



**CHALMERS**



# Framtagande av energiförbrukning med hjälp av BIM

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik*

Rebar Shakir  
Mohammed Yihia Soudi



EXAMENSARBETE ACEX20

# Energiförbrukning med stöd av BIM

Framtagande av energiförbrukning med hjälp av ArchiCad

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

REBAR SHAKIR

MOHAMMED YIHIA SOUDI

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

Energiförbrukning med stöd av BIM

Framtagande av energiförbrukning med hjälp av ArchiCad

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

REBAR SHAKIR

MOHAMMED YIHIA SOUDI

© REBAR SHAKIR MOHAMMED YIHIA SOUDI 2020

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Illustration Villa Skäret (författarens bild)

Tryckeriets namn/Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2020

Energiförbrukning med stöd av BIM  
Framtagande av energiförbrukning med hjälp av ArchiCad

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik*

REBAR SHAKIR

MOHAMMED YIHIA SOUDI

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för Construction Management  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Världen blir allt mer digital för varje dag och byggbranschen är inte ett undantag. Under de senaste åren har digitaliseringen inom byggsektorn blivit allt mer tydlig. Digitaliseringen inom byggsektorn har bland annat frambringat BIM, det vill säga "Building information modelling". Vilket bland annat är till för att ge användaren en digital representation av en byggnad. Tillsammans med de olika BIM-programmen som är tillgängliga på marknaden tas det ett kliv mot den oundvikliga framtiden. Många BIM-program har implementerats i branschen och därmed har projekteringsprocessen underlättats. Genom detta arbete får läsaren en bättre förståelse av vad energiförbrukning inom byggsektorn innebär och vilken roll BIM potentiellt har i detta. Examensarbetet görs på initiativ av Derome Hus AB (division - Varbergshus), som i dagsläget tar fram energiförbrukningen för sina hus genom att skicka vidare sin modell till A-hus där de använder beräkningsprogrammet TMF-Energi. Varbergshus vill helst undvika detta steg genom att erhålla energiförbrukningen för deras hus med hjälp av att endast använda sig av BIM-programmet ArchiCad, som de dessutom projekterar och modellerar i. Uppdraget blev att ta fram energiförbrukningen med stöd av ArchiCad och sedan jämföra resultatet med det verkliga energieresultatet framtaget genom TMF-Energi.

Denna undersökning genomfördes med hjälp av ett verkligt projekt som tillhandahölls av Varbergshus. Projektet med namnet Villa Skäret är ett litet envåningshus med en boyta på ungefär 129 m<sup>2</sup>. I ArchiCad användes energisimuleringsverktyget Energy Evaluation för framtagandet av husets energiförbrukning. I rapporten förklaras/visas de stegen som genomfördes för att erhålla energiförbrukningen, vilket ger läsaren en bättre uppfattning om hur undersökningen i ArchiCad gick till väga.

Energiverktyget i ArchiCad gav ett simulerat energieresultat på **9 075 kWh/år**, där det verkliga resultatet låg på **7 622 kWh/år**. Vilket är en skillnad på cirka **1 453 kWh/år**.

Skillnaden mellan de två olika resultaten är tydlig. Men även om skillnaden mellan resultaten skulle vara mindre hade det inte gått att förlita sig på det simulerade resultatet från ArchiCad. Då det finns en del felkällor som måste beaktas, såsom brist på indata jämfört med TMF-Energi och antaganden som har gjorts då det inte funnits tillräckligt med information om huset. Dessutom måste trovärdigheten av det simulerade resultatet kontrolleras. Detta kan göras genom att utföra flera jämförelser mellan ArchiCads och andra projekts energieresultat.

Nyckelord: Energiförbrukning, BIM, BEM, TMF-Energi, ArchiCad, Energy  
Evaluaiton, energideklaration, projekteringsprocess

Energy consumption with the support of BIM

Generate energy consumption with the help of ArchiCad

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

REBAR SHAKIR

MOHAMMED YIHIA SOUDI

Department of Architecture and Civil Engineering  
Division of Construction Management  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

The world is becoming more digital every day and the building industry is no exception. In recent years, digitalization in the building sector has become increasingly distinct. Digitization in the building sector has among other things produced BIM, which stands for “Building information modelling”. Which among other things is used to give users a digital representation of a building. Together with the various BIM-programs that are available in the market we are taking a step towards an inevitable future. Where BIM can be implemented and facilitate the project process. Through this work the reader will gain a better understanding of what energy consumption in the building sector means and which role BIM potentially has in this. The thesis is done on the initiative of Derome Hus AB (division - Varbergshus), which currently produces the energy consumption for their houses by passing on their model to A-hus where they use the calculation program TMF-Energi. Varbergshus would prefer to avoid this step by only using the BIM-program ArchiCad to obtain the energy consumption, which is the same program as they construct their 3D models. The task was to produce the energy consumption by using ArchiCad, and then compare the result obtained through ArchiCad with the energy result produced by using TMF-Energi.

This study was carried out with the help of a real project provided by Varbergshus. The project which is called Villa Skäret is a small one-story house with a living space of about 129 m<sup>2</sup>. The energy evaluation tool was used in ArchiCad to generate the house’s energy consumption. In the report a section has been assigned to the implementation step, which gives the reader a better understanding of how the research in ArchiCad went.

In the work, it was found that ArchiCad’s energy tools gave a simulated energy result of **9 075** kWh / year, with the actual result being **7 622** kWh / year. Which is a difference of about **1 453** kWh / year.

The difference between the results are clear. But even if the difference between the results had been less it wouldn’t be possible to rely on the simulated result from ArchiCad. Since there are some sources of error that need to be taken into account, such as lack of input compared to TMF-Energi and assumptions that was made when

there was not enough information about the house. In addition, the credibility of the simulated result must be checked. This can be done by making several comparisons between ArchiCad's and other project's energy results.

Key words: Energy consumption, BIM, BEM, TMF-Energi, ArchiCad, Energy Evaluation, energy performance, design process

## Innehåll

SAMMANFATTNING	V
ABSTRACT	VI
INNEHÅLL	VII
FÖRORD	IX
BETECKNINGAR	X
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte och Mål	1
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Metod	2
2 BAKGRUNDSINFORMATION	3
2.1 Hållbar utveckling	3
2.2 Sveriges och Europas energimål	4
2.3 Byggsektorns energiförbrukning	4
2.3.1 Energifördelning i byggnader	5
2.4 Energideklaration	5
2.5 BIM	7
2.5.1 BIM till BEM	8
2.6 ArchiCad & Energy Evaluation	8
2.6.1 Tillgängliga indata i Energy Evaluation	9
2.6.2 EcoDesigner STAR	10
2.7 TMF-Energi	10
2.7.1 Indata i TMF-Energi	11
3 FALLSTUDIE	13
3.1 Analys av Villa Skäret	14
3.1.1 Resultat från energirapporten av TMF-Energi	15
4 GENOMFÖRANDE & RESULTAT	16
4.1 Indata för klimatskalet	16
4.2 Arbetsflöde	18

5	DISKUSSION & ANALYS	26
5.1	Analys av indata	26
5.2	Diskussion kring programmen	27
6	SLUTSATS	29
7	REFERENSER	31
8	BILAGOR	33
8.1	Bilaga A, Energirapport genom TMF-Energi	33
8.2	Bilaga B, Energirapport genom ArchiCads Energy Evaluation	35
8.3	Bilaga C, U-värde indata för TMF-Energi	37
8.4	Bilaga D, indata för frånluftsvärmepumpen NIBE F730	38

## **Förord**

Detta examensarbete är ett avslut på vår utbildning inom samhällsbyggnadsteknik Högscoleingenjör vid Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbetet motsvarar 15 högskolepoäng, är fördelad över två läsperioder och genomfördes under vårterminen 2020.

Vi vill rikta ett stort tack till Tobias Gustafsson projektör för Varbergshus som gav oss möjligheten att skriva arbetet tillsammans med de, och även hjälpt till under arbetes gång.

Vi vill även se till att tacka Per-Martin Ekelund energispecialist på A-hus, Susanne Wisemark ArchiCad specialist på Nolliplan och sist men inte minst Sanjay Somanath doktorand på Chalmers Tekniska Högskola.

Dessutom skall ett stort tack riktas till vår handledare Mattias Roupé som har hjälpt oss under arbetetsgången.

Göteborg juni 2020

Rebar Shakir & Mohammed Yihia Soudi

# Beteckningar

**IFC** - (Industry Foundation Classes) Är ett ISO-standardiserat dataschema för att hålla och överföra informationen i hela projektets livscykel.

**BIM** – (Building information Modelling) Är en arbetsmetod inom byggbranschen som skapas i en byggprocess för projektering och visualisering med målet att samla information om byggnader, processerna samt besluten kring byggnaden.

**BEM** - (Building Energy Modelling) används för energisimuleringar för att erhålla energiförbrukning för en byggnad.

**nD** – Står för grad av BIM-tillämpningar, till exempel 3D, 4D, 5D och 6D.

**U-värde** – Är ett mått på ett byggnadsmaterials förmåga att isolera och anger kvantiteten av värme som passerar genom en  $m^2$  av ett material vid en viss temperatur.

**A<sub>temp</sub>** - Invändiga areor för byggnadens utrymmen inklusive källare som värms upp till högre än 10 °C.

**A<sub>om</sub>** - Den area som omsluter byggnaden.

**A<sub>bottenplatta</sub>** - Areal på botten platta.

**A<sub>garage</sub>** - Areal på garaget.

**U<sub>m</sub>** – Materialets genomsnittliga värmemotstånd.

**q<sub>50</sub>** – Avser byggnadens lufttäthet.

**FTX-system** - Mekanisk från- och tilluftsventilationssystem som drivs av värmeväxlare.

**COP** - Coefficient of Performance, ett mått på prestanda för driftsystem.





# 1 Inledning

Ett av de 16 svenska miljömålen som skall uppnås inom en snar framtid är “God bebyggd miljö”, där Boverket har ansvar för målet. Miljökvalitetsmålet är i sin tur uppdelat i tio preciseringar. En av preciseringarna belyser att användningen av energi ska ske på ett effektivt, resursbesparande och miljöanpassat sätt för att på sikt minska användning av energikällor och samtidigt främja brukandet av förnybara energikällor (Boverket, 2019).

När strävan efter energieffektiva byggnader blir allt mer påtaglig blir det mer och mer aktuellt med BIM. Vilket bland annat är till för att underlätta projekteringsprocessen med hjälp av 3D visualisering av byggnader. Dock blir det ännu mer aktuellt med BEM (Building Energy Modeling), i de fallen då strävan är att hitta energieffektiva lösningar. BEM används för energisimuleringar och har integrerats allt mer i BIM-miljön för att underlätta framtagandet av energiförbrukning för byggnader (Autodesk & Schneider electric, 2019).

ArchiCads inbyggda energisimuleringsverktyg är ett av de tillvägagångssätt som finns för att beräkna energiåtgången för byggnader, med VIP-Energy som “beräkningsmotor” (GRAPHISOFT, u.å.). Ett sådant program kan vara till stöd för att leda byggbranschen till en hållbarare framtid. Detta genom att i de tidiga skeden av projekteringen kunna dra beslut som leder till en mer effektiv energianvändning, men samtidigt som en indikator för att uppfylla krav och önskade certifieringar.

Med hjälp av Derome Hus AB (division - Varbergshus) undersöks det i detta examensarbete möjligheten att endast utgå från ArchiCad för att kunna erhålla energianvändningen för ett hus. Detta för att bland annat slippa alla mellanliggande väghinder och underlätta för både Varbergshus och byggbranschen till att vara med och uppnå en god bebyggd miljö för en hållbar framtid.

## 1.1 Syfte och Mål

Syftet med detta arbete är att undersöka ifall det är möjligt att ta fram energiförbrukning för ett verkligt hus med hjälp av BIM-programmet ArchiCad. Därefter jämföra det erhållna resultatet från ArchiCad det husets riktiga energiförbrukning. Med andra ord, om det går att använda ArchiCad för att erhålla samma resultat som det verkliga huset har.

Målet blir att försöka effektivisera Varbergshus framtagande av energianvändning genom att endast använda ett program för att erhålla energiförbrukning av ett projekt.

## 1.2 Avgränsningar

Detta arbete behandlar bara Göteborgsområdet för huset och endast BIM-verktyget ArchiCad används för undersökningen. Energitkällor och energikostnader beaktas ej i rapporten. Dessutom ligger fokus i samtliga energisimuleringar som erhålls från ArchiCad endast på energiförbrukningen.

## 1.3 Metod

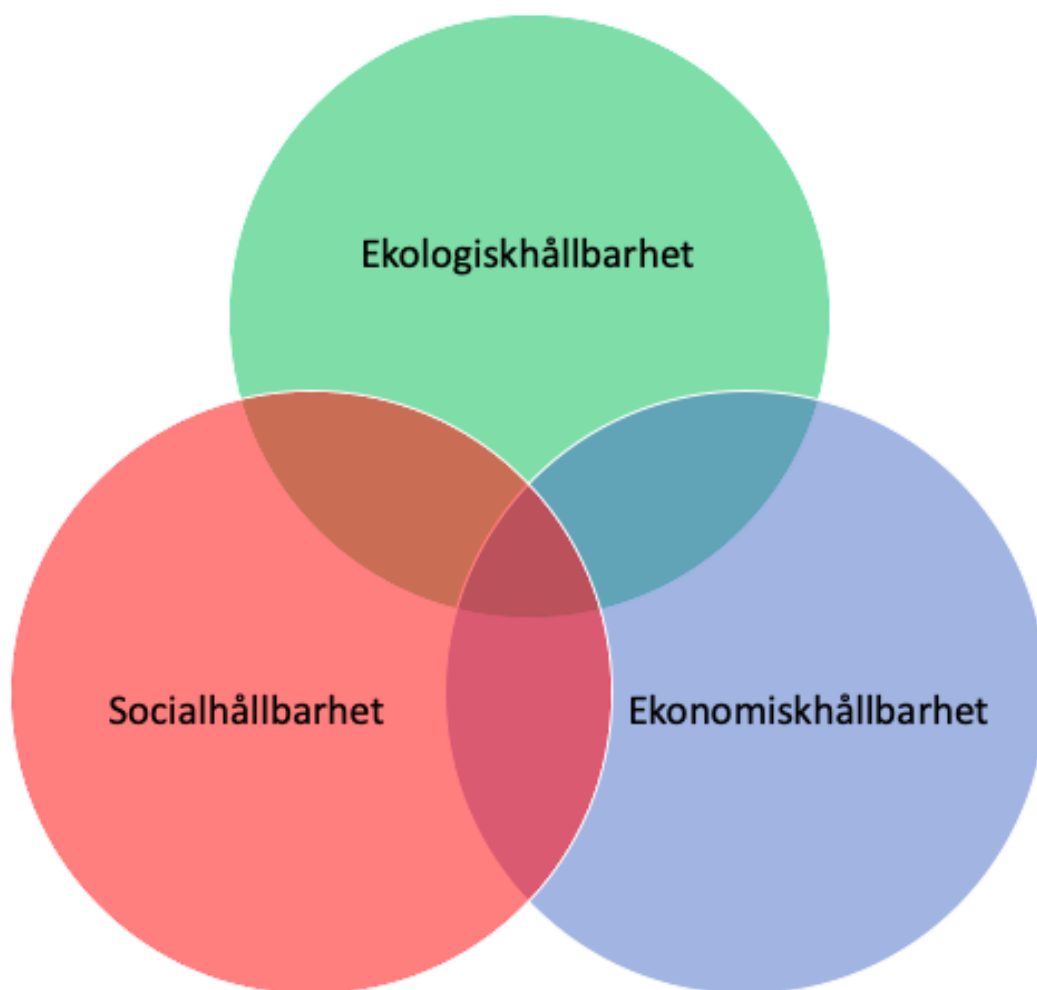
Examensarbetet är baserat på litteraturstudie, möten och mejl med sakkunniga inom området samt laborering i BIM-verktyget ArchiCad.

Arbetet påbörjades med att först utföra en litteraturstudie avseende bland annat miljö, energiförbrukning och BIM. Vidare utfördes undersökningar i ArchiCad för att ta fram energiförbrukningen för ett verkligt projekt och sedan jämföra det med projektets verkliga resultat som tillhandahölls av Varbergshus.

## 2 Bakgrundsinformation

### 2.1 Hållbar utveckling

Begreppet hållbar utveckling definieras i FN:s Brundtland rapport som publicerades under 80-talet, och lyder ”*En utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov*” (Hållbarhetsforum, 2020). Begreppet kan därav brytas ned i tre olika områden ekonomiskt, socialt och ekologiskt, där samspelet mellan alla tre behövs för att uppnå en hållbar utveckling. Konceptet beskrivs oftast ur ett venndiagram där det tydligt visas att alla tre dimensioner har en lika stor inverkan för den hållbara utvecklingen (KTH, 2019), se figur 2. För FN samt den svenska politiken har hållbar utveckling blivit en viktig princip i varje arbete som ska utföras (Hållbarhetsforum, 2020).



Figur 2. 1: Ett venndiagram för hållbar utveckling (författarens egna bild)

Den hållbara framtiden som kommande generationer skall uppleva påverkas av utveckling som sker i städerna. Urbaniseringen ökar snabbt över hela världen och det nationella och globala arbetet för att nå hållbar utveckling i städerna har blivit påtaglig (Naturvårdsverket, 2020). Mer än hälften av befolkningen bor i städer i nuläget, andelen kommer att öka ännu mer enligt uppskattningar, vilket kan nå 60 % år 2030. Men däremot kan urbanisering leda till hållbar utveckling om planeringen sker på ett rätt sätt (Naturvårdsverket, 2020).

Ett av FN:s internationella och viktigaste mål som står i Agenda 2030 är att städerna och samhällen bör vara hållbara. Utöver det, har alla länder vid FN:s konferens Habitat III som hölls 2016 kommit överens om ett dokument som kallas för *The New Urban Agenda*, dokumentet visar hur en stad ska uppnå hållbar utveckling (Naturvårdsverket, 2020).

## 2.2 Sveriges och Europas energimål

Området inom den svenska politiken som sköter frågor kring energin behandlar bland annat tillförseln av energi och energianvändningen. I området strävas det efter en mer ekologisk hållbarhet, försörjningstrygghet och även konkurrenskraft (Regeringen, 2020). Sverige har lagt upp energimål som är planerade till 2020. Ett av dessa mål är att öka energianvändningens effektivitet med 20 % i jämförelse med 2008. Dessutom finns också en strävan mot att halva landets energianvändning skall komma ifrån förnybara energikällor (Energimyndigheten, 2019).

Ett annat mål som ligger längre fram vid 2030, är att energianvändningens effektivitet skall ökas med 50 % i jämförelse med hur det var under 2005. Därtill har det även lagts upp ett mål som skall uppnås 2040. Målet är att Sverige ska endast producera förnybar energi. Däremot innebär detta mål inte att kärnkraftverk skall sluta användas helt (Energimyndigheten, 2019).

Så som Sverige har även EU lagt upp miljömål till 2020 och framöver, ett av dessa mål är att sänka energianvändningen med drygt 32 % i jämförelse med hur det var under 1990-talet. Detta planeras att uppnås genom att bland annat effektivisera energianvändningen. Förutom energieffektivisering har det också lagts upp mål avseende förnybara energikällor. EU har lagt fram att minst 32% av energianvändningen ska bestå av förnybara energikällor (Energimyndigheten, 2019).

## 2.3 Byggsektorns energiförbrukning

År 2017 förbrukade bygg- och fastighetssektorn cirka 105 TWh av Sveriges nationella energianvändning, detta motsvarade cirka 32 % av den totala energianvändning i landet. Importerade varor som tillhör sektorn gör även att sektorn svarar för 4 TWh av utomlands energianvändning (Boverket, 2020). Beräkning av sektorns energianvändning utgick ifrån data framtaget av SCB. Koppling mellan användning och import har betraktats som om själva importerade produkter har producerats i Sverige. Alla beräkningar har utförts med avseende på ett livscykelperspektiv. (Boverket, 2020).

Energiandel för bygg- och fastighetssektorn går framförallt till uppvärmning och transporter, och dess mängd kan förändras varje år. Där variationen bland annat kan beror på till exempel temperaturförändringar utomhus (Boverket, 2020).

### 2.3.1 Energifördelning i byggnader

Driften står för ungefär 85 % av ett hus energiförbrukning utifrån ett livscykelerspektiv baserat på byggnader. Vilket visar på att det är väldigt viktigt att minimera energiförbrukningen under själva brukstiden (Energimyndigheten, 2003). I Sverige förbrukar byggnaderna runt 30 % av den totala energianvändningen i landet (Miljönytta, u.å.).

Nyare bostäder förbrukar mindre energi än de äldre byggnaderna. En av orsakerna till detta är ökade kunskaper om miljöeffekter. Det har även blivit dyrare att använda energin än förut. Stränga villkor har också lagts på utrustningstillverkare och byggföretag av myndigheterna. Detta har i sin tur skapat produkter som är energieffektiva (Energimyndigheten, 2003).

## 2.4 Energideklaration

Energideklaration innebär att dokumentera sådana uppgifter som handlar om energimängden som används i ett hus. Deklarationen används bland annat när en bostad ska hyras och även köpas, och med deklARATIONEN kan då skillnaden ses mellan olika hus. Att bygga nytt kräver också energideklaration (Boverket, 2019). Det är olika uppgifter som inkluderas i energideklarationen såsom, energiklass, energiprestanda, värmesystem och  $A_{temp}$  (Boverket, 2019).

Byggnader som bör genomgå en energideklaration är de som har en golvarea mer än 250 m<sup>2</sup> och som anses vara en allmän plats. Deklarationen gäller också byggnader med nyttjanderätt (att ha rätt att använda det som ägs av någon annan). Sådana byggnader kan vara bostäder som bland annat hyresrätter. Nyproducerade byggnader och byggnader som kommer att säljas ska också energideklareras enligt Boverket (Boverket, 2019).

Energideklaration måste förnyas var 10:e år av byggnadsägaren. Villor och radhus ska erhålla energideklaration vid säljning om de inte tillhör någon bostadsrättsförening, där deklARATIONEN ska upprättas av ägare. (Boverket, 2019).

Energideklarationen har haft olika versioner under åren. Den senaste förändring var 2014 den första januari, då ersattes energinivåerna med energiklasser. Klasserna representeras av en bokstavlig skala från A till G. Om en byggnad hamnar i klass A betyder det att byggnadens energianvändning är den lägsta enligt skalan, medan klass G representerar den högsta energianvändning. Energiprestandan brukade anges som specifik energianvändning som innebär energimängden som distribueras till den önskade byggnaden fördelat på  $A_{temp}$ . Men sedan den första januari 2019 har energiprestandan angetts som primärenergital. Primärenergitalet representerar energianvändning i byggnaden, där när uppvärmningsenergin beräknas, justeras den genom att använda en geografisk justeringsfaktor. Den multipliceras också med det som kallas primärenergifaktor som ansatt för energibärare och divideras sedan med  $A_{temp}$ . Enheten på primärenergitalet blir då kilowattimmar per en kvadratmeter och ett år (Boverket, 2019).

Det ställs olika krav på primärenergital. Detta beror på var i Sverige byggnaden ligger, om det är en lokal eller bostad och om det används el för uppvärmning. För lokaler sätter reglerna ett tillägg på kravet om flödet från uteluft överstiger 0,35 l/s\*m<sup>2</sup>

på grund av ökande hygieniska orsak, därför att energianvändning i byggnaden ökas enligt reglerna (Boverket, 2017).

Primärenergitalet beräknas genom följande ekvation:

$$EP = \frac{\sum_{i=1}^6 \left( \frac{Q_{upp,i}}{F_g} + Q_{kyla,i} + Q_{tvv,i} + Q_{f,i} \right) * PE_i}{A_{temp}}$$

$Q_{upp,i}$ : energi som används för uppvärmning och som kommer från energibärare i [kWh/år]

$Q_{kyla,i}$ : energi som används för komfortkyla och som kommer från energibärare i [kWh/år]

$Q_{tvv,i}$ : energi som används för tappvarmvatten och som kommer från energibärare i [kWh/år]

$Q_{f,i}$ : energi som används till fastighetsenergi och som kommer från energibärare i [kWh/år]

$F_g$ : geografisk justeringsfaktor [-]

$PE_i$ : Primärenergifaktor [Kwh]

$A_{temp}$ : byggnadens area [m<sup>2</sup>]

I BBR går det att hitta primärenergifaktor för de sex olika energibärarna (de är gas, olja, fjärrkyla, fjärrvärme, biobränsle och el), se tabell 1. Dessutom finns även geografiska justeringsfaktorer för olika kommuner runt om i landet, för Göteborg ligger justeringsfaktorn på 0,9 (Boverket, 2019).

Primärenergifaktorer för olika typ av energibärare	Värdet på primärenergifaktor
$PE_{gas}$	1.09
$PE_{olja}$	1.11
$PE_{fjärrkyla}$	0.62
$PE_{fjärrvärme}$	0.95
$PE_{biobränsle}$	1.05
$PE_{el}$	1.85

Tabell 2. 1:  
Primärenergifaktorer  
för de sex olika  
energibärarna

Utgångspunkten för energiklasserna från A till G är kraven på energianvändning på nyuppförda byggnader. Kraven återfinns i byggregler BFS 2011:6 som tillhör boverket och är olika, det beror på om byggnaden värms upp med el, samt var i Sverige den ligger. Dagens minimala krav på byggnader är att de hamnar i energiklass C. Nedan presenteras vad de olika energiklasserna motsvarar, där "KRAVET" innebär kravet som ställs på en ny byggnad (Boverket, 2019).

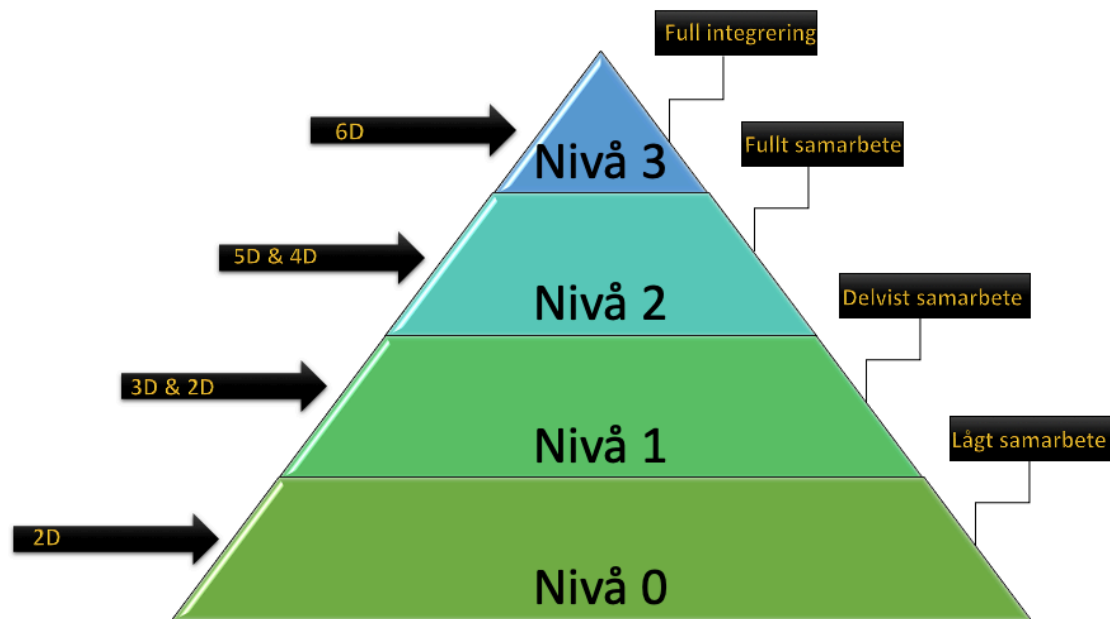
- Energiklass A = nuvarande byggnadens energiprestanda  $\leq 50$  % av KRAVET.
- Energiklass B = nuvarande byggnadens energiprestanda  $> 50$  % och  $\leq 75$  % av KRAVET.
- Energiklass C = nuvarande byggnadens energiprestanda  $> 75$  % och  $\leq 100$  % av KRAVET.
- Energiklass D = nuvarande byggnadens energiprestanda  $> 100$  % och  $\leq 135$  % av KRAVET.
- Energiklass E = nuvarande byggnadens energiprestanda  $> 135$  % och  $\leq 180$  % av KRAVET.
- Energiklass F = nuvarande byggnadens energiprestanda  $> 180$  % och  $\leq 235$  % av KRAVET.
- Energiklass G = nuvarande byggnadens energiprestanda  $> 235$  % av KRAVET.

## 2.5 BIM

BIM som är en förkortning av det engelska ordet "Building Information Modelling" har gradvis implementerats runt om i världen inom arkitektur, teknik och konstruktion branscherna. 3D modellen ger en virtuell bild på hur ett projekt antas se ut i verkligheten, där design konceptet byggs upp av de tre primära rumsliga dimensionerna (bredd, höjd och djup). De senaste 20 åren har 3D BIM tillämpats i både design och konstruktions områden, där det har använts för bland annat visualisering och kollisionskontroll. Detta leder till att öka samarbetsmiljön och utveckla modellen under design- och konstruktionsfasen (Charef, Alaka & Emmitt, 2018).

Samtidigt finns det fler dimensioner av BIM som också är aktuella, det handlar om nD modell vilket är ett tillägg till det vanliga 3D som finns. Vilket tar hänsyn till olika aspekter inom ett projekt. Ett projekt varierar i varje del av byggnadens livscykel och inkluderar, tidsplanering (schemaläggning), kostandsestimering, tillgänglighet, hållbarhet, underhåll, energianalys och kollisionskontroll. 4D står för tidsplanering, 5D för kostnadsestimering och 6D för hållbarhets information (Abanda, Kamsu-Foguem & Tah, 2017).

Dock är det inte alltid väsentligt att använda alla av BIMs funktioner då det är både resurs och ekonomiskt krävande. Därför finns det olika nivåer av BIM som kan användas. Dessa nivåer sträcker sig från noll ända upp till tre, se figur 2. 2. Där användandet av BIM blir allt mer komplicerat och sofistikerat ju högre upp i nivå som brukaren befinner sig. Varje nivå består av respektive BIM dimension och grad av samarbetsmiljö mellan olika aktörer. Dem inblandade i projektet kan utbyta information sinsemellan genom att använda ett vanligt filformat som till exempel IFC (United-BIM, 2019).



Figur 2. 2: De olika BIM-nivåerna (författarens egna bild)

### 2.5.1 BIM till BEM

Building Energy Modeling (BEM) används för energisimuleringar för att erhålla energiförbrukning för en byggnad. BEM har de senaste åren integrerats allt mer inom BIM miljön eftersom strävan efter energieffektiva byggnader blir allt större. Nu finns möjligheten till att under modelleringsfasen kunna använda BEM, utifrån bland annat byggnadens geometri, lokalisering och väderdata (Autodesk & Schneider electric, 2019).

Genom att öka informationen rörande energiförbrukning och faktiska värden av byggnadens indata blir det möjligt att få en mer detaljerad BEM användning. Detta kommer i sin tur att underlätta för att dra snabbare och bättre beslut gällande byggnadens energiförbrukning (Autodesk & Schneider electric, 2019).

## 2.6 ArchiCad & Energy Evaluation

ArchiCad är ett BIM-verktyg som är utformat för användning av arkitekter och konstruktörer, som jobbar inom teknik och konstruktion. Programmet är till för att hjälpa användaren att designa byggnader från konceptfasen till konstruktionsfasen (Graphisoft, 2018).

Energy Evaluation är ett inbyggt energisimuleringsverktyg i ArchiCad. Verktuget är baserat på VIP-Energy, vilket är ett program för att beräkna energiprestanda för byggnader. För att erhålla en korrekt analys krävs det att modellen tilldelas zoner, rätta byggnadsmaterial och korrekt indata (Graphisoft, u.å.). När alla parametrar för byggnaden har bestämts och all indata för energifunktionen är ifylld startar

simuleringsprocessen. ArchiCad kommer då att producera en så kallad ”Energy Performance Report”. Denna rapport kommer bland annat innehålla byggnadens årliga energiförbrukning och månatlig energibalans (Graphisoft, 2018).

## **2.6.1 Tillgängliga indata i Energy Evaluation**

Den tillgängliga indata som finns i ArchiCads Energy Evaluation är bland annat följande:

- Byggnadsfysik
- Zonindelning
- Miljöinställningar
- Klimatdata
- Driftfall
- Driftsystem (Graphisoft, u.å.)

### **2.6.1.1 Byggnadsfysik**

Genom ArchiCads standardkatalog för material går det att bestämma vilken typ av byggnadsmaterial som projektet skall använda. Varje material har sitt egna U-värde, där U-värdet beskriver materialets värmemotstånd. Ju högre U-värde desto större energiförbrukning och vice versa. Dessutom går det att ändra på materialets luftpermeabilitet och även dess grad av solabsorbering (Graphisoft, u.å.)

### **2.6.1.2 Zonindelning**

Zonindelningsverktyget i ArchiCad är bland annat till för att definiera respektive utrymme för att få ett mer realistiskt resultat på energianvändningen. Detta blir mer viktigt ju större byggnaden är samt grad av komplexitet. Till exempel kan en skola delas upp i ett flertal olika zoner då alla utrymmen i skolan inte används lika mycket. Men detta är inte lika aktuellt med mindre projekt såsom ett litet hus (Graphisoft, u.å.).

### **2.6.1.3 Klimatdata & miljöinställningar**

Under klimatdata finns möjligheten till att påverka vart projektet skall befinna sig och på det sättet få tillgång till stadens väderdata. Vilket har en betydelse på energiförbrukningen (Graphisoft, u.å.). Dessutom är det möjligt att påverka hur omgivningen runt omkring huset skall se ut. Såsom typ av mark (sand, grus, sten etc.), grad av markreflektion och vid- och solskydd (Graphisoft, u.å.).

### **2.6.1.4 Driftfall**

Driftfallsfunktionen är till för att mer detaljerat införa data som projektets driftfallssystem skall utgå ifrån. Detta genom att välja vilken typ av profil som byggnaden uppfyller (t.ex. klassrum, skola, lägenhet etc.). De tillgängliga

driftprofilerna har ett standardvärde för personvärme, tappvarmvatten och fuktillskott som baseras på standarden DIN 18599 – Energy Efficiency of Buildings. Däremot är det även möjligt att redigera befintliga driftprofiler eller skapa nya (Graphisoft, u.å.).

Sedan är det även möjligt att ändra det dagliga schemat för en byggnad. Detta är väldigt aktuellt om till exempel det väljs ”klassrum” som driftprofil. Då kan antalet timmar delas in när personer är inomhus, utomhus och då skolan är stängd för att få en mer precis energiförbrukning och inte slösa på energi i onödan (Graphisoft, u.å.).

För det dagliga schemat finns det möjlighet att tilldela värden såsom max- och min temperatur och internvärme alstring för sitt projekt. Detta för att åstadkomma en mer realistisk bild av hur energiförbrukningen kommer att se ut. Därefter går det att dela in dagens 24 timmar i olika intervall och sedan definiera dessa intervall utifrån temperatur och internvärme som alstras inomhus under ett visst tidsintervall (Graphisoft, u.å.).

### **2.6.1.5 Driftsystem**

Vid val av driftsystem finns det flera olika alternativ som går att välja mellan. Vid valet bestämmer användaren vilken typ av värme-, kyl- och ventilationssystem som skall användas i huset. I ArchiCad finns det olika typer av system som går att välja mellan. De driftsystemen som finns i programmet går att redigera för att efterlikna planerade projekt. Beroende på vilket system som väljs finns det olika inställningar att justera (Graphisoft, u.å.).

### **2.6.2 EcoDesigner STAR**

EcoDesigner STAR är en Add-on funktion som går att lägga till i ArchiCad. Tilläggfunktionen har fler verktyg än Energy Evaluation, som är standardversionen i ArchiCad. Några av de verktygen som EcoDesigner STAR har jämfört med Energy Evaluation är bland annat följande:

- Simulering av köldbryggor
- Mer avancerad driftsystemsinställning
- Förmågan att kunna presentera energiförbrukningen för separata klimatzoner (Graphisoft, 2014).

## **2.7 TMF-Energi**

TMF – Energi är ett beräkningshjälpmedel som utför energiberäkningar för nybyggda småhus vilket har utvecklats av RISE på uppdrag av branschgruppen trähus. Till följd av att Sverige antog EU:s ”Energy Performance Of Buildings Directive” har Boverket tagit fram regler som är anpassade till riktlinjerna. Detta innebar att sedan 2007 ställdes det krav på högsta specifika energianvändning (BBR12-24). Vilket i sin tur ledde till att det uppstod behov hos småhustillverkare som var medlemmar inom TMF att få tillgång till ett beräkningshjälpmedel. Medlemmarna skulle bland annat ta fram energianvändningen för de hus som producerades. Beräkningshjälpmedlet TMF-Energi togs då fram och stegvis stärktes kraven ännu mer vilket resulterade i att

programmet successivt uppgraderades. Programmet har konstant anpassats till aktuella BBR krav (RISE, 2017).

Energiberäkningarna sker till största del enligt SS-EN ISO 13790:2008. Resultatet som erhålls redovisas som total årlig energianvändning och energiprestanda bestående av primärenergital. Beräkningarna baseras på varaktighetsdiagram som utgår från klimatdata av SMHI för några hundratals orter under perioden 1981-2010. TMF-Energi har verifierats genom jämförelser med verkliga värden i bebodda hus under ett till två års tid i forskningssyfte. Samtidigt har det även gjorts jämförelser med värmebehov av diverse småhus runt om i Sverige (RISE, 2017). Dock påpekar RISE att det beräknade slutresultatet har en viss osäkerhet. Beroende på hur pass energimedveten personerna i huset är kan det verkliga värdet vara 10-20% mer eller mindre (RISE, 2018)

## **2.7.1 Indata i TMF-Energi**

De indata som TMF-Energi använder är följande:

- Klimatort
- Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT)
- Byggnadsfysikaliska data
- Installationstekniska data (RISE, 2018)

### **2.7.1.1 Klimatort**

För klimatort har användaren möjlighet att välja bland 310 olika orter runt om i Sverige. Där varaktighetskurvorna som används i programmet är baserade på data från SMHI för olika orterna för perioden 1981-2010. Dessutom går det även att ange postnummer och postort för en ännu mer detaljerad beräkning (RISE, 2018).

### **2.7.1.2 Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT)**

DVUT värden är hämtade från tabellvärden vilket har beräknats fram av SMHI. Framräkningen har skett enligt standarden SS-EN 15927-5 för perioden 1981-2010 och för samma 310 klimatorter (RISE, 2018).

### **2.7.1.3 Byggnadsfysikaliska data**

Byggnadsfysikaliska data innehåller parametrar såsom,  $A_{temp}$ ,  $A_{om}$ ,  $A_{bottenplatta}$ ,  $A_{garage}$ ,  $U_m$  och  $q_{50}$ . Där  $A_{temp}$  är byggandens tempererade golvarea,  $A_{om}$  omslutande byggnadsytan,  $A_{bottenplatta}$  area på bottenplattan,  $U_m$  genomsnittlig värmegenomgångskoefficient och  $q_{50}$  byggnadens lufttäthet. Dessa parametrar måste användaren själv beräkna eller mäta, då det inte finns ett standardvärde utan är unikt för varje hus. Dock menar RISE att ett välbyggt hus bör klara av luftinfiltration på ungefär  $0,6 \text{ l/s/m}^2$ , och att snarlika hus har i de flesta fall samma värde (RISE, 2018).

#### **2.7.1.4 Installationstekniska data**

Installationstekniska data kan jämföras med ArchiCads driftsystem, det vill säga vilken typ av system huset skall använda för värme och ventilation. Det finns inget system för kyla då TMF-Energi inte är utvecklat nog för att räkna med det. Indata för installationer har delats upp i värmeproduktion, värmedistribution och ventilation. RISE har tagit fram sammanställningar av verifierade installationstekniska produkter framförallt för värmepumpar och FTX-system. Detta för att underlätta inmatning av indata så att allting redan finns klart i programmet. Programmet har tillgång till indata för olika typer av frånluftsvärmepumpar. Det är viktigt att COP-värden och avgivna värmeeffekter som tillverkaren tar fram är värden från provning med stöd av befintliga standarder såsom EN14511:2013 (RISE, 2018).

### 3 Fallstudie

Derome är ett stort byggnadsföretag i Sverige vilket är uppdelat i flera olika affärsområden. Ett av dessa områden är Derome Hus, där Varbergshus tillsammans med A-hus bland annat ingår i. Varbergshus riktar sig åt att bygga på det "gamla" sättet, det vill säga att bygga med lösvirke. Detta ger kunden en större möjlighet att skräddarsy efter sina egna förslag och idéer (Derome, u.å.). Varbergshus har för tillfället inga intentioner att certifiera sina hus. Utan målet med energiberäkningarna är att uppfylla kraven från boverket samt som säljargument till kunderna.

Enligt projektör på Varbergshus så modellerar arkitekterna och konstruktörerna alla sina projekt som de säljer på Varbergshus med hjälp av ArchiCad. Som det har nämnts tidigare i arbetet är ArchiCad ett program avsedd för arkitekter och ingenjörer för att bland annat skapa BIM-modeller. Varbergshus måste redovisa energiförbrukningen (energideklaration) på de byggnader som de tillverkar enligt Boverket. Varbergshus berättar även att energiförbrukningsberäkningarna utförs inte med stöd av ArchiCad utan i ett separat beräkningsprogram det vill säga TMF-Energi. Denna del av projektet utförs efter huset är sålt och det börjar närma sig bygghandlingsprojektering. Med tanke på att projekten som Varbergshus arbetar med oftast är av samma storlek och ganska snarlika, har projektörerna ganska bra koll på vid projekteringen ifall energikraven kommer att uppfyllas eller inte. BIM-modellen och all relevant indata skickas då vidare till A-hus som beräknar energiåtgången för respektive projekt. Indata som behövs i TMF-Energi har tagits upp i tidigare kapitel.

Hos Varbergshus finns det ett önskemål att kunna effektivisera energiberäkningssteget genom att bara använda ArchiCad för både projektering och energiåtgång. Målet med denna nya tillämpning är att spara tid och resurser, och inte låta modellen genomgå ytterligare en process för analys och framtagning av energianvändningen.

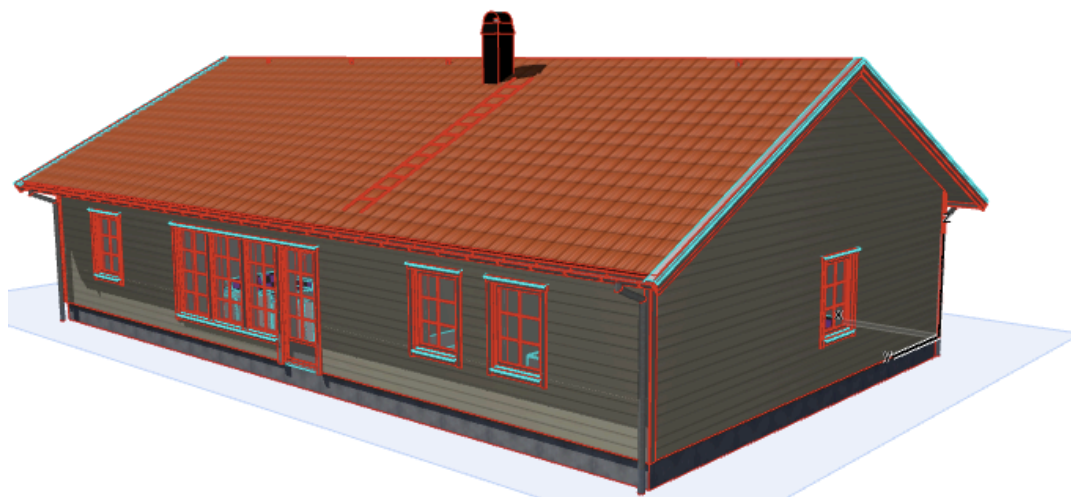
### 3.1 Analys av Villa Skäret

I arbetet skall det göras undersökningar på Villa Skäret som är ett envåningshus vilket Varbergshus bland annat producerar åt sina kunder. Huset har en boarea på ungefär 129 m<sup>2</sup> och i fallstudien kommer följande BIM-modell att analyseras, se figur 3.1 och 3. 2. Dessutom kommer även en energirapport med indata och resultat för energiförbrukning av huset att analyseras.

I villan används inget kylsystem men för värme- och ventilationssystemet används en frånluftsvärmepump i detta fall NIBE F730. Vilket används eftersom det är både effektivt och ekonomisk enligt projektör på A-hus, för all indata se bilaga A. Frånluftsvärmepumpen producerar via sitt vattenburna system värme och varmvatten genom att återvinna husets värme som kommer från frånluftsventilation (Byggghus, 2013). COP betyder ”Cofficient of Performance” och används för att mäta prestanda på värmepumpen. COP innebär på svenska ofta värmefaktor. Värdet representerar jämförandet mellan värmepumpens givna effekt och dess förbrukade effekt. Till exempel innebär ett COP-värde på 3 att värmepumpen avger 3 gånger mer energi än vad det förbrukar (Polarpumpen, u.å.). För byggnadsfysikaliska indata av huset se bilaga C.



Figur 3. 1: Sydvästlig bild på Villa Skäret (författarens egna bild)



*Figur 3. 2: Nordvästlig bild på Villa Skäret (författarens egna bild)*

### **3.1.1 Resultat från energirapporten av TMF-Energi**

Vid energiberäkningen med stöd av TMF-Energi har det som underlag använts avsnitt 9:2 i Boverkets byggregler BBR 28 (BFS 2019:2) samt indata för “normalt brukande” enligt kapitel 2 i BEN 3 (BFS 2018:5). Utifrån detta erhöles bland annat följande resultat.

- Energianvändning: **7622 kWh/år**
- Byggnadens primärenergital: **50 kWh/m<sup>2</sup> per år** → vilket resulterar i **energiklassen B**

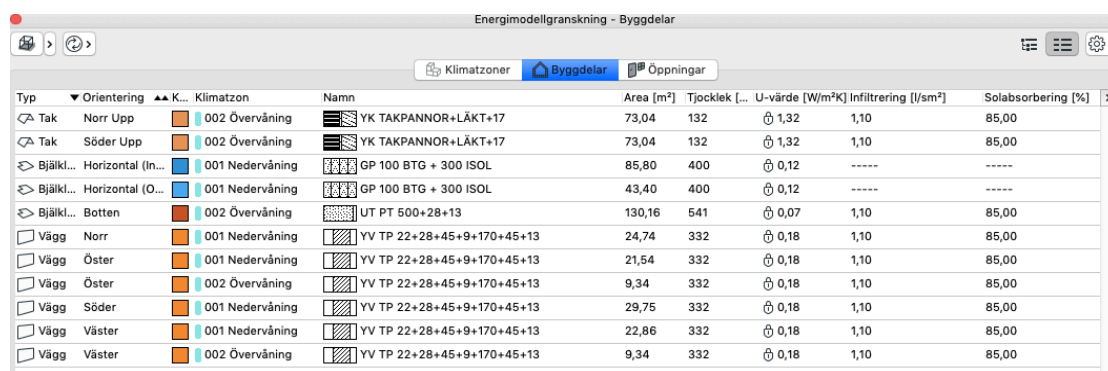
## 4 Genomförande & resultat

I Följande kapitel presenteras hur det med stöd av ArchiCad går att erhålla energiförbrukningen av en byggnad. Genomförandet sker under två delar första delen är inmatning av klimatskalets indata, andra delen är arbetsflödet i Energy Evaluation. Beskrivningen nedan av genomförandet består både av skärmdumpar och förklarande text för att underlätta förståelsen av arbetsprocessen. All input som använts i ArchiCad utgår från vad A-hus använde för beräkningen i TMF-Energi.

### 4.1 Indata för klimatskalet

Nedanstående figurer är indata för klimatskalet det vill säga byggnadsmaterial samt öppningar (dörrar och fönster).

U-värden som tillhandahölls från Varberghus har använts som utgångsvärden för respektive byggnadsmaterial, se bilaga C. Dock har U-värdet för taket tagits från ArchiCads egna standardvärden, se figur 4. 1.



Typ	Orientering	Klimatzon	Namn	Area [m <sup>2</sup> ]	Tjocklek [mm]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltrering [l/sm <sup>2</sup> ]	Solabsorbering [%]
Tak	Norr Upp	002 Överväning	YK TAKPANNOR+LÄKT+17	73,04	132	0,132	1,10	85,00
Tak	Söder Upp	002 Överväning	YK TAKPANNOR+LÄKT+17	73,04	132	0,132	1,10	85,00
Bjälkl...	Horizontal (In...	001 Nederväning	GP 100 BTG + 300 ISOL	85,80	400	0,12	-----	-----
Bjälkl...	Horizontal (O...	001 Nederväning	GP 100 BTG + 300 ISOL	43,40	400	0,12	-----	-----
Bjälkl...	Botten	002 Överväning	UT PT 500+28+13	130,16	541	0,07	1,10	85,00
Vägg	Norr	001 Nederväning	YV TP 22+28+45+9+170+45+13	24,74	332	0,18	1,10	85,00
Vägg	Öster	001 Nederväning	YV TP 22+28+45+9+170+45+13	21,54	332	0,18	1,10	85,00
Vägg	Öster	002 Överväning	YV TP 22+28+45+9+170+45+13	9,34	332	0,18	1,10	85,00
Vägg	Söder	001 Nederväning	YV TP 22+28+45+9+170+45+13	29,75	332	0,18	1,10	85,00
Vägg	Väster	001 Nederväning	YV TP 22+28+45+9+170+45+13	22,86	332	0,18	1,10	85,00
Vägg	Väster	002 Överväning	YV TP 22+28+45+9+170+45+13	9,34	332	0,18	1,10	85,00

Figur 4. 1: Klimatskalets olika bygghusdelar samt indata för respektive element (författarens egna bild)

För dörrar och fönster skulle det användas ett U-värde på  $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Både dörrarna och fönstren har ett "ej genomskinligt" och "glas" U-värde, detta för att belysa skillnaderna i U-värde beroende på material. Tillsammans ger dessa två upphov till ett övergripande U-värde, se figur 4. 2. U-värden för varje del valdes från en standardkatalog som finns i ArchiCads system. Det är även möjligt att manuellt mata in ett specifikt U-värde, däremot måste processen upprepas tills att det önskade U-värdet under kolumnen "övergripande" har nåtts.

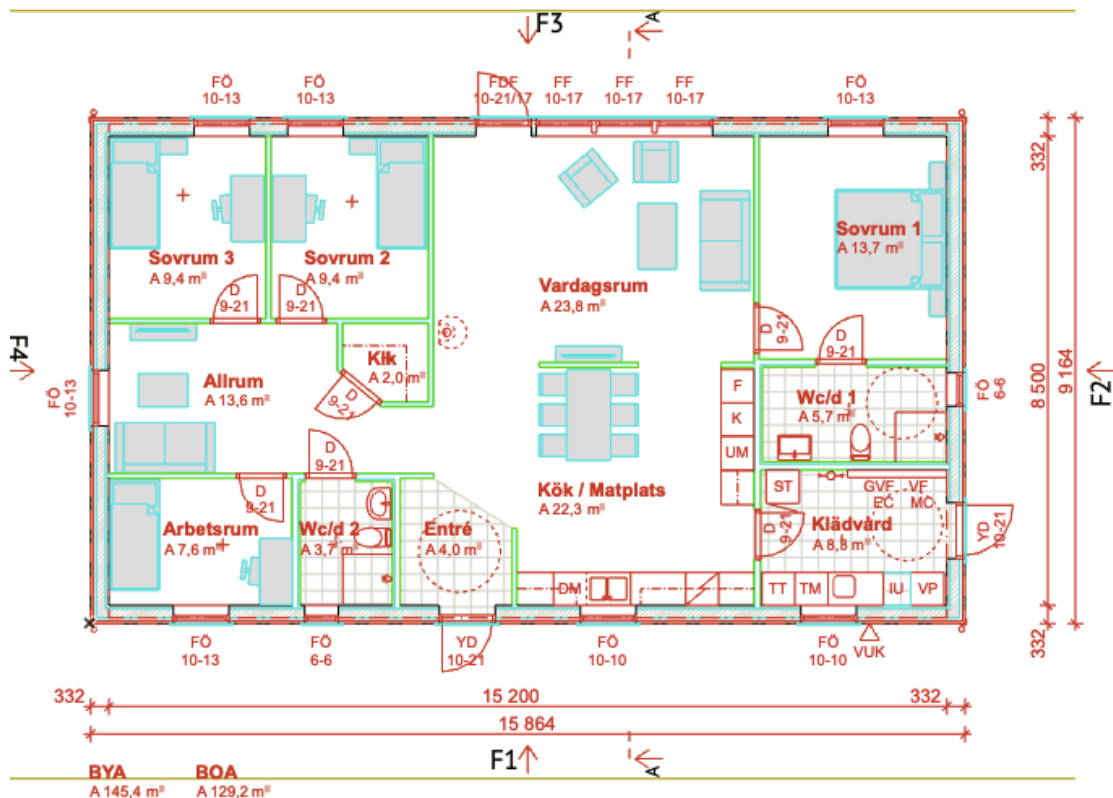
Typ	Orientering	Klimatzon	Ej genomskinl...	Glasad yta [m²]	Totalt Area [m²]	TST %	DST %	Solanalys	Omkrets [mm]	Ej genomskinlig U-värd...	Glasning U-värde [W/...	Övergripande U-värde...
Dörr	Söder	001 Nedervåning	2,00	0,13	2,13	82,00	69,00	✓ Klart	1278	0,79	1,00	0,86
Dörr	Öster	001 Nedervåning	2,00	0,13	2,13	82,00	69,00	✓ Klart	1278	0,79	1,00	0,86
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,86	1,25	2,11	52,00	40,00	✓ Klart	12684	0,78	0,60	1,27
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,48	0,84	1,31	52,00	40,00	✓ Klart	8970	0,78	0,60	1,35
Fönster	Söder	001 Nedervåning	0,48	0,84	1,31	52,00	40,00	✓ Klart	8970	0,78	0,60	1,35
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,48	0,84	1,31	52,00	40,00	✓ Klart	8970	0,78	0,60	1,35
Fönster	Väster	001 Nedervåning	0,48	0,84	1,31	52,00	40,00	✓ Klart	8970	0,78	0,60	1,35
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,48	0,84	1,31	52,00	40,00	✓ Klart	8970	0,78	0,60	1,35
Fönster	Söder	001 Nedervåning	0,39	0,62	1,01	52,00	40,00	✓ Klart	6280	0,78	0,60	1,29
Fönster	Söder	001 Nedervåning	0,39	0,62	1,01	52,00	40,00	✓ Klart	6280	0,78	0,60	1,29
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,35	1,37	1,71	52,00	40,00	✓ Klart	13260	0,78	0,60	1,41
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,35	1,37	1,71	52,00	40,00	✓ Klart	13260	0,78	0,60	1,41
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,35	1,37	1,71	52,00	40,00	✓ Klart	13260	0,78	0,60	1,41
Fönster	Öster	001 Nedervåning	0,20	0,16	0,37	52,00	40,00	✓ Klart	1620	0,78	0,60	1,14
Fönster	Söder	001 Nedervåning	0,20	0,16	0,37	52,00	40,00	✓ Klart	1620	0,78	0,60	1,14
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,15	0,00	0,15	52,00	40,00	☐ Ej klart	0	0,78	0,00	0,78
Fönster	Norr	001 Nedervåning	0,15	0,00	0,15	52,00	40,00	☐ Ej klart	0	0,78	0,00	0,78

Figur 4. 2: Indata för byggnadens öppningar (författarens egna bild)

Det genomsnittliga U-värdet ( $U_m$ ) som erhöles genom ArchiCad var  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  och för TMF-Energi låg det på  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Trots att det har gjorts massa justeringar för att efterlikna TMF-Energis värde, var det ej möjligt. Detta eftersom det inte fanns tillgängliga byggnadsmaterial i ArchiCads standardskatalog för att sänka det genomsnittliga U-värdet så pass lågt.

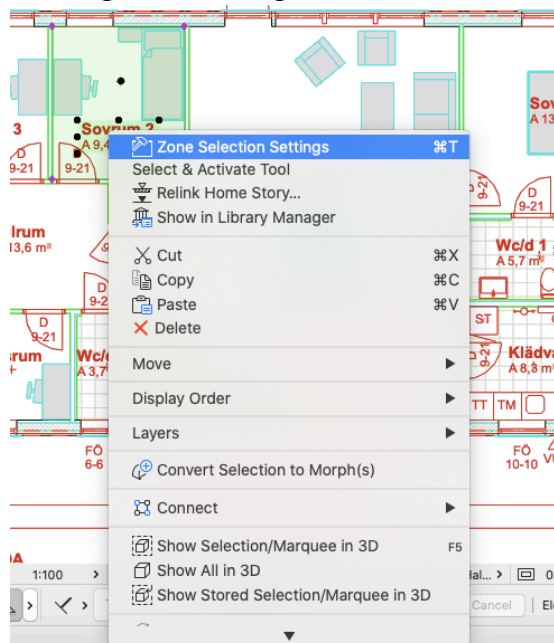
## 4.2 Arbetsflöde

Tillvägagångssättet från BIM till BEM i ArchiCad för Villa Skäret genomfördes med hjälp av bland annat sakkunniga inom Nolliplan och med information på Graphisofts hemsida. Nedan följer flödet från start till slut, där endast de viktigaste stegen i författarnas tycke har valts ut.



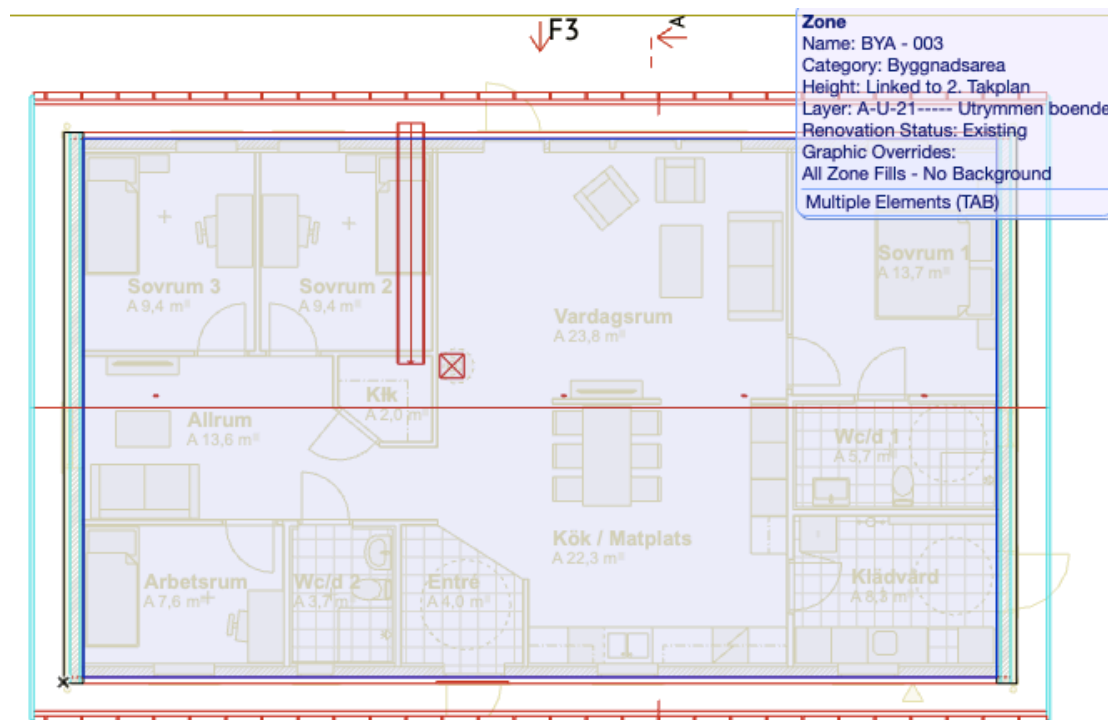
Figur 4. 3: Planlösningen med zonindelningar för nedervåningen (författarens egna bild)

Efter att byggnadsmodellen är slutförd och användaren är nöjd med sin modell, blir nästa steg att dela in alla konditionerade utrymnen i olika zoner för att senare kunna utföra energiberäkningen. Detta eftersom modellens geometrianalys baseras utifrån dessa zonindelningar som görs, därefter går det att högerklicka på respektive zon för att redigera det, se figur 4. 4.



Figur 4. 4: "Zone Selection Settings" är markerad (författarens egna bild)

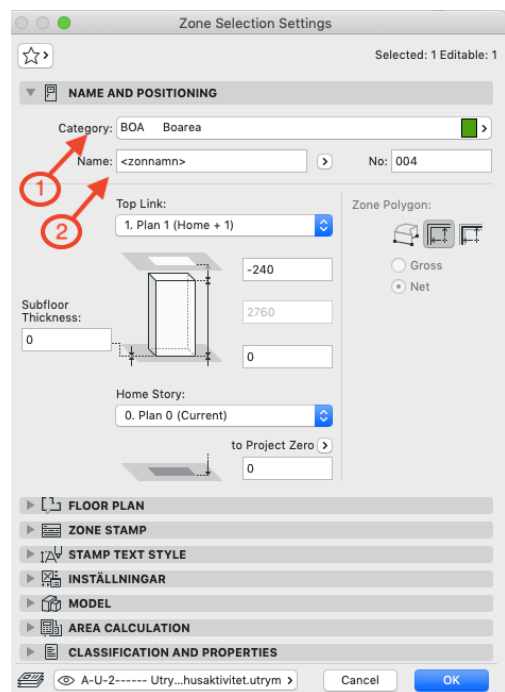
Just i detta fall som undersöktes var det inte viktigt att dela in huset i flera olika zoner då det är ett litet hus med samma typ av driftsystem överallt. Detta blir mer aktuellt ju större byggnaden är och ju mer komplicerat systemet är. Indelningen som visas i figur 4. 3 är enbart till för att underlätta för den som modellerar huset. För detta fall tilldelades nedervåningen och övervåningen varsin zon, se figur 4. 3 och 4. 5.



Figur 4. 5: Zon för övervåningen (författarens egna bild)

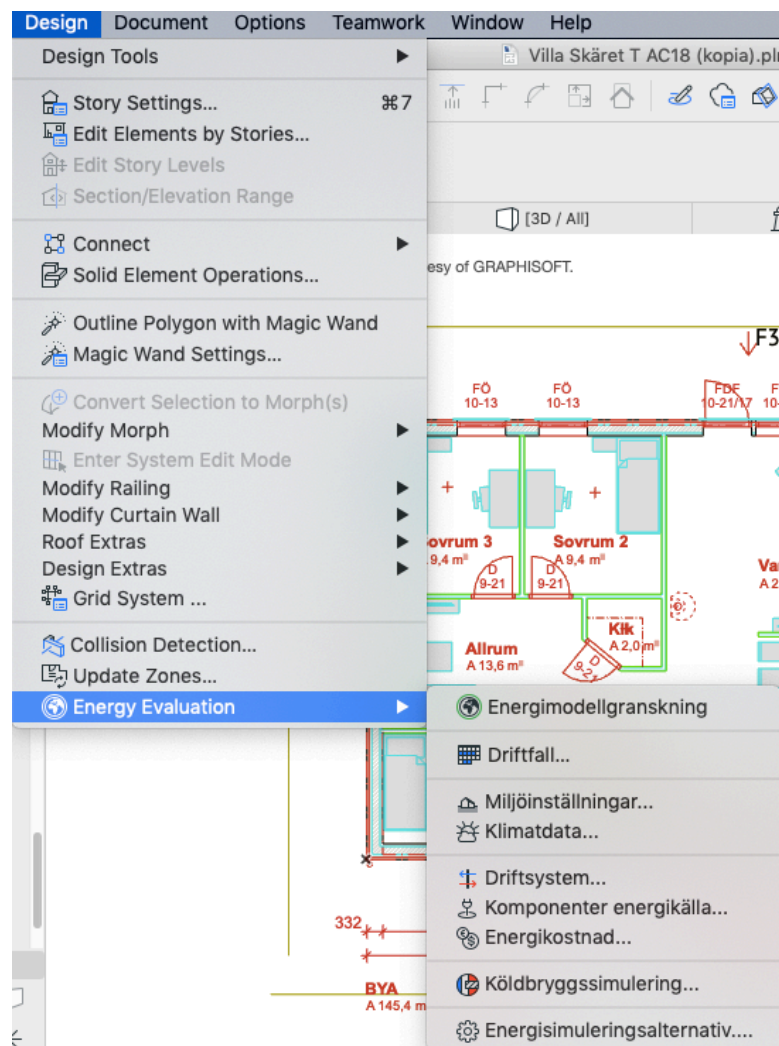
I dialogboxen börjas det först med att välja zon kategori, detta för att urskilja olika utrymmen i en byggnad. Till exempel går det att tilldela "kontor" till ett utrymme och "kommunikation och åtkomst" till ett annat. I valet tillkommer, kategori namn, kod, färg, zon märken och en del andra parametrar, se figur 4.6.

Sedan går det att även namnge respektive yta i sin tilldelade zon, detta för att mer specifikt veta vad utrymmet ska användas till. Ett exempel kan vara att ett område benämns som sovrums, vardagsrum, toalett, kök etc., se figur 4. 6.



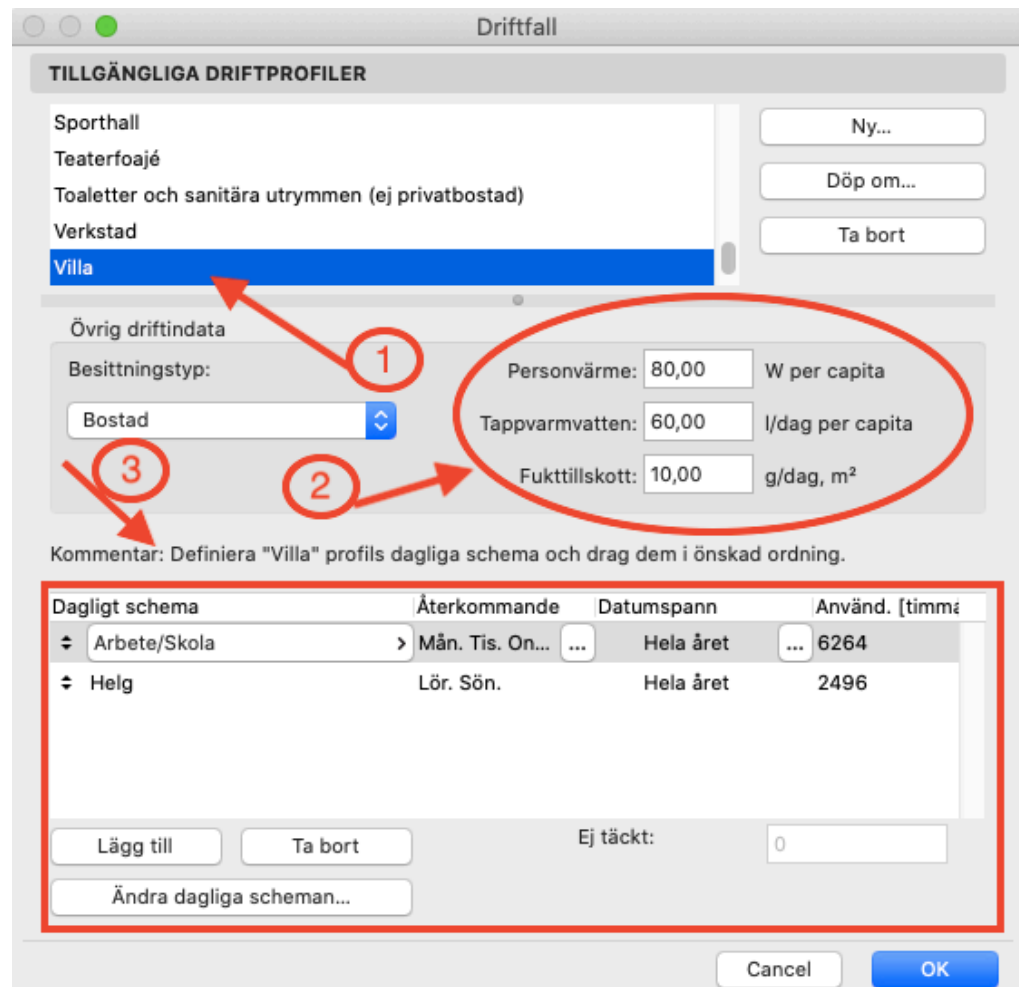
Figur 4. 6: Dialogbox för zoninställningar (författarens egna bild)

Efter zonindelningen är slutförd går brukaren vidare för att mata in data som är relevant för projektet. Genom Design → Energy Evaluation, framgår de olika funktionerna som kan justeras, se figur 4. 7. I detta fall var driftfall, miljöinställningar, klimatdata och driftsystem de verktygen som användes för analysen, då energikälla och energikostnad inte var relevant för denna analys. Förutom det, uteblev även hänsynstagandet för köldbryggor då det endast fungerar med Add-on programmet EcoDesigner STAR.



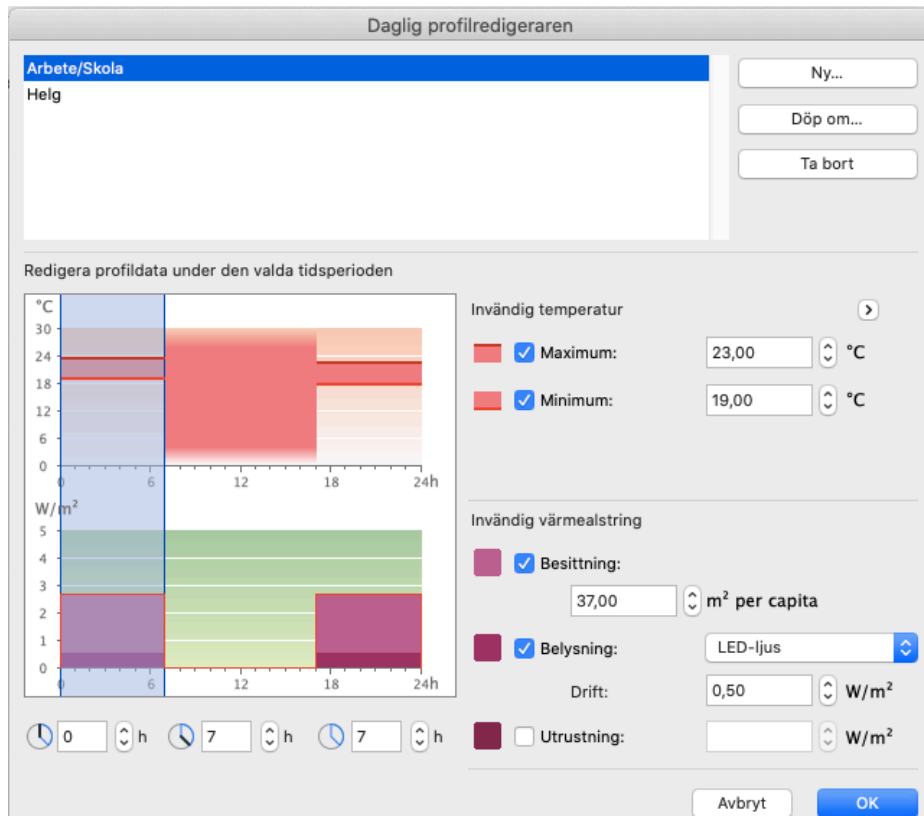
Figur 4. 7: Energy Evaluation funktionen markerad (författarens egna bild)

Processen börjar med att först välja driftprofil för sin byggnad (nummer 1 i figur 4. 8) av de tillgängliga i listan. Det är även möjligt att döpa om och skapa en egen driftprofil, vilket har gjorts för detta fall. De tre värdena som skall fyllas i är personvärme, tappvarmvatten och fukttillskott, se nummer 2 i figur 4. 8. För personvärme användes samma värde som Varbergshus det vill säga 80 W/person, för tappvarmvatten antogs ett värde på 60 l/dag/person (vilket ansågs rimligt utifrån ett normaltbrukande), och för fukttillskottet användes ArchiCads standardvärde på 10 g/dag, m<sup>2</sup>. Sedan är det även möjligt att ändra det dagliga schemat för en byggnad (nummer 3 i figur 4. 8).



Figur 4. 8: Dialogbox för driftfall (författarens egna bild)

I dialogboxen för det dagliga schemat finns det möjlighet att tilldela värden såsom max- och min temperatur och internvärmealstring för sitt projekt, se figur 4. 9. Det tilldelades 23 °C för maxtemperatur och 19 °C för min temperatur, dessa värden är baserade på Varbergshus. För besittningen dividerades boarean (129 m<sup>2</sup>) på antalet personer som vistas i huset (3,5 personer enligt Varbergshus indata). Belysning, drift och utrustning antogs då det inte fanns input på dessa från Varbergshus, se figur 4. 9.



Figur 4. 9: Det dagliga schemat (författarens egna bild)

Som det går att se på figuren nedan så innehåller denna dialogbox ett flertal olika alternativ. Däremot användes endast inställningarna 1 och 2 i figur 4. 10, vilket är projektplats och klimatdata. Anledningen till detta är att det inte fanns tillräckligt med indata avseende de andra funktionerna. Det är väldigt viktigt att välja rätt projektplats då det slutliga simuleringsresultatet baseras på det. Det laddades ner klimatdata för projektplatsen (Göteborg) genom hemsidan ladybug.tools, vilket har tillgång till klimatdata för alla städer runt om i världen.

Miljöinställningar

Plats och klimat: 1

57° 43' 0" N, 11° 58' 0" O Projektplats

Klimatkälla:SWE\_Goteborg.Landvetter.0 Klimatdata...

Marknivå: till Projektnoll >

Offset-avstånd 2 0

Modellerad av mesh-element

Övergång ytvärme...

Jordmånstyp: Grus

Värmeledningstal	1,400	W/mK
Densitet	2200,00	kg/m <sup>3</sup>
Värmekapacitet	1900,00	J/kgK

Omgivning: Trädgård

Markreflektion 20 %

Vindskydd...

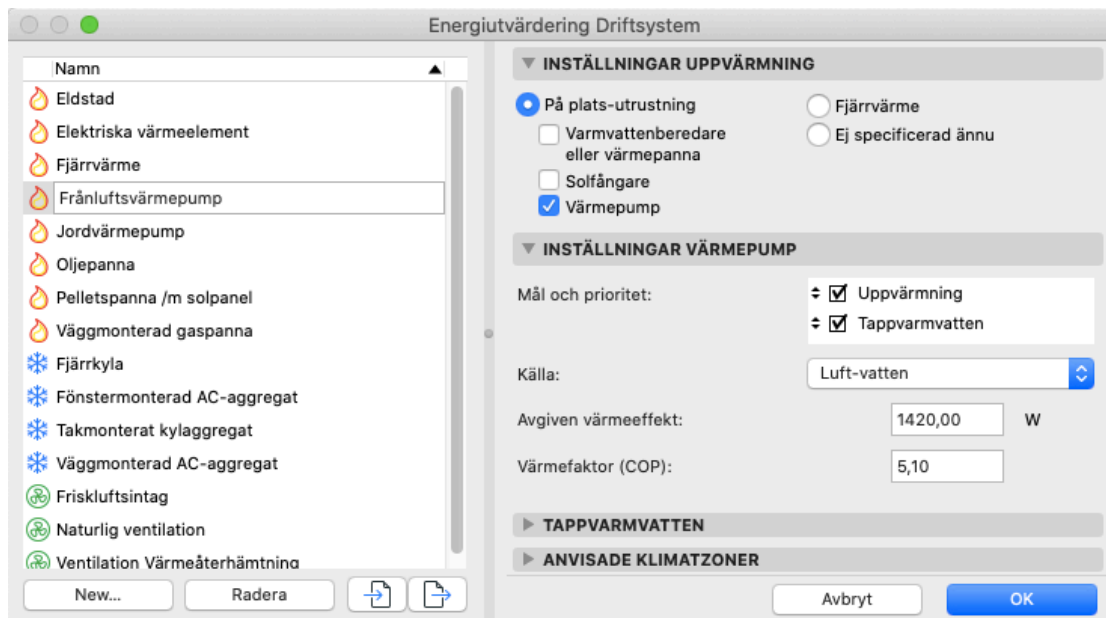
Solskydd...

Avbryt OK

Figur 4. 10: Dialogbox för miljöinställningar (författarens egna bild)

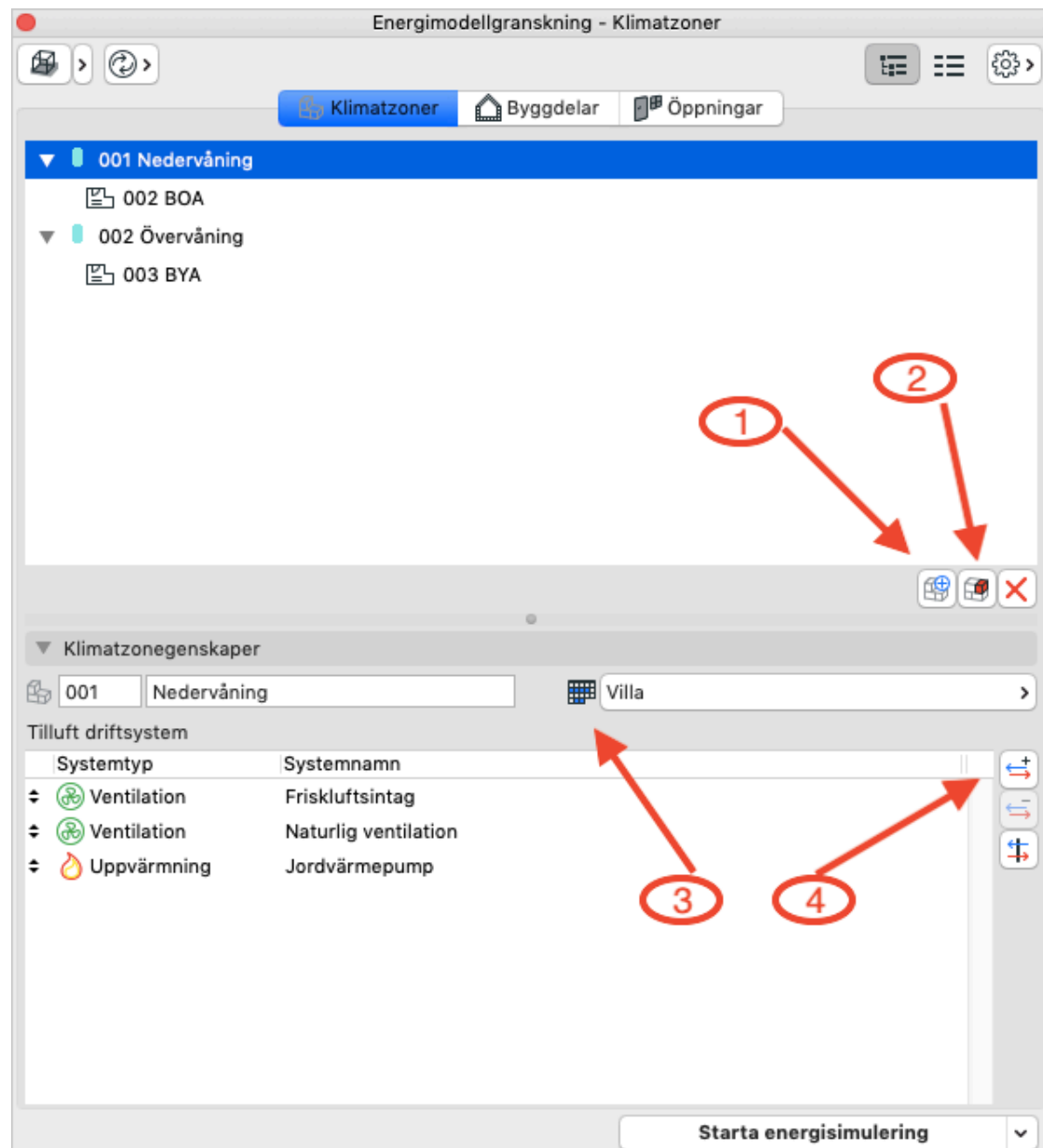
Detta blir det sista steget innan användaren är klar med all indata, här går det att justera eller lägga till typ av driftsystem som används i huset. Uppvärmning, kylning och ventilation kan här justeras utifrån projektet för att sedan tilldelas till respektive klimatzon.

I detta fallet använder huset en frånluftvärmepump vilket inte var tillgängligt i listan, utan det skapades ett nytt driftsystem, se figur 4. 11. För det nyskapade driftsystemet användes avgiven värmeeffekt som 1420 W och 5,1 för COP värdet, se figur 4. 11. Dessa värden är tagna från NIBE F730:s indata och motsvarar ett luftflöde på 50 l/s, se bilaga D. Dessutom användes "Luft-vatten" som källa för inställning av värmepumpen, då det inte fanns ett alternativ för att enbart använda luft som källa. I den engelska versionen av programmet fanns alternativet "External air" vilket för den svenska versionen motsvarar "Luft-vatten". Detta är något som författarna i detta arbetet har valt att inte lägga någon tyngd på, då det verkar handla om ett översättnings fel mer än något annat.



Figur 4. 11: Dialogbox för driftsystem (författarens egna bild)

Detta blir det sista steget innan energisimuleringen startar. Först skapas det en eller flera klimatzoner (det beror på hur användaren väljer att dela upp byggnaden), i detta fall har huset delats upp i en övervåning och en nedervåning, se nummer 1 i figur 4. 12. Därefter tilldelas varje klimatzon en eller flera zoner. Ifall byggnaden är stor och innehåller olika driftsystem blir det mer relevant att tilldela konstruktionen fler klimatzoner, se nummer 2 i figur 4. 12. Därefter tilldelas byggnaden dess driftprofil som skapades innan, och till sist vilket/vilka driftsystem respektive klimatzon skall tilldelas, se nummer 3 & 4 i nedanstående figur. När allt detta är klart går det att starta energisimuleringen.



Figur 4. 12: Dialogbox för energimodellgranskning (författarens egna bild)

Efter att all indata var tilldelad och arbetsgången var slutförd erhöles en simulerad energiförbrukning på **9075 kWh per år** för projektet Villa Skäret, se bilaga B.

## 5 Diskussion & Analys

Efter en längre period av att samla information och utföra undersökningar i ArchiCad, har författarna som skrivit detta arbete fått en större inblick i digitaliseringen inom byggsektorn samt energikonsumtionen. Under litteraturstudien blev det väldigt tydligt att byggsektorn står för en mycket stor andel av energiförbrukningen i Sverige men även resten av världen. Med tanke på den klimatförändring som råder just nu blir det allt mer aktuellt med effektivare lösningar på framtagandet av energianvändning. I början av arbetet fanns det goda förhoppningar från skribenternas sida att det var möjligt att effektivisera framtagandet av energiförbrukning. Detta eftersom en detaljerad undersökningen i ArchiCad ännu inte hade påbörjats, utan det hade endast gjort en teoretiskt undersökning av programmet. Det visade sig dock att vägen dit var mer invecklad och svårare än annat. Det var bland annat svårt att kunna "översätta" indata som A-hus hade tillgång till för att sedan använda det i ArchiCad. Framförallt eftersom författarna endast kunde utgå från de inputen som programmet erbjuder vilket var betydligt färre än vad TMF-Energi har möjlighet att utnyttja, vilket tydligt går att se i bilaga A.

### 5.1 Analys av indata

Det simulerade resultatet för Villa Skäret blev 9075 kWh/år och det verkliga resultatet som A-hus tagit fram med hjälp av TMF-Energi var 7622 kWh/år, vilket är en skillnad på ungefär 1453 kWh/år. Detta visar på att ArchiCads simuleringsverktyg gav en tydlig ökning jämfört med det verkliga resultatet, men det är inte hela sanningen. Det finns flera olika antaganden och felkällor som detta resultat är baserat på, vilket kommer att diskuteras närmare. De funktioner som användes i ArchiCad var driftfall, miljöinställningar, klimatdata och driftsystem. Utöver detta tilldelades också varje byggnadsmaterial sitt eget U-värde, dessutom användes också zonverktyget för att definiera respektive utrymme. Baserat på genomförandesteget insåg skribenterna genom undersökning i ArchiCad att driftfall och driftsystem påverkade slutresultatet i högsta grad.

**Driftfall:** Här var det både kvantiteten av tappvarmvatten som användes, och den dagliga profilverdigeraren som påverkade det simulerade resultatet. Då det inte gick att använda det värdet som A-hus utgick ifrån för tappvarmvatten fick författarna istället anta ett värde utifrån vad en normal person använder i Sverige. En observation som gjordes var att vid ett visst värde (mellan 50-60 l/dag per person) påverkades inte det energisimulerade slutresultatet. Detta innebar att en ökning av mängden tappvarmvatten efter ett visst värde inte påverkar det simulerade energieresultatet, vilket är väldigt oroväckande och ifrågasätter programmets trovärdighet. För den dagliga profilverdigeraren antogs värden för min- och maxtemperatur, besittning och intern värmealstring. Alla dessa har en stor inverkan på slutresultatet och bidrar till resultatets korrekthet.

Min-och max temperatur valdes utifrån TMF-Energis indata, där A-hus hade använt 21°C som inomhus temperatur. Därför valdes ett temperaturintervall mellan 19 - 23°C då medelvärdet av dessa två värden blir 21°C. Författarna drog slutsatsen att "besittning" innebär hur många personer som skall bo i huset, efter det gjorts

informationssökning på Graphisofts hemsida. Däremot var enheten för besittning i m<sup>2</sup>, därför delades arean på antalet personer. Indata för Internvärmealstring valdes utifrån ett energisnålt hänsynstagande, baserat på tidigare erfarenhet inom området installationsteknik.

**Driftsystem:** Vid val av driftsystem så erbjödes som sagt olika alternativ i programmet. Samt, möjligheten att både justera befintliga driftsystem och framställa nya. För det nyskapade driftsystemet för nedervåningen valdes ett luftflöde på 50 l/s, detta utifrån den indata som A-hus använde för TMF-Energi. Kolumnen för 50 l/s har flera olika COP och värmeeffektvärden, dock valdes det högsta COP värdet på grund av högre energieffektivitet. I energirapporten av Varberghus var det inte tydligt vilka värden som användes för COP och avgiven värmeeffekt, därför kan författarnas antagande betraktas som en felkälla. När skapandet av det nya driftsystem gjordes gick det inte att tilldela frånluftsvärmepumpens förmåga att även ventilerat huset. Därför valdes vid sidan av det också friskluftsintag och naturlig ventilation. För övervåningen valdes inget värmesystem utan bara naturlig ventilation.

Det fanns inte tillräckligt med information från Varberghus sida avseende omgivningen karaktär, såsom marktyp, vindskydd, solskydd, markreflektion och så vidare. Därför gjordes inga omfattande redigeringar för miljöinställningsfunktionen. Vilket innebar att författarna valde att använda de standardvärden som ArchiCad erbjöd. Skulle det funnits exakta indata för miljöinställningarna kanske det hade haft en inverkan på det simulerade slutresultatet, och bidragit med ett mer realistiskt resultat som speglar verkligheten.

Två zoner tilldelades huset, ett för nedervåningen och ett för övervåningen. Detta eftersom klimatskalets alla delar skall inkluderas i energiberäkningen. Däremot ledde detta till att programmet adderade golvarean för nedervåningen och övervåningen. Vilket inte är rätt, för att det är endast golvarean av nedervåningen som skall tas hänsyn till. Däremot kunde detta inte undvikas, då det annars inte hade varit möjligt att inkludera klimatskalets alla delar. Detta resulterade i att arean i ArchiCad blev större än den som A-hus använde i TMF-Energi.

Gällande byggnadsmaterialens U-värden är det värt att påpeka att det inte användes exakt samma U-värden som A-hus för klimatskalets olika komponenter. Detta eftersom ArchiCad inte hade tillgång till de materialen som låg på samma U-värde som A-hus använde sig av. Men det visade sig efter ett antal undersökningar att skillnaden i U-värde inte var en betydande faktor för detta fallet. Klimatdata har en inverkan på slutresultatet, däremot testades det inte att placera huset i en annan stad. Med andra ord är det svårt att säga exakt hur mycket klimatdata funktionen hade påverkat slutresultatet.

## 5.2 Diskussion kring programmen

Enligt skribenterna grundar sig skillnaden till största del på felkällor och antaganden som har gjorts under arbetet i ArchiCad. Parallellt med det, även skillnader i alternativ av indata som de olika programmen (TMF-Energi & ArchiCad) erbjuder. I bakgrundinformationen kan det vid första anblick betraktas som att skillnaderna mellan inputen för programmen är minimal. Däremot finns en viss skillnad och det är

en betydande faktor som har en inverkan på differensen i resultaten. Det får inte glömmas att TMF-Energi är ett beräkningsprogram som specifikt är gjort för att ta fram energiförbrukning för små trähus, och Energy Evaluation är ett av många olika verktyg som finns integrerat i ArchiCad. BIM-programmet ArchiCad är inte specifikt tillverkat för att utföra energianalyser.

I TMF-Energi finns det större möjligheter att använda sig av mer detaljerad indata. Till exempel har programmet redan indata på driftsystemet som Varberghus använder. Medan det i ArchiCad måste skapas ett nytt driftsystem, och dessutom inte har möjligheten att tilldela frånluftsvärmepumpen alla dess egenskaper. Sådana egenskaper som skulle kunnat sänka det energisimulerade resultatet. Ett problem som uppstod i ArchiCad som har tagits upp i analysen var att programmet beräknade en större area än vad det egentligen skulle vara. Detta problemet skulle inte kunna uppstå ifall TMF-Energi hade använts, då de byggnadsfysikaliska inputen måste beräknas innan och sedan matas in manuellt. Det är såklart mer tidkrävande men det har en inverkan på resultatets trovärdighet.

Då ArchiCad endast producerar en energirapport utan att visa de bakomliggande ekvationerna går det inte att säga ifall beräkningarna är gjorda på rätt sätt. Med andra ord innebär det att det inte går att veta exakt vilka ekvationer som ArchiCad har använt för att framställa energirapporten. Medan TMF-Energi är ett verifierat program enligt RISE, vilket innebär att trovärdigheten av resultatet kan garanteras. Däremot är det viktigt att påpeka att enligt RISE så finns det trots allt en viss osäkerhet på det beräknade slutresultatet. De belyser att det beräknade värdet i verkligheten antingen är 10–20 % mer eller mindre. Detta då det beror på hur energimedveten personerna i huset är.

Add-on funktionen EcoDesigner STAR har enligt Graphisoft fler alternativ tillgängligt än vad standardversionen Energy Evaluation har tillgång till. Dessa extra alternativ är bland annat simulering av köldbryggor samt mer avancerade redigeringsalternativ för driftsystemet. Enligt författarna kan nästa steg vara att utföra en undersökning med stöd av EcoDesigner STAR istället för att endast använda standardversionen som är integrerat i ArchiCad. Detta framförallt på grund av att kunna justera inställningarna för driftsystemet, då det hade en stor inverkan på slutresultatet. Men även för att kunna ta med köldbryggor i beräkningen för att spegla verkligheten ännu mer, och på det sättet få ett mer realistiskt slutresultat.

## 6 Slutsats

Med en ständig befolkningsökning, tillsammans med kontinuerlig urbanisering krävs det mer resurser och mer energiåtgång för att säkerställa och tillfredsställa allas behov. Detta i sin tur inkallar smarta och hållbara lösningar. Lösningar som garanterar optimalt utnyttjande av tillgängliga resurser med hänsyn till sociala, ekonomiska och ekologiska perspektiv. Sverige och Europa har bland annat lagt fram långsiktiga mål för att reducera energiförbrukning samt främja uppkommandet av förnybara energiresurser.

Byggnaders energideklarationer, certifieringar och energikrav leder på ett indirekt sätt till ett bättre utnyttjande av våra tillgängliga energiresurser. Detta då det ställer krav på byggföretag att försöka använda mer energieffektiva lösningar. Detta har lett till att nya byggnader står för en mindre energikonsumtion än äldre byggnader, dock går det inte att förneka att bygg- och fastighetssektorn står för en stor andel av Sveriges energiförbrukning. BIM har underlättat projekteringsprocessen och försett byggsektorn med ett verktyg som hjälper användaren att förutse problem som kan förekomma i framtiden. Just därför är det väldigt viktigt att utvecklingen av BIM fortsätter och att det försöks skapas flera dimensioner, än de som redan finns i dagsläget. Det gäller då att försöka utnyttja BIM så mycket som möjligt, eftersom det indirekt påverkar energikonsumtionen. Detta genom att bland annat ge användaren möjlighet att hitta effektivare lösningar redan i de tidiga skederna av projekteringsprocessen.

Slutresultatet som erhöles efter att hela arbetsflödet var slutfört visar på en tydlig skillnaden med jämförelse till A-hus resultat. Anledningen till detta är många, vilket författarna har försökt att analysera och diskutera i förgående kapitel. Så med facit i hand tycker vi som skrivit detta arbete att det inte är möjligt att använda ArchiCads energisimulerings funktion för att bland annat uppfylla Boverkets krav kring energikonsumtion. ArchiCad har möjligheten att framställa energirapporter, däremot är det enligt skribenterna inte trovärdiga förrän det gjorts en mer fördjupad analys av programmet. Ett förslag för att verifiera resultatet från ArchiCad är att efterlikna RISE metoden, vilket innebär att det utförs fler jämförelser med riktiga fall runt om i landet. Trots att ArchiCads energifunktion inte är kapabel till att producera primärenergital som Boverket kräver i sina energideklarationer, skulle det vara möjligt att använda ekvationer vid sidan om förutsatt att det simulerade resultatet är korrekt.

Enligt författarna kan ArchiCads energifunktioner användas som en indikator på ifall byggnadens energiförbrukning ligger inom kraven innan den skickas vidare till A-hus. Detta kan underlätta framtagningsprocessen av energiåtgången då projektörer i Varberghus är säkra på att byggnaden uppfyller kraven innan den skickas vidare.

Om det skulle vara möjligt att enbart använda sig av resultatet från ArchiCad så hade det varit en rätt väg mot en hållbarare framtid, och samtidigt uppfylla de olika hållbarhetsaspekterna. Framförallt så hade både de ekologiska och ekonomiska aspekterna gynnats av det. Programmet skulle lett till nedskärning av resurser och kostnad parallellt med att tillåta användaren att hitta effektivare energilösningar. Istället för att skicka vidare modellen till A-hus skulle det vara möjligt att spara tid och utföra energianalysen direkt i ArchiCad, vilket i sin tur innebär att den tiden som sparas kan användas inom något annat område. I detta fallet kan det handla om att lägga tid på att hitta smartare och mer effektiva energilösningar vilket gynnar miljön.

Då flyttas synsättet från egotism till ekocentrism, och som det har presenterats tidigare, för att kunna nå den önskade hållbara utvecklingen måste det tas hänsyn till de ekonomiska, sociala, och ekologiska aspekterna.

Trots all nedlagd tid för att utföra undersökningar i ArchiCad går det inte att bortse från tidsbristen, vilket innebär att det fortfarande finns mycket mer allt lära sig kring ArchiCad och alla dess verktyg. Skribenterna har i denna rapport gett läsaren en förståelse av att framtagande av energiförbrukning är möjligt i ArchiCad däremot krävs det mer utveckling av programmet. Denna rapport kan betraktas som ett underlag och grund för vidare forskning och utveckling inom detta området.

## 7 Referenser

Autodesk Inc. (2019). *Bridging BIM and BEM: the path forward to more efficient building design and operations*. -: Autodesk Inc.

Abanda, F.H., Kamsu-Foguem, B & Tah, J.H.M. (2017). BIM - New rules of measurement ontology for construction cost estimation. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 20(2), 443-459. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2017.01.007>

Boverket. (2019). *Fördjupad utvärdering av god bebyggd miljö*. Karlskrona: Boverket.

Boverket. (u.å.). *Boverkets författnings samling*. Hämtad från Boverket: <https://www.boverket.se/contentassets/ac528c243fed4ee4ab08cf27e04a7eeb/bfs-2018-xx-bbr-avsnitt-9.pdf>

Boverket. (2019). *Beräkning av byggnadens energiprestanda*. Hämtad 2020-02-09 från <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/for-energiexperter/berakning-av-byggnadens-energianvandning/>

Boverket. (2017). *Energikrav*. Hämtad 2020-03-01 från <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/>

Boverket. (2020). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*. Hämtad 2020-04-15 från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/>

Boverket. (2014). *Atemp*. Hämtad 2020-05-08 från <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/>

Bygghuset. (2013). *Frånluftsvärmepump – allt du behöver veta*. Hämtad 2020-05-08 från <https://www.bygghuset.se/varme/franluftsvarmepump-allt-du-behover-veta>

Charef, R, Alaka, H, & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*. 19(-), 242-257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.04.028>

Derome. (u.å.). *Från skog till färdigt hus*. Hämtad 2020-04-10 från <https://www.derome.se/om-derome/derome-verksamheten>

Energimyndigheten. (2003). *Energianvändning i bebyggelsen*. Stockholm: Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA.

Energimyndigheten. (2019). *Sveriges energi- och klimatmål*. Hämtad 2020-04-16 från Energimyndigheten: <http://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/sveriges-energi-och-klimatmal/>

Graphisoft (u.å.). *VIP-Core Dynamic Simulation Engine (Energy Evaluation)*. Hämtad 2020-03-22 från <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/89252/>

Graphisoft. (u.å.). *Structure Property Settings (Energy Evaluation)*. Hämtad 2020-05-07 från <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/65698/>

Graphisoft. (u.å.). *Zone Tool Settings*. Hämtad 2020-05-07 från <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/66006/>

Graphisoft. (u.å.). *Climate Data (Energy Evaluation)*. Hämtad 2020-05-07 från <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/65700/>

Graphisoft. (u.å.). *Operation Profiles (Energy Evaluation)*. Hämtad 2020-05-07 från <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/65702/>

Graphisoft. (u.å.) *Building Systems (Energy Evaluation)*. Hämtad 2020-05-07 från <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/65703/>

Graphisoft.(2014). *EcoDesigner STAR User Manual*. Hämtad 2020 – 05 – 08 från [https://www.graphisoft.com/ftp/marketing/edstar/EcoDesigner\\_STAR\\_User\\_Manual.pdf](https://www.graphisoft.com/ftp/marketing/edstar/EcoDesigner_STAR_User_Manual.pdf)

Hållbarhetsforum. (2020). *Vad är hållbarhet*. Hämtad 2020-02-25 från <https://www.hallbarhet.lu.se/om-hallbarhetsforum/vad-ar-hallbarhet>

Miljonytta. (u.å.) *Ett hållbart byggande i världsklass*. Hämtad 2020-02-02 från <https://miljonytta.se.loopiadns.com/branscher/byggindustrin/>

Naturvårdsverket. (2008). *Vad händer med klimatet?* Hämtad från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-8368-7.pdf>

Naturvårdsverket. (2020). *Hållbar stadsutveckling*. Hämtad 2020-02-26 från <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Hallbara-stader/>

Polarpumpen.(u.å.). *Värmepumpens COP och SCOP-värde*. Hämtad 2020-05-08 från <https://www.polarpumpen.se/varmepumpar/kunskapsbank/cop-scop>

RISE. (2017). *Beräkningshjälpmedel för projektering och verifiering av energianvändning i nybyggda småhus*. Borås. RISE.

RISE. (2017). *Beräkningshjälpmedel för beräkning av energianvändning i nybyggda småhus enligt BBR 26 och BEN 2*. Stockholm. RISE.

United-BIM. (2019). *BIM - Maturity Levels Explained - Level 0, Level 1, Level 2, Level 3*. Hämtad 2020-03-02 från <https://www.united-bim.com/bim-maturity-levels-explained-level-0-1-2-3/>

# 8 Bilagor

## 8.1 Bilaga A, Energirapport genom TMF-Energi

### Beräkning av energianvändning och primärenergital för hus med frånluftsvärmepump

**Typ av beräkning:** Underlag till Byggnämnden. Beräkning av projekterad byggnads förväntade primärenergital enligt avsnitt 9:2 i Boverkets Byggregler BBR 28, baserat på normalt brukande under ett normalår enligt kapitel 2 i BEN 3, projekterade värden och bygghandlingar.

**Beräkningen avser:** Husmodell: Skäret  
Beställningsnummer:  
Ordernummer:  
Kommun/klimator: Varberg  
Geografisk justeringsfaktor: 0,9  
Fastighetsbeteckning:  
Adress:

Köpare:

För att uppfylla de krav som Boverkets byggregler ställer på energianvändningen, enligt avsnitt 9 i BBR 28 (BFS 2019:2), har vid beräkningen följande indata använts för att representera "normalt brukande" enligt kapitel 2 i BEN 3 (BFS 2018:5):

- inomhustemperatur; 21 °C, under uppvärmningssäsongen  
- hushållsel; 30 kWh per m<sup>2</sup> tempererad golvarea och år  
- tappvarmvatten; 20 kWh per m<sup>2</sup> tempererad golvarea och år  
- personvärme; 80 W/person, närvarotid 14 h/dygn  
- antal personer; 3,5 st  
- närvarotid, medel; 14 h/dygn

För den aktuella byggnaden har bl.a. följande projekterade indata använts:

- tempererad golvarea; 129 m<sup>2</sup> - energieffektiva blandare; nej  
- omslutande yta; 372 m<sup>2</sup> - energieffektiv ventilation; ja  
- U<sub>n</sub>-värde; 0,19 (W/(K m<sup>2</sup>)) - medelluftflöde; 47,8 l/s  
- lufttätethet; 0,40 (l/(s m<sup>2</sup>))

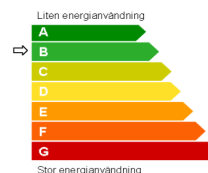
Vidare har fabrikantdata för följande installationer använts:

Frånluftsvärmepump typ; Nibe F730  
Spisfläkt/kåpa typ; F200

Beräkningen har gett följande resultat:

Totalt levererad/köpt elenergi <sup>1</sup>; 7642 kWh/år  
Energianvändning <sup>2</sup>; 3766 kWh/år

**Byggnadens primärenergital <sup>2,3</sup>; 50 kWh/m<sup>2</sup> per år**  
Kravnivå enligt BBR 28 (BFS 2019:2); 90 kWh/m<sup>2</sup> per år  
Energiklass enligt BED 10 (BFS 2018:11); B  
Specifik energianvändning enligt BBR 24; 29 kWh/m<sup>2</sup> per år  
**Dim. eleffektbehov för uppvärmning <sup>4</sup>; 1,9 kW**  
**Installerad märkeffekt <sup>5</sup>; 3,0 kW**  
Kravnivå enligt BBR 28 (BFS 2019:2); 4,5 kW



- 1) Avser endast den beräknade byggnadens energianvändning, inte hela fastighetens energianvändning.
- 2) Exklusive hushållsel, men inklusive driftel för fläktar, pumpar, etc.
- 3) För beräkning av färdigställd byggnad är detta också värdet för energideklarering av dess energianvändning enligt BED 10 (BFS 2018:11). Beräkningen har skett med marginal för variationer i tillverkningsprocess och variationer i "normalt brukande". Vid en energislösande användning bör verklig energianvändning kunna bli 10-20 % lägre än beräknat. Vid ett energislösande beteende kan verklig energianvändning istället bli 10-20 % högre, eller mer.
- 4) Beräknat eleffektbehov för uppvärmning och varmvatten vid DVUT, exklusive eleffekt till fläktar och cirkulationspumpar för värmefördelning.
- 5) Summan av installerade eleffekter för uppvärmning och varmvatten, exklusive eleffekt till fläktar och cirkulationspumpar för värmefördelning.

Beräkningen har gjorts med beräkningshjälpmedel som framtagits av RISE, Research Institutes of Sweden på uppdrag av TMF, Trä- och Möbelföretagen, för trähustillverkande medlemmar inom TMF. Beräkningshjälpmedlet är i huvudsak baserat på SS-EN ISO 52016:2017 men med anpassning av defaultvärden till svenska förhållanden. Indata är i tillämpliga delar baserade på provningsresultat från EN-standarder för respektive typ av installation (EN-14511, EN-1148, EN-1151, EN-13141-3, -4, -7)



Beräkningen har gjorts av: PM Ekelund  
Varbergshus AB  
2020-03-12



Eventuella kommentarer:

Klimatskal:  
I-tak isol. 500mm, Y-vägg isol. 265mm, Fönster U=1,0 W/m<sup>2</sup>K, Dörr U=1,0 W/m<sup>2</sup>K, Platta isol 300mm  
Beräkningen gäller endast huvudbyggnad.  
Anm: Ev. Garagebyggnad/Uterum har ej medräknats i energianvändningen då de antas ouppvärmat eller uppvärmt till max 10gr

hus med frekvens-/kapacitetsreglerad frånluftsvärmepump

Data ifyllida av: **PM Ekelund**  
Företag: **Varbergshus AB**  
Datum: **2020-03-12**

TMF Energi version 8.14 smh

Fritextruta/kommentarer:

Klimatskal:  
I-tak isol. 500mm, Y-vägg isol. 265mm, Fönster U=1,0 W/m2K, Dörr U=1,0 W/m2K, Platta isol 300mm  
Beräkningen gäller endast huvudbyggnad.

Anm: Ev. Garagebyggnad/Uterum har ej medräknats i energianvändningen då de antas uppvärmt eller uppvärmt till max 10gr

INDATA		Typ av beräkning: <b>Projekterad byggnad</b> där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.	
<b>Allmänt</b>		<b>Värmeproduktion</b>	
Hustillverkare:	<b>Varbergshus AB</b>	<b>Nibe F730</b>	<b>Solel</b>
Husmodell:	<b>Skåret</b>	Q nom <b>50,0</b> (l/s)	Totalt levererad solel <b>0</b> (kWh/år)
Antal rum och kök:	<b>5+</b>	P vp värme, nom 20/35°C 1420 (W)	Andel reduktion energianv. BBR 28 <b>0,0</b> (%)
Beställningsnummer:		COP, värme, nom 20/35°C 5,10 (-)	<b>Direktvärme, komplement</b>
Ordernummer:		P vp värme, nom 20/45°C 1300 (W)	<b>Elektriska handduktorkar</b> <b>0</b> st
Kommun/klimator:	<b>Varberg</b>	COP, värme, nom 20/45°C 3,70 (-)	termostat och/eller timer <b>nej</b>
Geografisk justeringsfaktor:	0,9	P vp värme, max 20/35°C 3760 (W)	årlig energianvändning <b>0</b> (kWh/år)
Fastighetsbeteckning:		COP, värme, max 20/35°C 3,00 (-)	<b>Elgolvvärme (badrum/hall)</b> <b>0,0</b> m <sup>2</sup>
Adress:		P vp värme, max 20/45°C 4030 (W)	termostat och/eller timer <b>nej</b>
Köpare:		COP, värme, max 20/45°C 2,50 (-)	årlig energianvändning <b>0</b> (kWh/år)
		Superheater, varmvatten <b>nej</b>	<b>Märkeffekt direktvärme</b> <b>0</b> (W)
		Tomgångseffekt, el <b>38,0</b> (W)	<b>Annan specifik elförbrukare</b> <b>0</b> (kWh/år)
		Placering utanför klimatskal <b>nej</b>	varav intern värmeavgivning <b>0</b> (%)
<b>Brukande</b>		Installerad eleffekt <b>3000</b> (W)	<b>UTDATA</b>
Trum, medel, uppv.såsong <b>21,0</b> (°C)		<b>Värmedistribution</b>	E hushållsel <b>3876</b> (kWh/år)
Personvärme, specifik <b>80</b> (W/person)		A-klassade cirk.pumpar <b>ja</b>	E ut värmesystem <b>8842</b> (kWh/år)
Närvarotid, medel <b>14</b> (h/dygn)		Pel cirk.pump, medel <b>76</b> (W)	E varmvattenanv. <b>2584</b> (kWh/år)
Varmvattenanv. specifik <b>20</b> (kWh/(m <sup>2</sup> år))		Återkopplad reglering <b>ja</b>	E värmeläckage VVB <b>985</b> (kWh/år)
Antal personer <b>3,51</b> (st)		Vattenburen golvvärme <b>129,2</b> (m <sup>2</sup> )	E el fläktar <b>335</b> (kWh/år)
Hushållsel <b>30</b> (kWh/(m <sup>2</sup> år))		Max temp. fram vid DVUT <b>35,0</b> (°C)	E el cirk.pump, värmedistr. <b>469</b> (kWh/år)
<b>Byggnad</b>		Energieffektiva blandare <b>nej</b>	E el vp kompressor <b>2941</b> (kWh/år)
T <sub>use, medel</sub> <b>8,0</b> (°C)		<b>Ventilation</b>	varav till värme <b>2072</b> (kWh/år)
Tidskonstant (τ) <b>96</b> (h)		Eleffektiv ventilation <b>ja</b>	E elpatron, tillskott <b>22</b> (kWh/år)
DVUT, aktuell <b>-10,9</b> (°C)		Pel fläkt(ar), medel <b>38</b> (W)	varav till värme <b>9</b> (kWh/år)
A <sub>temp</sub> <b>129,2</b> (m <sup>2</sup> )		Spec. luftflöde <b>0,37</b> (l/s/m <sup>2</sup> )	E direktvärme, komplement <b>0</b> (kWh/år)
A <sub>garage</sub> <b>0,0</b> (m <sup>2</sup> )		Luftflöde <b>47,8</b> (l/s)	<b>E el till värme, totalt</b> <b>2081</b> (kWh/år)
A <sub>om, total</sub> <b>372,2</b> (m <sup>2</sup> )		varav via separat F-vent. <b>0,0</b> (l/s)	E annan specifik elförbrukare <b>0</b> (kWh/år)
A <sub>om, byggnadskal</sub> <b>243</b> (m <sup>2</sup> )		SFP <b>0,8</b> (W/l/s)	E red. p.g.a. solet (exkl. hush.el) <b>0</b> (kWh/år)
A <sub>isoleringsplatta</sub> <b>129,2</b> (m <sup>2</sup> )			<b>E köpt energi (exkl. hushållsel)</b> <b>3766</b> (kWh/år)
U <sub>in</sub> <b>0,185</b> (W/(K m <sup>2</sup> ))			E köpt energi totalt, netto <b>7642</b> (kWh/år)
U <sub>tot</sub> <b>68,9</b> (W/K)			E energianvändn. (exkl. hush.el) <b>13215</b> (kWh/år)
Lufttäthet Q <sub>50</sub> <b>0,40</b> (l/(s m <sup>2</sup> ))			E energianvändning, totalt <b>17091</b> (kWh/år)
Avskärmning från vind <b>måttlig</b> (-)			E energibesparing värmepump <b>9449</b> (kWh/år)
Passiv solinstrålning <b>normal</b> (-)			<b>Primärenergital (EP<sub>net</sub>)</b> <b>49,5</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
Värmeeffektbehov, P <sub>tot</sub> <b>4,04</b> (kW)			Kravnivå BBR 28 (BFS 2019:2) <b>90</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
<b>Spisfläkt-kåpa</b> <b>F200</b>			Energiklass BED 10 (BFS 2018:11) <b>B</b>
Uteluftflöde, forcerat <b>150</b> (l/s)			Specifik energianvändning (BBR 24) <b>29,2</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
Drittid <b>0,5</b> (h/dygn)			P el max vp kompressor <b>1,20</b> (kW)
			P elpatron, max <b>0,66</b> (kW)
			P direktvärme <b>0,00</b> (kW)
			<b>Dim. eleffekt för uppvärmning</b> <b>1,86</b> (kW)
			<b>Installerad eleffekt, totalt</b> <b>3,00</b> (kW)
			Kravnivå BBR 28 (BFS 2019:2) <b>4,50</b> (kW)

## 8.2 Bilaga B, Energirapport genom ArchiCads Energy Evaluation

### Uvärdering Energiförbrukning

OBJEKTSNR Villa Skäret T

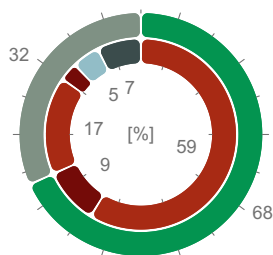
#### Nyckelvärden

<b>Projektdata</b>		<b>Värmeöverföringskoefficient</b>		U-värde	[W/m <sup>2</sup> K]
Projekt:	Villa Skäret T	Genomsnitt byggnadsskal:	<b>0,60</b>		
Stadsläge:		Golv:	<b>0,12 - 0,12</b>		
Latitud:	57° 43' 0" N	Exteriört:	<b>0,07 - 1,32</b>		
Longitud:	11° 58' 0" O	Under mark:	--		
Altitud:	0,00 m	Öppningar:	<b>0,78 - 1,41</b>		
Klimatdatakälla:	SWE_Goteb...0_IWEC.epw	<b>Specifika årliga värden</b>			
Beräkningsdata:	2020-05-08 17:27	Netto uppvärmningsenergi:	<b>25,75</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Data byggeometri:</b>		Netto avkylningsenergi:	<b>0,00</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Brutto golvyta:	<b>292,36</b> m <sup>2</sup>	Total nettoenergi:	<b>25,75</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Uppvärmad yta:	<b>265,33</b> m <sup>2</sup>	Energiförbrukning:	<b>34,21</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Utvändig klimatskalsarea:	<b>414,94</b> m <sup>2</sup>	Bränsleförbrukning:	<b>10,85</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Ventilationsvolym:	<b>490</b> m <sup>3</sup>	Primär energikälla:	<b>55,91</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Kvot glas:	<b>3</b> %	Bränslekostnad:	--	SEK/m <sup>2</sup> a	
<b>Data byggnadsskal</b>		CO <sub>2</sub> -utsläpp:	<b>0,00</b>	kg/m <sup>2</sup> a	
Infiltrering vid 50Pa:	<b>3,25</b> OMS	<b>Graddagar</b>			
		Värme (HDD):	<b>5547,75</b>		
		Kyla (CDD):	<b>606,33</b>		

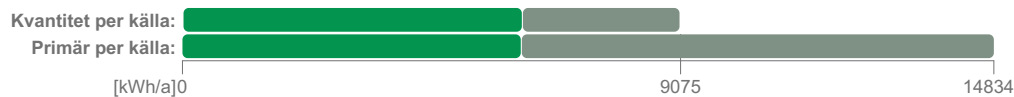
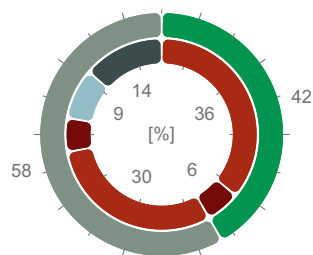
#### Energiförbrukning per energikälla

Källa	Energi			Kostnad SEK/a	CO <sub>2</sub> -utsläpp kg/a
	Källa	Kvantitet kWh/a	Primär kWh/a		
Förnyelsebar	Tilluft	6196	6196	Ej Appl	0
Sekundär	Elektricitet	2879	8638	--	0
<b>Totalt:</b>		<b>9075</b>	<b>14834</b>	Ej applicerbart	<b>0</b>

Energikvantitet

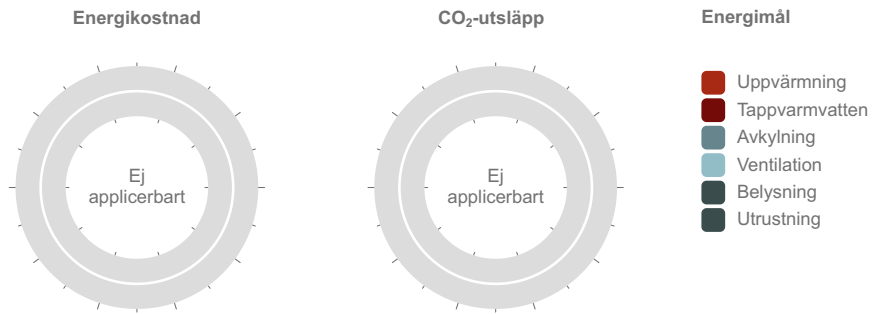


Primär energikälla:



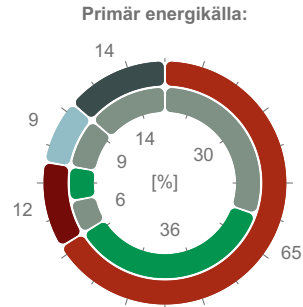
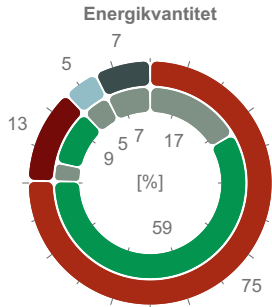
# Uvärdering Energiförbrukning

OBJEKTSNR Villa Skäret T



## Energiförbrukning

Mål	Energi			CO <sub>2</sub> Utsläpp kg/a
	Kvantitet kWh/a	Primär kWh/a	Kostnad SEK/a	
<span style="color: red;">■</span> Uppvärmning	6832	9828	0	0
<span style="color: grey;">■</span> Avkyllning	0	0	0	0
<span style="color: darkred;">■</span> Tappvarmvatten	1143	1709	0	0
<span style="color: lightblue;">■</span> Ventilation	421	1263	0	0
<span style="color: darkgrey;">■</span> Belysning & apparater	677	2033	0	0
<b>Totalt:</b>	<b>9075</b>	<b>14834</b>	<b>Ej Appl</b>	<b>0</b>



## 8.3 Bilaga C, U-värde indata för TMF-Energi



### Resultat från Um-beräkning

2020-03-13 13:59

Objekt: Skäret\_UM-Ber., Bostad - Utomhus  
Utförd av: Företagslicens, A-hus AB / Derome Hus AB

#### Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U \cdot A + \text{Summa } \Psi \cdot L) / A_{om} = 0,18 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Um krav = 0,40 W/m<sup>2</sup>, °C

Byggnaden uppfyller kraven på värmeisolering.

Yta	U (W/m <sup>2</sup> , °C)	A (m <sup>2</sup> )	U*A
1. Platta p m 300isol	0,10	129,2	13,18
2. Vindsbjälklag 500mm	0,08	129,2	10,85
3. YV265FS 265mm	0,15	93,2	13,70
4. Dörr	1,00	6,3	6,30
5. Fönster	1,00	14,3	14,30
<b>Aom &amp; Summa U*A</b>		<b>372,20</b>	<b>58,33</b>

Köldbrygga	Ψ (W/m, °C)	L (m)	Ψ*L
Ansl Fönster	0,02	52,60	1,05
Ansl Dörr	0,02	15,60	0,31
Anslm Platta på mark	0,14	47,40	6,64
Ansl Tak	0,02	47,40	0,95
Ansl Hörn	0,03	10,00	0,30
<b>Längd köldbrygga &amp; Summa Ψ*L</b>		<b>173,00</b>	<b>9,25</b>

ISOVER Energi 3  
Objekt: Skäret\_UM-Ber.  
Företagslicens  
A-hus AB / Derome Hus AB

Sida 1 (4)

## 8.4 Bilaga D, indata för frånluftsvärmepumpen NIBE F730

### 1 TMF indata NIBE F730

#### Indata till TMF:s program

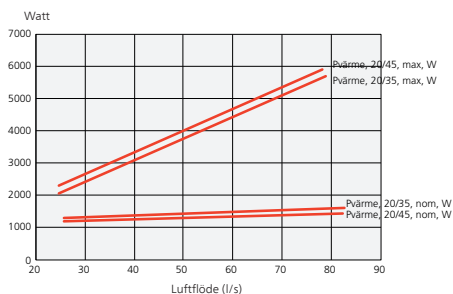
Värmeeffekt resp COP							
Luftflöde	l/s (m <sup>3</sup> /h)	25 (90)	40 (144)	50 (180)	60 (216)	70 (252)	80 (288)
Pvärme 20/35, nom	W	1 280	1 370	1 420	1 480	1 540	1 590
COPvärme 20/35, nom		4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,8
Pvärme 20/45, nom	W	1 180	1 250	1 300	1 340	1 390	1 440
COPvärme 20/45, nom		3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
Pvärme 20/35, max	W	2 090	3 090	3 760	4 430	5 100	5 770
COPvärme 20/35, max		3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9
Pvärme 20/45, max	W	2 340	3 350	4 030	4 710	5 380	6 060
COPvärme 20/45, max		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

#### Hus med frånluftslöde över 80 l/s

Ovanstående tabell redovisar siffror för frånluftslöden upp till och med 80 l/s. Det är dock möjligt att utföra beräkningar för hus med större frånluftslöde än så.

Vid sådana beräkningar ska siffrorna för 80 l/s användas. I cellen "Q nom" ska dock det aktuella husets verkliga frånluftslöde anges.

#### Avgiven effekt sfa frånluftslöde



#### COP sfa frånluftslöde

