



CHALMERS



Behovet av varmvatten vid handtvätt

Möjligheter och konsekvenser av att utesluta varmvatten eller varmvattencirkulation

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

JONATHAN HÖGBERG
JAKOB SCHARIOT

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Behovet av varmvatten vid handtvätt

Möjligheter och konsekvenser av att utesluta varmvatten eller varmvattencirkulation

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Jonathan Högberg

Jakob Schariot

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Anders Trüschel

Torbjörn Lindholm

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Behovet av varmvatten vid handtvätt
Möjligheter och konsekvenser av att utesluta varmvatten eller varmvattencirkulation
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Jonathan Högberg

Jakob Schariot

© JONATHAN HÖGBERG/JAKOB SCHARIOT, 2025

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Bild över Entré Kalleback i Göteborg KÄLLA: Wallenstam AB

Göteborg 2025

Behovet av varmvatten vid handtvätt
Möjligheter och konsekvenser av att utesluta varmvatten eller varmvattencirkulation

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

JONATHAN HÖGBERG

JAKOB SCHARIOT

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Det är vanligt att varmvatten med varmvattencirkulation installeras i kontors- och skolbyggnader, men det är oklart om detta alltid är nödvändigt. Studien undersöker huvudsakligen miljömässiga och ekonomiska konsekvenserna av att helt eller delvis avstå från varmvatten med varmvattencirkulation (VVC).

Studien består av en enkätundersökning om människors inställning till handtvätt i kallt vatten samt en fallstudie av kontorsbyggnaden Entré Kallebäck i Göteborg, där energiförluster och kostnader med nuvarande tappvattensystem har jämförts med en alternativ lösning med genomströmningsvärmare. Livscykelkostnad och klimatpåverkan i form av CO₂-ekvivalenter har beräknats.

Resultaten visar att VVC står för en betydande energiförlust och att besparingar kan uppnås genom att inte installera detta. Installationskostnaden minskade med upp till 1,9 miljoner kronor vid uteslutande av varmvatten och VVC och driftkostnaden med ca 60 000 kr per år under samma förutsättning. Enkäten visar att 71 % av de svarande kan tänka sig att tvätta händerna i kallt vatten, en siffra som ökar om miljö- eller ekonomiska motiv anges.

Slutsatsen är att tappvarmvatten inte alltid är nödvändigt i offentliga miljöer som kontor och skolor, förutsatt att hygienkraven uppfylls. Dock medger nuvarande arbetsmiljölagstiftning inte möjligheten att utesluta tappvarmvatten vid tvättplatser i skol- eller kontorsmiljöer.

Sammanfattningen är skriven med stöd av AI (OpenAI, 2025).

Nyckelord: Varmvatten, varmvattencirkulation, VVC, handtvätt, genomströmningsvärmare, energi, miljö

The Need for Hot Water in Handwashing
Opportunities and Consequences of Excluding Hot Water or Hot Water Circulation
*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

JONATHAN HÖGBERG

JAKOB SCHARIOT

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Building Services Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

It is common for hot water systems with circulation to be installed in office and school buildings, but it is unclear whether this is always necessary. This study mainly investigates the environmental and economic impacts of partially or completely forgoing hot water circulation.

The study consists of a survey examining people's attitude towards handwashing in cold water, as well as a case study of the office building Entré Kallebäck in Gothenburg, where energy losses and cost of the current hot water system were compared to an alternative solution using instantaneous water heaters. Life-cycle costs and climate impact in terms of CO₂-equivalents were calculated.

The results show that hot water circulation accounts for a significant energy loss and that the savings can be achieved by not installing it. Installation costs were reduced by up to SEK 1,9 million when excluding hot water and circulation, and operating cost by approximately SEK 60,000 per year under the same conditions. The survey shows that 71 % of respondents are willing to wash their hands in cold water, a number that increases when environmental or economic motives are presented.

The conclusion is that hot water is not always necessary in public environments such as offices and schools, provided hygiene requirements are met. However, current occupational health and safety legislations do not permit the exclusion of hot water at washbasins in school or office environments.

Key words: Hot water, Hot water circulation, HWC, instant water heater, energy, environment

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Problemformulering	2
1.3 Syfte	3
1.4 Avgränsningar	3
2 TEORI	4
2.1 Tappvatten	4
2.2 CO ₂ -ekvivalenter	4
2.3 Energideklaration	5
2.4 Värmeöverföring	5
2.5 Legionella	6
2.6 Varmvattencirkulation	6
2.7 Handhygien	7
2.8 COP	8
2.9 Genomströmningsvärmare	8
2.10 Regler och standarder	9
3 METOD	11
3.1 Enkätstudie	11
3.2 Fallstudie	12
4 RESULTAT	22
4.1 Enkätstudie	22
4.2 Fallstudie	24
4.3 Övrig konsekvensanalys	31
5 DISKUSSION	33
5.1 Regler och standarder	33

5.2	Handhygien och komfort	33
5.3	Energijämförelse	34
5.4	Ekonomi och klimat	35
5.5	Felkällor	36
5.6	Övrig riskanalys	37
5.7	Fortsatta studier	38
5.8	Slutsats	39
6	REFERENSER	40
7	BILAGOR	45
7.1	Enkät	45
7.2	Uppmätta rörlängder Entré Kallebäck	46
7.3	Beräkningsunderlag CO ₂ -ekv	48
7.4	Kostnader	49
7.5	Uppmätta rörlängder Trollhättan	51

Förord

Detta examensarbete har utförts vid Chalmers tekniska högskola med stöd och handledning av Wikström Installationskonsult AB och omfattar 15 högskolepoäng. Vi vill rikta ett stort tack till Wikström AB för det stöd vi har fått under arbetets gång. Särskilt vill vi tacka vår handledare Patrik Vukoja Andersson för att ha bidragit till stora delar av vårt arbete genom bland annat platsbesök och hjälp att ta fram underlag. Vi vill även tacka Mohammed Hadrous för det stora stöd han bidragit med under skrivprocessen, Anders Malmberg för hjälp med tolkning av energideklarationer, samt Anette Jonsson för hennes hjälp i kontakten med Wallenstam AB.

Stort tack till Anders Trüschel och Torbjörn Lindholm, universitetslektorer vid Chalmers, som varit våra handledare på högskolan och gett oss möjligheten att genomföra detta arbete på avdelningen för installationsteknik.

Göteborg juni 2025

Jonathan Högberg

Jakob Schariot

Beteckningar

Latinska

AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
A_{temp}	Area hos våningsplan avsedda att värmas till mer än 10 °C
BFS	Boverkets författningssamling
CO ₂ -ekv	Koldioxidekvivalenter
CO ₂ -ekv _{använt}	Klimatpåverkan under den faktiska användningstiden
COP	Coefficient of performance
E_{VV}	Energiförluster från förbrukning av tappvarmvatten under ett år, generellt för alla metoder
E_{VVC}	Energiförluster i tappvarmvattenrör under ett år, generellt för alla metoder
E_{VV}^{ber}	Energiförlust från förbrukning av tappvarmvatten under ett år, beräknad från flöde
E_{VVC}^{ber}	Energiförlust i tappvarmvattenrör under ett år beräknad från flöde och temperaturskillnad
$E_{el,VV+VVC}^{ber}$	Elenergiförlust i tappvarmvattenrör och från förbrukning av tappvarmvatten under ett år beräknad från uppmätta flöden och temperaturer
E_{VVC}^{ed}	Energiförlust i tappvarmvattenrör under ett år enligt energideklarationen
EPD	Environmental product declaration (miljövarudeklaration)
KV	Kallvatten
LCC	Livscykelkostnadsanalys
NNV	Nettonvärde
q	Effektörlust per meter rör
Q	Effekt
Q_{VVC}	Effektörlust (värmeförlust) från VVC
VP	Värmepump
VP1	Värmepumpen som värmer vattnet från VVC och delvis tappvarmvatten i Entré Kallebäck
VP2	Värmepumpen som bara värmer tappvarmvatten
VV	Varmvatten
VVC	Varmvattencirkulation
VV^{Ref}	Varmvattenförbrukning i referensobjektet
VVS	Värme, ventilation och sanitet
VVX	Värmeväxlare

Grekiska

ΔC	Skillnad i driftkostnad
η	Verkningsgrad
η_{tvv}	Vägledande årsverkningsgrad hos luft-vattenvärmepumpar enligt BFS 2016:12
η_{vp1}	Verkningsgrad hos värmepump 1

1 Inledning

Denna del omfattar bakgrund, problemformulering, syfte och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Det ses som en självklarhet att ha varmvatten (VV) i de flesta moderna byggnader, men bakom denna bekvämlighet döljer sig tekniska system och vissa fall en betydande energianvändning. Ett av dessa system är varmvattencirkulation (VVC), vilket innebär att varmt vatten kontinuerligt cirkulerar i byggnaden. Syftet med VVC är att minska väntetiden för varmvatten vid tappställen men även att minska risken för tillväxten av legionellabakterier (Warfvinge & Dahlbom, 2021). Systemet kommer dock till ett pris, kontinuerlig cirkulation innebär energiförluster primärt genom värmeförluster. I stora byggnader såsom kontor, skolor och flerbostadshus där rörsträckorna kan vara långa kan VVC stå för mellan 7–15 % av den totala energianvändningen (BeBo, 2015). Det finns mätningar som påvisar att vissa fastigheter kan ha en VVC-förlust på upp till 80 kWh per m² och år vid korttidsmätningar, medan långtidsmätningar visade förluster på 4–25 kWh per m² och år (Burk m.fl., 2022). I ett tidigare studentarbete visar en enkät att endast 50 % av de tillfrågade tvättar händerna i varmt vatten när de befinner sig i en kontorsmiljö (Sjögren & Schüler, 2022).

Med detta som bakgrund uppstår frågor kring VVC-systemets nytta, särskilt i byggnader där behovet av varmvatten kan vara begränsat till vissa tider eller utrymmen. Det finns därför anledning att undersöka om varmvatten och tillika varmvattencirkulation är nödvändigt eller om det finns alternativa lösningar så som att helt eller delvis undvika varmvatten i vissa utrymmen. Detta skulle kunna leda till energibesparingar och i vissa fall även ett minskat klimatavtryck både vid installation och drift.

1.2 Problemformulering

Det råder osäkerhet kring huruvida tappvarmvatten med varmvattencirkulation är en nödvändig komponent i alla byggnadstyper eller om dess funktion kan ersättas eller reduceras. Då VVC medför betydande energiförluster och miljöpåverkan, föreligger det ett behov av att granska och analysera dess relevans i olika sammanhang. Detta arbete syftar till att undersöka de ekonomiska och klimatmässiga konsekvenserna av två alternativ:

- (1) att helt ta bort tappvarmvatten och därmed VVC
- (2) att behålla tappvarmvattnet men ersätta VVC med alternativ lösning

Målet är att identifiera under vilka förutsättningar detta är möjligt, hur acceptansen hos användarna är till denna förändring och om det leder till mätbara besparingar både i klimatpåverkan och ekonomi.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka möjligheterna att minska användningen av varmvatten med VVC och att ge en ökad förståelse för behovet av varmvatten vid daglig hygien vid en arbetsplats eller skola.

1.4 Avgränsningar

Fallstudien, som innefattar beräkningar av möjliga ekonomiska och miljömässiga konsekvenser på grund av avlägsnande av VVC, görs för en befintlig kontorsbyggnad med ett varmvattensystem med VVC. Det hypotetiska avlägsnandet av VVC genomförs med hänsyn till grundläggande krav som gäller för alla byggnader och tar inte hänsyn till förhöjda eller särskilda krav på vattenkvalitet som kan gälla till exempel bostadsfastigheter eller sjukhus. Den enda alternativa lösning som behandlas närmare är elektrisk genomströmningsvärmare. Lösningar för att minska varmvattenförbrukningen i enskilda tappställen, till exempel snålspolande blandare, behandlas inte. Med daglig hygien avses endast den typen av hygien som förväntas ske i anslutning till badrumsbesök eller måltid. Varmvatten till exempelvis duschar kommer inte att tas i beaktande i beräkningar.

2 Teori

Detta avsnitt presenterar de teoretiska grunderna, centrala begrepp och krav som ligger till grund för metoden i detta arbete.

2.1 Tappvatten

Tappvatten är det vatten som tappas ur ett rörsystem för användning i exempelvis bostäder, kontor eller andra byggnader. Det omfattar både varmt och kallt vatten som används för bland annat dryck, matlagning, handtvätt och dusch (Warfvinge & Dahlbom, 2021). Den delen av tappvattnet som värms upp kallas tappvarmvatten och används huvudsakligen för hygieniska ändamål som handtvätt och dusch. Vattnet värms vanligtvis upp med hjälp av varmvattenberedare, fjärrvärmeväxlare eller elpatron. Distributionen av tappvarmvattnet sker i egna rör och beroende på fastighetens storlek ofta med cirkulation av varmvattnet.

Regler för hur tappvatten får installeras finns samlade i flera regelverk och rekommendationer. Boverkets byggregler (BBR), Branschregler från Säker Vatten är vanligt att följa i praktiken och beskriver hur installationer skall utföras på ett säkert och fackmannamässigt sätt. Tappvatten räknas även som ett livsmedel och ska därmed uppfylla vissa kvalitetskrav. Dessa krav regleras av livsmedelsverket och ställer bland annat krav på vattenkvalitet, provtagning och kontroller (Livsmedelsverket, 2022).

Under de senaste åren har användning av tappvatten minskat, vilket delvis beror på effektivare armaturer och en ökad medvetenhet om energi och vattenförbrukning (Dadvar m.fl., 2021). Individuell mätning och debitering av tappvarmvatten har blivit vanligare, särskilt i flerbostadshus då det har blivit ett krav sedan 2022-06-01 i just den byggnadstypen (Boverket, 2024b). Det innebär att varje hushåll betalar för sin egen förbrukning vilket kan leda till att vattenanvändningen minskar ytterligare (Boverket, 2018).

2.2 CO₂-ekvivalenter

CO₂-ekvivalenter (CO₂-ekv), är ett mått som används för att uttrycka utsläpp av olika växthusgaser i en gemensam enhet (Greendesk, 2023). Eftersom olika växthusgaser ger olika stor påverkan på klimatet räknas deras klimatpåverkan om till motsvarande mängd koldioxid med hjälp av en GWP-faktor (Global warming potential). GWP-faktorn anger hur mycket en viss mängd växthusgas bidrar till växthuseffekten jämfört med samma mängd koldioxid under en bestämd tidsperiod.

Att använda CO₂-ekv som mått kan vara relevant eftersom det ger en mer samlad bild av klimatpåverkan från alla växthusgaser. Det skapar möjligheten att jämföra olika produkter, verksamheter och system utifrån deras totala klimatavtryck. Det kan även

vara ett viktigt verktyg för att kunna följa upp klimatmål och för att fatta välgrundade beslut kring klimatpåverkan och ge en bättre helhetsbild vid produktval och byggprojekt.

En huvudsaklig källa till information om en produkts klimatpåverkan är en EPD (Environmental product declaration) (Boverket, 2024a). En EPD är ett standardiserat dokument som redovisar en produkts miljöpåverkan under hela dess livscykel eller delar av den. En central del i av en EPD är framför allt informationen om CO₂-ekv utsläpp i olika livscykelkedan.

2.3 Energideklaration

En energideklaration är ett dokument som visar hur mycket energi en byggnad använder och vilka möjligheter det kan finnas att minska energianvändningen (Boverket, 2025c). Syftet är att ge fastighetsägare, boende och köpare en tydlig bild av energianvändningen i kWh per kvadratmeter och år, en energiklassning från A till G samt rekommendationer på åtgärder som kan förbättra energieffektiviteten. Informationen i deklARATIONEN är viktigt i samband med nybyggnation, försäljning eller uthyrning men också som underlag i arbetet med att minska miljöpåverkan och uppnå nationella energi- och klimatmål.

En särskild föreskrift, Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN (BFS 2016:12), reglerar metoden för hur en byggnads energianvändning fastställs (Boverket, 2024). Brukarindata från BFS 2016:12 används i kapitel 3.2.3.

För att sätta energiförluster från varmvatten och VVC i förhållande till byggnadens totala energianvändning används dess energideklaration. Energideklaration är en allmän handling och går att hämta ut via Boverkets e-tjänst ”hämta energideklaration” (Boverket, u.å.).

2.4 Värmeöverföring

Värmeöverföring sker principiellt genom tre metoder: ledning, konvektion och strålning. I varmvattensystemet där VVC ingår är det främst ledning och konvektion som står för de värmeförluster som uppstår. Värmeöverföring förutsätter temperaturskillnad, där värmeenergin går från ett varmare till ett kallare medium (Alvarez, 2015). Denna process kan beroende på sammanhang, antingen eftersträvas eller motverkas. I exempelvis en ugn vill man påskynda värmeöverföringen, medan man i ett rörsystem generellt avser att minimera den.

Ledning sker genom direktkontakt i fasta, flytande eller gasformiga medier. I ett VVC-rör leds värmen från det cirkulerande varmvattnet genom kontakt med

rörmaterialet och vidare ut genom isoleringen. I idealt isolerat system sker ingen värmeöverföring till omgivningen och all värme stannar kvar i mediet.

Konvektion uppstår när värme transporteras bort, från i detta fall rörsystemets yta via den omgivande luften. När luft kommer i kontakt med den varmare ytan av isolering värms den upp, stiger och ersätts av kallare luft. Denna luftcirkulation för med sig värme bort från röret och är en viktig komponent i den totala värmeförlusten av systemet.

För att minimera värmeförluster i ett tappvattensystem är god värmeisolering av rören avgörande, eftersom den i första hand fördröjer värmeöverföringen genom ledning och minskar yttemperaturen vilket i sin tur begränsar värmeöverföringen via konvektion.

2.5 Legionella

Legionellabakterier som är naturligt förekommande i jord och vatten kan orsaka legionärssjuka, en svår form av lunginflammation. Den sprids genom inandning av små vattendroppar (aerosoler) som innehåller bakterien (Folkhälsomyndigheten, 2025).

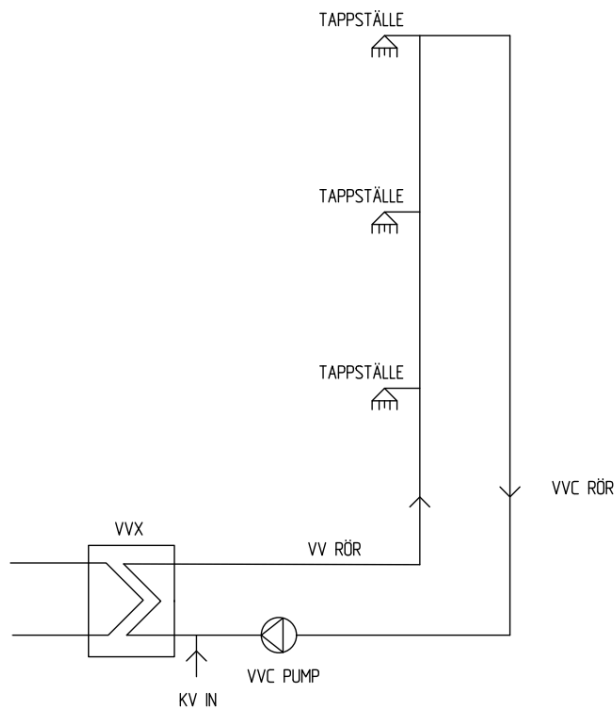
Legionellabakterier växer snabbast i stillastående vatten med temperaturer mellan 20 °C och 45 °C. De dör dock vid temperaturer från 50 °C och tillväxten kan effektivt förhindras om varmvattnet kan hållas över 60 °C och kallvattnet under 20 °C. För att minska risken för tillväxt är det viktigt att hela varmvattensystemet ligger i dessa temperaturspann och att det inte finns några döda ledningar samt att vattnet kontinuerligt omsätts. Legionellainfektion är en anmälningspliktig och smittspårningspliktig sjukdom vilket innebär att det finns statistik på antalet fall och vid fall med framgångsrik smittspårning är även smittkälla dokumenterad.

2.6 Varmvattencirkulation

Varmvattencirkulation är ett system som används i vissa byggnader för att säkerställa att varmvatten snabbt når tappställen. Genom att varmvatten cirkulerar kontinuerligt genom varmvattentrör och separata returledningarna förhindras stående vatten att kylas av vilket kan leda till en förbättrad användarkomfort och även bidra till att minska onödig vattenanvändning.

Ett typiskt VVC-system består av någon form av vattenvärmare (till exempel varmvattenberedare eller fjärrvärmecentral), ett distributionsnät bestående av varmvattentrör, returrör för varmvattnet samt en cirkulationspump som ser till att vattnet är i konstant rörelse (Warfvinge & Dahlbom, 2021). Vattnet leds från värmekällan ut till tappställena och sedan tillbaka via returledningarna, där det sedan värms och sedan fortsätter att cirkulera, Figur 2.6.1 illustrerar denna princip. För att

systemet skall fungera effektivt krävs det injustering med rätt flöden och temperaturer i hela kretsen.



Figur 2.6.1 Principskiss över varmvattencirkulation

VVC-system används främst i byggnader med långa rördragningar, såsom flerbostadshus, skolor, kontor och andra offentliga fastigheter. Förutom att minska väntetiden för varmvatten har VVC en viktig funktion ur en hälsosynvinkel. Genom att hålla vattnet i rörelse och vid en tillräckligt hög temperatur, vanligtvis mellan 50–60 °C, motverkas tillväxten av legionellabakterier. Varmvattencirkulation bidrar dock till en byggnads energianvändning då det kontinuerligt cirkulerar vatten som värms utan att användas. Samtidigt bidrar detta till byggnadens uppvärmning, enligt Persson m.fl. (2022) kan 70 % av VVC-förlusten tillgodogöras som uppvärmning av byggnaden under uppvärmningssäsongen. Uppvärmningssäsongen beror på utetemperaturen och är därför inte definierad för tidsperioder. Enligt Stålbom (2009) kan uppvärmningssäsongen för klimatzon III, som Göteborg ligger i, approximeras som perioden 15 september – 15 maj.

2.7 Handhygien

Handhygien är en grundläggande åtgärd för att förhindra spridning av sjukdomar och för att ha en god hygien, både i offentliga och privata miljöer (Folkhälsomyndigheten, 2022). Viktiga förutsättningar för att kunna upprätthålla en god handhygien är rinnande vatten, tvål och något rent och torrt att torka sig med. Trots att många tror att vattnets temperatur spelar en avgörande roll för att få renare händer, finns det studier som visar att det inte finns någon signifikant skillnad i hur många bakterier som avlägsnas beroende på vattnets temperatur (Jensen m.fl., 2017).

2.8 COP

Coefficient of Performance (COP) är ett mått på hur verkningsgraden hos värmepumpar (VP) och andra termodynamiska system (Warfvinge & Dahlbom, 2021). COP anger förhållandet mellan den nyttiga värmeeffekt som ett system levererar och den elektriska effekt som tillförs.

$$\text{COP} = \frac{\text{Nyttig effekt (värme)}}{\text{Tillförd elektrisk effekt}} = \frac{\text{Nyttig energi (värme)}}{\text{Tillförd elektrisk energi}} \quad (2.8.1)$$

Ett högre COP-värde innebär att systemet är mer energieffektivt. Om ett värmesystem har ett COP på 2 ger det dubbelt så mycket värmeenergi som det förbrukar i elenergi. COP är inte konstant utan kan variera beroende på driftförhållanden såsom temperaturdifferanser och producerad mängd värme eller kyla. Vid miljö- och kostnadsmässiga jämförelser så krävs det att man jämför samma sak, COP kan nyttjas för att jämföra den elektriska effekten.

I rapporten används även begreppet verkningsgrad eftersom det är mer allmänt tillämpligt för alla uppvärmningsmetoder. Boverket nyttjar därför benämningen i beräkningar av energideklarationer även för VP. Därav förekommer verkningsgrad i vissa ekvationer tillsammans med COP. I denna rapport är dessa att betrakta som synonyma.

2.9 Genomströmningsvärmare

En el-genomströmningsvärmare är en typ av vattenvärmare som värmer tappvattnet direkt när det används, utan att lagra det i en tank (Clage, u.å.). Denna teknik innebär att energi endast används vid faktiskt behov. Värmarna finns i olika kapaciteter beroende på vilka flödesbehov som finns, vilket användningsområde som är tilltänkt och kan monteras i direkt anslutning till tvättställ, se Figur 2.9.1. Det är vanligast i mindre hushåll, fritidshus eller byggnader med begränsat varmvattenbehov. En korrekt dimensionerad el-genomströmningsvärmare kan bidra till minskad energianvändning och en mer resurseffektiv varmvattenproduktion. Valet av en sådan lösning bör dock baseras på tekniska krav, komfortnivå och energimål.



Figur 2.9.1. Genomströmningsvärmare monterad under tvättställ. Bild med tillstånd från Clage (2020).

2.10 Regler och standarder

Vid byggnation och renoveringar finns ett flertal regler och standarder att anpassa sig efter. Dessa syftar till att säkerställa säkerhet, hållbarhet och funktion både under byggskele och i användningsskedet. Utöver Plan- och bygglagens övergripande bestämmelser om byggnaders egenskaper finns regelverk från exempelvis Boverket, Arbetsmiljöverket och branschorganisationen Säker vatten som styr och reglerar hur byggnader kan och bör utformas efter sitt användningsområde. Genom att granska gällande bestämmelser har möjligheten att utesluta tappvarmvatten i vissa installationer kunnat analyseras.

2.10.1 Boverket

I Boverkets föreskrifter om skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö samt hushållning med vatten och avfall (2024), Boverkets författningssamling (BFS) 2024:8, regleras vatteninstallationer från och med den 1 juli 2025 när den träder i kraft. BFS 2024:8 ersätter de befintliga byggreglerna, Boverkets byggregler (BFS 2011:6). Tappvarmvatten nämns bara i två paragrafer i BFS 2024:8, 8:e kapitlet:

6 § [...] Installationer för tappvarmvatten ska vara utformade så att en vattentemperatur på lägst 50 °C kan uppnås vid tappstället. Cirkulationsledningarna för tappvarmvatten ska vara utformade så att temperaturen på tappvarmvattnet i cirkulationsledningarna inte understiger 50 °C i någon del av installationen.

8 § Installationer för tappvatten ska vara utformade så att de kan ge ett vattenflöde fram till tappstället som är tillräckligt för byggnadens avsedda användning och som inte påverkar tappvattensystemets funktion negativt. Rätt tempererat tappvarmvatten ska kunna fås utan besvärande väntetid.

8 § går att tolka som att tappvarmvatten krävs i alla ”Installationer för tappvatten” men är otydligt formulerad, det finns inga tydliga direktiv om när eller var varmvatten

faktiskt behövs. Temperaturkravet i 6 § gäller bara ”installationer för tappvarmvatten”. Så länge tappkallvatten hindras från att värmas upp oavsiktligt och mikrobiell tillväxt inte främjas finns därmed inga generella krav på temperatur hos tappvatten.

De nu gällande reglerna, BBR (BFS 2011:6), har inte ändrats sedan de infördes 2011 med avseende på temperatur på varmvatten eller var det behövs. BFS 2011:6 säger i princip samma sak som BFS 2024:8, ”att en vattentemperatur på lägst 50 °C kan uppnås efter tappstället” (s. 68) och väntetiden skall tas i beaktande. Tidigare rekommendation om 10 sekunder försvinner och ersätts inte av ny rekommendation utan kravställs endast som icke besvärande väntetid. Det finns inga tydliga direktiv om i vilka tappställ varmvatten behövs, mer än att allmänna hälsokrav skall vara uppfyllda: ”Byggnader och deras installationer ska utformas så att vattenkvalitet och hygienförhållanden tillfredsställer allmänna hälsokrav” (BFS 2011:6).

2.10.2 Arbetsmiljöverket

I Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om utformning av arbetsplatser (AFS 2023:12) används benämningen tvättplats: “Tvättplats; Sammanfattande beteckning för dusch, tvättställ eller tvätträna med rinnande varmt och kallt vatten.”. Vidare regleras personalens tillgång till tvättplatser i kapitel 3:

50 § I personalutrymmen ska det finnas tillräckligt många och lämpligt utformade tvättplatser. [...] **56 §** Det ska finnas tillräckligt många toaletter och tvättställ. De ska normalt ligga i närheten av platsen där arbete utförs, pausutrymmen, omklädningsrum samt duschutrymmen och tvättutrymmen.

Ett av de allmänna råden, det vill säga inte ett krav, i AFS 2023:12 är att tillräckligt många toaletter (med tvättplatser) ”i allmänhet” är en per påbörjat 15-tal arbetstagare. Här finns alltså ett visst tolkningsutrymme som medger ett större eller mindre antal tvättplatser per arbetstagare. Arbetsmiljöverket har via e-post (personlig kommunikation, 11 mars 2025) upplyst att det som enligt deras definition anses vara en tvättplats måste ha rinnande varmt och kallt vatten.

2.10.3 Säker vatten

Säker vatten är en branschorganisation som tar fram branschreglerna ”Säker vatteninstallation” som Wikström AB och de flesta andra VVS-konsulter utgår från vid VVS-projektering (P. Vukoja Andersson, personlig kommunikation, 20 maj 2025). Göteborgs stad hänvisar även till dessa som krav i sina tekniska anvisningar med avseende på VVS vid kommunens byggprojekt (Stadsfastighetsförvaltningen, u.å.). Liksom i Boverkets regler fastställs endast temperaturkrav i VV-ledningar och inte var dessa behövs. Säker vatten är alltså endast tillämpligt på tappvarmvatten om det installeras.

3 Metod

För att besvara examensarbetets frågeställningar har flera metoder använts. Kombinationen av kvalitativa och kvantitativa metoder möjliggör för en bredare förståelse för ämnet. I detta kapitel redovisas de olika metodvalen samt genomförandet för arbetet.

3.1 Enkätstudie

För att undersöka människors förhållningssätt till användning av varmvatten vid handtvätt genomfördes en kvantitativ enkätstudie. Enkätstudien syftar till att undersöka vanor, inställning och föreställningar kring behovet av varmvatten vid handtvätt samt viljan att använda kallt vatten i skol- eller arbetsmiljö, särskilt om det kunde motiveras utifrån miljömässiga eller ekonomiska fördelar. Enkätfrågorna utformades därmed efter detta syfte.

Enkäten genomfördes med hjälp av ett Google-formulär (bilaga 7.1). För att öka sannolikheten att respondenterna slutförde enkäten begränsades antalet frågor och de formulerades likt ja/nej-frågor. Vid vissa frågor gavs möjlighet till fritextsvar om respondenten svarade nej, detta i syfte att samla in kompletterande kvalitativ information för att uppfatta om frågeformuleringarna eventuellt varit otydliga.

Datainsamlingen skedde på förmiddagen den 24 april 2025 på Chalmers campus Johanneberg. Under denna tid var medeltemperaturen som datainsamlingen genomfördes (kl. 09-12) 13,6 °C vid den närmaste mätstation belägen vid Olskroksmotet (SMHI, 2025). Campus Johanneberg valdes som plats eftersom området innehåller många lokaler som faller inom ramen för studiens fokus (arbets- och utbildningsmiljöer) och för att det vistas många människor där under dagtid. Under en rundvandring i olika studielokaler tillfrågades slumpmässigt utvalda personer på plats om de ville delta i undersökning genom att fylla i formuläret.

Urvalet utgjordes av ett bekvämlighetsurval, där personer tillfrågades direkt på plats. Detta innebär att resultatet inte nödvändigtvis är generaliserbart för hela befolkningen, men kan ge indikationer på attityder inom en relevant kontext (högskolemiljöer och kontorsliknande miljöer).

För att kontrollera rimligheten i resultatet så har felmarginalen beräknats genom att beräkna standardavvikelsen för resultatet genom ekvation (3.1.1) (Stat Trek, 2025).

$$\sigma = \sqrt{p(1 - p)} \quad (3.1.1)$$

Där

σ = standardavvikelse

p = antal ja svar

För att med den beräknade standardavvikelsen kunna beräkna felmarginalen på svaren genom formel 3.1.2, för att få en konfidensnivå på 95 % så ansattes z till 1,96 (Stat Trek, 2025).

$$Felmarginal = z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.1.2)$$

Där

z = z -poäng

σ = standardavvikelse

n = provgruppsstorlek

Studien genomfördes anonymt och frivilligt. Deltagarna informerades muntligt om att enkäten handlade om varmvatten och handtvätt och om att deras svar enbart skulle användas i examensarbetet. Inga personuppgifter samlades in och deltagarna kunde när som helst avböja deltagande utan förklaring.

3.2 Fallstudie

För att enklare kunna jämföra energianvändning, kostnader och miljöpåverkan mellan ett tappvattensystem med VVC och ett med genomströmningsvärmare har i samråd med handledare P. Vukoja Andersson (personlig kommunikation, 25 februari 2025), en verklig byggnad valts ut att genomföra fallstudien på. Med ett färdigt tappvattensystem att utgå från var det möjligt att identifiera komponenter som behövs och är överflödiga för vardera alternativ. Även sätta skillnader i energianvändning och driftkostnader i tappvattensystemet i förhållande till byggnadens totala användning gjordes möjligt.

Fallstudien genomfördes på byggnaden Entré Kallebäck med fastighetsbeteckningen Kallebäck 18:4. Ritningar över rörinstallationer har tillhandahållits av Wikström AB som projekterade tappvattensystemet i byggnaden. Entré Kallebäck valdes eftersom den är nybyggd (ritningarna över rörinstallationer är daterade till 2020), till stor del huserar kontor samt har långa VVC-ledningar. Andra faktorer var att Wikström AB hade tillgång till byggnadens överordnade styrsystem via fastighetsägaren Wallenstam, samt möjligheter till platsbesök och mätningar. $A_{temp} = 18\,641 \text{ m}^2$, hämtad från byggnadens energideklaration (Malmberg, 2024).

Det befintliga tappvattensystemet i Entré Kallebäck består av PAL-rör samt kopparrör med isoleringsklass R5/R6. Uppvärmningssystemet för VV och VVC består av två

VP av fabrikat Mitsubishi Electric QAHV-N560-YA-HPB med respektive två ackumulatortankar av modellen TQ-750 tillverkade av Borö AB. Den primära värmepumpen för tappvarmvattensystemet som även värmer vattnet från VVC benämns VP1, den sekundära som endast värmer tappvarmvatten benämns VP2.

Antalet tvättställ beräknades genom att nyttja Wallenstams planskissexempel för fastigheten och beräkna ett snitt för antalet tvättställ per m² A_{temp} (Wallenstam, 2025). Detta ger att det finns ett tvättställ per 146 m², A_{temp} vilket gör det totala antalet tvättställ i fastigheten beräknas till ca 128 st. Detta kan antas vara rimligt då antalet arbetsplatser i fastigheten uppgår till 1 200 och rekommendationen från arbetsmiljöverket är max 15 arbetare per toalett (Arbetsmiljöverket, 2023).

Några identifierade konsekvenser av avlägsnande av VV-och VVC-ledningar som inte omfattar energi eller förbrukning har undersökts närmare. Dessa är förändringar i risk för legionellinfektion, skällning och vattenläckage. Det har varit svårt att hitta studier om dessa med avseende på just VV-ledningar. Förändringar i riskerna på grund av avlägsnande av VV-och VVC-ledningar har i stället i stor utsträckning behövts uppskattas. Detta genom att ta fram mer generell statistik på förekomsten av dessa och därefter resonera om hur stor betydelse VV-systemet har för dem.

3.2.1 Effekt- och energiförluster i VV-/VVC-ledningar

Tre metoder användes för att ta fram effektförlusten per meter rör: Wikströms schablonvärde (7,5 W/m), beräkningsprogrammet PAROC® Calculus och ekvation 3.2.1 från (VärmeKabel Teknik, u.å.). Rörlängder, dimensioner och material togs fram genom att mäta på ritningarna. Rörlängderna organiserades efter vilken del av byggnaden de var belägna i (A-F), våning och dimension i ett kalkylark, se bilaga 7.2.

$$q = 2 \cdot \pi \cdot dt \cdot k \cdot 1,16 \cdot s / \ln \frac{d_y}{d_i} \quad (3.2.1)$$

Där

q = effektförlust per meter rör [W/m]

$2 \cdot \pi$ = Geometrisk konstant

dt = temperaturdifferens mellan rör och omgivning [K]

k = Isoleringens värmeledningsförmåga [W/(m·K)]

$1,16 = c_p/3600$

c_p = fluidens specifika värmekapacitet [J/kg · K]

s = säkerhetsfaktor (0= inomhus /1,5 kajplats) [-]

d_y = isoleringens ytterdiameter [mm]

d_i = isoleringens innerdiameter [mm]

Effektförlusten q beräknades med de två senare metoderna för alla i byggnaden förekommande kombinationer av rördimension, material och isolering. Dessa multiplicerades därefter med de horisontella rörlängderna för att erhålla effektförluster per rördel med samma dimension i samma våningsplan och del av byggnaden. Ingående temperatur i slingan har i en befintlig temperaturgivare i styrsystemet uppmätts till 55 °C. För stammarna beräknades effektförlusten i hela stammen samtidigt genom att summera rörlängderna i varje stam och multiplicera med q . Därefter summerades effektförlusterna i alla delar som i ekvation 3.2.2 för att få den totala effektförlusten från VVC, Q_{VVC} .

$$Q_{VVC} = \sum_{i=0}^n q_n \cdot l_n \quad (3.2.2)$$

Där

$$\begin{aligned} Q_{VVC} &= \text{effektförlust från VVC [W]} \\ q_n &= \text{effektförlust per meter rör [W/m]} \\ l_n &= \text{rörlängd [m]} \\ n &= \text{rör-id (dimension och material) [-]} \end{aligned}$$

För att verifiera de teoretiska metoderna för att beräkna Q_{VVC} mättes flödet och returtemperaturen i VVC-ledningen på förmiddagen den 13 mars 2025 i undercentralen i Entré Kallebäck. Mätningen genomfördes med IMI TA-SCOPE vid de förinstallerade mätventilerna i undercentralen. Flödet uppmättes till 0,4 l/s, och returtemperaturen till 51,4 °C. Ingående temperatur i slingan är densamma som tidigare. Därefter beräknades effektförlusterna från VVC med ekvation (3.2.3).

$$Q = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t \quad (3.2.3)$$

Där

$$\begin{aligned} Q &= \text{effekt [W]} \\ V &= \text{flöde [m}^3/\text{s]} \\ \rho &= \text{densitet [kg/m}^3\text{]} \\ c_p &= \text{specifik värmekapacitet [J/(kg·K)]} \\ \Delta t &= \text{temperaturdifferens före och efter uppvärmning [K]} \end{aligned}$$

I ekvation (3.2.4) omvandlades Q samt Q_{VVC} sedan till värmeförlust under ett år, E_{VVC} , vilket är det värde som används i fortsatta beräkningar.

$$E_{VVC} = Q \cdot 24 \cdot 365 \quad (3.2.4)$$

Där

$$\begin{aligned} E_{VVC} &= \text{energiförluster från VVC per år [kWh]} \\ Q &= \text{effekt [W]} \\ 24 &= \text{timmar per dag} \\ 365 &= \text{dagar per år} \end{aligned}$$

Energiförlusten E_{VV}^{ber} är den E_{VV} som beräknas enligt ekvation (3.2.3) och (3.2.4). För att ytterligare verifiera metoderna att räkna q och E_{VV}^{ber} jämfördes E_{VV} även med eleffekten till VP1. Värden hämtades genom styrsystemet för Entré Kallebäck från en elmätare på VP1 den 21 juli 2024. En genomsnittlig eleffekt beräknades av värdena för kl. 22:00-23:59 och 00:00-05:00, när inget VV förväntades användas i byggnaden. COP för VP1 var under samma tid konstant 2,2. Med hjälp av ekvation 2.8.1 kunde därefter den producerade (nyttiga) Q erhållas. Ekvation (3.2.4) användes för att göra om Q till E_{VV} .

3.2.2 Förbrukning av tappvarmvatten

VV-flödet mäts inte i styrsystemet för Entré Kallebäck. För att räkna ut den nuvarande VV-förbrukningen användes i stället flödesmätningar av total tappvattenförbrukning under det senaste året (2024-03-21 till 2025-03-20). Dessa justerades sedan med z-metoden för att ta hänsyn till mätfel och orimliga extremvärden (National Institute of Standards and Technology, u.å.).

Tabell 3.2.1 Fastigheter där andelen VV har mätts

Fastighet (samtliga i Stockholm)	Funktion	Andel VV av KV [%]	Referens
Björnen och Loen 1	Kontor	9	(Bergqvist, 2016)
Bleholmen 1	Kontor	19	(Sveby, 2012)
Farsta 2:1	Sim- och idrottshall	30	(Bergqvist, 2016)
Hagaporten 3	Kontor	22	(Sveby, 2012)
Hällsättra 3	Kontor, lager	16	(Bergqvist, 2016)
Klamparen 7	Kontor	17	(Bergqvist, 2016)
Klassföreståndaren 1	Kontor	19	(Sveby, 2012)
Lillsättra 1	Kontor, lager	3	(Bergqvist, 2016)
Murmästaren 13	Kontor	19	(Bergqvist, 2016)
Ville Vesla 1 (<i>sic</i>)	Skola	29	(Bergqvist, 2016)
Välmågan 8–9	Kontor	13	(Bergqvist, 2016)
Årstadalsskolan 4	Skola	29	(Bergqvist, 2016)

Andelen VV av den totala tappvattenförbrukningen för andra kontorsbyggnader befanns i två studier vara som följer i Tabell 3.2.1. Utgående från detta ansattes andelen VV till 20 % för de fortsatta beräkningarna. Med ett bestämt flöde och antagandet om att tappvattnet värms upp 45 °C kunde en genomsnittlig erforderlig effekt beräknas enligt ekvation (3.2.3). Den motsvarande energin under ett år är E_{VV}^{ber} enligt ekvation (3.2.4).

3.2.3 Jämförelse med byggnadens totala energianvändning

För att få en uppfattning om storleken på E_{VVC}^{ber} och E_{VV}^{ber} jämfördes den med byggnadens totala energianvändning som hämtades från dess energideklaration (Malmberg, 2024). Ur energideklarationen erhöles också ytterligare ett värde på energi till VVC som kunde jämföras med de fyra tidigare E_{VVC} framtagna i kapitel 3.2.1. Information om metoden bakom siffrorna i energideklarationen inhämtades genom personlig kommunikation med utföraren av den, A. Malmberg, 10 april 2025.

Jämförelsen gjordes både med avseende på producerad energi, den som behövs för att värma vattnet i VV- och VVC-ledningar, och elenergi, energin som behöver tillföras. Anledningen är att producerad energi är lättare att jämföra med andra byggnader och uppvärmningsmetoder och elenergi går att införa i den ekonomiska jämförelsen.

3.2.3.1 Elenergi

Elenergianvändning utgående från uppmätta värden togs fram genom att beräkna elenergin till VV och VVC, se ekvation 3.2.5, och därefter addera den med övriga energiposter i energideklarationen. Eftersom VV värms med både VP1 och VP2 ansattes verkningsgraden (COP) för E_{VV}^{ber} till 2. Det är den vägledande årsverkningsgraden hos luft-vattenvärmepumpar i BFS 2016:12 och användes i energideklarationen.

$$E_{el,VV+VVC}^{ber} = \frac{E_{VVC}^{ber}}{\eta_{vp1}} + \frac{E_{VV}^{ber}}{\eta_{tvv}} \quad (3.2.5)$$

Där

$E_{el,VV+VVC}^{ber}$ = beräknad elenergi till VV och VVC [kWh]

E_{VVC}^{ber} = beräknad energi till VV-förbrukning [kWh/år]

E_{VV}^{ber} = beräknad energiförlust i VV-ledningar [kWh/år]

η_{vp1} = verkningsgrad (COP) hos VP1 [-]

η_{tvv} = vägledande årsverkningsgrad hos luft-vattenvärmepumpar enligt BFS 2016:12

Observera att η_{vp1} skiljer sig från energideklarationen då den var 2,2 hela dagen då flödes- och temperaturmätningen utfördes enligt styrsystemet för Entré Kallebäck. Metoden i energideklarationen var delvis annorlunda; η_{vp1} ansattes till 1,8 utgående från driftstatistik. För energin till VV användes brukarindata från BFS 2016:12; $2/\eta_{tvv}$ kWh/m² A_{temp}.

3.2.3.2 Producerad energi

För att få den producerade energin multiplicerades alla poster under energianvändning i energideklarationen med dess verkningsgrader (COP i förekommande fall), samma

som i kapitel 3.2.3.1, och summerades. För alternativet med E_{VVC}^{ber} och E_{VV}^{ber} byttes energideklarationens motsvarande energianvändningar ut mot dessa.

3.2.4 Alternativa uppvärmningsmetoder

Det främst utredda alternativet till det nuvarande VV-systemet i denna rapport är genomströmningsvärmare. Jämförelsen mellan dessa och nuvarande VP skulle bli missvisande om VP skulle vara ineffektiva. För att bedöma om de nuvarande VP är ett ineffektivt system eller inte görs därför även en jämförelse med driftkostnaden av fjärrvärme i befintligt system med VVC.

3.2.4.1 Genomströmningsvärmare

Eftersom genomströmningsvärmare bara värmer den volym VV som faktiskt förbrukas och den antas oförändrad mot den nuvarande beräknade förbrukningen är den potentiella energianvändningen hos dessa redan känd, E_{VV}^{ber} . Verkningsgraden sätts till 1 för genomströmningsvärmare, därmed är elenergianvändningen för dessa densamma som E_{VV}^{ber} och kan jämföras med den för VP, $E_{el,VV+VVC}^{ber}$. Med antaget elpris kan dessutom driftkostnader och skillnader mellan dem tas fram, se ekvation 3.2.6.

$$\Delta C = (E_{el,VV+VVC}^{ber} - E_{VV}^{ber}) \cdot C_{el} \quad (3.2.6)$$

Där

ΔC = skillnad i driftkostnad [kr/år]

E_{VV}^{ber} = beräknad energi till VV-förbrukning [kWh/år]

$E_{el,VV+VVC}^{ber}$ = beräknad elenergi till VV+VVC [kWh/år]

C_{el} = elpris [kr/kWh]

Då ingångsvärdena för mängden VV-förbrukning och COP hos nuvarande VP kan göra stor skillnad genomfördes en känslighetsanalys kopplat till driftkostnaden av det alternativa systemet.

3.2.4.2 Fjärrvärme

Fjärrvärmepriset hämtades från Göteborg Energis fjärrvärmekalkylator (u.å.). Typ av byggnad valdes till ”Nybyggnation (Boverkets byggregler)”, returtemperaturen ansattes vara normal och schablonvärdet för medeleffekt användes. Skulle VV värmas med fjärrvärme är det rimligt att byggnadens värmesystem också skulle göra det. Byggnadens potentiella årsanvändning av fjärrvärmeenergi beräknades därför genom att addera E_{VVC}^{ber} samt E_{VV}^{ber} med den energi som går till uppvärmning enligt energideklarationen (MalMBERG, 2024), verkningsgraden sätts åter till boverkets vägledande, $\eta_{tvv} = 2$. Med dessa indata erhöles ett fjärrvärmepris, driftkostnaden beräknades genom att multiplicera det med E_{VVC}^{ber} och E_{VV}^{ber} .

3.2.5 Klimatpåverkan

För att kvantifiera klimatpåverkan kopplat till användning och eventuellt utelämnning av VVC-system har miljödata primärt hämtats från tredjepartsgranskade miljövarudeklarationer (EPD). Dessa har använts för att beräkna klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv. Den huvudsakliga informationen som har uthämtats ur EPD:er avser produktskedet, A1-A3. För användningsskedet har beräkningar baserats på indata från kapitel 3.2.3.1.

För varje delkomponent valdes en representativ EPD från tillverkare med öppet publicerade data inom det Europeiska EPD-systemet (Svenska institutet för standarder, 2019). I de fall där specifika produktdata saknades hämtades värden i första hand från tillverkarens produktsidor, i andra hand har generella värden från boverkets klimatdatabas använts (Boverket, 2025b). Metro Therm saknar EPD för Minex 11E utan hänvisar till Clage och deras CEX-U som motsvarande produkt (CLAGE GmbH, 2024). Likaså saknades EPD från tillverkaren för ackumulatortanken och generiska data har nyttjats för att motsvarande tank på 750 liter (Ökobaudat, 2023). Samtliga indata för beräkning av CO₂-ekv finns i bilaga 7.3.

Beräkningarna har genomförts i Excel, där klimatdata matats in och summerats med funktionella enheter som är relevanta för projektens omfattning. Resultaten redovisas i kg CO₂-ekv, vilket är ett standardiserat mått för att uttrycka den sammanlagda klimatpåverkan, därefter kan de olika fallen jämföras. Systemets livslängd är satt till den produkten vars tekniska livslängd är den längsta. Ingen restvärdeshantering tillämpades, i stället fördelades den totala klimatpåverkan proportionellt utifrån hur stor del av en produkts tekniska livslängd som faktiskt har utnyttjats i det aktuella systemet enligt formel 3.2.7.

$$CO_2-ekv_{använt} = \left(\frac{CO_2-ekv_{totalt}}{i_{tl}} \right) \cdot i_{använt} \quad (3.2.7)$$

Där

$CO_2-ekv_{använt}$ = Klimatpåverkan under den faktiska användningstiden [kg/CO₂ - ekv]

CO_2-ekv_{totalt} = Total klimatpåverkan under hela tekniska livslängden

i_{tl} = Teknisk livslängd [år]

$i_{använt}$ = Faktisk användningstid i systemet [år]

3.2.6 Ekonomi

Kostnader för material och installation per meter för ledningsnätet har hämtats från Wikells sektionsdata VS 2024.10, se bilaga 7.4. Liksom för effektförlusterna multiplicerades och adderades kostnaderna för alla rördelar för att få den totala

kostnaden. Då kostnaderna för luftvärmepump och ackumulatortank inte fanns tillgängliga i Wikells sektionsdata VS 2024.10 har dessa i stället inhämtats genom telefonsamtal med tillverkarna via J. Persson på Mitsubishi Electric (personlig kommunikation, 15 april 2025) respektive J. Sandberg på BoRö AB (personlig kommunikation, 15 april 2025).

För att få en mer rättvisande bild av de ekonomiska konsekvenserna över tid så genomfördes en livscykelkostnadsanalys (LCC) (Energimyndigheten, 2017). LCC:n omfattar både investeringskostnader (material och installation), driftkostnader samt eventuella underhålls- och återinvesteringskostnader under systemens livslängd. De totala kostnaderna diskonteras till ett nuvärde med hjälp av en vald kalkylränta. På så vis kan olika lösningar jämföras utifrån deras totala ekonomiska påverkan under den antagna livslängden snarare än enbart initiala kostnader. För att beräkna nettonuvärdet (NNV) och totalkostnaden används formel 3.2.8. För att beräkna kostnaden kopplat till den tid som produkten faktiskt använts, nyttjas samma metod som i formel 3.2.7.

$$NNV = C_0 + \sum_i^n \frac{C_i}{(1+p)^i} \quad (3.2.8)$$

Där

C_0 = Investeringskostnad (grundinvestering)

i = År

C_i = Årskostnaden för år i

p = kalkylräntan

Då kalkylräntan var svår att uppskatta sätts den till 7 % men det genomförs en känslighetsanalys inom spannet 5–10 % (Karlsson m.fl., 2024). Elpriset ansätts till 1,5 kr/kWh enligt statistik från Statistiska centralbyrån (Statistikdatabasen, 2024).

Eventuellt ökade effektoppar till följd av alternativa lösningar kommer inte beaktas i analysen, vilket innebär att LCC-resultaten i första hand kommer att fokusera på investeringskostnader och energianvändning även prisjustering utöver inflation på elpriser tas hänsyn till.

Modellen av genomströmningsvärmare som använts för beräkningar är Metro Minex 11E som har en effekt på 11 kW. Den kräver särskild elinstallation, men kostnader för eldragnings och andra elrelaterade anpassningar har inte inkluderats i kostnadsberäkningarna. Även kostnad för genomströmningsvärmaren inklusive installation hämtades från Wikells sektionsdata.

3.2.7 Referensobjekt

För att säkerställa att de metoder och beräkningar som använts i arbetet är rimliga och ger ett tillförlitligt resultat har ett referensobjekt nyttjats. Syftet med referensobjektet är att fungera som en kontrollpunkt där resultatet kan jämföras med mer standardiserade och förenklade förutsättningar. Detta möjliggör validering av de metoder som tillämpats i det huvudsakliga studieobjektet och minskar eventuellt risken för att resultaten påverkas av orimliga eller svårbedömda faktorer.

Det valda referensobjektet är Byggnad 103 i Trollhättan, byggnaden huserar till stor del kontorslokaler likt Entré Kallebäck (Malmberg, 2023). Byggnadens A_{Temp} är 9 786 m² exklusive garage. Då uppgift om VV-förbrukning saknas beräknas den enligt förbrukningen av VV på Entré Kallebäck med ekvation 3.2.9.

$$VV^{Ref} = \left(\frac{VV^{Kallebäck}}{A_{Temp}^{Kallebäck}} \right) \cdot A_{Temp}^{Ref} \quad (3.2.9)$$

Där

VV^{Ref} = VV-förbrukning i referensobjektet [l]

$VV^{Kallebäck}$ = VV-förbrukning i Entré Kallebäck [l]

$A_{Temp}^{Kallebäck}$ = A_{Temp} för Entré Kallebäck [m²]

A_{Temp}^{Ref} = A_{Temp} för referensobjektet [m²]

Referensobjektet är utformat med en mer traditionell planlösning vilket i detta fall innebär att installationerna, speciellt VVC-systemet, har kortare ledningssträckor än i det primära objektet. Resultaten från beräkningarna för Entré Kallebäck ligger som grund för den valda metoden för beräkningarna av energiförluster i referensobjektet. VVC-förlusterna togs fram med tre metoder: utifrån schablonvärdet 7,5 W/m, VVC-förlusterna från fastighetens energideklaration (Malmberg, 2023), E_{VVC}^{ed} , och med ekvation 3.2.3 med flöde och temperaturer som fanns givna på ritningarna.

Värmeförluster från VVC i energideklarationen beräknades genom en likadan mätning som genomfördes i undercentralen i Entré Kallebäck (A. Malmberg, personlig kommunikation 19 maj 2025). Energiförlusten E_{VVC}^{ed} beräknades därför genom att subtrahera samma brukarindata som i kapitel 3.2.3.1, $2/\eta_{tvv}$ kWh/m² A_{Temp} , från posten för total energi till tappvarmvatten. Verkningsgraden $\eta_{tvv} = 1$ i det här fallet eftersom uppvärmningsmetoden är fjärrvärme. Jämförelsen med byggnadens totala energianvändning gjordes med samma metod som i kapitel 3.2.3.2; E_{VVC}^{ed} byttes ut mot E_{VVC} för respektive metod i den totala energianvändningen. Förbrukningen av tappvarmvatten antogs motsvara den specifika förbrukningen (l/ A_{Temp} /år) som redovisas för Entré Kallebäck. Genom att använda denna referens kunde en

jämförelse göras av förbrukning och energiförluster, vilket i sin tur kan påvisa om resultaten för Entré Kallebäck riskerar att vara orimliga. Enligt ritningar för referensobjektet är VVC-systemets utgående temperatur efter VVX 55 °C och returtemperaturen 50 °C med ett flöde på 0,12 l/s. Uppmätta rörlängder på ritningar är totalt cirka 350 meter för VV och VVC se bilaga 7.5.

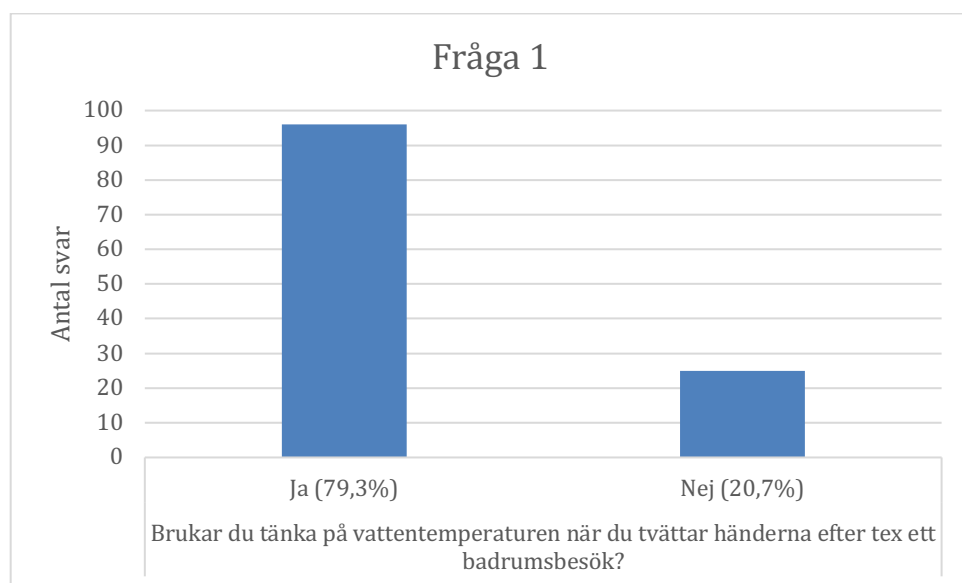
4 Resultat

I detta avsnitt redovisas de resultat som framkommit baserat på tidigare beskrivna teorier och metoder.

4.1 Enkätstudie

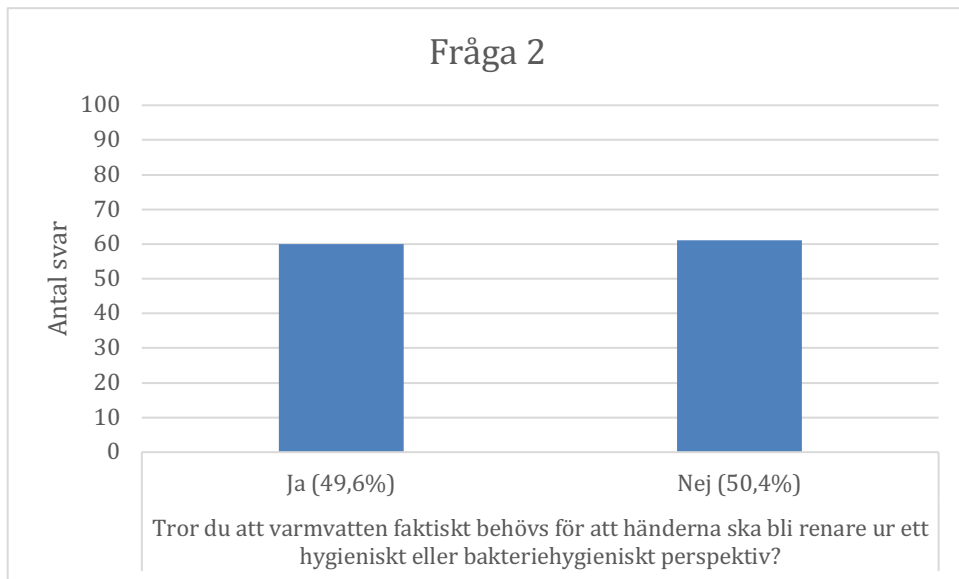
Totalt inkom 121 enkätsvar. Syftet var enligt tidigare att undersöka hur människor förhåller sig till vattentemperatur vid handtvätt. Speciellt i förhållande till upplevd hygien, vardagsvanor och möjligheten att förändra beteende utifrån miljömässiga och ekonomiska incitament.

Kopplat till hur medvetna respondenterna var om vilken temperatur de normalt tvättar händerna i ställdes frågan ”Brukar du tänka på vattentemperaturen när du tvättar händerna efter tex ett badrumsbesök?”. Här svarade 79,3 % av respondenterna ja. Resultatet tyder på att en majoritet har någon form av medvetenhet kring vattentemperaturen i samband med handtvätt. Resultatet av fråga 1 presenteras i Figur 4.1.1.



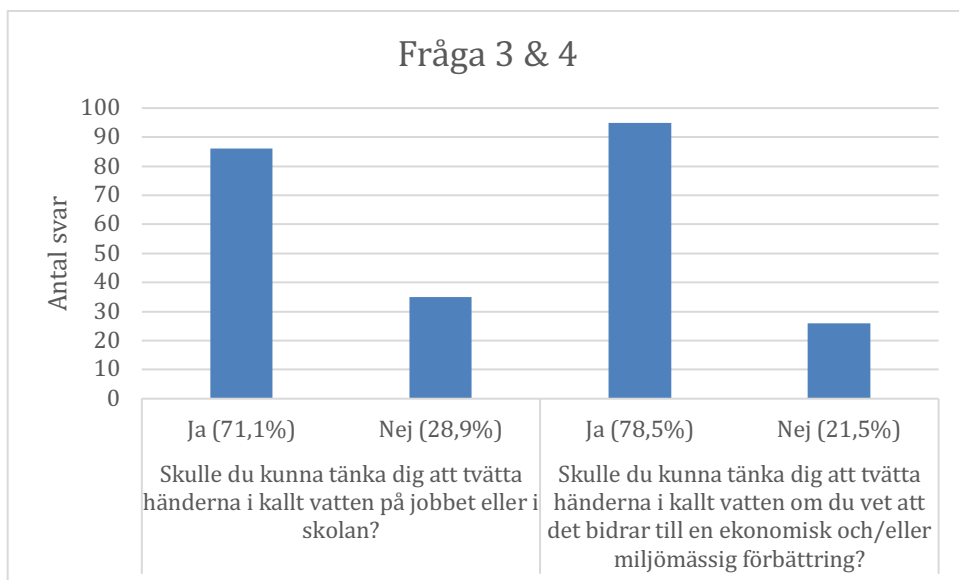
Figur 4.1.1. Diagram som presenterar fråga och antal ja respektive nej svar för fråga 1. Felmarginalen är beräknad till $\pm 7,2\%$.

Vidare ställdes frågan: ”Tror du att varmvatten faktiskt behövs för att händerna ska bli renare ur ett hygieniskt eller bakteriehygieniskt perspektiv?” som 49,6 % av respondenterna svarade ja på. Resultatet indikerar att ungefär hälften av de svarande har en uppfattning att VV är viktigt för handhygien. Resultatet av fråga 2 presenteras i Figur 4.1.2. Detta står i kontrast till viss forskning där studier har påvisat att vattentemperatur har ingen eller liten betydelse för bakteriereduktionen utan att det är handtvål och mekanisk friktion som har stor betydelse (Jensen m.fl., 2017).



Figur 4.1.2. Diagram som presenterar fråga och antal ja respektive nej svar för fråga 2. Felmarginalen är beräknad till $\pm 8,9\%$.

För att undersöka respondenternas benägenhet att acceptera kallt vatten vid handtvätt ställdes frågan ”Skulle du kunna tänka dig att tvätta händerna i kallt vatten på jobbet eller i skolan?” för att sedan följas upp med frågan ”Skulle du kunna tänka dig att tvätta händerna i kallt vatten om du vet att det bidrar till en ekonomisk och/eller miljömässig förbättring?”. På fråga tre svarade 71,1% ja, vilket indikerar att en relativt stor del av respondenterna är positivt inställda till att ändra sitt beteende kopplat till handtvätt utanför sin hemmamiljö. Resultatet av fråga 3 och 4 presenteras i Figur 4.1.3.



Figur 4.1.3. Diagram som presenterar fråga och antal ja respektive nej svar för fråga 3 och 4. Felmarginalen är beräknad till $\pm 8,1\%$ respektive $\pm 7,3\%$.

När samma fråga sedan kompletterades med ett incitament ”Skulle du kunna tänka dig att tvätta händerna i kallt vatten om du vet att det bidrar till en ekonomisk och/eller miljömässig förbättring?” steg andelen ja-svar med 7,4 procentenheter.

4.2 Fallstudie

I denna del presenteras resultaten av beräkningarna för Entré Kallebäck och därefter referensobjektet.

4.2.1 VVC-förluster och förbrukning av tappvarmvatten

VVC-ledningarna uppmättes till cirka 520 m, se bilaga 7.2. VV-ledningarna antogs vara lika långa varför minst 1040 m rör inte skulle behövas om VV med VVC uteslöts vid projektering. E_{VVC} uppmätt och beräknad enligt metoderna och källorna i kapitel 3.2 presenteras i Tabell 4.2.1. Med de uppmätta förlusterna kan noggrannheten i de teoretiska metoderna därmed jämföras.

Tabell 4.2.1 Energianvändning från VVC, E_{VVC} , enligt olika metoder

Metod	Energianvändning [kWh/år]
Schablonvärde	67 829
Uppmätt effekt i VP1	61 250
E_{VVC}^{ed}	61 000
E_{VVC}^{ber}	52 854
Ekvation (3.2.1)	52 008
PAROC® Calculus	49 359

VV-förbrukningen beräknades till cirka 539 m³/år. Motsvarande E_{VV}^{ber} är 28 182 kWh/år och cirka 1,5 kWh/m² A_{temp}.

4.2.2 Total energianvändning

$E_{VV} + E_{VVC}$ jämfördes med byggnadens totala energianvändning. Den totala elanvändningen 2023 var 431 026 kWh varav 52 641 kWh till VV+VVC (Malmberg, 2024). Absolut energi och som andel av byggnadens totala energianvändning och beräknat från $E_{VV}^{ber} + E_{VVC}^{ber}$ presenteras i Tabell 4.2.2 och Tabell 4.2.3.

Tabell 4.2.2 Producerad energi till VV+VVC enligt energideklarationen och uppmätta värden

	Energideklarationen	Uppmätta värden
Total energianvändning [kWh/år]	761 052	735 660
E_{VVC} [kWh/år]	61 000	52 854
Andel VVC av total energianvändning 2023 [%]	8,0	7,2
$E_{VV} + E_{VVC}$ [kWh/år]	98 282	81 036
Andel VV+VVC av total energianvändning 2023 [%]	12,9	11,0

Observera att olika verkningsgrader har använts i energideklarationen respektive vid beräkning av elenergi till VVC varför diskrepanserna mellan de värdena är stora i Tabell 4.2.3.

Användningen baserat på uppmätta värden var som mest 29 % mindre än energideklarationen för elenergi (VVC-förluster) och 18 % för producerad energi (VV+VVC-förluster).

Tabell 4.2.3 Elenergi till VV+VVC enligt energideklarationen och uppmätta värden

	Energideklarationen	Uppmätta värden
Total elenergianvändning [kWh/år]	431 026	416 501
Elenergi till VVC [kWh/år]	34 000 ^(a)	24 025 ^(b)
Andel VVC av total elenergianvändning 2023 [%]	7,9	5,8
Elenergi till VV+VVC [kWh/år]	52 641 ^(a)	38 116 ^(b)
Andel VV+VVC av total elenergianvändning 2023 [%]	12,2	9,2

(a) COP = 1,8 hos VP1

(b) COP = 2,2 hos VP1

4.2.3 Alternativ till VVC

Genomströmningsvärmarens energianvändning uppskattades bli samma som E_{VV}^{ber} , 28 182 kWh/år. Skulle det nuvarande VV-systemet i Entré Kallebäck ersättas med sådana beräknades minskningen i elenergi för byggnaden bli cirka 9 933 kWh/år, differensen mellan $E_{el,VV+VVC}^{ber}$ och E_{VV}^{ber} . Minskningen i elenergianvändning motsvarar 26 % av $E_{el,VV+VVC}^{ber}$ och 2,4 % av den totala elenergianvändningen (beräknad från uppmätta värden). Med det ansatta elpriset på 1,5 kr/kWh skulle minskningen i elenergi göra att driftkostnaderna minskar med 14 901 kr/år, ned från den nuvarande beräknade på 57 173 kr/år för $E_{el,VV+VVC}^{ber}$.

Fjärrvärmepriset enligt fjärrvärmekalkylatorn blev 838 kr/MWh. Driftkostnaden med fjärrvärme som värmekälla beräknades därefter till 67 908 kr/år, cirka 10 734 kr mer än nuvarande uppvärmningsmetod per år. Alltså är VP en förhållandevis effektiv uppvärmningsmetod.

Känslighetsanalysen påvisar att det finns risk att årsbesparingen under andra förutsättningar kan bli en kostnad i stället. Det är framför allt om COP skulle vara högre än 3 vid nuvarande VV-förbrukning eller om tappvattenförbrukningen skulle öka med 50 % baserat på den nuvarande förbrukningen. Tabell 4.2.4 visar de olika alternativens årliga driftkostnader baserat på olika COP eller förändring i VV-förbrukning.

Tabell 4.2.4. Känslighetsanalys av årlig driftkostnad av befintligt och alternativt system

COP	VV-förbrukning andel av befintligt [%]	Totalkostnad [kr]		Besparing [kr]
		Befintligt system	Alternativt system	
1,5	50	66 945	21 136	45 809
1,5	100	81 036	42 272	38 764
1,5	200	109 218	84 545	24 673
2,2	50	45 644	21 136	24 508
2,2	100	55 252	42 272	12 979
2,2	200	74 467	84 545	-10 078
3,0	50	33 473	21 136	12 336
3,0	100	40 518	42 272	-1 754
3,0	200	54 609	84 545	-29 936

4.2.4 Ekonomi

Den initiala investeringskostnaden för VV och VVC-systemet redovisas i Tabell 4.2.5 där även den tekniska livslängden går att utläsa.

Tabell 4.2.5. Kostnader för befintligt vvc-system.

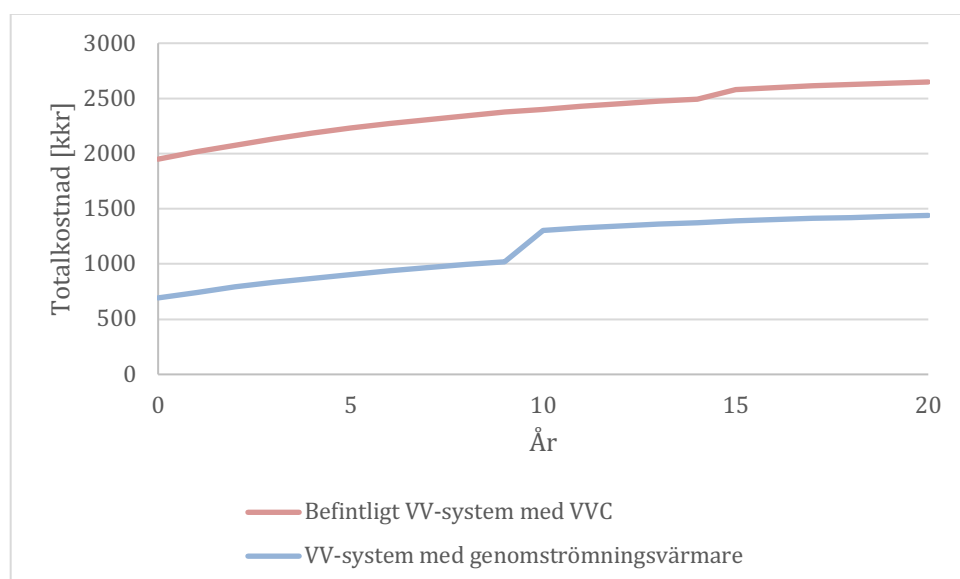
Komponent	Styckpris [kr]	Antal [st]	Summa [kr]	Teknisk livslängd [år]
Rör & Isolering	Bilaga 7.4	Bilaga 7.4	849 817	30–60
TQ-750	50 000	4	200 000	20
QAHV-N560	450 000	2	900 000	15
Totalkostnad			1 941 817	

Investeringskostnaden för det alternativa systemet, Tabell 4.2.6 redovisar den initiala investeringskostnaden. Det går att utläsa att den kostnaden är ca 1,2 miljoner kronor billigare.

Tabell 4.2.6 Kostnader för alternativt VV-system med genomströmningsvärmare

Komponent	Styckpris [kr]	Antal [st]	Summa [kr]	Teknisk livslängd [år]
Minex 11e	5500	128	704 000	10
Totalkostnad			704 000	

Med en kalkylränta på 7 % och ett elpris på 1,5 kr/kWh så blir den nuvärdesberäknade totalkostnaden för det befintliga systemet med en tillsatt livslängd på 20 år cirka 2 587 000 kr medan för det alternativa systemet blir totalkostnaden cirka 1 510 000 kr, för denna beräkning har formel 4.2.5 nyttjats. Grundinvestering och återinvesteringar finns illustrerade i Figur 4.2.1. Således är den totala nettonuvärdesbesparingen om man inte projekterar eller installerar VV med VVC och endast nyttjar kallvatten ca 2,5 miljoner kronor under en tidsperiod på 20 år.



Figur 4.2.1 Nuvärdesberäknad totalkostnad med återinvesteringar och driftkostnad.

Känslighetsanalysen i Tabell 4.2.7 prövar båda fallen med olika kalkylräntor och elpriser under samma tidsperiod, även under dessa ändrade förutsättningar fortsätter det alternativa systemet med genomströmningsvärmare vara billigare.

Tabell 4.2.7. Känslighetsanalys av LCC med varierande kalkylränta och elpris.

		Totalkostnad [kkkr]		
Kalkylränta	Elpris [kr/kWh]	Befintligt system	Alternativt system	Skillnad i totalkostnad mellan befintligt och alternativt system [kkkr]
5 %	1,0	2 561	1 487	1 074
5 %	1,5	2 799	1 663	1 136
5 %	2,0	3 036	1 839	1 198
7 %	1,0	2 454	1 360	1 094
7 %	1,5	2 656	1 510	1 147
7 %	2,0	2 858	1 659	1 199
10 %	1,0	2 338	1 215	1 123
10 %	1,5	2 500	1 335	1 165
10 %	2,0	2 663	1 455	1 207

4.2.5 Klimatpåverkan

Den totala klimatpåverkan för driften av det befintliga VVC-systemet uppgår till cirka 800 kg CO₂-ekv per år om svensk elmix nyttjas. De totala utsläppen för installation av systemet är cirka 7 300 kg CO₂-ekv, se Tabell 4.2.8.

Tabell 4.2.8. Klimatpåverkan installation av befintligt system med VVC.

Produkt	Antal	Kg CO ₂ -ekv Normal	Kg CO ₂ -ekv Konservativt	Livslängd [år]
Rör	Bilaga 7.2	514	789	
Isolering	Bilaga 7.2	261	328	
QAHV-N560 YA HPB	2	4 846		15
TQ-750	4	1 690		20
Totalt utsläpp [kg/CO ₂ -ek]		7 312	7 653	

Den totala klimatpåverkan i installationen för det alternativa systemet med genomströmningsvärmare är ca 4000 Kg CO₂-ekv, se Tabell 4.2.9.

Tabell 4.2.9. Klimatpåverkan installation av alternativt system med genomströmningsvärmare.

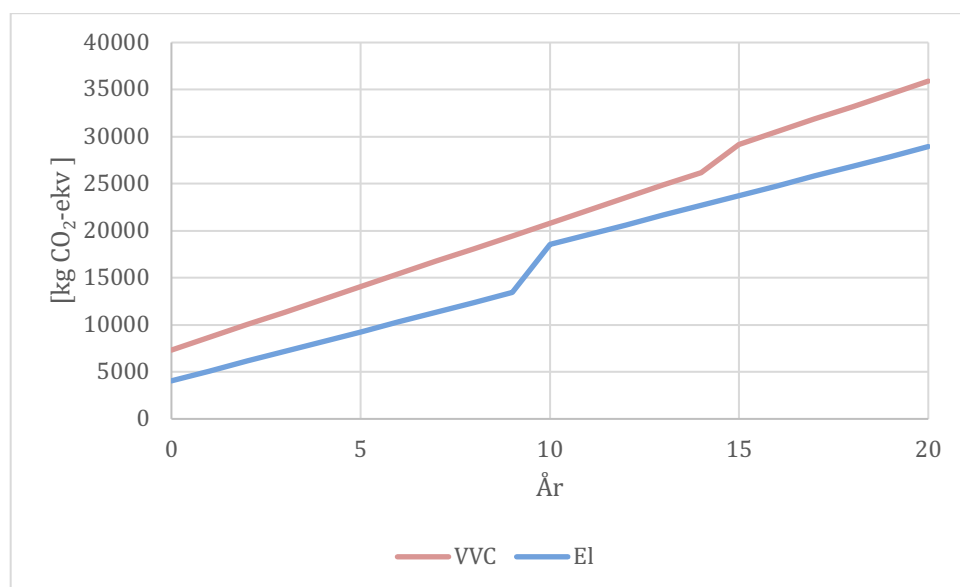
Produkt	Antal	Kg CO ₂ -ekv	Livslängd [år]
Clage CEX-U	128	4 045	10

De totala utsläppen beräknat över 20 år med återinvesteringar i skede A1-A3 samt användningskede presenteras i Tabell 4.2.10.

Tabell 4.2.10. Klimatpåverkan över en tidsperiod av 20 år med återinvesteringar och drift.

	VVC [kg CO ₂ -ekv.]		Alternativ lösning [kg CO ₂ -ekv.]	
	Konservativt	Normalt	Konservativt	Normalt
Rör	789	514	0	0
Isolering	328	262	0	0
Tekniska komponenter	8 152	8 152	8 090	8 090
Totalt A1-A3	9 269	8 927	8 090	8 090
El	26 971	26 971	20 854	20 854
Totalt A1-A3 + Användningsskede	35 899	34 659	28 944	28 944

Figur 4.2.2 redovisar utsläppen över en tidsperiod över 20 år med den befintliga VV-förbrukningen. För att slippa restvärdesberäkningar har formel 4.2.4 nyttjats. Det går att utläsa både i Tabell 4.2.10 och Figur 4.2.2 att klimatpåverkan uttryckt i CO₂-ekv är lägre i den alternativa lösningen med genomströmningsvärmare. Således är den totala möjliga besparingen av att vid projektering och installation inte nyttja VV med VVC utan gå på den alternativa lösningen, över en 20-årsperiod ca 5 ton CO₂-ekv.



Figur 4.2.2 Graf över klimatpåverkan över tid med återinvesteringar och drift.

4.2.6 Referensobjekt

VVC-ledningarna i referensobjektet uppmättes till ca 175 m, se bilaga 7.5. VV-ledningarna antogs vara lika långa vilket resulterar i en total rörlängd på 350 m (VV +

VVC). Energiförlusten E_{VVC} uppmätt och beräknad på olika sätt presenteras i Tabell 4.2.11.

Tabell 4.2.11. *Energianvändning från VVC, E_{VVC} , för referensobjektet enligt olika metoder*

Metod	Energianvändning [kWh/år]
E_{VVC}^{ed}	34 548
Schablonvärde	22 745
E_{VVC}^{ber}	21 970

Byggnadens totala energianvändning enligt energideklarationen är 493 464 kWh, E_{VVC} som andel av den har också beräknats och redovisas i Tabell 4.2.12.

Tabell 4.2.12. *E_{VVC} som andel av total energianvändning i Byggnad 103.*

Metod	Total energianvändning [kWh/år]	Andel E_{VVC} av total energianvändning [%]
E_{VVC}^{ed}	493 464	7,0
Schablonvärde	481 661	4,7
E_{VVC}^{ber}	480 886	4,6

Uppskattad VV-förbrukning för byggnad 103 beräknad enligt formel 3.2.9 är ca 283 m³ per år. Med samma uppvärmningsmetod som för VV i Entré Kallebäck har den totala årliga driftkostnaden av systemet med ett elpris på 1,5 kr/kWh beräknats till 25 066 kr vilket även blir den årliga besparing som är möjlig om VV med VVC skulle slopas. I detta fall så skulle ett byte av uppvärmningsmetod av vattnet till genomströmningsvärmare leda till en kostnad av VV uppvärmning till 22 191 kr per år. Observera att dessa beräkningar är under förutsättning att samma uppvärmningsmetod av vattnet nyttjas som det befintliga i entré Kallebäck.

Återigen har en känslighetsanalys genomförts för att kontrollera vad som händer med den potentiella besparingen om COP och mängden VV som används förändras. I detta fall skulle det räcka med en ökad vattenförbrukning med ca 20 % för att det inte längre skulle vara en besparing och i stället skulle bli en kostnad och återigen så krävs det ett COP på cirka 3,0 för att se samma resultat där. Resultaten av känslighetsanalysen presenteras i Tabell 4.2.13.

Tabell 4.2.13. Känslighetsanalys för årlig driftkostnad av det referensobjektet Byggnad 103 i Trollhättan.

COP	VV-förbrukning andel av befintligt [%]	Totalkostnad [kr]		Besparing [kr]
		Befintligt system	Alternativt system	
1,5	50	29 367	11 096	18 271
1,5	100	36 765	22 192	14 573
1,5	200	51 559	44 384	7 176
2,2	50	20 023	11 096	8 927
2,2	100	25 067	22 192	2 875
2,2	200	35 154	44 384	-9 230
3,0	50	14 684	11 096	3 588
3,0	100	18 382	22 192	-3 810
3,0	200	25 780	44 384	-18 604

4.3 Övrig konsekvensanalys

Utöver konsekvenser med avseende på komfort och ekonomi från avlägsnandet av VV i tappvattensystemet tillkommer ytterligare identifierade konsekvenser som behandlas kortfattat nedan.

4.3.1 Legionellainfektion

Enligt statistik över fall av legionellainfektion i Sverige (Folkhälsomyndigheten, u.å.) är andelen fall där smitta från tappvatten på arbetsplats har bekräftats försvinnande liten, se Tabell 4.3.1. Statistiken gäller för alla arbetsplatser, den finns inte begränsad till kontor och skolor. Under perioden 2010–2023 (saknas statistik efter 2023) har totalt tre fall smittspårats till arbetsplatser, alla dessa har dock inträffat sedan 2019 varför jämförelsen också görs för den perioden i Tabell 4.3.1.

Tabell 4.3.1. Antal och andelar fall av legionellainfektion

Period		2010–2023	2019–2023
Totalt antal fall		2 254	894
Alla fall med smittkälla	Antal	113	50
	Andel av totalt antal fall	5,0 %	5,6 %
Fall med smittkälla på arbetsplats	Antal	3	3
	Andel av fall med smittkälla	2,7 %	6,0 %

4.3.2 Vattenläckage

Det färre antalet komponenter i tappvattensystemet som avlägsnandet av VVC medger innebär en minskad risk för läckage i systemet. Enligt Vattenskadecentrums (2024) senaste rapport skedde 62 % av vattenskador i byggnader i Sverige 2023 på

grund av läckor i ledningssystemet, knappt 20 000 fall. Av dessa kunde 11 % härledas till VV, motsvarande 6,8 % av alla vattenskador.

Det har inte funnits statistik på läckor på grund av VV-systemet för just kommersiella fastigheter men andelen av alla vattenskador som skedde i sådana var cirka 20 % (Vattenskadecentrum, 2024). Kostnaderna för vattenskador i kommersiella fastigheter uppgick till nästan 1,5 miljarder kronor för försäkringsbolag, det vill säga exklusive självrisker och byggnader utan försäkring. Antas andelen skador på grund av VV vara samma i kommersiella fastigheter som för alla byggnader kostar dessa över 100 miljoner kronor varje år. Eftersom det inte behövs några VV-ledningar med genomströmningsvärmare hade den kostnaden kunnat reduceras om sådana använts i högre utsträckning.

4.3.3 Skållning

En konsekvens av den höga temperaturen på VV som behövs för att döda legionellabakterier är en risk för skållning, brännskador på grund av kontakt med varm vätska. Eftersom genomströmningsvärmare bara värmer upp vattnet som används i tappstället finns ingen risk för legionellatillväxt som styr temperaturen på VV. Sätts den till exempel till 35 °C, elimineras risken för skållning från VV-systemet.

Det har inte gått att finna statistik på skållningsskador på grund av VV i Sverige. Enligt statistik från National Health Service (NHS England Digital, 2024), Storbritanniens sjukvårdsmyndighet, gav skållningsskador från kontakt med VV upphov till 624 vårdtillfällen år 2023. Totalt antal vårdtillfällen var 17 560 128 vilket innebär att vårdtillfällen på grund av skållningsskador utgör 0,00036 %. Antas lika stor andel av vårdtillfällena i Sverige (1 177 553 år 2023 (Socialstyrelsen, 2024)) bero på skållningsskador skulle det motsvara 42 fall. Samtidigt visade Harrison & Steel (2006) på att antalet fall av skållningsskador på grund av VV i Australien var 5,7 per 100 000 män och 3,0 per 100 000 kvinnor, det skulle motsvara totalt 461 fall utgående från Sveriges befolkning (Statistiska centralbyrån, 2025). Det är svårt att dra slutsatser om troliga andelar fall när statistiken skiljer sig i sådan grad.

Hur många fall av skållningsskador som sker på arbetsplatser framgår inte av källorna i förra stycket. Enligt Socialstyrelsen (1999) skedde 14,1 % av olycksfall (alla kategorier) i produktions-, verksamhets-, butiks-, handels-, service-, institutionsområde, skola eller offentliga lokaler. Eftersom dessa inte enbart innefattar lokaler som är det främsta fokuset i den här rapporten, kontor och skola, blir det svårt att uppskatta hur många fall som faktiskt inträffar i sådana. Därmed blir det liksom för legionella svårt att uppskatta hur betydelsefull minskningen i skållningsrisk skulle bli med genomströmningsvärmare.

5 Diskussion

Avsnittet sammanfattar slutsatser och reflektioner utifrån det insamlade materialet och de teoretiska grunderna.

5.1 Regler och standarder

Enligt nuvarande regler medger Arbetsmiljöverket inte arbetsplatser utan varmvatten vid tvättplatser. Utöver dessa krav finns det endast krav om väntetid för hur snabbt varmvatten ska tillgodoses, en liberal tolkning av detta innebär att om det inte finns varmvatten behövs således väntetiden inte tas i beaktande.

Det är inte helt tydligt huruvida tvättplats är synonymt med tvättställ i AFS 2023:12. En liberal tolkning av minimikravet (50 §, kap. 3) skulle kunna vara att det räcker med en tvättplats per toalettgrupp och att resten av tvättbehovet tillgodoses med tvättställ utan varmvatten (som inte definieras som tvättplats). För stora delar av Entré Kallebäck som bara har en toalettgrupp per kontor gäller alltså ändå att varmvatten måste finnas till dessa. För att kunna bedöma om denna tolkning är rimligt bör en jurist konsulteras.

5.2 Handhygien och komfort

En av frågorna i detta arbete har varit om varmvatten verkligen behövs för att tvätta händerna eller om användandet av varmvatten för handtvätt huvudsakligen sker av komfortskäl eller vana. Som framgår i kapitel 2.7 så finns det ingen tydlig evidens för att varmvatten har en viktig roll ur hygieniskt perspektiv, utan det är friktion och tvål som utgör den centrala delen (Folkhälsomyndigheten, 2022; Jensen m.fl., 2017).

Enkäten som genomförts visar dock att ungefär hälften av respondenterna tror att varmvatten krävs för att händerna skall bli rena vid handtvätt. Detta resultat speglar en utbredd uppfattning om varmvatten som en förutsättning för god handhygien. Att denna föreställning är så pass etablerad att den även återfinns i viss officiell kommunikation förstärker denna bild. Exempelvis anges det på en av Folkhälsomyndighetens informationssidor kopplat till handtvätt under covid att händerna skall tvättas i varmt vatten (Folkhälsomyndigheten, 2020). I e-postkonversation med Olle Aspevall (personlig kommunikation, 2 februari 2025), utredare och överläkare på Folkhälsomyndigheten framkom dock att denna uppgift inte bygger på någon särskild rekommendation utan kommit med av en tillfällighet. Aspevall meddelade att det skulle utredas huruvida den informationen skulle tas bort från den specifika informationssidan.

Detta visar vikten av tydlig och konsekvent information som kopplar till handhygien, särskilt i samband med en eventuell förändring där endast kallvatten tillhandahålls.

Om en övergång till kallvattenhandtvätt i vissa miljöer skall kunna genomföras med bibehållen hygienstandard och acceptans bland användarna krävs det sannolikt ett aktivt arbete med att korrigera och förtydliga vad som faktiskt gäller. Att förtydliga att det inte finns något hygieniskt behov av varmvatten vid handtvätt, exempelvis genom att ha tydligare riktlinjer på samtliga officiella kanaler och eventuellt även informationsposters på platser där man kan tänkas nyttja kallvattenhandtvätt.

Samtidigt visar resultaten att hela 71 % av respondenterna kan tänka sig att tvätta händerna i kallvatten i en skol- eller arbetsmiljö. Denna andel ökade till 78,5 % när ett miljömässigt eller ekonomiskt incitament tillfördes. Detta tyder på att viljan till ett förändrat beteende kopplat till handtvätt finns, särskilt när nyttan tydligt kommuniceras.

Den beräknade felmarginalen i enkätstudien uppgår som mest till 9 %. Även om detta överskrider den felmarginal som är eftersträvas i liknande studier, bedöms den inte haft en avgörande påverkan i de övergripande slutsatserna. Resultatets riktning och huvudsakliga tendenser bedöms förbli stabila trots denna felmarginal.

Slutsatsen är att varmvatten vid handtvätt framför allt handlar om användarkomfort. I de fall komforten inte är avgörande eller där användarna är medvetna om klimat och/eller kostnadsfördelar finns det goda möjligheter att utesluta varmvattnet utan att kompromissa med hygien. Detta förstärks ytterligare av en enkät som genomförts av studenter på Malmö universitet som visar att endast 50 % av deras respondenter tvättar sina händer i varmvatten i en kontorsmiljö (Sjögren & Schüler, 2022).

5.3 Energijämförelse

De olika metoder som har nyttjats för att ta fram E_{VVC} påvisar att metoderna i sig är fungerar men det går inte att utläsa någon signifikans till vilken som egentligen är bäst. Det går att säga att det schablonmässiga värdet på 7,5 w/m ger en indikation om vilken storhet E_{VVC} kan förväntas ligga på.

Jämförelsen mellan energianvändningen för VVC och genomströmningsvärmare är inte helt rättvis eftersom delar av E_{VVC} bidrar till uppvärmningen av byggnaden. Därmed minskar energin som går direkt till uppvärmning, upp till 70 % av E_{VVC} kunde tillgodoräknas som värme enligt en källa. Samtidigt gäller det endast den tiden som byggnaden behöver värmas, det vill säga inte på sommaren eller under natten. Användning av energi för att kyla bort värmeöverskott sommartid samtidigt som E_{VVC} värmer byggnaden gör i stället förlusten dubbel. Tappvattensystemets design påverkar också VVC-förlusternas möjlighet att värma, till exempel är VVC-ledningarna som är förlagda i stammar mer isolerade och hjälper inte den som sitter vid skrivbordet intill fönstret. Utöver att den nyttiga värmen från E_{VVC} är mer än ingenting är det svårt att uppskatta hur mycket värme som faktiskt är nyttig. Under förutsättningen att ingen E_{VVC} nyttjas som värme i Entré Kallebäck beräknades elenergibesparingen om

varmvatten skulle värmas med genomströmningsvärmare bli cirka 9 933 kWh/år. Det motsvarar 26 % av elenergin som idag går till varmvatten och VVC och 2,4 % av byggnadens totala nuvarande elenergianvändning.

Skillnaden i energianvändning mellan energideklarationen och E_{VV+VVC}^{ber} var delvis betydande. Som mest var användningen baserat på uppmätta värden 29 % mindre än energideklarationen för elenergi (VVC-förluster) och 18 % för producerad energi (VV+VVC-förluster). Möjliga förklaringar till det här är att olika verkningsgrader (COP) användes vid beräkning av elenergi till VVC och att olika indata för varmvattenförbrukningen användes. Enligt BFS 2016:12 sätts energiförlusten från varmvattenförbrukningen schablonmässigt till $2/\eta_{tvv}$ kWh/m² A_{temp} och år. E_{VV}^{ber} motsvarar cirka 25 % lägre energiförlust än detta vilket indikerar en låg varmvattenförbrukning i Entré Kallebäck.

Den beräknade andelen som VVC stod för i Entré Kallebäck's totala energiförbrukning var mellan 7–8 % beroende på metod. Detta ligger helt klart i linje med den studie som påvisar att VVC kan stå för 7–15 % av en byggnads totala energianvändning (Burk m.fl., 2022). I Byggnad 103 (referensobjektet) står VVC för mellan 5–7 % av den totala energianvändningen och förstärker således det påståendet. Detta visar att båda dessa byggnader har energieffektiva varmvattensystem. Att genomströmningsvärmare ändå befanns sänka driftkostnaderna talar för att genomströmningsvärmare i det generella fallet, där andelen VVC-förluster hade kunnat vara större, skulle spara mer energi.

5.4 Ekonomi och klimat

Kopplat till de ekonomiska aspekterna i arbetet så påvisar de beräkningar som genomförts på Entré Kallebäck att det finns besparingar att göra kopplat till VVC. Skulle man inte installerat varmvattensystem så hade det funnits nästan två miljoner kronor att spara i installationskostnader utöver årliga driftkostnaden som ligger runt 60 000 kr. Detta är räknat utan tillfälliga driftstörningar som kan uppstå på grund av problem med installationen som eventuellt kan kräva ytterliga utgifter.

Om man i stället för att installera det befintliga systemet hade valt att projektera för genomströmningsvärmare hade det generellt sett varit ett billigare alternativ, installationskostnaden beräknades bli cirka 1 200 000 kr mindre. Det skulle dessutom innebära lägre påverkan i form av CO₂-ekv både vid drift och installation. Med detta sagt så är det så specifikt till brukandet av byggnaden och COP hos luftvärmepumpen (VP1). Skulle varmvattenförbrukningen stiga från de befintliga mängderna eller om vår bedömning att 20 % av KV motsvarar byggnadens varmvattenförbrukning inte stämmer så ställs denna beräkning på sin kant och det är inte säkert att det skulle ske någon besparing.

Referensobjektet, Byggnad 103, ger indikationer på att det möjligtvis är den låga vattenförbrukningen i Entré Kallebäck som ger resultaten som går att observera. Värmeförlusterna från VVC i byggnad 103 utgör en mindre andel av den totala energianvändningen än i Entré Kallebäck för alla metoder vilket visar att VVC-förlusterna där är förhållandevis stora. Även med den mycket kortare rördragningen för VVC och den mindre värmeförlusten, så får Byggnad 103 samma resultat kopplat till att det hade lönat sig ekonomiskt med hänsyn till driftkostnaden att ursprungligen projektera det med genomströmningsvärmare. Detta är dock baserat på att uppvärmningsmetoden av varmvatten och vattenförbrukningen är lika enligt Entré Kallebäck och endast korrigerad efter A_{temp} .

Skillnaden i driftkostnad avgörs alltså av förhållandet mellan VVC-förluster och energianvändning från varmvattenförbrukning (givet att VVC värms med el). Att hitta en enkel brytpunkt där man kan säga att det kommer att löna sig med genomströmningsvärmare blir således svårt vid projektering där dessa parametrar ofta är okända. Med det sagt så är sannolikheten att VVC-förluster är mycket större än energianvändning från varmvattenförbrukning högre i byggnader som har långt mellan tappställen, till exempel lagerbyggnader och skolor. Dessutom kan man med säkerhet säga att det skulle innebära en ekonomisk och miljömässig besparing om man helt skulle slopa varmvatten. Tappvattensystem utan varmvatten skulle också kunna bidra positivt till byggnadens ekonomi då man eventuellt kan ha mindre schakt och således får en större yta att hyra ut, även om den eventuellt är marginell. Det skulle å andra sidan kunna bidra till en ekonomisk förlust för fastighetsägaren om potentiella hyresgäster skulle välja att hyra lokaler i andra fastigheter för att de inte vill nyttja lokaler utan varmvatten.

5.5 Felkällor

Den genomförda enkäten kan även innehålla flertalet faktorer som påverkar hur respondenterna har svarat. Genomförandet av enkäten skedde på en relativt varm vårdag sett till tidigare dagar under tidsperioden. Detta kan ha lett till att respondenterna har haft en annan inställning jämfört med om underlaget hade samlats in under en kallare dag. Enstaka av de som besvarade enkäten satt även utomhus vilket kan ha bidragit till att det svarade olikt mot hur de övriga svarat, bedömningen är att enkäten borde göras i större omfattning och under en längre tidsperiod för att få mer precisa svar.

Urvalet av respondenter var till stor del unga vuxna som studerar på Chalmers tekniska högskola vilket gör att resultatet möjligen inte är representativt för andra ålder- eller yrkesgrupper. Enkäten gav även respondenten möjligheten att fritt tolka begreppet "kallt vatten" vilket kan ha lett till olika uppfattning om vad som menas med kallt vatten.

Flertalet förenklingar och antaganden har gjorts i arbetet för att möjliggöra beräkningar och jämförelser, till exempel vissa COP ansatts. Även om dessa i förekommande fall har kontrollerats genom flera räknemetoder så finns det alltid en risk för räknefel eller att indata från ritningar och övrig teknisk dokumentation inte stämmer. Med detta som bakgrund så betyder det att man inte blint kan lita på resultaten från beräkningarna utan att dom snarare skall ses som en indikation.

Mätningen av temperaturen i tappvattensystem i Entré Kallebäck skedde på förmiddagen när det rimligtvis var verksamhet i byggnaden som använde varmvatten. Detta skulle kunna ge en förhöjd returtemperatur vid mätningen och innebär en risk för att E_{VVC}^{ber} blev lägre än i verkligheten. Det skulle kunna förklara att den uppmätta effekten i VP1 gav högre energianvändning än E_{VVC}^{ber} . Den verkliga E_{VVC} bör ligga någonstans däremellan. Kopplat till detta så kontrollerades aldrig funktionen av samtliga stammar i Entré Kallebäck vilket betyder att det inte finns några garantier för att systemet är väl injusterat och att samtliga tappställen faktiskt uppfyller kravet om 50 °C.

I metoden för att jämföra energi hos det nuvarande varmvattensystemet med genomströmningsvärmare räknas inte varmvatten som står och svalnar i ledningarna mellan användning med. Vidare beaktas inte att kallvatten värms på väg genom byggnaden till tappstället, så att temperaturskillnaden hade kunnat vara mindre. I praktiken bör alltså alternativet med genomströmningsvärmare förbruka ytterligare något mindre energi än vad som beräknats.

När det kommer till beräkning av CO₂-ekv så är det inte helt precist då det finns flertalet variabler som kan vara avvikande från verkligheten, bland annat så uppger Ökobaudat att det är upp till 20 % felmarginal på uppgiften om ackumulatortank. Likaså spelar valet av elmix en stor roll i den totala klimatpåverkan då utsläppen kan vara både betydligt högre och lägre beroende på elkällan.

5.6 Övrig riskanalys

Det finns ett par positiva konsekvenser med genomströmningsvärmare som inte direkt är med avseende på ekonomi eller energi. Själva uppbyggnaden av varmvattensystem med genomströmningsvärmare medför en reducerad risk för skällning från varmvatten, legionellatillväxt eller ledningsläckage. Samhällsekonomiska kostnader för läckor (som leder till vattenskador) i byggnadsbeståndet visade sig vara stora och är därmed av betydelse för byggnadens ekonomi, vid sidan av investerings- och driftkostnaderna.

För risken för skällning och legionellasmitta saknades till viss del underlag, respektive var mycket litet, bara några enstaka fall kunde konstateras på arbetsplatser. Därför blir det svårt att dra några slutsatser om hur stor risken faktiskt är. Klart är att konsekvenser av genomströmningsvärmare med avseende på skällning eller legionella

i tappvattensystemet är positiva. Däremot är det osäkert hur stor betydelse detta har när den nuvarande risken är okänd.

5.7 Fortsatta studier

För att fortsatt utreda huruvida det kan vara lämpligt att projektera eller bygga om byggnader utan varmvatten med VVC så finns det aspekter värda att undersöka vidare. Eftersom beteende och upplevd komfort visat sig vara viktiga faktorer vore det av stor betydelse att genomföra en fördjupad studie i människors faktiska reaktioner i miljöer där varmvatten helt eller delvis har tagits bort. I den genomförda enkäten testas endast respondentens inställning och attityd till frågan, det finns ingen faktiskt evidens för att personerna som besvarat enkäten reagerar på ett liknande sätt i verkligheten.

Det vore därför eftersträvansvärt att genomföra ett kontrollerat försök där varmvatten stängs av i utvalda hygienutrymmen under en begränsad tidsperiod. Detta skulle möjliggöra en verklig testmiljö där användarreaktioner kan studeras mer på djupet genom intervjuer och fortsatta enkäter och ge mer nyanserade svar än vad vår enkätundersökning har kunnat göra. Utöver detta skulle det vara relevant att undersöka hur beteendemönster förändras där endast exempelvis 50 % av tappställena är utrustade med varmvatten. Denna situation skulle kunna motsvara en kompromisslösning mellan komfort och energieffektivitet om genomströmningsvärmare nyttjas. Det som blir relevant att undersöka då är hur användarmönster kan tänkas förändras och om till exempel personerna som nyttjar lokalerna aktivt söker sig till tvättställ med varmvatten. Om så inte är fallet skulle detta kunna bidra med en minskad varmvattenförbrukning och incitamentet att behovet av varmvatten inte är så stort.

Utöver de användarbaserade upplevelserna skulle det behövas fortsatta studier som knyter an till livscykelkostnad och klimatpåverkan. Det skulle behövas genomföras fördjupade studier i båda dessa där mer aspekter och en större noggrannhet i samtliga ingående komponenter tas i beaktande. Utöver detta bör högre effekttoppar som kan uppstå vid brukande av genomströmningsvärmare och ett mer precis beräknat elpris som baserats på det förväntade elpriset över tid tas i beaktande.

För att sedan skapa en mer heltäckande bild av vilka lösningar som är mest lämpade i exempelvis en byggnad som Entré Kallebäck, bör även alternativa lösningar till VVC och genomströmningsvärmare jämföras. Det är dessutom fullt möjligt att i en byggnad nyttja genomströmningsvärmare som ett komplement till det befintliga tappvarmvattensystemet. I detta arbete har det befintliga systemet enligt avgränsningen jämförts mot el-genomströmningsvärmare och i aspekten att varmvatten helt skall uteslutas i byggnadens funktion. Det hade vidare varit intressant att se hur stora skillnaderna hade varit om man hade kontrollerat resultaten mot alternativa lösningar som rundmatning utan traditionella returrör samt lokal

varmvattenberedning med kortare sträckor som inte kräver VVC (eller mycket begränsade sträckor med det). Sedan bör även metoder för att minska energiförluster i varmvattensystem med VVC tas i beaktande som till exempel rör-i-rör.

5.8 Slutsats

Som en återkoppling till frågeställningen med arbetet:

(1) Om det helt går att ta bort tappvarmvatten och därmed VVC?

Detta arbete har visat att det enligt dagens regelverk inte är möjligt. De beräkningar som har genomförts påvisar dock att det finns vinning i detta alternativ både ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Enkätstudien påvisar att det finns god chans att användarna ställer sig positivt till en sådan förändring, särskilt om den kommer med goda incitament.

(2) Om det går att behålla tappvarmvatten men ersätta VVC med alternativ lösning?

Resultaten visar att det finns ekonomiska och miljömässiga vinningar i ett scenario där man projekterar för genomströmningsvärmare i stället för system med VVC, särskilt i byggnader där varmvattenförbrukningen är låg. Detta skulle kunna möjliggöra att man i framtiden, om det befintliga regelverket hos arbetsmiljöverket, ändras till att tillåta tvättplatser med endast kallvatten, kan slopa genomströmningsvärmarna och endast nyttja kallvatten. På så vis skulle detta kunna vara en framtidsinvestering i hopp om att det befintliga regelverket ändras.

6 Referenser

- Ahlsell. (2025). *Lk palrör a25, 50m (pris per st) - pal universalrör a, lk...* <https://www.ahlsell.se/products/varme-sanitet/installationsror-och-delar/tappvattensystem/tappvattensystem-universalpal-lk/1875680>
- Alvarez, H. (2015). *Energi teknik* (3:9). Studentlitteratur AB.
- Arbetsmiljöverket. (2023). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om utformning av arbetsplatser* (AFS 2023:12). Arbetsmiljöverket. <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/afs-202312/?hl=varmvatten%20p%C3%A5%20arbetsplats>
- BeBo. (2015). *Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshusmätningar i 12 fastigheter-slutrapport.*
- Bergqvist, B. (2016). *VVC-förluster i kontor och lokaler - mätningar i 11 byggnader Slutrapport.* <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1883554>
- Boverket. (u.å.). *Hämta energideklaration.* Hämtad 13 maj 2025, från <https://sokenergideklaration.boverket.se/search>
- Boverket. (2018). *Individuell mätning och debitering rapport 2018:18.*
- Boverket. (2024a, juni 3). *Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter (EPD) - Boverket.* <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljovarudeklaration-for-byggprodukter-epd/>
- Boverket. (2024b, augusti 5). *Individuell mätning och debitering av uppvärmning och tappvarmvatten IMD - Boverket.* <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/IMD/>
- Boverket. (2025a, januari 30). *Boverkets klimatdatabas - detaljer kopparrör 51% skrotbaserad.* <https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/7/6000000164>
- Boverket. (2025b, januari 30). *Boverkets klimatdatabas - en tjänst från Boverket.* <https://klimatdatabasen.boverket.se/>
- Boverket. (2025c, februari 28). *Energideklarationens innehåll - Energideklaration - Boverket.* <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>
- Boverkets föreskrifter (2024:14) om ändring av Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd; (2024). <https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/pdf/BFS2024-14.pdf>
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN, Pub. L. No. 12 (2016). https://www.boverket.se/resources/constitutiontextstore/ben/PDF/konsoliderad_ben_bfs_2016_12.pdf

- Boverkets föreskrifter om skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö samt hushållning med vatten och avfall (2024).
<https://info.boverket.se/BFS2024-8/pdf/BFS2024-8.pdf>
- BOVERKETS FÖRFATTNINGSSAMLING BFS 2011:6 BBR
 18. Hämtad 20 maj 2025, från <http://www.eota.be>
- Burk, S., Ekström, T., Maljanovski, C., von Seth, J., & Wiktorsson, M. (2022). *Kartläggning av VVC förluster i flerbostadshus*.
- Clage. (u.å.). *Allt om varmvattenberedare · CLAGE.com/sv*.
 Hämtad 12 maj 2025, från
<https://www.clage.com/sv/produkter/>
- Clage. (2020, juni 23). *Media Centre · CLAGE.com/sv*.
<https://www.clage.com/sv/media-centre>
- CLAGE GmbH. (2024). *CO2-Fußabdruck / Product Carbon Footprint*.
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf
- Dadvar, A., Mahapatra, K., & Forss, J. (2021). Water use behavior in a multicultural urban area in Sweden. *Sustainability (Switzerland)*, 13(15).
<https://doi.org/10.3390/su13158603>
- Energimyndigheten. (2017). *Manual till verktyg för beräkning av livscykelkostnad*.
<https://www.energimyndigheten.se/contentassets/dec414945bbf4a2e86365041f49a1f93/manual-till-verktyg-for-berakning-av-livscykelkostnad.pdf>
- Folkhälsomyndigheten. (2020, april 29). *Så tvättar du händerna (Affisch) — Folkhälsomyndigheten*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/s/sa-tvattar-du-handerna/>
- Folkhälsomyndigheten. (2022). *Handhygien — Folkhälsomyndigheten*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/varhygien-och-varrelaterade-infektioner/handhygien/>
- Folkhälsomyndigheten. (2025, april 9). *Sjukdomsinformation om legionellainfektion — Folkhälsomyndigheten*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/legionellainfektion/>
- Greendesk. (2023, november). *Vad är koldioxidekvivalenter? .*
<https://www.greendesk.se/artiklar/vad-ar-koldioxidekvivalenter>
- Harrison, J., & Steel, D. (2006, oktober). *Burns and scalds*.
<https://www.aihw.gov.au/getmedia/5b226df3-175e-4410-92ba-23a27974272c/injcat92.pdf?v=20230605182345&inline=true>
- Jensen, D. A., MacInga, D. R., Shumaker, D. J., Bellino, R., Arbogast, J. W., & Schaffner, D. W. (2017). Quantifying the effects of water temperature, soap volume, lather time, and

- antimicrobial soap as variables in the removal of *Escherichia coli* atcc 11229 from hands. *Journal of Food Protection*, 80(6), 1022–1031. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-370>
- Karlsson, E., Holmén, A., Bratt, M., & Werner Göran. (2024). *Vägledning-Lönsamhet och kostnader*. www.bebostad.se
- Legionellainfektion – sjukdomsstatistik — Folkhälsomyndigheten. (u.å.). Hämtad 03 maj 2025, från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/folkhalsorapportering-statistik/statistik-a-o/sjukdomsstatistik/legionellainfektion/?tab=tab-report>
- Livsmedelsverket. (2022). *LIVSFS 2022:12*.
- Malmberg, A. (2023). *Energideklaration - 1344489*.
- Malmberg, A. (2024). *sammanfattning av Energideklaration*.
- Mitsubishi Electric. (2021). *QAHV-N560YA-HPB*.
- National Health Service. (2024, november 8). *Hospital Admitted Patient Care Activity, 2023-24 - NHS England Digital*. <https://digital.nhs.uk/data-and-information/publications/statistical/hospital-admitted-patient-care-activity/2023-24#>
- National Institute of Standards and Technology. (u.å.). *1.3.5.17. Detection of Outliers*. Hämtad 12 maj 2025, från <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35h.htm>
- OpenAI. (2025). *ChatGPT*. <https://chatgpt.com/>
- Persson, A., Eriksson, A., Balata, D., & Nyberg, P. (2022). *Grön logik - Teknisk isolering*.
- Räkna ut fjärrvärmepriset. (u.å.). Hämtad 13 maj 2025, från <https://www.goteborgenergi.se/foretag/fjarrvarme/fjarrvarme-kalkylatorn>
- Sjögren, E., & Schüler, F. (2022). *Varmvattencirkulation; behov eller energibov? Hot water circulation; a need or an energythief?*
- SMHI. (2025). *Ladda ner väderobservationer*. Dataset. <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-vaderobservationer/airtemperatureInstant/71420>
- Stat Trek. (2025). *Margin of Error*. <https://stattrek.com/estimation/margin-of-error>
- Statistikdatabasen. (2024, mars 28). *Priser på el för övriga kunder (ej hushåll) efter förbrukarkategori. Halvår 2014H2 - 2024H2*. PxWeb. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__EN__EN0301__EN0301A/SSDHalvarEIIckehus/
- Statistikmyndigheten SCB. (2025). *Folkmängden per månad efter region, ålder, kön och månad*. Dataset. [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BE__BE0101__BE0101A/BefolkManadCKM/table/tableVewLayout1/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BE__BE0101__BE0101A/BefolkManadCKM/table/tableViewLayout1/)

- Stålbom, G. (2009). *Byggnaders energianvändning Ordlista*.
<https://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/Ordlista.pdf>
- Sveby. (2012). *Brukarindata kontor*. <https://www.sveby.org/wp-content/uploads/2013/06/Brukarindata-kontor-version-1.1.pdf>
- Svenska institutet för standarder. (2019). *SS-EN 15804:2012+A2:2019*. www.sis.se
- Tekniska krav och anvisningar Rörssystem Huvuddokument .
 Hämtad 20 maj 2025, från
https://goteborg.se/wps/wcm/connect/569f6f80-0849-4233-b74f-ee88c77df78e/RA-1807-v.18.0+Huvuddokument_2025.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-569f6f80-0849-4233-b74f-ee88c77df78e-pnQ-xmp
- Vattenskadecentrum. (2024). *Vattenskador i Sverige 2024*.
www.vattenskadecentrum.se.
- VärmeKabel Teknik. (u.å.). *Formelsamling*. Hämtad 16 maj 2025,
 från <https://www.xn--vrmekabelteknik-0kb.se/industrivarmer/dimensionering-5/ror-2/formelsamling/>
- Wallenstam. (2025). *Kontorshuset i Kallebäck*.
<https://www.wallenstam.se/sv/stadsutveckling/Nyproduktion/lokaler/entrekalleback/>
- Wallenstam AB. (u.å.). *KALLEBÄCKS TERRASSER_ENTRE KALLEBÄCK.jpg* | *Wallenstam AB*. Hämtad 23 maj 2025,
 från <https://www.mynewsdesk.com/se/wallenstam-ab/images/kallebaecks-terrasser-entre-kallebaeck-dot-jpg-2272449>
- Warfvinge, C., & Dahlbom, M. (2021). *Projektering av VVS-installationer*.
- Ökobaudat. (2023). *Prozess-Datensatz: Pufferspeicher (Stahl) (de) - OEKOBAU.DAT*.
https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=06f15a8b-ce68-4591-a723-2e86cea95c8b&version=20.24.070&stock=OBD_2024_I&lang=de

7 Bilagor

7.1 Enkät

Nedan visas de huvudfrågor från enkäten som nyttjats för intervjustudien. Följdfrågor som ställdes i samband med huvudfråga är markerade med kursiv text. Text inom hakparentes anger vilka svarsalternativ som respondenten hade.

1. Fråga 1. Brukar du tänka på vattentemperaturen när du tvättar händerna efter tex ett badrumsbesök? [Ja/Nej]
 - a. *Om ja i vilken bemärkelse tänker du på vattentemperaturen? (exempelvis "vattnet får inte vara för kallt") [fritext]*
2. Fråga 2. Tror du att varmvatten faktiskt behövs för att händerna ska bli renare ur ett hygieniskt eller bakteriehygieniskt perspektiv? [Ja/Nej]
 - a. *Om ja vad får dig att tro det? [Jag har läst det/ Jag lärde mig det som liten/fritext]*
3. Fråga 3. Skulle du kunna tänka dig att tvätta händerna i kallt vatten på jobbet eller i skolan? [Ja/Nej]
 - a. *Om nej varför inte? [Fritext]*
4. Fråga 4. Skulle du kunna tänka dig att tvätta händerna i kallt vatten om du vet att det bidrar till en ekonomisk och/eller miljömässig förbättring? [Ja/Nej]
 - a. *Om nej varför inte? [Fritext]*

7.2 Uppmätta rörlängder Entré Kallebäck

Tabell 7.2.1 Totala rörlängder (VV+VVC) efter diameter från Entré Kallebäck

Total mängd rör ordnade efter diameter					
VVC			VV		
Rör	Längd [m]	Diameter [mm]	Rör	Längd [m]	Diameter [mm]
A1-2-A	9,7	16	A1-2-B	10,3	20
A1-2-B	10,3	16	E2-6-A	30,7	20
A2-2-A	2,5	16	F1-6-A	1,4	20
A2-2-C	18,1	16	A2-2-D	5,8	25
A2-2-D	5,8	16	E1-2-B	2,2	25
A-schakt	16	16	E1-3-A	2	25
B2-2-A	1,7	16	E1-4-A	11,9	25
B-schakt	20	16	E1-6-A	22,6	25
C2-2-A	1,8	16	E1-schakt	4	25
C2-4-A	6,9	16	F1-7-A	8,1	25
C-schakt	20	16	F1-7-B	7	25
D2-2-A	1,7	16	F1-8-A	7,6	25
D-schakt	24	16	F1-8-B	14,1	25
E1-2-B	2,2	16	A1-2-A	9,7	32
E1-3-A	2	16	A2-2-A	2,5	32
E1-4-A	11,9	16	A2-2-C	18,1	32
E2-4-A	2,8	16	A-schakt	16	32
E1-6-A	22,6	16	B2-2-A	1,7	32
E2-6-A	30,7	16	B-schakt	20	32
E1-schakt	4	16	C2-2-A	1,8	32
E2-schakt	12	16	C2-4-A	6,9	32
F1-6-A	1,4	16	C-schakt	20	32
F1-7-A	8,1	16	D2-2-A	1,7	32
F1-7-B	7	16	D-schakt	24	32
F1-8-A	7,6	16	E2-4-A	2,8	32
F1-8-B	14,1	16	F1-3-A	3,8	32
F-schakt	20	16	F-schakt	20	32
A2-2-B	21,3	22	A2-2-B	21,3	35
B1-2-A	23	22	B1-2-A	23	35
B2-2-B	18,8	22	B2-2-B	18,8	35
C1-2-A	13,6	22	C1-2-A	13,6	35
D2-2-C	25,3	22	D2-2-C	25,3	35
E1-2-A	26,5	22	E1-2-A	26,5	35
E2-2-A	2,7	22	E2-3-A	18,7	35

E2-3-A	18,7	22	F1-3-B	12,6	35
F1-3-B	12,6	22	C1-2-C	13,2	42
F1-3-A	3,8	25	C2-2-B	19	42
C1-2-B	9	28	D1-2-A	22,8	42
C1-2-C	13,2	28	D2-2-B	1	42
C2-2-B	19	28	E2-2-A	2,7	42
D1-2-A	22,8	28	E2-schakt	12	42
D2-2-B	1	28	C1-2-B	9	54
Summa	516,2			516,2	
Totallängd:	1032,4				

Tabell 7.2.2. Längder VV- och VVC-rör i Entré Kallebäck ordnat efter material och diameter

Material	Diameter [mm]	Total längd [m]
Alupex	16	284,9
Alupex	20	42,4
Koppar	22	162,5
Alupex	25	89,1
Koppar	28	65
Alupex	32	149
Koppar	35	159,8
Koppar	42	70,7
Koppar	54	9
Totallängd		1032,4

7.3 Beräkningsunderlag CO₂-ekv

Tabell 7.3.1. klimatavtryck uttryckt i kg/CO₂-ekv för olika PAL-rör (Ahlsell, 2025)

Rörtyp	Diameter	Kg CO ₂ -ekv	Kg CO ₂ -ekv/m
PAL	16	49,005 [kgCO ₂ -ekv/100m]	0,49
PAL	20	65,34 [kgCO ₂ -ekv/100m]	0,70
PAL	25	64,7955 [kgCO ₂ -ekv/50m]	1,30
PAL	32	68,607 [kgCO ₂ -ekv/50m]	1,37

Tabell 7.3.2. klimatavtryck uttryckt i kg/CO₂-ekv för olika kopparrör (Boverket, 2025a)

Rörtyp	Diameter	Kg CO ₂ -ekv/m Konservativt	Kg CO ₂ -ekv/m Normalt
Koppar	22	1,7523	1,4042
Koppar	28	2,7027	2,1658
Koppar	35	4,2174	3,3796
Koppar	42	5,0787	4,0698
Koppar	54	6,5934	5,2836

Tabell 7.3.3. Teknisk livslängd och klimatavtryck uttryckt i kg/CO₂-ekv av olika genomströmningsvärmare från Clage (CLAGE GmbH, 2024)

Modell	Teknisk livslängd	Kg CO ₂ -ekv
DSX Touch	10 år	63,3
DEX Next	10 år	41,5
CEX-U	10 år	31,6
MCX-3	10 år	26,3

Tabell 7.3.4 Teknisk livslängd och klimatavtryck uttryckt i kg/CO₂-ekv av olika komponenter i VVC-systemet (Mitsubishi Electric, 2021; Ökobaudat, 2023).

Komponent	Teknisk livslängd	Kg CO ₂ -ekv
QAHV-N560 YA HPB	15 år	2423
TQ-750	20 år	423

7.4 Kostnader

Tabell 7.4.1. Kostnader för inköpspris, installation och montering av rör och isolering i isoleringsklass R6. Data hämtad ur Wikells sektionsdata.

Vart	Mtrl	Diameter	Kostnad [kr/m]
Takförlagt	Koppar	12	489,74
Takförlagt	Koppar	15	603,82
Takförlagt	Koppar	22	796,42
Takförlagt	Koppar	28	880,03
Takförlagt	Koppar	35	1 208,52
Takförlagt	Koppar	42	1 379,85
Takförlagt	Koppar	54	1 710,51
Takförlagt	Alupex	16	554,55
Takförlagt	Alupex	20	679,93
Takförlagt	Alupex	25	688,56
Takförlagt	Alupex	32	825,61
Takförlagt	Alupex	40	941,02
Takförlagt	Alupex	50	1 164,73
Takförlagt	Alupex	63	1 428,28
Stamförlagt	Koppar	12	487,25
Stamförlagt	Koppar	15	604,08
Stamförlagt	Koppar	18	650,31
Stamförlagt	Koppar	22	804,9
Stamförlagt	Koppar	28	901,88
Stamförlagt	Koppar	35	1 252,56
Stamförlagt	Koppar	42	1 445,36
Stamförlagt	Koppar	54	1 797,66
Stamförlagt	Alupex	16	491,4
Stamförlagt	Alupex	20	617,69
Stamförlagt	Alupex	25	613,82
Stamförlagt	Alupex	32	753,38
Stamförlagt	Alupex	40	868,87
Stamförlagt	Alupex	50	1 106,58

Tabell 7.4.2. Kostnader för övriga komponenter i VVC-systemet. För Metrotherm Minex 11E är kostnaden tagen från Wikells sektionsdata, övriga värden är från kontakt med återförsäljare.

Komponent	Teknisk livslängd	Kostnad [Kr/st.]
QAHV-N560 YA HPB	15 år	425 000
TQ-750	20 år	50 000
Metrotherm Minex 11E	10 år	5 500

7.5 Uppmätta rörlängder Trollhättan

Tabell 7.5.1 Rörlängder och diametrar (VV+VVC) för Byggnad 103 i Trollhättan.

Total mängd rör ordnade efter diameter					
VVC			VV		
Rör	Längd [m]	Diameter [mm]	Rör	Längd [m]	Diameter [mm]
111-A	1,7	16	513-A	16,2	20
414-B	20,4	16	514-A	0,6	20
111-B	19,4	20	712-A	1	20
112-A	3,2	20	414-B	20,4	25
113-A	10,2	20	111-A	1,7	32
113-B	13	20	112-A	3,2	32
114-A	17,6	20	113-B	13	32
212-A	0,8	20	114-A	17,6	32
213-A	0,4	20	212-A	0,8	32
214-A	0,5	20	213-A	0,4	32
312-A	1	20	214-A	0,5	32
313-A	0,7	20	312-A	1	32
314-A	0,7	20	313-A	0,7	32
412-A	0,9	20	314-A	0,7	32
413-A	0,7	20	412-A	0,9	32
414-A	1	20	413-A	0,7	32
512-A	1	20	414-A	1	32
513-A	16,2	20	512-A	1	32
514-A	0,6	20	612-A	1	32
612-A	1	20	Stam 1	12	32
712-A	1	20	Stam 2	18	32
Stam 1	12	20	Stam 3	12	32
Stam 2	18	20	111-B	19,4	40
Stam 3	12	20	113-A	10,2	40
113-C	15,1	25	113-C	15,1	40
113-D	4	25	113-D	4	40
Summa	173,1			173,1	
Totallängd:	346,2				

