legionellaprover klarar 48 % (11,8 % av alla byggnader) kravet på 50 °C på VVC-returledningen i enlighet med BBR.

Det kan finnas flera förklaringar till varför byggnader uppfyller sitt temperaturkrav men samtidigt får ett positiv resultat. En förklaring, som GK har sett i praktiken, är att det finns en del av VVC systemet med ett lägre flöde där man kan få Legionella. Det kan vara en liten del av hela systemet, men om Legionella kan etablera sig i denna del så kan den kontaminera hela systemet. Som redovisat i Tabell 1, VVC systemet har inte tillräckligt hög temperatur för att döda bakterien om det uppfyller BBR-kravet på 50°C.

En annan förklaring som denna studie inte kan bevisa, kan vara att vattnet som kommer in i byggnaden redan är delvis kontaminerat. En artikel publicerad i USA från ASHRAE visar att detta är en växande trend i USA där vattnet som levereras till fastigheten redan är kontaminerat (Cline and Ferrari, 2020). Artikeln tar upp diskussionen om fastighetsägarna ska agera som vattenreningsverk innan vattnet levereras till boende/hyresgästerna. Orsaken är en ökning i USA av Legionärsjuka personer under 2000-talet och mätningar som gjordes av den EPA (Environmental Protection Agency) 2014 som har hittat *Legionella pneumophila sg1-16* i 29 % och *Legionella pneumophila sg1* i 20 % av 269 mätobjekt från olika delstater i USA. (Donohue *et al.*, 2014)

ASHRAE artikeln undersökte om det kunde vara en brist i reningsverkstekniken, men kom fram till slutsatsen att vattnet var rent efter behandling. Undersökningen visade att Legionella växte i distributionssystemet efter vattenreningsverket. Slutsatsen av denna studie var att fastighetsägarna inte har utrustning för att rengöra kontaminerat vatten och att kommunerna behöver göra mer för att säkerställa att rent vatten levereras till fastighetsägarna. (Cline and Ferrari, 2020)

Tabell 4: Positiva Andel positiv *Legionella pneumophila sg1* vs Region.

| Region | Andel positiv <i>Legionella pneumophila sg1</i> [Antal(Total)] |
|--------|--|
| Syd | 2(49) |
| Mellan | 11(45) |
| Norr | 1(17) |

Tabell 4 visar andel positiva Legionellaprover för olika regioner. I denna tabell man kan se att Mellan-regionen (Göteborg-Stockholm) avviker kraftigt från Syd och Norr. Man kan fundera på om detta bara är en slump, att vi fick många objekt som valdes slumpmässig med fel i sina VVC-system, att denna region har systematiska fel i utförande och uppbyggnad av VVC-system, eller om detta kan tyda på ett problem med kontaminerat kallvatten kanske även finns inom vårt mätobjekt.

Tyvärr har denna fråga legat utanför denna studie då den bara fokuserade på Legionella i VVC-systemet och inte i inkommande kallvatten. Man kan få en indikation om potentiella fel i avsnittet *Det* verkar som att detta resultat förstärka att risken för Legionella måste också beaktas hela tiden. Studien visar att det räcker inte alltid att hålla 50 °C i VV eller VVC systemet för att hindra påväxt. Mellanregionen verkar ha svårare att uppfylla Legionella kravet trots ett system som fungerar på pappret. En pågående diskussion inom ASHRAE i USA handlar om frågan om det är fastighetsägarens ansvar att rengöra vattnet om kommunen eller stan leverera kallvatten med Legionella över kravnivån? Observera att denna studie inte har undersökt om det fanns Legionella i KV. För att bekräfta eller avvisa denna hypotes (att KV levereras med Legionella) behövs en ny studie som bara fokusera på det.

Fördjupningsstudie där flera objekt valdes ut för att utreda problem och brister med sina VVC-system som tyder på att det inkommande vattnet inte är kontaminerat.

Tabell 5: Andel positiv *Legionella pneumophila* sg1 vs uppmätt VVC-förlust

| VVC förlust [kWh/m ² A _{temp} , år] | Andel positiv <i>Legionella pneumophila</i> sg1 [Antal(Total)] |
|---|---|
| 0–4 | 4(21) |
| 4–8 | 1(24) |
| 8–12 | 5(25) |
| 12–16 | 1(9) |
| 16–20 | 2(14) |
| 20–90 | 1(18) |

Tabell 5 redovisar resultatet mellan energiförlust (uppmätt) i VVC-systemet och andel positiva Legionellaprover. Här syns det inte heller något starkt samband mellan energi och Legionella. Ett positivt resultat kan vara att det nuvarande schablonvärdet som anges för VVC-förluster (4–8 kWh/m² A_{temp}, år) är det energiförlust även kopplat mot minsta andel Legionellafall. Fördjupningsstudien visar sedan varför de VVC-system med de lägsta energiförlust istället kan tyda på ett felbyggt VVC-system snarare än ett energieffektivt system. Legionellaproverna verkar stödja fördjupningsstudiens resultat då 19 % av de positiva proverna togs från VVC-system med en väldigt liten energianvändning.

Tabell 6: Isoleringstjocklek vs Andel positiv *Legionella pneumophila* sg1

| Isoleringstjocklek [mm] | Andel positiv <i>Legionella pneumophila</i> sg1 [Antal(Total)] |
|-------------------------|---|
| 20–25 | 1(8) |
| 25–30 | 1(15) |
| 30–35 | 6(36) |
| 35–40 | 2(9) |
| 40–50 | 2(33) |
| 50–60 | 0(3) |

Tabell 6 visar olika VVC-systems isoleringstjocklek (medelvärde) kopplat till andel positiva Legionellaprover. I detta fall, den lägsta andelen positiva prover hade 40–50 mm isolering. För övrigt fanns ingen koppling till isoleringstjocklek och Legionella. Observera att detta resultat inte tar hänsyn till eventuella rörsträckor som är oisolerade (gömda eller inte inritade), köldbryggor som kan uppstå (så som betongbjälklag eller avjämningsmassor som gjuts direkt mot rören i schakten, mellan isoleringsmaterial). Sådana avvikelser kan vara en kvalitetsfråga av installatören.

Projektet har inte analyserat hur mycket dessa avvikelser påverkar VV- och VVC-temperaturer och det kan därför rekommenderas att dessa analyseras i ett framtidsprojekt eller större kartläggning/verifiering av ett VVC-systems energiförluster.

Tabell 7 visar om det finns ett samband mellan isoleringstyp och Legionella. Ett tydligt samband finns inte då objekten med det äldsta isolering (längst uppe på listan) hade inget fall medan alla andra isoleringstyper fick positiva Legionellaprov. De objekten med gammal isolering är dock inte så många och det är därför svårt att dra slutsatsen att dessa prestera bättre.

Tabell 7: Antal positiva Legionella prover kopplat till isoleringstyp.

| Isoleringstyp | Legionella [Antal(Total)] |
|---|---------------------------|
| Glasull gasbinda med gips | 0(12) |
| Mineralullsrörskål utan ytskikt med aluminiumplåt | 0(5) |
| Mineralullsrörskål utan ytskikt med plastplåt | 8(55) |
| Mineralullsrörskål med aluminiumfolie | 6(38) |
| Mineralullsrörskål med aluminiumfolie och plastplåt | 6(34) |

En hypotes man vill kontrollera i projektet var om kallvatten temperaturen påverka risken för Legionella i en byggnad. Tabell 8 visar att det var ingen skillnad om kallvattnet i undercentralen var över eller under 24 °C.

Tabell 8: Antal positiva Legionella prover kopplat till temperaturen av kallvattnet vid undercentralen.

| KV UC Temperatur | Legionella [Antal(Total)] |
|------------------|---------------------------|
| Under 24 °C | 10(79) |
| Över 24 °C | 4(30) |

För att se om VV temperaturen påverkade Legionella utslag, tittar Tabell 9 på andel positiva prov när VV temperaturen både klarar och inte klarar sina 50 °C krav samt att man har KV på under och över 24 °C i undercentralen. Resultatet visar att det finns en större risk för Legionella när KV är över 24 °C och VV är under 50 °C. Men, risken i de uppmätta objekten var det samma för VV både under och över 50 °C när KV var under 24 °C. För att undersöka om KV kunde vara källan till Legionellan, togs Tabell 10 framme.

Tabell 9: Antal positiva Legionella prover kopplat till både VV temperatur och KV temperaturen i undercentralen

| VV temperatur | KV UC temperatur | Legionella [Antal(Total)] |
|-----------------|------------------|---------------------------|
| Klarar 50 °C | Under 24 °C | 4(32) |
| Klarar 50 °C | Över 24 °C | 0(8) |
| Klarar ej 50 °C | Under 24 °C | 6(47) |
| Klarar ej 50 °C | Över 24 °C | 4(22) |

Tabell 10 visar andel positiva Legionellaprover i olika regioner med olika VV temperaturer. Här kan man se att i Syd och Norr regioner, om man håller 50 °C i VV då fanns det ingen positiva Legionella prov. Mellan regionen fick positiva Legionellaprov i både fall.

Tabell 10: Antal positiva Legionella prover kopplat till regionen och VV temperaturen.

| VV temperatur | Region | Legionella [Antal(Total)] |
|---------------|--------|---------------------------|
| Klarar 50 °C | Syd | 0(19) |

| | | |
|-----------------|--------|-------|
| Klarar ej 50 °C | Syd | 2(30) |
| Klarar 50 °C | Mellan | 4(11) |
| Klarar ej 50 °C | Mellan | 7(34) |
| Klarar 50 °C | Norr | 0(11) |
| Klarar ej 50 °C | Norr | 1(6) |

Det verkar som att detta resultat förstärka att risken för Legionella måste också beaktas hela tiden. Studien visar att det räcker inte alltid att hålla 50 °C i VV eller VVC systemet för att hindra påväxt. Mellanregionen verkar ha svårare att uppfylla Legionella kravet trots ett system som fungerar på pappret. En pågående diskussion inom ASHRAE i USA handlar om frågan om det är fastighetsägarens ansvar att rengöra vattnet om kommunen eller stan leverera kallvatten med Legionella över kravnivån? Observera att denna studie inte har undersökt om det fanns Legionella i KV. För att bekräfta eller avvisa denna hypotes (att KV levereras med Legionella) behövs en ny studie som bara fokusera på det.

FÖRDJUPNINGSSSTUDIE

Under projektets gång uppkom det många frågor kring varför mätningar såg ut som de gjorde. Bland annat, hur kunde VVC-förluster vara lika stora som energikravet för en hel byggnad? Hur såg sådana system ut med över 50 °C i VVC men som ändå fick Legionella? Hur kunde en VVC system förlora mindre än 1 kWh/m², år och fortfarande har en VVC-temperatur på över 50°C?

Projektet tillsammans med referensgruppen bestämde att minska antalet korttidsmätningar för att möjliggöra så att GK kunde undersöka 6 objekt närmare. Deras rapport, skriven av Jonatan von Seth, redovisas i sin helhet som Bilaga 2.

Sammanfattning

Fördjupningsstudien valde ut 6 olika objekt för vidare undersökning. Som tidigare nämnt så valdes två objekt med högst uppmätt VVC-förlust (objekt ID08 och ID55). Två objekt (ID01 och ID02) valdes slumpmässigt (inget uppenbart fel hittades i mätdatan). Ett objekt (ID17) hade en väldigt låg VVC-förlust, och ett objekt (ID149) hade lite annorlunda tekniska lösningar.

Backventiler på blandare

Byggnad ID01 var slumpmässigt utvald för fördjupningsstudien. Byggnaden uppfördes 1924–1925 och fastigheten består av 4 L-formade huskroppar. VVC-systemet och kulverten byggdes om år 1998 med nya VV-, VVC-, och KV-ledningar. VVC-förlusten uppmättes vid korttidsmätningen till 13 kWh/m², år.

Vid återbesöket uppmättes VVC-förlusten till 12,6 kWh/m², år. En genomgång av byggnadshistoriken visade att renoveringen år 1998 inte var helt lyckad och år 2010 och 2016 hade fastigheten fått problem med att upprätthålla önskad VV- och VVC-temperaturer i vissa delar av fastigheten. Det visade sig att det var en blandare utan backventiler (till en tvättmaskin) som orsakade temperatursänkning i systemet.

Problemet uppstår när en blandare till en tvättmaskin alltid står öppen, och i mitten läge, (50 % KV och 50 % VV). När tvättmaskinen inte används finns det oftast ett högre tryck i KV-rör som konstant trycker in kallvatten in i VVC-systemet vid tappning av tapparmvatten.

Problemet åtgärdades med ny blandare från 2020. Vid det andra besöket kontrollerades det om felet kvarstod med både flödesmätare och termografering. Resultaten visade att det problemet fortfarande är aktuellt då de nya blandarna också saknar backventil. En uppskattad energiförlust

med uppmätta temperaturer och uppmätta flöden visade att en sådan blandare kan orsaka en förlust om ca 6 700 kWh/år. Vid platsbesöket stod blandaren på 100% VV, vid inställning 50% KV och 50% VV gick KV in i VV-ledningen.

Vatten i kopplingsbrunnar

Byggnad ID02 var slumpmässigt utvald för fördjupningsstudien. Byggnaden byggdes år 1978 och består av fyra 2-våningshus med loftgångstrappa och 28 lägenheter. Under första besöket uppmättes ett högt VVC-flöde om 0,78 l/s och VVC-förlusten uppmättes vid korttidsmätningen till 24 kWh/m², år.

Vid återbesöket hade VVC-flödet justerades ner till 0,24 l/s och VVC-förlusterna uppmättes till 8,4 kWh/m², år. VVC-pumpen är en variabelflödespump för att hålla temperaturer i systemet. Temperatur- och flödesloggningar visade att VV- och VVC-temperaturer snabbt sjönk till 35 °C under en kortare period.

Vid besiktning av 3 kopplingsbrunnar (ej utfört vid första besöket) upptäcktes att vatten samlades i samtliga brunnar då dräneringen var igensatt eller hade nedsatt funktion. KV-röret var lägst i alla brunnar och var under vattenytan vid besiktningen. VV-rören låg delvis under vattenytan, och vattnet är då kylt av KV-röret. Isoleringen på både KV- och VV-rören var troligtvis vattenmättad och en temperatursänkning i VV kunde uppmätas vid brunnarna. Vattenmärkningarna i brunnarna visade att vattennivån har varit upp till 1 meter djup vid något tillfälle.

Flera besiktningar visade även samisolerade VV- och VVC-rör i kulverten med kopparrör mot kopparrör. Det är okänt hur mycket detta påverkar VV-temperaturen.

Quattro kulvert

En Quattro kulvert är ett rörsystem där VV, VVC, VS primär och VS returrörerna ligger i samma rörsystem. Fördelen med detta system är att man bara behöver dra "ett" rör i marken mellan undercentralen och byggnaderna för att få med dessa fyra rör. Lösningen används för att spara tid och material gentemot fyra individuella rör.



Figur 32: Bild på Quattro kulvert.

Byggnad ID08 valdes ut för att den hade den högsta VVC-förlusten på 58 kWh/m², år. Byggnad ID08 hade även problem med att hålla VVC-temperaturen över BBR-kravet på 50 °C och hade 45 °C i praktiken. Under mätningen upptäcktes att VVC-temperaturen sjönk mellan lägenhet 1 och undercentralen (vanligtvis ökar temperaturen eftersom den absorberar värme från VV-ledningen)

Byggnad ID55 valdes ut för att den hade en Quattro-kulvert mellan småhusen och undercentralen samt problem att hålla VVC-temperaturen (uppmätt 45 °C). Mätningen innefattar i verkligheten flera byggnader—tre höghus och fyra småhus. Vid noggrannare genomgång av underlag upptäcktes att felaktig A_{temp} hade använts vid beräkning av energianvändning vid första mätningar. Mätningarna gjordes om, och denna gång med separata mätningar för höghusen och småhusen, och

med korrekt A_{temp} . Höghusen och småhusen hade en VVC-förlust om 10 respektive 25 kWh per m² och år i jämfört med hela fastigheten på 12,5 kWh per m² och år.

Vid närmare undersökning visade sig att småhusen hade Quattro-kulvert medan höghusen hade traditionell kulvert. Dessutom verkade det som att systemet var felinstallerat vilket kan orsaka ännu högre energiförluster (se kapitel *Analys av Quattro rörsystem* för en analys av systemet). Detta resultat tyder på att Quattro-kulvertar kan orsaka stora VVC-förluster. För mer detaljerat information om temperaturerna i rörorna under tiden, se Bilaga 2.

Låg VVC förlust och korta VVC ledningar

Objekt ID17 består av 44 lägenheter och hade en VVC-förlust på ca 2,9 kWh/m² och år. Objektet fick positiva Legionella prov och hade problem med lång framledningstid innan VV-temperaturen var 50 °C (30+ sekunder). I detta objekt, det visade sig att VVC gick tillbaka väldigt tidigt i systemet, till och med innan det första schakt. D.v.s. att ingen lägenhet hade en VVC-ledning i praktik utan bara VV-huvudstamledning.

Ingen VVC flöde längst bort

Byggnad ID 149 bestod i verkligheten av 16 byggnader, men med en och samma undercentral. VVC-kretsen hade låga temperaturer (26 – 44 °C) samt fick svagt Legionellautslag och hade en VVC-förlust på 11,5 kWh/m² och år. Det visade sig att fastigheten saknade möjligheten att justera flödet till varje byggnad. Det innebär i praktiken att vattnet tar den lättaste vägen genom systemet. Dessutom; hade vissa stamledningar felinstallerade STAD-ventiler vilket påverkar eventuella justerings-möjligheter i de stammarna samt oisolerade rördragningar genom bjälklaget.

ANALYS OCH DISKUSSION AV RESULTATEN

Krav på varmvattentemperaturen och VVC-system har funnits sedan åtminstone VA-byggnormen 1970. Det är viktigt att vara medveten om det när man mäter VVC-förluster i äldre hus då dessa krav har styrt vad huset måste uppfylla. Det är inte säkert att VVC-systemet kan uppfylla dagens krav på VVC- och VV-temperaturer. Ett exempel är att under SBN 80 gällde samma krav på framledningstid som i dag (10 sekunder), men dessa system fick ha temperaturer mellan 45 °C och 65 °C vid tappstället, och det fanns inget energikrav. I praktiken innebar detta att man kunde ha högre än 65 °C från varmvattenberedaren.

Enligt resultaten i denna studie finns det en stor variation i VVC-förluster i byggnader. Mätningar har visat att VVC-förluster kan variera från knappt någon energiförlust alls, till över 80 kWh per m² och år. Trots data från nyare hus (2006–2020) samt energiberäkningar, kan VVC-förlusten fortfarande variera lika mycket som för äldre hus. Data från NCC och Skanska visar att de flesta kan ligga på samma nivå som i energiberäkningen, men det finns alltid en risk att ett projekt har över 15–20 kWh per m² och år medan långtidsmätningar visade VVC-förluster mellan 4 – 25 kWh/m² och år.

Halvväggs i projektet insåg både projektgruppen och referensgruppen att bara energimätningar berättar inte hela sanningen om ett VVC systemet fungerar som det ska eller inte bara utifrån energianvändningen. Utifrån den insamlade data går det inte att identifiera att VVC-förlusterna har någon statistisk koppling till byggnadsår, isolerings typ, isolerings mängd, eller Legionella utslag. Istället verkar det finnas en mer signifikant parameter som inte inkluderats i studien som påverkar resultatet mer än de designval som gjorts. På samma sätt som ett oväntat högt värde så kan även ett oväntat lågt värde på VVC förlusten vara en indikator på att systemet inte uppfyller sina funktions- och prestandakrav. I studien identifierades fastigheter med väldigt låga värmeförluster, vilket från ett energiperspektiv var bra, men som istället hade brister i VVC-utformning så att väntetiden var mer än 30 sekunder och i vissa fall uppmättes även en risk för Legionella. Därmed är en slutsats att separata mätningar av VVC-systemet är en viktig indikator på om systemet uppfyller sina funktions- och prestandakrav, och vid låga värden bör ytterligare utredningar utföras för att säkerställa systemets funktion. Andra fastigheter hade istället över 50 kWh/m² och år i VVC-förluster men kunde istället upprätthålla sina temperaturer och hade inte problem med Legionella. Det visade sig att VVC-förlusten främst beror på hur en individuell byggnad är projekterat, byggd, och dess underhåll. Den mänskliga faktorn skapar förutsättningar för ojämnt resultat.

VVC-förluster är ett stort problem har vi konstaterat och orsaken till låga/höga resultat förblir svårt att peka på. Tittar vi på en stamledning i en byggnad, låt oss säga att stamledningen skiljer sig från de andra då den har högre temperaturskillnader och en kallare VVC. Vad beror det på? Är inte rören isolerade i schaktet? Är Schaktet ventilerat? Går schaktet mot en yttervägg? Är det lågt flöde? Har någon installerat en handukstork själv? Har boende installerat en tvättmaskin i duschen och låter blandaren stå på 50 % kall/varm hela tiden?

Nästa steg i arbetet med VVC-förluster är att rekommendera att alla nya fastigheter testar sina VVC- och VV-system innan byggnaden levereras. Ett exempel på hur detta kan genomföras i praktiken kan finnas i Per Kempes Lågan-rapport ”Stegvis verifiering av delsystem – Exempel VVC-system” (Kempe, 2020). Innan en byggnad levereras kan man verifiera byggnadens VVC-förlust då den ännu är oberoende av användare, samt verifiera framledningstiden för varmvatten (tiden det tar att få 50 °C vid tapp-stället).

Det är också viktigt att fortsätta arbetet med fördjupningsstudier och dokumentationen av dessa problem samt applicera denna erfarenhet i nya projekt. I detta projekt har man redan sett att VVC-

förluster kan bero på dålig projektering, dåligt utförande eller annan användning än vad systemet är designat för.

Analys av Quattro rörsystem

Under projektets gång har det framkommit indikationer på att Quattro-kulvertar kan ha en stor värmetransmission mellan samisolerade rör. Som namnet antyder ligger fyra rör samisolerade i en och samma kulvert—två rör för VV/VVC och två för VS (till/retur). Av denna anledning har simuleringar utförts i HEAT. Beräkning och förutsättningar redovisas i sin helhet i Bilaga 4.

Två sommarfall simulerades—ett där rören var korrekt kopplade, och ett där de var felkopplade för att efterlikna fallet i byggnad ID08. Beräkningen visar att VV-/VVC-slingan i det felkopplade fallet avger ca 2 W/m mer energi (eller en ökning på ca 20 %) än Quattro-kulverten med korrekt kopplade rör. Det syns även tydligt att VS-rören (avstängt värmesystem med cirkulerande vatten) har en kylande effekt på VV- och VVC-rören, vilket visar på att det sker en intern värmetransmission mellan rören som leder till att den potentiella VVC-förlusten blir ännu större, jämfört med om systemen hade gått i separata kulvertar. Någon jämförande simulering har inte utförts för att visa på den potentiella skillnaden på grund av detta.

Rekommendationer vid projektering av en VVC system vid nybyggnad Minimera antalet schakt

Det har uppmärksammats att det i vissa byggnader förekommer ett relativt stort antal schakt med VVC-kretsar. För att minimera den totala VVC-längden rekommenderas att planlösningar projekteras på ett sådant sätt att antalet schakt hålls ned. Exempelvis kan kök och badrum ligga vägg i vägg, även mellan lägenheter.

Räkna på det aktuella systemet. Lita inte på schablon

Schabloner är bra för att få en uppskattning av energiförluster men det visar aldrig sanningen. Mätdata från Skanska och NCC visade att VVC systemet hade en större chans att uppfylla sitt krav om det var beräknat under projektering. Det projekterade värdet kan sedan användas som ett mått på hur väl VVC systemet fungerar vid mätning och kontroll. Om det är mycket högre än beräknat, då är det något fel i systemet. Samtidigt, om VVC förlusten är mycket lägre än beräknat, fungerar systemet troligtvis inte heller som projekterat.

VVC system ska ha isolering på alla rör.

En stor energibov är just oisolerade rör. Ett oisolerat rör, till exempel vid en genomföring, sprider ut sin värme i väggen/golv/tak istället för att behålla vattnet varmt. Dessutom, kyls vattnet ner och då behövs ett större VVC flöde för att bibehålla den projekterade VV temperaturen. Många små oisolerade delar kan bli en stor energiförlust.

Försöker minimera rörlängden från schakten in i lägenheter

Rör som ligger i golvet är oftast sämre isolerade än rör i schakten. Dessa rör värmer ofta upp golvet och kan bidra till en högre VVC förlust samt övertemperatur inomhus under sommaren. Genom att ha allt varmvatten nära schakten och undvika att dra VV rör under hela lägenheten kan man både reducera energiförlusten samt reducera risken för övertemperatur i lägenheten under sommaren.

Backventiler på armaturer, speciellt om det kan förekomma en tvättmaskin

Om det finns en risk att hyresgäster eller lägenhetsinnehavare kan koppla in en tvättmaskin till både kall- och varmvatten (vanligtvis duschblandare) då är det bra att projektera en backventil på VV sidan. KV har ett högre rörtryck jämfört med VV, så om användaren lämnar armaturen på blandad kall/varmvatten då skickas kallvatten in i VVC systemet konstant.

Rekommendationer vid projektering av VVC system vid renovering

Innan en renovering, det är viktigt att kartlägga det befintliga VVC-systemet. Vissa gånger gör man ett antagande för VVC förlustens del av energianvändningen baserat på schablonvärde och detta kan krocka med en eventuell energiuppföljning, speciellt om renoveringen innefattar en energieffektivisering av byggnaden. Det är därför viktigt att kartlägga och dokumentera följande innan renoveringen för att kunna projektera fram ett bättre VVC-system:

- Framledningstiden vid olika tappställen i olika lägenheter.
- Energianvändning av VVC-systemet under en viss period, helst inte momentana mätningar.
- Temperaturmätning under en viss period för att se indikationer om nuvarande fel
- Flöde under en viss period.

Det är även viktigt att analysera ritningar eller systemet på plats för att försöka hitta svaga punkter i systemet. Exempel på svaga punkter kan vara genomföringar eller gömda rör. Man ska helst inte återanvända dessa om inte VVC-systemet fungerar bra sedan tidigare. Då kan problemet ligga i dessa rör (till exempel ingen/blöt isolering, kortslutningar i rörsystem, mm) och då kommer inte det nya systemet fungera heller.

Efter att kartläggningen är klar kan man projektera ett nytt VVC-system.

Rekommendationer för VVC system vid produktion

Även det bäst projekterade VVC systemen kan uppvisa dålig prestanda av en dålig produktion. En av orsakerna kan vara köldbryggor. Ett exempel på ett fel kan vara att betong eller avjämningsmassor kommer mellan isoleringen. I sådana fall, går värmen åt att värma upp golvet i området kring VVC/VV genomföringen, trots att det finns isolering i genomföringen. Produktion måste då akta sig för betong/avjämnning som kan gå mellan isoleringsbitar och röret.

Oftast kontrolleras VVC- och VV-temperaturer samt VVC flödet under injusteringsperioden. Ett VVC system bör kontrolleras ännu mer noggrant och tidigare i projektet just för att kunna hitta och lösa eventuella problem med VVC systemet gentemot den beräknade energiförlusten/prestandan. Det är rekommenderat att man kontrollerar och dokumenterar systemets prestanda som en del av inkörningsperioden. Följande information bör dokumenteras:

- Framledningstiden i flera tappställen/stam.
- Energianvändning av hela VVC systemet.
- VVC hastigheten.
- VV- och VVC temperaturer i varje stam samt i undercentralen.

Rekommendationer vid mätning av VVC förluster

Mätning av VVC-förluster bör delas upp via två metoder

1. Mätning av VCC-förluster i undercentralen.
2. Kartläggning av VVC-förluster.

Oberoende av om man väljer att mäta enbart i undercentralen (eller shuntgruppen) eller kartlägga tappvarmvattensystemet måste man använda både korrekt mätmetod och kalibrerade instrument avsedda för ändamålet. Börja med att identifiera fastigheten och inhämta grundläggande kunskaper om fastigheten, så som om det finns flera undercentraler. Ett vanligt fel är att man fördelar den uppmätta A_{temp} (m^2) på en undercentral som när fastigheten har flera undercentraler. Kontrollera alltid att A_{temp} (m^2) är rimlig.

Mätning av VVC-förluster i undercentralen

Här mäter man VVC-förluster på VV-ledningen och VVC-ledningen, om ledningarna är samisolerade bör även VV-temperaturen/VVC-temperaturen mätas längst bort från undercentralen. Nedan presenteras mätning för temperatur med utanpåliggande temperaturgivare, flödet kan mätas upp via en injusteringsventil vid undercentralen, ultraljudsmätare. För mindre osäkrare mätningar kan ibland flödet läsas av på VVC-pumpen eller ansluten DUC. Följande bör göras:

1. Hitta en lämplig mätpunkt, gärna minst 1m från värmväxlaren (VV) och innan VVC-pumpen (VVC).
2. Ta bort befintlig isolering (ca 2 dm).
3. Polera det exponerade röret med smärgelduk (om annat än plaströr, vid prisolrör bör plasten avlägsnas så kopparröret syns).
4. Applicera värmepasta på ledningen och sätt fast givaren i mitten med buntband mot röret.
5. Läg tillbaka isoleringen och isolera om isolering saknas.
6. Mät temperaturen under minst 3st 24h perioder (00:00 till 24:00).

Kartläggning av VVC-förluster

Vid kartläggning av VVC-förluster bör VVC-förlusten dels mätas upp i undercentralen, dels mätas upp i varje trapphus (över eller lika med 3 våningar) och samt i varje byggnadsdel om det är flera olika byggnader som undercentralen betjänar. Genom att kartlägga VVC-förlusterna kan problem lättare identifieras, mätmetoden för kartläggning av VVC-förluster är samma som för mätning i undercentralen.

Utöver att mäta upp VVC-förlusterna bör även ritningar för dragning av VVC-ledningar granskas och okulära kontroller av ledningarna genomföras.

Att VVC-förluster är ett problem, vilket vi tidigare i rapporten konstaterat, och orsaken till låga/höga VVC-förlust är svår att identifiera med mätning enbart i undercentralen. Det kan även vara svårt att hitta den exakta orsaken till hög VVC-förlust i ett trapphus. Tittar vi på en stamledning i en byggnad, låt oss säga att stamledningen skiljer sig från de andra då den har högre temperaturskillnader (kallare VVC).

Man bör åtminstone regelbundet varje år kontrollera VV- och VVC-temperaturerna i stamnivå för att verifiera att de fortfarande uppfyller BBR:s krav på minst 50 °C och max 60 °C. Något som bör protokollföras i fastighetsägarens egenkontroll som enligt lag ska utföras. ”Den som driver en verksamhet eller som gör något som påverkar miljön har ett ansvar att bedriva egenkontroll enligt miljöbalken. Det innebär att verksamhetsutövaren fortlöpande ska planera och kontrollera sin verksamhet så att skador och olägenhet för människors hälsa förebyggs” (Nationell lagstiftning relaterad till Legionella, Folkhälsomyndigheten, 2016).

SLUTSATS

Att mäta VVC-förlusterna för en byggnad är inte så enkelt som vi inledningsvis ville tro, vid projektplaneringen planerades bland annat att man dels enkelt kunde få fram all grundläggande information från fastighetsägarna, dels att flödet i VVC-ledningen är ganska konstant. Flera av de förutsatta momenten blev efter varje fastighet svårare och svårare att hålla konsekvent. Det var inte alltid fastighetsägaren hade koll på fastighetens A_{temp} eller om det fanns en eller två undercentraler. Ibland var det fysiskt omöjligt att se var ledningarna gick, i undercentralen gick ledningarna ner i marken och gick inte att följa. Utöver det uppmärksammades att flödesmätningen som var

momentan inte alltid var pålitlig, därför genomfördes det loggning av flödet i alla fastigheter i norra regionerna (id 136–176), utöver det skapades en rapport (VVC-flödesloggningssrapport) för att visualisera variationerna i flödet (VVC-ledningen). Rapporten visar att VVC-flödet är relativt stabilt med en differens på ca 0,03 l/s. Samband med VVC-flödesloggningssrapporten gjordes även en fördjupningsrapport om VVC-förluster. Den visar på att i alla undersökta objekt så finns det tekniska lösningar eller installationer som kan påverka beräkningen av VVC-förlusterna. Detta kan medföra att ”energiförlusten” blir orimligt låga eller höga. Bland dem 6 fastigheter som valdes ut var dock bara 2st slumpmässigt utvalda.

Våra observationer i fält och vid analyser av mätdata visar att det idag finns stora brister som majoriteten av fastighetsägarna inte känner till. De vanligaste problemen som upptäcktes är följande:

1. Temperaturerna på VV- och VVC-ledningarna klarar ej av BBRs krav (minst 50 °C och max 60 °C).
2. Några fastigheter har problem med Legionella.
3. Egenkontroll och allmän kunskap om sin egen fastighet saknas.

Utöver dessa tre problem så var det förvånansvärt få fastighetsägare som kände till VVC-förlusterna och dess påverkan, det är sällan VV- och VVC-ledningar driftoptimeras och det slarvas ofta när nya ledningar ska kopplas på. En annan observation som gjort är att det inte är ovanligt att synliga VV- och VVC-ledningar är isolerade medan ledningar som döljs i ett undertak eller går i schakt är oisolerade.

Analyser av VVC-förlusterna på befintliga fastigheter speglar denna svårighet som vi upptäckt i kontakt med fastighetsägare och ute i fält. Det går i princip inte att titta på en fastighet och genom att undersöka när VV- och VVC-ledningarna isolerades (och teoretiskt då även genomgick senaste renoveringen) med en isoleringstyp (exempelvis glasull gasbinda med gips), och sedan säga att VVC-förlusten då bör vara ca x kWh/m² och år. Samma gäller med isoleringstjockleken och byggår.

Därför är det viktigt att VV- och VVC-ledningarna projekteras rätt, installeras rätt, kontrolleras innan driftsättning, isoleras rätt samt underhålls rätt. Fastigheterna byter ibland ägare och eller styrelse. Detta leder till att kunskap om VV- och VVC-ledningarna försvinner och att det lätt sker fel. Ibland räcker det med en lägenhetsinnehavare som gör en felaktig installation så drabbas hela eller delar av systemet.

Därför är det återigen viktigt med återkommande kontroll, och inte enbart i undercentralen. Idag tillämpas OVK, obligatorisk ventilationskontroll, något som skall göras regelbundet, i de flesta byggnaderna för att verifiera och kontrollera inomhusklimatet och minska olägenheten för människors hälsa. Något liknande borde tillämpas på tappvarmvattensystemet.

VVC-förlusten i nyproducerade hus (2016 och framåt) bör kunna hållas mellan ca 3–6 kWh/m² och år. Äldre fastigheter kan ha allt mellan 5–20 kWh/m² och år, och sällsynta fall även över 20 kWh/m² och år. I mätningar som genomfördes i projektet, objekt med mindre än ca 3 kWh/m² och år visade på brister och ej funktionella VVC system. Det är viktigt att jämföra den uppmätta VVC förlusten mot den beräknade VVC förlusten. Det är bara då man kan dra slutsatsen om VVC systemet är bra eller inte. Det gäller därför att mäta upp VVC-förlusterna och inte anta förlusterna i befintliga fastigheter. Följande kategorier bör tillämpas i framtiden:

- <3 kWh/m² - Måttlig VVC-förlust
- 3–6 kWh/m² - Låg VVC-förlust
- 6–8 kWh/m² - Medel VVC-förlust

- 9–19 kWh/m² - Hög VVC-förlust
- 20+ kWh/m² - Omfattande VVC-förlust

Risken för Legionella måste också beaktas hela tiden, förslagsvis inom det samma återkommande kontroll av VVC-systemet. Studien visar att det räcker inte alltid att hålla 50 °C i VV eller VVC systemet för att hindra påväxt. Till exempel, observationer i denna studie tyder på att Mellanregionen verkar ha svårare att uppfylla Legionella kravet trots ett system som fungera på papper (d.v.s. VV temperatur enligt BBR-kravet).

Framtiden

I ett SBUF/E2B2-forskningsprojekt om probabilistisk energiberäkning i bostäder visades att VVC-förlusterna potentiellt kan utgöra en av de största riskerna för att den beräknade energianvändningen inte överensstämmer med den uppmätta (Burke *et al.*, 2017).

Det finns även ett stort behov av att lyfta kunskap och medvetenhet om VVC-förluster vid framtida byggnationer. Detta då valet av rörens isolertjocklek påverkar storleken av VVC-förluster markant. I VVS Företagens Teknikhandbok från 2015 kan man läsa om isolertjocklek och dess påverkan. Har man exempelvis ett rör med diametern 15 mm fås följande värmeavgivning beroende på isolertjocklek:

- 21 W/m om röret är oisolerat.
- 4 W/m om röret är isolerat med 20 mm rörskal av mineralull.
- 2 W/m om röret är isolerat med 100 mm rörskal av mineralull. Fem gånger tjockare isolering halverar alltså bara värmeförlusten.

Det är stor skillnad på ett oisolerat och ett isolerat rör men över en viss isolertjocklek ger isolertillägget ingen större isoleringseffekt. Rör med tjock isolering blir också bara utrymmeskrävande.

Det har genom åren förts diskussioner om VVC-förlusters relevans eftersom dessa många gånger anses kunna tillvaratas som värme i byggnaden. Detta är dock ett missförstånd som behöver förtydligas. För det första är VVC-förluster något som finns året runt, vilket innebär att de förluster som kan tillgodogöras byggnaden enbart existerar när det finns ett värmebehov och att det resterande tid, i värsta fall, kan leda till sämre komfort inomhus. Med allt mer energieffektiva byggnader blir uppvärmningssäsongen dessutom kortare, vilket i sig kan leda till att värme från VVC-förlusterna istället behöver ventileras eller kylas bort. Ett annat exempel på värmeförluster är kopplat till rördragningars placering. Många gånger läggs dessa i utvändiga kulvertar med andra rör eller kulvertar i kärnan av huset. Det innebär att värmen istället avges till marken eller värmer upp kallvattenrör, värmesystemets rör, eller om värmen istället varmer upp schakten kopplat till badrummet ventileras det bort med badrumsfläkten. Oavsett så ökar risken för Legionella på grund av värmeförluster och temperatursänkningar i systemet.

Svensk Byggtjänst släppte en guide på deras hemsida om just hur man kan reducera VVC-förluster på grund av att det blir en allt större andel av en byggnads energianvändning. Deras guide redogör för olika teknologier, både befintliga och experimentella (Rosén, 2017).

En komplement till Svensk Byggtjänstens guide är en rapport från Per Kempe (Kempe, 2020) som presentera en metod för verifiering av VVC i byggnader vid driftsättning. Principen är att man ska stegvis verifiera att byggnader uppfyller sina energikrav under produktionstiden då det finns fortfarande tid att justera och modifiera systemet om fel eller brister upptäcks.

När man börjar applicera probabilistiska beräkningsmetoder och riskanalys på energiberäkningar, så finns det i dag ett stort behov av statistiskt underlag gällande VVC-förluster, då det i dag endast finns högst begränsade studier i ämnet. För att kunna utvärdera risker och energianvändning behövs det även sannolikhetsprofiler för VVC förluster i verkliga byggnader. Genom att göra mätningar på ett större bestånd av flerbostadshus möjliggörs bättre statistik vilket ger ett bättre underlag till energiberäkningar och därmed en ökad noggrannhet i resultaten. Det leder även till ökad kunskap om VVC-förluster och hur de påverkar energiberäkningar, samtidigt som kunskapen om rörlängder, isolertjocklek och andra parametrar lägger grunden till att hitta de bästa lösningarna för uppfyllandet av NNE-kraven.

REFERENSER

- Alros, M. (2015) *Energikartläggning av VVC-systemet i flerbostadshus*. Stockholm. Available at: <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A808048>.
- Bartram, J. E. *et al.* (2007) *Legionella and the prevention of legionellosis*. Switzerland. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf.
- Bergqvist, B. (2015) *VVC-förluster i flerbostadshus - Kartläggning i 12 fastigheter*. Stockholm. Available at: <https://www.bebostad.se/library/1893/slutrapport-kartlaeggnig-av-vc-foerluster.pdf>.
- Bergqvist, B. (2016) *VVC-förluster i kontor och lokaler - mätningar i 11 byggnader*. Stockholm. Available at: https://www.energi-miljo.se/sites/default/files/vvc_lokaler_slutrapport_20161129.pdf.
- Boverket (1989a) *Nybyggnads regler - Föreskrifter och Allmänna råd*. Stockholm. Available at: <https://www.boverket.se/contentassets/639573ac3ef44319b4752cd302f0a053/nybyggnadsregler-nr-1.pdf>.
- Boverket (1989b) *Nybyggnadsregler BFS 1988:18*. Edited by G. Friberg. Stockholm. Available at: <https://www.boverket.se/contentassets/639573ac3ef44319b4752cd302f0a053/nybyggnadsregler-nr-1.pdf>.
- Boverket (1993a) *Boverkets byggregler - BFS 1993:57, BBR 94:1*. Stockholm. Available at: <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/1993-57BBR-1.pdf>.
- Boverket (1993b) 'Boverkets Författningssamling BFS 1993:57 BBR 94:1'. Stockholm. Available at: <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/1993-57BBR-1.pdf>.
- Boverket (2006) 'Boverkets Författningssamling BFS 2006:12 BBR 12'. Stockholm. Available at: <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2006-12BBR12.pdf>.
- Burke, S. *et al.* (2017) 'Method for probabilistic energy use in residential buildings (Beräkningsmetod för sannolik energianvändning i bostadshus) in Swedish', p. 29. Available at: <https://www.sbuf.se/Projektsida/?id=e854c21a-49c2-4eb1-918b-43043a4d6543>.
- Cline, D. and Ferrari, S. (2020) 'Evidence Shows Need To Address Pathogenic Bacteria in U.S. Drinking Water Systems', *ASHRAE Journal*, (April), pp. 62–66.
- Donohue, M. J. *et al.* (2014) 'Widespread molecular detection of Legionella pneumophila serogroup 1 in cold water taps across the United States', *Environmental Science and Technology*, 48(6), pp. 3145–3152. doi: 10.1021/es4055115.
- Fluxus F601 product information* (no date). Available at: <https://www.omniprocess.se/produkter/flode/ultraljud/> (Accessed: 19 January 2020).
- Folkhälsomyndigheten (2018) *Sjukdomsinformation om legionellainfektion*. Available at: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/legionellainfektion-och-pontiacfeber/> (Accessed: 1 August 2019).
- JM (2018) *Energiklassning av bostäder*. Available at: <https://www.jm.se/om-jm/hallbarhet/vad-vi-arbetar-med/miljo/frisk-miljo/energiklassning-riktlinjer/>.
- Kempe, P. (2020) *Förstudie: Stegvis verifiering av delsystem - Exempel VVC-system*. Available at: http://www.laganbygg.se/avslutade/stegvis-verifiering__228.
- Levin, P. (2012) *Sveby - Branschstandard för energi i byggnader (Sveby - trade standard for energy in buildings)*. Available at: <http://www.sveby.org/>.
- Lindencrona, E. and Lindsköld, S. (2014) *Förstudie av VVC-förluster i flerbostadshus*. Stockholm. Available at: <https://www.bebostad.se/library/1880/foerstudierapport-vc-foerluster-i-flerbostadshus.pdf>.

- PFS (1980) *Svensk byggnorm, SBN 1980*. Stockholm. Available at: <https://www.boverket.se/contentassets/c4c3f9ae57294ae889bfaf710b08b125/sbn-1980-utg-1.pdf>.
- Rosén, L. (2017) *Byggtjänst sammanfattar VVC-frågan*. Available at: <https://omvarldsbevakning.byggtjanst.se/artiklar/2017/oktober/byggtjanst-sammanfattar-vvc-fragan/> (Accessed: 27 April 2018).
- Services, U. D. of H. & H. (2021) *Legionella (Legionnaires' Disease and Pontiac Fever)*, *CDC Centers for Disease Control and Prevention*. Available at: <https://www.cdc.gov/legionella/about/signs-symptoms.html> (Accessed: 19 April 2021).
- Tinytag Ultra 2 – extern temperatur produkt information* (2021). Available at: <https://intab.se/catalog/products/tinytag-ultra-2-extern-temperatur-fast-monterad> (Accessed: 7 April 2021).
- Yu, V. L. *et al.* (2002) 'Distribution of Legionella Species and Serogroups Isolated by Culture in Patients with Sporadic Community-Acquired Legionellosis: An International Collaborative Survey', *The Journal of Infectious Diseases*, 186(1), pp. 127–128. doi: 10.1086/341087.
- Zhang, Q. *et al.* (2014) 'Legionnaires' Disease Caused by Legionella pneumophila Serogroups 5 and 10', *Emerging Infectious Diseases*, 20(7), pp. 1242–1243. doi: 10.3201/eid2007.131343.