



**CHALMERS**



# **Kartläggning och energieffektivisering vid renovering av byggnadskonstruktion från Miljonprogrammet**

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

Jetmir Muziramaj  
Axel Bergsten

**Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för byggnadsteknologi**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2023  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



EXAMENSARBETE ACEX20

# Kartläggning och energieffektivisering vid reovering av byggnadskonstruktion från Miljonprogrammet

*Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Jetmir Muziramaj

Axel Bergsten

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2023

Kartläggning och energieffektivisering vid renovering av byggnadskonstruktion från Miljonprogrammet

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Jetmir Muziramaj

Axel Bergsten

© JETMIR MUZIRAMAJ, AXEL BERGSTEN, 2023

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Chalmers tekniska högskola 2023

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2023

Kartläggning och energieffektivisering vid renovering av byggnadskonstruktion från Miljonprogrammet

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik*

Jetmir Muziramaj

Axel Bergsten

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för Byggnadsteknologi  
Chalmers tekniska högskola

## **SAMMANFATTNING**

Ambitionen för energieffektivisering har ökat de senaste åren inom Sverige och i EU-länder. Sverige och andra EU-länder har satt höga mål att reducera sina totala utsläppsnivåer och reducera energianvändningen i bostadsbeståndet. För att minska energiförbrukningen och därmed också bidra till minskad miljöpåverkan är energieffektivisering av flerbostadshus en viktig del i helheten för unionen.

Syftet med denna studie var att undersöka ett flerbostadshus som är i behov av renovering. Byggnaden är från miljonprogrammet och studien ska kartlägga nuvarande energiprestanda samt föreslå åtgärder för energieffektivisering.

Studien började med platsbesök för att undersöka renoveringsbehovet på flera byggnader från miljonprogrammet samt för att välja ett referensobjekt. Därefter genomfördes följande metoder: litteraturstudier, numeriska och analytisk modellering för att kartlägga byggnadens nuvarande energiförbrukning. Utifrån dessa metoder antogs förslag på åtgärder på hur man kan sänka byggnadens uppvärmningsbehov. Med fokus på energieffektivisering föreslogs olika åtgärder. Förarbeten avgränsade utifrån att man studerade klimatskal, ventilation och tätheten i konstruktionen.

Den projekterade energieffektiviseringen presenteras i form av tre olika åtgärdsförslag. En energikartläggning utfördes av det valda referensobjektet för att jämföra med och mellan de olika åtgärdsförslag. Nästa steg var att ta reda på energibesparingar från de tre olika åtgärdsförslag genom att utföra beräkningar för byggnadens värmeenergiebehov. Därefter beräknades all värme som tillförs och bortförs från byggnaden och sedan uppskattades effekt och energibehovet för uppvärmningen. I slutet gjordes en BIM-energieberäkning vilken användes för att jämföra med den befintliga förbrukningen och med beräkningarna.

Slutsatsen är att åtgärdsförslag erbjuder bra alternativ och resultat. Ytterligare åtgärder föreslås för att nå ett optimalt resultat i syfte att energieffektivisera byggnaden. Där målet för ytterligare åtgärder är att reducera energibehovet för uppvärmning av fastigheten, minska miljöpåverkan och bidra till en hållbar framtid.

Survey and energy efficiency when renovating building construction from Swedish million programme

*Degree Project in the Engineering Programme  
Civil and Environmental Engineering*

Jetmir Muziramaj

Axel Bergsten

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

## **ABSTRACT**

The ambition for energy efficiency has increased in recent years within Sweden and in several EU countries. Sweden and other EU countries have set high targets to reduce their total emission levels and reduce energy use in the housing stock market. To reduce energy consumption and thus also contribute to a reduced environmental impact, the energy efficiency of apartment buildings will be an important part for the European union.

The purpose of this study was to examine an apartment building that needs renovation. The building is from the Swedish million program and the study will evaluate the current energy performance and propose measures for energy efficiency.

The study began with site visits to examine the renovation needs of several buildings from the million program and to select a reference object. The following methods were then carried out: literature study, numerical and analytic modeling to map the buildings current energy consumption. Based on these methods, proposals were adopted for measures on how to improve the energy classification and reduce the building's heat energy needs. Preparatory work limited the study towards the climate shell of the building, ventilation, and the air tightening of the building.

The projected energy efficiency measures are presented in the form of three different proposals. The first step was to map the energy needs of the selected reference object to compare with the alternate proposed renovation measures. The next step was to find out energy savings from the three different proposed measures by using calculations for the building's heating energy needs. Using these calculations, the buildings total heat losses and gains could be calculated and the heat energy effect and energy for heating was estimated. Lastly a BIM energy model was used to compare with the real consumption and the calculations.

The conclusion is that the proposed measures give a good result, but to get an optimal result more measures should be combined with the proposals for energy efficiency. With the goal of a reduction in the energy required for heating and will reduce the environmental impact to contribute to a sustainable future.

# Innehåll

<b>1 INLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställning	2
1.4 Metod	2
1.5 Avgränsning	3
<b>2 Objektsbeskrivning</b>	<b>4</b>
<b>3 TEORI</b>	<b>6</b>
3.1 Byggnadens värmebalans, Värmebalans/Effektbehov	6
3.1.1 Transmissionsförluster	6
3.1.2 Köldbryggor	7
3.1.3 Ventilationsförlust	8
3.1.4 Luftläckage	9
3.1.5 Internvärme	10
3.1.6 Solinstrålning	10
3.1.7 Värmesystemets effektbehov	10
3.1.8 Klimatskal	11
3.1.9 Energibalansberäkning	11
3.1.10 Byggnadens värmeenergibehov	11
3.2 Energianvändning	12
3.2.1 Primärenergital	12
3.2.2 Normalt bruk, normalårskorrigerig	12
3.2.3 Specifik Energianvändning	13
3.2.4 EPBD och Eu-direktiv för energianvändning	13
<b>4 Åtgärdsplan</b>	<b>14</b>
4.1 Byggnadens nuvarande förutsättningar	14
4.2 Planeringsarbete för renovering	14
4.3 Begränsning av värmeförluster	15
4.3.1 Tilläggsisolera yttervägg	15
4.3.2 Tilläggsisolera källarbjälklag	15
4.3.3 Tilläggsisolering vindsbjälklag	16
4.3.4 Fönster	16
4.3.5 Åtgärda köldbryggor	17
4.3.6 Tätning	17
4.4 Energiåtervinning	17
4.5 Ytterligare åtgärder för förbättring av energiprestanda	18
4.5.1 Individuell debitering och mätning av varmvatten	18
4.5.2 Spillvatten Återvinning	18
<b>5 Resultat av förstudie</b>	<b>19</b>
5.1 Fönster	19
5.2 Luftomsättning	20
5.2.1 Ventilation	20
5.2.2 Läckage	20

5.3 Invändig eller utvändig isolering	21
5.4 Köldbryggor	22
<b>6 Beräkningsdata</b>	<b>23</b>
6.1 Väggtyp	23
6.1.1 Ursprunglig konstruktion	23
6.1.2 Tilläggsisolering förslag Energiklass C	24
6.1.3 Tilläggsisolering förslag Energiklass B	25
6.1.4 Tilläggsisolering förslag Energiklass A	26
6.2 Fönster	27
6.3 Källarbjälklag	27
6.4 Takisolering	28
6.5 Byggnadsgeometri	28
6.6 Köldbryggor	28
6.7 Luftomsättning	29
6.8 Indata för energiberäkningar	30
<b>7 Resultat av beräkningar och modellering</b>	<b>31</b>
7.1 Energikonsumtion	31
7.2 Värmeeffektbehov	32
7.3 Energiklassning	34
<b>8. Diskussion</b>	<b>35</b>
8.1 Energi	35
8.2 Inomhuskomfort	35
8.3 Operativ temperatur	36
<b>Referenser</b>	<b>37</b>

## **Förord**

Det här arbetet har tagits fram för att kartlägga energiförbrukning på fastigheten Siriusgatan 78–88 och ta fram förslag på renoveringsåtgärder för att reducera fastighetens energiförbrukning. Studien genomfördes under våren 2023 och i samarbete med fastighetsförvaltaren Familjebostäder AB i Göteborg.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Mattias Pettersson vid Familjebostäder och hans kollegor Senir Jalovicic och Poul Sønniksen. De har bidragit med stor hjälp genom att engagera sig och ta tid till input under projektets gång. Inspirerat oss genom breda diskussioner som öppnat för en större förståelse av branschen, företaget och ämnet. Utöver dessa tre är det ett flertal till på Familjebostäder som vi också tackar för att de engagerat sig och att vi hade möjligheten att genomföra arbetet hos er.

Vi tackar även vår handledare Angela Sasic Kalagasidis som bidragit med input under veckorna och genom att diskutera projektet utvecklat vår förståelse för komplexiteten i ämnet och bidragit med kreativa insikter för att utveckla arbetet ytterligare. Slutligen vill vi tacka vår examinator Bijan Adl-Zarrabi som genom sin input och konstruktiva kritik väglett oss så att vi kom på rätt spår med arbetet.

Göteborg juni 2023  
Jetmir Muziramaj & Axel Bergsten

## **Beteckningar**

**Atemp** - Med Atemp menas enligt BBR:s definition en invändig golvarea som avses att värmas till mer än 10 °C. Area för garage, inom byggnaden, i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.

**Energianvändning** - Generellt använts som beteckning för den energi som tillförs byggnaden för uppvärmning, komfortkyla, fastighetsenergi och tappvarmvatten. (kWh/m<sup>2</sup>, år)

**Energieffektivisering** - Att minska en byggnads energianvändning med hjälp av en eller flera metoder och olika åtgärder.

**Energideklaration** - Dokument som redovisar byggnadens energianvändning. Energideklaration ger en god överblick på hur mycket energi som går åt i en byggnad när den används.

**Klimatskal** - omfattar de delar av byggnadens komponenter som skiljer yttre klimatet från det inre, det vill säga tak, ytterväggar, golv, fönster och dörrar.

**Köldbrygga** - Ett område i klimatskalet vilket ger upphov till förhöjda värmeförluster.

**Operativ temperatur** - Är den upplevda temperaturen av kroppen och definieras som medelvärdet av luftens temperatur och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor. (°C)

**Primärenergital** - Boverket använder begreppet primärenergital för att beskriva en byggnads energiprestanda som även tar hänsyn till vilken energibärare som utnyttjas vid drift av byggnaden.

**Specifik energianvändning** - Beskriver en byggnads oviktade energiprestanda och definieras enligt BBR som byggnadens energianvändning under ett normalår fördelat på Atemp. (kWh/m<sup>2</sup>, år)

**U-värde** - Värmegenomgångskoefficienten, vilken beskriver konstruktionens isoleringsförmåga, W/m<sup>2</sup> K.

# 1 Inledning

Föreställ er idag det fokus som läggs på att presentera lösningar på hur vi ska generera renare energi för en mer hållbar framtid. Detta är endast en av flera pusselbitar för hur vi ska hantera global uppvärmning och minskande resurser i samhället. Det är av lika stor vikt att vi redan idag ser till att reducera användandet av de resurser som redan förbrukas framför allt i vårt byggnadsbestånd. I Sverige står bostadssektorn för 39% av vår årliga energiförbrukning vilken används till uppvärmning av boarea, elförbrukning och varmvatten (Energimyndigheten, 2022). Därutöver i EU motsvarar samma siffra för byggnader ungefär 40% av vår sammanlagda energiförbrukning (EPBD, 2023). I Sverige utnyttjar vi främst el och fjärrvärme som de två grundläggande energibärare för uppvärmning. Även ifall detta är två av de bättre energikällor som man har tillgång till är det av stor vikt att vi kan utnyttja dem så effektivt som möjligt. Det leder till att man måste förbättra de byggnadsbestånd som redan existerar, men att man även på sikt tar höjd för behovet av att bygga ut byggnadsbeståndet för att hantera framtidens bostadsbrist.

EU har satt ett gemensamt mål fram till 2030 att samtliga EU-länder ska reducera sina totala utsläppsnivåer med 55% jämfört med år 1990 som en del av programmet "Fit for 55". Det är ett ambitiöst mål och kommer att innefatta stora förändringar och utmaningar inom samtliga branscher. Specifikt för byggnader kommer att krävas förbättringar som innefattar mer energieffektiva värmesystem, kylsystem, elanvändning och framför allt konstruktionslösningar. I syfte att utnyttja den totala energianvändningen till högre grad. Därav är det av vikt att sätta strikta, men rättvisa regler och lagar kring hur mycket varje byggnad får förbruka i energi. Därav har EU sedan länge infört energiklasser och även direktiv som nu måste uppfyllas fram till år 2030.

En större del av det totala byggnadsbeståndet i Sverige kommer att påverkas av de nya direktiven och kommer leda till ytterligare ökning av andelen renoveringar. Enligt den EU-lagstiftning som nu beslutats och det ställs krav på att man stegvis behöver förbättra energiförbrukningen inom byggnadssektorn för varje år som går fram till 2050. Det innebär att vi måste se över de fastigheter som faller inom den här kategorin och som står inför störst renoveringsbehov.

## 1.1 Bakgrund

Under perioden 1965–1975 utfördes det program som idag kallas för Miljonprogrammet. Det var ett initiativ med mål att reducera det stora bostadsunderskott som skapats i Sverige sedan 1950-talet. Detta initiativ innebar att man beslutade att inom ett decennium bygga 100 000 nya bostäder per år och i slutet av 1975 totalt bygga minst en miljon nya bostäder. Tanken var att avhjälpa den situation som uppkommit sedan 1950-talet med stor rådande bostadsbrist och att höja standarden på bostadsbeståndet. De här fastigheterna står nu inför stora renoveringsbehov för att uppnå de mål som beslutats både i Sverige och på EU-nivå. Det medför att man har

stora möjligheter att även införa energieffektiviserande åtgärder som en del av det totala renoveringspaketet.

Ett företag som ska vara en del av denna transformation och står inför de utmaningar som detta innebär är Fastighetsförvaltaren Familjebostäder AB i Göteborg. Den utarbetade målsättningen som företaget strävar efter ska leda till en stegvis reduktion av företagets totala energianvändning genom uttalade metoder som besparing inom värmeenergi, elenergi och vatten (Familjebostäder, 2023a). I kombination med att man uppnår egna uppsatta klimatmål ska man även lyckats nå upp till de klimatmål som existerar på nationell och internationell nivå. Därutöver inkluderas att man reducerar kostnader för driften av fastigheterna och därav se till att man på smarta vägar investerar i rätt och lönsamma åtgärder för energieffektivisering. Utan att ha en inverkan på hyresgästers komfort och upplevelse av att bo i Familjebostäders fastigheter (Familjebostäder, 2023b).

Det blir därav aktuellt att lyckas kartlägga nuvarande energiprestanda och föreslå förändringar som är genomförbara på de fastigheter som står inför ett renoveringsbehov. Det är av vikt att ta hänsyn till de kostnadsbesparingar som en renovering kan innebära för att skapa ett beslutsfattande underlag. Ifall man är strategisk kan man se till att man kombinerar de här nödvändiga renoveringarna på ett sådant sätt så att de både blir lönsamma och erbjuder förbättringar för komforten och fastighetens långsiktiga hållbarhet (Gerdin & Hammarberg 2010).

## **1.2 Syfte**

Målet med arbetet var att ta fram en flerstegs åtgärdsplan för hur man kan förbättra energiklassningen och energieffektivisera en byggnad från miljonprogrammet. Arbetet kan användas som grund för förslag på vilken energiklass man vill uppnå i samband med en renovering och även fokusera på vilka åtgärder som ska reducera energiförbrukningen. Framförallt tydliggör de åtgärder som har den största inverkan och vad man bör fokusera på för att reducera byggnadens totala energianvändning.

## **1.3 Frågeställning**

Vilka åtgärder kan man genomföra för att förbättra energieffektivisering?

Vilka åtgärder krävs för att förbättra fastighetens energiklassning till en given nivå?

## **1.4 Metod**

En förstudie genomfördes för byggnaden som har studerats. Detta innebar en insamling av empiriska och statistiska data för objektet. Därefter genomfördes beräkningar av energiförbrukningen med hjälp av dessa uppgifter. Tillämpning av renoveringsmöjligheter utforskades och ett referensobjekt med liknande förutsättningar användes för att förutse vilka förbättringar som renoveringen kan bidra till. Beräkningar jämfördes sedan med befintliga mätdata från byggnadens energiförbrukning.

Studien bygger på ett antal av de mätningar Familjebostäder och Göteborg Energi använder för att kartlägga byggnadens energiförbrukning. Det innebär att mätningarna ger byggnadens totala energiförbrukning av inköpt fjärrvärme för uppvärmning och fastighetsel. Beräkningar genomfördes teoretiskt genom insamling av kvantitativa data på klimat, energiförbrukning, yttemperaturer och luftrörelser. En enklare bedömning av hur förändringar kommer påverka upplevelsen av inneklimatet genomfördes.

Klimatdata hämtades från SMHI och är normalkorrigerad för 30 årsperioden 1991–2020. Flera mätprogram från Familjebostäder Envista och E-rapport används främst för att få referensvärden för relevant data i nuvarande stadie innan renovering. Detta innefattar energiförbrukning, luftflöden och fördelning av energianvändning. Programmet BIM Energy användes för att modellera en referensprofil av byggnaden för att jämföra med den verkliga förbrukning och beräkningar.

## **1.5 Avgränsning**

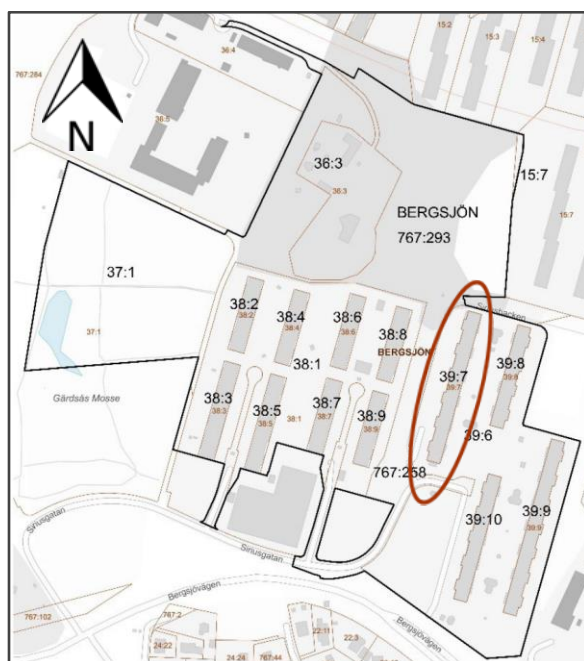
Studien är avgränsad till en kartläggning av renoveringsbehovet för ett flerbostadshus i Bergsjön. De byggnadstekniska detaljer som kommer att undersökas är klimatskal, ventilation och tätheten i konstruktionen. Därav kommer inte hänsyn vidtas för effektivisering av elsystem eller vattensystem i arbetet. Endast besparing av energiförbrukning i driftskede och dess inverkan på byggnadens energiprestanda och effektbehov kommer att betraktas vid åtgärdsplanen för renoveringen.

## 2 Objektsbeskrivning

Området där fastigheten ligger heter Gärdås och den studerade fastigheten är Siriusgatan 78–88 i stadsdelen Bergsjön i Göteborg. Idag består fastigheten av 160 antal lägenheter, ett kontor och en lokal (Butiks- och lagerlokaler för livsmedelshandel). Storleken på lägenheter varierar från ett rum och kök till fyra rum och kök. Fastighetens suterräng plan består av lägenheter, lägenhetsförråd, ett kontor och en lokal till fastigheten. Entréplan och fem andra våningsplan består av lägenheter.

Huvudsaklig energikälla för uppvärmning av fastigheten är fjärrvärme. Lägenheterna i byggnaden utnyttjar ett mekaniskt frånluftssystem som ventilationssystem. Kontoret i byggnadens suterrängvåning använder ett installerat FTX-aggregat.

Byggnaden uppfördes år 1971 och har sedan dess inte begått stora förändringar på grund av renovering. Några energieffektiviseringsåtgärder som utfördes de senaste åren är fläktbyte som utfördes år 2016, installation av FTX-ventilation i kontoret utfördes år 2018 och man har tilläggsisolerat vinden år 2016.



Figur 1. Överblick över studerat område i Bergsjön, fastigheten Siriusgatan 78–88 är markerad.



Figur 2. Överskådlig bild på en del av byggnaden (Källa: Familjebostäder AB i Göteborg)

Byggnadsdel	Konstruktion (mm)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)
Yttervägg	Sandwichelement 150 mm betong 100 mm isolering 80 mm betong	0.4
Vindsbjälklag	180 mm betong 500 mm isolering	0.1
Golv	50 mm finsats 160 mm betong 50 mm isolering	0.6
Fönster	2-glas, kopplade bågar	2.7
Ytterdörrar, Balkongdörrar	Stål/glas	2.7

Tabell 1. Nuvarande konstruktion och U-värde för respektive byggnadskomponent. U-värden har beräknats från byggnadens konstruktionsritningar och materialegenskaper för byggnadskomponenter.

## 3 Teori

Kapitlet beskriver grunderna till energi och effektberäkningar för att uppskatta byggnadens värmebalans och energibehov.

### 3.1 Byggnadens värmebalans, Värmebalans/Effektbehov

För att presentera åtgärder där målet är energibesparingar i en befintlig byggnad behöver energibehov och förluster kartläggas. I boken Projektering av VVS-installationer av Warfvinge & Dahlblom, beskriver byggnadens värmebalans genom den värme som tillförs och bortförs från byggnaden.

$$P_t + P_v + P_{ov} = P_w + P_i + P_s$$

Förlustsidan beror på:

- Transmissionsförluster
- Ventilationsförluster
- Oavsiktlig ventilation eller luftläckage

Tillförselsidan utgörs av:

- Värmesystemet
- Intern genererad värme
- Solinstrålning

Värmebalans beräknades i stationärt tillstånd för att få en överblick var värmen försvinner. Variablerna i energibalansen beskriver från vilken källa som ger upphov till en värmeförlust eller tillförsel av värme. De här variablerna påverkas vid förändrade förutsättningar för antingen byggnadens konstruktion, installationer eller användning. Värmebalanssekvationen används därav för att visa en helhetsbild på hur värmeförluster och värmeeffektbehovet ser ut för en befintlig byggnad och för att dimensionera värmesystemet.

#### 3.1.1 Transmissionsförluster

Transmissionsförluster är värmeförluster genom byggnadens omslutningsytor såsom golv, väggar, dörrar, fönster, tak och köldbryggor.

I Boken av (Warfvinge & Dahlblom, 2010) visar hur specifika värmeförlustfaktorn på grund av transmission beräknas:

$$Q_t = \sum_i U_i \cdot A_i + \sum \Psi_k \cdot l_k + \sum X_j \quad [W/K]$$

Där:

$U_i$ =värmegenomgångstal för en byggnadsdel [W/m<sup>2</sup>K]

$A_i$ =byggnadsdelars invändiga area [m<sup>2</sup>]

$\Psi_k$ =värmegenomgångstal för linjära köldbryggor [W/mK]  
 $l_k$ =linjära köldbryggans längd [m]  
 $X_j$ =värmegenomgångstal för punktformig köldbrygga [W/mK]

Värmeeffektbehovet på grund av transmission beräknas från specifika värmeförlustfaktorn och temperaturskillnaden mellan ute och inne:

$$P_t = Q_t \cdot \Delta T \quad [\text{W}]$$

*Ekvation 1. Vid enbart beräkning av transmissionsförluster genom golv används årsmedeltemperaturen för byggnadens geografiska plats enligt Petersson 2013.*

Där:

$P_t$ = Värmeeffektbehovet på grund av transmission [W]

$Q_t$  = specifika värmeförlustfaktorn på grund av transmission [W/K]

$\Delta T$  = temperaturskillnad mellan ute och inne[°C]

För att man ska begränsa transmissionsförlusterna genom klimatskalet så är klimatskärmens värmeisolering en viktig del. Måttet på värmeisoleringen definieras av U-värdet vilket beskriver värmeförlusterna genom klimatskalet och visar hur välisolerat klimatskalet är.

Om vi ska minska byggnadens uppvärmningsbehov är det viktigt att undersöka klimatskalet och se över dess brister och se möjligheterna för tilläggsisolering. För att ta reda på möjliga besparingar som vi kan få genom att tilläggsisolera byggnaden så gör vi en beräkning av transmissionsförlusterna innan och efter tilläggsisoleringen.

### 3.1.2 Köldbryggor

Köldbrygga definierar ett område i klimatskalet vilket ger upphov till extra värmeförluster. Med detta menas att köldbrygga är en konstruktionsdetalj i en byggnad där ett material med högre värmeledningsförmåga bryter genom ett material med lägre värmeledningsförmåga och ger upphov till värmeförluster. Förutom ökade värmeförluster kan köldbryggorna ge andra effekter som exempelvis kondensation av inomhusluftens fukt som kan leda till fuktskador. Köldbryggor uppstår allmänt vid anslutningar mellan olika byggnadsdelar såsom vägg och fönster och dörrar, väg och platta på mark, vägg och tak, vägg till vägg, vid ändrade tjocklek av isolering i klimatskärmen samt vid användning av material i klimatskalet som har högre värmeledningsförmåga.

I Boken av (Warfvinge & Dahlblom, 2010) fördelas köldbryggor mellan linjära köldbryggor som betecknas med en linjär värmegenomgångskoefficient  $\Psi$  och har enheten W/mK och punktformiga köldbryggor vars värmegenomgångskoefficient benämns X med enhet W/K. Båda punktformiga och linjära köldbryggor medräknas i den specifika värmeförlustfaktorn på grund av transmission.

### 3.1.3 Ventilationsförlust

För att skapa ett hälsosamt och bekvämt inomhusklimat krävs att ventilera byggnaden. Ventilation ger upphov till luftrörelser genom byggnaden vilket leder bort varmluft från byggnadens inneklimat och skapar värmeförluster. Den uteluft som tillförs byggnaden för att ventilera utrymme behöver även värmas upp till rumstemperatur.

Ventilationsluften värms upp till rumstemperaturen vilket sker med hjälp av exempelvis en radiator alternativt av luftbehandlingsaggregat med installerat luftvärmebatteri eller med en värmeväxlare som återvinner en andel av lufttemperaturen.

I boken av Warfvinge & Dahlblom, 2010 beskrivs hur ventilations specifika värmeförlustfaktor,  $Q_v$  beräknas:

$$Q_v = \rho \cdot c_p \cdot q_v \quad [\text{W/K}]$$

där:

$Q_v$ =ventilationens specifika värmeförlustfaktor [W/K]

$\rho$ =luftens densitet, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$ =luftens specifika värmekapacitet, 1000 J/kgK

$q_v$ =styrt ventilationsflödet

Om luften värms i rummet beror värmeeffektbehovet på grund av ventilation på temperaturskillnaden mellan ute och inne:

$$P_{v,rum} = Q_v * \Delta T \quad [\text{W}]$$

där:

$P_{v,rum}$ = Värmeeffektbehovet på grund av ventilation[W]

$Q_v$ =specifika effekt för uppvärmning av ventilationsluft [W/K]

$\Delta T$ =temperaturskillnaden mellan ute och inne [°C]

Om luften värms i luftbehandlingsaggregat beror värmeeffektbehovet på grund av ventilation på temperaturskillnaden mellan luftens temperatur efter värmeåtervinningen och inne:

$$P_{v,Lv} = Q_v * (T_{till} - T_{\hat{a}}) \quad [\text{W}]$$

där:

$Q_v$ =specifika effekt för uppvärmning av ventilationsluft [W/K]

$T_{till}$ =tilluftens temperatur[°C]

$T_{\hat{a}}$ =luftens temperatur efter värmeåtervinningen [°C]

Luftens temperatur efter värmeåtervinningen,  $T_{\bar{a}}$  bestäms av värmeåtervinnarens temperaturverkningsgrad.

### 3.1.4 Luftläckage

Avser de värmeförluster som uppkommer genom klimatskärmen samt vädring. Den del av luftläckage som utgör vädring är helt styrt av användaren och blir därmed svår att bestämma. Trots detta bidrar nödvändigtvis inte denna del till ett ökat värmebehov utan kan i många fall vara en positiv effekt som reducerar övertemperaturer exempelvis under sommarperioden. Endast i de fall då vädring medför en påtaglig värmeförlust och rumstemperaturen sänks till en betydligt lägre temperatur utgör vädring ett problem för byggnadens energianvändning. (Pettersson, 2013)

Det är snarare otätheter i klimatskärmen som skapar ett icke-kontrollerat luftflöde som medför att värme försvinner genom ett ofrivilligt luftläckage. Ett annat ord man även använder för denna förlust är oavsiktlig ventilation och är den benämning som används i fortsatta beräkningar.

Enligt (Warfvinge & Dahlblom, 2010) avser oavsiktliga ventilationen den uteluft som läcker in och ut genom de naturliga otätheter som existerar i klimatskalet. I motsats till ventilationssystemet vilket i sig till viss del är kontrollerat och man har även möjligheten att installera värmeåtervinning som kan ta vara på andelar av värmeförlusterna (Pettersson, 2013).

De värmeförluster som erhålls av den oavsiktliga ventilationen är en direkt följd av hur lufttät klimatskärmen är. I jämförelse med en normalstor villa kan luftläckage utgöra ungefär 20% av den normala ventilationen på cirka ½ oms/h enligt Pettersson, 2013.

Till följd av detta har ett antagande angående luftläckaget i denna studie av ett flerbostadshus utgått från att 50% av ventilationsförlusterna består av ett ofrivilligt luftläckage. Detta antagande är baserat på den hänsyn som tas till att omslutningsarenan på klimatskalet är betydligt större än en normalstor villa och byggnadens ålder vilket gör att delar i klimatskalet inte längre är lika lufttäta som vid uppförandet. Vid samtliga åtgärdsförslag som presenteras i denna rapport är målsättningen att lyckas reducera luftläckaget till 20% eller mindre andel av ventilationsflödet.

### 3.1.5 Internvärme

Värmetillskott som tillförs byggnaden från personer, belysning, hushållsmaskiner (hushållsel) och tappvarmvatten, avses som internvärme eller gratisvärme. Enligt (Pettersson, 2013) kan man räkna med att cirka 20% av uppvärmningen för tappvarmvatten och 70–80% av hushållsel omvandlas till värme som tillgodogörs bostaden som värmetillskott.

$$P_i = P_{person} + 0,8 \cdot P_{hushåll} + 0,2 \cdot P_{hw} = [W]$$

där:

$P_i$ =värmertilskott som tillförs från internvärme [W]

$P_{person}$ =värmertilskott som tillförs från människor [W]

$P_{hushållset}$ = värme från hushållset som omvandlas till tillskottsvärme [W]

$P_{hw}$ = värme från tappvarmvatten som omvandlas till tillskottsvärme [W]

### 3.1.6 Solinstrålning

Utgör den delen av strålning från solen som transmitteras och tillför solvärme till byggnadens energibalans. Andelen av tillförd värmeeffekt kan beräknas genom den förenklade modellen: (Byggnadsfysik BOM320, 2022):

$$P_s = 0,65 \cdot g \cdot I_{sol} \cdot A_{fönster} \text{ [W]}$$

$I_{sol}$ = Globalinstrålning från SMHI, avser i detta fall månadsmedelvärde

$g_{fönster}$  = "gain" värdet för fönster, avser den del av strålning som transmitteras

$A_{fönster}$ = area av fönsteryta

0,65 = konstant framtagen med simulering i syfte att korrigera skillnaden mellan globalstrålning och solstrålning mot vertikala ytor. Värdet 0,65 gäller för nordiskt klimat. (Mata & Sasic Kalagasidis, 2009).

Källa: Föreläsningmaterial kurs Byggnadsfysik och byggnadsakustik BOM320, 2022.

### 3.1.7 Värmesystemets effektbehov

För att beräkna årsenergibehovet för uppvärmningen av byggnaden vill man ta reda på värmesystemets effektbehov som enligt (Warfvinge & Dahlblom, 2010) beräknas som summan av alla värmeförluster reducerad av solvärme och internvärme som tillförs i byggnaden.

$$P_w = P_t + P_v + P_{ov} - (P_i + P_s) \text{ [W]}$$

där:

$P_w$ =värmesystemets effektbehov [W]

$P_t$ = Värmeeffektbehovet på grund av transmission [W]

$P_v$ = Värmeeffektbehovet på grund av ventilation [W]

$P_{ov}$ =Värmeeffektbehovet på grund av oavsiktlig ventilation [W]

$P_i$ =värmertilskott som tillförs från internvärme [W]

$P_s$ =värmertilskott som tillförs från solinstrålning [W]

### 3.1.8 Klimatskal

För att göra antaganden och beräkningar om den energi som tillkommer eller försvinner från en byggnad behövs en systemgräns. Därav blir det lämpligt att använda den del av byggnaden som är exponerad för utemiljön som systemgräns, även kallat byggnadens klimatskal.

### 3.1.9 Energibalansberäkning

För att uppskatta energiförbrukningen använder man främst en energibalansberäkning. Vanligtvis används en beräkning av de totala stationära värmetransporterna genom byggnadens klimatskal för att ge en uppskattning av byggnadens värmeförluster till utemiljön. Det är ett förenklat sätt att beräkna energibalansen, men kräver generellt endast några enstaka nyckelvärden.

### 3.1.10 Byggnadens värmeenergibehov

För att upprätthålla den önskade inomhustemperatur behöver man se till att man täcker upp för de värmeförluster man erfara genom inköpt energi. I detta stadiet ligger byggnaden i energibalans, dvs. man har lika stora förluster som energi man levererar till den uppvärmda innemiljön. Till den studerade byggnaden används endast två energislag, energi för uppvärmning och el för att driva maskiner (fläkt, pump etc.).

Hushållsapparater och personbehov ger upphov till en gratis värmekälla genom användande av exempelvis spis, belysning eller elektronik. De här källorna ingår i att reducera byggnadens värmeenergibehov genom den internvärme som genereras från källorna. Dock belastar inte användandet av de här källorna fastighetsägaren eftersom vardera lägenheten i studerad fastighet har individuella elavtal.

Årsenergibehovet för uppvärmningen av byggnaden eller byggnadens värmeenergibehov avser den mängd värmeenergi som krävs för att värma upp en byggnad till en önskad inomhustemperatur. Faktorer som påverkar byggnadens värmeenergibehov är såsom isolering, byggnadens storlek, ventilationssystem, värmekälla och klimatet i området. För byggnadens värmeenergibehov har beräkning med hjälp av stationärt tillstånd utgjort grunden för att bestämma värmesystemets effektbehov vilken är summan av värmeförlusterna som är reducerade med den gratisvärme som tillförs av internvärme och solinstrålning. Detta multipliceras därefter med antalet timmar per år 8760 (h/år). Man vill poängtera att tillskottet av gratis värme som kommer från internvärme och solenergi har stor påverkan på årsenergibehovet för uppvärmningen.

$$E_{\text{värmenergibehov}} = P_w \cdot 8760 \text{ [Wh/år]}$$

där:

$E_{\text{värmenergibehov}}$  = årsenergibehovet för uppvärmningen av byggnaden [Wh/år]

$P_w$  = värmesystemets effektbehov [W]

## 3.2 Energianvändning

Kapitlet presenterar de politiska styrmedel som används för att bestämma och kontrollera energiförbrukningen på byggnadsbeståndet i Sverige. Reglerna finns för att man enkelt ska ha möjlighet att jämföra energiförbrukning från olika typer av byggnader genom en mer rättvis modell. Reglerna tar hänsyn till vad det är för typ av byggnad och den geografiska placeringen i landet.

### 3.2.1 Primärenergital

I Sverige använder Boverket begreppet primärenergital för att beskriva en byggnads energiprestanda. Måttet fördelas över byggnadens  $A_{temp}$  vilket leder till att man får ett värde som anges per kvadratmeter och därav är det enkelt att jämföra olika byggnaders energianvändning. Det som särskiljer primärenergitalet är att man tar hänsyn till vilken energibärare som utnyttjas vid drift av byggnaden. Därav har olika energibärare viktningsfaktorer för att motivera att man ska hushålla på energianvändningen. Till exempel har el-faktorn 1,8, medan fjärrvärme 0,7 vilket leder till att en ökad andel användning av el straffar byggnadens primärenergital. Även användningen av fossila bränslen har en högre viktningsfaktor och måttet utgör den primära kravställningen som Boverket ställer för energianvändningen (Boverket, 2022).

### 3.2.2 Normalt bruk, normalårskorrigerig

Uteklimatet utgör en osäker faktor när man försöker bestämma en byggnads energianvändning. Därav har Boverket lagt fram ett regelverk hur man ska normalisera energianvändningen ifall det normala brukandet eller klimatet skiljer sig från ett normalår. Enligt Boverket får man då göra korrigeringar för tappvarmvatten, innetemperatur, internlast och energiindex används till det ändamål att jämföra energiförbrukningen mellan framför allt uppvärmning för året gentemot ett normalår (Boverket, 2022). Det blir därmed ett hjälpmedel för att enklare bedöma om man kan förbättra en byggnads energianvändning eller inte.

### 3.2.3 Specifik Energianvändning

De tidigare nämnda metoderna för att mäta energianvändning är generellt utformade för att kunna jämföra olika typer av byggnader sinsemellan på ett mer rättvist sätt. Båge metoderna är generellt framtagna för att försöka beskriva byggnadens energianvändning i syftet att nå klimatmål. Denna målsättning är generellt ett styrmedel som används från politiskt håll för att se till att man på långt sikt reducerar klimatavtrycket från driften av byggnadsbeståndet.

En fastighetsägare eller fastighetsförvaltare använder i stället ofta uttrycket specifik energianvändning för att beskriva en byggnads energiprestanda. Det här uttrycket är kortfattat det precisa värdet som talar om hur mycket energi en byggnad förbrukar. Det

innebär att detta tal inte viktas gentemot några korrigeringsfaktorer. Det medför att en förvaltare kan ha incitament att reducera sin specifika energianvändning då detta värde beskriver den verkliga förbrukningen. Beräkningen av talet kan fort bli komplicerat då man inte kan ta hänsyn till alla faktorer som påverkar så generellt används i stället årsförbrukning år till år för att avgöra ifall energianvändningen har reducerats.

### **3.2.4 EPBD och EU-direktiv för energianvändning**

Den 14:e mars 2023 beslutade Europaparlamentet om en revidering av nuvarande gällande direktivet angående energiprestanda, EPBD eller Energy performance of buildings directive. Direktivet utgör det styrmedel som EU-kommissionen anser ska avhjälpa och utforma nuvarande och framtidens byggnadsbestånd. Kommissionens förslag som nu blivit godkänt ställer nya utformade krav på hur byggnader och lokalers energiförbrukning ska ingå och uppnå målen i fit for 55. Vilket är EU:s gemensamma klimatmål för att reducera de totala utsläppen inom unionen med 55% fram till 2030 i jämförelse med utsläppen 2005 (Europeiska rådet, 2021).

Revideringen av EPBD presenterar även förslag på stegvis minimumkrav på förbättring av nuvarande byggnadsbestånd där ambitionen är att tvinga igenom renovering av de sämst energi presterande byggnaderna på marknaden. Det slutgiltiga målet med direktivet är att införa incitament för att hela byggnadsbeståndet effektivt ska utnyttja förbrukad energi och vara fri från CO<sub>2</sub>-utsläpp till 2050 (Europeiska rådet, 2022).

## 4 Åtgärdsplan

### 4.1 Byggnadens nuvarande förutsättningar

Siriusgatan 78–88 uppfördes under tidigt 70-tal som en del av flera tidsenliga lamellhus vid området som Familjebostäder kallar Gärdsås. Synonymt med liknande miljonprogram uppfördes byggnaden effektivt och på stor skala. Standardiseringen skedde rakt igenom byggnaden och prefabricerade betongelement användes för att hålla uppe byggtakten (Våra kvarter, Familjebostäders bok).

Ytterväggar är utformade som bärande sandwichelement och har en total tjocklek på 330 mm, där 230 mm utgör betong och ett mellanliggande lager om 100 mm mineralull. Som fasadbeklädnad valdes en korrugerad aluminiumplåt tillsammans med sektioner som är putsade. Taket renoverades under 2018 och tilläggsisolerades med 400 mm mineralull. Samtliga fönster är främst tvåglasfönster med kopplade bågar, vilket kan skapa en problematik eftersom tätningsmaterial och fog material som användes under perioden kan ha åldrats och mist sin elasticitet, vilket bidrar till en otät konstruktion som kan upplevas ha mycket drag. Ventilationssystemet består till största delen av mekanisk frånluft förutom den del av fastigheten som idag används till kontor/butikslokal där ett FTX-system installerades. Kontor och butikslokal motsvarar mindre än 5% av den totala byggnaden och separeras från uppmätt förbrukning i Familjebostäders system. Det leder till en förenkling av beräkningar och modellering med hänsyn till att denna yta inte ingår i Atemp.

De här förutsättningar skapar möjligheter och underhållsbehov för att utföra åtgärder där målsättningen kan vara att skapa en positiv inverkan på byggnadens totala energiförbrukning. (Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus, Janson Berggren Sundqvist).

### 4.2 Planeringsarbete för renovering

Vid varje nytt projekt krävs en projektplan för att bestämma vilken målsättning eller ambition man eftersträvar. Den här planeringen innebär att man tar hänsyn till och avgör om man ska åtgärda enbart enskilda problem med byggnaden eller ifall man ska fokusera på att lösa flera problem vid samma tillfälle. Exempel på vilka åtgärder som är vanliga att utgå från när man planerar sitt projekt är:

1. Man fokuserar på att sänka driftkostnader för byggnaden, vilket leder till ett ekonomiskt incitament för att investera i en ombyggnad eller renovering.
2. Reduktion av byggnadens klimatavtryck, det vill säga att man arbetar för att se till så att byggnadens energibehov minskas eller att man energieffektiviserar för att bättre utnyttja de energiresurser som man förbrukar.
3. Se över och öka tillgängligheten, vilket generellt leder till att man tar hänsyn till sociala aspekter av hållbarhet och breddar sin målgrupp till fler intressegrupper. Främsta incitamentet för denna åtgärd är för att försöka förbättra hyresgästernas upplevelse av byggnaden och omgivningen.

4. Tillbyggnad eller ombyggnad av outnyttjad yta till bostäder. Det kan exempelvis vara kontor eller lokalytor som vid ombyggnad kan utöka antalet lägenheter eller att man utökar byggnadens totala area för att öka antalet lägenheter. Både alternativen har ekonomiska incitament eftersom bägge alternativ kan erbjuda större möjlighet till ökade hyresintäkter.
5. En ombyggnad som fokuserar på byggnadens utseende in- och utvändigt kan vara av intresse för att öka hyresgästernas positiva sociala upplevelse av sin bostad, omgivning och trivsel.

Planeringen av varje nytt renoveringsprojekt innebär unika förutsättningar. Där företag bör ta hänsyn till och eftersträva att kombinera åtgärder som hänger samman. För att nå de uppsatta målen och samtidigt vara ekonomiskt genomförbara. Detta innebär att individuella åtgärder eventuellt inte för tillfället är lönsamma, men ifall det uppkommer ett renoveringsbehov framöver där man inte åtgärdat det eller flera problem kan det innebära ett mer kostsamt åtgärdsbehov. Fokus bör därmed föreligga att man har en eller flera övergripande planer eller koncept över hur byggnaden och närområdet ska se ut de kommande 10, 25 eller 50 åren vid planering av underhåll, ombyggnad eller renovering.

## 4.3 Begränsning av värmeförluster

### 4.3.1 Tilläggsisolera yttervägg

Befintlig ytterväggskonstruktion förblir oförändrad och kompletteras med tilläggsisolering som monteras ovanpå den yttre skalvägg av betong. Därefter väljs fasadbeklädnad, rekommendationen är att välja skivmaterial och bygga in en naturlig luftspalt mellan tilläggsisolering och fasadbeklädnad.

Materialsikt	Detaljbeskrivning
Åtgärd: Tilläggsisolering, Mineralull	Värmekonduktivitet 0,037 [W/mK] Komplettering för att uppnå Energiklass A: 150 mm, B: 100 mm, C:50 mm
Befintlig konstruktion	80 mm betong 100 mm mineralullsskiva 150 mm betong

Tabell 2. Beskrivning av konstruktionen för nuvarande yttervägg och förslag på åtgärder, värmekonduktivitet bestämd från Swedisol 2023.

### 4.3.2 Tilläggsisolera källarbjälklag

Samtliga alternativ försöker åtgärda förluster genom marken och byggnadens förutsättningar tillåter inte isolering av grundplattan. Alternativ innebär infästning av isolering i källartak för att bryta energiförluster och kallras genom golvyta i lägenheter till våningen ovan. Åtgärd A reducerar även förluster genom golv ytterligare genom

isolering med högpresterande isolering material även i lägenhetsytan. Det leder till att golvhöjden ökar med 20 mm, och har som resultat att upplevelsen av kallras genom golvet reduceras ytterligare.

Materialsikt	Detaljbeskrivning
Åtgärd: Tilläggsisolering, Mineralull + HiPTI	Värmekonduktivitet 0,037 [W/mK], 0,014 [W/mK] Komplettering för att uppnå Energiklass A: 100 mm + 20 mm HiPTI, B: 70 mm, C: 20 mm
Befintlig konstruktion	40 mm Finsats 160 mm Betong 100 mm Mineralull 200mm Betong Sprängsten

Tabell 3. Beskrivning av konstruktionen för nuvarande källarbjälklag och förslag på åtgärder. Värmekonduktivitet hämtad från Adl-Zarrabi & Johansson 2017.

### 4.3.3 Tilläggsisolering vindsbjälklag

Vindsbjälklaget tilläggsisolerades under 2016 och enligt förbrukningssiffror från Familjebostäder reducerades byggnadens totala förbrukning med 300 000 kWh/år. En osäkerhet finns dock i att detta enbart är ett resultat av isoleringen av vindsbjälklag då ett flertal effektiviseringar genomfördes under perioden, men ingen som påverkade klimatskalet i övrigt.

Materialsikt	Detaljbeskrivning
Befintlig konstruktion	180 mm Betong 500 mm Mineralull
Åtgärd	Oförändrad

Tabell 4. Beskriver utformning av nuvarande takkonstruktionen

### 4.3.4 Fönster

I samtliga alternativ förbättras fönster och balkongdörrar. Bytet kommer ge positiv inverkan på fler aspekter än energibehovet för uppvärmning. En reduktion av kallras längs karm kommer leda till en högre komfort för boende, även en åtgärd att installera säkerhetsfönster och dörrar till de lägenheter som ligger på markplan ökar tryggheten för boende.

Material	Detaljbeskrivning
Åtgärd: Fönster, balkongdörr	Alternativ för att uppnå Energiklass C: Byte till isolerglasruta, U-värde 1,6 [W/m <sup>2</sup> K] B: Tre-glas med U-värde 1,2 [W/m <sup>2</sup> K] A: Tre-glas med argon skikt U-värde 0,9 [W/m <sup>2</sup> K]
Befintliga fönster	Tvåglas med kopplad båge U-värde 2,7 [W/m <sup>2</sup> K]

Tabell 5. Beskriver antagna värden och åtgärder vid utbyte av fönster

### 4.3.5 Åtgärda köldbryggor

Vid konstruktion av byggnaden utnyttjades sektioner av bjälklaget som balkongyta. Den här ytan är densamma än idag och det uppstår köldbryggor vid balkonginfästning. Åtgärd för att minimera förlusterna är att rekommendera. Förslag presenteras nedan.

Alternativ	Detaljbeskrivning
Energiklass C	Ingen åtgärd
Energiklass B	Isolering monteras som skilje lager ovan och under balkongplattor sedan flyt spacklas
Energiklass A	Befintliga balkonger ersätts helt och separeras från bjälklaget

Tabell 6. Beskriver stegvis förändring av balkongytor vid respektive åtgärdsförslag

### 4.3.6 Tätning

Vid fönsterbyte är rekommendationen att noggrann drevning runt samtliga fönster åtgärdas. Utöver kan en läckagespårning genomföras för att identifiera ytterligare behov av att täta klimatskalet. Det kan leda till att även ventilation måste åtgärdas och justeras för de nya förutsättningarna.

## 4.4 Energiåtervinning

Befintligt F-system ersätts med en installation av en FTX systemlösning. Alternativ som övervägs är system med centralt placerat aggregat eller lägenhet individuella aggregat. Aggregat erhåller en temperaturverkningsgrad om 80% i alternativet för energiklass A. I syfte att återvinna en andel av värmeförluster som uppkommer genom ventilationssystemet.

## **4.5 Ytterligare åtgärder för förbättring av energiprestanda**

I ett tidigt skede av förstudien uppdagades det att kallvattenförbrukning och i sin tur varmvattenanvändningen för byggnaden var hög. För att reducera den specifika energianvändningen för byggnaden och därav förbättra energiklass måste någon form av åtgärd genomföras för att reducera energianvändningen till förberedelse av varmvatten.

### **4.5.1 Individuell debitering och mätning av varmvatten**

IMD eller individuell mätning debitering är en metod som kan användas för att minska varmvattenförbrukningen. Metoden kommer användas för att försöka förändra beteendet hos boende och genom individuell mätning reducera den totala förbrukningen av varmvatten i byggnaden. Genom reduktion av förbrukning reducerar man även energin som går åt till uppvärmning av varmvatten.

### **4.5.2 Spillvatten Återvinning**

Alternativ eller komplement till IMD är att man installerar ett system för återvinning av spillvatten. Systemet tar vara på värmen från spillvatten och används för att förvärma tappkallvatten. Denna åtgärd reducerar den energi man måste tillföra i form av fjärrvärme för att förbereda varmvatten in i byggnaden. Vilket reducerar byggnadens specifika energianvändning.

## 5 Resultat av förstudie

En förstudie genomfördes där målet var att få en indikation av vilka renoveringsmöjligheter som erbjuds, vilka man ska prioritera och vilka som kan anses vara överflödiga. Ett platsbesök på flera liknande miljonprogramshus var startskottet för arbetet. Siriusgatan 78–88 valdes ut med hänsyn till referensprojekt i närheten och vid konsultation i samråd med Familjebostäder.

Studien genomfördes med hjälp av en kombination av litteraturstudier för liknande projekt och en preliminär överslagsberäkning på byggnadens specifika energianvändning. En slutlig validering genomförs med hjälp av expertis på Familjebostäder, jämförelse med nuvarande förbrukning och beräkningsprogram.

Tre koncept studerades vidare för slutgiltiga förslag på renoveringsåtgärder. Varje förslag på åtgärd har gemensamt att åtminstone fönster och väggkonstruktion renoveras. En parameter som kvarstår som oförändrad är takkonstruktion som anses vara tillräcklig i nuvarande skede.

Vid renoveringsåtgärder som har målet att förbättra energianvändningen är det en rekommendation att först se över ventilation- och fönsteråtgärder. Eftersom liknande studier på byggnader som konstruerades under samma tidsperiod visar att de här delarna av byggnaden sannolikt är de enskilt största källorna för energiförluster (Warfvinge 's, 2008).

### 5.1 Fönster

Vid observering av fastigheten på Siriusgatan 78–88 kan man särskilja från liknande projekt att andelen fönster är stor jämfört med nyproducerade flerbostadshus idag. Byggnaden har ett fönster/vägg förhållande om nästan 26% av sin totala väggarea jämfört med 20% som är miniminivå vid nyproduktion. Utöver detta är samtliga fönster av ett äldre tvåglasfönster som generellt från perioden 1961–75 har ett U-värde mellan 2 och 3 W/m<sup>2</sup>K. Till beräkningar görs antagandet att nuvarande fönster är tvåglasfönster med en kopplad båge och har ett U-värde om 2,7 W/m<sup>2</sup>K vilket är tidsenligt för äldre fönster från perioden då byggnaden konstruerades (Energimyndigheten, 2022).

Prioriteringen blir därmed att fokusera på att förbättra U-värdet ifall man väljer att göra en fönsteråtgärd. Alternativen för att reducera energiförlusten kan vara att man återanvänder tidigare fönster i så god mån som möjligt vilket idag finns projekt som visar på att man kan förbättra energiprestandan genom att exempelvis byta ut en av rutorna till en som är mer energieffektiv (Energimyndigheten, 2022).

Ett annat alternativ är att man väljer ett treglasfönster som har väsentligt mycket lägre U-värde och ett typiskt treglasfönster med argonskikt ligger idag runt ett U-värde om

0,9 W/m<sup>2</sup>K. Detta alternativ skulle i teorin omfatta en energibesparing upp till 21,5 kWh/m<sup>2</sup>/år utifrån beräkningar med hjälp av förutsättningar vid stationärt tillstånd.

## 5.2 Luftomsättning

Utrymmen i byggnaden behöver ventileras för att upprätthålla en inomhusmiljö enligt krav från BBR och även upplevs behaglig för boende. Utbytet av varm inomhusluft och kall uteluft medför dock värmeförluster. Luftomsättning delas in i två kategorier: ventilation och läckage. Ventilationen utgör den del varav fastighetsägaren kan styra flödet och har möjligheten att återvinna värme genom en värmeväxlare. Läckaget går i stället inte att kontrollera.

### 5.2.1 Ventilation

Enligt kravstandard från BBR (Självdragsventilation handboken) ska det hygieniska ventilationsflödet i svenska bostadshus vara minst 0,35 l/m<sup>2</sup>/s vid vistelse i rummen. I Göteborg är den normal korrigerade årsmedeltemperaturen över en 30 årsperiod 1991–2020, 8,9 C och ifall man ska upprätthålla en innertemperatur om 22 C på Siriusgatan kommer det generera en ventilationsförlust om 47 kWh/m<sup>2</sup>/år vid befintlig mekaniskt frånluftssystem.

Alternativ för att reducera denna förlust kan vara genom att man försöker återvinna delar av de ventilationsförluster som skapas. Man kan i detta fall använda en värmeväxlare som återvinner värmen från frånluft. Med en verkningsgrad på 60–80% kan man åtminstone teoretiskt reducera ventilation förlusterna från- och upp till 28–37 kWh/m<sup>2</sup>/år. Kombinerat med att man förbättrar tätheten i klimatskalet utnyttjar man även en större del av värmeåtervinningen från värmeväxlaren och systemet i helhet blir mer effektivt.

### 5.2.2 Läckage

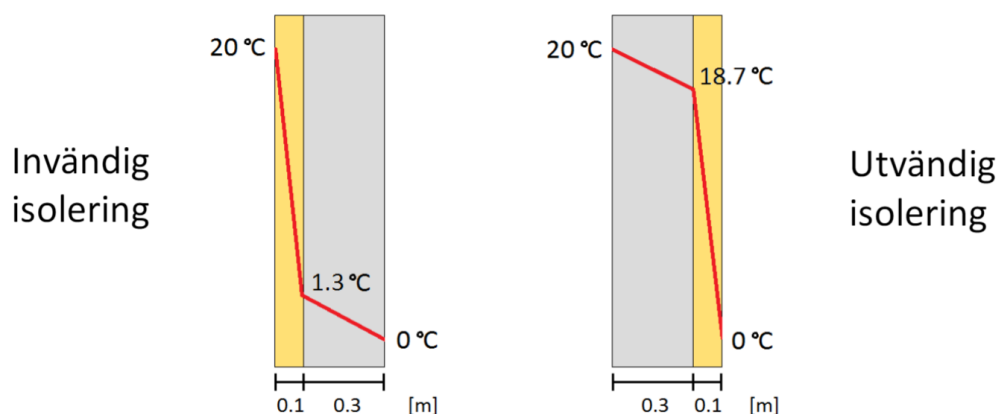
Vid undersökning av mätdata från fastighetens totala energiförbrukning används ett antagande om att de värmeförluster som luftläckage ger upphov till genom byggnadens klimatskal motsvarar 50% av ventilationsförlusterna. Generellt är luftläckage genom en byggnads klimatskal svår att uppskatta. Ett alternativ är att använda en blower-door metod som går ut på att man tätar naturliga springor i en bostad och därefter mäter otätheter vid höga tryckskillnader. Resultat av tryckprovsmätning redovisas genom värde på hur mycket luft som “läcker” in i byggnaden. Metoden har inte använts i detta arbete efter att möjlighet till en mätning inte var möjlig medan boende fortfarande nyttjade lägenheterna i byggnaden.

Alternativet är att i stället utnyttja teori kring byggnadens värmebalans och fastställa hur stor mängd energi som går förlorad genom oavsiktlig ventilation eller luftläckage. Metoden går att använda eftersom vi känner till byggnadens energiförbrukning och att övriga variabler i värmebalans är möjliga att uppskatta med större säkerhet genom beräkning. Detta leder till att energiförluster på grund av luftläckage uppgår till mellan

350000–400000 kWh, eller 23,6-27 kWh/m<sup>2</sup> år. De här värdena är sannolikt även överskattade eftersom värmeförluster genom luftläckage inte nödvändigtvis behöver vara negativa. Under exempelvis en sommarperiod när de boende sannolikt vädrar mer vilket redovisas i beräkning som en värmeförlust, vilket inte behöver vara sant. Utan vädring kan i stället täcka upp för det kylbehov som kan krävas under sommartid. Det medför att i beräkning har antagande om att luftläckaget motsvarar 50% av det totala ventilationsflödet sett över ett år. Utöver värmebalans har vi även tagit hänsyn till fastighetens konstruktion och ålder. Det förekommer dock fortfarande en stor osäkerhet i hur mycket tätning som sandwichkonstruktioner erbjuder och framför allt otätheter kring fönsterramar utgör en stor källa för läckage. Ytterligare mätningar på att fastställa det totala luftläckaget rekommenderas även efter renovering.

### 5.3 Invändig eller utvändig isolering

För att energieffektivisera en byggnad finns en rad olika åtgärder som bland annat förbättra U-värdet på ytterväggarna genom att tilläggsisolera byggnaden. Genom att tilläggsisolera utvändigt får man egenskaperna av en tung och värmelagrande vägg. Eventuella köldbryggor minimeras och dessutom risken för fuktskador minskar. I boken Tillämpad Byggnadsfysik beskriver (Pettersson, 2009) hur stommen fungerar som ett värmelager och förklarar att en tung stomme har stor värmekapacitet att lagra värmeenergi. Denna värmeenergi som är lagrad under dagen kan tillgodogöras under natten. Med andra ord, när det är kallare inne i byggnaden överförs värme från stommen. Beroende på stommaterial och konstruktion delas upp byggnadsstommar i tunga och lätta stommar. En tung byggnadsstomme kan lagra mer värme än en lätt byggnadsstomme eftersom den kan lagra mer värme, alltså har en större värmekapacitet. Fördelen med att ha tung byggnad är att man får mycket gratis värme då mer överskottsvärme lagras från solinstrålning, belysning, maskiner, människor och andra värmekällor. Detta uppstår eftersom värme lagras i väggen från dagen då det är varmare och under natten frigörs den lagrade värmeenergin då det är kallt inomhus. I vårt fall så har vi en byggnad med ytterväggar som är uppbyggda av två betongskivor i ett sandwichelement med en mellanliggande isolering på 100 mm mineralullsskiva. Om man isolerar invändigt hamnar den gamla vägen i ett kallare och fuktigare klimat, köldbryggorna finns kvar och man får inte värmelagrande väggar då material som används för isolering har en sämre värmelagringskapacitet än betong. Fördelen med att isolera intern är att vanligtvis är kostnaden lägre än att installera extern isolering, men detta påverkar golvyta och takhöjd samt kan leda till problem med köldbryggor.



Figur 3. Temperaturförändring genom materialskikt Källa: Föreläsning från kursen Byggnadsteknologi.

Tanken att tilläggsisolera utvändigt är att inte förändra byggnadens nuvarande förutsättningar och utnyttja den värmelagringen som konstruktionen erbjuder. För det ändamål att erbjuda en jämnare innetemperatur över längre perioder. Betongstommen utgör det innersta skiktet av väggkonstruktionen och är en komponent i väggen med hög värmelagringskapacitet. Förutom innerbeklädnad är det viktigt att denna stomme kan aktiveras för värmelagring under dygnet. Vilket leder till att byggnaden får en god förmåga att lagra värme och ökar andelen gratisvärme som byggnaden kan ta tillvara på från människor, maskiner, solstrålning och andra värmekällor.

De positiva effekter en tung byggnad erbjuder är att täcka värmeförluster med värmetillskott som är lagrat i stommen från solstrålningen och omgivningen inomhus. Att välja mellan att isolera internt och externt beror på många faktorer. Exempelvis hinder i form av krav, lagar, design, estetik, fukt och energisynpunkt. Med hänsyn till dessa faktorer finns förutsättningarna i nuvarande byggnad att det är mer effektivt att tilläggsisolera konstruktion externt.

## 5.4 Köldbryggor

Från observation och konstruktionsritningar går det att fastställa att balkongerna sannolikt utgör en källa för stora köldbryggor, eftersom de är en del av betongbjälklaget. Detta medför att även skarvar mellan betongelementen kan utgöra en källa för köldbryggor. Även fönster och skarvar identifierades som undermåliga på de våningsplan som var möjliga att observera. Det leder till att ett antagande kring stora läckageförluster förekommer kring infästningen av fönster och fönsterkarm. I övrigt var det svårt att identifiera ytterligare källor till köldbryggor och vidare studier bör genomföras under vinterförhållanden (Janson, Berggren & Sundqvist, 2008).

## 6 Beräkningsdata

I detta kapitel sammanfattas de byggnadskomponenter som studerats och vilka åtgärder varje förslag innebär vid beräkningar för målet att reducera de totala energiförlusterna genom klimatskalet och ventilationen. Förslagen som har studerats delas in i fyra delar och utgör ursprungskonstruktion, samt den energiklassning som åtgärder syftar till att uppnå. De fyra förslagen kan sammanfattas som:

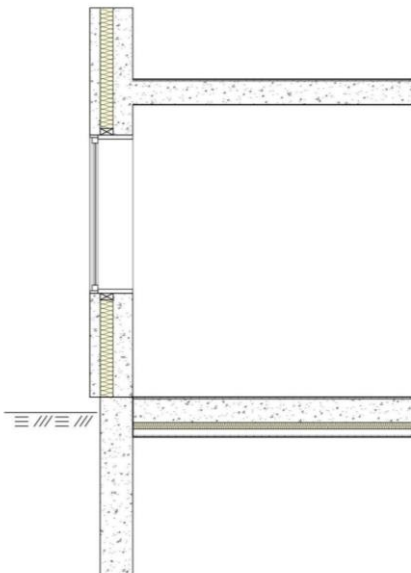
- Ursprunglig konstruktion
- Förslag för Energiklass C
- Förslag för Energiklass B
- Förslag för Energiklass A

### 6.1 Väggtyp

Under kapitlet illustreras väggkonstruktioner som har betraktats vid beräkning och föreslås som förändring. Vartdera alternativet delas in i målsättning enligt beskrivning under kapitel 6 Beräkningsdata.

#### 6.1.1 Ursprunglig konstruktion

Väggkonstruktionen består av ett sandwichelement som är bärande och består av 80 mm betong, 100 mm mineralullsskiva samt 150 mm betong. Ytter- och innerbeklädnad tas inte hänsyn till vid samtliga beräkningar.



Figur 4. Illustration av nuvarande ytterväggskonstruktion

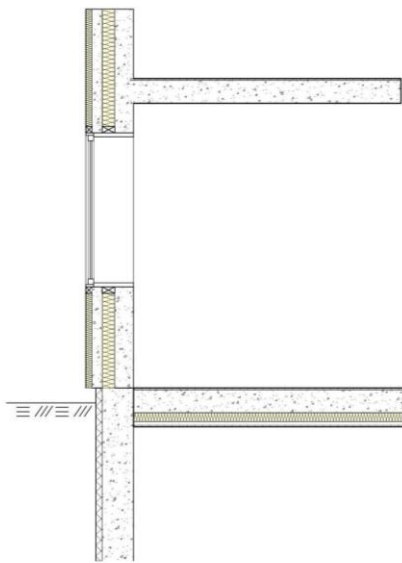
Material	Tjocklek	U-värde
Betong Mineralullskiva Betong	150 mm 100 mm 80 mm	0,4 [W/m <sup>2</sup> K]

Tabell 7. Beskriver nuvarande ytterväggskonstruktion

### 6.1.2 Tilläggsisolering förslag Energiklass C

Kravet för Energiklassning C i Göteborg är ett primärenergital om 75 kWh/m<sup>2</sup> år eller lägre (Boverket, 2023). Förslaget innebär följande åtgärder:

Klimatskalets vägg isoleras med 50 mm externt och taket till källarplanet med 20 mm. Utöver detta ses möjligheten över att förbättra fönsteregenskaper genom att antingen byta ut ett av glasen till ett isolerglasruta. Alternativt lägga till en isoleringsglasruta för att skapa ett nytt treglas fönster. Förbättringar av fönsterytor antas nå ett U-värde om 1,6.



Figur 5. Illustration av ytterväggskonstruktion vid förslag för Energiklass C

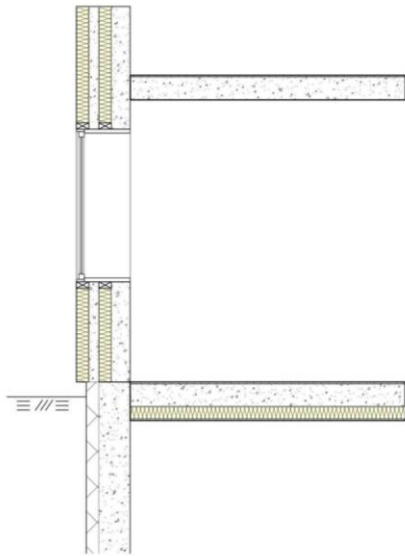
Material	Tjocklek	U-värde
Betong Mineralullskiva Betong Mineralullskiva	150 mm 100 mm 80 mm 50 mm	0,25 [W/m <sup>2</sup> K]

Tabell 8. Beskriver ytterväggskonstruktion vid förslag för Energiklass C

### 6.1.3 Tilläggsisolering förslag Energiklass B

Kravet för Energiklassning B i Göteborg är ett primärenergital om 56 kWh/m<sup>2</sup> år eller lägre (Boverket, 2023). Förslaget innebär följande åtgärder:

Klimatskalets vägg tilläggsisoleras med 100 mm och golvet isoleras med 70 mm på undersidan. Även källarvägg isoleras med 50 mm cellplast. Samtliga fönster ersätts med nya tre glas med U-värde om 1,2. Nuvarande balkonger isoleras externt för att reducera köldbryggor in i bjälklag och lägenheterna, antagande leder till att denna åtgärd kan reducera köldbryggor med ca 5 procentenheter i beräkning.



Figur 6. Illustration av ytterväggskonstruktion vid förslag för Energiklass B

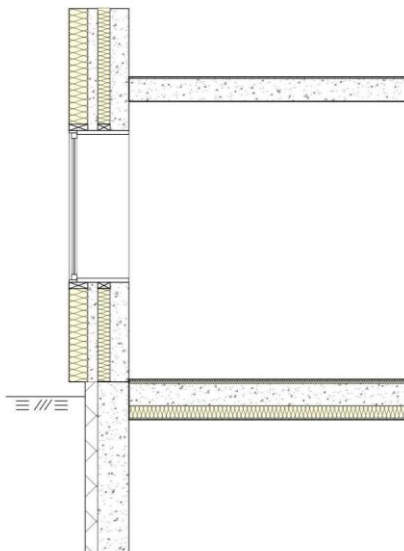
Material	Tjocklek	U-värde
Betong	150 mm	0,18 [W/m <sup>2</sup> K]
Mineralullskiva	100 mm	
Betong	80 mm	
Mineralullskiva	100 mm	

Tabell 9. Beskriver ytterväggskonstruktion vid förslag för Energiklass B

### 6.1.4 Tilläggsisolering förslag Energiklass A

Kravet för Energiklassning A i Göteborg är ett primärenergital om 37,5 kWh/m<sup>2</sup> år eller lägre (Boverket, 2023). Förslaget innebär följande åtgärder:

Klimatskalets vägg tilläggsisoleras med 150 mm externt även källarvägg isoleras med 100 mm cellplast, utöver detta byter man ut samtliga fönster till treglasfönster med argonskikt (U-värde 0,9). Ett FTX-system installeras med 80% verkningsgrad. Golvet i våningsplan 1 täcks av HiPTI aerogel matta för att reducera konduktanser genom golvkonstruktionen. Även undertaket i källaren tilläggsisoleras med 100 mm för att reducera konduktanser från lägenhetsytor ner i icke uppvärmd byggnadsvolym. Balkonger demonteras från betongbjälklaget och ersätts med nya balkonger som hängs upp på klimatskalet, vilket medför att man bryter köldbryggor in i lägenheterna och vilket resulterar att genom antaganden kan reducera köldbryggor med ca 10 procentenheter i beräkning.



Figur 7. Illustration av ytterväggskonstruktion vid förslag för Energiklass A

Material	Tjocklek	U-värde
Betong	150 mm	0,15 [W/m <sup>2</sup> K]
Mineralullskiva	100 mm	
Betong	80 mm	
Mineralullskiva	150 mm	

Tabell 10. Beskriver ytterväggskonstruktion vid förslag för Energiklass A

## 6.2 Fönster

Följande indata används för att beräkna transmissionsförluster genom fönsterytor. Gain-värde bestäms till 50% eftersom vid förbättringsåtgärd förekommer risk för övertemperaturer sommartid. Därav kan i senare skede det vara av komfortskäl att utvärdera ifall även solavskärmning kommer att krävas vid ett tätare klimatskal.

Fönster Egenskaper	Original (tvåglas)	Förbättrat (två/treglas)	Utbyta (treglas, argon)
U-värde	2,7	1,2–1,6	0,9
G-värde (Gain)	50%	50%	50%

Tabell 11. Beskriver relevant tekniska egenskaper för respektive fönsterkomponent

## 6.3 Källarbjälklag

Åtgärder för isoleringen av källarbjälklag är utformat för att bryta upp köldbryggor mellan uppvärmd area  $A_{temp}$  och de delar av källarplanet som ej värms upp. Därav kommer isolering fästas under golvbjälklaget i källartaket, vilket redovisas i tabell nedan genom den ökade tjockleken av mineralull. I förslag för att uppnå energiklass A isoleras även golvet i lägenhetsyta genom lagret benämnt som HiPTI. Materialet väljs ut för att minimera tjockleken på detta lager och hindrar att golvet i lägenheten behöver höjas mer än 20 mm.

Konstruktion	Ursprung	Energiklass C	Energiklass B	Energiklass A
Golvbeklädnad	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
HiPTI	-	-	-	20 mm
Finsats	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Betong	160 mm	160 mm	160 mm	160 mm
Mineralull	50 mm	70 mm	100 mm	100 mm

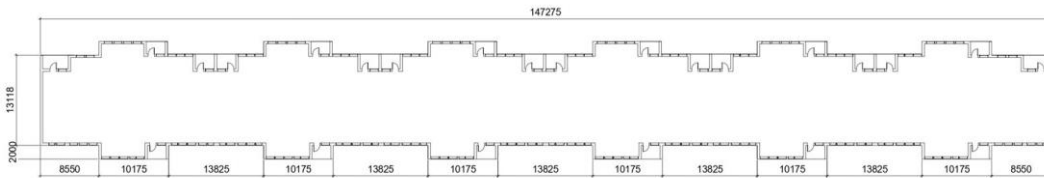
Tabell 12. HiPTI= High performance thermal insulation, här någon form av aerogel matta,  $\lambda=0,014$  jämfört med 0,033–0,037 för vanlig mineralull.

## 6.4 Takisolering

Förblir oförändrad med beaktning till ombyggnationen som skedde under 2018. Vid beräkning av takkonstruktionens konduktans fastställdes ett genomsnittligt U-värde om 0,1 för konstruktion vilket är tillräckligt enligt våra antagande och kräver inga ytterligare åtgärder.

## 6.5 Byggnadsgeometri

Byggnadens geometri redovisas i figur 12, Atemp fastställs från energideklaration och bekräftas med hjälp av Familjebostäders e-rapport. Atemp för byggnaden är 14 816 m<sup>2</sup>.



Figur 8. Illustration av byggnadens geometri

	Våningsplan 1–5	Sutterängplan	Källare
Omkrets [m]	368	197	184
Höjd [m]	17	2,5	2,35
Area [m <sup>2</sup> ]	6257	493	432

Tabell 13. Beskrivning av indata från byggnadsgeometri

## 6.6 Köldbryggor

I arbetet har enklare antaganden gjorts för att approximera de totala linjära- och punktköldbryggor som finns i byggnaden. Med hänsyn till den stora areabalkong som är en del av bjälklaget och helt exponerat för utetemperaturer. Utöver balkongerna är fönster förhållandet större än genomsnittet vilket leder till att antagande om ett 20% adderande på U-värde i form av köldbryggor enligt Pettersson 2013.

## 6.7 Luftomsättning

Byggnaden är konstruerad och dimensionerad med hänsyn till mekanisk frånluftsventilation. Åtgärdsförslag 1 och 2 blir därmed oförändrade i förhållande till BBR kravet om 0,35 l/s, m<sup>2</sup> vid injustering av detta system. Åtgärdsförslag 3 med FTX-system och värmeåtervinning förändrar förutsättningarna för byggnaden och bör tas hänsyn till. En ny injustering av ventilationsflödet bör genomföras efter samtliga åtgärder, framför allt vid byte till FTX-system.

Ventilationssystem	Frånluft	Från- och Tillufts med värmeåtervinning <sup>1</sup>
Frånluftsflöde [l/s*m2]	≤ 0,35	≤ 0,35
Tryckfall frånluft, ΔP [Pa]	150	150
Tryckfall tilluft, ΔP [Pa]	-	135
Önskad tilluftstemperatur	-	≥13,2
Värmeväxlarens verkningsgrad	-	0,6–0,8

Tabell 14. Beskrivning av frånluftsventilation och FTX-systemet som använts vid beräkning och modellering

## 6.8 Indata för energiberäkningar

Nedan beskrivs givna förutsättningar och indata för beräkningar. Beskrivning av källor till indata delas in i krav, mätdata, normal korrigering eller antagande.

Inomhus temperatur	22 °C, satt utifrån krav från BBR.
Klimatfil	Göteborg - Normaltemperatur 1991–2020 Årsmedeltemperatur (ute) = 8,9 °C
Atemp	14 816 m <sup>2</sup> , uppvärmd till minst 10 °C enligt krav
Vattenförbrukning	27 450 m <sup>3</sup> , enligt uppmätt förbrukning från Familjebostäder, inköpt kallvatten 2022 för fastigheten.
Varmvattenförbrukning	40% av kallvatten används till varmvattenberedning, 10 980 m <sup>3</sup> .
Fastighetens Elförbrukning	140 000 kWh, enligt uppmätt förbrukning från Familjebostäder. Antagen ökning om 2 kWh/m <sup>2</sup> /år vid installation av FTX-system.
Hushålls Elförbrukning	2350 kWh/år och lägenhet, uppmätt förbrukning från Göteborg Energi, 160 lägenheter fördelat på Atemp motsvarar 25 kWh/m <sup>2</sup> /år
FTX - Värmeåtervinning Period	I förslag A antas endast värmeväxling under perioden november - mars

Tabell 15. Beskrivning av samtliga indata som använts i beräkning. Förklaring FTX: Under perioden april - oktober föreligger en risk för övertemperatur enligt normalår, rekommendationen blir därmed att koppla bort värmeväxlaren från ventilationsaggregatet under perioden.

<sup>1</sup> Värderna i kolonn framtagna genom antaganden i samråd med Familjebostäder. Används endast i BIM Energy för att approximera värmeväxlarens totala energiåtervinning.

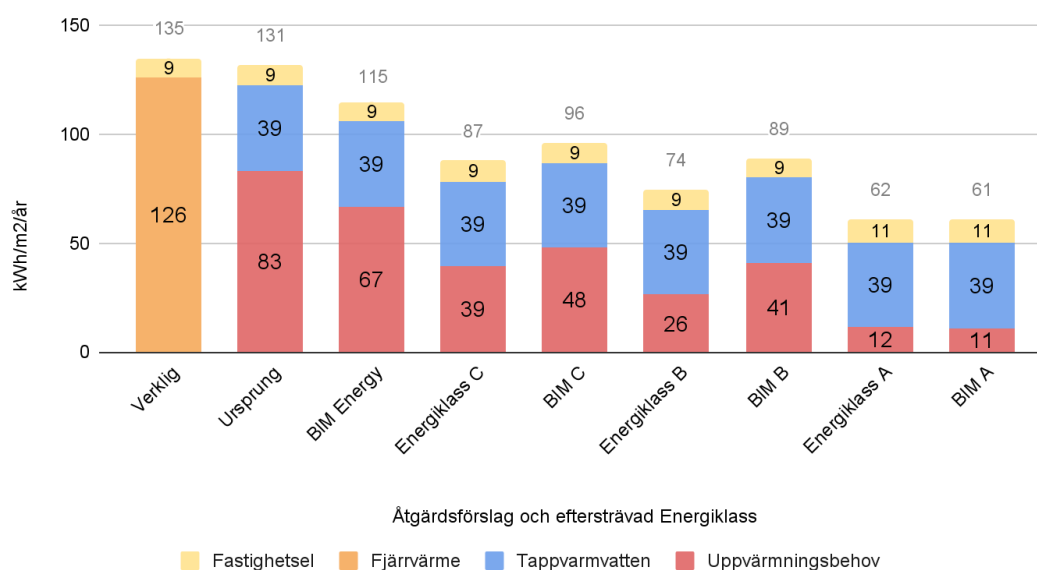
## 7 Resultat av beräkningar och modellering

I detta kapitel presenteras och jämförs samtliga genomförda beräkningar på den specifika energianvändning som byggnaden potentiellt kan uppnå genom de alternativa föreslagna åtgärderna.

### 7.1 Energikonsumtion

Beräkningarna är framtagna teoretiskt, där förenklade antagande av luftläckage och köldbryggor har uppskattats för den totala energiförbrukningen. Liknande metodik används generellt i branschen och ger endast en indikation till den totala förbrukningen. Det innebär att en del av indata är komplicerad att verifiera och det krävs i de flesta fall att man jämför projektets teoretiska energiförbrukning med den verkliga förbrukningen efter man utfört åtgärd. Därefter krävs utvärdering och analys kring varför man antingen lyckats uppnå eller inte uppnått den teoretiska energiförbrukningen. Referensprojekt med liknande förutsättningar, åtgärder och erfarenheter kan stödja grundläggande antaganden om den totala energiförbrukningen.

Energiförbrukning för Siriusgatan 78-88 per kvadratmeter/år



Figur 9. Överblick av nuvarande fjärrvärmeförbrukning i relation till teoretiskt framtagen beräkning och modellering av vardera åtgärdsförslaget

Vid observation och jämförelse av resultat går det att avläsa byggnadens verkliga förbrukning och energiförbrukningen från beräkningar. Beräkningen skiljer endast 4 kWh/m<sup>2</sup>/år från den verkliga förbrukningen för uppvärmningen och förberedning av varmvatten för byggnaden. Modelleringen i BIM Energy är 20 kWh/m<sup>2</sup>/år lägre än förbrukningen. Eftersom fastighetsel är hämtad från förbrukningsdata kommer värdet vara detsamma i samtliga fall. Hushållsel var hämtade från 10 slumpvist utvalda mätgivare och genomsnittsförbrukning per lägenhet är 2350 kWh/år. Beräkning utgår från att samtliga lägenheter i byggnaden har en motsvarande årsförbrukning och i

byggnaden är det totalt 160 lägenheter. Fördelat över Atemp resulterar i en elförbrukning för hushåll som motsvarar 25 kWh/m<sup>2</sup>/år.

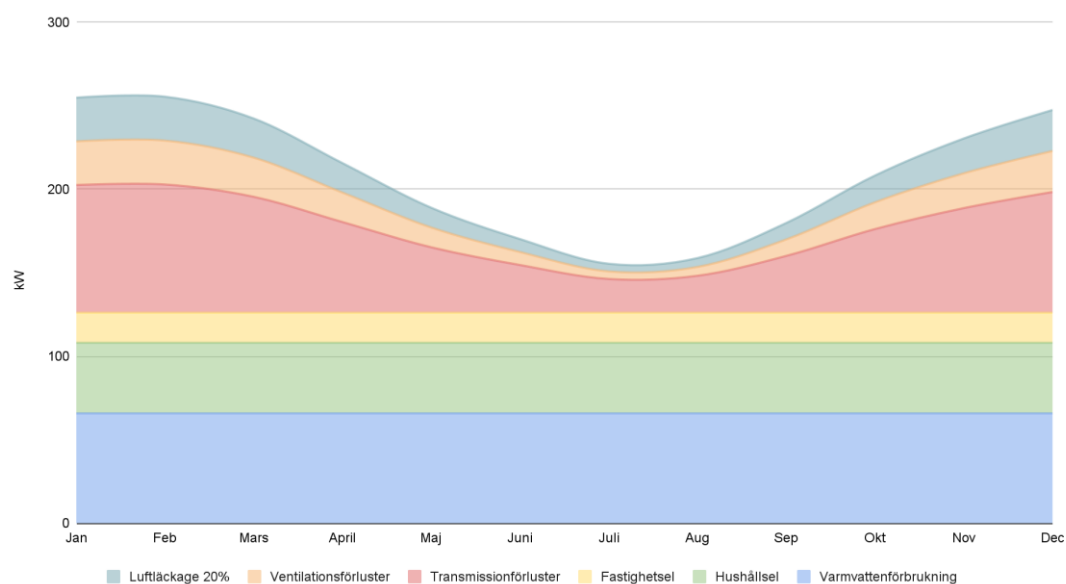
Modelleringen från BIM Energy skiljer sig dock från beräknade värden och den verkliga förbrukningen. Bakgrund till detta kan vara att fel indata har använts vid modellering då ett flertal obekanta byggnadsdelar har använts i modellen. Ett annat alternativ kan vara på grund av beräkningen som modellen gör. Eftersom BIM Energy använder en periodisk modell kan det leda till att den estimerade energiförbrukningen skiljer sig från uppmätt data. Anledningen är att även ifall en periodisk modell tar större hänsyn till klimatdata vid användandet så blir modellen mer komplicerad vid att bedöma förbrukningsbeteendet hos de boende. I det här fallet kan man dra ett enklare antagande och slutsats kring att BIM Energy troligen överskattar ventilationsförluster genom vädring. Eftersom ett pålägg på volymflödet beräknas in i modellen vilket är betydligt högre än omsättningskravet på 0,35 l/s, per m<sup>2</sup>. Till skillnad från stationär beräkning som endast utgått från kravet.

Ifall man utgår från att antagandet är korrekt att ett högre volymflöde än kravet är bakgrunden till skillnaden i energiförbrukningen mellan modellerna. Det kommer då innebära att övriga åtgärdsförslag påverkas av samma höjda energibehov av uppvärmning. Endast ifall för Energiklass A kommer skillnaden mellan metoderna vara minimal. Orsaken till det resultatet är att vid valet av FTX i BIM Energy behöver modellen inte uteluftsventiler i samma utsträckning och energiförlusterna genom ventilation reduceras, samtidigt som en andel av förlusten återvinns genom värmeväxlaren. En konsekvens att ta hänsyn till vid installation av FTX-system är att elförbrukningen kommer öka med 2 kWh/m<sup>2</sup>/år enligt Familjebostäder.

## 7.2 Värmeeffektbehov

Ett resultat av att förbättra klimatskalet är att även värmeeffektbehovet reduceras och framför allt att effekttoppar blir lägre. Effektbehovet över året för förslag Energiklass A är illustrerat i figur 14 nedan. Utöver detta går det att avläsa toppvärdet av värmeeffektbehovet för varje förslag i tabell 17 under figuren. Kostnaden för inköpt fjärrvärme styrs av till 40% av effektbehovet och 60% av energibehovet. Ifall man reducerar toppeffekten och energibehovet sjunker även den totala kostnaden enligt den modell som Göteborg Energi använder (Göteborg Energi, 2023).

Effektbehov (Värme + El) Förslag Energiklass A



Figur 10. Överblick av förväntade effektoppar för värme- och elförbrukning under året

Effektopp [kW]	Ursprung	Energiklass C	Energiklass B	Energiklass A
Värme	473	355	321	238
El	17	17	17	18

Tabell 16. Beskriver medeleffektopparna för respektive åtgärdsförslag

## 7.3 Energiklassning

För att jämföra byggnadens energiprestanda med andra byggnader i det totala byggnadsbeståndet har relevanta nyckelvärden tagits fram. I tabellen visar den totala energiförbrukningen för respektive metod, den specifika energianvändningen som är förbrukningen delat på Atemp och primärenergitalet där energikällor för drift viktas för att reflektera ifall byggnaden använder bra energikällor för uppvärmning och drift.

Åtgärdsförslag	Ursprung	Energiklass C	Energiklass B	Energiklass A
Beräkningar [kWh]	1 952 152	1 302 379	1 106 744	887 125
Procentuell förändring	-2,5%	-35 %	-45 %	-56%
Specifik Energianvändning [kWh/m <sup>2</sup> ]	132	88	75	60
Primärenergital [kWh/m <sup>2</sup> ]	103	72	63	52
BIM Energy [kWh]	1 716 986	1 441 026	1 348 728	910 838
Procentuell förändring	-14%	-28%	-33%	-55%
Specifik Energianvändning [kWh/m <sup>2</sup> ]	116	97	91	62
Primärenergital [kWh/m <sup>2</sup> ]	98	83	78	56

Tabell 17. Överblick av förväntad total energianvändning och fördelningen av energianvändning över Atemp enligt beräkning och modellering. Procentuell förändring är i jämförelse med den verkliga uppmätta förbrukningen.

## 8. Diskussion

### 8.1 Energi

I förhållande till Boverkets kravställning av energiklassning för flerbostadshus kan vi konstatera att endast målet för energiklass C uppnås vid beräkningar genomförda med hjälp av stationärt tillstånd. Kravet för energiklass C för nyproduktion ligger på 75 kWh/m<sup>2</sup>/år (Boverket, 2020) enligt BBR 29. Det innebär att man underskattat de åtgärder som krävs för att energieffektivisera byggnader genom föreslagna åtgärder och exempelvis ytterligare energieffektivisering är att reducera energibehovet till varmvattenförberedelse. I relation till uppvärmningen är förberedningen av tappvarmvatten 39 kWh/m<sup>2</sup>/år för varje förslag då inga åtgärder för effektivisering har presenterats i detta projekt. I jämförelse med nyproduktion utgår man från att tappvarmvatten står för en förbrukning om 25 kWh/m<sup>2</sup>/år och med detta värde hade resultaten i detta projekt förändrats avsevärt.

Övriga åtgärder får dessvärre underkänt i form av att de inte räcker till för uppsatt målsättning av energiklass. Eftersom det är renovering som projektet omfattar är dagens krav inte tillräckligt omfattande för att detta skulle innebära ett problem. EPBD och i sin förlängning BBR ställer endast kravet att samtliga byggnader i byggnadsbeståndet ska ha klassificeringen energiklass D senast 2033. Vilket Siriusgatan 78–88 redan uppfyller, därav blir det istället Familjebostädernas egna ambition som blir styrande för att reducera energiförbrukning. Både ur klimatsynpunkt och ekonomisk vinkel för att reducera deras kostnader relaterat till drift. Med dessa aspekter i åtanke kan det dock vara av intresse att se över hur man vill paketera energieffektiviseringar för att hantera förändrade förutsättningar kommande 10, 25, 50 åren.

### 8.2 Inomhuskomfort

En aspekt som kommer påverkas i detta projekt är inomhuskomforten för de boende. Det finns en risk vid förbättringsåtgärder av klimatskal där övertemperaturer under sommarperioden blir mer frekventa. Med hänsyn till nuvarande bostadsbestånd i Sverige är det ovanligt att man dimensionerar bostadshus med möjlighet till att styra kylbehov. Det är i princip enbart kontor och lokalytor som har FTX-system med kylbatteri eller fjärrkyla. Med mildare vintrar och högre årsmedeltemperaturer kommer problemet med övertemperaturer troligtvis öka och skapa obehag hos boende. Vid konsultation med Familjebostäder påpekas att de har störst problem med felanmälan relaterat till obehag i deras nyproducerade flerbostadshus som har byggts med hög standard på klimatskal, täthet och energiprestanda. Det vanligaste problemet var just övertemperaturer och det förekom störst andel av klagomål angående detta från just nyproducerade bostäder. Förutom utökad solavskärmning finns det få möjligheter till att reducera övertemperaturer mer än att rekommendera boende att vädra ut lägenheter under sommarmånader eller perioder med hög solinstrålning.

### 8.3 Operativ temperatur

En faktor som är svår att bestämma utan omfattande platsbaserade mätningar är den operativa temperaturen i bostaden. Den operativa temperaturen är hur man upplever inomhusklimatet och är bakgrunden till varför man kan känna obehag trots att förhållande som teoretiskt inte ska leda till exempelvis övertemperaturer. Exempel kan vara upplevelser av att luften kan upplevas kvav inomhus eller kraftigt förhöjda nivåer av lufttemperatur inomhus. Vid förbättringsåtgärder med avseende att reducera läckage och öka tätheten i byggnaden kan leda till att man ökar den operativa temperaturen i rummet. Den bestäms av de sammanvägda yttemperaturerna på golv, väggar, tak, fönster och förhållandet till lufttemperaturen i rummet. När man börjar förbättra klimatskalet bör man ha i åtanke att även mäta och se över hur åtgärderna påverkar inomhusklimatet för boende. Ifall den operativa temperaturen faller utanför ett intervall som bestäms av BBR:s regelverk måste man göra åtgärder som antingen höjer eller sänker denna temperatur. Exempelvis när man tilläggsisolerar och förväntar sig att yttemperaturerna ökar kan man i stället fokusera på att sänka tilluftstemperaturen för att hantera problemet. Detta ger även en positiv konsekvens av att man i samband även reducerar det totala energibehovet då man inte behöver värma luften till lika hög temperatur som tidigare.

## Referenser

Adl-Zarrabi, B. & Johansson, P. (2017). *Superisoleringsmaterial i byggnader*. Stockholm: E2B2 och Energimyndigheten, (Projektnummer 40798-1, Rapport 2017:24)

Boverket. (2020). *Boverkets författarsamling BFS 2020:4 BBR 29*, hämtat från: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>

Boverket. (2007). *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus*. [https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2007/indata\\_for\\_energi\\_berakning\\_i\\_kontor\\_och\\_smahus.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2007/indata_for_energi_berakning_i_kontor_och_smahus.pdf)

Boverket. (2013). *Förslag till nationell strategi för energieffektiviserande renovering av byggnader*, Boverket, Karlskrona, Sweden, 222 sid. Hämtat från: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2013/forslag-till-nationell-strategi-for-energieffektiviserande-renovering-av-byggnader.pdf>

Boverket. (2022). *Primärenergital och byggnadens energiprestanda* <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energi-hushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energi-prestanda/>

Boverket. (2019). *Underlag till den tredje nationella strategin för energieffektiviserande renovering*, Boverket, Karlskrona, Sweden, 246 sid. Hämtat från: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2019/underlag-till-den-tredje-nationella-strategin-for-energieffektiviserande-renovering.pdf>

Boverket. (2023). *Energideklarationens innehåll* <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>

Byggindustrin, (2020). *Återbrukade fönster i fokus på nytt NCC-projekt*. <https://www.byggindustrin.se/affarer-och-samhalle/hallbarhet/aterbrukade-fonster-i-fokus-pa-nytt-ncc-projekt/>

Chalmers tekniska högskola. (2022). *Byggnadsfysik och byggnadsakustik 7,5 hp. Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik*.

Energimyndigheten, (2022): *Energieffektiva fönster och dörrar*. <https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/minska-behovet-av-varme-och-varmvatten/fonster-dorrrar/>

Energimyndigheten. (2022) *Energiläget 2022*. Hämtat från:

<https://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/?currentTab=1>

Europakommissionen. (2023) *Energyperformance of buildings directive 2023* hämtat 2023-05-17 från: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en)

Europeiska unionens råd. (2021). *55%- paketet: Rådet enas om strängare regler för byggnaders energiprestanda.*  
<https://www.consilium.europa.eu/sv/press/press-releases/2022/10/25/fit-for-55-council-agrees-on-stricter-rules-for-energy-performance-of-buildings/>

Europeiska unionens råd. (2022). *Infografik - 55%- paketet: grönare byggnader i EU*  
<https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>

Europeiska unionens råd. (2022). *55% - paketet.*  
<https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

Familjebostäder, (2023a). *Företagsplan 2022-2027.*

Familjebostäder, (2023b). *Företagsplan 2023.*

Familjebostäder. (2022). *Gärdsås - från fornlämning till rymdgata som fyllt 50*  
<https://www.familjebostader.se/nyhet/gardsas-fran-fornlamning-till-rymdgata-som-fyllt-50/>

Gerdin, C. & Hammarberg, L. (2010) *Varför genomförs inte lönsamma energieffektiva investeringar?*. Examensarbete i Technology Management - Nr 202/2010.  
Lunds Tekniska Högskola  
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=2168032&fileOId=2435932>

Göteborg Energi, (2023). *Fjärrvärmepreiser.* Hämtat från:  
<https://www.goteborgenergi.se/foretag/fjarrvarme/fjarrvarmepreiser>

Janson, U., Berggren, B., Sundqvist, H. (2008). *Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus.* Lund/Malmö: Skanska Teknik och Avdelning för Energi och ByggnadsDesign, (Rapport nummer EBD-R—08/22).

SMHI.(2015): *SMHI temperatur.* Hämtat från SMHI:  
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur>

Swedisol. (2016): *Utvärdering av mineralulls livslängd och prestanda.* Hämtat från:

<https://swedisol.se/relaterat/utvardering-av-mineralulls-livslangd-och-prestanda>

Petersson, B. (2013). *Tillämpad byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.

Warfwinge, C. (2008). *Mycket energi att spara i miljonprogrammet*. VVS-Forum Värme och Energi. April 2008.

Warfwinge, C., & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur.

## Bilagor:

### Beräkningen av byggnadens värmeenergibehov

För beräkningen av byggnadens värmeenergibehov används stationärt tillstånd. Vid beräkningarna av U-värdet för konstruktionens byggnadsdelar har värden för värmekonduktivitet,  $\lambda$  (W/mK), hämtats från Petersson 2013. U-värden har beräknats enligt  $\lambda$ -värdesmetoden med följande ekvationer:

$$R=d\lambda$$

$$U = 1/(R_{si} + R_{se} + \sum R_n) \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$d=\text{bredden på olika skikt, } n=\text{antal skikt och } R_{si}+R_{se}=0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

U-värdena är adderat för respektive åtgärdsförslag med 20%, 10% och 5% för att reducera förluster via köldbryggor.

För äldre fönster och dörrar är antaget värden  $U=2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  och för förbättrat fönster med ny eller tilläggsruta med isolerglas är antaget värden  $U=1,2-1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . För nya fönster och dörrar är antaget värden  $U=0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Specifika värmeförlustfaktor på grund av transmission har beräknats med ekvation:

$$Q_t = U \cdot A \text{ [W/K]}$$

$$A=\text{byggnadsdelars invändiga area [m}^2\text{]}$$

Ventilations specifika värmeförlustfaktor,  $Q_v$  har beräknats med ekvationen:

$$Q_v = \rho \cdot c_p \cdot n \cdot V/3600 \text{ [W/K]}$$

$$\rho=\text{luftens densitet, } 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p=\text{luftens specifika värmekapacitet, } 1000 \text{ J/kgK}$$

$$n=0,5 \text{ oms/h}$$

$$V=\text{volym(m}^3\text{)}$$

För beräkning av byggnaden effektbehov används formel:

$$P_w=P_t+P_v + P_{ov} - (P_i + P_s) \text{ [kW]}$$

Där:

$P_t$  är värmeeffektbehovet på grund av transmission är beräknats med formel:

$$P_t = Q_t \cdot \Delta T \text{ [kW]}$$

$\Delta T$  är temperaturskillnaden mellan ute och inne. Temperaturen ute är utifrån ortens månadsmedeltemperatur.

$P_v$  är värmeeffektbehovet på grund av ventilation är beräknats med formel:

$$P_v = Q_v \cdot \Delta T \text{ [kW]}$$

$\Delta T$  är temperaturskillnaden mellan ute och inne. Temperaturen ute är utifrån ortens månadsmedeltemperatur.

$P_{ov}$  är värmeeffektbehovet på grund av luftläckaget är antagit till 20–50% av ventilationsförlusterna

$P_i$  är värmestillskott som tillförs från internvärme är beräknats med antagande att 20% av uppvärmningen för tappvarmvatten och 70–80% av hushållsel omvandlas till värme som tillgodogörs bostaden som värmestillskott:

$$P_i = P_{person} + 0,8 \cdot P_{hushåll} + 0,2 \cdot P_{hw} = [kW]$$

$P_s$  är värmestillskott som tillförs från solinstrålning beräknats med formel:

$$P_s = 0,65 \cdot g \cdot I_{sol} \cdot A_{fönster} [kW]$$

$I_{sol}$  = Globalstrålning från SMHI, avser i detta fall månadsmedelvärde

$g_{fönster}$  = "gain" värdet för fönster, avser den del av strålning som transmittteras

$A_{fönster}$  = area av fönsteryta

För slutberäkning av byggnaden årliga värmeenergibehov används formel:

$$E_{värmeenergi\ behov} = P_w \cdot 8760 [kWh/år]$$

8760 är antalet timmar per år

# Ursprungskonstruktion

Indata	Ålemp	Omkretshus	Höjd totalt	Höjd per våning	Antal våningar	
Detaljerad beskrivning	14816	749	23	2,35-2,5	7	
				Mineralull	Trä	Gips
				1,7	0,037	0,14
				Lambda		0,25

Area (m <sup>2</sup> )	Yttrevägg	Tak	Golv	Fönster	Dörr	Totalt
U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	5334	2117	2117	1848	24	11439
	0,4	0,1	0,8	2,7	2,7	
						Omkrets sulenträngplan
						388
						197
						493
						Omkrets källare
						184
						432

Specifika värmeöverfaktorn, Q(W/K)	Qvägg	Qtak	Qgolv	Qfönster	Qdörr	Qdörr-Qgolv	Qventilation
	2187	195	1524	4590	64,80	8923	8173

Normal temperatur, Göteborg (°C)	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Ar
Marktemperatur Göteborg (°C)	0,8	0,7	3,0	8,9	7,7	12,4	15,7	18,3	17,7	14,0	9,0	5,1	2,1
	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9

Transmissionförluster vägg och tak (kW)	189	190	170	128	86	56	33	178	71	116	151	178	117
Transmissionförluster mark (kW)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Transmissionförluster total, Pt (kW)	209	210	190	148	106	76	53	198	91	136	171	198	137
Ventilationsförluster P <sub>v</sub> (kW)	131	131	117	88	59	39	23	123	27	49	80	104	81
Luftfuktage, P <sub>ov</sub> (kW)	65	66	59	44	30	19	11	13	25	40	52	61	41

Energiförluster transmission (kWh)	152872	153323	138341	107725	77109	55612	38675	42584	66686	99256	124661	144204	1200849
Energiförluster ventilation (kWh)	95539	95989	85624	64443	43263	28391	16674	19378	36052	58585	78160	89680	709779
Energiförluster löbaga (kWh)	47769	47995	42812	32222	21631	14196	8337	9689	18026	29292	38080	44840	354890

Värmvattenförbrukning (kWh)	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	576460
Hushållsel (kWh)	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	709799
Fastighetsel (kWh)	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	1400000

Normal, Globalstrålning Göteborg (kWh/m <sup>2</sup> )	12	27	70	114	160	167	163	127	86	40	14	7	82
Solkensnimmel (h)	48,5	68,4	144	200	252	242	246	205	150	94,8	44,0	32,3	1725
Solvärmeeffekt (kW)	148,5	233	289	343	381	414	399	372	343	252	190	130	3493
Globalstrålning Göteborgh (kWh/m <sup>2</sup> )	0,02	0,04	0,09	0,16	0,22	0,23	0,22	0,17	0,12	0,05	0,02	0,01	1,34
Solstrålning per limne P <sub>s</sub> (kW)	9	24	56	48	129	139	132	103	71	16	12	6	743
G-värde fönster	50%												
Korrigeringsfaktor för solstrålning	0,65												
Solstrålning (kWh)	432	1620	8101	9487	32536	33563	32317	21027	10691	1523	510	183	358933
Internvärme (kWh)	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	670892

Uppvärmningsenergiebehov	1235692 kWh	83 kWh/m <sup>2</sup>
Tappvarmvatten (Energiebehov)	576460 kWh	39 kWh/m <sup>2</sup>
Fastighetsel	1400000 kWh	9 kWh/m <sup>2</sup>
Specifik energianvändning	1952152 kWh	132 kWh/m <sup>2</sup>
Primärenergital	1520506 kWh	103 kWh/m <sup>2</sup>

## Energiklass C Konstruktion

Indata	Ålemp	Omkretslinus	Höjd totalt	Höjd per våning	Antal våningar
Detaljerad beskrivning	14816	749	23	2,35-2,5	7

Area (m <sup>2</sup> )	Yttervägg	Tak	Golv	Fönster	Dörr	Totalt
5334	5334	2117	2117	1848	24	11439
Utvärde (W/m <sup>2</sup> K)	0,3	0,1	0,5	1,6	1,6	1,6

Specifika värmeförlustfaktorn Q(W/K)	Ovägg	Ötak	Ogolv	Ofönster	Ödörr	Ötad-Ogolv	Oventilation
	1334	195	1219	2957	38,40	5428	6173

Normal temperatur, Göteborg (°C)	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	År
Marktemperatur Göteborg (°C)	0,8	0,7	3,0	7,7	8,9	8,9	15,7	18,3	17,7	14,0	9,0	5,1	2,1
	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9

Transmissionförluster vägg och tak (kW)	115	116	103	78	52	34	20	23	43	71	92	108	71
Transmissionförluster mark (kW)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Transmissionförluster total, Pt (kW)	131	132	119	94	68	50	36	39	59	87	108	124	87
Ventilationsförluster, Pv (kW)	131	131	117	88	59	23	23	27	49	80	104	123	81
Luftläckage, Pov (kW)	26	26	23	18	12	8	5	5	10	16	21	25	16

Energiförluster transmission (kWh)	95665	96062	86948	68324	49699	36623	26320	28698	43359	63172	78626	90514	764010
Energiförluster ventilation (kWh)	95539	95989	85624	64443	43263	28391	16874	19378	36052	58585	76160	89680	709779
Energiförluster läckage (kWh)	19108	19198	17125	12889	8653	5678	3335	3876	7210	11717	15232	17536	141956

Värmeförbrukning (kWh)	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	576460
Hushållset (kWh)	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	709795
Fastighetsel (kWh)	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	140000

Normal, Globalstrålning Göteborg (kWh/m <sup>2</sup> )	12	27	70	114	160	167	163	127	86	40	14	7	82
Solskenstimm (h)	46,5	68,4	144	200	252	242	246	205	150	94,8	44,0	32,3	1725
Solvärmeeffekt (kW)	148,5	233	289	343	381	414	399	372	343	252	190	130	3493
Globalstrålning Göteborgh (kWh/m <sup>2</sup> )	0,02	0,04	0,09	0,16	0,22	0,23	0,22	0,17	0,12	0,05	0,02	0,01	1,34
Solstrålning per timme, Ps (kW)	9	24	56	48	129	139	132	183	71	16	12	6	743
G-värde fönster	50%												
Korrigeringsfaktor för solinstrålning	0,85												
Solinstrålning (kWh)	432	1620	8101	9487	32536	33583	32317	21027	10691	1523	510	183	368933
Infernvärme (kWh)	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	670892

Uppvärmningsenergiebehov	585919	kWh	40	kWh/m <sup>2</sup>
Tappvarmvatten (Energiebehov)	576460	kWh	39	kWh/m <sup>2</sup>
Fastighetsel	140000	kWh	9	kWh/m <sup>2</sup>
Specifik energianvändning	1302379	kWh	88	kWh/m <sup>2</sup>
Primärenergital	1065666	kWh	72	kWh/m <sup>2</sup>

## Energiklass B Konstruktion

Indata	Atemp	Omkretshus	Höjd totalt	Höjd per våning	Antal våningar
Detaljerad beskrivning	14816	749	23	2,35-2,5	7

Area (m <sup>2</sup> )	Ytervägg	Tak	Golv	Fönster	Dörr	Totalt
U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	5334	2117	2117	1848	24	11439
	0.2	0.1	0.3	1.2	1.2	

Specifika värmeförlustfaktorer, Q(W/K)	Qvägg	Qtak	Qgolv	Qfönster	Qdörr	Qtot-Ogolv	Qventilation
	960	195	864	2218	28,80	4082	6173

	Jan	Feb	Mar	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Ar
Normal temperatur, Göteborg (°C)	0.8	0.7	0.7	3.0	7.7	12.4	15.7	18.3	17.7	14.0	9.0	5.1	2.1
Marktemperatur Göteborg (°C)	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9

Transmissionförluster vägg och tak (kW)	87	87	87	78	58	39	26	15	18	33	53	69	81
Transmissionförluster mark (kW)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Transmissionförluster total Pt (kW)	96	96	96	89	70	50	37	26	29	44	64	80	93
Ventilationsförluster Pv (kW)	131	131	131	117	88	59	39	23	27	49	80	104	123
Luftläckage Pov (kW)	26	26	26	23	18	12	8	5	5	10	16	21	25

Energiförluster transmission (kWh)	71424	71722	64869	50866	36862	27029	19283	19283	21070	32094	46992	58612	67551
Energiförluster ventilation (kWh)	95539	95989	85624	64443	43283	28391	16674	16674	19378	36052	58585	78160	89680
Energiförluster läckage (kWh)	19108	19198	17125	12889	8653	5678	3335	3335	3876	7210	11717	15232	17936

Värmvattnetförbrukning (kWh)	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038
Hushållsel (kWh)	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867
Fastighetsel (kWh)	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687	11687

Normal, Globalstrålning Göteborg (kWh/m <sup>2</sup> )	12	27	70	114	160	167	163	127	86	40	14	7	82
Solskensstimm (h)	46.5	68.4	144	200	252	242	246	205	150	94.8	44.0	32.3	1725
Solvärmeeffekt (kW)	148.5	233	289	343	381	414	399	372	343	252	190	130	3493
Globalstrålning Göteborgh (kWh/m <sup>2</sup> )	0.02	0.04	0.09	0.16	0.22	0.23	0.22	0.17	0.12	0.05	0.02	0.01	1.34
Solstrålning per limme/Ps (kW)	9	24	56	48	129	139	132	103	71	16	12	6	743
G-värde fönster	50%												
Korrigeringsfaktor för solstrålning	0.65												
Solstrålning (kWh)	432	1620	8101	9487	32536	33583	32317	21027	10691	1523	510	183	358933
Interntvärme (kWh)	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908

Uppvärmningsenergiebehov	390284 kWh	26 kWh/m <sup>2</sup>
Tappvarmvatten (Energiebehov)	576460 kWh	39 kWh/m <sup>2</sup>
Fastighetsel	140000 kWh	9 kWh/m <sup>2</sup>
Specifik energianvändning	1106744 kWh	75 kWh/m <sup>2</sup>
Primärenergital	928721 kWh	63 kWh/m <sup>2</sup>

# Energiklass A Konstruktion

Indata	Altemp	Omkretshöjd	Höjd totalt	Höjd per våning	Antal våningar
Debjämfad beskrivning	14816	749	23	2,35-2,5	7

Area (m <sup>2</sup> )	Yttervägg	Tak	Golv	Fönster	Dörr	Totalt
U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	5334	2117	2117	1848	24	11439
	0,2	0,1	0,3	0,9	0,9	

Specifika värmeförlustfaktorn, Q(W/K)	Ovägg	Qtak	Ogolv	Oöfönster	Odörr	Qtot-Ogolv	Qventilation
	800	195	635	1663	21,60	3216	6173

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Ok	Nov	Dec	Ar
Normal temperatur, Göteborg (°C)	0,8	0,7	3,0	7,7	12,4	15,7	18,3	17,7	14,0	9,0	5,1	2,1	8,9
Marktemperatur Göteborg (°C)	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9

Transmissionsförluster vägg och tak (kW)	68	68	61	46	31	20	12	14	26	42	54	64	42
Transmissionsförluster mark (kW)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Transmissionsförluster total, Pt (kW)	76	77	69	54	39	29	20	22	34	50	63	72	51
Ventilationsförluster, Pv (kW)	131	131	117	88	59	39	23	27	49	80	104	123	81
Luftläckage, Pov (kW)	26	26	23	18	12	8	5	5	10	16	21	25	16

Energiförluster transmission (kWh)	55837	56072	50673	39640	28607	20861	14758	16166	24851	36588	45743	52785	442880
Energiförluster ventilation (kWh)	95539	95989	85624	64443	43263	28391	16674	19378	36052	58585	76160	89680	709779
Energiförluster läckage (kWh)	19108	19198	17125	12889	8653	5678	3335	3876	7210	11717	15232	17936	141956

Varmvattenförbrukning (kWh)	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	48038	576480
Hushållsel (kWh)	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	30867	709787
Fastighetisel (kWh)	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	11667	140000

Normal, Globalstrålning Göteborg (kWh/m <sup>2</sup> )	12	27	70	114	160	167	163	127	86	40	14	7	82
Solskenstimm (h)	46,5	68,4	144	200	252	242	246	205	150	94,8	44,0	32,3	1725
Solvärmeeffekt (kW)	148,5	233	289	343	381	414	399	372	252	190	130	130	3493
Globalstrålning Göteborg (kWh/m <sup>2</sup> )	0,02	0,04	0,09	0,16	0,22	0,23	0,22	0,17	0,12	0,05	0,02	0,01	1,34
Solstrålning per limme, Ps (kW)	9	24	56	48	129	139	132	103	71	16	12	6	743
G-värde fönster	50%												
Korrigeringsfaktor för solstrålning	0,85												
Solstrålning (kWh)	432	1620	8101	9487	32536	33583	32317	21027	10691	1523	510	183	304203
Interiörvärme (kWh)	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	55908	670892
Värmeåtervinning FTX 80%													148654

Uppvärmningsenergiebehov	170665 kWh
Tappvarmvatten (Energiebehov)	576480 kWh
Fastighetisel	140000 kWh
Specifik energianvändning	887125 kWh
Primärenergital	774988 kWh

Mat. egenkapitel Betong	Mineralull	Trä	Gips
Lambda	1,7	0,037	0,14
			0,25

Omkrets våning 0-5	Omkrets suterängplan	Omkrets kallare
388	197	184
6257	493	432

# BIM-modellering Ursprungskonstruktion



Projekt: Siriusgatan 78-88  
Projektbeskrivning:  
Område Gärdsås, Familjebostäder  
Klimatdata - 1991-2020/Göteborg 1991-2020  
Utfört av: axelbergsten94@gmail.com



	Specifik energianvändning
	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
Specifik energianvändning	115.9
Uppvärmning	66.7
Värmeförsörjning (rumsluft)	66.7
Tappvarmvatten	39.0
Värmeförsörjning (TVV)	39.0
Fastighetsenergi	10.2
Fläktar	0.8

Specifik energianvändning	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
	115.9
Övrig fastighetsel	9.4

		Konstruktion					
Namn		Material lager (från utsida till insida)	Lagertjocklek (m)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	Delta U (W/m <sup>2</sup> K)	Luftläckage q50 (l/s,m <sup>2</sup> )	Solabsorption (%)
Måttligt isolerad tung byggnad, platta på mark		Dräneringsski...	0.15	0.50	0.1	0.5	0
		Betong norm...	0.25				
		Mineralull 37	0.05				
		Betong norm...	0.2				
Måttligt isolerad tung byggnad, mellanbjälklag		Betong norm...	0.16	3.79	0	0.5	0
Ursprungsvägg Siriusgatan 100mm isolering		Betong norm...	0.08	0.33	0.08	0.5	50
		Mineralull 37	0.1				
		Betong norm...	0.15				
Måttligt isolerad tung byggnad, tak		Yttertak	0.02	0.08	0	0.5	50
		Trä gran	0.028				
		500 mm...	0.5				
		Trä gran	0.028				
Måttligt isolerad tung byggnad, innervägg		KC-bruk	0.02	0.83	0	0.5	0
		Lättbetong 500	0.12				
		KC-bruk	0.02				

		Fönster och dörrar				
Namn	Lager	Glasandel (%)	Soltransmittans totalt (%)	Soltransmittans direkt (%)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	Luftläckage q50 (l/s,m <sup>2</sup> )
Dåligt isolerad tung byggnad, 2-glas fönster		70	76	60.8	2.7	0.5

		Köldbryggor		
Köldbryggor		Psi-värde (W/m.K)	Antal	Längd (m)
Yttervägg / Yttervägg		0.10	28	73.8
Yttervägg / Platta på mark		0.16	4	324.0
Fönster och dörrar		0.04	1148	6138.0
Yttervägg / Mellanbjälklag		0.10	24	1944.0
Yttervägg / Tak		0.09	4	324.0

		Användning
--	--	------------

Namn: Siriusgatan 78-88, Justerad Uppvärmning

#### Börvärde uppvärmning

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
21.00 °C

Övrig tid  
0 °C

#### Börvärde kylning

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
40.00 °C

#### Tappvarmvatten

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
39.00 kWh/m<sup>2</sup>/år

#### Personvärme

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
17.50 kWh/m<sup>2</sup>/år

#### Fastighetsenergi internt

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
9.45 kWh/m<sup>2</sup>/år

#### Fastighetsenergi externt

#### Verksamhetsenergi internt

#### Verksamhetsenergi externt

#### Fuktproduktion till rumsluft

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
1.00 mg/s, m<sup>2</sup>

#### Ventilation

#### Frånluft

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m <sup>2</sup>	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.35 l/s, m <sup>2</sup>

#### Värmeväxlare

Verkningsgrad	80 %	80 %
Utetemperatur	-10 °C	26 °C
Återvinning vid värmebehov i rum	✓	

#### Fläktinställningar

##### Tilluftsfläkt

Fläkttryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %

##### Frånluftsfläkt

Fläkttryck:	150 Pa
Verkningsgrad:	60 %

## Vädning

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2
Övrig tid 0 l/s, m2	Övrig tid 0 l/s, m2

### Fläktinställningar

Tilluftsfäkt	
Fläkttryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %

Frånluftsfäkt	
Fläkttryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %

Ansluten till vattenburen värme ✓

## Uppvärmning

Värmesystem: Vattenburen värme  
 El till cirkulationsfläktar och pumpar: 0 W + 0 % av rumsuppvärmning

## RESULTAT

### Energi balans per månad

Resultatpost	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Totalt
<b>Avgiven energi (kWh)</b>													
Transmission	119254	113913	108982	84269	61482	52494	54758	50263	43880	71112	91712	108937	961 056
Luftläckage	2913	2524	726	86	779	476	129	0	674	319	340	478	9 444
Ventilation	121787	114637	113955	92865	75047	68073	69729	66654	61524	85020	100338	114382	1 084 011
Spilvatten	49075	44326	49075	47492	49075	47492	49075	49075	47492	49075	47492	49075	577 819
<b>Tillförd energi (kWh)</b>													
Solenergi genom fönster	2560	5514	21886	34148	56922	62505	64747	46136	23609	9066	2777	1549	331 410
Värmeförsörjning	227730	213802	189543	129636	72482	48256	49075	49075	67151	133773	176319	208777	1 565 619
Elförsörjning totalt	965	871	965	933	965	933	965	965	933	965	933	965	11 358
Latent energi	27558	24891	27558	26669	27558	26669	27558	27558	26669	27558	26669	27558	324 473
Personvärme	22021	19890	22021	21311	22021	21311	22021	22021	21311	22021	21311	22021	250 281
Processenergi rum	11891	10741	11891	11508	11891	11508	11891	11891	11508	11891	11508	11891	140 010



Flerbostadshus med stora lägenheter  
14816.00m<sup>2</sup>

Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning	BBR 29		EP per
		Fgeo	VF	
% av BBR				123.1
U-medelvärde (W/(m <sup>2</sup> K))				0.77
Tillåtet värde				0.4

# BIM-modellering Energiklass C








Projekt: Siriusgatan 78-88  
Projektbeskrivning:  
Område Gårdsås, Familjebostäder  
Klimatdata: 1991-2020/Göteborg 1991-2020  
Utfört av: axelbergsten94@gmail.com



## Specifik energianvändning

	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
Specifik energianvändning	97.3
Uppvärmning	48.0
Värmeförserjning (rumsluft)	48.0
Tappvarmvatten	39.0
Värmeförserjning (TVV)	39.0
Fastighetsenergi	10.2
Fläktar	0.8

Specifik energianvändning	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
	97.3
Övrig fastighetsel	9.4

		Konstruktion					
Namn		Material lager (från utsida till insida)	Lagertjocklek (m)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	Delta U (W/m <sup>2</sup> K)	Luftläckage q50 (l/s,m <sup>2</sup> )	Solabsorption (%)
Platta på Mark, 20+50 mm Isolering		Dräneringsski...	0.15				
		Betong norm...	0.25				
		Mineralull 37	0.05	0.40	0.08	0.5	0
		Betong norm...	0.2				
		Mineralull 37	0.02				
Superisolerad tung byggnad, mellanbjälklag		Betong norm...	0.16	3.79	0	0.5	0
50+100 mm isolering Tungbyggnad		Mineralull 37	0.05				
		Betong norm...	0.08	0.23	0.02	0.5	50
		Mineralull 37	0.1				
		Betong norm...	0.15				
Högisolerad tung byggnad, tak		Yttertak	0.02				
		Trä gran	0.028	0.16	0	0.5	50
		245 mm...	0.245				
		Trä gran	0.028				
Högisolerad tung byggnad, innervägg		Betong norm...	0.07	4.74	0	0.5	0

		Fönster och dörrar				
Namn	Lager	Glasandel (%)	Soltransmittans totalt (%)	Soltransmittans direkt (%)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	Luftläckage q50 (l/s,m <sup>2</sup> )
Återvunnet 2-glas, 1.6 W/m <sup>2</sup> K		70	76	60.8	1.6	0.5

		Köldbryggor			
Köldbryggor		Psi-värde (W/m,K)	Antal	Längd (m)	
Yttervägg / Yttervägg		0.05	28	73.8	
Yttervägg / Platta på mark		0.12	4	324.0	
Fönster och dörrar		0.02	1148	6138.0	
Yttervägg / Mellanbjälklag		0.05	24	1944.0	
Yttervägg / Tak		0.07	4	324.0	

#### Användning

Namn: Siriusgatan 78-88, Justerad Uppvärmning

#### Börvärde uppvärmning

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
21.00 °C

Övrig tid  
0 °C

#### Börvärde kylning

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
40.00 °C

#### Tappvarmvatten

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
39.00 kWh/m<sup>2</sup>/år

#### Personvärme

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
17.50 kWh/m<sup>2</sup>/år

#### Fastighetsenergi internt

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
9.45 kWh/m<sup>2</sup>/år

#### Fastighetsenergi externt

#### Verksamhetsenergi internt

#### Verksamhetsenergi externt

#### Fuktproduktion till rumsluft

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
1.00 mg/s, m<sup>2</sup>

#### Ventilation

Frånluft alternativ Siriusgatan 78-88

#### Tilluft

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
0.00 l/s, m<sup>2</sup>

#### Frånluft

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
0.35 l/s, m<sup>2</sup>

#### Fläktinställningar

##### Tilluftsfläkt

Fläktryck: 0 Pa

Verkningsgrad: 0 %

##### Frånluftsfläkt

Fläktryck: 150 Pa

Verkningsgrad: 60 %

## Vädning

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2
Övrig tid 0 l/s, m2	Övrig tid 0 l/s, m2

Fläktinställningar	
<b>Tilluftsfläkt</b>	
Fläktryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %
<b>Frånluftsfläkt</b>	
Fläktryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %

Ansluten till vattenburen värme	✓
---------------------------------	---

## Uppvärmning

Värmesystem: Vattenburen värme  
 El till cirkulationsfläktar och pumpar: 0 W + 0 % av rumsuppvärmning

## RESULTAT

### Energil balans per månad

Resultatpost	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Totalt
<b>Avgiven energi (kWh)</b>													
Transmission	76581	73183	70059	54535	42448	42191	44437	40832	30902	45428	58695	69851	649 142
Luftläckage	2914	2525	727	87	794	576	176	0	750	319	340	479	9 687
Ventilation	121787	114637	113985	93018	78053	77768	79941	76221	64535	85019	100338	114382	1 119 684
Spilvatten	49075	44326	49075	47492	49075	47492	49075	49075	47492	49075	47492	49075	577 819
<b>Tillförd energi (kWh)</b>													
Solenergi genom fönster	2560	5514	21886	34148	56922	62505	64747	46136	23609	9066	2777	1549	331 419
Värmeförsörjning	185130	173005	150825	99832	59421	47492	49075	49075	54595	108111	143385	169710	1 289 656
Elförsörjning totalt	965	871	965	933	965	933	965	965	933	965	933	965	11 358
Latent energi	27558	24891	27558	26669	27558	26669	27558	27558	26669	27558	26669	27558	324 473
Personvärme	22021	19890	22021	21311	22021	21311	22021	22021	21311	22021	21311	22021	259 281
Processenergi rum	11891	10741	11891	11508	11891	11508	11891	11891	11508	11891	11508	11891	140 010

#### Nyckeltal

A temp	14 816.00	m <sup>2</sup>
Omslutningsarea	10 391.04	m <sup>2</sup>
Luftläckage vid 50 Pa	16 560.22	l/s
Luftläckage vid 50 Pa	1.59	l/s,m <sup>2</sup>
Invändigt tryck medelvärde	-8.41	Pa
Toppeffekt el	17.28	kW
Toppeffekt värme	408.83	kW
U-medelvärde	0.50	W/m <sup>2</sup> K
Ventilation medelvärde	0.35	l/s,m <sup>2</sup>
Energianvändning	1 441 026.3	kWh/år
Specifik energianvändning	97.3	kWh/m <sup>2</sup> /år

#### Specifikation av energitillförsel

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Värmeförsörjning	1 289 658.59	87.04
Värmeförsörjning (rumsluft)	711 834.59	48.04
Värmeförsörjning (TVV)	577 824.00	39.00
Elförsörjning totalt	11 356.46	0.77
El frånluftsfläktar	11 356.46	0.77
Processenergi	140 011.20	9.45
Fastighetsenergi internt	140 011.20	9.45
Varmvattensystem	577 824.00	39.00

#### Jämförelse mot BBR

Flerbostadshus med stora lägenheter  
14816.00m<sup>2</sup>

Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning	BBR 29		
		Fgeo	VF	EP pet
Värmeförsörjning	48.0			33.6
Värmeförsörjning (rumsluft)	48.0		0.7	33.6
Tappvarmvatten	39.0			27.3
Värmeförsörjning (TVV)	39.0		0.7	27.3
Fastighetsel	10.2			18.4
Fläktar	0.8		1.8	1.4
Övrig fastighetsel	9.4		1.8	17.0
<b>Energi prestanda primärenergital</b>	<b>97.3</b>			<b>79.3</b>
BBR krav				75.0

Flerbostadshus med stora lägenheter  
14816.00m<sup>2</sup>

Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning	BBR 29		EP <sub>net</sub>
		Fgeo	VF	
% av BBR				105.8
U-medelvärde (W/(m <sup>2</sup> K))				0.50
Tillåtet värde				0.4

# BIM-modellering Energiklass B








Projekt: Siriusgatan 78-88  
Projektbeskrivning:  
Område Gårdsås, Familjebostäder  
Klimatdata: 1991-2020/Göteborg 1991-2020  
Utfört av: axelbergsten94@gmail.com



## Specifik energianvändning

	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>91.0</b>
Uppvärmning	41.8
Värmeförsörjning (rumsluft)	41.8
Tappvarmvatten	39.0
Värmeförsörjning (TVV)	39.0
Fastighetsenergi	10.2
Fläktar	0.8

Specifik energianvändning	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
Övrig fastighetsel	9.4

		Konstruktion					
Namn		Material lager (från utsida till insida)	Lagertjocklek (m)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	Delta U (W/m <sup>2</sup> K)	Luftläckage q50 (l/s,m <sup>2</sup> )	Solabsorption (%)
Platta på Mark, 50+50 mm Isolering		Dräneringski...	0.15	0.30	0.04	0.5	0
		Betong norm...	0.25				
		Mineralull 37	0.05				
		Betong norm...	0.2				
		Mineralull 37	0.05				
Måttligt isolerad tung byggnad, mellanbjälklag		Betong norm...	0.16	3.79	0	0.5	0
100+100mm isolering Tung byggnad		Mineralull 37	0.1	0.18	0	0.5	50
		Betong norm...	0.08				
		Mineralull 37	0.1				
		Betong norm...	0.15				
Måttligt isolerad tung byggnad, tak		Yttertak	0.02	0.08	0	0.5	50
		Trä gran	0.028				
		500 mm...	0.5				
		Trä gran	0.028				
Måttligt isolerad tung byggnad, innervägg		KC-bruk	0.02	0.83	0	0.5	0
		Lättbetong 500	0.12				
		KC-bruk	0.02				

		Fönster och dörrar				
Namn	Lager	Glasandel (%)	Soltransmittans totalt (%)	Soltransmittans direkt (%)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)	Luftläckage q50 (l/s,m <sup>2</sup> )
Argonfylld 3-gas fönster U=1,2		70	61	48.8	1.2	0.5

Köldbryggor			
Köldbryggor	Psi-värde (W/m,K)	Antal	Längd (m)
Yttervägg / Yttervägg	0.08	28	73.8
Yttervägg / Platta på mark	0.12	4	324.0
Fönster och dörrar	0.03	1148	6138.0
Yttervägg / Mellanbjälklag	0.08	24	1944.0
Yttervägg / Tak	0.08	4	324.0

Användning

Namn: Siriusgatan 78-88, Justerad Uppvärmning

**Börvärde uppvärmning**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
21.00 °C

Övrig tid  
0 °C

**Börvärde kylning**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
40.00 °C

**Tapparmvatten**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
39.00 kWh/m<sup>2</sup>/år

**Personvärme**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
17.50 kWh/m<sup>2</sup>/år

**Fastighetsenergi internt**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
9.45 kWh/m<sup>2</sup>/år

**Fastighetsenergi externt**

**Verksamhetsenergi internt**

**Verksamhetsenergi externt**

**Fuktproduktion till rumsluft**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
1.00 mg/s, m<sup>2</sup>

Ventilation

Vädring B

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m <sup>2</sup>	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m <sup>2</sup>
Övrig tid 0 l/s, m <sup>2</sup>	Övrig tid 0 l/s, m <sup>2</sup>

Fläktinställningar

Tilluftsfläkt

Fläktryck: 0 Pa

Verkningsgrad: 0 %

Frånluftsfläkt

Fläktryck: 0 Pa

Verkningsgrad: 0 %

Ansluten till vattenburen värme



## Frånluft B

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.35 l/s, m2
Fläktinställningar	
Tilluftsfäkt	
Fläktryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %
Frånluftsfäkt	
Fläktryck:	150 Pa
Verkningsgrad:	60 %

## Uppvärmning

Värmsystem: Vattenburen värme  
El till cirkulationsfläktar och pumpar: 0 W + 0 % av rumsuppvärmning

## RESULTAT

## Energi balans per månad

Resultatpost	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Totalt
<b>Avgiven energi (kWh)</b>													
Transmission	58514	55997	53835	42117	32320	31933	33283	31535	24162	34689	44774	53318	<b>496 477</b>
Luftförlust	2915	2525	727	87	790	578	163	0	761	319	340	479	<b>9 684</b>
Ventilation	121787	114637	113977	92975	76766	76127	77697	75865	65042	85020	100338	114382	<b>1 114 613</b>
Spillvatten	49075	44326	49075	47492	49075	47492	49075	49075	47492	49075	47492	49075	<b>577 810</b>
<b>Tillförd energi (kWh)</b>													
Solenergi genom fönster	2054	4426	17567	27408	45687	50168	51968	37030	18949	7276	2229	1244	<b>266 006</b>
Värmeförsörjning	167620	156848	138650	94249	58628	47492	49075	49075	52935	99209	130080	153497	<b>1 197 358</b>
Elförsörjning totalt	965	871	965	933	965	933	965	965	933	965	933	965	<b>11 358</b>
Latent energi	27558	24891	27558	26669	27558	26669	27558	27558	26669	27558	26669	27558	<b>324 473</b>
Personvärme	22021	19890	22021	21311	22021	21311	22021	22021	21311	22021	21311	22021	<b>259 281</b>
Processenergi rum	11891	10741	11891	11508	11891	11508	11891	11891	11508	11891	11508	11891	<b>140 010</b>

## Nyckeltal

A temp	14 816.00	m <sup>2</sup>
Omslutningsarea	10 391.04	m <sup>2</sup>

Luftläckage vid 50 Pa	16 560.22	l/s
Luftläckage vid 50 Pa	1.59	l/s,m <sup>2</sup>
Invändigt tryck medelvärde	-8.42	Pa
Toppeffekt el	17.28	kW
Toppeffekt värme	370.61	kW
U-medelvärde	0.38	W/m <sup>2</sup> K
Ventilation medelvärde	0.35	l/s,m <sup>2</sup>
Energianvändning	1 348 727.8	kWh/år
Specifik energianvändning	91.0	kWh/m <sup>2</sup> /år

#### Specifikation av energitillförsel

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Värmeförsörjning	1 197 360.16	80.82
Värmeförsörjning (rumsluft)	619 536.16	41.82
Värmeförsörjning (TVV)	577 824.00	39.00
Elförsörjning totalt	11 356.46	0.77
El frånluftsfläktar	11 356.46	0.77
Processenergi	140 011.20	9.45
Fastighetsenergi internt	140 011.20	9.45
Varmvattensystem	577 824.00	39.00

#### Jämförelse mot BBR

Flerbostadshus med stora lägenheter  
14816 ödm<sup>2</sup>

Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning	BBR '20		
		Fgeo	VF	EP pet
Värmeförsörjning	41.8			29.3
Värmeförsörjning (rumsluft)	41.8		0.7	29.3
Tappvarmvatten	39.0			27.3
Värmeförsörjning (TVV)	39.0		0.7	27.3
Fastighetsel	10.2			18.4
Fläktar	0.8		1.8	1.4
Övrig fastighetsel	9.4		1.8	17.0
<b>Energiprestanda primärenergital</b>	<b>91.0</b>			<b>75.0</b>
BBR krav				75.0
% av BBR				99.9
<b>U-medelvärde (W/(m<sup>2</sup>K))</b>				<b>0.38</b>
Tillåtet värde				0.4

# BIM-modellering Energiklass A



Projekt: Siriusgatan 78-88  
Projektbeskrivning:

Område Gårdsås, Familjebostäder

Klimatdata: 1991-2020/Göteborg 1991-2020  
Införare: axelbergsten94@gmail.com








Familjebostäder

## Specifik energianvändning

	kWh/m <sup>2</sup> Atemp
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>61.5</b>
<b>Uppvärmning</b>	<b>11.8</b>
Värmeförsörjning (rumsluft)	11.8
<b>Tappvarmvatten</b>	<b>39.0</b>
Värmeförsörjning (TVV)	39.0
<b>Fastighetsenergi</b>	<b>10.7</b>
Fläktar	1.2

Specifik energianvändning	kWh/m² Atemp
Övrig fastighetsdel	61.5
	9.4

		Konstruktion					
Namn		Material lager (från utsida till insida)	Lager tjocklek (m)	U-värde (W/m²K)	Delta U (W/m²K)	Luftläckage q50 (l/s.m²)	Solabsorption (%)
Platta på Mark, 50+50mm + 20mm golvbeläggningsisolering		Dräneringsski...	0.15	0.23	0.02	0.5	0
		Betong norm...	0.25				
		Mineralull 37	0.05				
		Betong norm...	0.2				
		Mineralull 37	0.05				
		Cellplast 21	0.02				
Superisolerad tung byggnad, mellanbjälklag		Betong norm...	0.16	3.79	0	0.5	0
50+100+100mm Isolering Tung byggnad		Mineralull 37	0.05	0.14	0.01	0.5	50
		Mineralull 37	0.1				
		Betong norm...	0.08				
		Mineralull 37	0.1				
		Betong norm...	0.15				
Måttligt isolerad tung byggnad, tak		Yttertak	0.02	0.08	0	0.5	50
		Trä gran	0.028				
		500 mm...	0.5				
		Trä gran	0.028				
Superisolerad tung byggnad, innervägg		Betong norm...	0.07	4.74	0	0.5	0

		Fönster och dörrar				
Namn	Lager	Glasandel (%)	Soltransmittans totalt (%)	Soltransmittans direkt (%)	U-värde (W/m²K)	Luftläckage q50 (l/s.m²)
Argonfylld 3-glas fönster, U-värde 0,9		70	61	48.8	0.9	0.5

		Köldbryggor		
Köldbryggor		Psi-värde (W/mK)	Antal	Längd (m)
Yttervägg / Yttervägg		0.08	28	73.8
Yttervägg / Platta på mark		0.10	4	324.0
Fönster och dörrar		0.10	1120	6074.0
Yttervägg / Mellanbjälklag		0.05	24	1944.0
Yttervägg / Tak		0.05	4	324.0

Namn: Siriusgatan 78-88, Justerad Uppvärmning

Fastighetsenergi intem

v. 1-53

Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag

**Börvärde uppvärmning**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
21.00 °C

Övrig tid  
0 °C

**Börvärde kylning**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
40.00 °C

**Tappvarmvatten**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
39.00 kWh/m<sup>2</sup>/år

**Personvärme**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
17.50 kWh/m<sup>2</sup>/år

**Fastighetsenergi internt**

kl. 00:00-24:00  
9.45 kWh/m<sup>2</sup>/år

**Fastighetsenergi externt****Verksamhetsenergi internt****Verksamhetsenergi externt****Fuktproduktion till rumsluft**

v. 1-53  
Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag  
kl. 00:00-24:00  
1.00 mg/s, m<sup>2</sup>

**Ventilation****FTX Siriusgatan 80%**

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.28 l/s, m <sup>2</sup>	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.28 l/s, m <sup>2</sup>
Övrig tid 0 l/s, m <sup>2</sup>	Övrig tid 0 l/s, m <sup>2</sup>
<b>Värmeväxlare</b>	
Verkningsgrad	70 %      80 %
Utetemperatur	-10 °C      24 °C
Återvinning vid värmebehov i rum	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Fläktinställningar</b>	
<b>Tilluftsfäkt</b>	
Fläkttryck:	150 Pa
Verkningsgrad:	60 %
<b>Frånluftsfäkt</b>	
Fläkttryck:	155 Pa
Verkningsgrad:	60 %

### Vädning A

Tilluft	Frånluft
v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2	v. 1-53 Måndag, Tisdag, Onsdag, torsdag, Fredag, Lördag, Söndag kl. 00:00-24:00 0.00 l/s, m2
Övrig tid 0 l/s, m2	Övrig tid 0 l/s, m2

Fläktinställningar	
Tilluftsfläkt	
Fläktryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %
Frånluftsfläkt	
Fläktryck:	0 Pa
Verkningsgrad:	0 %

Ansluten till vattenburen värme	✓
---------------------------------	---

### Uppvärmning

Värmesystem: Vattenburen värme  
 EI till cirkulationsfläktar och pumpar: 0 W + 0 % av rumsuppvärmning

### RESULTAT

#### Energil balans per månad

Resultatpost	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Totalt
<b>Avgiven energi (kWh)</b>													
Transmission	52927	50609	48589	37989	30583	33556	34861	33257	24515	31435	40569	48269	467 159
Luftläckage	7971	6732	6184	4426	4507	4059	4101	3133	3816	4165	5464	6243	60 801
Ventilation	101438	95433	95186	78468	67723	71428	72897	71506	59667	72092	84043	95401	965 282
Spillvatten	49075	44326	49075	47492	49075	47492	49075	49075	47492	49075	47492	49075	577 819
<b>Tillförd energi (kWh)</b>													
Återvinning ventilation	54704	51935	48639	26854	3498	0	0	0	900	30371	42995	50467	310 363
Solenergi genom fönster	2054	4426	17567	27408	45687	50168	51968	37030	18949	7276	2229	1244	266 006
Värmeåtervinning	91442	83977	71014	52422	49202	47492	49075	49075	47492	55861	71133	84167	752 352
Effåtervinning totalt	1569	1417	1569	1518	1569	1518	1569	1569	1518	1569	1518	1569	18 472
Latent energi	27558	24891	27558	26669	27558	26669	27558	27558	26669	27558	26669	27558	324 473
Personvärme	22021	19890	22021	21311	22021	21311	22021	22021	21311	22021	21311	22021	259 281
Processenergi rum	11891	10741	11891	11508	11891	11508	11891	11891	11508	11891	11508	11891	140 010

#### Nyckeltal

A temp	14 816.00	m <sup>2</sup>
Omslutningsarea	10 391.04	m <sup>2</sup>

Luftläckage vid 50 Pa	5 040.00	l/s
Luftläckage vid 50 Pa	0.49	l/s,m <sup>2</sup>
Invändigt tryck medelvärde	-1.56	Pa
Toppeffekt el	18.09	kW
Toppeffekt värme	197.02	kW
U-medelvärde	0.34	W/m <sup>2</sup> ,K
Ventilation medelvärde	0.28	l/s,m <sup>2</sup>
Energianvändning	910 837.8	kWh/år
Specifik energianvändning	61.5	kWh/m <sup>2</sup> /år

Specifikation av energitillförsel

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Värmeförsörjning	752 353.37	50.78
Värmeförsörjning (rumsluft)	174 529.37	11.78
Värmeförsörjning (TVV)	577 824.00	39.00
<b>El-försörjning totalt</b>	<b>18 473.18</b>	<b>1.25</b>
El tilluftfläktar	9 085.17	0.61
El frånluftfläktar	9 388.01	0.63
<b>Processenergi</b>	<b>140 011.20</b>	<b>9.45</b>
Fastighetsenergi internt	140 011.20	9.45
Varmvattensystem	577 824.00	39.00

Jämförelse mot BBR

Flerbostadshus med stora lägenheter  
14816.00m<sup>2</sup>

Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning	BBR 20		
		Fgeo	VF	EP pet
Värmeförsörjning	11.8			8.3
Värmeförsörjning (rumsluft)	11.8		0.7	8.2
Tappvarmvatten	39.0			27.3
Värmeförsörjning (TVV)	39.0		0.7	27.3
Fastighetsel	10.7			19.3
Fläktar	1.2		1.8	2.2
Övrig fastighetsel	9.4		1.8	17.0
<b>Energiprestanda primärenergital</b>	<b>61.5</b>			<b>54.8</b>
BBR krav				75.0
% av BBR				73.1
<b>U-medelvärde (W/(m<sup>2</sup>K))</b>				<b>0.34</b>
Tillåtet värde				0.4