

# MÄTNING AV KOMFORTGOLVVÄRME

**Rasmus Westin**

**2023-03-03**

*Projektet har finansierats av:*

Svenska Byggbranschens utvecklingsfond, SBUF

# Mätning av komfortgolvvärme

SBUF 13866

Rasmus Westin

2023-03-03

# FÖRORD

Denna studie har finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond SBUF. Studien genomfördes under åren 2020-2023 med syftet att ta fram ett större mätunderlag som åskådliggör energianvändning för konventionell respektive energieffektiv eldriven komfortgolvvärme i flerbostadshus.

Det huvudsakliga arbetet i studien utfördes av undertecknad som är författare till rapporten.

Stort tack till referensgruppen och ett särskilt tack till Petter Dahlbäck, Skanska Bostadsutveckling samt Mikael Engström och Stefan Bergström, Skanska Teknik som hjälpt till med granskning samt bidragit med att driva denna fråga internt på Skanska. Alla i referensgruppen har, prestigelöst, bidragit till innehållet i denna rapport.

#### Referensgrupp:

Per Levin, Sveby/Projektengagemang

Ludvig Dahlqvist, NCC

Andreas Karlsson, Bengt Dahlgren

Petter Dahlbäck, Skanska

Nicklas Karlsson, Wilhem fastigheter

Per Kempe, RISE

Kjell Åke Henriksson, JM

Johan Svensson, Peab

/Rasmus Westin – Energigruppen, Skanska Teknik

Hudiksvall, 2023-03-03

# SAMMANFATTNING

I detta projekt har uppmätt komfortgolvvärmeanvändning från fyra bostadsrättsprojekt i Umeå, Stockholm, Göteborg och Halland sammanställts och analyserats. Totalt har data från 10 byggnader med totalt 291 lägenheter samlats in. Utöver mätdata på komfortgolvvärmeanvändning har även en stor mängd övriga mätdata som utomhustemperatur, inomhustemperatur samt detaljerad information om komfortgolvvärmeinstallationen i vardera flerbostadshusprojektet sammanställts.

Uppmätt komfortgolvvärmeanvändning utslaget per lägenhet i vardera flerbostadshusprojektet varierar mellan 327 kWh/år och 973 kWh/år. Årsmedelanvändningen för studerade lägenheter är 617 kWh per lägenhet & år vilket kan jämföras med Svebys värde på 1000 kWh/per våtrumsgolv & år. Högst respektive lägst energianvändning har lägenheterna i Stockholm och Halland som också har högst respektive lägst installerad effekt. Från mätperiodens början är årsenergianvändningen relativt konstant över tid, med uppskattningsvis 5-10% högre energianvändning under covidpandemin. Det är stor spridning i energianvändning mellan separata lägenheter i alla studerade flerbostadshusprojekt där 13-20% av den totala mängden lägenheter inte använder någon el till golvvärme alls, 40-50% står för mer än 90 % av den totala användningen och endast 14-18% av lägenhetsinnehavarna står för mer än 50% av elanvändningen. Detta innebär att åtgärder som minskar möjligheten för höganvändare att ställa upp golvttemperaturen kan få stor påverkan på den totala komfortgolvvärmeanvändningen i en byggnad.

Sammanfattningsvis visar mätresultatet att projekt som har en installerad snitteffekt på 300-350 W per lägenhet och användarvänlig digital termostat med tydlig display, har cirka 50% lägre komfortgolvvärmeanvändning jämfört med resulterande beräknad komfortgolvvärmeanvändning vid beräkning av byggnaders primärenergital enligt Sveby. Effekten på 300-350 W per lägenhet motsvarar cirka 60-70 W/m<sup>2</sup> belagd på 75-80 % av badrummets totala yta i ett vanligt bostadsrättsprojekt med normalstora badrum. Om den installerade effekten ytterligare halveras genom att begränsa den belagda ytan till gångstråk och ytor framför toalett och tvättställ, kan sannolikt ytterligare cirka 15-25 % årlig besparing uppnås, dock med ökad drifttid samt försämrad komfort utanför belagda ytor som följd. Totalt kan energieffektiv komfortgolvvärme sänka komfortgolvvärmeanvändningen i ett flerbostadshusprojekt med upp till 65% jämfört konventionell komfortgolvvärme beräknad enligt Sveby. Konfigureras maxtemperaturbegräsning i golvvärmeternostaten motsvarande 4 °C över injusterad inomhustemperatur under uppvärmningssäsongen finns ytterligare möjlighet till besparing, förutsatt att begränsningen inte går att ta bort i termostatsens undermenyer.

En tydlig slutsats från studien är att flerbostadshusprojektet med lägst installerad effekt har lägst uppmätt energianvändning. Hög installerad effekt per lägenhet innebär inte nödvändigtvis hög energianvändning, men en markant ökad risk för hög energianvändning, speciellt om en mindre användarvänlig termostat installeras i projektet. I alla projekt utom hallandsprojektet beläggs ~75-80 % av badrumsytan med en installerad effekt som varierar mellan 70-160 W/ m<sup>2</sup>. Antalet fullasttimmar per dygn varierar mellan 3-7 timmar med ett snitt på 4,5 timmar för alla studerade komfortgolvvärmeinstallationer. Fullasttimmar kan förslagsvis användas i kombination med installerad effekt som verktyg vid projektering i syfte att beräkna trolig genomsnittlig årsanvändning per lägenhet.

Resultatet från en majoritet av projekten visar att komfortgolvvärmeanvändningen ligger kvar relativt konstant när utomhustemperaturen passerar under 0-5 °C. I Umeåprojektet observeras dock en ökande komfortgolvvärmeanvändning även vid sjunkande utomhustemperaturer under 0 °C, men Umeåprojektet har också ett större antal våtrum placerade i direkt anslutning till klimatskalet. I lägenheter vars våtrum har innertak i direkt anslutning till kallvind samt är placerad i lägenhet med indragen takvåning används mer än tre gånger mer energi jämfört med snittlägenheten i Umeåprojektet. En slutsats är därmed att det viktigt att rum mot

## Skanska Teknik

Publik information

klimatskal förses med rumsvärmare kopplad till byggnadens primära uppvärmningskälla, samt att rumsvärmarna inte placeras felaktigt bakom tvättpelare eller annan skrymmande badrumsinredning. Analysen visar att komfortgolvvärmeanvändningen varierar tydligt med inomhustemperaturen under året. Den säsongsvariande inomhustemperaturen är i sin tur beroende av det primära värmesystemet under uppvärmningssäsongen, men under vår, sommar och höst ökar inomhustemperaturen som följd av ökad utomhustemperatur, men även energiöverskott från internlast, solinstrålning, vädring o.s.v. vilket resulterar i en tydlig säsongsvariation i komfortgolvvärmeanvändningen. Resultaten visar dock inga belägg för att ett hus med låg årsmedelinomhustemperatur använder mer komfortgolvvärme jämfört med ett hus med hög årsmedelinomhustemperatur. Resultatet ger också stöd för att komfortgolvvärmeanvändningen inte är högre längre norrut varför normalårskorrigerad och korrigerad med  $F_{geo}$  kanske inte bör utföras på komfortgolvvärmeanvändningen vid beräkning av byggnadens Primärenergital  $EP_{pet}$ .

Genom att analysera effektbehovsprofiler kan slutsatsen dras att det endast är ett fåtal brukare som konfigurerar och använder sig av energisparprogram/tidsstyrning i sina golvvärmelement. Här finns en stor energieffektiviseringspotential i analyserade projekt. Anledningen att få användare som använder sig av tidsstyrning är troligtvis p.g.a. tidsstyrning inte är förinställt i termostatens fabriksinställningar vilket är fallet i majoriteten av de projekt som analyserats. I hus 3 i Stockholmsprojektet konfigurerades maxtemperaturbegränsning och förinställd tidsstyrning innan inflyttning. Förinställd tidsstyrning och maxtemperaturbegränsning gav inledningsvis mer än 40% lägre energianvändning jämfört med övriga byggnader, trots att ett antal brukare direkt efter inflyttning lyckades ta bort begränsningarna som förkonfigurerats i termostaterna. Ungefär ett år senare lyckades ytterligare ett antal lägenhetsinnehavare komma runt begränsningen och en stor del av sparpotentialen uteblev. Troligtvis var dessa brukare missnöjda p.g.a. lågt förinställda temperaturbörvärden och svårigheter att korrigera dessa via en Bluetooth-app. Resultatet visar dock att förinställd tidsstyrning och maxtemperaturbegränsning ger tydlig besparing om maxtemperaturbegränsningen inte går att ta bort, men det är viktigt att inte förinställda temperaturer i termostaterna ställs för lågt vilket kan leda till låg komfort & missnöje.

Resultaten i denna studie bekräftar delvis tidigare utförda studier (8, 10) och en typisk installation av *energieffektiv komfortgolvvärme* föreslås nedan:

- Ecodesign kompatibel termostat för rumsvärmare med lokalt gränssnitt för inställningar samt presentation av ärvärde och börvärdestemperatur.
- Installerad golvvärmeeffekt bör inte vara högre än 60-70 W/m<sup>2</sup> belagd yta, i bästa fall begränsas belagd yta till endast gångstråk samt ytor framför toalett och handfat.
- Hårdvarukopplad maxtemperaturbegränsning av golvytttemperaturen ställs på 25-26 °C.
- Termostaten är inställd med förinställd tidsstyrning, men med temperaturbörvärde golv 22 °C. Se förslag på tidsintervall i förinställt energisparprogram i Tabell 1.
- I våtrum som har ytor mot klimatskalsdelar installeras fungerande och korrekt injusterad rumsvärmare kopplad till byggnadens primära värmesystem som bidrar med erforderlig grundvärme.

Tabell 1. Förslag till fabriksinställd tidsstyrning och förinställda temperaturbörvärden.

Tidsintervall	Förinställning börvärdestemperatur golv	Maxtemperaturbegränsning golv
Vardagar		
05.30-09.00	22 °C	25 °C
09.00-15.30	22 °C	25 °C
15.30-23.30	22 °C	25 °C
23.30-05.30	22 °C	25 °C
Helg		
06.00-24.00	22 °C	25 °C
24.00-06.00	22 °C	25 °C

## INNEHÅLL

1.	Inledning .....	6
1.1.	Bakgrund .....	6
1.2.	Syfte .....	8
1.3.	Genomförande .....	8
1.4.	Rapportupplägg .....	9
2.	Mätobjekt .....	10
2.1.	Projekt Stockholm .....	10
2.2.	Projekt Göteborg .....	11
2.3.	Projekt Umeå .....	13
2.4.	Projekt Halland .....	15
2.5.	Sammanfattning termostatinställningar .....	17
2.6.	Sammanfattning övrig information mätobjekt .....	18
2.7.	Övergripande bedömning av komfortgolvvärmeinstallationernas energieffektivitet .....	19
3.	Resultat – Mätdatasammanställning .....	20
3.1.	Resultat uppmätt energianvändning .....	20
4.	Analys & diskussion .....	22
4.1.	Påverkan av normalårskorrigerig och geografisk justeringsfaktor $F_{geo}$ .....	23
4.2.	Komfortgolvvärmens energianvändning över tid .....	24
4.3.	Fördelning av energianvändning .....	26
4.4.	Installerad effekt och uppmätt energianvändning .....	28
4.5.	Uppmätt inomhustemperatur & komfortgolvvärmens inomhustemperaturberoende .....	30
4.6.	Komfortgolvvärmens utetemperaturberoende .....	32
4.7.	Hur använder brukarna komfortgolvvärmen? .....	34
4.8.	Analys av maxtemperaturbegränsning Stockholmsprojektet .....	35
4.9.	Komfortgolvvärmeanvändning med analog respektive digital termostat .....	38
4.10.	Komfortgolvvärmeinstallationer i anslutning till byggnadens klimatskal .....	40
4.11.	Övergripande analys & diskussion komfortgolvvärmeinstallationer och termostatinställningar ...	42
5.	Slutsats .....	45
6.	Förslag på vidare studier .....	46
7.	Referenser .....	47
8.	Bilagor .....	48
8.1.	Bilaga 1 – Inomhustemperatur som funktion av utomhustemperatur .....	48
8.2.	Bilaga 2 – Användarprofiler med/utan förinställd tidsstyrning och maxtemperaturbegränsning ...	49
8.3.	Bilaga 3 - Påverkan av mer hemmaarbete under covidpandemin? .....	52
8.4.	Bilaga 4 – Tillkommande mätdataperiod Hallandsprojektet .....	55
8.5.	Bilaga 5 - Granskning och behandling av mätdata .....	56

# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

Krav avseende energiprestanda har skärpts succesivt i Sveriges byggregler sedan dess att krav på specifik energianvändning infördes 2006 [1, 2, 3, 11]. Kraven skärptes ytterligare 1 juli 2020 [13].

I samband med att energikrav har skärpts har ”låg hängande frukter” implementerats i byggsektorn. Med det avses förhållandevis enkla och kostnadseffektiva åtgärder.

Att hitta åtgärder som ytterligare förbättrar byggnaders energiprestanda blir svårare och svårare att finna, och byggnaders installationer blir en allt viktigare del som kan få stor påverkan på byggnadens slutgiltiga energiprestanda [5].

Energiberäkningar som fastställer byggnadens primärenergital, får en allt större roll i projektering, bygglov och som verktyg till verifiering av byggnaders energianvändning. Incitament för nya energieffektiva lösningar härrör många gånger från hårdnande lagkrav och miljöcertifieringssystem där byggnadens energianvändning skall fastställas genom utförd energiberäkning. En stor del av flerbostadshusens energianvändning är idag direkt eller delvis beroende av brukarna. Det gäller främst hur mycket varmvatten de använder, men även personnärvaro, vädring, användande av eldriven komfortgolvvärme i badrum med mera för att likställa förutsättningar, skapa sund konkurrens och möjliggöra verifiering av energiprestanda i byggnader har branschen skapat SVEBY ([www.sveby.org](http://www.sveby.org)).

I dokumentet *Brukarindata för energiberäkningar för bostäder* anger SVEBY bl.a. vilken inomhustemperatur som skall förutsättas, hur stor mängd varmvatten och hushållsel som kan antas nyttjas av brukarna m.m. [6]. Sveby ligger som grund till Boverkets styrande handling BEN *”Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår”* [7]. Avseende komfortgolvvärme i badrum anger SVEBY följande i förtydligande anvisningar gällande komfortgolvvärme:

*”Till uppvärmning ska 1000 kWh per installerat golv och år adderas vid beräkning, utöver normal hushållsel”... ”Erfarenheter från eventuell besparing med nyare system med begränsningar i golvtemperatur och gångtider saknas”... ”Komfortgolvvärme skall bokföras som uppvärmning med el, och således är 100% möjlig att tillgodogöra i energiberäkningen, om uppvärmningsbehov finns.”*

Nya byggnader skall ha hög energieffektivitet och hållbarhet utan att göra avkall på komfort. De vägledande anvisningarna i Svebys brukarindata gällande komfortgolvvärme riskerar att orsaka en styrning i projekten som leder till att komfort som efterfrågas väljs bort för att nå lägre beräknad energianvändning. Detta sker i vissa fall eftersom beräkningen utförs baserat på en årsschablon som inte går att justera för mer eller mindre energieffektiva komfortgolvvärmesystem. Den föreslagna beräkningsmetodik tar inte hänsyn till möjliga effektiviseringsåtgärder av komfortgolvvärme och hur eventuell effektiviseringsåtgärd kan tänkas påverka energianvändningen.

I ett tidigare utfört SBUF-projekt från 2016 som utfördes av Skanska SBUF (*SBUF 13208 Komfortgolvvärme i flerbostadshus – olika tekniska lösningar och beräkningsmetodikens påverkan på energiprestanda*) [8] har energieffektiviseringspotentialen av olika tekniska lösningar utretts genom simuleringar. Resultatet i projektet visar att projekt som önskar uppnå låg komfortgolvvärmeanvändning rekommenderas:

## Skanska Teknik

## Publik information

- Sänka golvtemperaturen, installera maxtemperaturbegränsning.
- Isolering komfortgolvvärmeslingan kan minska användningen med 30%.
- Isolering i kombination med tidsstyrning kan minska användningen med 40%.
- Rekommendation att hålla badrumsdörren stängd
- Väl isolerade badrumsväggar.
- Isolerade bjälklag.

I dagsläget har inga storskaliga fältstudier/mätningar genomförts som kan bekräfta de besparingar som identifierats.

Parallellt med detta SBUF-projekt har dock en mätstudie initierat av Peab och HSB, med hjälp av Bengt Dahlgren, undermått olika komfortgolvvärmeinstallationer i syfte att undersöka möjligheter att erbjuda komfortgolvvärme och samtidigt uppfylla krav på ett energieffektivt boende. Projektet avslutades sista juni 2021 och utfördes i HSB:s egna testbänksprojekt HSB Living Lab, SBUF (*SBUF 13654 Komfortgolvvärme - systemlösningar för förbättrad energiprestanda*) [9,10]. Resultaten i projektet visar att komfortgolvvärmesystemens energianvändning påverkas av brukarberoende parametrar samt byggnadens värmesystem. Studien lyfter fyra identifierade rekommendationer baserat på mätningarna:

- Isolera komfortgolvvärmesystemet
- Begränsa den uppvärmda ytan
- Använd tidsstyrning
- Inkludera maxbegränsning för golvtemperatur

Projektet är dock i mindre skala i antal lägenheter räknat, med ett fåtal badrum som underlag för analys, varför normalt brukande inte kan förväntas föreligga med så få lägenheter som underlag. Sveby har efterfrågat en ny referensstudie där ett nytt mätunderlag med en större mängd lägenheters komfortgolvvärmeanvändning undersöks [12].

Tanken med detta SBUF-projekt är att resultatet skall kunna ligga till grund för framtagandet av en ny schablon eller beräkningsmetodik som kan användas i energiberäkningar vid projektering av nya energieffektiva byggnader och därmed öka möjligheterna för projekt och byggherrar att installera energieffektiv komfortgolvvärme.

Detta SBUF-projekt har avgränsats till att gälla eldriven komfortgolvvärme i badrum & WC i bostäder. Inom tidigare utfört SBUF-projekt [8] föreslogs följande definition för att skilja på ”golvvärme” och ”komfortgolvvärme”:

*Komfortgolvvärme avser alla golvvärmesystem i bostäder (oavsett värmebärare och styrning) som inte krävs för att upprätthålla avsedd inomhustemperatur vid dimensionerande förutsättningar.*

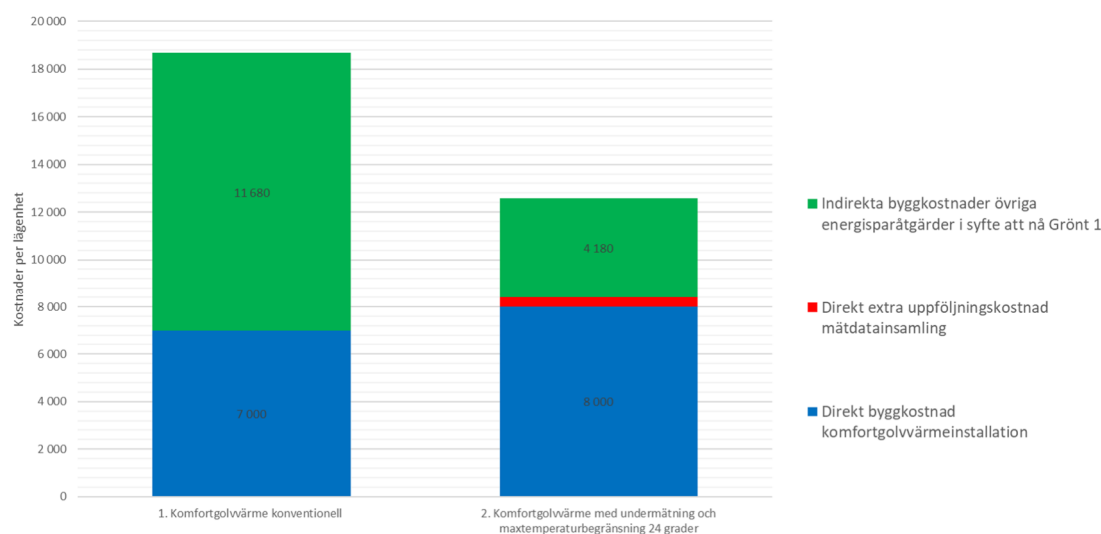
Definitionen har uppdateras i denna studie till följande:

*Komfortgolvvärme avser alla golvvärmesystem i bostäder och offentliga lokaler (oavsett värmebärare och styrning) som inte krävs för att upprätthålla avsedd inomhustemperatur. Syftet med komfortgolvvärmen är ökad fotkomfort, inte att upprätthålla avsedd inomhustemperatur under uppvärmningssäsongen.*



## Skanska Teknik

Publik information



Figur 1. Direkta och indirekta byggproduktionskostnader i flerbostadshusprojekt som härrör från installation av konventionell respektive energieffektiv komfortgolvvärme med maxtemperaturbegränsning och undermätning av komfortgolvvärmeslingan. (Grönt 1 är Skanskas egen energiklassning som innebär 15% lägre EP-pet än BBR-krav. Kostnader i 2020 års penningvärde och kostnadsnivå)

På grund av skärpta energikrav för fastighetselanvändning och el till uppvärmning har energirelaterade byggkostnader indirekt ökat i flerbostadshusprojekt där boende efterfrågar komfortgolvvärme. Detta sker eftersom andra kostsamma energiåtgärder måste införlivas i syfte att klara energikraven. Av denna anledning är det viktigt att gällande föreskrifter skapar tydliga incitament att välja kostnadseffektiva tekniska lösningar för energieffektiv komfortgolvvärme.

## 1.2. Syfte

Syftet med projektet har varit att ta fram ett större mätunderlag som åskådliggör energianvändning för konventionell respektive energieffektiv komfortgolvvärme i flerbostadshus.

## 1.3. Genomförande

### Mätning

Fyra flerbostadshusprojekt med totalt tio byggnader, varav fyra i Stockholm, tre i Göteborg, ett i Umeå samt ett i Halland har valts ut som mätstudieobjekt. Alla byggnader har eldriven komfortgolvvärme och individuell mätning och debitering för hushållsel samt separat undermätning av komfortgolvvärme på lägenhetsnivå.

I två av flerbostadshusen i Stockholm var målet att installera komfortgolvvärmeslingor med förinställd maxtemperaturbegränsning och i två tvillinghus till dessa skulle en standardinstallation av komfortgolvvärmeslingor med termostat med fabriksinställning utföras. Dessvärre blev det bara en fullgod installation av komfortgolvvärme med förinställd maxtemperaturbegränsning i ett av husen. Flerbostadshusen i Göteborg och Umeå har inga komfortgolvvärmeinstallationer med maxtemperaturbegränsning, men däremot skiljer sig installationerna inbördes avseende installerad effekt, fabrikat på slingor, termostater samt lägenhetsfördelning. I Göteborg och Halland installeras energieffektiv komfortgolvvärme med markant lägre installerad effekt jämfört med Umeå och Stockholm, och i Halland begränsas dessutom belagd yta vilket leder till en fjärdedel av den installerade effekten jämfört med Stockholmsprojektet.

## Skanska Teknik

### Publik information

Loggning av mätvärden i husen har skett lägenhetsvis fr.o.m. att inflyttningen färdigstälts och fungerande mätning och mätdatainsamling säkerställts. Mätningen utförs med timupplösning i Stockholm, Göteborg och Halland, samt med dygnsupplösning i Umeå.

### Övervakning och avläsning i samband med energiuppföljning

Återkommande kontroller samt avläsningar i syfte att kontrollera att mätningen fungerat som den ska har utförts med jämna mellanrum under mätperioden.

### Sammanställning & analys av mätvärden och övrig information

Mätdata på el till komfortgolvvärme, inomhustemperatur och loggad utomhustemperatur har inhämtats och sammanställts i alla byggnader. I Stockholm, Göteborg och Umeå har hushållselanvändning sammanställts och i Göteborg- och Umeåprojekten har även tappvarmvattenanvändning sammanställts. Syftet med att sammanställa mätdata utöver el till komfortgolvvärme är möjligheten att göra jämförelser och hitta eventuella korrelationer. Övrig information som installerad effekt, installerad termostat och dess inställningar, våtrummens golvyta, belagd slingyta, och lägenhetens boyta har sammanställts. Även övrig information som exempelvis om vårummet har någon vägg mot yttervägg, platta på mark eller kallvind har sammanställts. Den mängd data som inhämtats ger möjligheten att analysera en mängd samband och korrelationer mellan olika dataserier, men långt ifrån allt har p.g.a. tidsbrist kunnat analyserats i detta projekt.

## 1.4. Rapportupplägg

I aktuellt avsnitt beskrivs bakgrund, syfte, genomförande samt omfattningen av arbetet. I avsnitt två redovisas teknisk information och övrig information som rör komfortgolvvärmeinstallationen samt enklare beskrivningar av arkitektur och konstruktion i flerbostadshusprojekten. I avsnitt tre redovisas kort hur granskning och sortering av mätdata utförts, samt resultatet från genomförd sammanställning av uppmätt komfortgolvvärmeanvändning. I avsnitt fyra görs analyser med tillhörande diskussion och jämförelser av resultatet som påverkan av tidsstyrning, maxtemperaturbegränsning, installerad effekt samt om komfortgolvvärmens energianvändning tydligt påverkas av installerad effekt eller annan parameter som termostattyp, utetemperatur, inomhustemperatur, närhet till klimatskalet m.m. I avsnitt fem följer ett avsnitt med slutsats och i avsnitt sex förslag till vidare studier. Slutligen redovisas referenser i avsnitt sju och bilagor i avsnitt åtta.

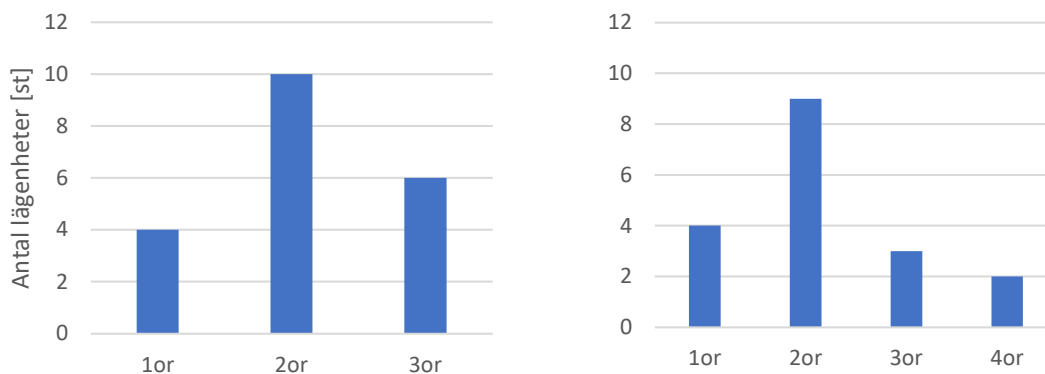
## 2. Mätobjekt

Komfortgolvvärmeanvändning i badrum och WC från fyra bostadsrättsprojekt på fyra olika orter har sammanställts. Totalt har komfortgolvvärmeanvändningen från 291 lägenheter analyserats. I alla projekt betalar bostadsrättsinnehavarna själva för elen till komfortgolvvärmen. Ingen av lägenheterna har isolering under golvvärmeslingorna och det ligger klinkergolv i alla våtrum. I Tabell 5 och Tabell 6 på sida 17 respektive 18 har sammanfattande information från alla projekt i detta avsnitt sammanställts.

### 2.1. Projekt Stockholm

Flerbostadshusprojektet består av fyra lamellhuskroppar i tre plan exkl. uppvärmd vindsvåning med förråd och fläktrum. Hus 1 och 3 är tvillingbyggnader och har 20 lägenheter per huskropp. Hus 2 och 4 är tvillingbyggnader och har 18 lägenheter per huskropp. Huskropparna har beräknade Um-värden motsvarande 0,29-0,3 W/m<sup>2</sup>, K och byggs med massiv Prefab-betongstomme med betongsandwichväggar, FX-ventilation och Svanen-certifiering. Husen byggdes under 2019 och 2020 med inflyttning under våren och sommaren år 2020. Fungerande mätinsamling erhöles fr.o.m. september 2020.

Snittstorleken på badrummen i hus 1 och 3 är 4,8 m<sup>2</sup> och i hus 2 och 4 5,4 m<sup>2</sup>. Komfortgolvvärmeslingorna täcker cirka 75 % av badrumsytan och är inte förlagda under tvättmaskin, torktumlare eller duschkörna.



Figur 2. Antal lägenheter och lägenhetsfördelning i hus 1 & 3 t.v. samt hus 2 & 4 t.h.

Den installerade golvvärmeeffekten varierar mellan 480, 690 eller 780W per lägenhet beroende på badrumstyp och utslaget per badrumyta per hus blir den installerade effekten 115–120 W/m<sup>2</sup>. Inga badrum har ytor mot yttervägg eller kallvind.

#### Termostat

Installerad termostattyp är Ensto ECO16BT. Ensto ECO16BT är enligt tillverkaren en Ecodesign-kompatibel kombinationstermostat för rumsspecifik temperaturkontroll. Temperaturregleringsmetoder är enligt golv-, rumstemperatur, kombination av rums- eller golvtemperatur eller effekt. Temperaturen ställs huvudsakligen in med inställningsratten eller i en nedladdningsbar applikation, som används via Bluetooth. Applikationens huvudfunktioner är veckokalender, kortvarig effektivisering, semestertemperatur och uppföljning av energiförbrukning. Termostaten har s.k.



Figur 3. Ensto ECO16BT

## Skanska Teknik

## Publik information

adaptiv styrning vilket innebär att termostaten höjer eller sänker effekten i för tid i syfte att nå önskad temperatur den schemalagda tiden (14).

Fabriksinställningen motsvarar ett inställt börvärde på 21 °C konstant temperatur på golvtermostat, maximal inställbar golvtemperatur 50 °C och minsta inställbara golvtemperatur 5 °C. Termostaten installerades med fabriksinställningar i hus 1 och 4. Målet var att maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning skulle ställas in i hus 2 och 3 innan inflyttning. Dessvärre blev detta endast utfört i hus 3. I hus 2 missades dessvärre delar av inställningarna innan inflyttningsdatum och det var svårt att få verifiering på korrekt inställning efter det p.g.a. boende- och kostnadsskäl. Se Tabell 2 & Tabell 3 för inställningar i studerade huskroppar.

Tabell 2. Styrning ”fabriksinställning” i hus 1 & 4, samt i okänt antal lägenheter i hus 2.

Tidsintervall	Förinställning börvärde golv inställningsratt	Max-temperaturbegränsning golv
Vardag		
Ej inställt	21 °C	50 °C
Helg		
Ej inställt	21 °C	50 °C

Tabell 3. Styrning med förinställd maxtemperaturbegränsning och schema i hus 3, samt okänt antal lägenheter i hus 2.

Tidsintervall	Förinställning börvärdestemperatur golv Bluetooth-applikation	Max-temperaturbegränsning golv
Vardagar		
06.00-09.00	21 °C	25 °C
09.00-16.00	18 °C	25 °C
16.00-22.00	21 °C	25 °C
22.00-06.00	17 °C	25 °C
Helg		
06.00-22.00	21 °C	25 °C
22.00-06.00	17 °C	25 °C

## Mätning

Inom byggnaderna finns mätinsamlingssystem för undermätning av komfortgolvvärmeslingor, hushållsel, varmvatten och inomhustemperatur i varje lägenhet. Varje mätare kopplas via M-bus via slinga till datorundercentral (DUC) där mätarställningar kan avläsas och trender loggas. Från DUC kan trendloggningar exporteras med tio-minuters intervall. Elmätarna har noggrannhetsklass som krävs för debitering.

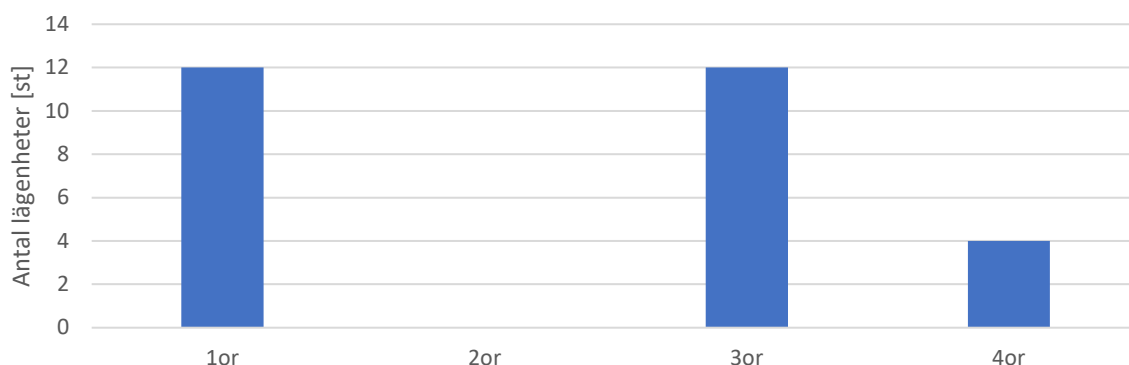
## 2.2. Projekt Göteborg

Projektet består av ett tiotal flerbostadshus varav tre lamellhus med 28 lägenheter per hus har valts ut för analys av komfortgolvvärmearvändningen. Hus 6 & 7 är tvillingbyggnader och byggs med samma planlösning. Hus 5 har snarlik utformning med samma mängd lägenheter som övriga hus, men avviker lite i planlösningen. Huskropparna har beräknade Um-värden motsvarande 0,28-0,29 W/m<sup>2</sup>, K, byggs med s.k. massiv Prefab-betongstomme med betongsandwichväggar, FX-ventilation och Svanen-certifiering. Husen byggdes under 2019 och 2020 med inflyttning under sommar & höst 2020. Fungerande mätdatainsamling erhöles fr.o.m. mars 2021.

Snittstorleken på badrummen i hus 6 och 7 är 5,5 m<sup>2</sup> och i hus 5,6 m<sup>2</sup>. Komfortgolvvärmeslingorna täcker cirka 80 % av badrumsytan och är inte förlagda under tvättmaskin, torktumlare eller duschhörna.

## Skanska Teknik

Publik information

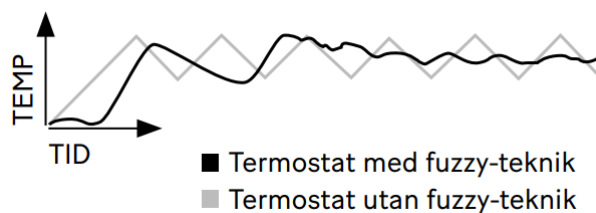


Figur 4. Antal lägenheter och lägenhetsfördelning i Göteborgsprojektet.

Installerade golvvärmslingor är Ebeco Cablekit 200, 330 W per badrum i hus 5 & 7 samt blandat 280 & 330 W per badrum i hus 5. Golvvärmslingor är ej förlagda i WC (WC finns i lägenheter med 4 rum och kök). Utslaget per badrumyta blir den installerade effekten 56-58 W/m<sup>2</sup> vilket motsvarar 50% av den installerade effekten i Stockholmsprojektet. Inga badrum har ytor mot yttervägg eller kallvind.

## Termostat Ebeco EB-Therm 205

Installerad termostattyp är Ebeco EB-Therm 205. EB-Therm 205 är enligt tillverkaren en golvvärme-termostat med bakgrundsbelyst LCD-display med 2 förinställda och ett anpassningsbart energisparprogram där tider och temperaturer kan justeras individuellt. Termostaten är mikroprocessorstyrd och använder sig av s.k. fuzzy-teknik vilket gör att temperatursvängningarna hålls på en låg nivå och ger en jämn värme (15). Termostaten har även s.k. adaptiv funktion vilket innebär att termostaten räknar ut när uppvärmningen skall starta för att ge rätt temperatur vid inställd tid. En ytterligare energisparfunktion är det s.k. ventilationsläget vilket innebär att termostaten stänger av uppvärmningen under 15 minuter om rumstemperaturen sjunker mer än 3 °C under en minut.



Figur 5. Fuzzy-teknik

EB-Therm 205 kan användas som golvtermostat, rumstermostat eller kombinationen rumstermostat med överhettningsskydd i golvet. Fabriksinställningen i EB-Therm 205 innebär att termostaten är inställd på regleringsläge "Golvtermostat" där förinställt värde är 22°C konstant temperatur vid givaren i spacket. Maximal inställbar temperaturinställning golv 45 °C och minsta inställbara golvtemperatur 5 °C. Detta innebär att vid reglerinställning "Golvtermostat" kan rumstemperaturen sjunka under exempelvis 21 °C och golvvärmslingan tillför inte mer effekt om golvtemperaturgivaren håller inställt börvärde.

## Skanska Teknik

Publik information

Utöver golvtermostatläget som primärt används när komfortgolvvärme är huvudsyftet med installationen finns även regleringsläget ”Rums- och golvtermostat” vilket innebär att rumstemperaturen styrs efter inställt börvärde, men golvtemperaturgivaren i golvet fungerar som golvtemperaturbegränsare. Denna regleringsfunktion är framför allt framtagen för rum där golvvärmslingans huvuduppgift är att reglera rumstemperaturen, men också i rum med mycket sol- eller internvärmestillskott samt för rum med trägolv där golvets maximala yttemperatur är viktig att kontrollera. Detta reglerläge är dock inte en passande styrfunktion i denna studie där god fotkomfort och inte rumsuppvärmning är huvudsyftet med golvvärmeinstallationerna.



Figur 6. Ebeco EB-Therm 205

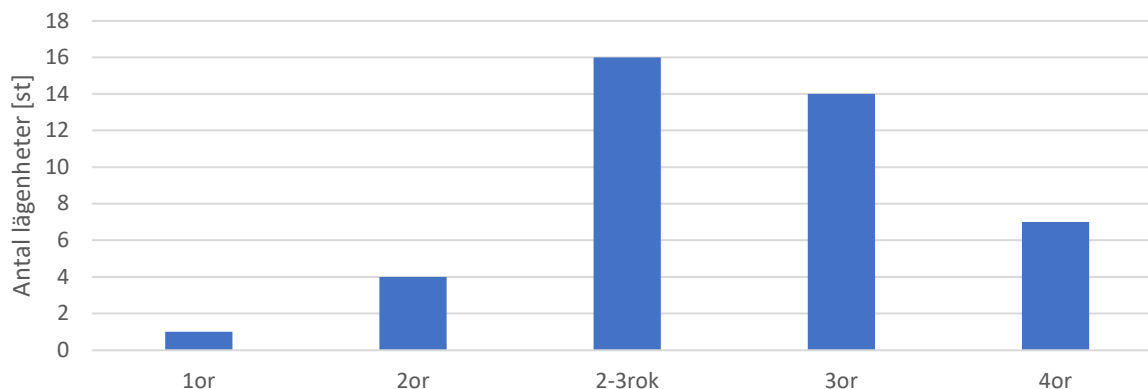
## Mätning

Inom byggnaderna finns mätinsamlingssystem för undermätning av komfortgolvvärmslingor, hushållsel, varmvatten och temperatur i varje lägenhet. Systemuppbyggnaden består av en s.k. hemnod RCU (Room Control Unit) med stöd för M-bus. Varje RCU kopplas in via slinga till DUC där mätarställningar kan avläsas. Från DUC exporteras signaler och mätarställningar dygnsvis med tiominuters upplösning till en mätdatabas. Från mätdatabasen kan mätdata för vald mätperiod exporteras för vidare behandling. Elmätarna har noggrannhetsklass som krävs för debitering.

## 2.3. Projekt Umeå

Det aktuella flerbostadshuset är ett skivhus med 42 lägenheter i sex våningar med delvis indragen takvåning. Huset har två trappuppgångar och har platsgjutet betongstomme med enkelbetongsandwich på gavlar och utfackningsväggar i trä på långsidor. Byggnaden har Svanen-certifiering och till skillnad från projekten i Stockholm och Göteborg FTX-ventilation samt återvinning av värme med värmepump från avloppsvattentankar. Byggnaden har ett beräknat Um-värde motsvarande  $0,4 \text{ W/m}^2, \text{ K}$  vilket är 20-25% högre värmeförlusttal jämfört med övriga projekt. Projektet byggdes 2018 och fungerande mätinsamling av komfortgolvvärmen erhöles sommaren 2019.

Projektet i Umeå riktar sig till en annan målgruppsfördelning jämfört med projekten i Stockholm och Göteborg. Flertalet av de större lägenheterna har både WC och badrum med tillhörande komfortgolvvärmslingor. Snittstorleken på den totala våtrumsgolvytan i lägenheterna i Umeå är  $7,65 \text{ m}^2$ . Komfortgolvvärmslingorna täcker cirka 80 % av våtrumsvytan och är inte förlagda under tvättmaskin, torktumlare eller duschkörna.



Figur 7. Antal lägenheter och lägenhetsfördelning i Umeåprojektet.

## Skanska Teknik

Publik information

De installerade golvvärmslingorna har effekten 120, 180, 380, 530 W beroende på badrumsstorlek. I projektet installeras även slingor i WC varför total installerad effekt i vissa lägenheter blir över 900 W. Genomsnittlig installerad effekt blir 563 W/lägenhet vilket är hög installerad effekt och i nivå med Stockholmsprojektet. Eftersom våtrummen är större i Umeå blir den specifika installerade effekten per kvadratmeter badrumsgolv 75 W/m<sup>2</sup> vilket är lägre jämfört med Stockholmsprojektet. 18 av 42 lägenheter har våtrum mot yttervägg där det också sitter en vattenburen radiator installerad. Ett antal lägenheter har tak mot kallvind eller terrassbjälklag där ingen radiator finns installerad i våtutrymmet. I projektet finns två olika typer av termostater installerade.

## Termostat Nexans N-Comfort TR

I Umeåprojektet fanns inga krav i el beskrivningen rörande val av termostat. Av denna anledning valdes inledningsvis en enklare analog termostat. Den analoga Nexans-termostaten installerades i 11 lägenheter innan det uppstod leveransproblem varför en annan termostat fick köpas in till kvarvarande 31 lägenheter.

Nexans N-Comfort TR är en analog termostat som regleras i olika mot antingen rumstemperatur med den inbyggda rumssensorn, mot golvtemperatur, mot rumssensorn samt golvgivaren i kombination eller med en s.k. effektregulator (16). Fabriksinställningen är inställd på golvtemperatur med maxtemperaturbegränsning med inställt maxvärde 40°C. Ändring av driftläge görs med s.k. dip-switchar. Ändring av inställd börvärdestemperatur kan enkelt göras genom att ställa termostatens inställningsratt i nio olika temperaturlägen. Läge 1, 5 respektive 9 motsvarar enligt manualen cirka 10 °C, 30 °C respektive 50 °C.



Figur 8. Nexans N-Comfort TR

## Termostat Pentair NRG-DM

I kvarvarande 31 lägenheter installerades Pentair NRG-DM vilken beskrivs av tillverkaren som en smart elektronisk termostat. NRG-DM kan ställas in i tre driftlägen (17). Konstantläge, händelseläge (schema med olika temperaturer) och s.k. booster-läge. Boosterläge åsidosätter tillfälligt konstant- eller händelseläge och brukaren kan välja en tillfälligt inställd temperatur och varaktighet. NRG-DM har även likt Ensto & Ebeco-termostaterna s.k. adaptiv funktion. NRG-DM har fyra olika reglerlägen där termostaten styr mot golvtemperatur, rumstemperatur med golvtemperaturbegränsning, endast rumstemperatur eller effektregulatorläge. I projektet installeras golvgivare och då aktiveras automatiskt reglerläge för golvtemperatur med möjlighet att välja reglerläge rumstemperatur med golvtemperaturbegränsning.



Figur 9. Pentair NRG DM (nVent/Raychem NRG-DM)



## Skanska Teknik

Publik information

## Mätning

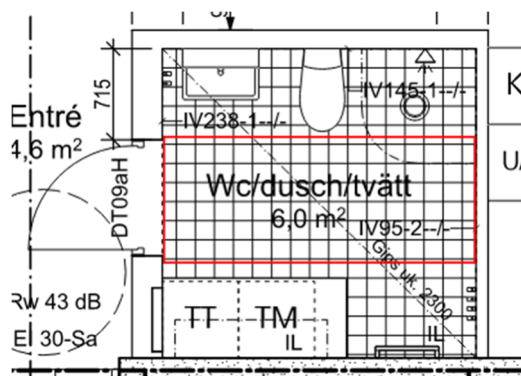
Inom byggnaderna finns mätinsamlingssystem för undermätning av komfortgolvvärmslingor, hushållsel inklusive komfortgolvvärmslingor, varmvatten i varje lägenhet. Inomhustemperatur loggas i 12 av 42 lägenheter. Varje mätare kopplas med M-bus via slinga till DUC. Från DUC exporteras signaler och mätarställningar dygnsvis med tio-minuters upplösning till en mätdatabas. Från mätdatabasen kan mätdata för vald mätperiod exporteras för vidare behandling. Elmätarna har noggrannhetsklass som krävs för debitering. På grund av problem vid dataöverföringen från DUC till mätdatabasen erhålls ej korrekt 10-minuters upplösning. Av denna anledning har minsta upplösning på mätdata för Umeå-projektet sammanställts till som lägst dygnsupplösning.

Tabell 4. Förinställt schema och börvärden i Pentair NKM-DM

Tidsintervall	Förinställning börvärdestemperatur golv	Maxtemperatur-begränsning golv
Vardagar		
00:00-06.30	16 °C	35 °C
06.30-08.30	23 °C	35 °C
08.30-18.00	16 °C	35 °C
18.00-21.00	23 °C	35 °C
21.00-24.00	16 °C	35 °C
Helg		
00.00-08.00	16 °C	35 °C
08.00-24.00	23 °C	35 °C

## 2.4. Projekt Halland

Detta flerbostadshusprojekt kom in sent för analys under SBUF-projektet och har därför inte lika mycket mätdata eller övrig säkerställd projektinformation insamlad som övriga projekt. Projektet har inte en sammanhängande uppmätt 12-månadersperiod vid tid för rapportskrivning, men tas ändå med i redovisningen då projektet har golvvärmslingor med avsevärt lägre installerad effekt jämfört med övriga projekt. Det aktuella projektet är ett flerbostadshuskomplex med 89 lägenheter uppdelat på 2 huskroppar med 6-9 våningar och totalt 6 trapphus. Huskropparna har byggts med massiv Prefab-betongstomme med betongsandwichväggar. Byggnaden har ett beräknat Um-värde motsvarande 0,34 W/m<sup>2</sup>, K, värms med fjärrvärme och har FTX-ventilation samt Svanen-certifiering. Projektet uppfördes 2021 och var inflyttat med fungerande mätinsamling av komfortgolvvärmeanvändning i mars 2022.



Figur 10. Förläggningsprincip golvvärmematta i typiskt badrum i Hallandsprojektet

Komfortgolvvärmslingorna har till skillnad från övriga projekt placerats på endast gångstråk i mitten av badrummen och är utöver ytor som under tvättmaskin och torktumlare samt duschkörna inte förlagda under tvättstall, toalett eller ytor som beträds mindre ofta i badrummen. I Hallandprojektet har dessutom Ebecos lågeffekt-värmekabelmatta Thermoflex 60 installerats med 60 W/m<sup>2</sup> installerad effekt per belagd yta. Denna installation avviker mot övriga projekt med 26 W/m<sup>2</sup> badrumsgolvyta vilket motsvarar nära på 25% av installerad effekt jämfört med Stockholmsprojektet och 50% av installerad effekt jämfört med Göteborgsprojektet.



## Skanska Teknik

Publik information

## Termostat Ebeco EB-Therm 500

Installerad termostattyp är Ebeco EB-Therm 500. EB-Therm 500 har utöver funktioner som finns i Ebecos EB-Therm 205, som användes i Göteborgsprojektet, även färgdisplay flertalet justerbara energisparprogram, samt att termostaten är förberedd för wifi alternativt fjärravläsning via trådlös M-Bus som lanseras i April-23. (18).

Utöver regleringslägena golvgivare, rumsgivare samt ”Rums- och begr. golv” har termostaten även regleringsläget golvtemperatur med maxtemperaturbegränsning av rumstemperatur. Termostaten har även ytterligare smarta funktioner som fördröjd uppstart, drifttidsbegränsning samt möjlighet att ställa in termostaten i olika applikationslägen med förinställda installatörsinställningar för maxtemperaturbegränsning, tidsstyrning med mera. Valbara applikationslägen med förinställningar är ”Hotell”, ”Komfortgolvvärme” samt ”Markvärme”.



Figur 11. Ebeco EB-Therm 500

Tillverkaren Ebeco skriver på sin hemsida: *”Komfortgolvvärmeprogrammet syftar till att hålla golven behagliga att gå på, det vill säga att de inte upplevs kalla. Komfortgolvvärmens ger också en upptorkande effekt och används som komplement till andra primära värmekällor. Applikationen komfortgolvvärme begränsar den för användaren maximala inställbara temperaturområdet och används med fördel i lågeffektlösningar. Tack vare komfortvärmeprogrammet kan termostaten även anpassas för andra offentliga utrymmen där man inte vill att användaren ska kunna höja temperaturen för mycket. Med hjälp av en byglad fjärrstyrningsingång på termostaten låses möjligheten för användaren att överstiga det förinställda högsta tillåtna temperaturvärdet, exempelvis 25 °C”.*

Komfortgolvvärmeapplikationen är dessvärre inget som förkonfigurerats i Hallandsprojektet!

För mer information gällande termostaterna och dess inställningar i alla projekt, se Tabell 5 på nästa sida.

## Mätning

Inom byggnaderna i Hallandsprojektet finns mätinsamlingssystem för undermätning av komfortgolvvärmeslingor, temperatur och tappvarmvattenanvändning i varje lägenhet. Varje mätare kopplas via M-bus via slinga till DUC där mätarställningar kan avläsas och trender loggas. Från DUC kan trendloggningar exporteras med tiominutersintervall till en mätdatabas. Elmätarna har noggrannhetsklass som krävs för debitering.

Skanska Teknik

Publik information

## 2.5. Sammanfattning termostatinställningar

Tabell 5. Sammanställning av information gällande mätobjektens termostater och inställningar vid inflyttning

	Stockholm Hus 1 & 4	Stockholm Hus 2	Stockholm Hus 3	Göteborg Hus 5-7	Umeå Hus 8 i 31 st lägenheter	Umeå Hus 8 i 11 st lägenheter	Halland Hus 9*
Termostattyp	Ensto ECO16BT	Ensto ECO16BT	Ensto ECO16BT	Ebeco EBTherm 205	Pentair NRG-DM	N-Comfort TR	Ebeco EBTherm 500
Temperatur ställs in av brukare med:	Analogt reglage temperatur/ Bluetooth-app	Analogt reglage temperatur/ Bluetooth-app	Analogt reglage temperatur/ Bluetooth-app	Knappar med digital display	Knappar med digital display	Analogt reglage läge 1-9	Touchknappar med färgskärm
Inställd börvärdestemperatur vid inflytt	Fabriksinst. 21 °C konstant dygnet runt	Okänt antal lägenheter 21 °C konstant resp. schema enl. tabell 2: 17-21 °C	Temperatur & schema enl. tabell 2: 17-21 °C	Fabriksinst. 22 °C konstant dygnet runt	Fabriksinst. Schema enl. tabell 3, 16-23°C	Framgår ej i manual	Fabriksinst. 22 °C konstant dygnet runt
Inställd maxtemperatur-begränsning vid inflytt	Fabriksinst. 50 °C	Okänt antal lägenheter Fabriksinst. 50 °C konstant resp. 25 °C	25 °C	Fabriksinst. 45 °C	Fabriksinst. 35 °C	Fabriksinst. 40 °C	Fabriksinst. 35 °C
Möjlighet till schemastyrning/ svårighet att ställa in	Ja/svårt att ställa in via bluetooth-app	Ja/svårt att ställa in via bluetooth-app	Ja/svårt att ställa in via bluetooth-app	Ja/medelsvårt att ställa in med knappar	Ja/medelsvårt att ställa in med knappar	Nej	Ja/enkelt att ställa in
Valbara reglerlägen	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv, 4. Effektregerling	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv, 4. Effektregerling	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv, 4. Effektregerling	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv,	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv, 4. Effektregerling	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv, 4. Effektregerling	1. Golvtemp, 2. Rumstemp, 3. Rumstemp med maxtemp golv, 5. Golvtemp med maxtemp rum,
Reglerläge fabriksinställning	1. Golvtemp	1. Golvtemp	1. Golvtemp	1. Golvtemp	Valbar vid inställning. Första val: 1. Golvtemp	1. Golvtemp	1. Golvtemp
Adaptiv funktion?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
Ventilationsläge?	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Ja
Funktion för uppföljning av energianvändning	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja
Möjlighet till fjärrstyrning	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja, via Wi-Fi
Separat valbart läge med förinställd maxtemperatur-begränsning för komfortgolvvarme	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja, vid valt läge förinställt 25 °C, justerbart max. upp till 27 °C
Driftidsbegränsning	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja, avstängd i x minuter / timma. Förinställt: 0 minuter Justerbar 1–15 minuter
Fördrojd uppstart	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja, möjlighet att tidsfördröja uppstart 4 veckor

## Skanska Teknik

Publik information

## 2.6. Sammanfattning övrig information mätobjekt

Tabell 6. Sammanställning information studiens mätobjekt.

	Stockholm Hus 1	Stockholm Hus 2	Stockholm Hus 3	Stockholm Hus 4	Göteborg Hus 5	Göteborg Hus 6	Göteborg Hus 7	Umeå Hus 8	Halland Hus 9*
Atemp [m <sup>2</sup> ]	1784	1513	1784	1513	2329	1928	1928	3957	9901
Antal lgh [st]	20	18	20	18	28	28	28	42	89
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient Um [W/m <sup>2</sup> , K]	0,29	0,3	0,29	0,3	0,29	0,28	0,28	0,4	0,36
Värme och ventilation	FJV och FX	FJV och FX	FJV och FX	FJV och FX	FJV och FX	FJV och FX	FJV och FX	FJV, spillvatten- värmepump och FTX	FJV och FTX
Termostattyp	Ensto ECO 16BT	Ensto ECO 16BT	Ensto ECO 16BT	Ensto ECO 16BT	Ebeco EB Therm 205	Ebeco EB Therm 205	Ebeco EB Therm 205	11 st N- Comfort TR och 31 st Pentair NRG-DM	Ebeco EB- Therm 500
Inställd maxtemperaturbegränsning?	Ja	Nej	Delvis	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Uppmätt sammanhängande helårsperiod?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Medelvärde BOA [m <sup>2</sup> /lgh]	56,5	56,8	56,5	56,8	67,6	54,2	54,2	77,7	73,9
Medelvärde Badrum strl [m <sup>2</sup> /lgh]	4,8	5,2	4,8	5,2	5,2	5,9	5,9	6,7	6,4
Medelvärde WC strl [m <sup>2</sup> /lgh ] (ingen WC i lgh = 0 m <sup>2</sup> )	0,0	0,2	0,0	0,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,7
Medelvärde belagd våtrumsvyta med installerad komfortgolvvärme [m <sup>2</sup> /lgh]	3,5	4,1	3,5	4,0	4,2	4,7	4,7	6,0	2,8
Andel av våtrumsvolytan med installerad komfortgolvvärme som är belagd med komfortgolvslingor	73%	78%	73%	77%	81%	79%	79%	79%	44%
Medelvärde installerad effekt per lägenhet [W/lgh]	551	627	551	627	300	330	330	563	164
Total installerad effekt golvvärme, [W]	11010	11280	11010	11280	8400	9240	9240	23640	14635
Medelvärde specifik installerad effekt per belagd yta [W/m <sup>2</sup> ]	158	155	158	156	71	71	71	96	60
Medelvärde specifik installerad effekt våtrumsvyta med komfortgolvvärme [W/m <sup>2</sup> ]	115	120	116	120	58	56	56	75	26
Specifik installerad effekt per Atemp [W/m <sup>2</sup> ]	6,2	7,5	6,2	7,5	3,6	4,8	4,8	6,0	1,5
Andel våtrum m. KGV mot yttervägg	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	43%	24%
Andel våtrum m. KGV platta på mark	30%	33%	30%	33%	14%	14%	14%	14%	0%
Andel våtrum m. KGV mot kallvind	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	7%
Andel våtrum m. KGV mot vindsvåning teknik, eller förrådsutrymmen	30%	33%	30%	33%	29%	29%	29%	0%	15%

## Skanska Teknik

Publik information

## 2.7. Övergripande bedömning av komfortgolvvärmeinstallationernas energieffektivitet

Det är ett flertal inställningar och parametrar som kan tänkas påverka komfortgolvvärmeinstallationens energieffektivitet. I Tabell 7 presenteras en bedömd energieffektivitet på studiens komfortgolvvärmeinstallationer. Bedömningen resulterar i att komfortgolvvärmeinstallationen i Halland bedöms som mest energieffektiv, följt av Göteborg, Umeå, hus 3 i Stockholm och till sist minst energieffektiv bedömning får huskropp 1, 2 & 4 i Stockholmsprojektet.

I tabellen har även typ av energieffektivitetsåtgärd värderats som passiv eller aktiv. Passiva designåtgärder är att föredra då de med högsta sannolikhet kommer att bli genomförda oberoende av kvaliteten på utförandet i entreprenaden, samt att entreprenör/installatör slipper att aktivt göra korrigeringar och inställningar i syfte att uppnå väl fungerande åtgärd i ett allt för ofta stressigt slutskede av byggprojektet. Passiva designåtgärder är att föredra och är förknippade med hög sannolikhet gällande genomförbarhet. Passiva designåtgärder har värderats något högre i bedömningen av vardera komfortgolvvärmeinstallations energieffektivitet.

Tabell 7. Bedömd energieffektivitet. Röd = Låg energieffektivitet, Gul = Neutral, Grön = Hög energieffektivitet.

Projekt/huskropp	Installerad effekt per lägenhet	Termostaternas funktioner & användarvänlighet	Tydlig återkoppling till användare inställd temperatur	Inställd börvärdestemp. vid inflytt	Inställd tidsstyrning vid inflytt	Max-temperatur begränsning < 27 °C	Våtrum <u>inte</u> i anslutning till klimatskal	Övergripande bedömd energieffektivitet på installationen
Umeå	Hög	Ok 75% / Dålig 25%	Bra 75% Dålig 25%	Bra 75% (passiv) Osäker manuell ratt 25%	Ja, 75% (passiv) Nej 25%	Nej	Delvis i anslutning	3
Stockholm hus 1, 2 & 4	Hög	Dålig användarvänlighet	Dålig vid temp.över 24°C	Osäker - manuell ratt (aktiv)	Nej	Nej	Inte i anslutning	1
Stockholm hus 3	Hög	Dålig användarvänlighet	Dålig vid temp.över 24°C	Bra, men kanske låg börvärdestemp. ur komfortsynpunkt? (aktiv)	Ja (aktiv)	Ja	Inte i anslutning	2
Göteborg	Låg	Bra	Ja	Bra (passiv)	Nej	Nej	Inte i anslutning	4
Halland	Mycket låg	Mycket bra	Ja	Bra (passiv)	Nej	Nej	Delvis i anslutning	5

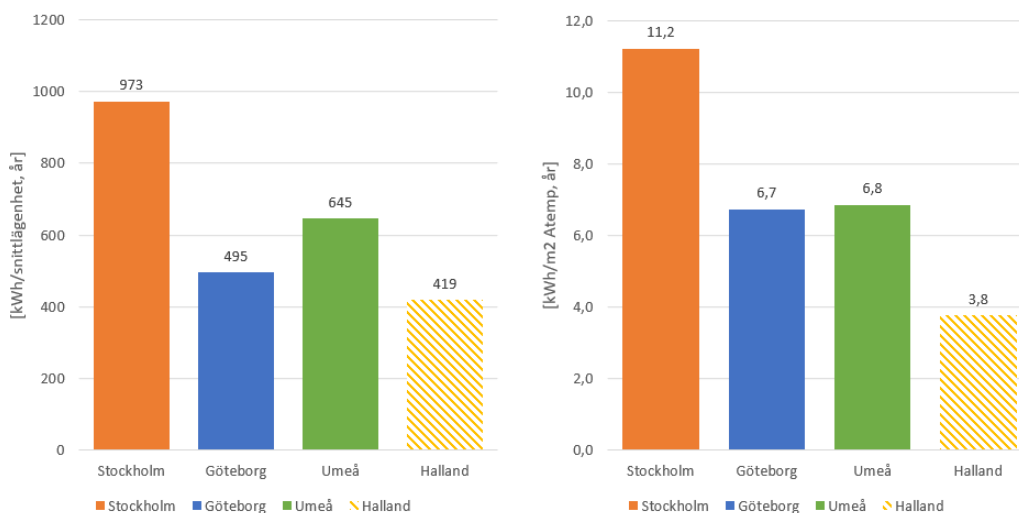
Passiv eller aktiv designåtgärd?	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv = fabriksinställning Aktiv = installatörsberoende	Passiv = fabriksinställning Aktiv = installatörsberoende	Aktiv	Passiv
----------------------------------	--------	--------	--------	---	---	-------	--------

Observera att i Stockholmsprojektet var maxtemperaturbegränsningen en aktiv åtgärd som krävde att el-entreprenören aktivt gick in i varje komfortgolvvärmeinstallations termostat och utförde föreskrivna korrigeringar för att uppnå önskad funktion. Av denna anledning har denna åtgärd markerats som aktiv och bedöms därmed mindre energieffektiv eftersom det visat sig vara mycket svårt och tidskrävande att säkerställa samt få till korrekt inställning. Om maxtemperaturbegränsningen kan konfigureras hårdvarumässigt i termostaten från fabrik så lägenhetsinnehavaren inte har möjlighet att komma runt inställningen skulle åtgärden bedömas som passiv och resultera i en mycket energieffektiv lösning.

### 3. Resultat – Mätdatasammanställning

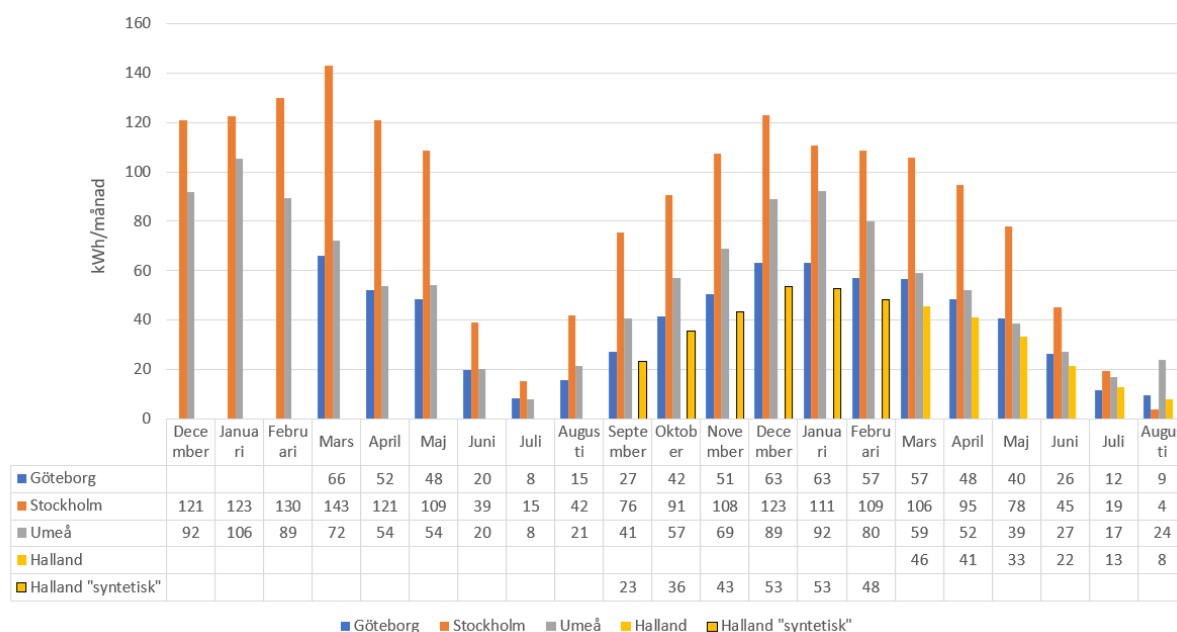
#### 3.1. Resultat uppmätt energianvändning

I följande avsnitt presenteras uppmätt medelenergianvändning per lägenhet samt specifik energianvändning utslaget per A-temp. Resultatet visas sammanslaget ortsvist per flerbostadshusprojekt samt per huskropp. Resultatet visar stor spridning i energianvändning mellan orterna där byggnaderna i Stockholm använder nära dubbla mängden el till komfortgolvvärme jämfört med byggnaderna i Göteborg och ungefär 50% mer än i Umeåprojektet, se Figur 12. För värdering av komfortgolvvärmeinstallationernas energieffektivitet på projektens olika orter, se föregående sida.



Figur 12. Uppmätt årsmedelanvändning per snittlägenhet (t.v.) samt specifik energianvändning per Atemp uppdelat per flerbostadshusprojekt perioden september 2021 - augusti 2022.

I Figur 13 kan en tydlig säsongsvariation i komfortgolvvärmens energianvändning observeras. Uppskattningsvis åtgår 6-7 gånger mer energi kalla vintermånader jämfört med varma sommarmånader.

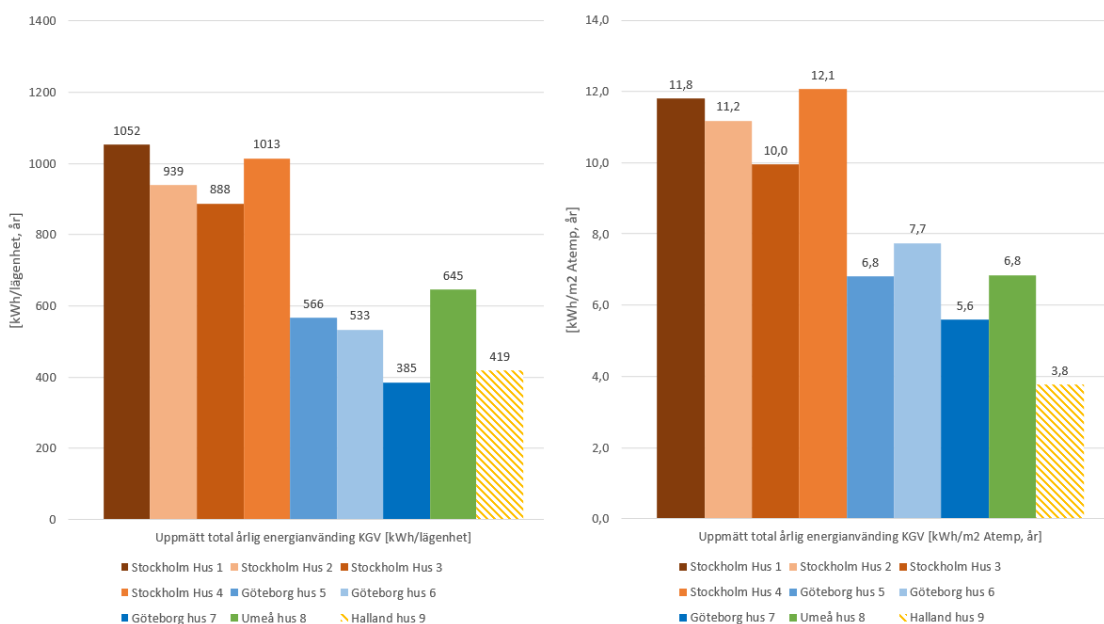


Figur 13. Månadsmedelanvändning per lägenhet i flerbostadshusprojekten perioden december 2020 - augusti 2022

## Skanska Teknik

Publik information

Det är större variation i energianvändning mellan flerbostadshusprojekt på olika orter jämfört med byggnaderna inom vardera flerbostadshusprojektet på samma ort. Medelenergianvändningen per lägenhet avviker inte mer än ~15% mellan husen i Stockholmsprojektet. I Göteborg är den lokala variationen lite större där hus 7 sticker ut och har lägst energianvändning av alla studerade huskroppar i mätstudien. Den specifika energianvändningen varierar mellan 10-12 kWh/m<sup>2</sup>, år i Stockholm, mellan 5,6-7,7 kWh/m<sup>2</sup>, år i Göteborg och lägst specifik energianvändning har Hallandsprojektet med 3,8 kWh/m<sup>2</sup>, år – mindre än en tredjedel (!) av den uppmätta specifika energianvändningen i hus 4 i Stockholmsprojektet.



Figur 14. Uppmätt årsmedelanvändning per snittlägenhet (t.v.) samt specifik energianvändning uppdelat per byggnad perioden september 2021 - augusti 2022.

Vid sammanställning av mätdata för Hallandsprojektet i början av februari 2023 har nästan en sammanhängande 12-månaders period hunnit mätas upp. Endast februari år 2022 har prognosticerats i syfte att få ett sammanhängande helår. Resultatet visar på en uppmätt årsmedelanvändning i Hallandsprojektet motsvarande 327 kWh per lägenhet och år vilket är 22% lägre än det prognosticerade värdet som togs fram i september 2022 motsvarande 419 kWh per lägenhet och år. Mätdata visar på en tydligt lägre uppmätt energianvändning under andra halvåret 2022, vilket kan vara ett resultat av ”elpriskrisen” och de höga elpriser som var aktuella under vinterhalvåret 2022/2023. Se bilaga 4, näst längst bak i rapporten för sammanställda data för Hallandsprojektet perioden februari 2022 t.o.m. januari 2023. För presentation av mätdata samt granskning och behandling av mätdata, se bilaga 5, längst bak i rapporten.

## 4. Analys & diskussion

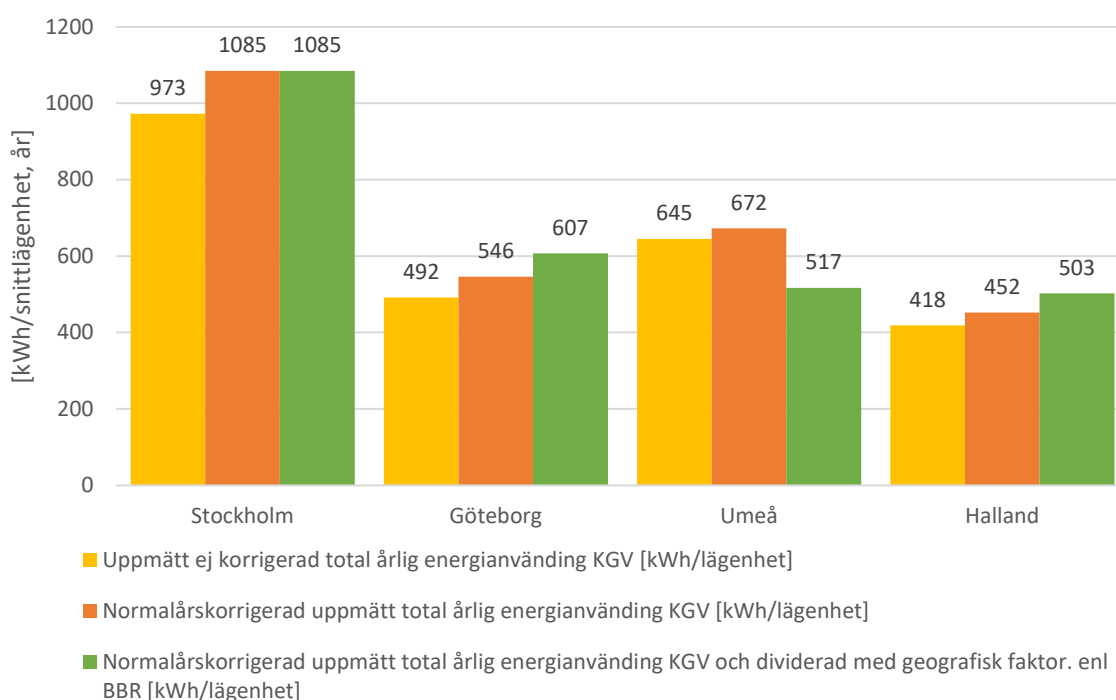
I följande avsnitt kommer ett antal fördjupande analyser av mätdata presenteras och diskuteras. Syftet med analyserna är att ge en djupare bild och underlag till diskussion gällande identifierade avvikelser i resultat samt vilka parametrar som mest påverkar komfortgolvvärmeanvändningen i nybyggda flerbostadshus. För att ge en bild av analys- och diskussionsavsnittets innehåll följer ett antal intressanta frågor som avhandlas i detta analys- och diskussionsavsnitt.

1. Hur påverkas resultatet av normalårskorrigerings samt korrigerings med BBR:s geografiska justeringsfaktor?
2. Minskar komfortgolvvärmeanvändningen över tid? Detta skulle kunna vara ett resultat av exempelvis långsam uttorkning eller brukarbeteende.
3. Hur ser fördelningen av energianvändning ut mellan lägenheterna? Hur stor andel av lägenhetsinnehavarna står för exempelvis 90 % av energianvändningen i ett flerbostadshusprojekt?
4. Finns något tydligt samband mellan hög installerad effekt och hög energianvändning?
5. Vilken medelinnomhustemperatur har studerade flerbostadshusprojekt? Är komfortgolvvärmeanvändningen mer eller mindre utetemperatur- eller innetemperaturberoende?
6. Hur ser den genomsnittliga användarprofilen ut vardagsdygn och helgdygn?
7. Hur väl har den förinställda maxtemperatur- och tidsstyrningen fungerat i aktuella byggnader Stockholmsprojektet?
8. Hur kan energianvändningen tänkas påverkas i lägenheter som har digital termostat jämfört med lägenheter med enkel analog termostat?
9. Använder lägenheter med badrum som är placerade i direkt anslutning till klimatskalet mer komfortgolvvärme?
10. Hur kan termostats användarvänlighet och övriga parametrar i komfortgolvvärmeinstallationen tänkas påverka brukarnas beteende?

#### 4.1. Påverkan av normalårskorrigerad och geografisk justeringsfaktor $F_{geo}$

I Figur 15 visas uppmätt, uppmätt normalårskorrigerad medelanvändning per lägenhet samt uppmätt normalårskorrigerad dividerad med BBR:s geografiska faktor  $F_{geo}$  ( $F_{geo}$  Stockholm = 1.0, Göteborg och Halland = 0.9 samt Umeå = 1.3) Normalårskorrigeringen har gjorts på uppmätta månadsvärden och korrigeringen med  $F_{geo}$  görs på normalårskorrigerad årsanvändning.

Korrigeringen harmoniserar resultatet mellan Göteborg, Umeå och Halland och det är endast Umeå som får markant lägre korrigerad energianvändning enl. BBR jämfört med övriga projekt där korrigerad energianvändning ökar.



Figur 15. Ej korrigerade värden, normalårskorrigerade värden med SMHI energiindex samt normalårskorrigerade värden korrigerade med BBR:s geografiska justeringsfaktor  $F_{geo}$ .

Om det är korrekt att normalårskorrigera komfortgolvvärmeanvändningen kan diskuteras.

Normalårskorrigerad bör göras om energianvändningen är beroende av klimatet och utomhustemperaturen på samma sätt som byggnadens primära värmesystem. En korrekt utförd komfortgolvvärmeinstallation kan påverkas av utomhustemperaturen i vissa fall, eftersom omgivningstemperaturen runt komfortgolvvärmeledningen kan påverkas av köldbryggor och randeffekter mot yttertak, ytterväggar och grundkonstruktion. Detta innebär komfortgolvvärmens beroende mot utomhustemperaturen till stor del bestäms av byggnadens utformning, bjälklagsköldbryggor och var våtrumsgolven placeras i relation till klimatskalet. I de flesta flerbostadshus placeras dock komfortgolvvärmeledningen utan koppling mot byggnadens klimatskal och blir i högsta grad beroende av omgivningstemperaturen (inomhustemperaturen) som i sin tur styrs av byggnadens värmesystem under uppvärmningssäsongen samt påverkas av internlast, solvärmelaster, byggnadens tidskonstant samt vädring under vår, sommar och höst. Observera att det är av största vikt att en fungerande och korrekt injusterad rumsvärmare kopplad till byggnadens primära värmesystem installeras om våtrummet har ytor direkt mot byggnadens klimatskal. Rumsvärmaren skall alltid bidra med erforderlig grundvärme i syfte att hålla 21-22 °C i rumstemperatur under uppvärmningssäsongen.

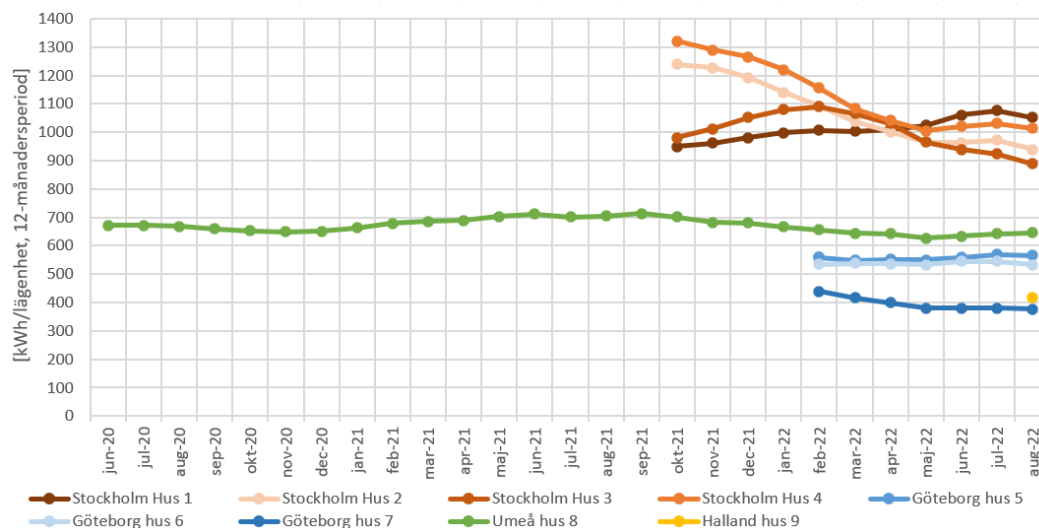


## Skanska Teknik

Publik information

## 4.2. Komfortgolvärmens energianvändning över tid

I Figur 16 visas ett glidande årsmedelvärde för studerade byggnaders komfortgolvvärmeanvändning utslaget per lägenhet. I Umeåprojektet sjunker årsanvändningen sakt men säkert från juni 2019 för att sedan öka från början fram till mitten av 2021. Fr.o.m. april 2022 kan en utplanande trend svagt framträda. I Stockholmsprojektet syns även en tydligt nedåtgående trend för hus 2 och 4 medan hus 1 och 3 visar det motsatta. I Göteborgsprojektet framträder en svagt nedåtgående trend under våren 2022 för att sedan plana ut under sommaren.



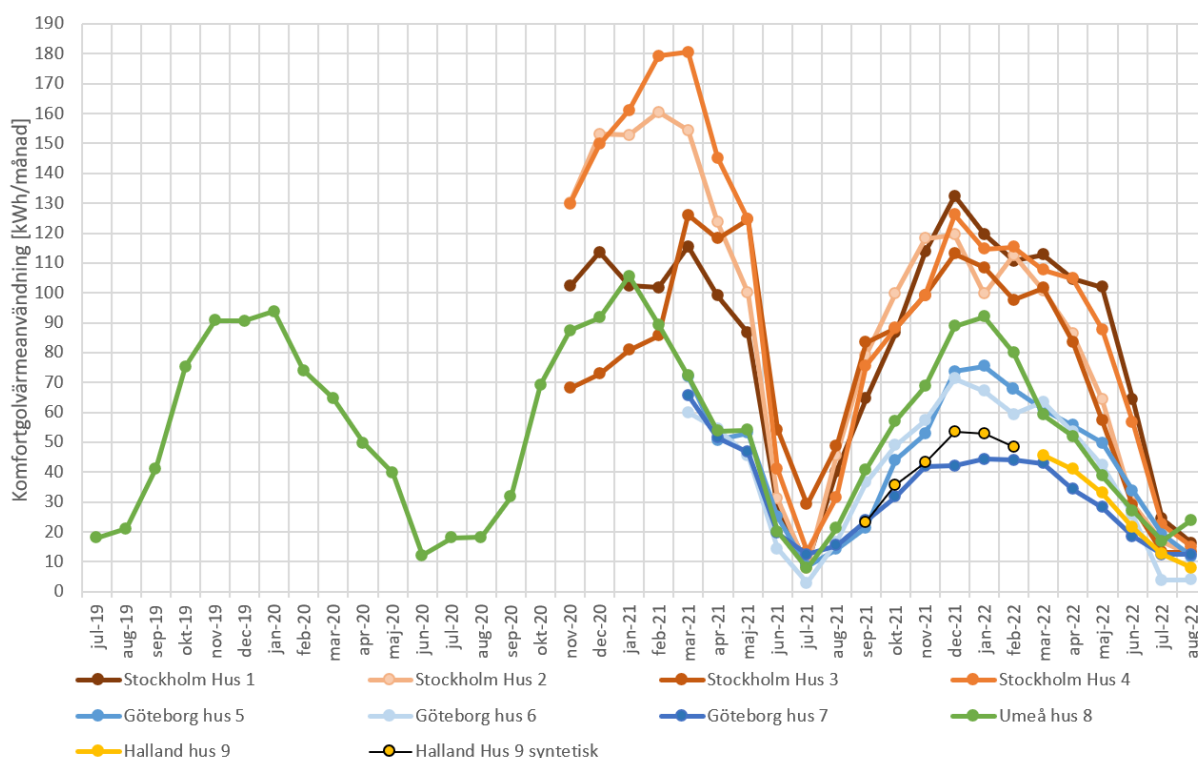
Figur 16. Studerade byggnaders komfortgolvvärmeanvändning över tid. Presenterade värden är glidande 12-månaders uppmätt användning utslaget per snittlägenhet.

Möjligt observeras tendenser att covid och hemarbete har påverkat komfortgolvvärmeanvändningen något. P.g.a. den längre mätperioden syns detta i Umeå som ökar energianvändningen något under pandemin, se mer i Bilaga 3, sida 52 rörande detta. Trenden i Umeå ser generellt ut att följas i Göteborgsprojekten samt i hus 4 och 2 i Stockholm, men hus 1 och 3 går mot trenden i övriga projekt fram till augusti 2022. Den tydliga nedgången i augusti 2022 för projekten i Stockholm och Göteborg skulle också kunna vara som resultat av höga genomslag från elpriser i Sveriges södra elområden denna period. Sammanfattningsvis är det svårt att dra någon generell slutsats gällande energianvändningen över tid.

## Skanska Teknik

Publik information

I Figur 17 visas studerade byggnaders månadsmedelanvändning över tid. Säsongsvariationen framgår tydligt och det är stor skillnad mellan orterna. I Stockholmsprojektet observeras även en stor skillnad i energianvändning under vintern 2020/2021. En förklaring till den högre energianvändningen inledningsvis i hus 2 kan bero på att projektet inledningsvis hade problem med VS-stammen i detta hus och komfortgolvvärmen var den enda uppvärmningskällan som var påslagen under en period på några veckor. Under vintern 2021/2022 har skillnaderna mellan huskropparna i Stockholmsprojektet minskat vilket tyder på att de tidigare avvikelserna kan ha med värmesystemmässig intrimning att göra, samt att brukarna inledningsvis hade problem att ställa in golvvärmevärmestaterna. Notera även den tydliga och diskontinuerliga ökningen i komfortgolvvärmeanvändning under mars 2021 i hus 3 (som har förprogrammerad maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning). Denna ökning analyseras närmre i avsnitt 4.8.



Figur 17. Studerade mätobjekts komfortgolvvärmeanvändning över tid. Presenterade värden är uppmätt månadsmedelanvändning utslaget per lägenhet.

För den intresserade finns sammanställd glidande årsenergianvändning för komfortgolvvärme, hushållsel och tappvarmvatten redovisade i relation till covidpandemins smittvågor i Bilaga 3 avsnitt 8.3. längst bak i rapporten.

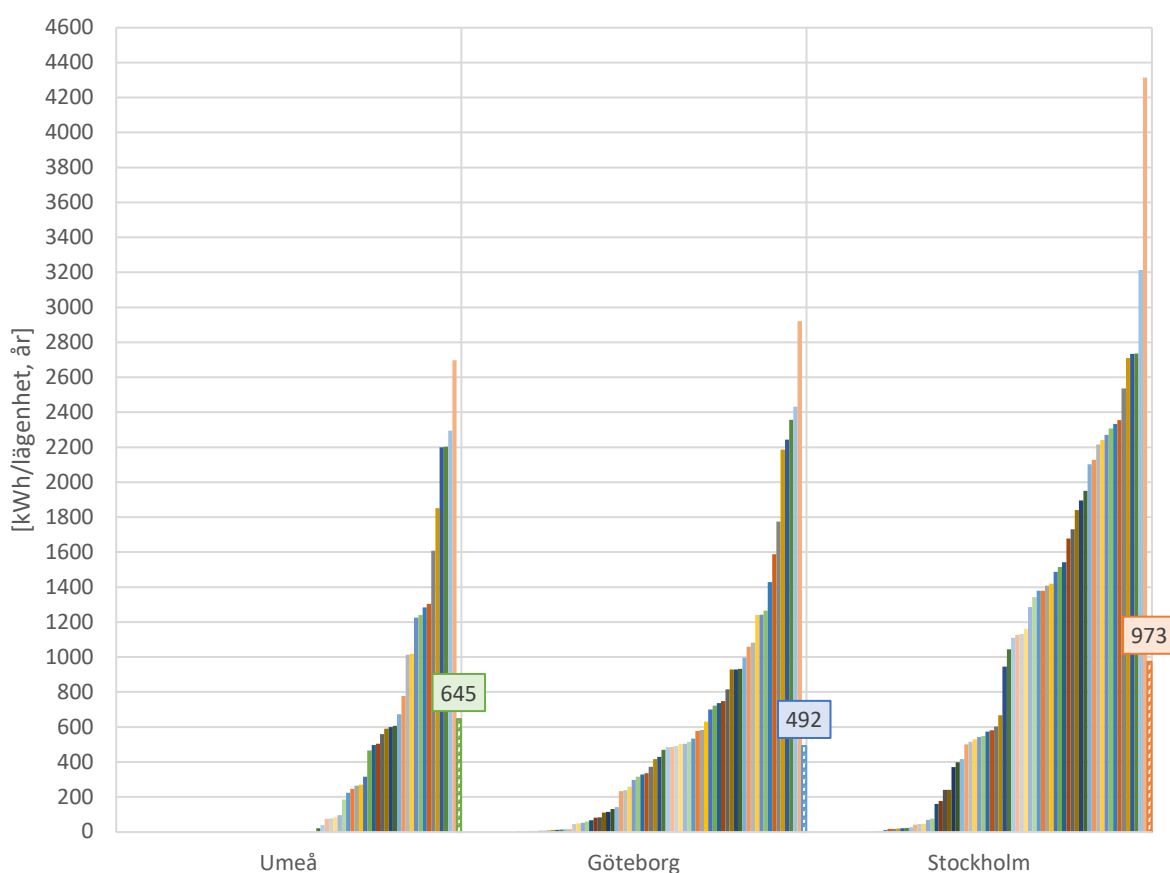
## Skanska Teknik

Publik information

## 4.3. Fördelning av energianvändning

I detta avsnitt analyseras närmre hur stor komfortgolvvärmeanvändningen varierar mellan olika lägenheter i samma flerbostadshusprojekt. Denna analys ger information gällande om det är ett fåtal användare som står för merparten av komfortgolvvärmeanvändningen eller om vi har en relativt jämn fördelning mellan lägenheterna.

I Figur 18 visas lägenhetsspecifik årsenergianvändning i Umeå, Stockholm och Göteborg. Resultatet visar på mycket stor variation i energianvändning mellan lägenheterna. I tillägg till presenterade data i figuren bör nämnas att i Umeå, Göteborg och Stockholm är det 19 %, 18 % respektive 13 % av projektens totala antal lägenheter där den uppmätta komfortgolvvärmeanvändningen är 0 kWh/år. Längst till höger om vardera fördelningen presenteras medelårsanvändningen per lägenhet i vardera flerbostadshusprojektet.



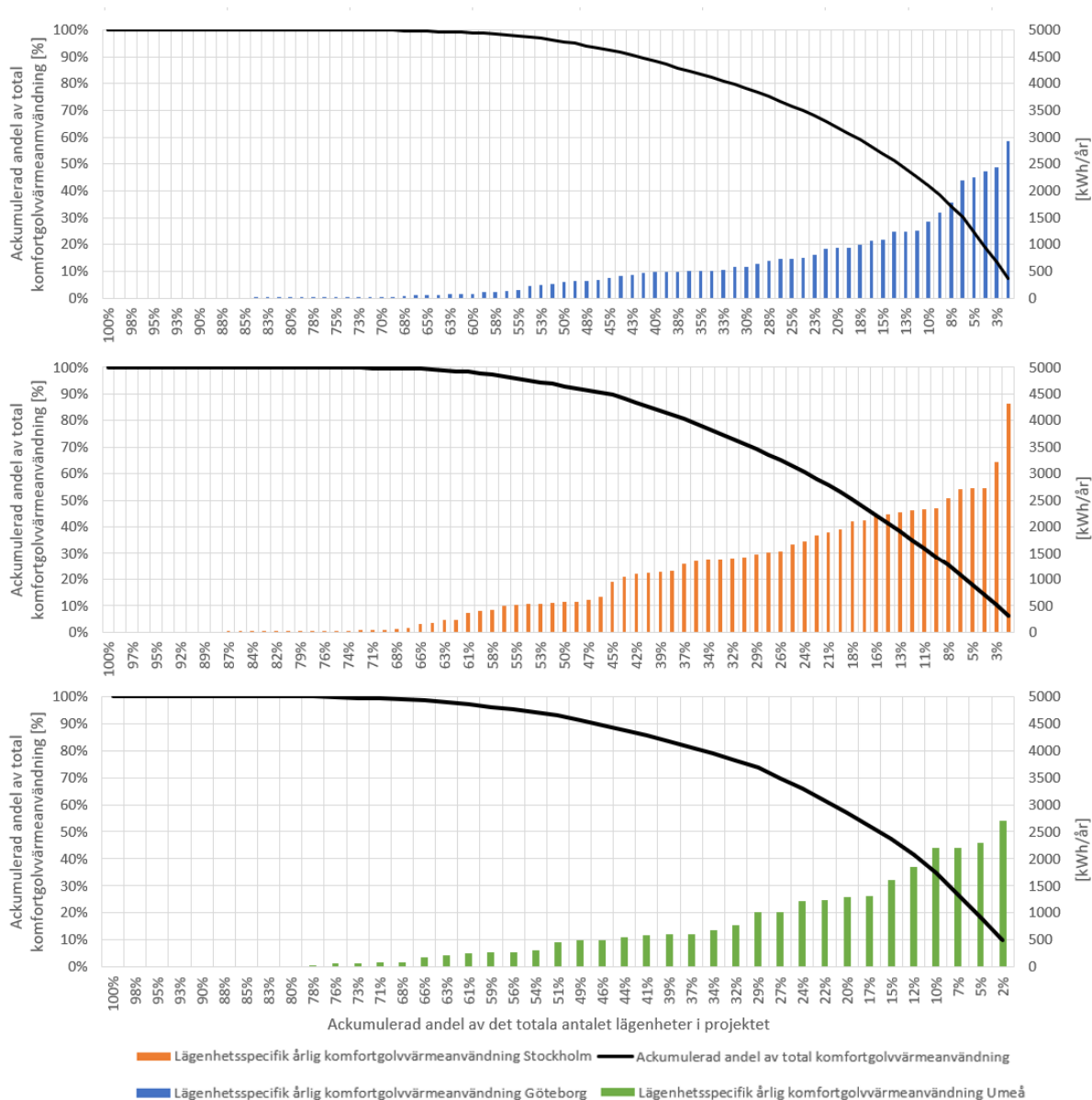
Figur 18. Lägenhetsspecifik årsenergianvändning i Umeå, Göteborg och Stockholm för perioden september 2021 - augusti 2022

## Skanska Teknik

Publik information

I Figur 19 på den vänstra y-axeln visas den ackumulerade andelen av flerbostadshusprojektets totala komfortgolvvärmeanvändning i %. Den högra y-axeln visar vardera lägenhets årliga komfortgolvvärmeanvändning för perioden september 2021-augusti 2022. På x-axeln visas slutligen (från höger till vänster) den ackumulerade andelen av den totala mängden lägenheter i projektet.

Som exempel är det möjligt att utläsa att i Göteborgsprojektet står endast 15% lägenheterna för mer än hälften av den totala komfortgolvvärmeanvändningen. Figuren visar även att 42% av lägenheterna står för 90 % av den totala komfortgolvvärmeanvändningen. I Stockholmsprojektet är det 46% av lägenheterna som står för 90 % av energianvändningen och 15 % av lägenheterna står för ungefär 42% av den totala komfortgolvvärmeanvändningen. Stockholmsprojektets fördelning har en tydlig ”mage” med flera användare över 1000 kWh/år. Göteborgsprojektets fördelning har en tydlig ”snäll” med flera användare under 1000 kWh/år. Umeåprojektets fördelning har en tydlig ”snäll” med flera användare under 1000 kWh/år.



Figur 19. Studerade lägenheters unika komfortgolvvärmeanvändning samt hur stor andel av byggnadens totala komfortgolvvärmeanvändning som härrör från valbar procentuell andel av byggnadens lägenheter.

Det är även möjligt att utläsa att sex lägenheter i Stockholmsprojektet har en årsanvändning som överstiger 2500 kWh/år, men i Umeå och Göteborg är det endast en lägenhet i vardera projektet som överstiger 2500 kWh/år.

## Skanska Teknik

Publik information

Detta innebär att en stor del av den totala komfortgolvvärmeanvändningen i ett flerbostadshusprojekt härrör från ett fåtal lägenhetsinnehavare. Detta är viktig information som kan komma väl till pass när mer eller mindre effektiva åtgärder i syfte att minska den totala komfortgolvvärmeanvändningen diskuteras.

#### 4.4. Installerad effekt och uppmätt energianvändning

I detta avsnitt presenteras installerad & uppmätt effekt, fullasttimmar samt uppmätt energianvändning. Logiskt vore om lägre installerad effekt leder till lägre energianvändning. Resultatet visar att detta verkar stämma till stor del, men hög installerad effekt per lägenhet leder inte alltid till hög energianvändning. Fullasttimmarna visar hur många timmar per dygn komfortgolvvärmen skulle behöva vara påslagen på installerad effekt under årets alla dagar för att uppnå den uppmätta årsenergianvändningen. Funktioner som lägre inställd börvärdestemperatur, tidsstyrning med perioder med låg börvärdestemperatur och maxtemperaturbegränsning resulterar i färre fullasttimmar. Med lägre installerad effekt krävs också längre drifttid för att uppnå motsvarande golvtemperatur. Detta förklarar troligtvis varför Hallandsprojektet, med låg installerad effekt, har 7.0 fullasttimmar per dygn jämfört med övriga projekt som ligger mellan 3-5 fullasttimmar per dygn.

I Tabell 8 framgår att den genomsnittliga installerade effekten per lägenhet i Stockholmsprojekten är nästan dubbelt så hög jämfört med Göteborgsprojekten samt nästan fyra gånger så hög som Hallandsprojektet. Den genomsnittliga årliga energianvändningen per lägenhet är i storleksordningen dubbelt så hög i Stockholmsprojektet jämfört med Göteborgsprojektet vilket korrelerar ganska väl med den installerade effekten, men Stockholmsprojektet har dock långt ifrån fyra gånger så hög energianvändning som Hallandsprojektet som har en ungefär en fjärdedel av den installerade effekten i Stockholm. I Umeå har lägenheterna däremot relativt hög installerad effekt per lägenhet, men relativt låg energianvändning vilket tyder på att börvärdestemperatur, styrning och brukarbeteende har en stor påverkan på den låga energianvändningen i Umeå. Detta kan bero på såväl termostatinställningar, slumpmässigt brukarbeteende eller användarvänligheten i gränssnittet brukare/termostat jämfört med Stockholmsprojektet som har motsvarande installerade effekt per lägenhet, men markant högre energianvändning. Detta resonemang leder således till att låg installerad effekt leder till mindre energianvändning till en viss gräns, men även att mindre användarvänliga termostater i kombination med hög installerad effekt kan vara en orsak till den höga energianvändningen i Stockholmsprojektet.

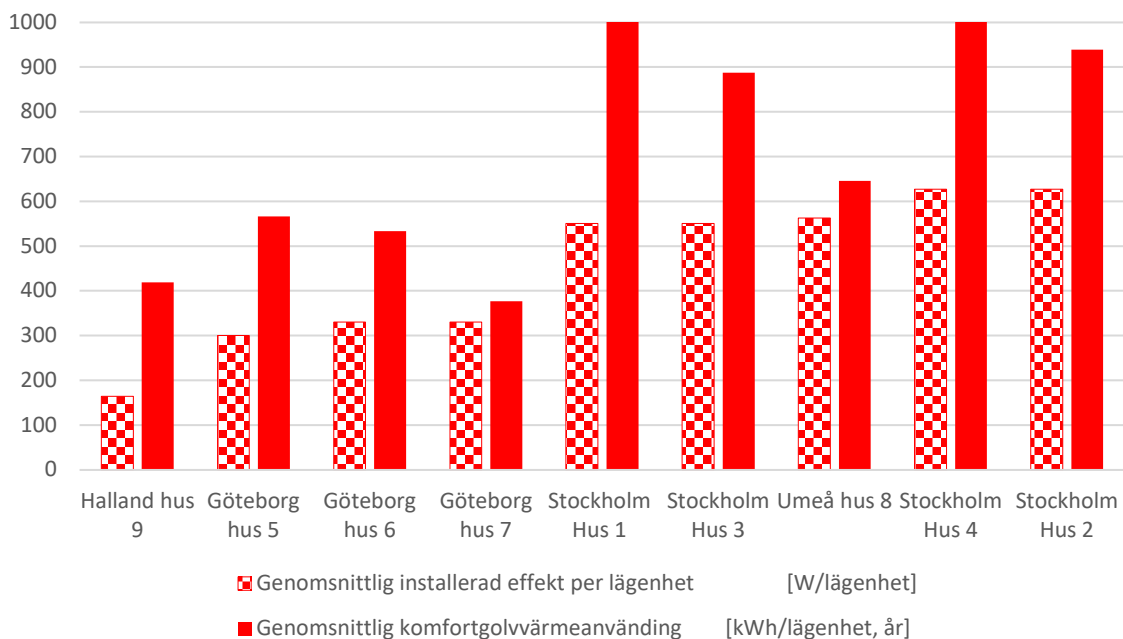
Tabell 8. Installerad, uppmätt effekt samt nyckeltal för studerade byggnader.

	Stockholm Hus 1	Stockholm Hus 2	Stockholm Hus 3	Stockholm Hus 4	Göteborg hus 5	Göteborg hus 6	Göteborg hus 7	Umeå hus 8	Halland hus 9	Summa/ medel Alla hus	Summa medel hus 1-8
Installerad effekt [kW]	11,3	11,3	11,0	11,3	8,4	9,2	9,2	23,9	14,6	110,3	95,7
Uppmätt max timmedeleffekt [kW]	5	6,5	6,2	7	4,4	3,5	3,7	-	-		
Fullasttimmar per dag (motsvarande antal timmar per dygn, året om på full installerad effekt)	5,1	4,1	4,4	4,4	5,2	4,4	3,1	3,1	7,0	4,5	4,1
Genomsnittlig installerad effekt per lägenhet [W/lägenhet]	551	627	551	627	300	330	330	563	164	379	474
Genomsnittlig maximal timmedeleffekt [W/lägenhet]	250	361	310	389	157	125	132	-	-	-	-
Genomsnittlig komfortgolvvärmeanvändning [kWh/lägenhet, år]	1052	939	888	1013	566	533	377	645	419	617	705
Komfortgolvvärmeanvändning per installerad effekt [kWh/W <sub>installerad</sub> , år]	1,87	1,50	1,61	1,62	1,89	1,62	1,14	1,13	2,55	1,63	1,49

## Skanska Teknik

Publik information

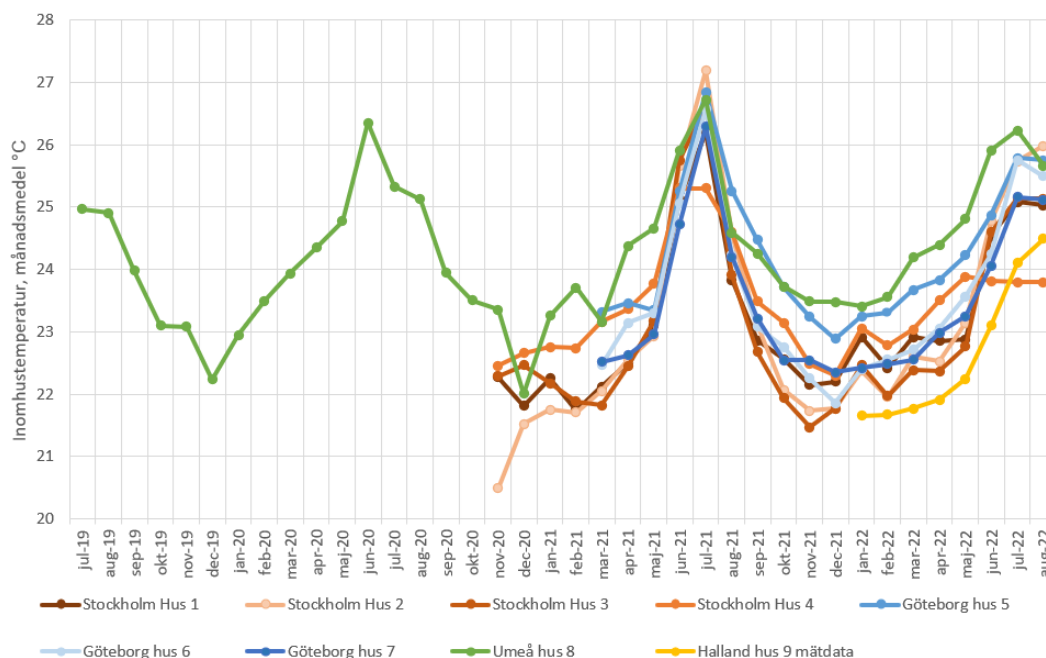
I Tabell 8 har även nyckeltalet ”Komfortgolvvärmeanvändning per installerad effekt” räknats fram för de olika husen. På samma sätt som fullasttimmar skulle detta nyckeltal kunna vara en enkel hjälp i projekteringsskedet för att uppskatta energianvändningen utifrån installerad golvvärmeeffekt. Nyckeltalet ligger i medel på 1,5 kWh/ $W_{\text{installerad}}$ , år för alla projekt med installerad effekt över 300 W/lägenhet, men i Hallandsprojektet som har markant lägre installerad effekt per badrumsgolv ökar troligtvis nyckeltalet till ~2,6 kWh/ $W_{\text{installerad}}$ , år som följd av ökad mängd fullasttimmar för att klara att hålla börvärdestemperaturen. Nyckeltalet för alla studerade huskroppar hamnar på ~1,6 kWh/ $W_{\text{installerad}}$ , år.



Figur 20. Samband mellan installerad effekt och uppmätt energianvändning, projekt sorterade från lägst till högst installerad effekt per lägenhet.

## 4.5. Uppmätt inomhustemperatur & komfortgolvvärmens inomhustemperaturberoende

I ett hus där värmesystemet har en hög injusterad inomhustemperatur under uppvärmningssäsongen, exempelvis 23°C, uppnås en högre omgivningstemperatur runt badrumsbjälklaget och komfortgolvvärmeslingan. Vid ett inställt temperaturbörvärde på 27 °C skulle förenklat temperaturdifferensen mellan golv och omgivning vara 4°C. I en lägenhet med injusterad inomhustemperatur på 21°C under uppvärmningssäsongen skulle temperaturdifferensen vara 6 °C, d.v.s. 50% högre. Enligt detta resonemang skulle en lägre inomhustemperatur leda till markant högre komfortgolvvärmeanvändning förutsatt att samma temperaturbörvärde ställs in i termostaterna. Vid närmre analys av alla lägenheters månadsmedeltemperaturer under uppvärmningssäsongen framgår att Umeåprojektet har högst inomhustemperatur - runt 23,5 °C. Detta skulle kunna vara en delförklaring till varför Umeåprojektet har relativt låg komfortgolvvärmeanvändning trots att projektet har hög installerad effekt.



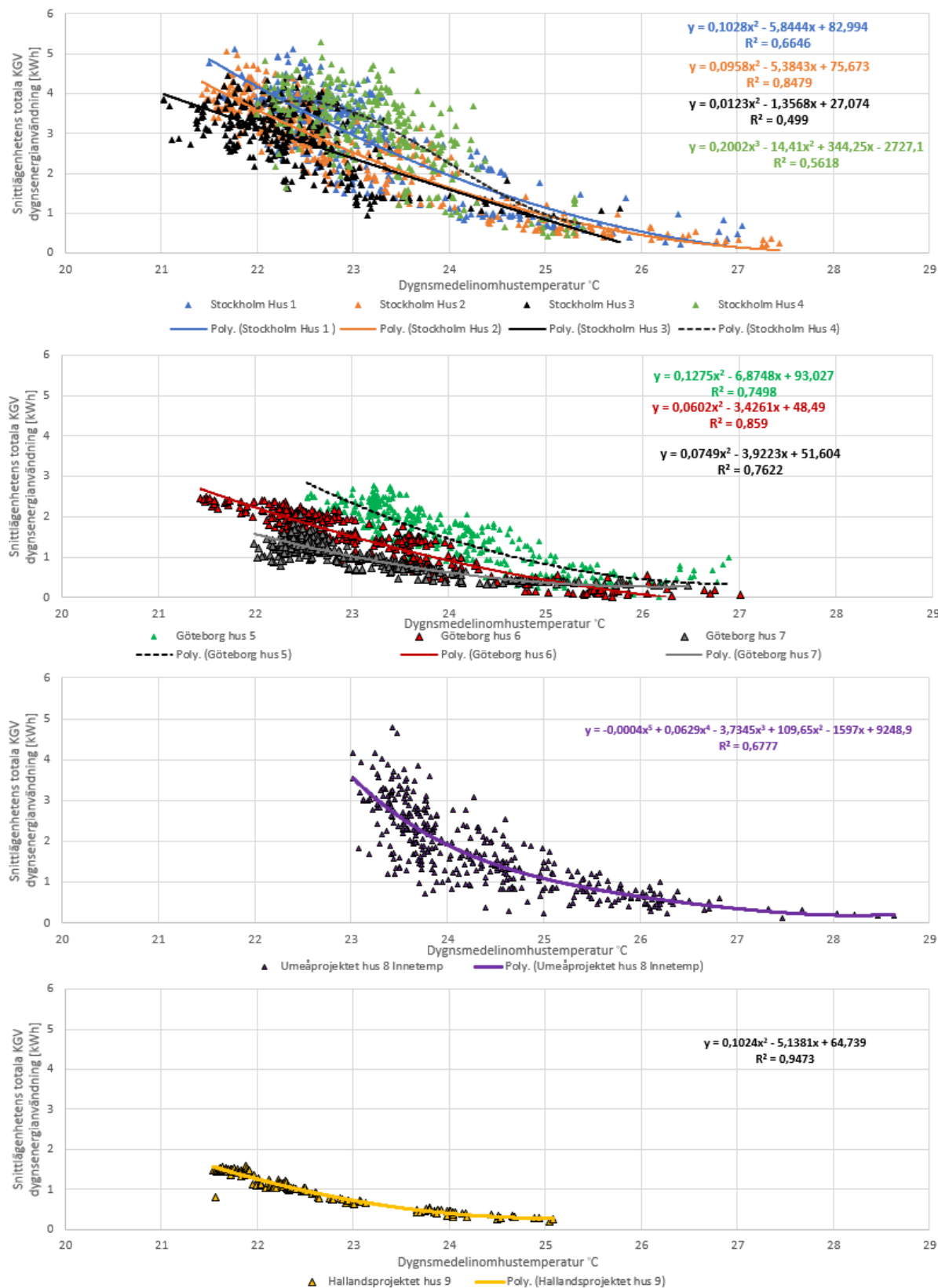
Figur 21. Sammanställda månadsmedelinomhustemperaturer i studerade huskroppar.

Samma resonemang är dock inte möjligt att applicera på Göteborgsprojektet där hus 7 har lägst energianvändning, men inte högst inomhustemperatur av studerade hus i Göteborg. Även resultatet från Hallandsprojektet talar emot denna tes, då Hallandsprojektet har lägst energianvändning av alla projekt, men samtidigt lägst uppmätt inomhustemperatur av studerade projekt.

I samma byggnad (ej jämförelse mellan huskroppar eller flerbostadshusprojekt) framgår ett tydligt samband mellan säsongsmässiga variationer i inomhustemperatur och motsvarande variationer i komfortgolvvärmeanvändning över året. Detta resultat kan tolkas som att projektets ”basnivå” gällande komfortgolvvärmeanvändning påverkas starkt av andra parametrar som brukarbeteende & komfortgolvvärmeinstallationens tekniska parametrar som installerad effekt och inställningar i termostater som ändras sällan, men en höjd inomhustemperatur i huset p.g.a. exempelvis ökad solinstrålning innebär relativt basnivån i det specifika huset en lägre komfortgolvvärmeanvändning p.g.a. minskad temperaturdifferens mot omgivningen, se Figur 22 på nästa sida för samband mellan genomsnittlig komfortgolvvärmeanvändning och inomhustemperatur på dygnsbasis i studerade huskroppar.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 22. Snittlägenhetens energianvändning som funktion av inomhustemperaturen på dygnsbasis för perioden augusti 2021- september 2022.

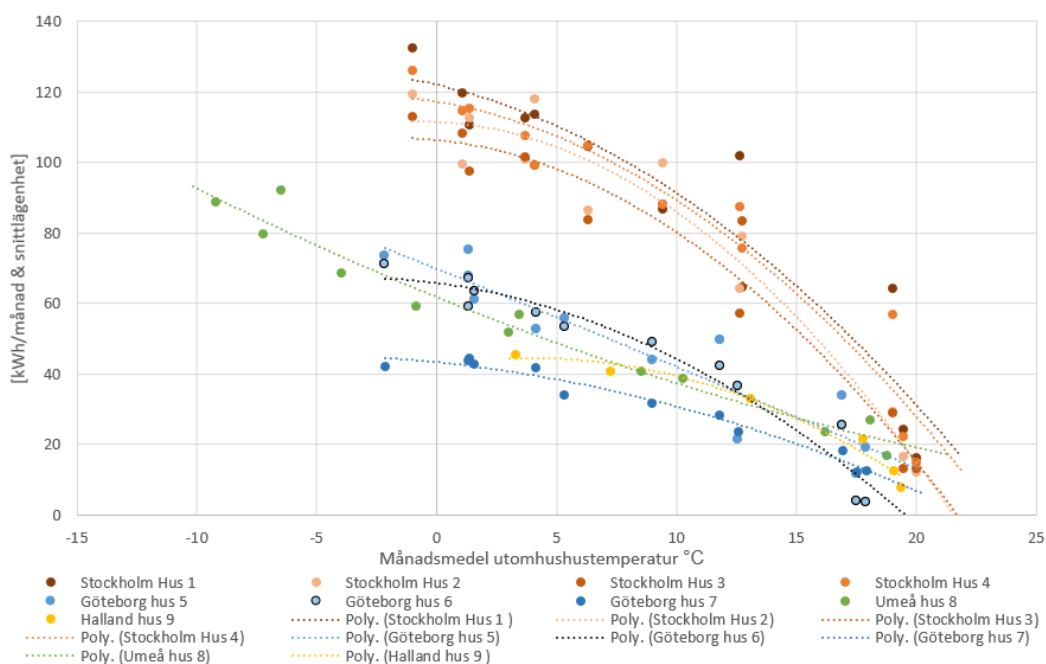


## 4.6. Komfortgolvärmens utetemperaturberoende

Lägre utomhustemperatur visar ett indirekt samband med ökad komfortgolvvärmeanvändning, se Figur 23 för samband på månadsbasis och Figur 24 för samband på dygnsbasis. De flesta byggnader visar på en icke linjär avtagande energianvändning med sjunkande utomhustemperatur. Energianvändningen tenderar i de flesta hus att plana ut vid dygnsmedelutomhustemperaturer under 0-5 °C. Detta beror troligtvis på att komfortgolvvärmeanvändningen är starkt beroende av temperaturdifferensen mot omgivningstemperaturen, som i de flesta av de studerade byggnaderna kan likställas med inomhustemperaturen. Vid kall väderlek termostat-styrs inomhustemperaturen av byggnadernas fjärrvärmvärmda radiatorer till konstant 21-23 °C vid utomhustemperaturer under 0-5°C. Vid utomhustemperaturer över 5-10 °C börjar inomhustemperaturen i flertalet lägenheter överstiga inställd börvärdestemperatur på radiator-termostaterna, som följd av att internlast och solvärmelaster räcker för att värma dessa lägenheter, vilket leder till att omgivningstemperaturen ökar och komfortgolvvärmeanvändningen minskar. För den intresserade finns även loggade medelinomhustemperaturer som funktion av utomhustemperaturen presenterade i Bilaga 1, där det tydligt framgår att dygnsinomhustemperaturerna i studerade huskroppar börjar öka vid utomhustemperaturer över 5-10°C. Det enda projekt som avviker från detta är Hallandsprojektet, där inomhustemperaturen börjar öka först vid 14-15 °C.

Umeåprojektet avviker dock tydligt mot övriga projekt och visar nära på ett linjärt samband mellan komfortgolvvärmeanvändning och utomhustemperatur både på månadsbasis och dygnsbasis. Detta har också sin förklaring då flera lägenheter med höganvändare i Umeåprojektet har badrum och WC i direkt anslutning mot yttervägg samt yttertakskonstruktioner. I badrum & WC i direkt anslutning till kallvinden saknas dessutom radiatorer inkopplade mot byggnadens primära värmesystem. En noggrannare analys av hur detta påverkar komfortgolvvärmeanvändningen görs i kommande avsnitt 4.9.

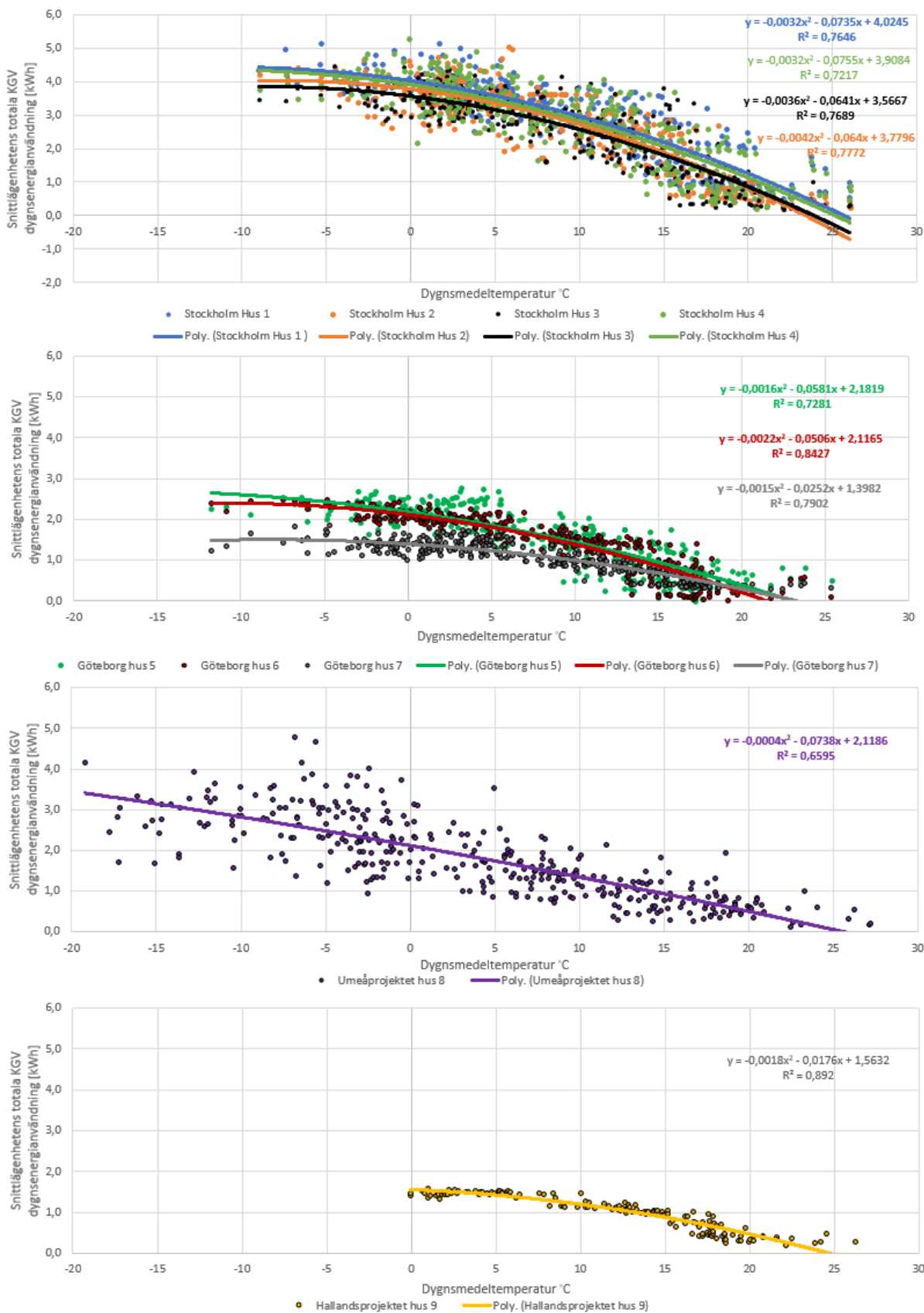
Sammanfattningsvis visar resultatet att komfortgolvvärmen är mindre beroende av utomhustemperaturen under uppvärmningssäsongen i projekt där installationen endast fungerar som komfortgolvvärme (och inte som i Umeå som delvis rumsuppvärmare), vilket ytterligare stödjer tesen att komfortgolvvärme inte bör normalårskorrigeras och korrigeras med  $F_{geo}$ .



Figur 23. Månadsmedelanvändning komfortgolvvärme per lägenhet som funktion av utomhustemperatur för perioden september 2021- augusti 2022.

Skanska Teknik

Publik information



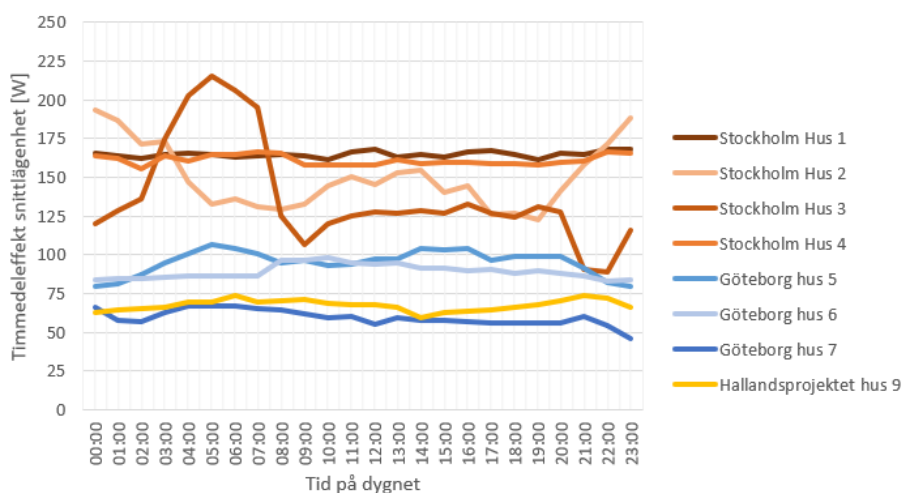
Figur 24. Snittlägenhetens dygnsenergianvändning som funktion av loggad dygnsmedel-utomhustemperatur för perioden.

## Skanska Teknik

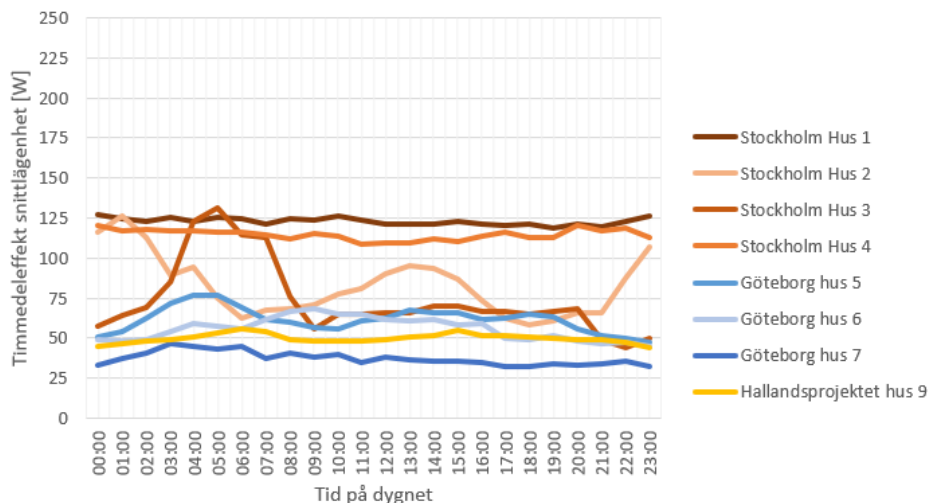
Publik information

## 4.7. Hur använder brukarna komfortgolvvärmen?

Genom att gruppera mätstudiens 291 lägenheters unika effektbehovsprofiler kan en genomsnittlig användarprofil tas fram för de olika byggnaderna vid olika perioder på året. I Figur 25 visas genomsnittliga användarprofiler för vintervardagsdygn år 2022 och i Figur 26 visas genomsnittliga användarprofiler för vårvardagsdygn år 2022. Hus 3, med termostater med förprogrammerad tidsstyrning och maxtemperaturbegränsning, har en tydlig karaktär med en effekttopp med maximal effekt runt 04.30 nattetid och en tydlig effektminskning kl. 20-22. Hus 2 har en tidigare topp med maximal effekttopp runt midnatt där ökningen påbörjas redan kl. 19. Fördjupning i varför hus 2 har sådan avvikande profil skulle kunna analyseras närmre på lägenhetsnivå, men detta inte utförts p.g.a. avgränsningar. En närmre analys av maxtemperaturbegränsningen samt tidsstyrningen i hus 3 görs i kommande avsnitt. Övriga hus i Stockholmsprojektet har relativt konstant medeleffektprofil både vinter och vår. I Göteborg- och Hallandsprojekten kan en lite högre medeleffekt under dagen observeras vilket tyder på att ett fåtal lägenhetsinnehavare har frångått fabriksinställningen och ställt in tidsstyrning på sina termostater. Hus 6 i Göteborg avviker något med en högre effekttopp senare under förmiddagen. Värt att nämna är att i dessa genomsnittliga användarprofiler så inkluderas även ”tomma” effektprofiler, från lägenhetsinnehavarna som inte använder sin golvvärme, vilket i medeltal drar ner den genomsnittliga timmedeleffektnivån över hela dygnet.



Figur 25. Genomsnittlig användarprofil "vardagar" under perioden januari-mars 2022 för studerade mätobjekt

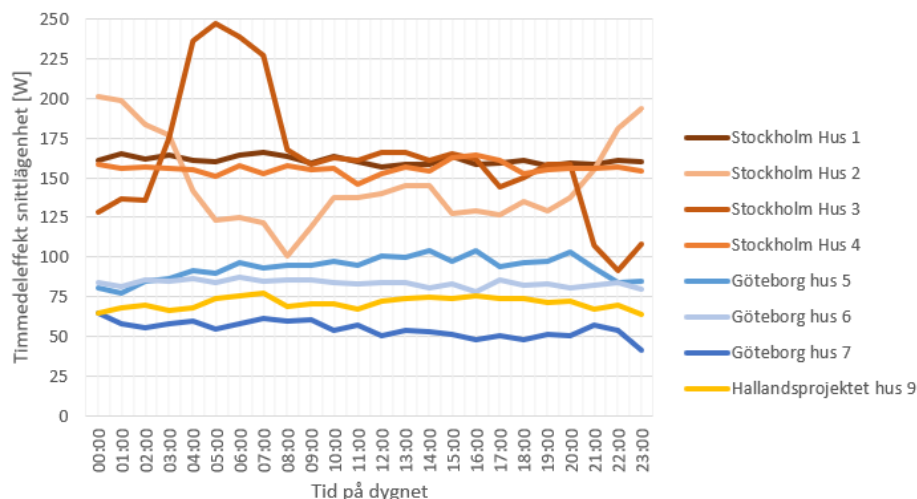


Figur 26. Genomsnittlig användarprofil "vardagar" under perioden april-juni 2022 för studerade mätobjekt

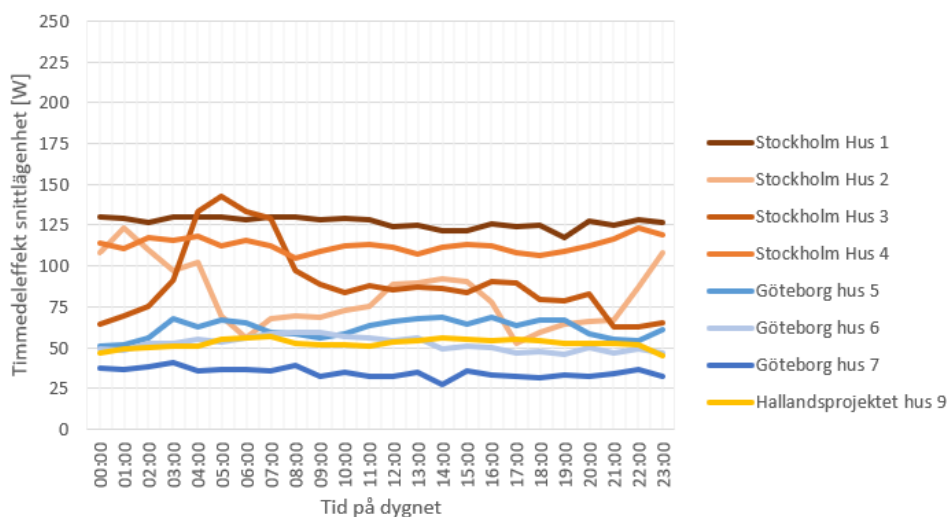
## Skanska Teknik

Publik information

Under helgdagar är det svårare att se en tydlig morgon- och kvällstopp i Göteborgsprojekten vilket tyder på att fler brukare valt schemainställning med en konstant börvärdestemperatur under helgerna, men utfallet från tidsstyrningen i hus 3 och hus 2 är fortfarande tydlig även under helgerna. Det skiljer inte så mycket mellan vardagar och helger i de flesta av huskropparna, men i hus 3 verkar effekten vara förskjutet uppåt på helgerna. En tydlig besparing jämfört mot övriga hus i Stockholmsprojektet syns som sagt på vardagar, men snarare en ökning på helger. Vad denna ökning beror på är svårt att säga, men troligtvis härrör den från missnöjda brukare som kommit runt maxtemperaturbegränsningen och lyckats ställa upp börvärdestemperaturen under helgerna. Mer om detta analyseras i nästa avsnitt.



Figur 27. Genomsnittlig användarprofil "helgdagar" under tre månadersperioden januari-mars 2022 för studerade mätobjekt



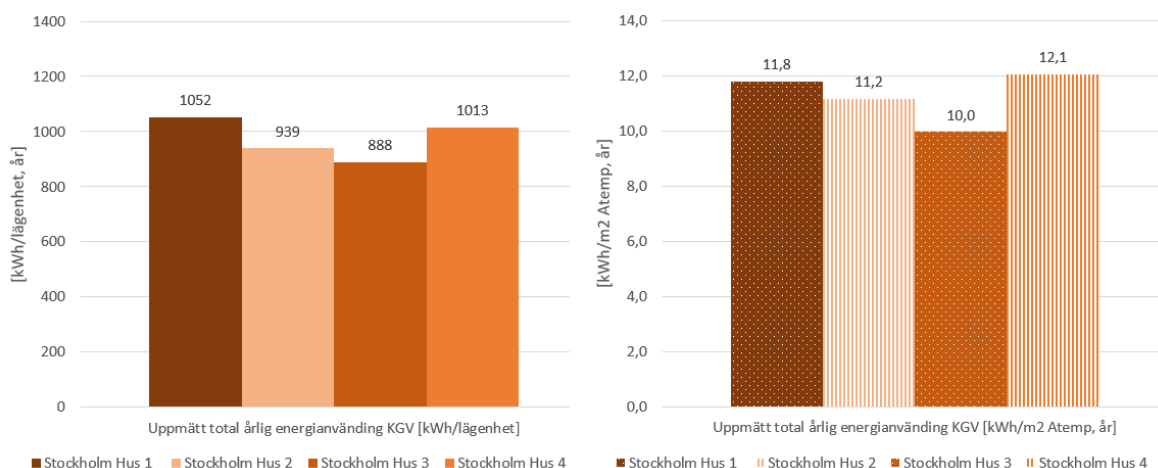
Figur 28. Genomsnittlig användarprofil "helgdagar" under tre månadersperioden april-juni 2022 för studerade mätobjekt.

#### 4.8. Analys av maxtemperaturbegränsning Stockholmsprojektet

Som tidigare nämnt blev configurationen av maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning endast fullt utförd i hus 3. I hus 2 gjordes inställningen, men inte i alla lägenheter. Hus 3 är tvillingbyggnad med hus 1 och har samma planlösning och använder 16% mindre mängd energi jämfört med hus 1. Detta är en markant sämre besparing jämfört med den beräknade besparingspotentialen för åtgärden, som beräknades till cirka 40 % i tidigare utförd SBUF-projekt [8]. Anledningen till denna avvikelse skall diskuteras närmre i detta avsnitt.

## Skanska Teknik

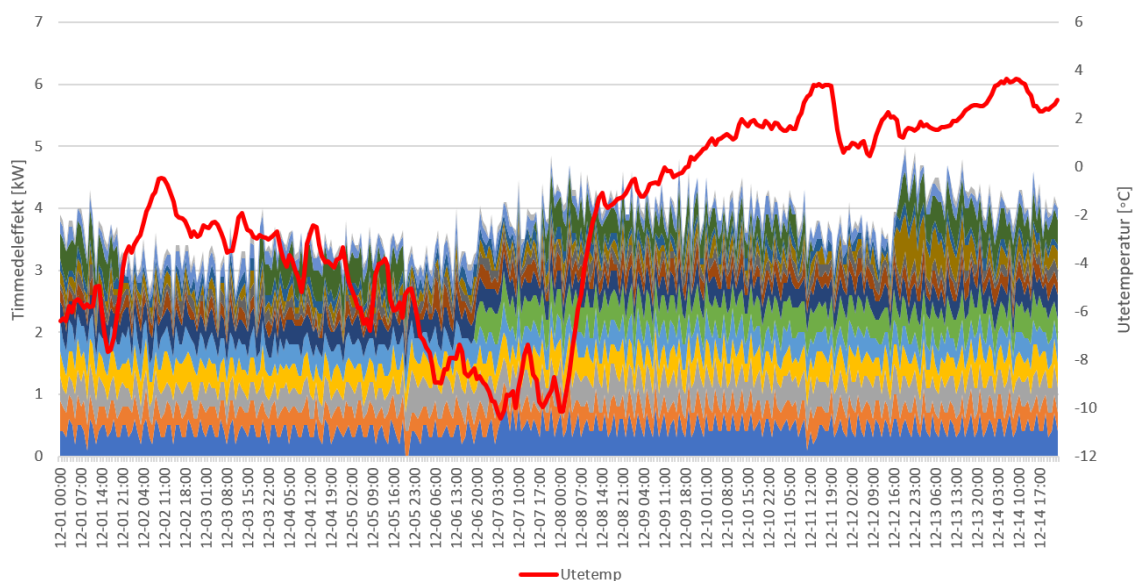
## Publik information



Figur 29. Genomsnittlig årlig komfortgolvvärmeanvändning för hus 1-4 i Stockholmsprojektet.

Vid närmare analys av effektbehovsprofilen under de två första veckorna i december 2021 (se Figur 30), 14 månader efter inflyttning, observeras tydliga skillnader i hur lägenheterna i de två tvillingbyggnaderna använder komfortgolvvärmen. I hus 1, där merparten av lägenheterna troligtvis har ett konstant temperaturbörvärde dygnet runt inställt 8enligt fabriksinställningarna), observeras en jämnare effektbehovskurva. Minst 6 av 20 lägenheter har slingan på dygnet runt med relativt hög effekt, samt en 7:e lägenhet som slår på slingan på slutet på första veckan (grön). Dessa 7 av 20 lägenheter står för cirka 70% av den totala komfortgolvvärmeanvändningen i hus 1 under den studerade perioden.

Utöver dessa lägenheter finns ett antal lägenheter som troligtvis har ett lägre temperaturbörvärde inställt och där ett tydligare beroende mot utomhustemperaturen kan identifieras eftersom effekten går ner efter skifte mot högre utetemperatur och upp vid skifte mot lägre utetemperatur. Det är också tydligt att den gröna lägenhetens golvvärmeslinga slås på i samband med att utetemperaturen har gått nedåt under ett par dygn vilket kan tyda på att lägenhetsinnehavaren slår på komfortgolvvärmen eftersom upplevd golvkomfort har försämrats. En annan intressant iakttagelse är att samma gröna lägenhet inte stänger av sin komfortgolvvärme när det blir varmare igen, vilket tyder på att brukarbeteendet troligtvis resulterade i att börvärdetemperaturen i termostaten ställdes upp relativt högt. Det totala effektbehovet i hus 1 varierar mellan 3-5 kW under den analyserade perioden.



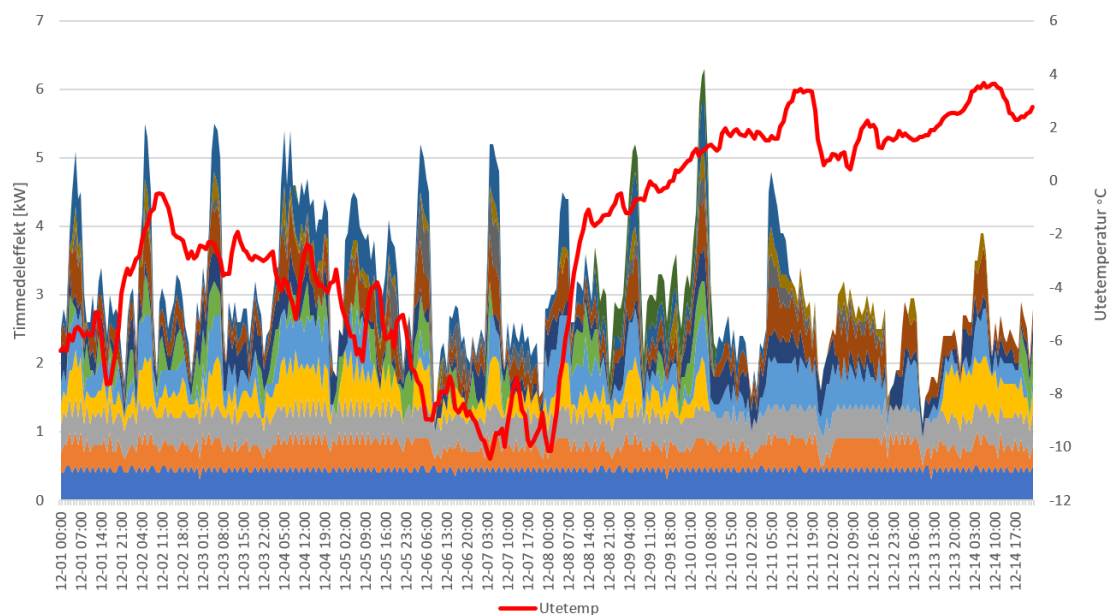
Figur 30. Effektdiagram som visar alla lägenheters elanvändning i hus 1 de två första veckorna i december 2021. Hus 1 har ingen maxtemperaturbegränsning.



## Skanska Teknik

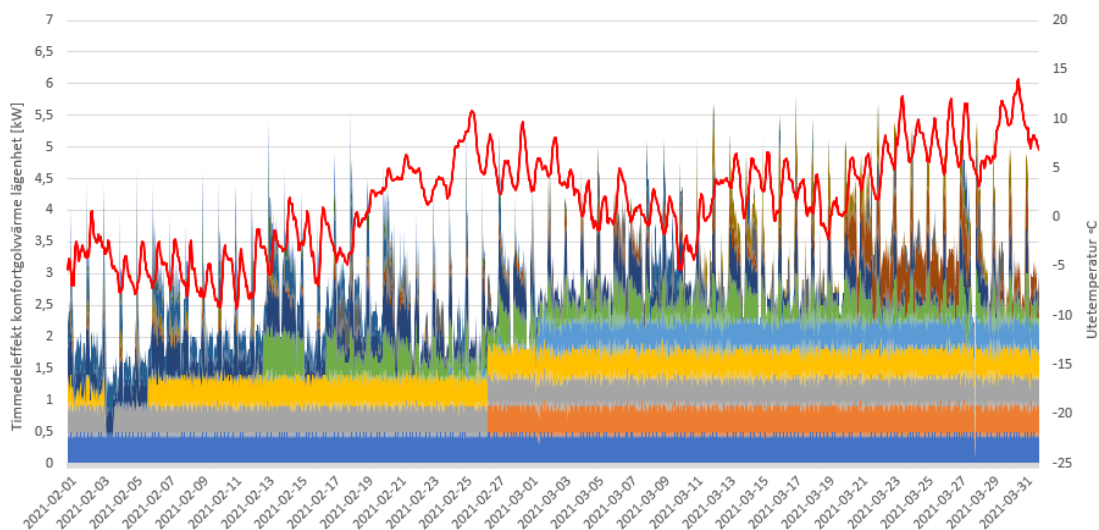
Publik information

I hus 3, med förinställd maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning, observeras en tydligt återkommande ”topp” nattetid i effektbehovet, se Figur 31. Det totala effektbehovet varierar mellan 1,5 - 6 kW under de två veckorna och det är svårare att se ett tydligt samband mot utomhustemperaturen. Det är dock tre lägenheter (blå, orange och grå) som inte ser ut att ha vare sig tidsstyrning eller maxtemperaturbegränsning inställd, vilket tyder på att dessa lägenhetsinnehavare hittat ett sätt att ställa om termostaten och ta bort maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning. Dessa 3 av totalt 21 lägenheter står för 42% av den totala komfortgolvvärmeanvändningen under den studerade perioden i hus 3.



Figur 31. Effektdiagram som visar alla lägenheters elanvändning i hus 3 de två första veckorna i december 2021. Hus 3 har konfigurerad maxtemperaturbegränsning och inställd tidsstyrning och det är tydligt hur effekten varierar med större amplitud jämfört med hus 1 (figur 37).

Vid analys av lägenheternas månadsmedelanvändning i hus 3, identifieras ett tydligt hack uppåt i kurvan i februari 2021, cirka 4-5 månader efter inflyttning. Hus 3 hade under februari en komfortgolvvärmeanvändning på cirka 70-80 kWh/månad jämfört med övriga huskroppar där snittanvändningen låg på 100-170 kWh/månad. I mars ökade användningen plötsligt till 125 kWh/månad i hus 3, en ökning motsvarande 65 %.



Figur 32. Effektdiagram som visar hus 3:s alla lägenheters elanvändning under februari och mars 2021.

## Skanska Teknik

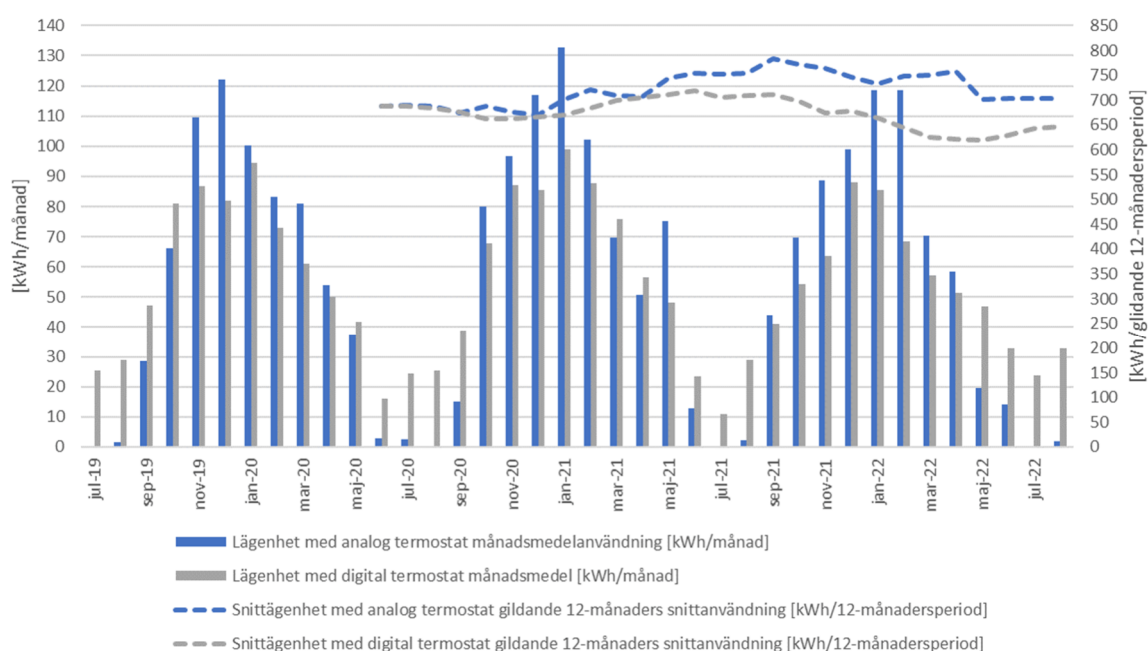
Publik information

Analyseras effektbehovsprofilen i hus 3 under februari och mars 2020 (Figur 32) syns tydligt att tre höganvändare med konstant effekt redan har lyckats komma runt maxtemperaturbegränsningen samt att ytterligare två nya höganvändare slår på sina komfortgolvvärmslingor med maxeffekt tätt efter varandra runt månadsskiftet februari/mars. Vid närmre efterforskning visar det sig att dessa två lägenheter är grannar med varandra. En teori är att den tydliga ökningen kan förklaras av att orange lägenhet lär sig hur man slår av maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning och därefter berättar hur denne gått till väga för sin granne (ljusblå), som bara en vecka senare slår på sin komfortgolvvärmslinga på maxeffekt utan synliga effekter av tidsstyrning.

Förklaringen till att besparingen inte blir lika stor som beräknat är troligtvis just dessa fem identifierade höganvändare. Användare som troligen är missnöjda med golvkomforten lyckas hitta i installatörsmanualer och ta bort inställd maxtemperaturbegränsning genom att vrida på ett manuellt reglage bakom fronten på termostaten. För att ta bort tidsstyrningen måste en Bluetooth-applikation laddas ned, användaren måste koppla upp sig mot termostaten och ta bort tidsstyrningen i Bluetooth-applikationen. För vidare fördjupning, se Bilaga 2 för genomsnittliga användarprofiler i jämförelse med hus 3 inställda tidsstyrningsschema, direkt efter inflyttning samt cirka ett år efter inflyttning i Stockholmsprojektets huskroppar.

#### 4.9. Komfortgolvvärmeanvändning med analog respektive digital termostat

Eftersom Umeåprojektet är det enda studerade projekt med två olika typer av termostater i samma huskropp är det intressant att analysera och jämföra uppmätt energianvändning i dessa lägenheter. För närmre information om termostaternas funktioner och inställningar se avsnitt 2.3 & Tabell 5. Resultatet visar att skillnaden i 12-månaders glidande energianvändning är relativt liten. Under mätperiodens första år var det ingen skillnad i helårsenergianvändning, men under covidpandemin ökade skillnaden för att vara som störst perioden maj 2021 - april 2022. Anledningen till denna skillnad ser ut att vara att lägenheter med digital termostat lyckas minska energianvändningen med snabbare takt efter covid. Kanske använder dessa användare sig av tidsstyrning i högre utsträckning vid återgång till kontor och arbetsplatser?



Figur 33. Lägenheternas månadsmedelanvändning och 12-månaders glidande medelenergianvändning i lägenheter med analog respektive digital termostat.

**Skanska Teknik**

## Publik information

Skillnaden i energianvändning har dock minskat något efter detta och lägenheter med digital termostat använder i snitt 8 % mindre energi under perioden september 2021 till augusti 2022.

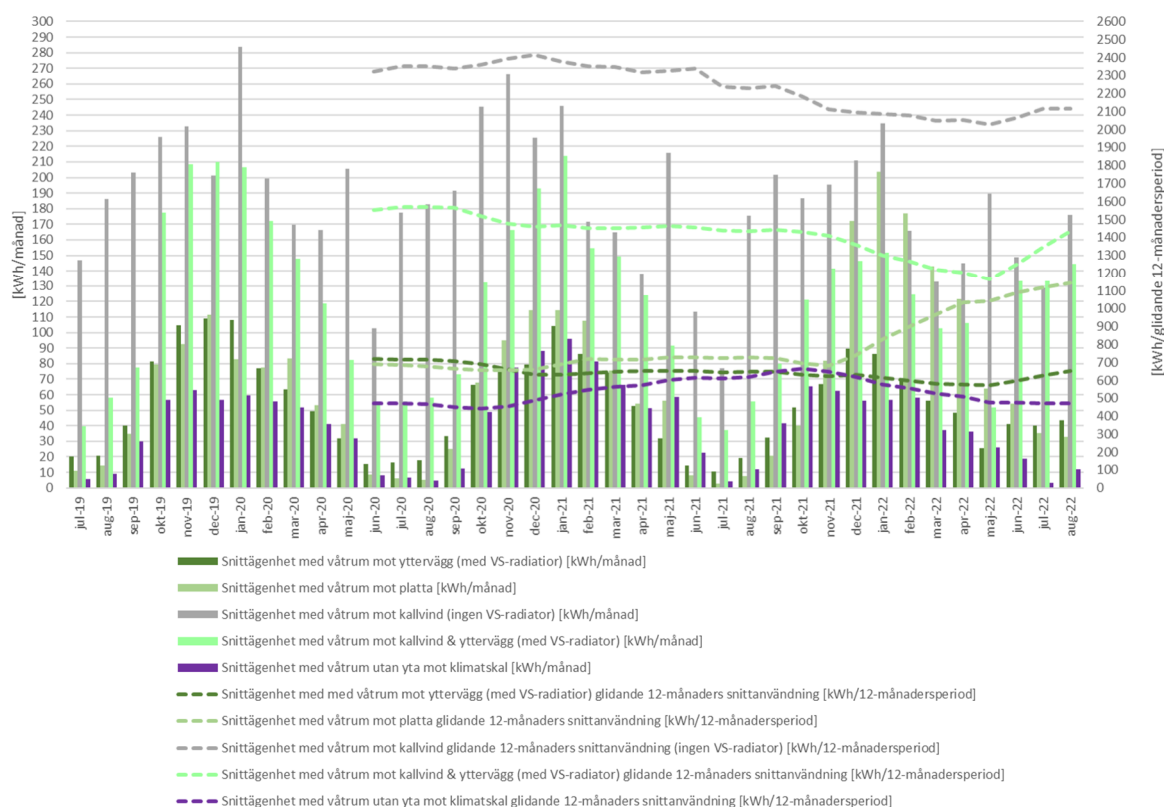
En tydlig skillnad som kan observeras i Figur 33 är att golvvärmeinstallationer med den analoga termostaten utan tidsstyrning använder mindre el under sommarmånaderna och mer el under vintermånaderna jämfört med den digitala termostaten. Troligtvis är det så att användare med analog termostat, som har konstant börvärdestemperatur och inte möjlighet till tidsstyrning, har lägre inställd temperatur med lägre upplevd komfort i syfte att spara el, vilket resulterar i att el-slingan stängs av när det blir varmare omgivningstemperatur vår/sommar/höst. Däremot ökar drifttimmarna vintertid då temperaturdifferensen mot omgivningen ökar och komfortgolvvärmen är i gång till och från 24 timmar om dygnet.

I de digitala termostaterna med möjlighet till tidsstyrning ställs troligtvis börvärdet snäppet högre när komfortgolvvärmen är i drift, med ökad komfort som följd, vilket leder till att golvvärmeslingorna med dessa termostater ibland även behöver tillföra värme sommartid för att uppnå den högre önskade golvtemperaturen. Besparingen vintertid blir dock högre jämfört med den analoga termostaten då el-slingan stängs av en stor del av dygnets timmar. Den analoga termostaten sparar energi under sommaren, den digitala termostaten sparar energi vintertid och över året blir skillnaden i uppmätt användning relativt låg. Troligtvis är det så att användare med analog termostat, utöver högre energianvändning, även får sämre upplevd komfort p.g.a. kallare golv både sommartid och vintertid.



## 4.10. Komfortgolvvärmeinstallationer i anslutning till byggnadens klimatskal

I detta avsnitt har uppmätt komfortgolvvärmeanvändning i våtrum med olika ytor mot byggnadens klimatskal sorterats ut för jämförelse. I Figur 34 framgår tydligt att energianvändningen i lägenheter med våtrum som vetter mot kallvind och har terrass med indragen takvåning (grå) har markant högre medelanvändning jämfört med lägenheter med våtrum utan yta mot kallvind (lila). Även lägenheter med yta mot kallvind och yttervägg, men med installerad fjärrvärmevärmad VS-radiator har hög medelanvändning. I lägenheter med våtrum mot yttervägg, men med installerad VS-radiator är medelanvändningen i nivå med lägenheter utan yta mot klimatskal.



Figur 34. Komfortgolvvärmeanvändning i lägenheter med yta mot olika klimatskalsdelar i Umeåprojektet

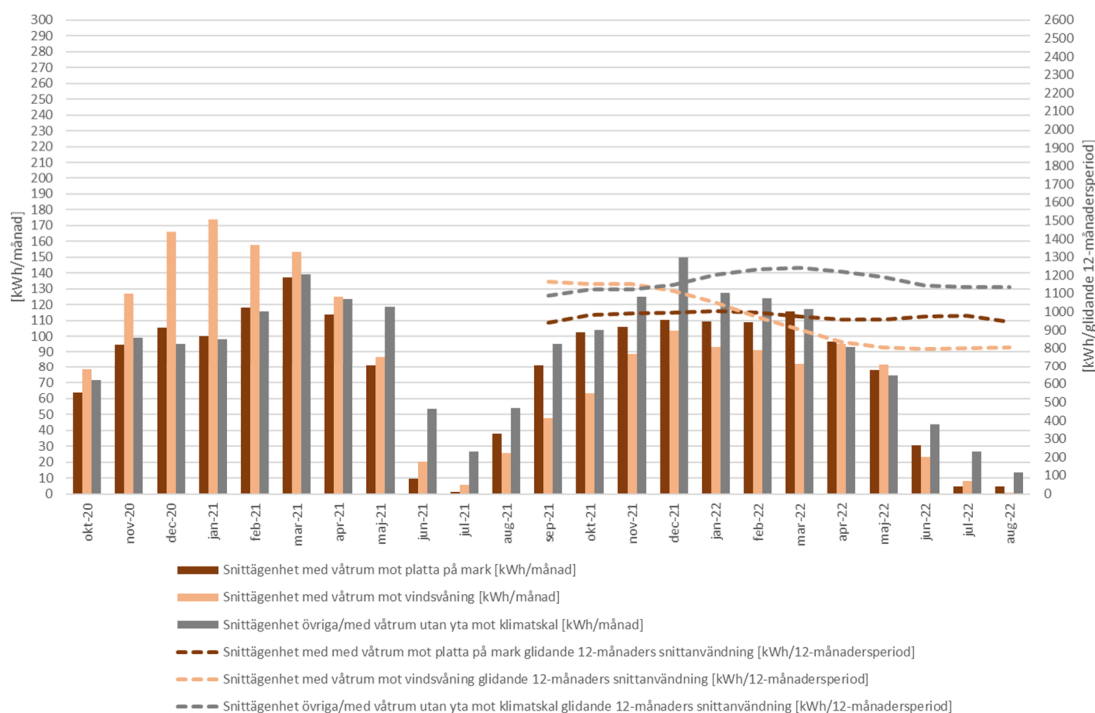
I Stockholms- och Göteborgsprojekten finns inga kallvindar i direkt anslutning ovanför lägenheterna högst upp, utan endast uppvärmda vindsförråd och fläktrum. Detta gör att omgivningstemperaturen och värmeförlusterna upp genom våtrumstak minskar avsevärt i dessa projekt jämfört med Umeåprojektet. Lägenheterna i anslutning till vindsvåningen har lägst uppmätt medelanvändning vintern 2021/2022 i båda projekten. I Göteborgsprojektet har lägenheter med våtrum i direkt anslutning mot platta på mark högst uppmätt energianvändning, men i Stockholmsprojektet är det något förvånande lägenheter utan yta mot klimatskal som har högst användning vilket ger ytterligare en indikation på att brukarbeteendet har stor påverkan på komfortgolvvärmeanvändningen i Stockholmsprojektet.

Det är också tydligt att lägenheter som vetter mot vindsvåningarna i Stockholmsprojektet använde mer energi den första vintern vilket skulle kunna förklaras av en låg injusterad temperatur på vindsvåningarna alternativt problem med ej avluftade radiatorer på vindsvåningen under den första vintern. Detta är dock inget som stämts av och bekräftats med projektet. En teori är att den höga energiåtgången i lägenheter mot vindsvåningen den första vintern som följd av kalla vindsvåningar kan ha påverkat brukarbeteendet hos lägenhetsinnehavare på plan

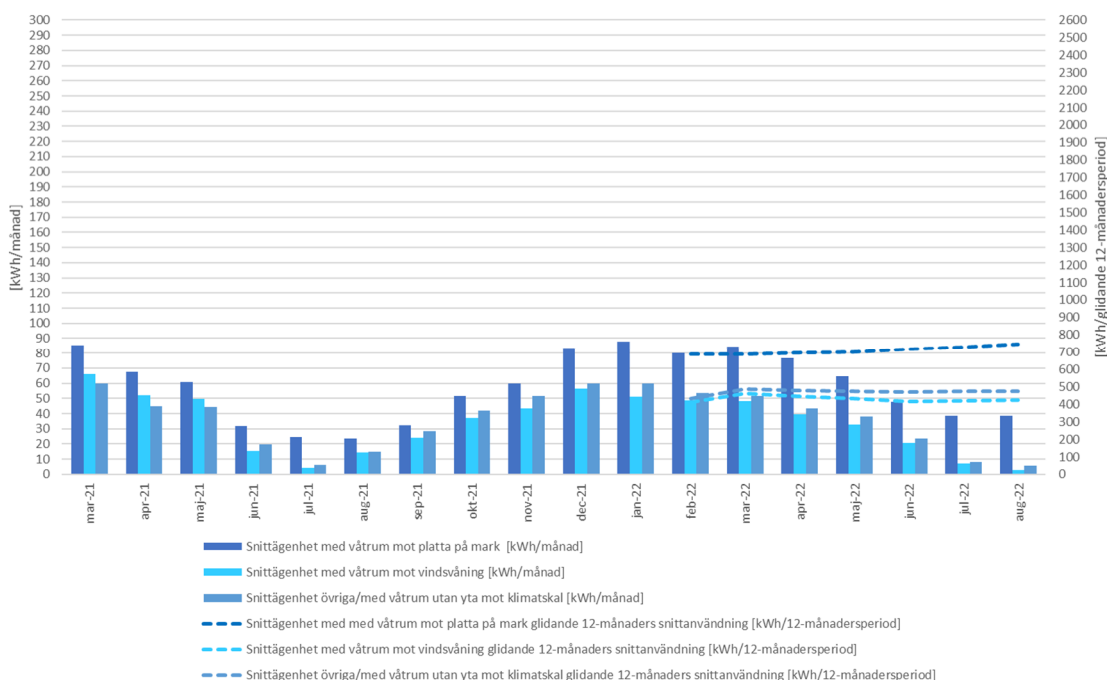
Skanska Teknik

Publik information

3 som då ställt ned golvvärmermostaterna i syfte att minska energianvändningen och höga elräkningar. Kommande vinter 2021/2022 när vindsvåningarna var korrekt uppvärmda låg troligtvis inställningen från tidigare vinter kvar i golvvärmermostaterna, med lägre inställda börvärden, och det skulle kunna vara förklaringen till den omvänt låga energianvändningen i dessa lägenheter i Stockholmsprojektet vintern 2021/2022.



Figur 35. Komfortgolvvärmeanvändning i lägenheter med yta mot olika klimatskalsdelar i Stockholmsprojektet

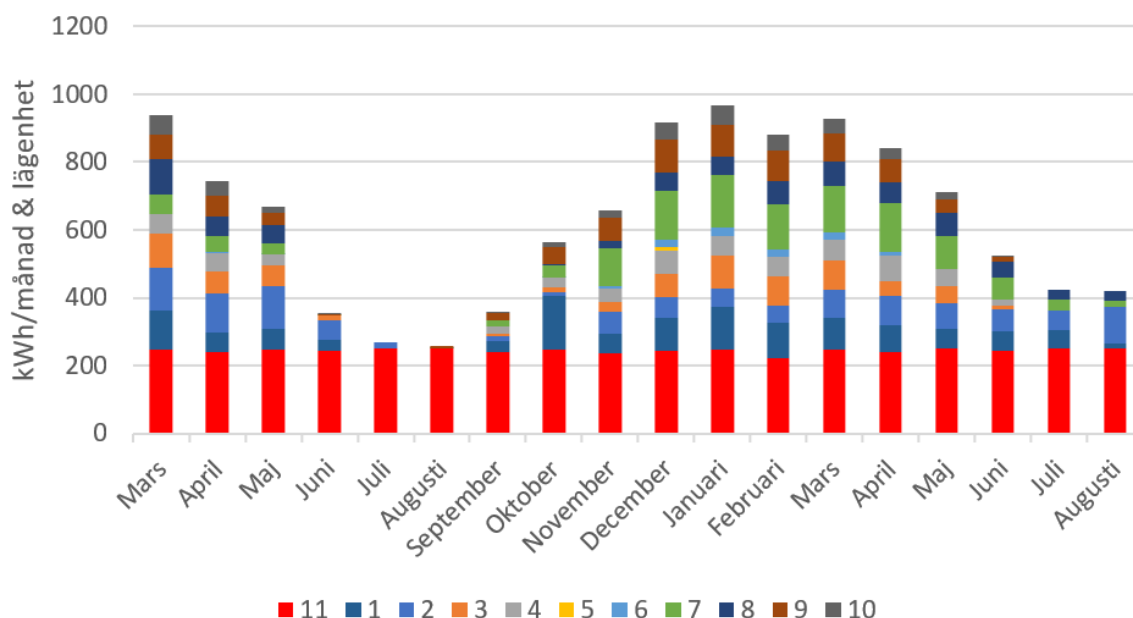


Figur 36. Komfortgolvvärmeanvändning i lägenheter med yta mot olika klimatskalsdelar i Göteborgsprojektet

## Skanska Teknik

Publik information

I Göteborgsprojektet visar resultatet, till skillnad mot Stockholmsprojektet, att lägenheter mot platta på mark i snitt använder mer energi än övriga lägenheter. Men vid närmre analys framgår att det är en höganvändare (nr 11, röd) som drar upp medelanvändningen för denna gruppering i Göteborg. Denna användare har komfortgolvvärmen på konstant maxeffekt motsvarande 330 W året om.



Figur 37. Månadsanvändning i lägenheter med våtrum mot platta på mark i Göteborgsprojektet.

#### 4.11. Övergripande analys & diskussion komfortgolvvärmeinstallationer och termostatinställningar.

Som framgått tydligt under analysavsnitten verkar den installerade effekten ha en stor bidragande faktor till den stora skillnaden i komfortgolvvärmeanvändning mellan projekten. Det förväntade resultatet utan djupare analys hade kanske varit att Umeåprojektet skulle haft högst energianvändning följt av Stockholmsprojektet, Göteborgsprojektet och till sist Hallandsprojektet. Av flertalet olika anledningar erhöles inte detta resultat och mycket kan troligen härledas till brukarbeteende i kombination med termostattyp och installerad effekt per golv.

Brukarbeteendet påverkas av termostaten och dess utformning, golvmaterial, husets generella grad av termiska komfort. Brukarbeteendet kan även tänkas påverkas av hur snabbt temperaturen ökar efter ett försök till korrigering, om golvet inom rimlig tid blir så varmt som brukaren förväntat sig. Om en förinställd låg börvärdestemperatur leder till golv som upplevs kalla och inte tillräckligt komfortabla kan detta leda till att brukaren försöker ställa upp börvärdestemperaturen mer än nödvändigt.

Andra intressanta aspekter som kan diskuteras och som kan tänkas påverka komfortgolvvärmeanvändningen är hur enkelt det är för brukaren att händelsevis ställa in termostaten på ett högre temperaturbörvärde än menat. Hur enkelt är det för brukaren att veta inställt börvärde och momentant uppmätt temperatur (ärvärde)? Hur enkelt är det för installatören att installera termostaten och ställa in energieffektiva inställningar som resulterar i god komfort? Ofta är det stressigt i projektens slutskeden innan slutbesiktning och inflyttning, varför termostater i många fall sannolikt lämnas med fabriksinställning. Detta var ett problem i hus 2 i Stockholmsprojektet i ett antal lägenheter, trots att projektledningen beslutat att konfigurera maxtemperaturbegränsning och tidsstyrning i alla lägenheter.

Vid närmre analys av Stockholmsprojektets installation så kan följande möjliga orsaker förklara den höga elanvändningen. Hög installerad effekt i kombination med att termostaten har ett analogt reglage där

## Skanska Teknik

### Publik information

temperaturskala för inställd börvärdestemperatur över 24 °C saknas. Om brukaren inte är nöjd med 24 °C dras reglaget enkelt förbi denna inställning till en högre börvärdestemperatur, utan att brukaren har fått någon återkoppling gällande inställt börvärde eller nuvarande uppmätt temperatur (ärvärde). Eftersom fabriksinställningen för maxtemperaturbegränsning är inställd mycket högt, 50 °C, är det hög sannolikhet att temperaturbörvärdet ställs in på exempelvis 35 °C eller högre, vilket innebär att golvvärmeslingan sannolikt går på full effekt året om. Som framgått i tidigare analysavsnitt räcker det om endast 10 till 20 % av lägenhetsinnehavarna lyckas göra en sådan inställning för att dubbla den sammanlagda komfortgolvvärmeanvändningen för hela byggnaden.

Diskussion bör även föras kring hus 3, där maxtemperaturbegränsningen konfigurerades innan inflyttning. Gissningsvis ställdes de förinställda börvärdestemperaturerna för lågt i energisparprogrammet/tidsstyrningen, i den för brukarna krångliga och svåråtkomliga Bluetooth-applikationen, vilket sannolikt har lett till att ett antal lägenhetsinnehavare blivit missnöjda med installationen och den upplevda golvkomforten. Detta leder till att ett antal av dessa användare börjar leta lösningar gällande hur korrigeringar i termostaten kan utföras i syfte att lösa problemet. Som visat i tidigare analysavsnitt lyckas ett antal lägenhetsinnehavare komma runt maxtemperaturbegränsningen med markant ökad energianvändning som följd. Hade tidsstyrningen ställts in med förvald börvärdestemperatur på 22-23 °C (i stället för 17-21 °C som av många anses för lågt och dessutom ger en helt avstängd komfortgolvvärmeslinga och låg golvkomfort som följd) hade kanske fler varit nöjda och inte försökt korrigera grundinställningen med ökad energianvändning som resultat.

I Göteborgsprojektet är den inställda börvärdestemperaturen tydligt presenterad med en digital display på termostaten och genom en enkel knapptryckning visas ärvärdet. I Hallandsprojektet visas ärvärdet och genom att röra touchdisplayen visas både ärvärde och börvärde samt uppskattad tid till ärvärdet uppnås om dessa avviker mot varandra. Detta innebär att brukaren är tydligt informerad om önskad och inställd temperatur, som i dessa projekt är inställd på 22 °C vid inflyttning. De lägenhetsinnehavare som är missnöjda med komforten och ökar börvärdestemperaturen gör det troligtvis med ett antal grader. Om inställningen ändras får brukaren en tydlig återkoppling på korrigerad inställning via den digitala displayen. I alla digitala termostater i Göteborg, Halland och Umeå är det enkelt att ställa in energisparscheman, till skillnad från termostaten i Stockholmsprojektet, där en Bluetooth-applikation måste laddas ned och kopplas upp mot termostaten för att göra dessa typer av inställningar.

I Umeå är valet av tidsstyrning med energisparschema ett förinställt val vid installationen av den digitala termostaten. Detta ledde till att i stort sett alla lägenheter med digital termostat blev inställda innan inflyttning med tidsstyrning med 23°C börvärdestemperatur under morgon och kväll samt under dagtid på helger, se Tabell 4, sida 15. Även termostaten i Umeå visar ett tydligt inställt börvärde på den digitala displayen och det är relativt enkelt att ställa in och korrigera energisparprogram direkt i termostaten.

Enligt information från affärsutvecklaren i Umeåprojektet hade det varit en del frågor kopplat till termostatinställningen av den analoga termostaten strax efter inflyttning, framför allt i våtrum mot klimatskal där en radiator inkopplad på byggnadens värmesystem fanns inkopplad. Det var även en del generella frågor då vissa lägenhetsinnehavare hade uppmärksammat att de fått en analog termostat och grannarna i trappuppgången bredvid en digital termostat. I lägenheter med radiator i badrummen hade problemet inledningsvis varit att komfortgolvvärmen ofta värmde våtrummet och att radiatorn inte gick i gång. Detta blev en fråga som diskuterades i föreningen och lösningen på problemet blev att ställa ned temperaturen på golvvärmen samt ställa upp termostaterna på de vätskeburna radiatorerna så de alltid levererade grundvärme i badrummen. Detta kan också delvis förklara den låga uppmätta energianvändningen med den analoga termostaten, dels p.g.a. lägre inställt temperaturbörvärde, dels generellt p.g.a. att dessa inledande diskussioner skapat en förståelse för termostaternas funktion i bostadsrättsföreningen.

## Skanska Teknik

Publik information

Det är värt att poängtera att komfortgolvvärmeanvändningen påverkas av ett flertal faktorer och det är svårt att hitta enkla samband eftersom brukarbeteendet alltid spelar en roll och kan påverka resultatet i stor utsträckning om mätdataunderlaget baseras på en mindre mängd lägenheter. På mindre mätdataunderlag kan enskilda användare påverka framtagna medelvärden och nyckeltal i den grad att resultatet tappar signifikans. Det vore intressant att gå ned på djupet och analysera mätdata för enskilda brukare som ligger till grund för framtagna medelvärden i denna studie i syfte att undersöka hur stor påverkan det slumpmässiga brukarbeteendet har på resultatet.

Sammanfattningsvis indikerar resultaten vikten av användarvänliga termostater som ger tydlig återkoppling till brukarna. I projekt med digitala termostater där brukarna vet ärvärde samt vilket börvärde som är inställt blir energianvändningen troligen lägre. Kombinationen låg installerad effekt samt användarvänlig termostat ger energieffektiv komfortgolvvärme som kan minska energianvändningen med över 50% jämfört med beräknad energianvändning enligt Svebys anvisningar. Ytterligare besparingspotential finns om maxtemperaturbegränsning konfigureras och förinställda och aktiverade tidsscheman är konfigurerade innan inflyttning.

Förslagsvis ställs komfortgolvvärmen in med ett förinställt tidsstyrt schema, men med låg börvärdestemperatur i nivå med injusterad inomhustemperatur under alla förinställda tidsperioder. Detta resulterar i att lägenhetsinnehavare som inte bryr sig och är nöjda med inställningen får låg energianvändning. De brukare som försöker ställa in energieffektiv tidsstyrning gör det enkelt i ett första steg genom att endast ändra på börvärdestemperaturen i de olika förinställda tidsintervallen. Genom att förprogrammera ett schema där slingan slås på tidig morgon och slås av sen kväll riskeras inte brukare som börjar jobba tidigt eller går och lägger sig sent blir missnöjda med fotkomforten och göra förhastade åtgärder. Dessutom innebär en sådan inställning, i kombination med adaptiv styrning, att en stor del av värmeenergin laddas in i golvet nattetid då elpriser ofta är relativt låga, vilket ger en utjämnande effekt, vid timdebitering sänker kostnaderna samt stöttar elsystemet i stort.

Resultaten i denna studie bekräftar delvis tidigare utförda studier (8, 10) och en typisk installation av *energieffektiv komfortgolvvärme* föreslås nedan:

- Ecodesign kompatibel termostat för rumsvärmare med lokalt gränssnitt för inställningar samt presentation av ärvärde och börvärdestemperatur.
- Installerad golvvärmeeffekt bör inte vara högre än 60-70 W/m<sup>2</sup> belagd yta, i bästa fall begränsas belagd yta till endast gångstråk samt ytor framför toalett och handfat.
- Hårdvarukopplad maxtemperaturbegränsning av golvytttemperaturen ställs på 25-26 °C.
- Termostaten är inställd med förinställd tidsstyrning, men med temperaturbörvärde golv 22 °C. Se förslag på tidsintervall i förinställt energisparprogram i Tabell 9.
- I våtrum som har ytor mot klimatskalsdelar installeras fungerande och korrekt injusterad rumsvärmare kopplad till byggnadens primära värmesystem som bidrar med erforderlig grundvärme.

Tabell 9. Förslag till fabriksinställd tidsstyrning och förinställda temperaturbörvärden.

Tidsintervall	Förinställning börvärdestemperatur	Maxtemperaturbegränsning golv
<b>Vardagar</b>		
05.30-09.00	22 °C	25 °C
09.00-15.30	22 °C	25 °C
15.30-23.30	22 °C	25 °C
23.30-05.30	22 °C	25 °C
<b>Helg</b>		
06.00-24.00	22 °C	25 °C
24.00-06.00	22 °C	25 °C



## 6. Förslag på vidare studier

- Del 2 av mätprojektet där fler projekt med lågeffektinstallationer studeras i kombination med kvalitativ studie med intervjuer och enkätundersökningar kopplat till fotkomfort samt interaktion med termostater och dess inställningar.
- Alternativt endast en kvalitativ studie där intervjuer och enkäter utförs denna studies analyserade flerbostadshusprojekt, där fördjupning rörande i brukarbeteende analyseras och information från brukare rörande upplevd komfort och interaktion med termostater samlas in.
- Djupare analyser av mätdata på lägenhetsnivå i syfte att utreda hur stor påverkan som slumpmässigt brukarbeteendet har på genomsnittlig komfortgolvvärmeanvändning.
- Det vore intressant att jämföra uppmätt primär värmeanvändning i byggnadernas vattenburna värmesystem i två identiska huskroppar där ett hus har eldriven komfortgolvvärme installerat och där ett hus inte har eldriven komfortgolvvärme installerat i syfte att utreda hur stor del av elanvändningen som kommer huset till godo till uppvärmning.
- Undersöka om flerbostadshus med gemensam tvättstuga, vars lägenheter har lägre frånluftsflöden i badrummen och därmed bör ha lägre avkylning av komfortgolvvärmegolven via frånluften, har lägre komfortgolvvärmeanvändning jämfört med lägenheterna i detta projekt. Alla lägenheter i detta projekt har tvätt och torktumlare och därmed relativt höga konstanta frånluftsflöden i badrummen.



## 7. Referenser

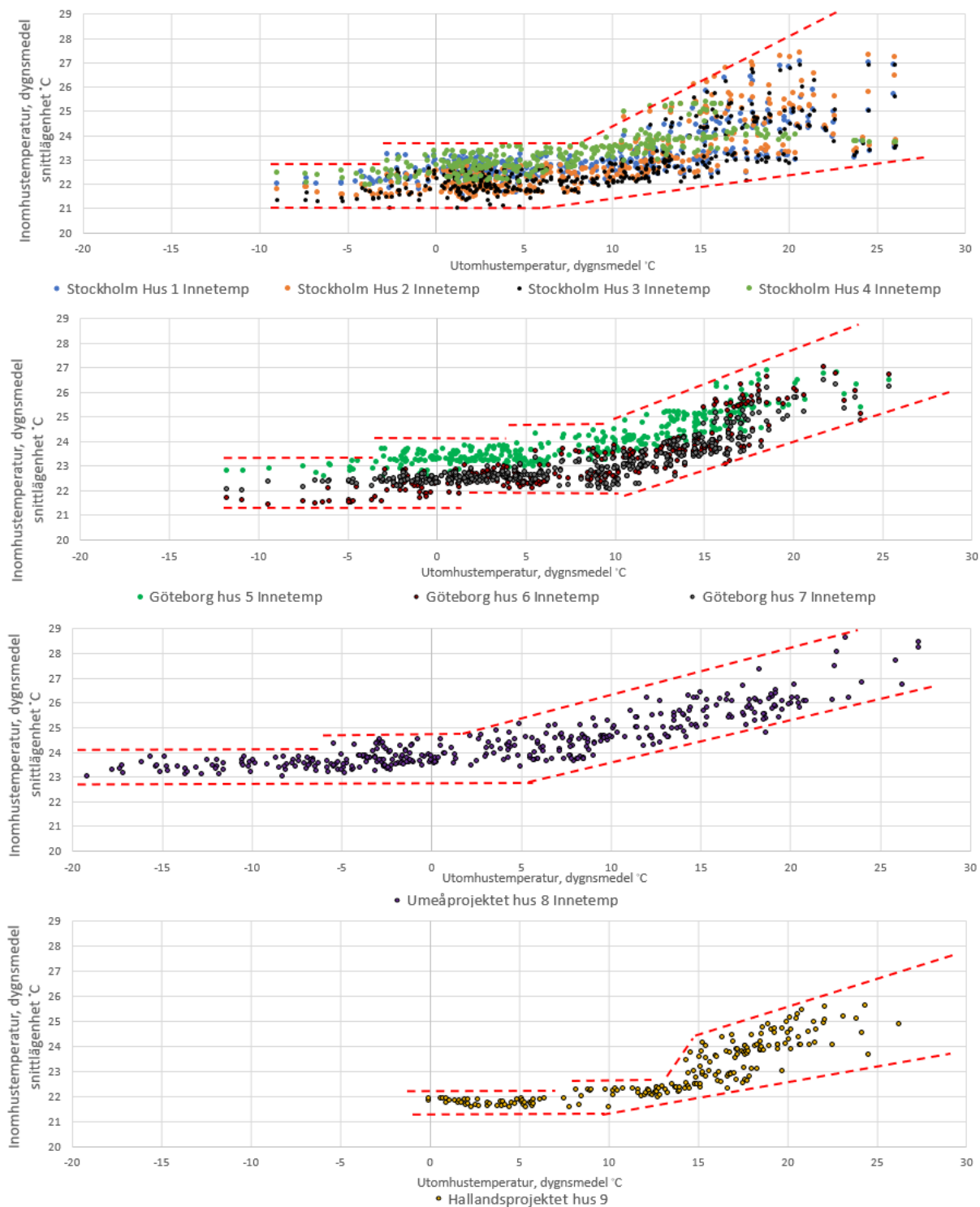
- 1 Boverket (2006) Boverkets byggregler, BFS 2006:12 – BBR 12
- 2 Boverket (2011) Boverkets byggregler, BFS 2011:26 – BBR 19
- 3 Boverket (2015) Boverkets byggregler, BFS 2015:3 – BBR 22
- 4 EU (2010) EPBD Recast (Directive 2010/31/EU)
- 5 Kempe (2013) Installationssystem i energieffektiva byggnader - Förstudie
- 6 SVEBY (2012) Brukarindata bostäder - Version 1.0, 2012-10-10
- 7 BEN (2017) Boverkets byggregler, BFS 2016:12
- 8 SBUF (2016) Komfortgolvvärme i flerbostadshus
- 9 HSB (2017) HSB Living Lab Komfortgolvvärme Fas 1 Förstudie
- 10 SBUF (2021) Komfortgolvvärme - systemlösningar för förbättrad energiprestanda
  
- 11 Boverket (2017) Boverkets byggregler, BFS 2017:5 - BBR 25
- 12 Per Levin, Sveby Personlig kontakt, mars 2019
- 13 Boverket (2020) Regler som är anmälda till EU, Länk: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/boverkets-remisser/regler-eu-anmalan/>
- 14 Ensto (2022) Länk: <https://www.ensto.com/sv/building-systems/produkter/varmesystem/varme--och-frostskyddreglering/eco16bt-in-ww/>
- 15 Ebeco (2022) Länk: <https://www.ebeco.se/produkter/styrning/eb-therm-205>
- 16 Nexans (2022) Länk: <https://www.elgrossisten.se/elmaterial/termostater/nexans-golvvarmestater-n-comfort-tr/>
- 17 Raychem (2022) Länk: <https://www.raychemgolvarme.se/produkter/termostater/nrg-dm>
- 17 Ebeco Länk: <https://www.ebeco.se/produkter/styrning/eb-therm-500>



## 8. Bilagor

### 8.1. Bilaga 1 – Inomhustemperatur som funktion av utomhustemperatur

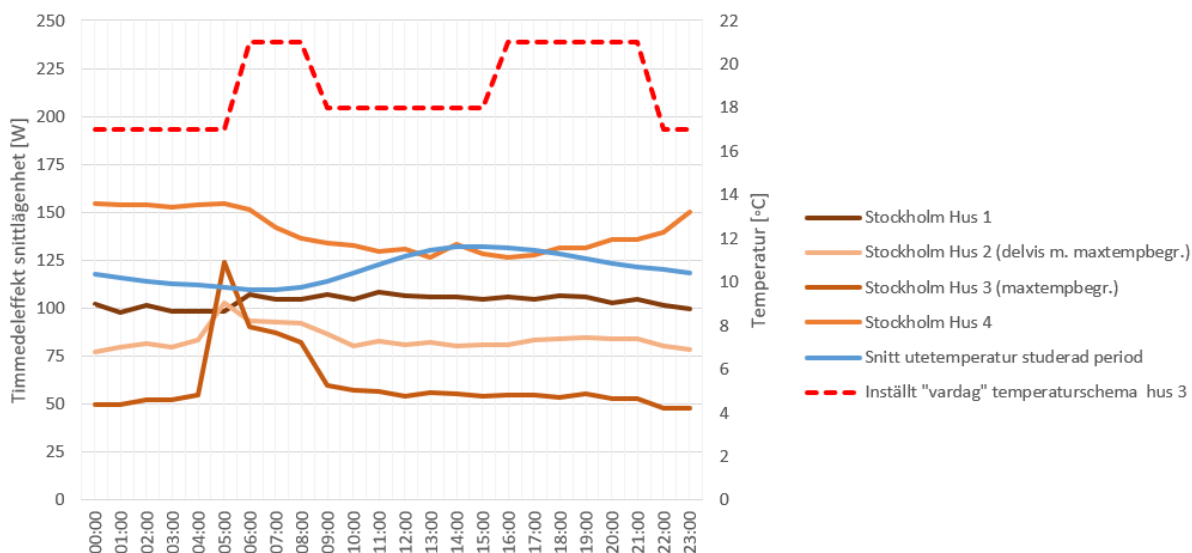
Inomhustemperaturens utomhustemperaturberoende i studerade flerbostadshusprojekt



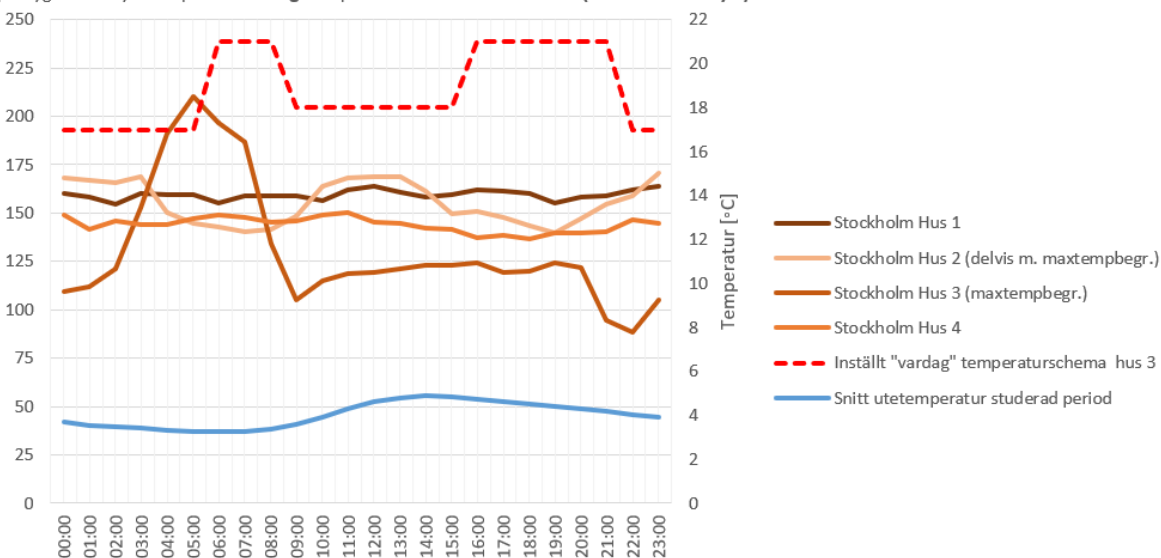
Figur 38.

## 8.2. Bilaga 2 – Användarprofiler med/utan förinställd tidsstyrning och maxtemperaturbegränsning

Snittanvändarprofiler vardagar och helger under september till november. Figurerna visar användarprofiler direkt efter inflyttning samt cirka 1 år efter inflyttning.



Tid på dygnet analyserad period **vardagar** september till november 2020 (**direkt efter inflytt**)

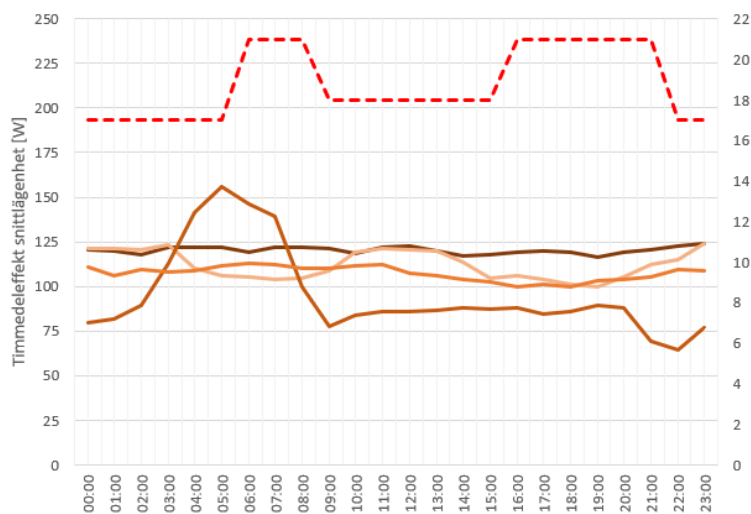


Tid på dygnet analyserad period **vardagar** september till november 2021 (**cirka 1 år efter inflytt**)

Figur 39

## Skanska Teknik

### Publik information



Tid på dygnet analyserad period **vardagar** september till november 2021 där timmedeleffekten har utetemperaturkorrigerats mot motsvarande utetemperatur motsvarande period direkt efter inflytt 2021

I denna användarprofil har utetemperaturens påverkan normaliserats i syfte att analysera hur 1 års brukarbeteende påverkat inställningar samt timmedeleffekter i studerade hus.

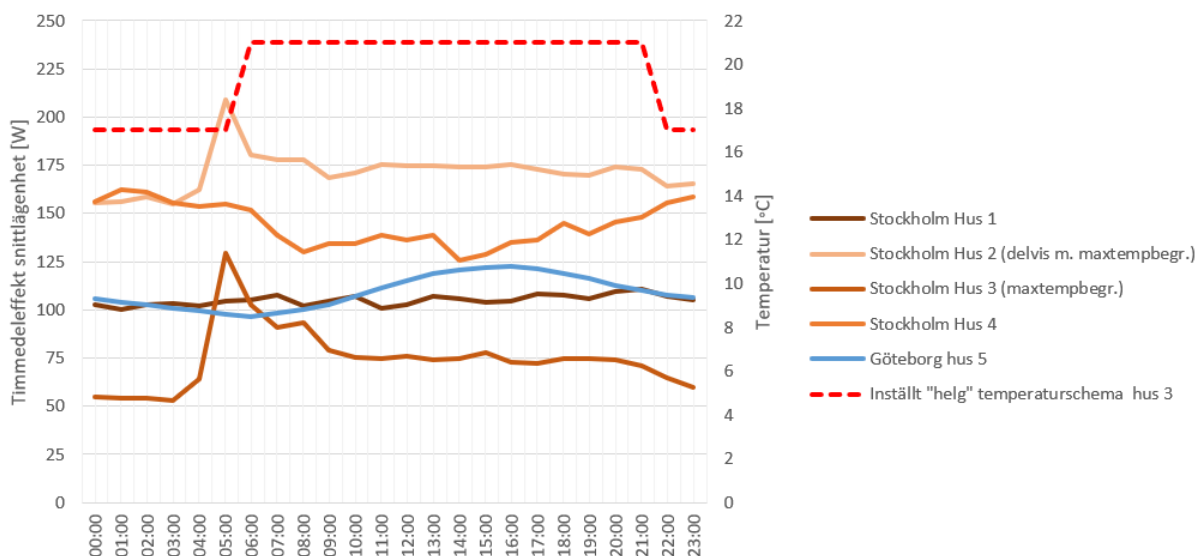
Slutsatsen som kan dras är att efter 1 års drift har medeleffekten husen sinsemellan harmoniserats från tiden direkt efter inflytt. Detta innebär att vissa lägenheter har minskat användningen och andra ökat. Användningen har ökat cirka 20 W / lägenhet i hus 1, minskat cirka 60 W/lägenhet i hus 2, ökat 25-40 W/lägenhet nattetid i hus 3, men endast cirka 12-13 W/ lägenhet under dagen. I hus 4 har medeleffekten gått ner med cirka 40 W lägenhet nattetid och 25 W/lägenhet

- Stockholm Hus 1
- Stockholm Hus 2 (delvis m. maxtempbegr.)
- Stockholm Hus 3 (maxtempbegr.)
- Stockholm Hus 4
- - - Inställt "vardag" temperaturschema hus 3

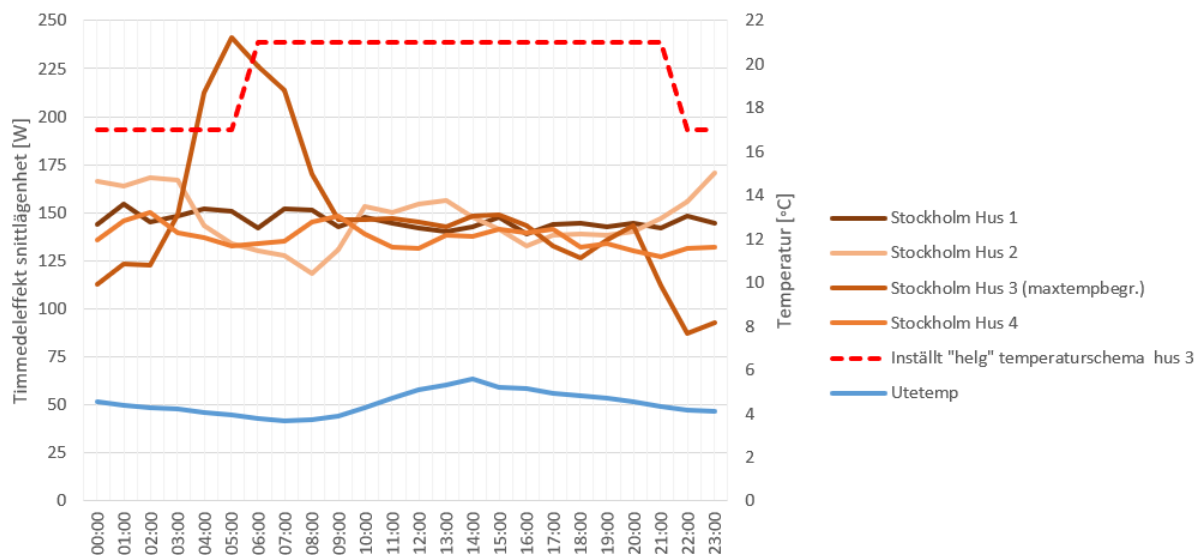
Figur 40

Skanska Teknik

Publik information



Tid på dygnet analyserad period **helger** september till november 2020 (direkt efter inflytt)

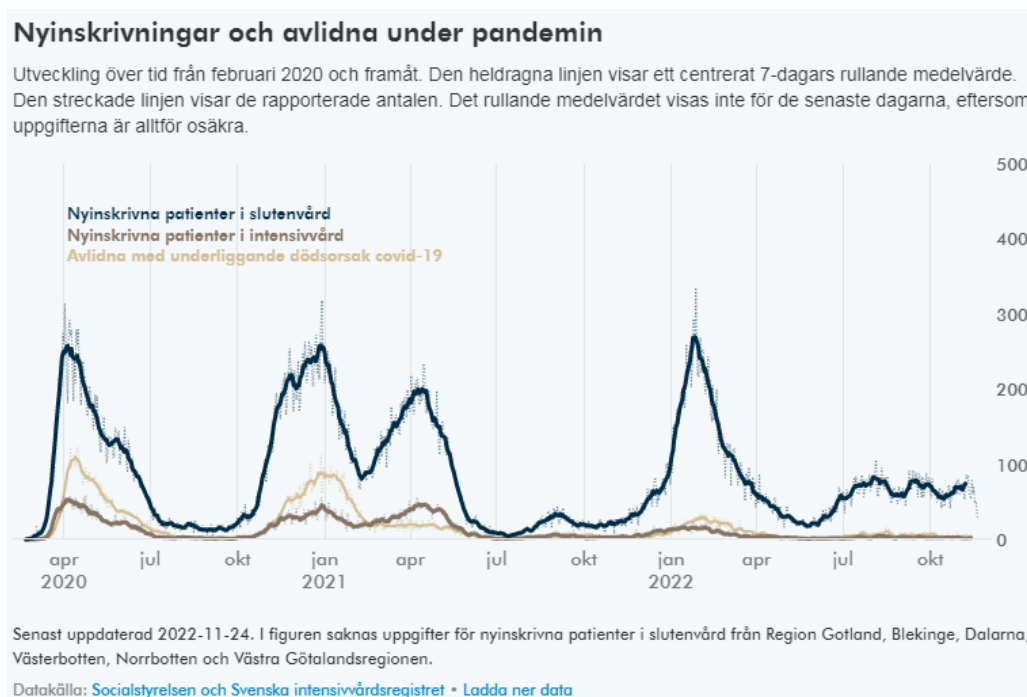


Tid på dygnet analyserad period **helger** september till november 2021 (cirka 1 år efter inflytt)

Figur 41

Ingen utetemperaturkorrigerad användarprofil har tagits fram för helger p.g.a. tidsbrist.

### 8.3. Bilaga 3 - Påverkan av mer hemmaarbete under covidpandemin?



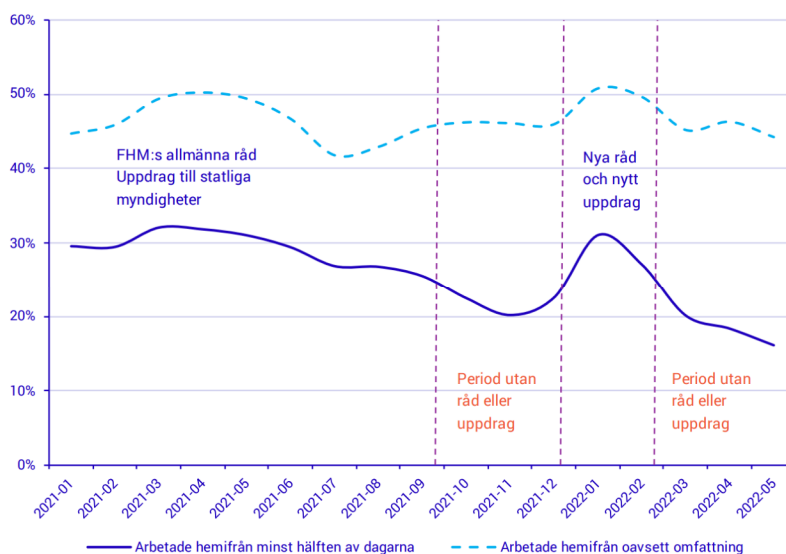
Figur 42. Covid-19 pandemins tre smittvågor.



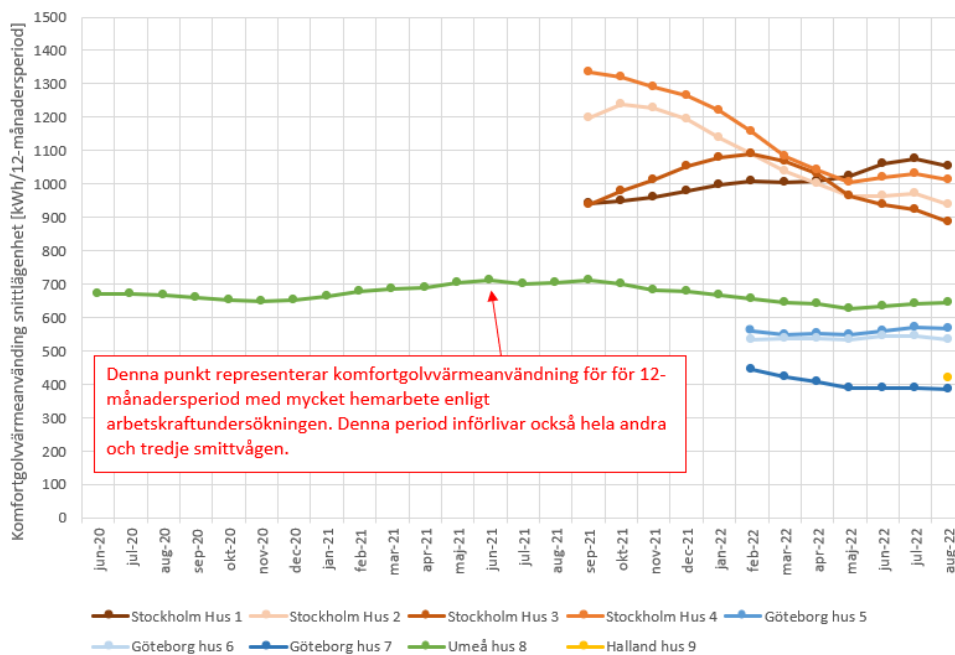
Figur 43. Folkhälsomyndighetens allmänna råd och regeringens uppdrag till statliga myndigheter över tid. Källa: ”Hemarbete under coronapandemin, Arbetskraftsundersökningarna januari 2021 till maj 2022.”

Skanska Teknik

Publik information



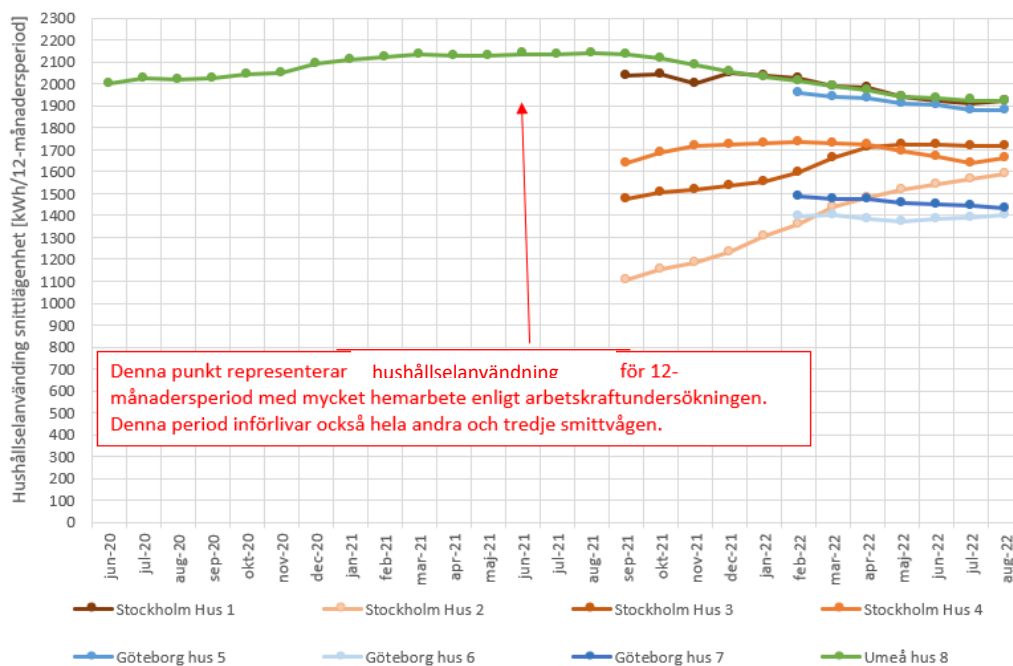
Figur 44. Sysselsatta i åldern 15-74 år. Andel som arbetade hemifrån, procent. Källa: SCB & ”Hemarbete under coronapandemin, Arbetskraftsundersökningarna januari 2021 till maj 2022.”



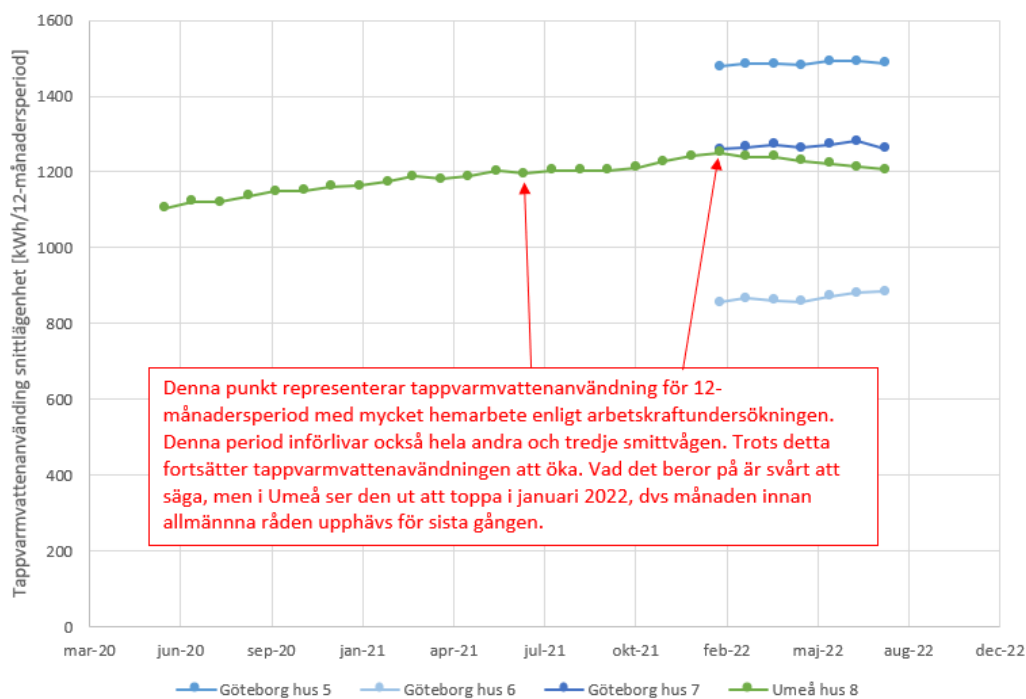
Figur 45. El till komfortgolvvärme i studerade mätobjekt.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 46. Hushållselanvändning (exklusive el till komfortgolvvärme) i studerade mätobjekt.

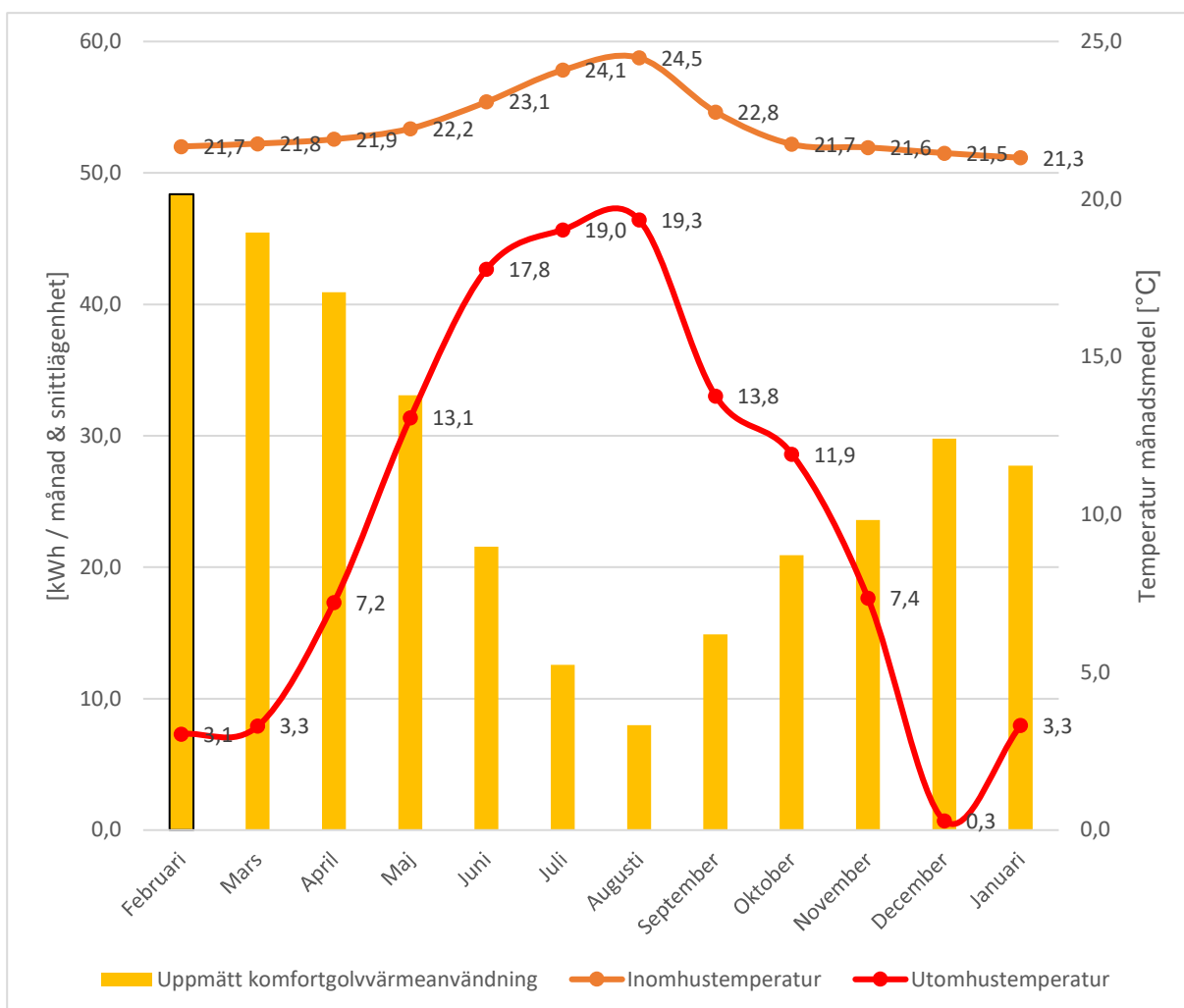


Figur 47. 12-månaders glidande värde för tappvarmvattenanvändning i studerade mätobjekt i Umeå och Göteborg.

## Skanska Teknik

Publik information

## 8.4. Bilaga 4 – Tillkommande mätdataperiod Hallandsprojektet



Figur 48. Komfortgolvvärmeanvändning, inomhustemperatur och utomhustemperatur, månadsmedelvärden i Hallandsprojektet perioden februari 2022 t.o.m. januari 2023. Komfortgolvvärmeanvändning för februari 2022 är ett syntetiskt värde för att ta hänsyn till ej full inflyttning (uppmätt värde 38 kWh/lägenhet, syntetiskt värde 48,4 för februari). Årlig komfortgolvvärmeanvändning blir 327 kWh per lägenhet & år för perioden.

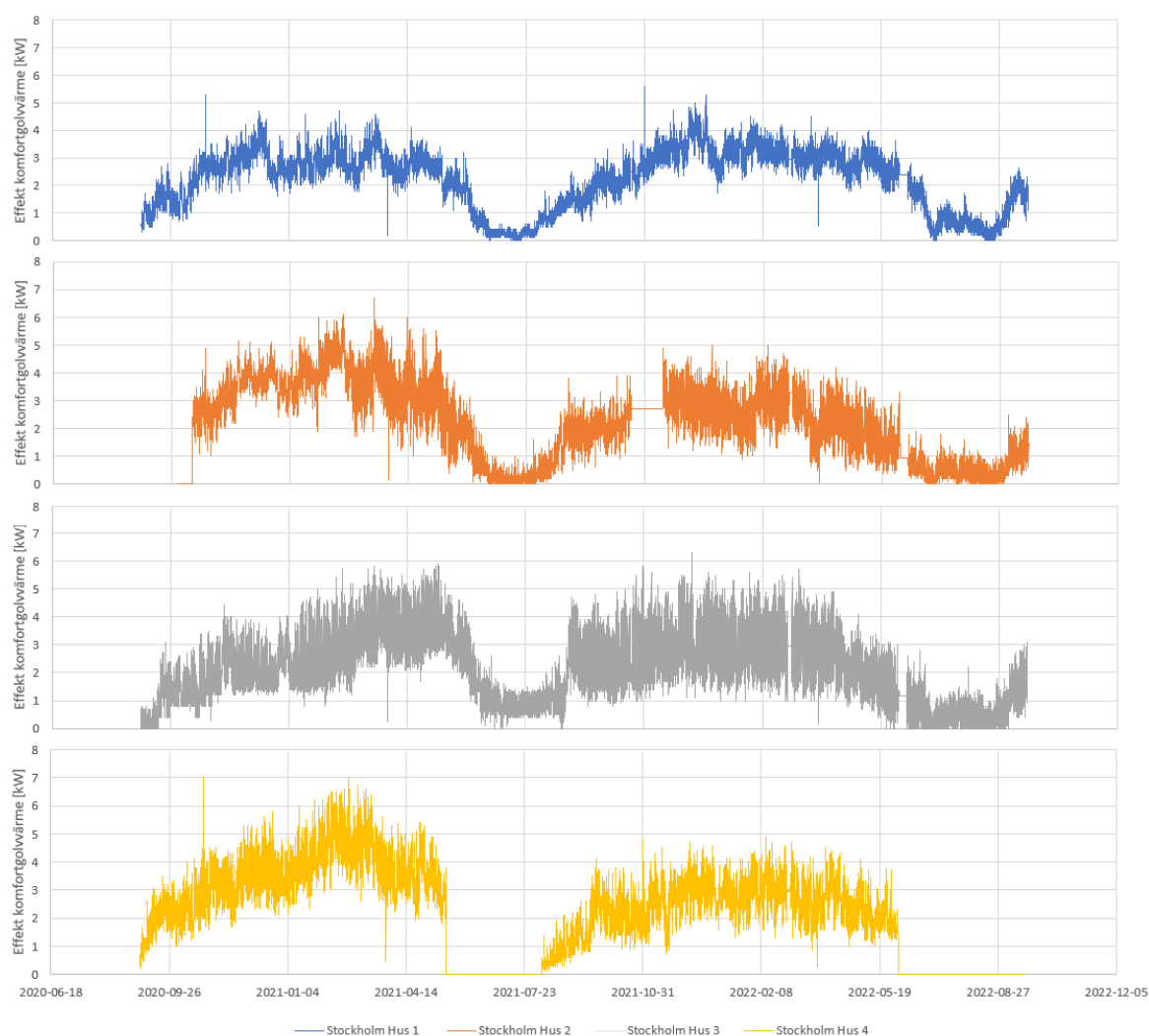


## 8.5. Bilaga 5 - Granskning och behandling av mätdata

Granskning av mätdata har gjorts genom okulär granskning av mätdataserier och avläsningar från vardera mätdataserien för varje lägenhets, separata mätare och givare. I detta avsnitt visas endast timmedeleffekter på sammanställd total komfortgolvvärmeanvändning för vardera huset. Timmedeleffekterna är tagna från mätarställningarna vilket innebär att detta är avläst medel-användning av energi varje timme, inte momentant avläst effekt vid en viss tidpunkt under den timmen. Upplösningen på den loggade energin i denna mätstudie är 0,1 kWh. Detta innebär att en konstant last om 550 W presenteras som 0,6 kW/h eller 0,5 kW/h, beroende på avrundningen till jämna tiondels kilowattimme mellan varje tidssteg. Observera att inget avrundningsfel förekommer i beräkningen då ev. positiv eller negativ avrundningsrestpost adderas till nästa tidssteg.

### Stockholmsprojektet

I Figur 49 presenteras mätserier med timupplösning för total komfortgolvvärmeanvändning för vardera fyra huskroppar i Stockholmsprojektet.



Figur 49. Mätdata för total komfortgolvvärmeanvändning i Stockholmsprojektet.

Mätdata för hus 1 och hus 3 är av god kvalitet. Endast ett fåtal dagar saknas loggning av mätarställningarna och i dessa fall har ett medelvärde mellan de loggade mätarställningarna skapats. Ett par veckors loggning saknas under oktober och november 2021 i tidsserien för hus 2, men även där har medelvärdesinterpolering mellan registrerade mätarställningar utförts vilket ger ett korrekt värde ur årsenergisympunkt men kan innebära mindre

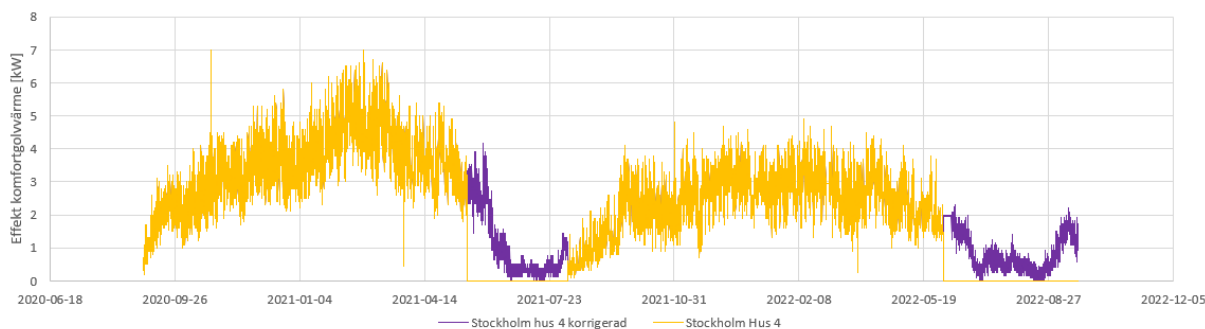
## Skanska Teknik

Publik information

differenser mot verklig användning på månadsbasis. I hus 4 har det funnits problem med funktionen på datorundercentralen och dessvärre har längre perioder av mätdata under båda sommarperioderna 2021 respektive 2022 inte varit möjligt att samla in. Detta innebär, till skillnad från tidigare beskrivna loggningsproblem, att mätarna inte fungerat alls under dessa perioder i hus 4. Efterbehandling av data för hus 4 under perioder där mätdata saknas utförs genom att intakt mätdataidsserie för total komfortgolvvärmeanvändning i hus 1 används i hus 4 mätdataidsserie för motsvarande period. Timvisa effektvärden under dessa perioder viktas avseende historisk 2-månadersanvändning enligt nedan:

$$\text{Timvärde hus 4 timme } x = \left( \frac{\text{Total KGV-användning hus 4, 2 månadersperiod innan mätdata bortfall}}{\text{Total KGV-användning hus 1, 2 månadersperiod innan mätdata bortfall}} \right) * (\text{timvärde hus 1 timme } x)$$

I Figur 50 redovisas resultatet av efterbehandlingen av mätdata.



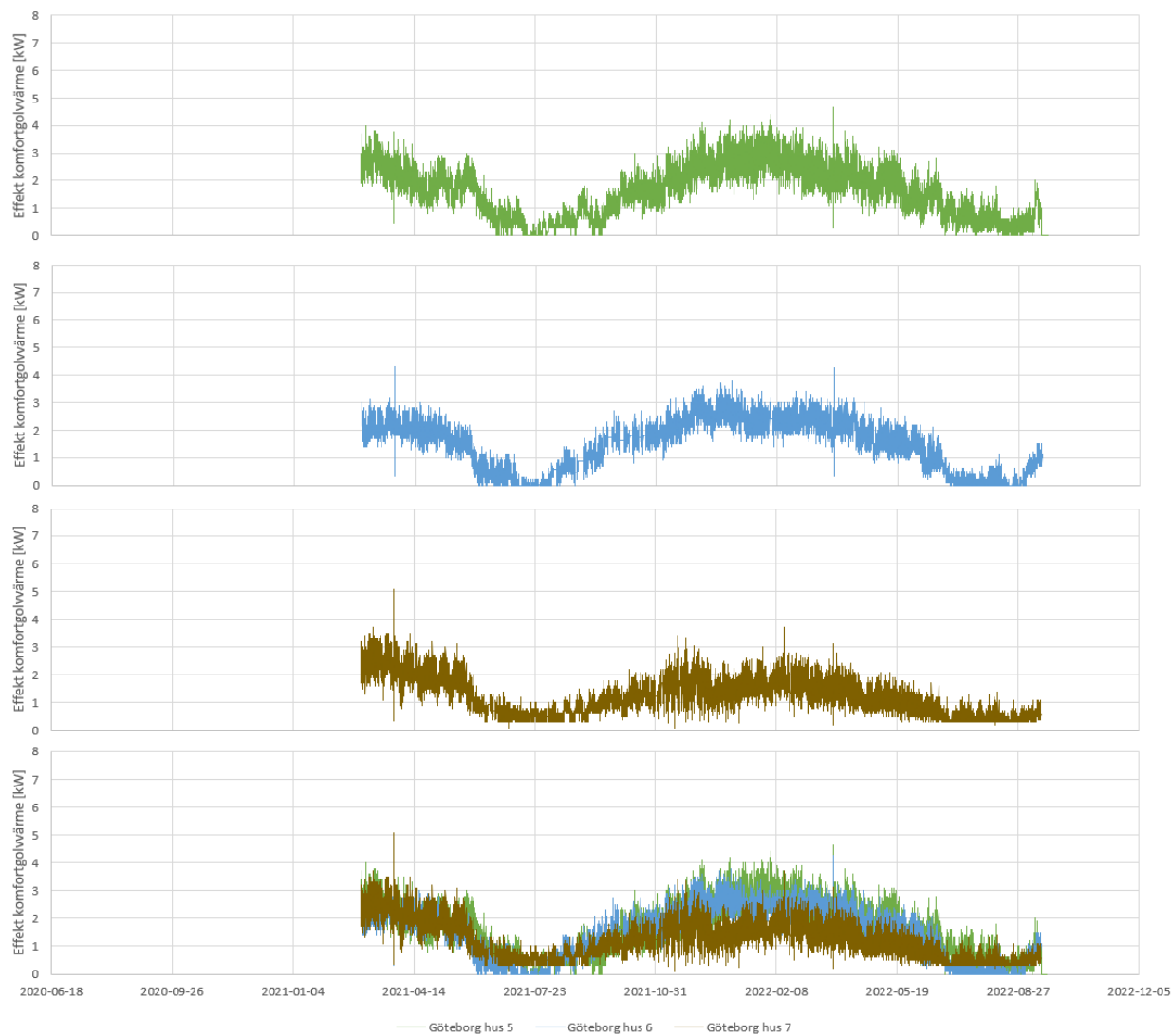
Figur 50. Efterbehandlad sammanslagen mätdata serie för total komfortgolvvärmeanvändning Stockholm hus 4.

## Skanska Teknik

Publik information

## Göteborgsprojektet

I Figur 51 presenteras mätdataserier med timupplösning för total komfortgolvvärmeanvändning för vardera tre huskroppar i Göteborgsprojektet. Mätdataserierna har god kvalitet. Endast ett fåtal dagar saknas mätdata i hus 6 & 7 och där har ett timmedeleffektvärde (interpolering) mellan mätarställningarna skapats.



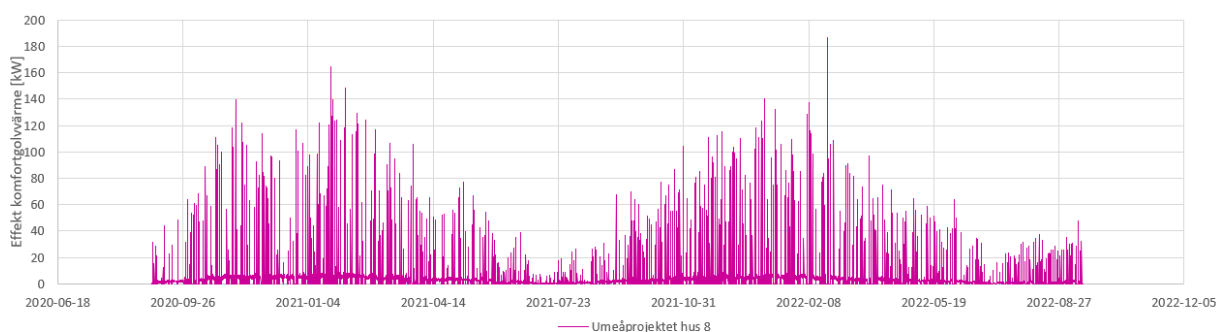
Figur 51. Mätdataserier för total komfortgolvvärmeanvändning i Göteborgsprojektet.

## Skanska Teknik

Publik information

## Umeåprojektet

I Figur 52 presenteras mätserier med timupplösning för total komfortgolvvärmeanvändning för Umeåprojektet. På grund av oidentifierat problem med trendloggningen i DUC fås en varierande tidsfördröjning i avläsningen av energimätarnas mätarställningar. Mätarställningen skall avläsas och loggas var tionde minut, vilket fungerar till och från under dygnets timmar, oftast under dygnets första hälft. Varje dygn kl. 02.00 ackumuleras dock hela den avlästa energianvändningen för den period då inga loggningar genomförts varför ett orimligt högt medeleffektvärde erhålls den 02.00 varje dygn. Efter noggranna kontroller visar dock elmätarna korrekt avläst energianvändning över tid, men upplösningen på timbasis blir dessvärre ej korrekt. I övrigt har mätdataserierna god kvalitet och inga mätdatabortfall har registrerats under mätperioden.



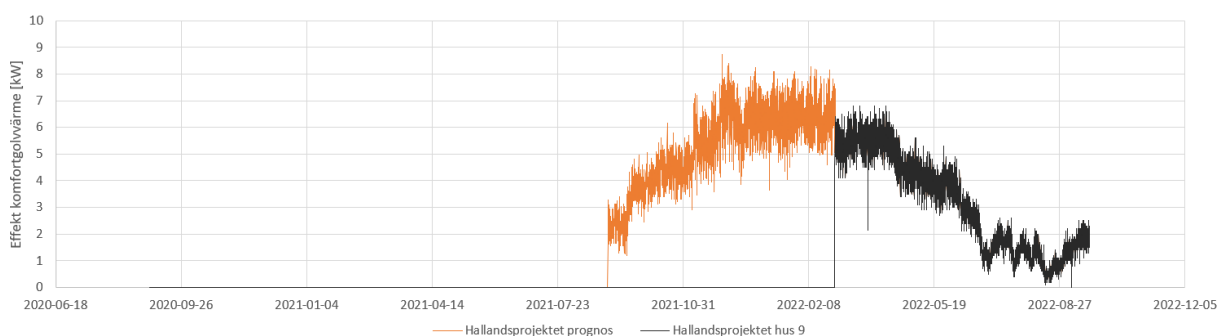
Figur 52. Mätdataserier för total komfortgolvvärmeanvändning i Umeåprojektet med felaktiga kW/h-värden, total energi över tid stämmer dock.

## Hallandprojektet

Då Hallandsprojektet kom in sent i detta SBUF-projekt har mätdata för ett helår inte samlats in vid tid för skrivning av denna rapport. Mätdata har sammanställts för sexmånadersperioden 1 mars till 31 augusti 2022. Kvaliteten på det insamlade mätdata är god. I syfte att prognosticera en helårsanvändning för jämförelse mot övriga studerade projekts helårsanvändning har viktad data tagits fram för sex månader, oktober 2021 t.o.m. februari 2022, med historisk karaktäristik från Göteborgsprojektet som underlag. Göteborgsprojektets karaktäristik har valts ut då det ligger närmast geografiskt, samt har snarlik termostat med styrning från Ebeco. Syntetiska data för perioden tas fram enligt följande:

$$\text{Timvärde Hallandsprojektet timme } x = \left( \frac{\text{Total KGV-användning Hallandsprojektet, perioden mars 2022 till augusti 2022}}{\text{Total KGV-användning alla hus Göteborgsprojektet, perioden mars 2022 till augusti 2022}} \right)$$

\* (sammanslaget timvärde alla hus i Göteborgsprojektet timme  $x$ )



Figur 53. Mätdataserier för total komfortgolvvärmeanvändning i Hallandsprojektet. Syntetisk respektive uppmätt.