

Avdelningen för Byggnadsfysik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Projektering av ett nytt passivhus ur energi- och fuktsynpunkt

Tomislav Kljucovic

2015

Examensarbete
Handledare: Petter Wallentén, LTH
Maj

Förord

Detta examensarbete är skrivet vid avdelningen Byggnadsfysik för Lunds Tekniska Högskola under våren 2015. Arbetet som omfattar 30 högskolepoäng skrivs som den avslutande delen på civilingenjörsprogrammet inom Väg och- Vattenbyggnad, inriktning husbyggnadsteknik.

Jag vill tacka min handledare Petter Wallentén vid Byggnadsfysik för det stöd och hjälp jag fått under arbetets gång. Jag vill även tacka Hans Eek, arkitekt vid passivhuscentrum som bistått med tips och hjälp vid projekteringen av mitt passivhus.

Tomislav Kljucevic

Lund, Maj 2015

Abstract

Title: Design of a new passive house from energy- and moisture perspective.

Author: Tomislav Kljucovic

Tutor: Petter Wallentén

Examiner: Lars-Erik Harderup

Issue:

With today's increasingly stringent demands for reduced energy consumption for buildings, many choose to build so-called low-energy or passive houses. These houses have that in common that they are well insulated and advantageous from an energy perspective but alongside this more prone to moisture damage. In this work, a passive house was designed and energy calculations were executed. The house's basic, wall and roof constructions were evaluated from a building physical point of view.

Purpose:

The purpose of this study was to find a solution and design a new Swedish passive house that met FEBY12s requirements. The different construction elements must also be moisture proof. The one-family house is projected for one family will be designed as rationally as possible for the building to be economically advantageous.

Main questions:

- Is the house's construction suitable from energy perspective?
- Is the house's construction moisture-proof?

Method:

Work began by literature studies in the subject were books, scientific articles and relevant websites have been the basis for learning. Subsequently architectural drawings in Revit were made. The house's energy consumption and moisture safety was simulated and calculated in WUFI Plus.

Conclusions:

From the energy meets the house FEBY12 requirements and thus the name "Projected Passive House according to FEBY 12". Passive house's total specific energy demand is expected to be $49,3 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

The house's wall-, roof- and foundation design is therefore suitable from the energy perspective because all the energy requirements were met.

From a moisture standpoint the solution with a diffusion close paper in the roof structure is at risk for mold growth. If a roof with a diffusion open roofing felt is elected may the houses construction be considered as moisture-proof. The house's basic- and wall construction is deemed to be moisture-proof.

Sammanfattning

Titel: Projektering av ett nytt passivhus ur energi- och fuktsynpunkt

Författare: Tomislav Kljucovic

Handledare: Petter Wallentén

Examinator: Lars-Erik Harderup

Probleminställning:

Med dagens allt hårdare krav på minskad energiförbrukning för byggnader väljer många att bygga så kallade lågenergihus eller passivhus. Dessa hus har som gemensamt att de blir välisolerade och fördelaktiga ur energisynpunkt men parallellt med detta generellt mer benägna för fuktskador. I detta arbete projekterades ett passivhus och energiberäkningar utföras. Husets grund- vägg- och takkonstruktion utvärderades ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv.

Syfte:

Syftet med detta examensarbete var att hitta en lösning och projektera ett nytt svenskt passivhus som uppfyller FEBY12s krav. Konstruktionens olika element ska vidare vara fuktsäkra. Enbostadshuset som projekteras för en familj kommer att utformas så rationellt som möjligt för att byggnaden ska bli ekonomiskt fördelaktig.

Frågeställning:

- Är husets konstruktion passande ur energisynpunkt?
- Är husets konstruktion fuktsäker?

Metod:

Arbetet inleddes med en litteraturstudie där framförallt böcker, vetenskapliga artiklar och relevanta hemsidor legat till grund för inläringen. Därefter uppfördes arkitekturritningar i Revit. Husets energiförbrukning och fuktsäkerhet simuleras och beräknades i WUFI Plus.

Slutsatser:

Ur energisynpunkt uppfyller huset FEBY12 krav och får därmed benämningen "Projekterat Passivhus enligt FEBY 12". Passivhusets totala specifika energibehov förväntas bli $49,3 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

Husets vägg-, tak- och grundkonstruktion blir därmed passande ur energisynpunkt då samtliga energikrav klaras.

Ur fuktsynpunkt hamnar lösningen med en tät takpapp i takkonstruktionen i riskzonen för mögelpåväxt. Väljs en takkonstruktion med en diffusionsöppen takpapp kan husets konstruktion anses som fuktsäker. Husets grund- och väggkonstruktion bedöms vara fuktsäker.

Innehåll

1	INTRODUKTION	9
1.1	BAKGRUND	9
1.2	SYFTE	9
1.3	METOD	9
1.4	AVGRÄNSNING	10
1.5	MÅLGRUPP	10
2	LITTERATURSTUDIE	11
2.1	DAGENS PASSIVHUS	11
2.1.1	<i>Lindåshuset</i>	11
2.1.2	<i>Villa Åkarp</i>	12
2.1.3	<i>Passivhus i Trosa</i>	13
2.2	VÄRME	14
2.2.1	Transmissionsförluster	15
2.2.2	Värmebehov	15
2.2.3	Luftläckage och vädringsförluster	15
2.2.4	Värmebehov för tappvarmvatten	15
2.2.5	Distributions- och reglerförluster	16
2.2.6	Hushållsel	16
2.2.7	Värmetillskott	16
2.2.8	Solstrålning	16
2.3	FUKT	16
2.3.1	Fuktproblem	17
2.3.2	Kritiskt fuktillstånd	18
3	BYGGNADSDELAR I MITT PASSIVHUS	21
3.1.1	Träregelvägg	21
3.1.2	Trätak	22
3.1.3	Platta på mark	23
3.1.4	Träfönster	23
4	METOD	25
4.1	ARKITEKTUR	25
4.2	KONSTRUKTIONSDELARNAS UPPBYGGNAD OCH U-VÄRDEN	25
4.2.1	Yttervägg	25
4.2.2	Grund	28
4.2.3	Tak	30
4.2.4	Fönster	31
4.2.5	Dörrar	32
4.3	VÄRMEFÖRLUSTTAL (VFT_{DVUT})	33
4.3.1	Krav värmeförlusttal (VFT_{DVUT})	33
4.3.2	Beräkning av värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Enligt FEBY12 formler	34
4.3.3	Linjära köldbryggor	34
4.3.4	Luftläckning, $q_{läck}$	37
4.3.5	Ventilation, q_{vent}	38
4.3.6	Resultat av värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Enligt FEBY12 formler	38

4.4	VÄRMEFÖRLUSTTAL (VFT_{DVUT}) – ENERGIHUSKALKYL	39
4.4.1	<i>Resultat av värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Enligt Energihuskalkyl</i>	39
4.5	ENERGIBERÄKNINGAR	39
4.5.1	<i>Tappvarmvattenbehov</i>	39
4.5.2	<i>Hushållsel</i>	39
4.5.3	<i>Fastighetsel</i>	40
4.6	ENERGI- OCH FUKTBERÄKNINGAR I WUFI PLUS	40
4.6.1	<i>Indata</i>	40
4.6.2	<i>Klimatdata</i>	40
4.6.3	<i>Byggnad</i>	43
4.6.4	<i>HVAC</i>	52
5	RESULTAT OCH FELANALYS	55
5.1	ENERGIBERÄKNINGAR	55
5.1.1	<i>Energiberäkning – Gradtimmemetoden</i>	55
5.1.2	<i>Energiberäkning – Energihuskalkyl</i>	56
5.1.3	<i>Energiberäkning - WUFI Plus</i>	57
5.1.4	<i>Analys energiberäkningar</i>	59
5.2	FUKTBERÄKNINGAR	60
5.2.1	<i>Fuktberäkning - WUFI Plus</i>	60
5.2.2	<i>Analys fuktberäkningar</i>	66
5.3	FELANALYS	66
6	SLUTSATS OCH DISKUSSION	69
6.1	SLUTSATS.....	69
7	LITTERATURFÖRTECKNING.....	71
8	BILAGOR	I
8.1	BILAGA 1 – KONSTRUKTION	I
8.2	BILAGA 2 – ARKITEKTRITNINGAR.....	II
8.3	BILAGA 3 – INDATA ENERGIHUSKALKYL	V
8.4	BILAGA 4 – UTDATA ENERGIHUSKALKYL	VI
8.5	BILAGA 5 – APPENDIX A	XI

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

De flesta är idag enade om att dagens allt mer omfattande klimatförändringar beror på vår användning av jordens icke förnybara resurser. Icke förnybara resurser eller lagerresurser som de även kallas är ändliga råvaror som finns i en begränsad mängd. (Bokalders & Block, 2009) Vi talar då oftast om förbränningen av de fossila bränslen som leder till en nettoökning av växthusgasen koldioxid. Miljöproblemen och diskussionerna kring hur man i framtiden ska gå mot ett hållbart samhälle har lett till att många idag insett problemen.

Energieffektivisering av nya varor har därför präglat utvecklingen.

Idag står byggnads- och servicesektorn för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning. (Ekonomifakta, 2015) I takt med de allt mer omfattande miljöproblemen har man medvetet valt att minska energianvändningen inom alla områden. Detta har för byggnads- och servicesektorn bland annat resulterat i allt mer energisnåla byggnader t.ex. så kallade passivhus. Man talar i detta sammanhang ofta om en byggnads energianvändning som anges i [kWh/m²år]. Dagens passivhus kan ha en energianvändning på ner mot 30 kWh/m²år jämfört med medelanvändningen för äldre befintliga villor byggda före 1980 där motsvarande energiförbrukning ligger på 200 kWh/m² år. (Bokalders & Block, 2009)

För att uppnå en så pass låg energiförbrukning gäller det att man vet hur energiåtgången i en byggnad ser ut. Här talar vi främst om husets transmission- och ventilationsförluster. I stora drag gäller det att bygga ett välisolerat tätt hus med värmeåtervinning på ventilationsluften. I ett passivhus har värmeförlusterna minimeras så pass mycket att det den största delen av året räcker med värmeförseln från hushållsel, människor, solinstrålning och varmvatten för att värma huset. (Abel & Elmroth, 2012)

Att bygga energisnåla byggnader innebär ökade produktionskostnader i form av större materialåtgång, dyrare fönster- och dörrpartier, ökad arbetskostnad mm. Dessutom ökar kravet på kompetensnivån bland projektörer och arbetare då dessa hus generellt blir mer benägna för fuktproblem.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att hitta en lösning och projektera ett nytt svenskt passivhus som uppfyller FEBY12s krav. Husets utformning ska vara så rationell som möjligt så att kostnaderna hålls nere, dvs. inga obeprövade och olönsamma tekniker/material skall användas. Det ska vara självklart att bygga ett passivhus! Konstruktion ska vidare utvärderas ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv.

1.3 Metod

Arbetet inleds med en litteraturstudie där framförallt böcker, vetenskapliga artiklar och relevanta hemsidor legat till grund för inläringen. Främst lades fokus på fakta om svenska passivhus, fukt och energi.

Befintliga passivhus studeras, där bl.a. Karin Adalberths plusenergihus har studerats. Min egen erfarenhet inom bygg och den kunskap jag fått de senaste fem åren kommer även att användas till detta arbete.

Därefter påbörjades projekteringen där konstruktionen bestäms, huset ritas upp och beräkningar och simuleringar körs. Huset kommer att simuleras ur energi- och fuktsynpunkt i WUFI Plus. Energiberäkningar kommer även att göras i det webbaserade programmet Energihuskalkyl. Arkitektmässiga ritningar upprättas i Revit och CAD. Renderingsprogrammet Lumion kommer att användas till att skapa en fotorealistisk bild av passivhuset.

1.4 Avgränsning

Konstruktion, VVS och el kommer detta arbete att avgränsas ifrån då tiden är begränsad.

1.5 Målgrupp

Rapporten är framförallt riktad till studenter på civilingenjörsprogrammet. Rapporten ska även kunna användas av ingenjörer ute i branschen som ett underlag för liknande projekt och beräkningar.

2 Litteraturstudie

2.1 Dagens passivhus

Nybyggda hus får idag ha en maximal årlig energianvändning på 80-130 kWh/m²A_{temp}. (BBR 22, 2015) Passivhus enligt den svenska standarden måste klara sig med ungefär hälften så mycket energi, de får därför ha en maximal förbrukning på 45-55 kWh/m²A_{temp}. (FEBY 12, 2012)

A_{temp} är den invändiga arean för våningsplan, vindsplan och källarplan som värms till mer än 10 °C i byggnaden. Byggnadens energianvändning under ett år dividerat med den uppvärmda arean (A_{temp}) ger den specifika energianvändningen med enheten kWh/m² och år. Den specifika energianvändningen är det övergripande energikravet enligt Boverkets byggregler. (Boverket, 2014)

Idag är det möjligt att bygga hus som genererar mer energi än vad de förbrukar, så kallade plusenergihus. Med solvärme, solceller eller vindkraftverk går det att producera energi som kan nyttjas av byggnaden. Vid överproduktion av el t.ex. sommartid då solcellerna är i full gång kan man i bästa fall beroende på det lokala elnätet sälja tillbaka el i mot ersättning. (Eon, 2015)

Det finns en rad olika byggnader som byggts med fokus på energibesparing och komfort. Nedan följer några exempel på lågenergihus och tekniskt energibesparande utrustning i dessa.

2.1.1 Lindåshusen

År 2002 färdigställdes Lindåshusen projekterade av Hans Eek. De 120 m² stora radhusen är Sveriges första passivhus och har en uppmätt specifik energianvändning på 36.2 kWh/m²A_{temp}.

Husen som kallades för "Husen utan värmesystem" är som namnet låter projekterade utan något värmesystem. Dock så finns möjlighet vid extrem kyla eller efter tidsperioder då man varit bortrest att förvärma tilluften med radiatorer. Varje radhuslägenhet har även en solfångare på 5 m² som står för 40 % av det årliga tappvarmvattenbehovet. (Bokalders & Block, 2009)



Figur 1 – Lindåshuset (Villaportalen, 2015)

2.1.2 Villa Åkarp

År 2009 uppfördes Villa Åkarp av Karin Adalberth. Karin som är doktor i byggnadsfysik och grundare av det egna företaget Prime project AB som bl.a. arbetar med passivhus. Enbostadshuset som fick titeln Sveriges energieffektivaste hus har en boarea på 150 m² och har en specifik energianvändning på ca 37 kWh/m²A_{temp}.



Figur 2 - Villa Åkarp (Prime Project, 2015)

Huset har en solenergianläggning på 50 m² (18 m² solfångare för varmvatten och 32 m² solceller för elproduktion). Villan ventileras med ett FTX-aggregat och har en avloppsvärmeväxlare installerad. På vissa tak i rummen finns även PCM-plattor som ska fungera som energilagrare och på det sättet kyla luften på dagarna. Huset har ett vattenburet radiatorsystem och spetsvärms de kallaste dagarna med en pelletskaamin. (Energi & Miljö, 2011)

2.1.3 Passivhus i Trosa

Erik Hedenstedts 124 m² stora passivhus i Trosa är byggt med sunda material. Begreppet sunda material avser kort förklarade väl beprövade material som inte avger några skadliga emissioner eller är hälsofarliga på något vis. (SP, 2015) Målet var att bygga ett passivhus med höga komfort- och estetikkrav samtidigt som miljövänliga och sunda material väljs. Grundens platta är isolerad med foamglas och i väggarna ligger det linisolering. Lerklinker och lerputs



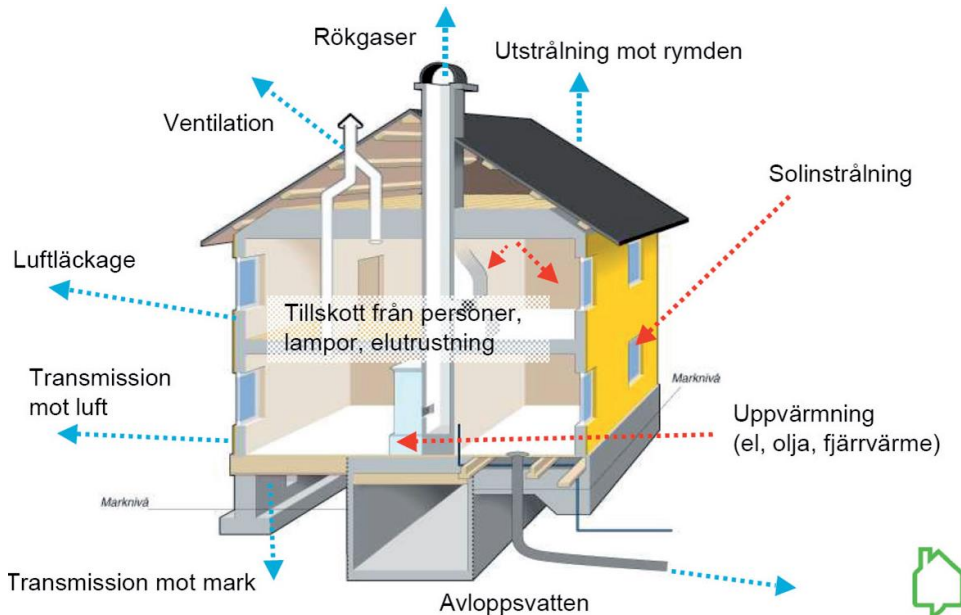
Figur 3 - Passivhus i Trosa (Ekologiska Byggvaruhuset, 2015)

finns på de invändiga väggarnas ytor för att uppnå en jämnare temperatur och luftfuktighet. Huset värms upp med en vattenmantlad vedkamin och 25 m² solfångare kopplade till två stycken 750 liters ackumulatortankar. Den årliga uppvärmningskostnaden för poolen, huset och varmvattnet ligger på ungefär 2000 kr vilket motsvarar ungefär 4 m³ travad björkved. Utöver detta tillkommer ca 4200 kWh el som fastighetsel och hushållsel. (Ekologiska Byggvaruhuset, 2015)

I övrigt har huset ett FTX-system med förvärmning av tilluften med luftsolfångare. Avloppssystemet har en värmeväxlare för återvinning, slamavskiljare, markbädd, fosforfälla och biodike. Solcellsanläggningen innefattar även 4 m² monokristallina solceller. (Ekologiska Byggvaruhuset, 2015)

2.2 Värme

För installationer och apparater så som ventilationsfläktar, cirkulationspumpar, datorer och köksspisar som utför arbete behövs el. Energi i form av värme behövs för uppvärmning av huset och kan tillföras på olika sätt - fjärrvärme, olja, ved, pellets men även el.



Figur 4 – Värmeflöden (Adex, 2015)

Energibalansen för ett bostadshus kan illustreras med ovanstående bild och beskrivas med nedanstående formel. Samtliga termer anges lämpligen i enheten [kWh].

$$Q_{energi} = Q_{värme} + W = Q_t + Q_i + Q_v + Q_{tvv} + Q_{dr} + W_f + W_h - Q_{vå} - Q_{tillskott} - Q_{sol}$$

Där

Q_{energi}	energibehov vid normal och avsedd användning av huset
$Q_{värme}$	värmebehov vid normal och avsedd användning av huset
W	elbehov vid normal och avsedd användning av huset
Q_t	värmeförluster p.g.a. transmission genom byggnadens omslutande ytor
Q_i	värmeförluster p.g.a. luftläckning genom otätheter och/eller vädring
Q_v	värmebehov för ventilation (uppvärmning av uteluft till innertemperatur)
Q_{tvv}	värmebehov för uppvärmning av tappvarmvatten
Q_{dr}	distributions- och reglerförluster
W_f	elanvändning för att driva motorer till pumpar och fläktar (fastighetsel)
W_h	hushållsel
$Q_{vå}$	värme som kan återvinnas genom växlare, värmepump eller dylikt
$Q_{tillskott}$	värme från internlasten så som personer, hushållsapparater, tappvarmvatten som huset kan tillgodogöra
Q_{sol}	värmertilskott genom solinstråling genom fönster som huset kan tillgodogöra

(Abel & Elmroth, 2012)

2.2.1 Transmissionsförluster

Transmissionsförluster avser den värmetransport genom klimatskalet då det råder en temperaturpotential över. Transmissionsförlusterna bestäms av temperaturskillnadens storlek samt klimatskalets värmemotstånd. Vilket innebär desto kallare huset är beläget och sämre värmeisolerat desto större kommer förlusterna att bli. Förlusterna är störst vid så kallade köldbryggor i konstruktionen. Med köldbryggor avses delar i konstruktionen med försämrat värmemotstånd. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.2 Värmebehov

Ett hus behöver ventileras för att ett gott inneklimat ska uppnås. I BBR 2008 finns bestämmelser om minsta luftflöde för bostäder och kontor (bostäder 0.35 l/s m² golvarea). Värmebehovet för ventilation bestäms av ventilationsflödet, dvs. hur mycket uteluft som ska värmas efter eventuell värmeåtervinning samt husets placering som styr storleken på temperaturskillnaden.

För lågenergibygnader är återvinning av frånluften en betydande faktor i energibalansen. Detta kan antingen göras med hjälp av värmeväxlare eller värmepump. När det gäller värmeväxlare så finns det några olika modeller som ger olika verkningsgrad, motströms är dock den mest effektiva och erhåller en verkningsgrad på runt 80 %. Värmeväxlare kan endast användas i till- och frånluftssystem.

En frånluftsvärmepump kan användas i ett vanligt frånluftssystem och innebär att frånluftens värmeinnehåll utnyttjas. Detta ger att man kan få tillbaka upp till 3 gånger så mycket i värme som den el som krävs för att driva kompressorn. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.3 Luftläckage och vädringsförluster

Luftläckage genom otätheter i klimatskalet bidrar till en ofta okontrollerbar ventilering där flödet styrs av vind- och temperaturförhållandena utomhus. Otätheterna i sig och inomhustemperaturen påverkar också läckageflödets storlek. Denna utomhusluft går således inte genom en värmeväxlare och kan inte förvärmas med frånluften. Läckaget kan i vissa fall även bidra till fuktproblem då vatten kan kondensera ute i konstruktionen eller leda till hög relativ fuktighet. Drag är ett annat problem som kan innebära att en högre rumstemperatur kan behövas för att kompensera för detta.

Vädring är ett annat sätt då värme förloras. Vädring är effektivt för bortförsel av värmeöverskott men vintertid innebär detta att husets energibehov stiger.

Feldimensionerade värmesystem kan därför leda till mycket vädring och förlorad energi. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.4 Värmebehov för tappvarmvatten

Varje bostad har ett varmvattenbehov där storleken är beroende utav brukaren. Alla husets tappställen så som duschar, handfat och eventuellt diskmaskiner tappar varmvatten. Därför kan nya moderna blandare och munstycken kan vara en stor betydande del i en minskad

varmvattenförbrukning. Detta är kallvatten som värmts upp med hjälp av t.ex. el eller bränsle så som pellets eller ved. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.5 Distributions- och reglerförluster

Med distributionsförluster avses friktionsförluster i varmvattenledningar och värmeförluster i dessa. Förlusternas storlek beror på ledningarnas förläggning, längd och värmeisolering. Distributionsförlusterna kommer dock till nytta då det finns ett uppvärmningsbehov. Sommartid då ett kylbehov finns kan dessa förluster tvärt om bidra till ett högre kylbehov.

Med reglerförluster avses förluster p.g.a. dåligt injusterade reglersystem som gör att det uppstår en oönskad skillnad mellan eftersträvd temperatur och aktuell temperatur. Dåliga termostater, tröga värmesystem och feldimensionerande flöden kan leda till att förlusterna stiger avsevärt. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.6 Hushållsel

Med hushållsel avses den el som används för hushållsapparater och belysning. Denna elanvändning är beroende på brukarens vanor och beteende samt på apparaterna/belysningens energieffektivitet. Mycket av det som drivs av hushållselen alstrar värme och bidrar till en uppvärmning av byggnaden som vintertid är positiv i energibalansen. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.7 Värmetillskott

Internvärmetskott ifrån personer, apparater och belysning kan utgöra en stor del i energibalansen. Då det finns ett värmebehov blir detta tillskott positivt och tvärt om då det finns ett kylbehov. Då detta tillskott är svårt att beräkna samt bestämma exakt vart i huset värmen kommer tillsättas är det fördelaktigt ur projekteringssynpunkt med så litet internt tillskott som möjligt. (Abel & Elmroth, 2012)

2.2.8 Solstrålning

Solinstrålning genom glasade ytor ger ett värmetillskott som utgör en stor del i husets energibalans. Problemet är att solintensiteten är som störst under de månader då det inte finns något värmebehov. Detta leder till övertemperaturer sommartid. Hur mycket solvärme en byggnad kan tillgodoräkna beror på dess utformning. Här spelar bland annat fönsterorientering, fönsterstorlek, fönsteregenskaper och solskydd stor roll för solinstrålningen. (Abel & Elmroth, 2012)

2.3 Fukt

Fukt är enligt definition vatten i dess olika faser – fast, flytande och gas. Fukt i fel fas på fel ställe eller i fel mängd leder till det vi kallar fuktskador och fuktproblem.

För att angripa fuktproblemet på rätt sätt måste man först bestämma vilka fuktkällor som är relevanta. När det gäller byggnader kan nedanstående källor vara till grund för en fuktprojektering.

- Regn
- Snö och smältvatten
- Vattenånga i luften
- Byggfukt
- Vatten i och på mark och vattenånga i markens porer
- Läckage och vattenskador
- Städvatten
- Duschvatten

(Nevander & Elmarsson, 2006)

Efter att man identifierat dessa går man igenom den faktiska fuktpåverkan som fuktkällorna utgör. Man undersöker om konstruktionens kritiska nivåer uppnås och bedömer skaderisken.

Olika förebyggande åtgärder mot fuktproblem kan vara

- Tillräcklig lutning på tak
- Se till att fuktkonvektion inte kan uppstå genom att göra konstruktionen tillräckligt lufttät och/eller genom att hålla undertryck inomhus
- Ta hänsyn till uttorkningstid och se till att byggfukt kan torka ut på rätt sätt
- Anordna dränering runt huset
- Se till att läckage kan upptäckas snabbt och enkelt kan åtgärdas
- Se till att material på byggarbetsplatsen inte utsätts för regn
- Göra robusta konstruktioner som tål viss fuktbelastning
- Bra ventilation
- Kapillärbrytande skikt

(Nevander & Elmarsson, 2006)

Att uppskatta fukttillstånden i en vägg är inte lätt. Detta är särskilt svårt då relativ fuktighet förändras p.g.a. årsvariationer men även då konstruktionens beteende är svårt att förutse. Att simulera verkligheten är inte helt enkelt. Dessutom ska det kritiska fukttillståndet definieras där parametrar som varaktighet och temperatur ingår.

2.3.1 Fuktproblem

Här behandlas kort några av de vanligaste effekterna av fukt.

2.3.1.1 Missfärgning

Fukt i form av vatten från läckage lämnar ofta kvar fläckar som kan vara svåra att ta bort. Vidare kan mögel- och blånadssvampar, saltutslag (på betong, puts, tegel) missfärga ytor. Själva missfärgningen är endast ett estetiskt fuktproblem. (Nevander & Elmarsson, 2006)

2.3.1.2 Fysikalisk nedbrytning

Frostsprängning hör till fysikalisk nedbrytning vilket kan uppstå då porsystemet är mättat av vatten till över 90 %. Detta eftersom vatten expanderar med ca 10 % då det fryser till is.

Frostsprängning är likt missfärgningen ofta ett estetiskt problem men kan också leda till ökad kapillär transport genom sprickor. Konstruktionens hållfasthet kan också påverkas beroende på skadans omfattning. (Nevander & Elmarsson, 2006)

2.3.1.3 Kemisk nedbrytning

Korrosion av metaller, nedbrytning av kalkhaltiga material p.g.a. sur nederbörd samt förtvålning av golvläm är exempel på kemisk nedbrytning. Korrosionen kräver en minsta relativa fuktighet, tar man stål som exempel måste den relativa fuktigheten ligga på minst 60 % för att korrosion ska vara möjlig. Kemisk nedbrytning kan både vara ett rent estetiskt problem men även påverka hållfasthet och utgöra hälsoproblem genom emission av skadliga ämnen i inomhusluften. (Nevander & Elmarsson, 2006)

2.3.1.4 Biologisk nedbrytning

Då organiskt material så som trä bryts ner av rötsvampar, trägnagande insekter etc. talar man om biologisk nedbrytning. De flesta av dessa organismer kräver en förhöjd fuktighet för att leva. Lik den kemiska nedbrytningen kan konsekvenserna utav biologisk nedbrytning påverka estetiken, konstruktionens hållfasthet och boendes hälsa. (Nevander & Elmarsson, 2006)

2.3.1.5 Hälsoproblem

Hus där människor som vistas i dessa blir sjuka eller uppvisar vissa hälsoproblem kallas "sjuka hus". I dessa byggnader yttrar sig hälsoproblemen i form av illamående, allergier, rinnande ögon eller näsa, klåda och utslag, problem med luftvägarna, huvudvärk, yrsel och trötthet. Symptomen är många och kan ofta skilja sig från person till person. Vad som är orsaken till dessa sjuka-hus-symptomen är många gånger oklart då det är många faktorer som kan påverka. Men klart är att emissioner från vissa material, mögel och kvalster är bidragande. Inom detta område krävs mer forskning innan man kan peka ut de exakta problemen. Dock har man kunnat förklara vissa material som rent hälsofarliga där t.ex. formaldehyd, vissa golvläm eller flytspackel har helt tagits ur bruk inom byggindustrin. (Nevander & Elmarsson, 2006)

2.3.2 Kritiskt fukttillstånd

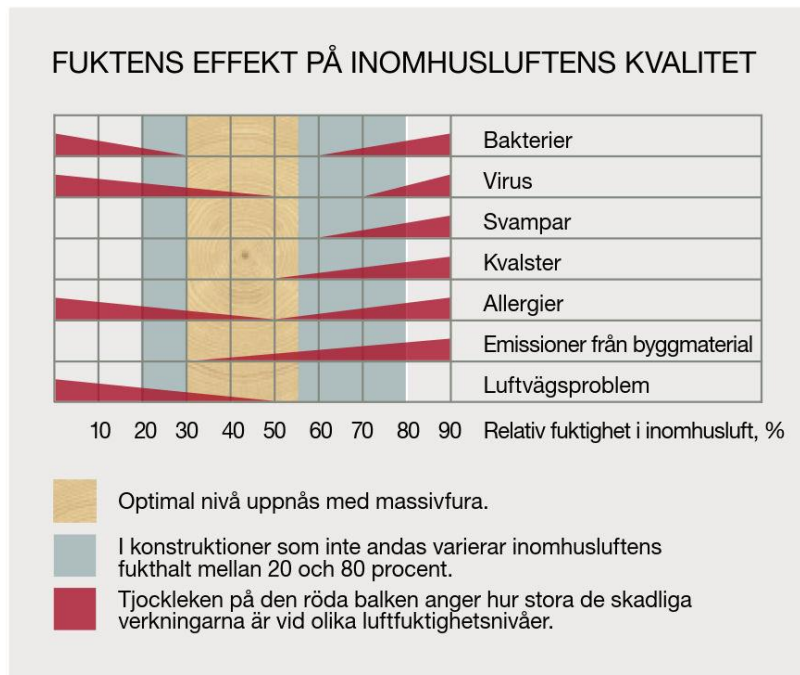
Kritiskt fukttillstånd innebär gränsen för fukttillståndet som materialet kan exponeras för hela sin livstid utan att ta påverkas på något ej godtagbart sätt.

Fukttillståndet kan mätas på ett antal olika sätt men det mest användbara måttet är relativ fuktighet och fukthalt.

2.3.2.1 Kritiskt fukttillstånd i trä

Träet kan utsättas för en rad olika biologiska angrepp och det är framförallt den relativa fuktigheten och temperaturen som är en avgörande faktor. Mögelsvampar, rötsvampar,

strålsvampar, blånad och insekter är exempel på olägenheter som träbaserade material kan drabbas av.

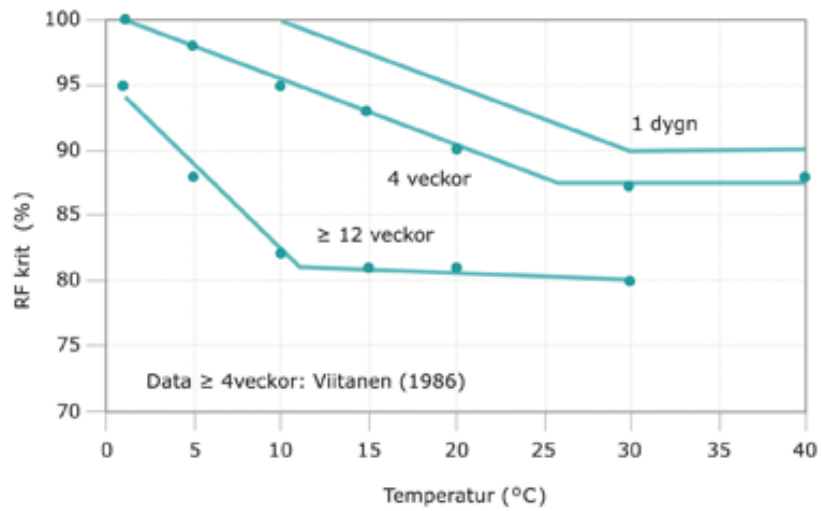


Figur 5 - Optimal relativ fuktighet (Kontio, 2015)

Mögelsvampar klarar sig i lägre relativ fuktighet än de övriga mikroorganismerna vilket gör att detta fuktillstånd blir dimensionerande.

Det är dock inte alltid lätt att ange en exakt gräns på den relativa fuktigheten då mögel växer. Detta då flera andra faktorer som näringsämnen, temperatur, tid, syr- och basbalansen, syretillgången, lufthastigheten och ljusförhållanden även påverkar dess tillväxt.

Olika försök har gjorts för mögelpåväxten hos trä där man studerat bland annat temperatur och varaktighet. Verkligheten är dock mycket mer komplicerad än så och det gäller därför att vara på den säkra sidan. Ett kritiskt dimensionerande värde på 80 % är det man väljer att gå efter. Vid noggrannare analyser bör givetvis övriga faktorer om så möjligt studeras. (Nevander & Elmarsson, 2006)



Figur 6 - Samband mellan kritisk relativ fuktighet, temperatur och varaktighet för mögelpåväxt (Träguiden, 2014)

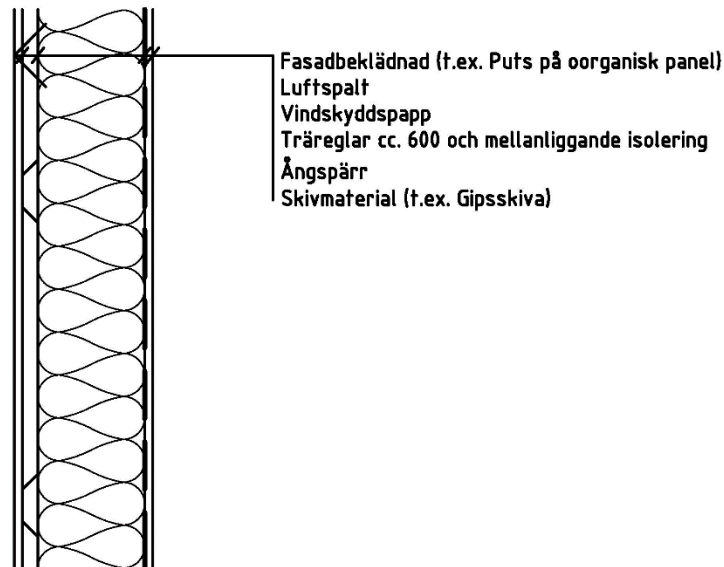
I figur 6 kan man t.ex. utläsa den lägsta kritiska nivån för den relativa fuktigheten vid en ligger på 80 %. Detta för temperaturer över 10°C vid en varaktighet på över 3 månader.

3 Byggnadsdelar i mitt passivhus

Här nedan kommer några typiska byggnadsdelar för en svensk villa att beskrivas. Dessa kommer sedan att ligga till grund byggnadsdelarna för mitt passivhus. Till samtliga stycken i detta kapitel används (Nevander & Elmarsson, 2006) som källa.

3.1.1 Träregelvägg

Principen för en träregelvägg är skivmaterial, invändig ångspärr, träreglar med mellanliggande isolering, utvändigt vindskydd, luftspalt och en fasadbeklädnad.



Figur 7 - Principiellt utseende för en träregelvägg

Väggen får ett bra värmemotstånd i förhållande till tjocklek. Med ett vindskydd på utsidan och en ångspärr på insidan motverkar man luftrörelser i värmeisoleringen samtidigt som fukt hindras från att ta sig in i konstruktionen inifrån. Fukt utifrån i form av slagregn stoppas med hjälp av fasadskiktet samt luftspalten. Väggen blir dock relativt lätt vilket ger den låg värmekapacitet vilket innebär att den värmeutjämnande förmågan blir minimal.

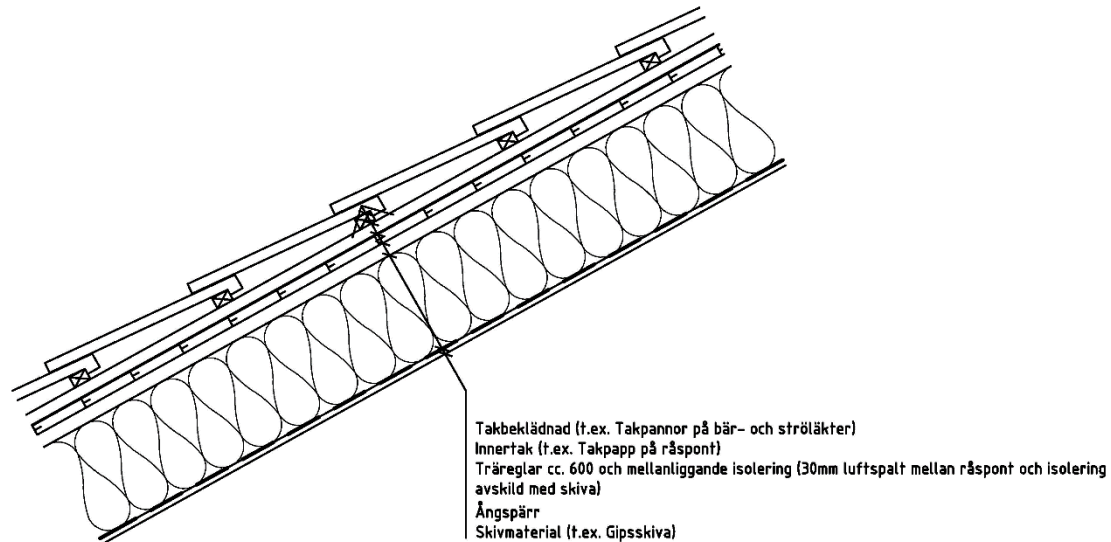
Fasadbeklädnad i form av tjock fasadputs 20-25 mm ger ett bra skydd mot regn och är en tillförlitlig behandling. Putsen består av KC-bruk med armering av varmförzinkat svetsat armeringsnät.

Luftspalten har som huvuduppgift att avleda fukt. Spalten bryter direkt genomgående vatten och gör att det kan rinna ner och i sin tur avledas ut från konstruktionen. En öppen luftspalt med god ventilation är att föredra vilket åstadkoms med stora öppningar upptill och nedtill samt med en spaltbredd på över 30 mm.

Indragen ångspärr underlättar arbetet med en lufttät byggnad. Av praktiska skäl behöver den inte vara mer än 45 mm tjock, dock är det 70 mm vanligt. För att själva indragningen inte ska orsaka kondens bör tjockleken inte utgöra mer än $\frac{1}{4}$ av den totala isolertjockleken.

3.1.2 Trätak

Tak har liksom ytterväggen till uppgift att stå emot regn och vind (om i någon större grad) men även att ha bra värmeisolering samt vara fuktsäker. Här kommer ett parallelltak av trä för en 1 ½-plansvilla att behandlas.



Figur 8 - Principiellt utseende för ett trätak

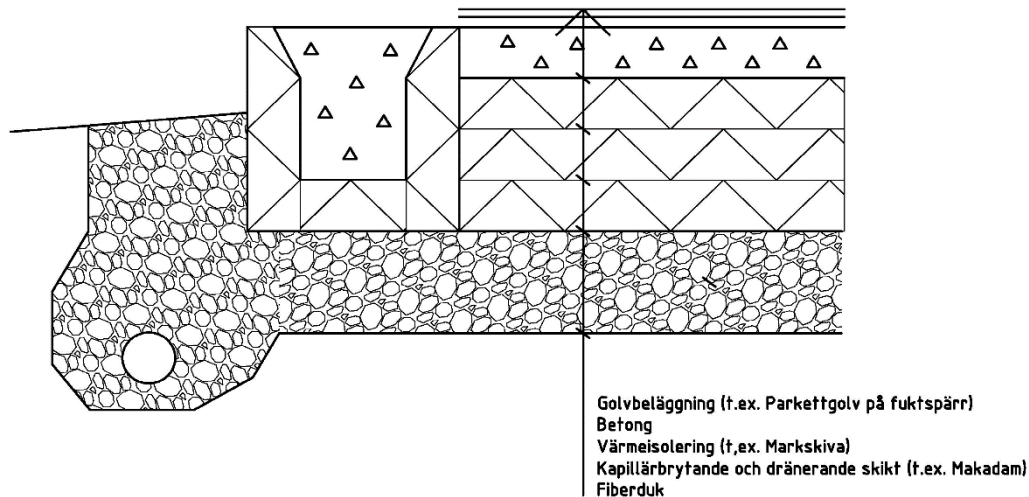
Lutningen påverkar takets avrinning och därmed även fuktsäkerhet där t.ex. branta tak med en minimal lutning på 1:4 inte kan ha något kvarstående vatten. Lutningen styr även vilken taktäckning som kan användas. Takets konstruktion urskiljer sig främst i att den består av två tätskikt (ångspärr och takpapp) vilket gör att uttorkningen av t.ex. vatten som trängt in eller byggfukt har svårare att torka ut. Därför är det i parallelltaket viktigt med en väl utformad luftspalt som är öppen vid takfot och uppe vid taknock. För att säkerställa en fri luftspalt åtskiljs isoleringen i taket med skivor så att en kanal bildas och isoleringen inte trycks upp mot råsponten.

Taket avvattnas med utvändiga avlopp (hängrännor). Ett problem som kan uppstå här är att parallelltaket (som i huvudsak är ett varmt tak) smälter snö som sedan fryser vid takfoten. En isvall kan här byggas upp som kan ansamla vatten och orsaka läckage. Men med ett välisolerat tak bör detta problem undvikas.

Taktäckningen kommer att bestå av två skikt, ett yttre och ett inre. Det yttre taksiktet består av takpannor av tegel eller betong som har till uppgift att föra bort det mesta utav vattnet. Starka vindar och kapillära effekter samt defekter i takpannetäckningen kan dock leda till att vatten tränger in i konstruktionen. Därför byggs taken med en inre täckning(underlagstäckning) av takpapp. Undertäckningen tillsammans med ångspärren säkerställer även konstruktionens lufttäthet. Mellan takpannorna och undertäckningen finns även ett ventilationssystem som byggs upp av strö- och bärläkter.

3.1.3 Platta på mark

Den principiella uppbyggnaden för den platta på mark som avses i detta stycke är inifrån sett golvbeläggning, betong, värmeisolering och ett kapillärbrytande och dränerande skikt med en fiberduk undertill. Grundkonstruktionen har till uppgift att bära ner lasterna från huset till marken samt att ge god värmeisolering.



Figur 9 - Principiellt utseende för en platta på mark

Med underliggande isolering blir betongplattan varm och dess värmeutjämnande förmåga blir ett positivt bidrag till energibalansen. Även om värmeisolering är mineralullens eller cellplastens primära uppgift kommer denna också att fungera som ett kapillärbrytande skikt, isoleringen ska därför läggas med förskjutna fogar och helst i flera skikt. Ett kapillärbrytande och dränerande skikt läggs undertill för att bryta eventuell vattentransport genom kapillärsugning. Ett 150 mm lager med tvättad makadam med kornstorlek 8-16 eller 16-32 anses lämpligt som kapillärbrytande skikt. För att jorden undertill inte ska beblandas med detta skikt läggs även en fiberduk emellan. Detta eftersom det är viktigt att det kapillärbrytande skiktets funktion bibehålls då ombyggnader i efterhand i grundkonstruktioner är svåra och kostsamma. Makadamen fungerar även som ett dränerande lager. Då vatten ansamlas under konstruktionen kan det genom makadammen rinna ut i dräneringsrören som finns runt omkring byggnaden.

Markfukt i ångfas(då markens relativa fuktighet alltid antas vara 100 %) kommer dock alltid att kunna transporteras fritt i en sådan här konstruktion. Därför är den underliggande isoleringens tjocklek här väsentlig. Fuktkänsliga material som trä ovanpå betongen kommer då alltid att ligga varmare än marken undertill vilket innebär att den relativa fuktigheten kommer att vara lägre i dessa. Detta eftersom ånghalten i hela grundkonstruktionen är den samma då ingen ångspärr finns.

3.1.4 Träfönster

Träfönster finns i många olika typer och utseenden. I Svensk Standard SS 81 81 03 finns ett klassningssystem för fönster enligt följande egenskaper:

- Lufttäthet
- Regntäthet
- Säkerhet mot vindlast
- Hållfasthet och styvhet
- Manövrerbarhet
- Kondenssäkerhet
- Värmemotstånd
- Inbrottsskydd

För att minska påfrestningen på regntätheten p.g.a. regn och vind är det fördelaktigt att placera fönstret en bit in från fasadlivet. Denna placering är även gynnsam mot ytkondens, detta eftersom varmluften från radiatorerna undertill då lättare kan värma fönstret. Bra fönster med låga U-värden ger dock tillräckligt hög temperatur på fönstrets insida så att kondens inte borde uppstå. I badrum är tillfällig kondens dock oundviklig, men annars kan ofta förekommande kondens ge röta eller missfärgning av fönsterbågen.

4 Metod



Figur 10 - Realistisk illustration av mitt passivhus, uppförd i Lumion

4.1 Arkitektur

Huset är planerat som bostadshus för en familj på 4-5 personer. Planlösningen är relativt öppen med kök och vardagsrum i ett. Ovanför köket är det helt öppet upp till allrummet på plan 2. En större toalett med dusch finns belägen på vardera plan. Vidare finns ett rymligt arbetsrum och ett tvättrum inritat på plan 1. I tvättrummet befinner sig även de tekniska installationerna för ventilation och uppvärmning. Huset uppfyller vidare tillgänglighetskraven för både sovrum, kök och toalett. Eventuellt garage är tänkt att byggas fristående. Lämpligt kan ett altandäck eller en eventuell inglasad altan anslutas mot den östliga fasaden. Se bilaga 2 för passivhusets arkitekturritningar.

Regler för tillgänglighetskraven finns att läsa om på svenska kommunhemsidor. (Tillgänglighet i bostäder, 2010)

4.2 Konstruktionsdelarnas uppbyggnad och U-värden

I detta avsnitt behandlas konstruktionens olika byggnadselement. För en enhetlig bild se bilaga 1.

4.2.1 Yttervägg

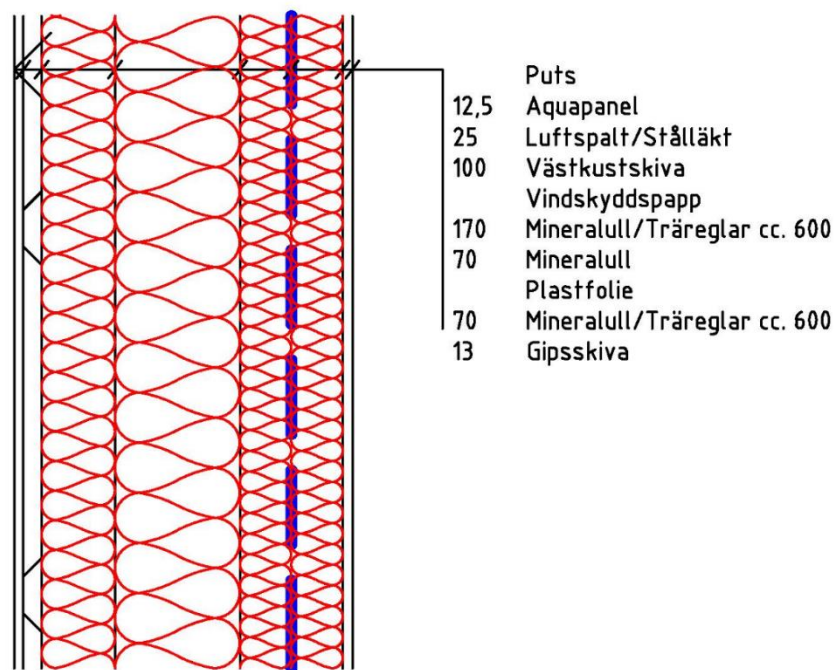
Ytterväggskonstruktionen består av en bärande träregelstomme med ett yttre ventilerat putssystem.

Tabell 1 - Ytterväggens uppbyggnad

Materialsikt vägg	Tjocklek, d (mm)	Värmeledningsförmåga λ , (W/m•K)
Gips	13	0,22
Mineralull + Reglar	70	0,047
Plastfolie	-	-
Mineralull	70	0,038
Mineralull + Reglar	170	0,047
Vindskyddspapp	-	-
Fasadskiva glasull	100	0,04
Luftspalt + Läkt	25	-
Aquapanel och puts	30	-

Beskrivning av ytterväggskonstruktionen inifrån och ut.

Längst in har ett installationsskikt placerats för att säkerhetsställa en lufttät konstruktion och undvika genomföringar i plastfolien vid det praktiska utförandet av VVS- och elinstallationer. Detta självbärande skikt består av reglar med mellanliggande isolering och är infäst i grund och mellanbjälklag. Plastfolien är indragen ca 17 % vilket inte ska ge upphov till någon hög relativ fuktighet på plastens insida då den är tillräckligt varm. En tumregel här anses vara att den maximalt får dras in en fjärdedel, dvs. 25 %. Därefter ligger ett regelfritt lager mineralull som är till för att bryta den annars genomgående köldbryggan vid hammarband och syll. Den bärande delen kommer härefter och ligger relativt centralt i konstruktionen. Denna del bär både laster från tak men även fasaden. Utan på detta skikt kommer ytterligare ett skikt isolering i form av en fasadskiva som är fritt från reglar. Fasadskivan är av vattenavvisande typ för att vatten i luftspalten inte ska tränga vidare in i träregelkonstruktionen.



Figur 11 - Ytterväggens uppbyggnad

Luftspalten som ser till så att dränering och ventilering av fukt säkerställs. Plastfoliens indragning bakom installationsskiktet medför att det praktiskt blir betydligt lättare att säkerhetsställa en lufttät konstruktion.

4.2.1.1 U-värdeberäkning

Eftersom det finns isoleringsskikt bestående av både mineralull och reglar kommer U-värdet beräknas med både U-värdesmetoden och lambdavärdesmetoden för att slutligen slås ihop till ett medelvärde. En uppskattning av andelen reglar i konstruktionen görs till 10 %.

Reglarna ligger på ett sådant sätt att det finns tre potentiella "vägar" för värmetransmissionen att färdas på. Ytövergångsmotstånden för denna väggkonstruktion är 0,13 m²K/W på både in- och utsida (fasadskivan utsida inuti luftspalten). Vid beräkning av U-värdet försummas allt utåt efter luftspalten eftersom det råder utomhusklimat i luftspalten då den antas vara välventilerad.

U-värdesmetoden:

Värmemotståndet beräknas enligt:

Tabell 2 – Värmemotstånd U-värdesmetoden

U-värdesmetoden	Tjocklek, d (mm)	Isol. – Isol.	Isol. – Regl.	Regl. – Isol.
R _{si}		0,13	0,13	0,13
Gips	13	0,059090909	0,05909091	0,059091
Mineralull	70	1,842105263	1,84210526	
Reglar	70			0,538462
Mineralull	70	1,842105263	1,84210526	1,842105
Mineralull	170	4,473684211		
Reglar	170		1,30769231	
Fasadskiva	100	2,5	2,5	2,5
R _{se}		0,13	0,13	0,13
R _{tot}		10,84698565	7,68099374	5,069658

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$U_u = \sum \text{Andel} \cdot \frac{1}{R_{tot}} = 0,8 \cdot \frac{1}{10,847} + 0,1 \cdot \frac{1}{7,681} + 0,1 \cdot \frac{1}{5,070} = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Lamdavärdemetoden:

Tabell 3 - Värmemotstånd lambdavärdesmetoden

Materialsikt vägg	Tjocklek, d (mm)	Värmemotstånd, R (m ² K/W)
R _{si}		0,13
Gips	13	0,22
Mineralull + Reglar	70	1,489361702
Plastfolie	-	-
Mineralull	70	1,842105263
Mineralull + Reglar	170	3,617021277
Vindskyddspapp	-	-
Fasadskiva	100	2,631578947
R _{se}		0,13
R _{tot}		10,06006719

$$\begin{aligned}\lambda_{regel+isolering} &= \text{Andel isolering} \cdot \lambda_{isolering} + \text{Andel regel} \cdot \lambda_{regel} \\ &= 0,90 \cdot 0,038 + 0,1 \cdot 0,13 = 0,047 \text{ W/m} \cdot \text{K}\end{aligned}$$

$$U_{\lambda} = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{10,060} = 0,099 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Slutligt U-medelvärde:

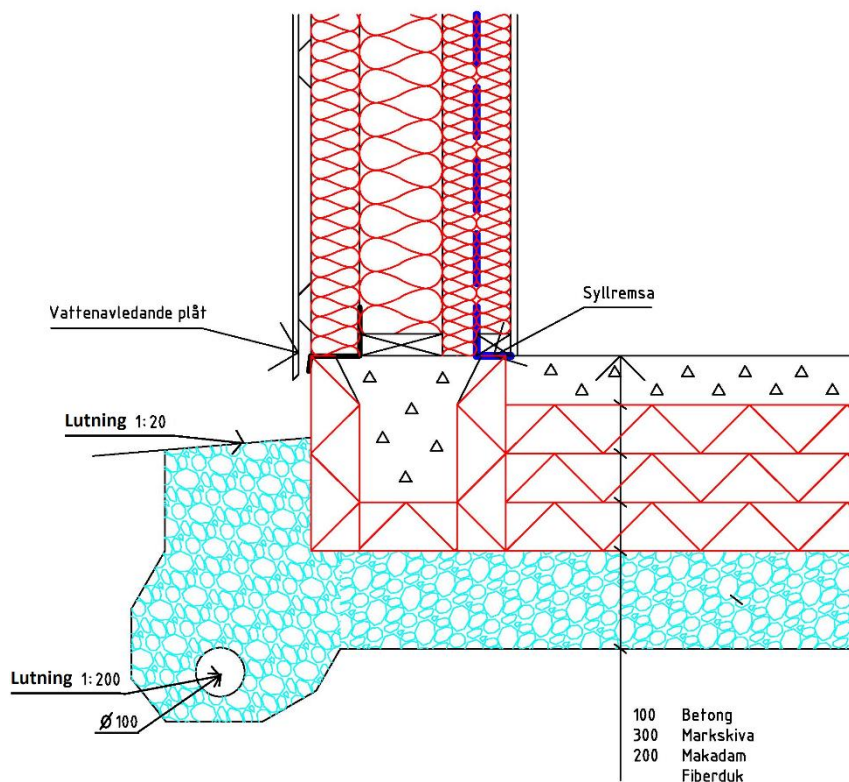
$$U_m = \frac{2 \cdot U_u \cdot U_{\lambda}}{U_u + U_{\lambda}}$$

$$U_m = \frac{2 \cdot 0,097 \cdot 0,099}{0,097 + 0,099} = 0,098 \approx 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Motsvarande u-värde som WUFI Plus räknar fram för väggkonstruktionen är $U_m = 0,0974 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vilket innebär att skillnaderna är minimala mellan WUFIs u-värdeberäkning och de ovanstående handgjorda beräkningarna.

4.2.2 Grund

Grundläggningen består av en platsgjuten platta på mark med underliggande isolering. Kantelementen utgörs av L-element med köldbryggebrytare som delar köldbryggan som annars finns mellan betong och kantbalk.



Figur 12 - Grundens uppbyggnad

Nedan följer uppbyggnaden av grundläggningen uppifrån sett.

Tabell 4 - Grundens uppbyggnad

Materialskikt vägg	Tjocklek, d (mm)	λ , (W/m · K)
Betong	100	0,17
Expanderad Polystyren	100	0,040
Expanderad Polystyren	100	0,040
Expanderad Polystyren	100	0,040

4.2.2.1 U-värdeberäkning

U-värdeberäkningen för grundläggningen görs enligt (Swedisol - Isolerguiden 06, 2006).

$$R_{btg} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,1}{1,7} = 0,059 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Iso} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,3}{0,04} = 7,5 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$A_{platta} = 120,35 \text{ m}^2$$

$$Omkrets = 53 \text{ m}$$

$$\lambda = 2 \text{ W/mK} \quad \text{för morän}$$

Morän antas då 75 % av Sveriges yta består av denna jordart. (Sgu, 2015)

$$B' = \frac{2 \cdot A_{platta}}{\text{Omkrets}} = \frac{2 \cdot 120,35}{53} = 4,88$$

$$dt = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$$

w = ytterväggens tjocklek

λ = markens λ - värde

R_f = värmemotståndet hos plattan

R_{si} och R_{se} = värmeövergångsmotstånd

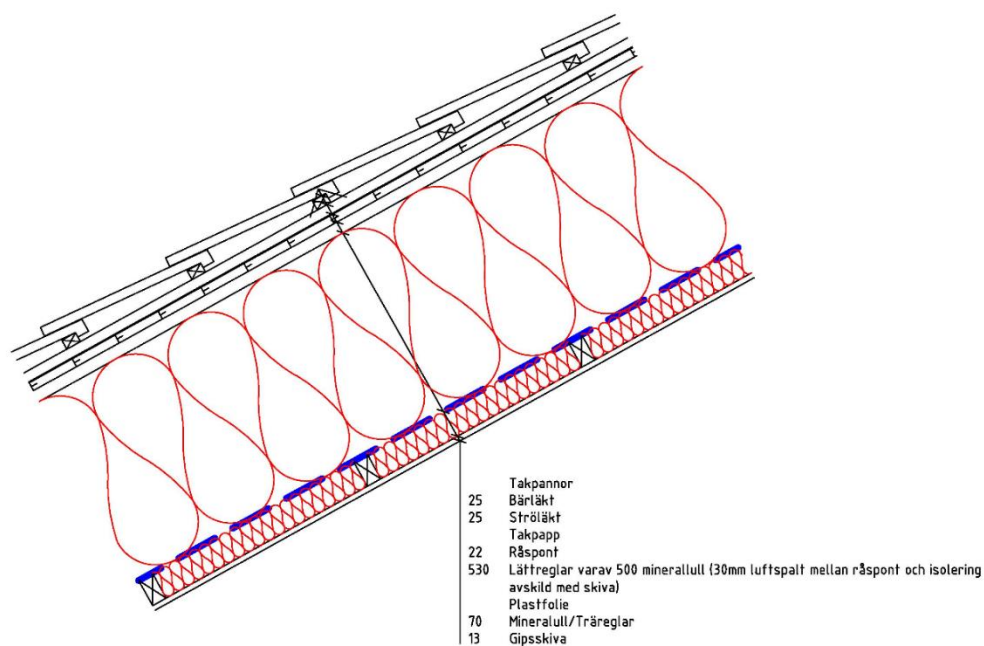
$$dt = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,423 + 2(0,17 + 0,059 + 7,5 + 0,04) = 15,96$$

$$U_{grund} = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + dt} = \frac{2}{0,457 \cdot 4,88 + 15,96} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Här har WUFI räknat fram ett U-värde på $U_{grund} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ vilket jag väljer att använda mig utav för att vara på den säkra sidan samt eftersom att markens $\lambda_{värde}$ är en osäkerhet.

4.2.3 Tak

En takkonstruktion som är bättre isolerad än väggen har valts då tak i verkligheten oftast har lägre U-värden än väggkonstruktioner. Även här finns en luftspalt för att ventilerar bort eventuell fukt som kondenserar på undersidan utav råsponten. Denna luftspalt åstadkoms genom att tunna skivor placeras med ett 30 mm avstånd från råspont. Detta skapar en ventilationskanal och säkerhetsställer att inte mineralullen stoppar luftflödet i spalten. Skivorna stoppar även eventuella luftrörelser i mineralullen som kan försämra isoleringsförmågan.



Figur 13 - Takets uppbyggnad

Nedan följer uppbyggnaden av taket.

Tabell 5 - Takets uppbyggnad

Materialskikt vägg	Tjocklek, d (mm)	Värmeledningsförmåga λ , (W/m · K)
Gips	13	0,22
Mineralull + Reglar	70	0,047
Plastfolie	-	-
Mineralull + Lättreglar	500	0,047
Luftspalt + Reglar	30	-
Råspont	22	0,13
Takpapp	4	-
Bär- och ströläkt	50	-
Takpannor	50	-

4.2.3.1 U-värdeberäkning

U-värdeberäkningarna skulle i detta fall se ut som de för väggkonstruktionen. Eftersom WUFI Plus räknar fram ett så pass överensstämmande U-värde så väljer jag direkt att gå efter detta.

U-värdet som WUFI räknar fram blir:

$$U_{tak} = 0.07 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.2.4 Fönster

I FEBY12 finns ett krav på maximalt genomsnittligt U-värde för glaspartier. Detta värde ligger på 0,8 W/m²K för en byggnad som ska uppfylla FEBY12s passivhusstandard. Ett 4-glas fönster från Kronfönster har valts. Modellen Passivhus Ultimat har en smidig dubbelöppning (öppning i ovkant för vädring och sidohängning) med ett U-värde på 0,6 W/m²K för hela konstruktionen.



Figur 14 - 4-glasfönster (Miljönytta, 2012)

Tabell 6 - Fönsterschema

Orientering	Typ	Mått	Antal	Area/st	Omkrets/st	Omkrets tot	Area tot
Söder	Rektangulärt	15x6	2	0,9	4,2	8,4	1,8
Söder	Takfönster	10x16	2	1,6	5,2	10,4	3,2
Söder	Cirkulärt	R9	1	0,64	2,83	2,83	0,64
Summa							5,64
Norr	Rektangulärt	16x13	1	2,08	5,8	5,8	2,08
Norr	Rektangulärt	15x6	1	0,9	4,2	4,2	0,9
Norr	Rektangulärt	11x7	4	0,77	3,6	14,4	3,08
Summa							6,06
Väster	Rektangulärt	16x13	1	2,08	5,8	5,8	2,08
Väster	Rektangulärt	12x13	2	1,56	5	10	3,12
Summa							5,2
Öster	Rektangulärt	15x6	2	0,9	4,2	8,4	1,8
Öster	Rektangulärt	12x13	2	1,56	5	10	3,12
Öster	Triangulärt	13x13	2	0,85	4,44	8,88	1,69
Summa							6,61
Summa						89,11	23,51

4.2.5 Dörrar

En altandörr från Kronfönster har valts med samma egenskaper som fönstren. Detta är en 4-glasad altandörr som är anpassad för ett passivhuskrav och dess U-värde ligger även här på 0,6 W/m²K.

De två övriga ytterdörrarna som inte är glasade väljs från SWEDOOR med samma U-värde.



Figur 15 – Altandörr (Kronfönster, 2015) till vänster, Ytterdörr (Swedoor, 2015) till höger

Tabell 7 – Dörrschema

Orientering	Typ	Mått	Antal	Area/st	Omkrets/s	Omkretstot	Areatot
Söder	Ytterdörr trä	10x21	1	2,1	6,2	6,2	2,1
Väster	Ytterdörr trä	10x21	1	2,1	6,2	6,2	2,1
Öster	Altandörr glas	18x21	1	3,78	7,8	7,8	3,78
Summa						20,2	7,98

4.3 Värmeförlusttal (VFT_{DVUT})

Det primära kravet i FEBY12 säger att husets värmeförlusttal ska underskrida ett visst värde som beror på byggnadens utseende samt vilken klimatzon den är belägen i.

Värmeförlusttalet kommer dels att beräknas med hjälp av de formler som finns i FEBY12 men även med programmet energihuskalkyl. Energihuskalkyl använder samma formler och redovisar resultatet på ett tydligt sätt.

Utifrån de ritningar som gjorts räknas nedanstående parametrar fram

Tabell 8 - Byggnadsgeometri

Förutsättningar	Area (m ²)
A_{temp}	220
BOA	190
Area Yttervägg (exkl. fönster- och dörrarea)	191,8
Area Fönster och dörrar	31,4 (28,2 exkl. takfönster)
Area Tak	138,2
Area Platta på mark	143,9
A_{omsl}	505,3

Boarea eller BOA är den area som är användningsbar för boende. Denna area används vid jämförelse av bostadsyta för olika byggnader. Regler för uppmätning finner man på alla kommuners hemsidor.

4.3.1 Krav värmeförlusttal (VFT_{DVUT})

Kravet som ställs för det maximala värdet som värmeförlusttalet får anta beräknas.

Lund ligger i Klimatzon 3 vilket medför att grundvärdet på det maximalt tillåtna värmeförlusttalet är $15 \text{ W/m}^2 A_{temp}$. Till följd av att husets area understiger 400 m^2 kan grundvärdet adderas med ytterligare $2 \text{ W/m}^2 A_{temp}$. (enligt FEBY 12)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Lund} \rightarrow \text{Klimatzon III} \\ A_{temp} = 220 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \text{Max } VFT_{DVUT} = 15 + 2 = 17 \text{ W/m}^2 A_{temp}$$

4.3.2 Beräkning av värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Enligt FEBY12 formler

Värmeförlusttalet beskriver husets värmeförluster till följd av transmission, luftläckage och ventilation vid den aktuella ortens DVUT och en innetemperatur på 21°C. Transmissionen, luftläckaget och ventilationen uttrycks i husets värmeförlustkoefficient H_T . (FEBY 12, 2012)

$$VFT_{DVUT} = H_T \cdot (21 - DVUT) / A_{temp}$$

$$H_T = U_m \cdot A_{omsl} + \rho \cdot c \cdot q_{läck} + \rho \cdot c \cdot d \cdot q_{vent} \cdot (1 - v)$$

Transmission

Värmeförlusterna i huset till följd av transmission beror på byggnadens U-medelvärde och dess omslutande area.

$$U_m = \frac{\sum U_i A_i + \sum l_i \Psi_k}{A_{omsl}}$$

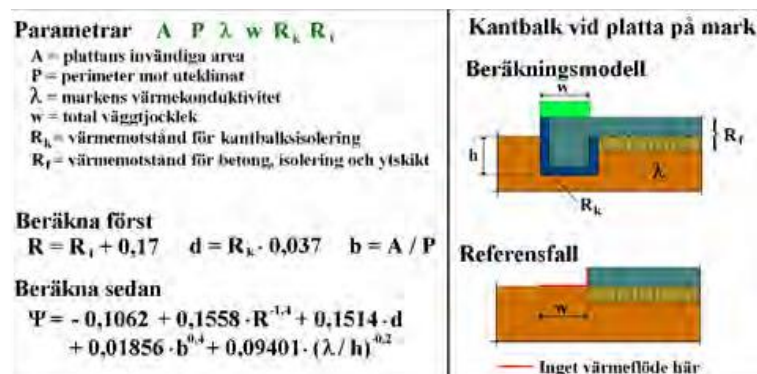
Här tas hänsyn till linjära köldbryggor ($\sum l_i \Psi_k$).

4.3.3 Linjära köldbryggor

I ” (Swedisol - Isolerguiden 06, 2006)” hittar man formler och beräkningsanvisningar för de linjära köldbryggorna.

4.3.3.1 Köldbrygga kantbalk vid platta på mark

Utifrån planritning beräknas den sammanlagda längden av kantbalken till 49 m.



Figur 16 - Köldbrygga vid kantbalk (Swedisol - Isolerguiden 06, 2006)

Inparametrar:

$$A = 120,35 \text{ m}^2$$

$$P = 53$$

$$\lambda = 2 \text{ W/mK}$$

$$w = 0,423 \text{ m}$$

$$R_k = \frac{0,1}{0,04} = 2,5$$

$$R_f = \frac{0,4}{0,13} = 3,08$$

$$R = R_f + 0,17 = 3,25$$

$$d = R_k \cdot 0,037 = 0,0925$$

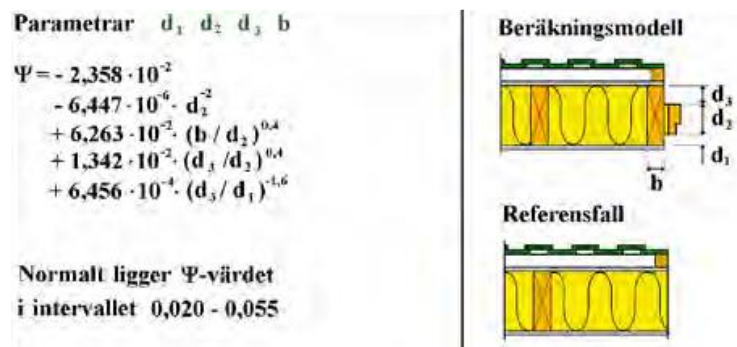
$$b = A/P = 2,27$$

$$h = 0,2 \text{ m}$$

$$\Psi = -0,1062 + 0,1558 \cdot R^{-1,4} + 0,1514 \cdot d + 0,01856 \cdot b^{0,4} + 0,09401 \cdot \left(\frac{\lambda}{h}\right)^{-0,2} = 0,023 \text{ W/mK}$$

4.3.3.2 Köldbrygga vid fönster och dörrar

Utifrån planritning uppskattas den sammanlagda omkretsen runt samtliga fönster och dörrar till 109,3 m.



Figur 17 - Köldbrygga vid fönster (Swedisol - Isolerguiden 06, 2006)

Inparametrar:

$$d_1 = 0,19 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,12 \text{ m}$$

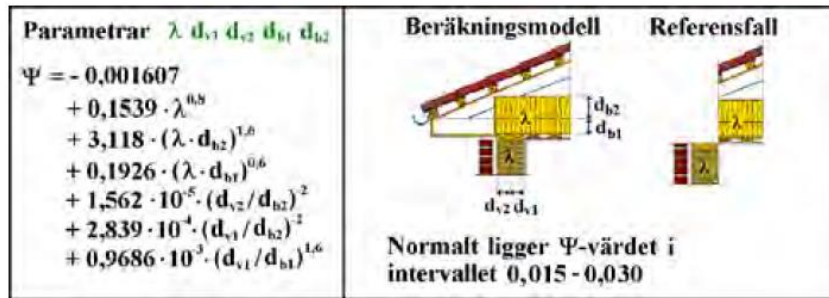
$$d_3 = 0,1 \text{ m}$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$\Psi = -2,358 \cdot 10^{-2} - 6,447 \cdot 10^{-6} \cdot d_2^{-2} + 6,263 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{b}{d_2}\right)^{0,4} + 1,342 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{d_3}{d_2}\right)^{0,4} + 6,456 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{d_3}{d_1}\right)^{-1,6} = 0,03 \text{ W/mK}$$

4.3.3.3 Köldbrygga vid takfot

Utifrån planritning beräknas den sammanlagda längden av takfoten till 38 m.



Figur 18 - Köldbrygga vid takfot (Swedisol - Isolerguiden 06, 2006)

Inparametrar:

$$\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$$

$$d_{v1} = 0,14 \text{ m}$$

$$d_{v2} = 0,27 \text{ m}$$

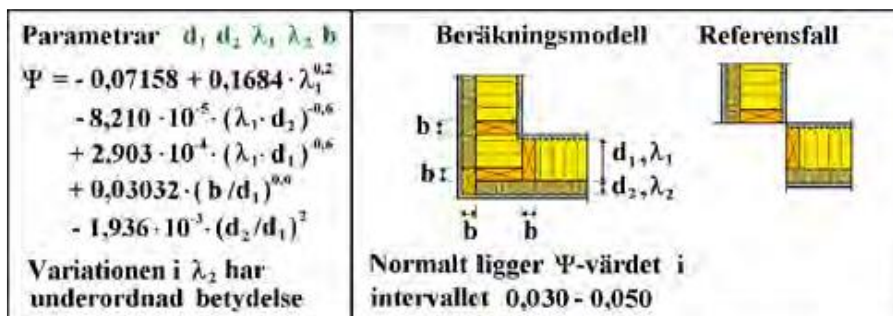
$$d_{b1} = 0,07 \text{ m}$$

$$d_{b2} = 0,5 \text{ m}$$

$$\Psi = -0,001607 + 0,1539 \cdot \lambda^{0,8} + 3,118 \cdot (\lambda \cdot d_{b2})^{1,8} + 0,1926 \cdot (\lambda \cdot d_{b1})^{0,6} + 1,562 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{d_{v2}}{d_{b2}}\right)^{-2} + 2,839 \cdot 10^{-4} \left(\frac{d_{v1}}{d_{b2}}\right)^{-2} + 0,9686 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{d_{v1}}{d_{b1}}\right)^{1,6} = 0,027 \text{ W/mK}$$

4.3.3.4 Köldbrygga vid yttervägghörn

Utifrån planritning beräknas den sammanlagda längden på hörnen till 31 m.



Figur 19 - Köldbrygga vid yttervägghörn (Swedisol - Isolerguiden 06, 2006)

Inparametrar:

$$\lambda_1 = 0,045 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_2 = 0,038 \text{ W/mK}$$

$$d_1 = 0,31 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,1 \text{ m}$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$\Psi = -0,07158 + 0,1684 \cdot \lambda_1^{0,2} - 8,210 \cdot 10^{-5} (\lambda_1 \cdot d_2)^{-0,6} + 2,903 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda_1 \cdot d_1)^{0,6} + 0,03032 \cdot \left(\frac{b}{d_1}\right)^{0,6} - 1,936 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 0,026 \text{ W/mK}$$

Här ligger värdet under det normala intervallet. Dock så finns ingen genomgående köldbrygga i den valda konstruktionen så värdet bör ligga i det lägre spannet.

De totala förlusterna i [W/K] på grund av köldbryggor summeras och ett medelvärde för husets värmemotstånd, U_m räknas fram.

$$\sum l_i \cdot \Psi_{k_i} = 49 \cdot 0,023 + 109,3 \cdot 0,03 + 31 \cdot 0,026 + 38 \cdot 0,027 = 6,24 \text{ W/K}$$

$$\sum A_i \cdot U_i = 191,8 \cdot 0,1 + 31,4 \cdot 0,6 + 138,2 \cdot 0,07 + 143,9 \cdot 0,13 = 66,4 \text{ W/K}$$

Klimatskalets U-medelvärde kan nu beräknas

$$U_m = \frac{\sum U_i A_i + \sum l_i \Psi_k}{A_{omsl}} = \frac{66,4 + 6,24}{505,3} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.3.4 Luftläckning, $q_{läck}$

Luftläckningen för ett hus med FTX-system beräknas med hänsyn till husets läge och ventilationens balansering enligt följande uttryck. (FEBY 12, 2012)

$$q_{läck} = \frac{q_{50} \cdot A_{omsl} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \left(\frac{q_{sup} - q_{ex}}{q_{50} \cdot A_{omsl}}\right)^2}$$

q_{50} är läckflödet vid 50 Pa tryckskillnad mellan inne och ute [l/s]

$q_{sup} - q_{ex}$ är luftöverskottet mellan tilluft, q_{sup} och frånluft, q_{ex} , [l/s]

e och f är vindskyddskoefficienter

Enligt FEBY 12 får q_{50} värdet maximalt anta ett värde på 0,3 l/s · m² omslutande area. Här väljs ett dubbelt så bra värde vilket inte alls är praktiskt omöjligt med rätt kunskap om lufttätning.

$$q_{50} = 0,00015 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tilluftsflödet är satt till BBR:s krav på 0,35 l/s och m².

$$q_{sup} = 0,35 \cdot A_{temp} = 0,35 \cdot 220 \text{ m}^2 = 77 \text{ l/s} = 0,077 \text{ m}^3/\text{s}$$

Här väljs samma värde på frånluftsflödet vilket hamnar på den säkra sidan då man vanligtvis i hus dimensionerar frånluftsflödet högre än tilluftsflödet för att uppnå undertryck då detta är att föredra ur fuktsynpunkt.

$$A_{omsl} = 505,3 \text{ m}^2$$

Koefficienterna e och f är valda utifrån antagande om måttlig avskärmning och att flera sidor är exponerade för vind. (FEBY 12, 2012)

$$f = 15$$

$$e = 0,07$$

$$q_{läck} = \frac{0,00015 \cdot 505,3 \cdot 0,07}{1 + \frac{15}{0,07} \left(\frac{0,077 - 0,077}{0,0001 \cdot 505,3} \right)^2} = 0,0053 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.5 Ventilation, q_{vent}

Värmeeffektförstuder i ventilationssystemet beroende av systemets verkningsgrad (v), densitet(ρ), värmekapacitet(c) och relativ driftstid (d).

Antagande görs om att den relativa driftstiden är 1, dvs. att ventilationssystemet är igång hela tiden. Systemets verkningsgrad är satt till 85 %, vilket är rimligt för FTX-aggregat anpassade för småhus.

$$d = 1$$

$$v = 0,85$$

$$q_{vent} = 0,077 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$c = 1010 \text{ J}/\text{kgK}$$

4.3.6 Resultat av värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Enligt FEBY12 formler

Nu kan byggnadens värmeförlust beräknas och slutligen även värmeförlusttalet.

$$\begin{aligned} H_T &= U_m \cdot A_{omsl} + \rho \cdot c \cdot q_{läck} + \rho \cdot c \cdot d \cdot q_{vent} \cdot (1 - v) \\ &= 0,14 \cdot 505,3 + 1,25 \cdot 1010 \cdot 0,0053 + 1,25 \cdot 1010 \cdot 1 \cdot 0,077(1 - 0,85) \\ &= 92 \text{ W/K} \end{aligned}$$

$$VFT_{DVUT} = H_T \cdot \frac{21 - DVUT}{A_{temp}} = 92 \cdot \frac{21 + 9,4}{220} = 12,7 \text{ W}/\text{m}^2 A_{temp}$$

DVUT är baseras på en halvlätt byggnad placerad i Lund vilket ger en tidskonstant på 6 dygn och därmed en DVUT på -9,4 °C.

Det beräknade VFT på $12,7 \text{ W}/\text{m}^2 A_{temp}$ understiger kravet som tidigare redovisats till $17 \text{ W}/\text{m}^2 A_{temp}$. Huset uppfyller därmed kraven för passivhus.

4.4 Värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Energihuskalkyl

Energihuskalkyl är ett webbaserat energiberäkningsprogram som följer FEBY 12. Programmet är utvecklat av ATON Teknikkonsult, Västerås Stad och Linköpings kommun. Full tillgång till programmet kan fås mot betalning men beräkning av värmeförlusttal, byggnadsskalets U-medelvärde och tidskonstant är gratis. (Energihuskalkyl, 2015)

Indata delas upp i programmet enligt följande rubriker.

- Klimatdata
- Byggnadskonstruktion
- Klimatskal
- Köldbryggor
- Fönster och glasade dörrar
- Ventilationsdata
- Värmeåtervinningsdata

Det är samma indata som tidigare använts för det handberäknade VFT värdet. Se bilaga 3

4.4.1 Resultat av värmeförlusttal (VFT_{DVUT}) – Enligt Energihuskalkyl

Resultatsammanfattning

Värmeförlusttal (VFT)	11,7	W/m ² A _{temp}	Tidskonstant:	8,3	dagar	Klimatskal Um:	0,14	W/m ² K	
Köpt energi:	18,3	kWh/m ² A _{temp}	Summa viktad energi:	36,7	kWh/m ² A _{temp}				
-varav elenergi:	18,3	kWh/m ² A _{temp}	viktningsstal	El:	2	Fjärrvärme:	1	Biobränsle:	1
-varav fjärrkyla:	0	kWh/m ² A _{temp}	Natargas:	1	Fjärrkyla:	1			
Köpt energi - BBR:	18,3	kWh/m ² A _{temp}							

Figur 20 – Resultatsammanfattning (Energihuskalkyl, 2015)

Värmeförlusttalet blir här något lägre då små skillnader ändå finns. T.ex. så skiljer sig medelvärdet på förlusterna en aning, den omslutande arean och den beräknade systemverkningsgraden.

$$VFT_{DVUT} = 11.7 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$$

4.5 Energiberäkningar

4.5.1 Tappvarmvattenbehov

Vid beräkning av byggnadens årliga energianvändning för varmvatten används ett referensvärde enligt FEBY 12.

Referensvärdet är angivet till 20 kWh/m² A_{temp} för ett enfamiljshus. (FEBY 12, 2012)

$$\text{Årlig energianvändning varmvatten} = 20 \cdot 220 = 4400 \text{ kWh}$$

4.5.2 Hushållsel

Hushållsel definieras som den el som husets brukare använder till apparater och belysning. Eftersom denna är strikt beroende på brukaren finns det inget krav för maximal förbrukning.

Dock så avger dessa maskiner och belysning värme som hjälper till att värma huset då det finns ett värmebehov. Ett hus som förbrukar mycket hushållsel i kombination med gamla energislukande lampor/apparater kan därför få mycket "gratisvärme" härifrån.

Specifik energianvändning hushållsel = 30 kWh/m²A_{temp} (FEBY 12, 2012)

Årlig energianvändning hushållsel = 30 · 220 = 6600 kWh

4.5.3 Fastighetsel

Fastighetsel definieras som den el som förbrukas av de installationer och den belysning som krävs för att bruka fastigheten så som den är avsedd. Här ingår bl.a. fläktar för ventilation, pumpar för vattencirkulation och belysning till entréer, soprum, trappuppgångar mm.

Fastighetselen antas utgöras av elförbrukningen av FTX-aggregatet samt cirkulationspumpen för radiatorsystemet. Energiförbrukningen uppskattas med hjälp av de tester som finns hos energimyndigheten. Energimyndigheten har gjort mätningar på 6 olika FTX-aggregat och 12 olika cirkulationspumpar. Ett medelvärde kommer att beräknas utifrån dessa tester som sedan används till min energiberäkning. (Energimyndigheten, 2009)

Årlig energianvändning FTX – aggregat = 1070 kWh = 4,86 kWh/m²A_{temp}

Årlig energianvändning cirkulationspump = 230 kWh = 1,05 kWh/m²A_{temp}

Specifik energianvändning fastighetsel = 4,86 + 1,05 ≈ 6 kWh/m²A_{temp}

Årlig energianvändning fastighetsel = 1320 kWh

4.6 Energi- och fuktberäkningar i WUFI Plus

Husets energibehov för uppvärmning samt kylning och konstruktionens fuktbelastning beräknas med hjälp av det avancerade beräkningsprogrammet WUFI Plus.

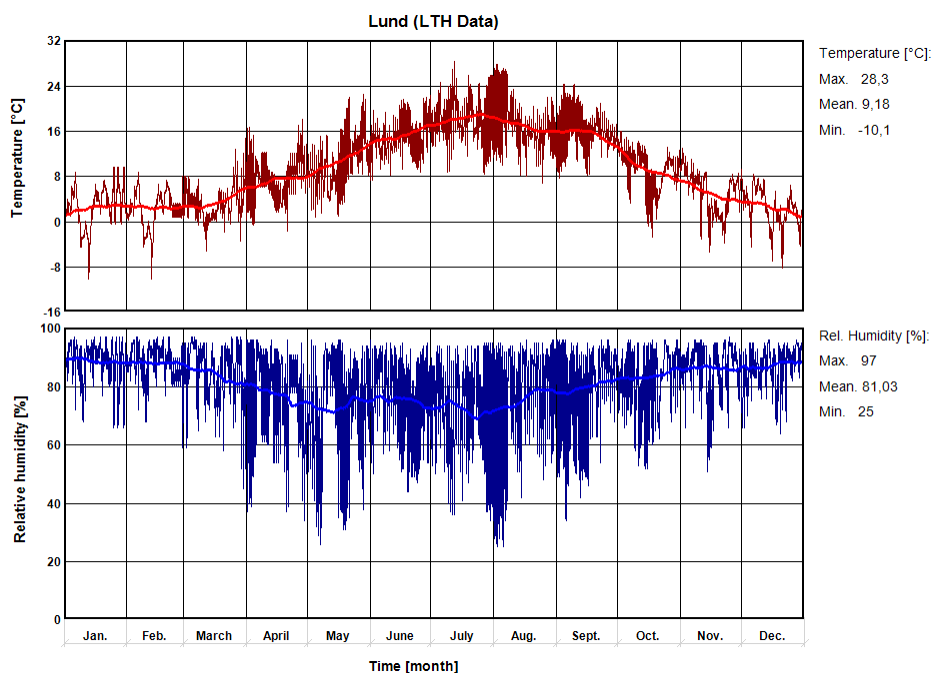
I programmet ritas huset upp i 3D där bl.a. klimatdata, inre fuktbelastning och husets material väljs.

4.6.1 Indata

All indata i WUFI Plus i form av uppgifter angående det projekterade passivhuset presenteras här schematiskt.

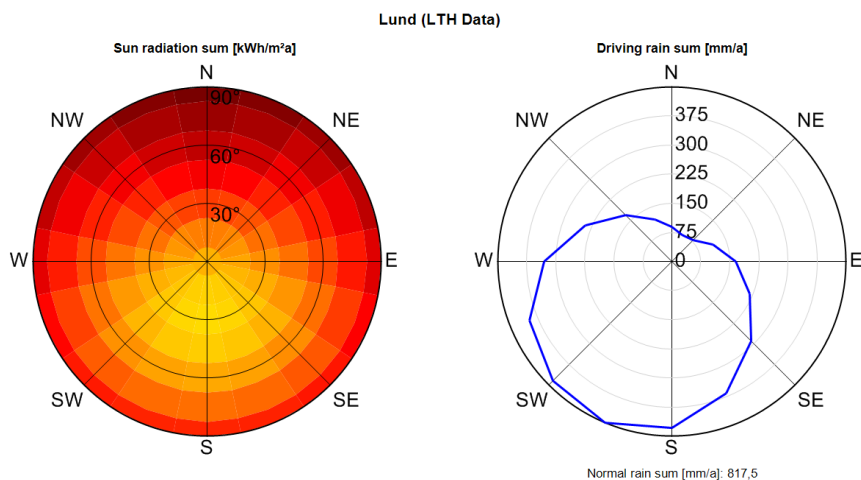
4.6.2 Klimatdata

För utomhusluftens klimat finns data från Lund i programmet. Denna klimatdata består bl.a. av temperaturer och relativa fuktigheter för ett typiskt år mellan 1995-2005.



Figur 21 – klimatdata över hur temperatur och relativ fuktighet varierar över året i Lund

Även medelsolstrålningen och den genomsnittliga nederbörden under samma period finns redovisad för Lund.

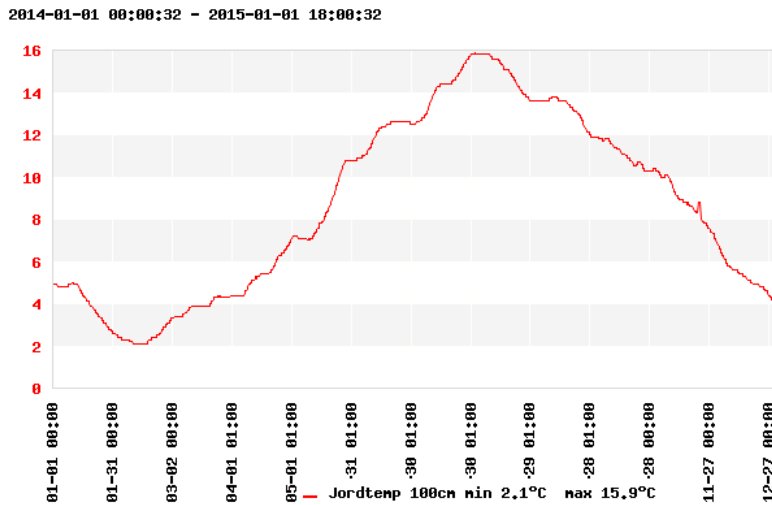


Figur 22 - Klimatdata över solstrålning och nederbörd i Lund

Ur figur 18 (höger bild), kan vi avläsa att den södra fasaden är mest utsatt för solstrålning (den gula färgen betyder mer strålning). Men också att den genomsnittliga årliga nederbörden ligger på 817,5 mm och att den sydvästra fasaden är mest regnutsatt.

Huset gränsar även mot marken som har ett annat klimat. Detta finns dock inte färdigt i programmet och måste skapas manuellt.

Här har jordtemperaturen på djupet 100 cm i Hasslösa för året 2014 använts som utgångspunkt. (Hasslösavädret, 2015)



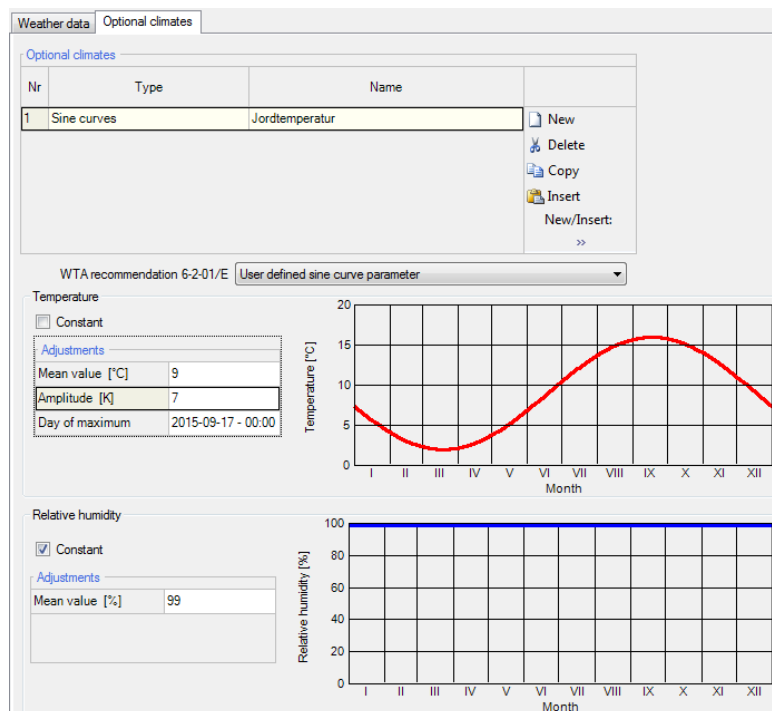
Figur 23 - Jordtemperaturen i Hasslösa på djupet 100cm för året 2014

Jordtemperaturen antas här följa en sinuskurva med en maximumvärde som förefaller i början av augusti.

$$\text{Jordtemperaturens medelvärde} = \frac{t_{max} - t_{min}}{2} + t_{min} = \frac{16 - 2}{2} + 2 = 9^{\circ}$$

$$\text{Jordtemperaturens amplitud} = t_{max} - \text{Jordtemp. medelvärde} = 16 - 9 = 7^{\circ}$$

Den relativa fuktigheten som också behöver anges antas ligga på ett konstant värde på 99%. Jorden är således alltid fuktig.

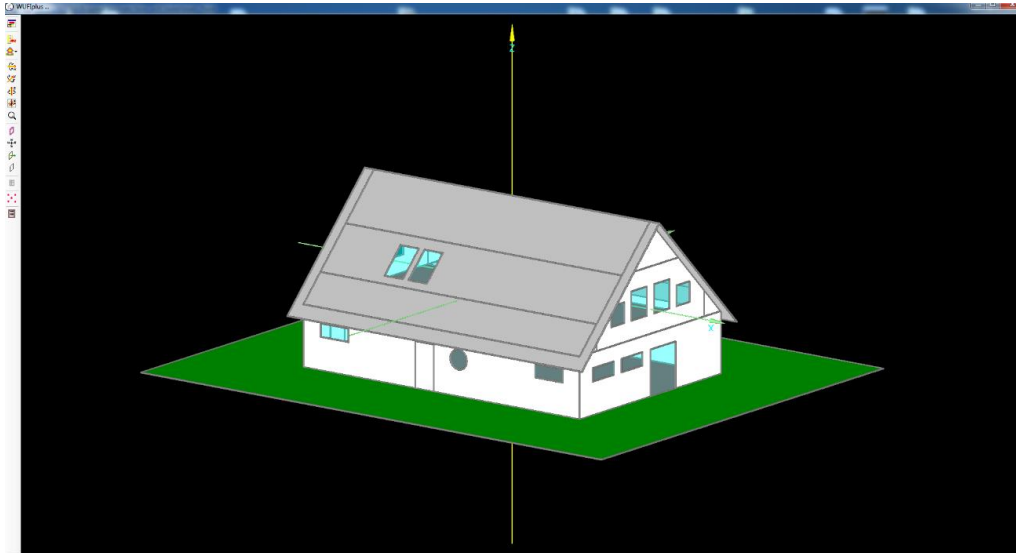


Figur 24 - Markens klimatdata, temperatur och relativ fuktighet

4.6.3 Byggnad

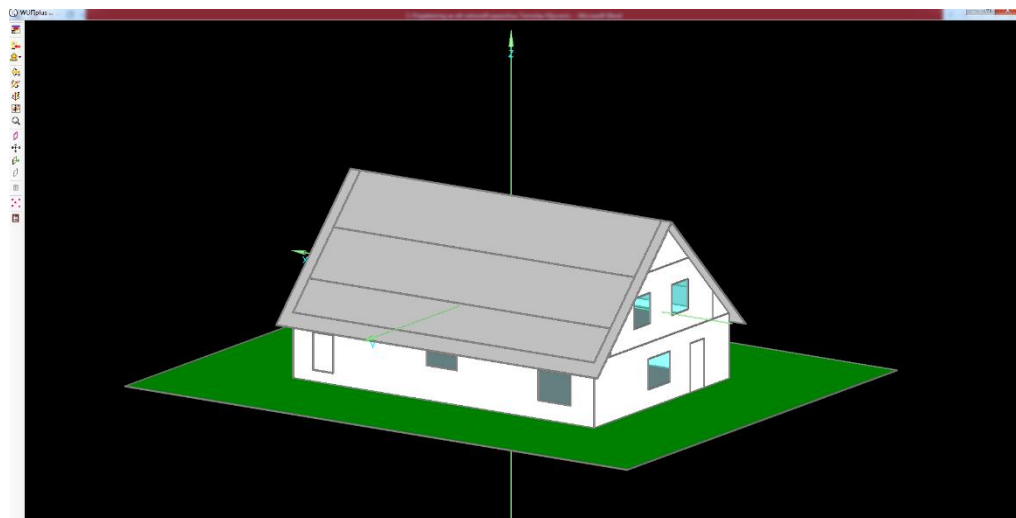
Under byggnad så skapas husets olika byggnadselement, dvs. ytter- och innerväggar, tak, bjälklag, fönster och dörrar. Här bestäms även husets geometri och utseende. De olika värmelasterna, min- och maxtemperaturer, ventilationssystemets dimensionerande värden på tilluftsflöden och läckage matas in.

4.6.3.1 Geometri



Figur 25 - Husets geometri i WUFI Plus, söder och österfasad

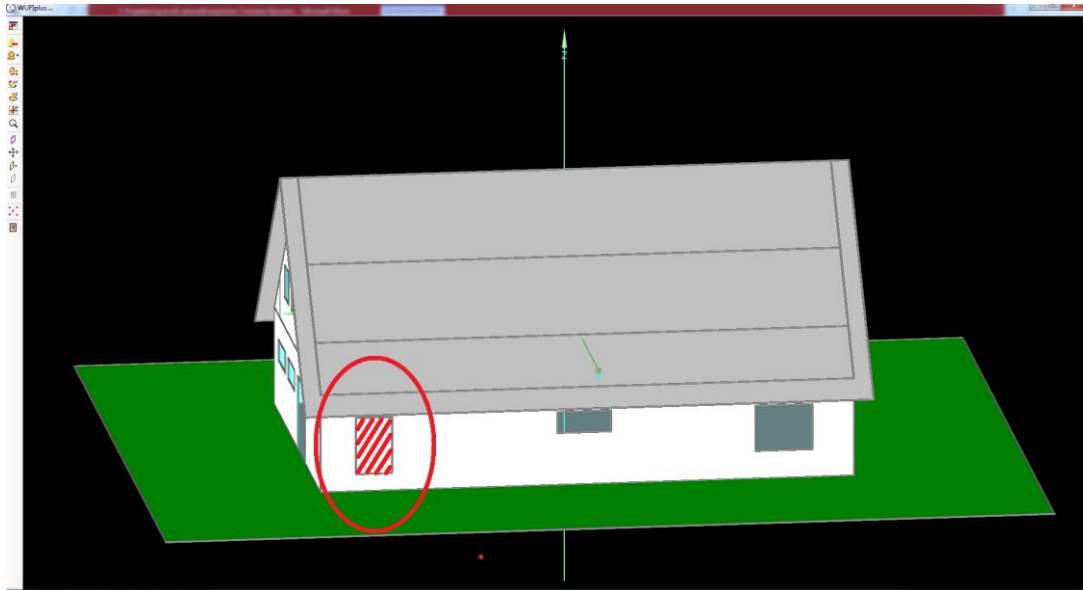
Huset ritas upp enligt ritningarna med några få undantag. Där husets huvudentré görs om enligt figur samt att de två takkuporna tas bort. De två triangulära fönsterna på den östra fasaden görs rektangulära med samma area då sådana fönstergeometrier inte går att skapa i WUFI Plus. Dessa förenklingar görs eftersom arbetet är tidsbegränsat. Genom att dessa ändringar görs så minskar husets förluster pga. att 4 fönster försvinner samt att den omslutande arean blir mindre. Detta korrigeras genom att en rektangulär yta läggs till på den norra fasaden som motsvarar dessa förluster. Denna yta kommer även att inkludera förlusterna som uppkommer av köldbryggor.



Figur 26 - Husets geometri i WUFI Plus, norr och västerfasad

4.6.3.2 Förluster – Köldbrygg- och geometrikorrigering

Som nämnts ovan korrigeras de felaktigheter i geometrin och förlusterna för köldbryggorna genom att skapa en rektangel i den norra fasadens vägg med ett avsevärt högre u-värde.



Figur 27 - Yta med annat U-värde för att kompensera för förlusterna

Area yttervägg och fönster som försvinner pga. ändrade entrén och borttagandet av takkuporna.

$$A_{yttervägg \text{ entre och takkupor}} = 26,7 \text{ m}^2$$

$$A_{borttagna \text{ fönster}} = 3,08 \text{ m}^2$$

Summa förluster pga. köldbryggor enligt tidigare beräkningar.

$$\sum l_i \cdot \Psi_{ki_i} = 49 \cdot 0,023 + 109,3 \cdot 0,03 + 31 \cdot 0,026 + 38 \cdot 0,027 = 6,24 \text{ W/K}$$

I WUFI Plus väljs sedan en 1 mm tjock skiva av trä som material för denna yta vilkens U-värde beräknas till $U_{yta \text{ förluster}} = 5,52 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nu kan storleken på arean som krävs beräknas.

$$\begin{aligned} A_{yta \text{ förluster}} \cdot U_{yta \text{ förluster}} \\ = A_{yttervägg \text{ entre och takkupor}} \cdot U_{yttervägg} + A_{borttagna \text{ fönster}} \cdot U_{fönster} \\ + \text{Förluster köldbryggor} \end{aligned}$$

$$A_{yta \text{ förluster}} \cdot 5,52 = 26,7 \cdot 0,1 + 3,08 \cdot 0,6 + 6,24$$

$$A_{yta \text{ förluster}} = 1,95 \text{ m}^2$$

4.6.3.3 Platta på mark

Homogenous layers		outside				inside	
Thermal resistance: 7,559 m ² K/W		1 2 3 4					
Heat transfer coefficient (U-Value): 0,13 W/m ² K							
Thickness: 0,4 m		0,1 0,1 0,1 0,1					
		Thickness [m]					
Nr.	Material/Layer (from outside to inside)	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Thickness [m]	Color	
1	Polystyrene, expanded	20	1500	0,04	0,1		
2	Polystyrene, expanded	20	1500	0,04	0,1		
3	Polystyrene, expanded	20	1500	0,04	0,1		
4	Concrete w/c 0,5	2308	850	1,7	0,1		

Figur 28 - Grundens sammansättning i WUFI Plus

Här väljs betong med ett vct på 0.5 samt expanderad polystyren som isolering.

$$U_{grund} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.6.3.4 Ytterväggar

Då uppritningen i WUFI Plus sker tvådimensionellt med ett material per lager kan inte den kombinerade väggen ritas in korrekt. Här får det därför göras förenklingar och antaganden som t.ex. att väggen innehåller 10 % reglar.

Homogenous layers		outside				inside	
Thermal resistance: 10,086 m ² K/W		1 2 3 4 5 6 7 8 9					
Heat transfer coefficient (U-Value): 0,1 W/m ² K							
Thickness: 0,469 m		0,02 0,1 0,153 0,07 0,063					
		Thickness [m]					
Nr.	Material/Layer (from outside to inside)	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Thickness [m]	Color	
1	Mineral Plaster (stucco, A-value: 0.1 kg/m ² h ^{0.5})	1900	850	0,8	0,02		
2	Air Layer 25 mm	1,3	1000	0,155	0,025		
3	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,1		
4	Oriented Strand Board (density: 630 kg/m ³)	630	1500	0,13	0,017		
5	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,153		
6	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,07		
7	PE-Membrane (Poly; 0.07 perm)	130	2300	2,3	0,001		
8	Oriented Strand Board (density: 630 kg/m ³)	630	1500	0,13	0,007		
9	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,063		
10	Gypsum Board	850	850	0,2	0,013		

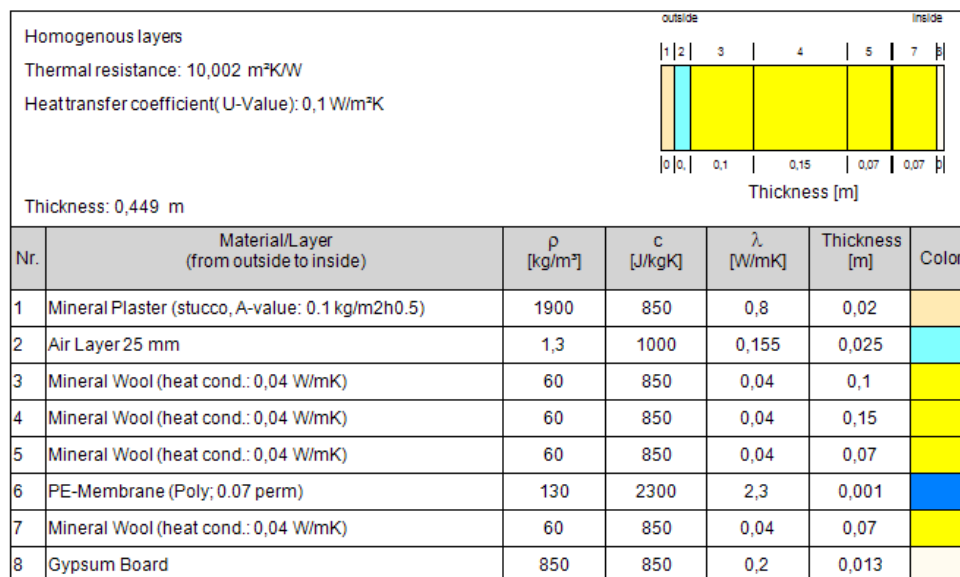
Figur 29 - Ytterväggens sammansättning i WUFI Plus, Alternativ 1

Denna yttervägg blir korrekt ur ett termiskt perspektiv då värmemotståndet, U-värdet blir rätt. Ur ett fuktperspektiv blir dock motståndet i träskivorna för stort och beskriver inte det verkliga fuktmotståndet rätt då reglarna endast utgör 10 % och fukt kan röra sig fritt genom

resterande 90 %. Därför blir det ett bättre alternativ att ta bort trädelen helt och ersätta denna med mineralull så att rätt U-värde uppnås. Denna vägg kommer således bli rätt ur värmesynpunkt men även mer korrekt ur fuktsynpunkt. Visserligen kan reglarna i verkligheten absorbera en viss del fukt och har en viss energilagringkapacitet men detta blir det bästa alternativet. För att korrigera för förlusten av värmekapacitet antas 30 % av trämassan finnas i ytterväggarna och kommer att läggas in som innerväggar.

$$\begin{aligned} \text{Volym regler i yttervägg} &= (0.017 + 0.007) \cdot A_{\text{vägg}} = (0.017 + 0.007) \cdot 191,8 \\ &= 4,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

En minimal luftomsättning i luftspalten är satt till 1 oms/h vilket är relativt lågt för att hamna på den säkra sidan. Den verkliga medelluftomsättningen i ytterväggar över en längre tid borde ligga kring 75-130 oms/h vid utförande med horisontella läkt. (Falk, 2010)



Figur 30 - Ytterväggs sammansättning i WUFI Plus, Alternativ 2

Den slutliga väggens uppbyggnad ser ut som i Figur 26, där reglarna är borttagna. Väggens blir totalt sett 20 mm tunnare vilket inte utgör någon större påverkan för beräkningarna.

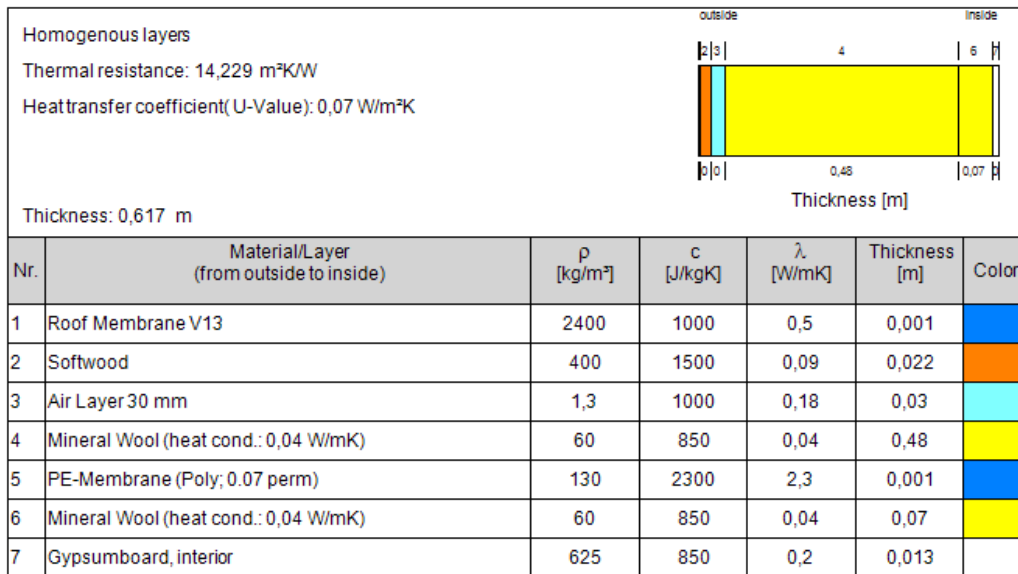
Den totala tjockleken för ytterväggen blir 449 mm.

4.6.3.5 Tak

Vad det gäller taket så råder samma tankesätt som ovan. Reglarna tas bort helt och hållet och isolerings tjockleken sätts så att U-värdet för taket blir

$$U_{\text{Tak}} = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Luftspalten ventileras även i detta fall med en luftomsättning på 1 oms/h. Motsvarande motivering som för ytterväggen.



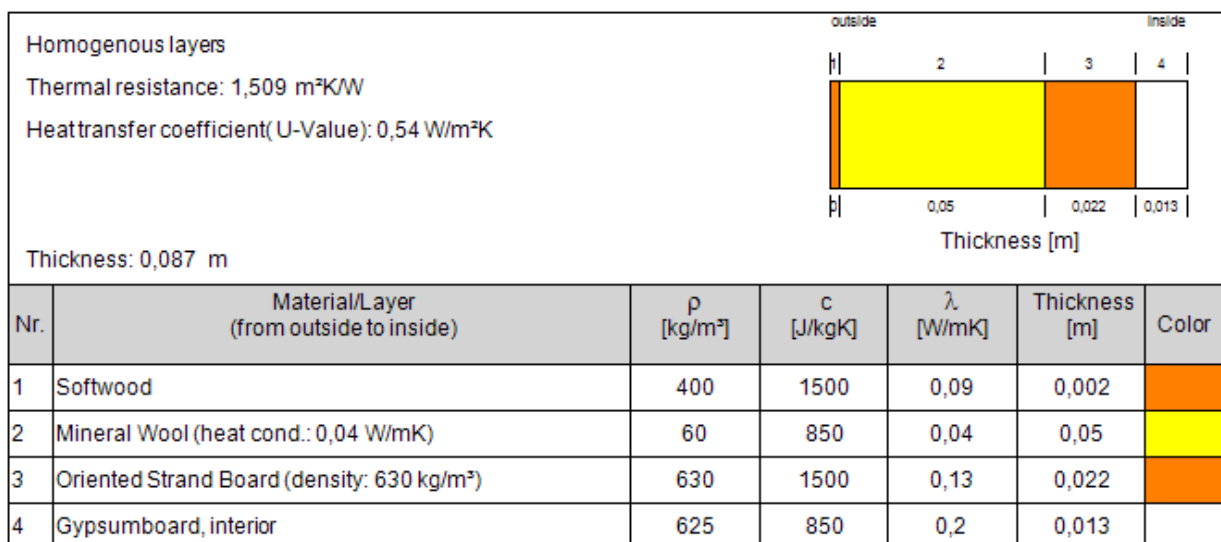
Figur 31 - Takets sammansättning i WUFI Plus

Volymen regler som försvinner blir:

$$\text{Volym regler i tak} = (0.017 + 0.007) \cdot A_{\text{tak}} = (0.053 + 0.007) \cdot 138,2 = 8,3 \text{ m}^3$$

4.6.3.6 Mellanbjälklag

Mellanbjälklaget kommer att bestå av regler 220 mm med ett avstånd på cc.1200, ovanpå dessa kommer golvspånskiva och ytskikt som exempel parkettgolv att ligga. Bjälklaget ljudisoleras även genom att ett skikt mineralull på 50mm läggs mellan reglarna. Här sätts träreglarna till 10 % av tjockleken eftersom de utgör ca 10 % av väggen. Då mellanbjälklaget befinner sig i inomhusklimat utgör det inte någon negativ påverkan på fukttransporten för grund-, vägg- och takkonstruktion.



Figur 32 - Mellanbjälklagets sammansättning i WUFI Plus

4.6.3.7 Fönster och glasade ytterdörrar

Main parameters

Uw	[W/m ² K]	0,6
Frame factor		0,73
SHGC (average)		0,43
SHGC hemispherical		0,43
Emissivity of external surface		0,8

Figur 33 - Fönsterparametrar i WUFI Plus

U-värdet för fönstren och den glasade altandörren ligger på runt 0.6 W/m²K men här finns en del andra parametrar att bestämma.

SHGC, Solar Heat Gain Coefficient (svenska g-värde) är en koefficient som kan anta värden mellan 0 och 1 och talar om hur mycket värmeenergi från solen som fönstret släpper igenom. Där 1 innebär att all värmeenergi från solens strålning passerar fönstret och medan värdet 0 innebär det motsatta. (Commercial Windows, 2014)

SHGC påverkas bland annat utav av glastypen, antalet spröjs och eventuella beläggningar så som emissionsskikt. Värdet brukar ligga på upp till 0.8 för kristallklara rutor och ned till 0.2 för tonade högrelektiva glasrutor. (Commercial Windows, 2014)

WUFI Plus rekommenderar ett SHGC-värde på 0.4-0.5 för 4-glasfönster. Därför antas medelvärdet här vilket blir 0.45.

Frame factor talar om hur stor andel utav fönstret som är glas dvs. förhållandet mellan glasarean och den totala fönsterarean inklusive karm.

Emissivity of external surface , (svenska emissivitetsfaktorn för den yttre glasytan) beskriver glasets förmåga att utstråla energi där klart glas har hög emissivitet (0,85), d v s det blir uppvärmt och avger snabbt värme till kallare omgivning. (Hallorsglas, 2015)

Alla dessa ovanstående parametrar förutom emissivitetsfaktorn ändras då fönstrets geometri förändras, dvs. annan storlek ger andra värden på parametrarna. Dessa skillnader är dock små och då även dessa värden är medelvärden antas de bestämda värdena gälla för alla fönster och glasade dörrar.

4.6.3.8 Ytterdörrar

Huset har två likadana ytterdörrar med ett U-värde på 0,6 W/m²K.

Homogenous layers		outside					inside
Thermal resistance: 1,5 m ² K/W		-----					1
Heat transfer coefficient (U-Value): 0,6 W/m ² K		-----					0,135
Thickness: 0,135 m		-----					Thickness [m]
Nr.	Material/Layer (from outside to inside)	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Thickness [m]	Color	
1	Softwood	400	1500	0,09	0,135		

Figur 34 - Ytterdörrarnas sammansättning i WUFI Plus

Här väljs endast vanligt trä som material och U-värdet bestämmer dess tjocklek som blir 135 mm.

4.6.3.9 Innerväggar

Innerväggar hamnar i programmet under "Not visualized components" dvs. inte visualiserade komponenter. Dessa har dock en värmekapacitet och kommer att påverka huset ur värmesynpunkt.

Innerväggarnas uppbyggnad

Tabell 9 - Innerväggarnas sammansättning i WUFI Plus

Materialskikt vägg	Tjocklek, d (mm)	λ, (W/m•K)
Gips	13	0,22
Mineralull + Reglar	90	0,047
Gips	13	0,22

Utifrån ritningarna som gjorts mäts längden på innerväggarna och arean beräknas genom att längden multipliceras med medelhöjden på 2,7m.

$$A_{\text{innerväggar}} = (\text{Längd plan 1} + \text{Längd plan 2}) \cdot \text{Medelhöjd} = (24,2 + 16,8) \cdot 2,7 = 110,7 \text{ m}^3$$

Enligt tidigare kommer 30 % av trämassan i ytterväggarna och taket att läggas in som innerväggar att delvis täcka upp för förlusterna i värmekapacitet.

$$\text{Volym regler i yttervägg} = (0,017 + 0,007) \cdot A_{\text{vägg}} = (0,017 + 0,007) \cdot 191,8 = 4,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Volym regler i tak} = (0,017 + 0,007) \cdot A_{\text{tak}} = (0,053 + 0,007) \cdot 138,2 = 8,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Volym regler i tak och väggar} = 4,6 + 8,3 = 12,9 \text{ m}^3$$

Dessa läggs in som solida träväggar med tjockleken 25mm. Arealen som ska läggas till blir då

$$A_{\text{tillägg}} = \frac{12,9 \cdot 0,3}{0,025} = 155 \text{ m}^2$$

4.6.3.10 Interna laster

Under rubriken interna laster finns personlaster, där strålning- och konvektionsvärme samt fukt- och koldioxidtillskott från personer är inparametrar.

Enligt FEBY 12 gäller 47 W/person i dygnsgenomsnitt.

$$\text{Personlast 5 personer} = 47 \cdot 5 = 235 \text{ W per dygn}$$

I WUFI Plus lägger man in detta som både strålning- och konvektionsvärme. Genom den inbyggda räknaren som finns i programmet kan man ta fram det normala förhållandet mellan dessa och räkna ut hur fördelningen av personlasten på 235 W ska se ut.

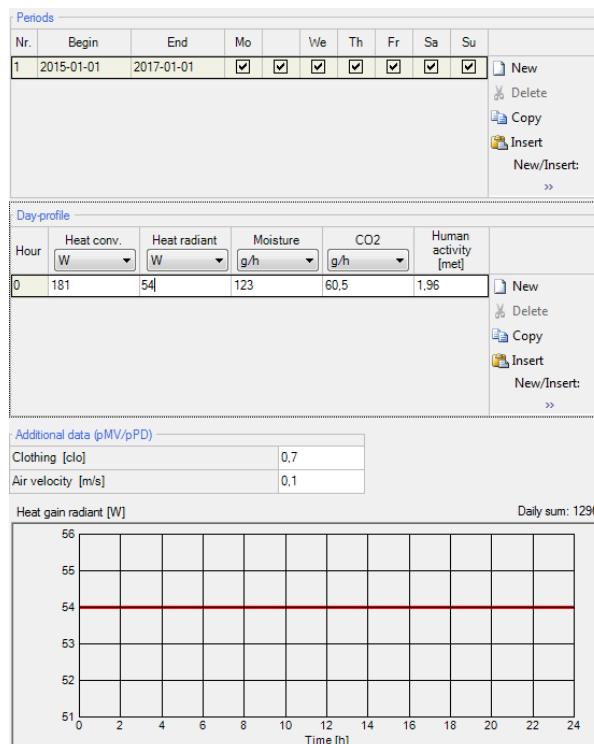
$$Kvot = \frac{158}{47} = 3,36$$

Detta ger oss värmelasterna

$$\text{Strålningsvärme} = 181 \text{ W per dygn}$$

$$\text{Konvektionsvärme} = 54 \text{ W per dygn}$$

För fukt- och koldioxidtillskottet låts kalkylatorns framräknade medelvärden för 5 personer med normal aktivitet gälla.



Figur 35 - Intern personlast i WUFI Plus

4.6.3.11 Villkor

Under "Design conditions" sätts villkoren upp för inomhustemperaturen. Dessa styr bl.a. när uppvärmnings- och kylsystemet ska slås på respektive av.

Här sätts den minimala inomhustemperaturen till 21° vilket är den dimensionerande innertemperaturen enligt FEBY12.

För den maximala innertemperaturen väljs 26° då det som råder i FEBY12 står att denna inte bör överskridas mer än 10 % av tiden under månaderna april-sep.

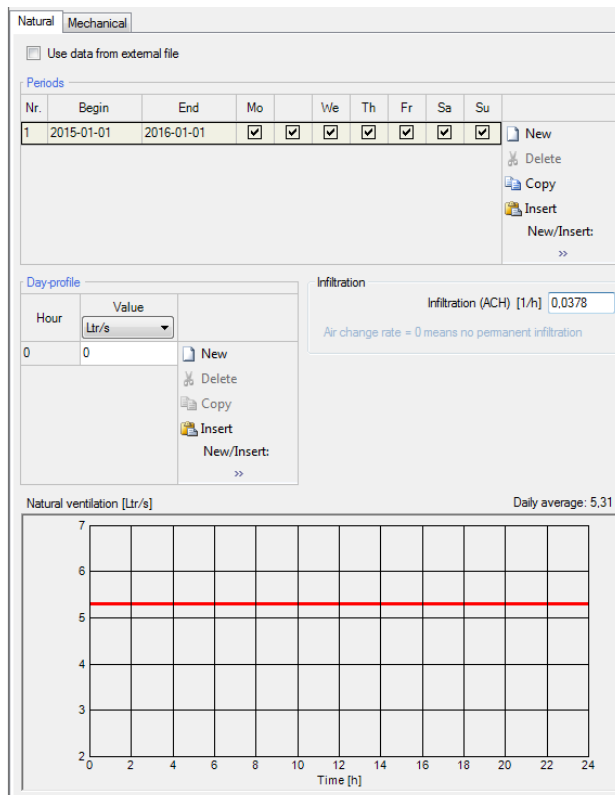
Här kan även intervall för RF och CO₂-koncentrationer anges, men eftersom dessa inte ska vara styrande väljs här inga gränsvärden.

4.6.3.12 Ventilation

Ventilationen delas upp i naturlig (luftläckage) respektive mekanisk i programmet.

Den naturliga ventilationen består endast av infiltrationen på grund av luftläckaget som tidigare bestämdes till $q_{50} = 0,15 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ omslutande area och ett $q_{\text{läck}}$ beräknades enligt nedan. Se kapitel 4.3 om värmeförlusttal.

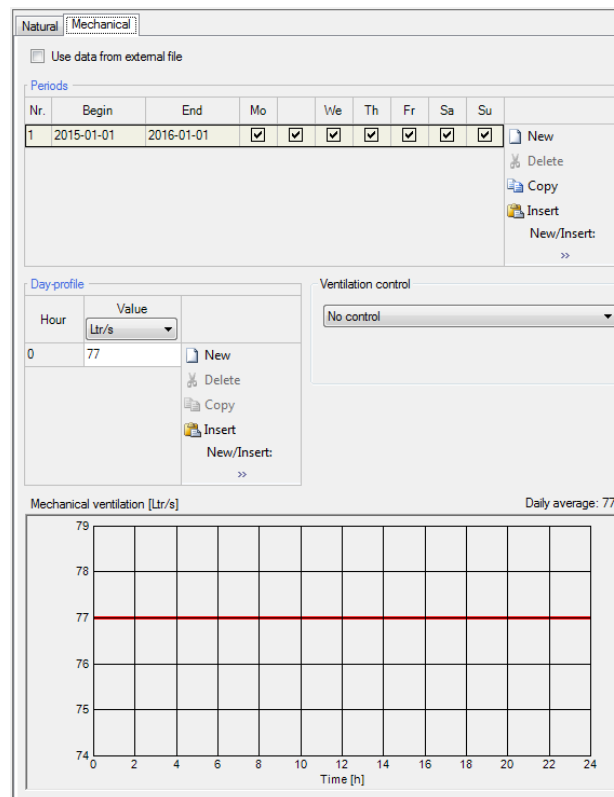
$$q_{\text{läck}} = \frac{0,00015 \cdot 505,3 \cdot 0,07}{1 + \frac{15}{0,07} \left(\frac{0,077 - 0,077}{0,0001 \cdot 505,3} \right)^2} = 0,0053 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0378 \text{ oms/h}$$



Figur 36 - Luftläckage WUFI Plus

Mekaniska ventilationen är satt till det minsta tilluftsflöde för bostäder enligt BBR.

$$q_{sup} = 0,35 \cdot A_{temp} = 0,35 \cdot 220 \text{ m}^2 = 77 \text{ l/s}$$



Figur 37 - Ventilationsflöde i WUFI Plus

4.6.4 HVAC

Under "HVAC" som står för "heating, ventilating and air conditioning" ställer man in kapaciteten för uppvärmningssystemet, kylsystemet och ventilationssystemet.

För uppvärmningssystemet väljs en pelletspanna från Nibe med modellnamnet Nibe Pellux 200 där effekten från pellets ligger på 25 kW. Pannan har även en plattvärmeväxlare för vattenberedning och en 9 kW elpatron. (Nibe, 2015)



Figur 38 – Luftkonditioneringssystem (Polarpumpen, 2015)

För kylsystemet sätts en kylkapacitet på 5 kW vilket är vad ovanstående luftkonditioneringssystem MIDEA MSR-18 kyler med. Detta är dock endast satt formellt eftersom det inte kommer finnas något kylsystem i det projekterade huset. Då det uppstår övertemperaturer antas huset kylas genom vädring.

Ventilationssystemets kapacitet sätts till vårt tilluftsflöde $q_{sup} = 77$ l/s. Här sätts även värmeväxlarens åretvinningsgrad som tidigare bestäms till 85 %.

5 Resultat och felanalys

5.1 Energiberäkningar

Husets specifika energibehov beräknas med hjälp av tre olika metoder.

5.1.1 Energiberäkning – Gradtimmemetoden

Värmebehovet för byggnaden kan räknas ut med hjälp av byggnadens värmeförlustkoefficient H_T multiplicerat med antalet gradtimmar G_T . Gradtimmarna är den klimatberoende faktorn och hämtas från bilaga 5 vilka beror på ortens aktuella normalårstemperatur T_{un} och gränstemperaturen T_g .

Normalårstemperaturen för Lund väljs lika som för närmsta stad som är Malmö.

$$T_{un \text{ Malmö}} = 8.0^\circ\text{C}$$

(Kursmaterial Installationsteknik FK, 2001)

Gränstemperaturen är den utomhustemperatursgräns där ett uppvärmningsbehov uppkommer. Denna är definierad av SMHI som eldningsgränser för olika månader. Under de varma månaderna är denna lägre p.g.a. värmetillskottet från solinstrålningen.

Tabell 10 - Gränstemperaturer månadsvis (Normalorskorrigering av energianvändningen i byggnader - en jämförelse av två metoder, u.d.)

Månad	Gränstemperatur [T_g °C]
Maj, Juni, Juli	10
Augusti	11
April, September	12
Oktober	13
Övriga månader	17

Gradtimmarna utläses ur bilaga 5 med hjälp av ovanstående gränstemperaturer och normalårstemperaturen för Malmö. Se nedanstående beräkning för månaderna Maj, Juni, och Juli.

$$\left. \begin{array}{l} T_{un \text{ Malmö}} = 8.0^\circ\text{C} \\ T_{g \text{ Maj, Juni, Juli}} = 10^\circ\text{C} \end{array} \right\} G_t \text{ år} = 40300 \text{ }^\circ\text{Ch}$$

$$G_{t \text{ Maj, Juni, Juli}} = \frac{31 + 30 + 31}{365} \cdot 40300 = 10157.8^\circ\text{Ch}$$

Tabell 11 - Antal gradtimmar för respektive månader

Månad	Gradtimmar [$G_t \text{ } ^\circ\text{Ch}$]
Maj, Juni, Juli	10 157,8
Augusti	3 855,9
April, September	8 367,1
Oktober	4 807,1
Övriga månader	34 212,9
Summa	61 400,8

Energiförbrukningen för uppvärmning

$$E_{\text{uppvärmning}} = H_T \cdot G_T = 92 \cdot 61400,8 = 5648,9 \text{ kWh}$$

$$H_T = 92 \text{ W/K} \quad (\text{se tidigare beräkning enligt 4.3 Värmeförlusttal } VFT_{\text{DVUT}})$$

Det specifika energibehovet blir

$$E_{\text{specifik värme}} = \frac{E_{\text{uppvärmning}}}{A_{\text{temp}}} = \frac{5648,9}{220} = 25,7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$$

Tabell 12 - Energibehov gradtimmemetoden

Energianvändning	Årlig energianvändning [kWh]	Specifik energianvändning [$\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$]
Uppvärmning	5 648,9	25,7
Varmvatten*	4 400	20
Fastighetsel*	1 320	6
Hushållsel*	6 600	30
Värme+VV+F	11 368,9	51,7

* Enligt avsnitt 4.5 Energiberäkningar

Den specifika energianvändningen för byggnaden hamnar på $51,7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ vilket understiger FEBY 12:s krav på $55 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

5.1.2 Energiberäkning – Energihuskalkyl

Utifrån resultatsammanfattningen från Energihuskalkyl kan man få ut det specifika energibehovet för uppvärmning av byggnaden. Detta värde används sedan för att beräkna det totala energibehovet.

Tabell 13 - Energibehov Energihuskalkyl

Energianvändning	Årlig energianvändning [kWh]	Specifik energianvändning [kWh/m ² A _{temp}]
Uppvärmning*	2860	13
Varmvatten	4400	20
Fastighetsel	1320	6
Hushållsel	6600	30
Värme+VV+F	8580	39

* Uppvärmningsbehovet hämtas här från Energihuskalkyl – Bilaga 4.

Den specifika energianvändningen för byggnaden hamnar på 39 kWh/m²A_{temp} vilket understiger FEBY 12:s krav på 55 kWh/m²A_{temp} med en bra marginal.

5.1.3 Energiberäkning - WUFI Plus

Då all indata är inmatad lyser en grön knapp i programmet som innebär att simuleringen kan påbörjas. Simuleringen görs först för en ettårsperiod 2015-01-01 till 2016-01-01. Då initialvärden för de olika materialen inkluderar byggfukt kommer första årets resultat och beräkningar skilja sig från de övriga åren. Eftersom konstruktionen först ställt in sig i fuktjämnvikt år 2 och framåt kommer dessa resultat att främst vara av intresse.

Redovisningen av resultaten sker separat för energi respektive fuktberäkningarna med en gemensam slutsats i slutet.

Eftersom värmeåtervinningen inte kan stängas av periodvis i programmet måste två beräkningar köras för att få rätt kylbehov. Det ena fallet blir då med en värmeåtervinning för ventilationsluften på 85 % och ger rätt värmebehov och det andra fallet blir med 0 % värmeåtervinning och räknar fram rätt kylbehov. Graferna och resultaten kommer dock att kombineras och redovisas i ett korrekt fall.

Energibehovet som WUFI Plus räknar fram

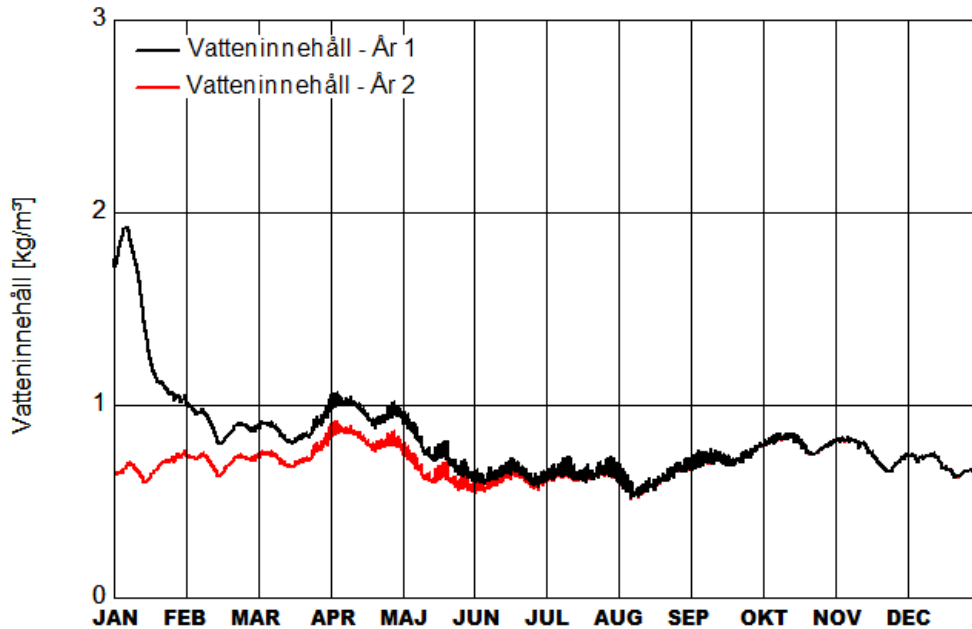
Tabell 14 - Energibehov för uppvärmning beräknat i WUFI Plus för År 1 resp. År 2

Energi, U_m – värde	Energibehov [kWh]	Specifikt energibehov [kWh/m ² A _{temp}]
År 1, Uppvärmning	5 600	25,5
År 1, Kylning	345	1,6
År 2, Uppvärmning	5 124,4	23,3
År 2, Kylning	361,4	1,6

Man ser att det blir en markant skillnad på det beräknade energibehovet mellan år 1 och 2. Detta beror främst på att väggens fuktinnehåll är större År 1 då byggfukten är inräknad. Denna byggfukt försämrar i verkligheten dels värmemotståndet men kräver även energi för

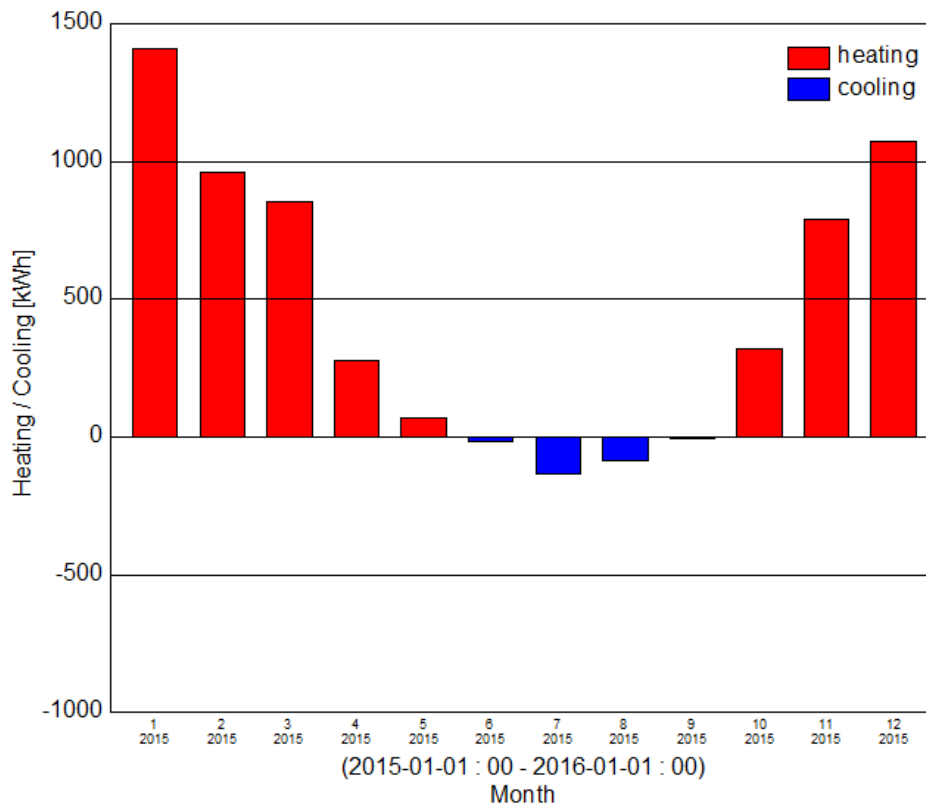
att torka ut. Det senare visar sig i programmet som ett högre energibehov med 475,6 kWh ($2,2 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$) för det första året.

Detta kan bland annat illustreras genom nedanstående graf där man ser att vatteninnehållet är förhöjt de första 6 månaderna i jämförelse med året där på.



Figur 39- Ytterväggens vatteninnehåll År 1 resp. År 2

Energibehovet för uppvärmning respektive kylning månadsvis.



Figur 40 – Värme- och kylbehov för År 2

Med samma energibehov för varmvatten och fastighetsel som tidigare kan den totala energianvändningen återigen presenteras.

Tabell 15 - Energiförbrukning WUFI Plus

Energianvändning	Årlig energianvändning [kWh]	Specifik energianvändning [kWh/m ² A _{temp}]
Uppvärmning	5 124,4	23,3
Varmvatten	4400	20
Fastighetsel	1320	6
Hushållsel	6600	30
Värme+VV+F	10 846	49,3

Huset antas inte ha någon komfortkyla utan det är med vädring som man kommer hindra obehagliga övertemperaturer. Därför redovisas inte de 361,4 kWh för kylbehovet i ovanstående beräkningar.

5.1.4 Analys energiberäkningar

Husets värmeförlusttal har beräknats med två olika metoder. De två olika metodernas resultat skiljer sig med ca 8 %. Se avsnitt 4.3 Värmeförlusttal VFT_{DVUT} respektive 4.4 Värmeförlusttal VFT_{DVUT} – Energihuskalkyl.

Tabell 16 - Sammanställning värmeförlusttal

Värmeförlusttal	[W/m ² A _{temp}]
Handberäkning	12,7
Energihuskalkyl	11,7
Krav	17

Husets specifika energibehov har nu framräknats på tre olika sätt.

Tabell 17 - Sammanställning energiberäkningar

Beräkningsmetod	Årlig energianvändning [kWh]	Specifik energianvändning [kWh/m ² A _{temp}]
Energihuskalkyl	8580	39
Gradtimmemetoden	11 379,5	51,7
WUFI Plus	10 846	49,3

Energihuskalkyl

Energiberäkningen med hjälp av Energihuskalkyl ger det högst avstickande värdet, vilket skiljer sig med ca 20 % från de två övriga metoderna. Eftersom denna beräkning inte går att studera mer noggrant kommer dess pålitlighet att ifrågasättas.

Gradtimmemetoden

Energiberäkningen med denna metod är gjord för att det på något sätt ska gå att jämföra

WUFI Plus beräkning. Denna bygger på värmeförlustkoefficienten som i sin tur bygger på ekvationer enligt FEBY 12 och samma indata och förutsättningar som i WUFI Plus.

WUFI Plus

Den mest komplexa energiberäkningen är den som är gjort i WUFI Plus. Trovärdigheten för denna beräkning blir högst därmed. Att sedan gradtimmermetoden gav så pass bra överensstämmande värde styrker denna beräkningsmetod ytterligare. Denna beräknings osäkerhet och känslighet kommer att studeras ytterligare i en felanalys.

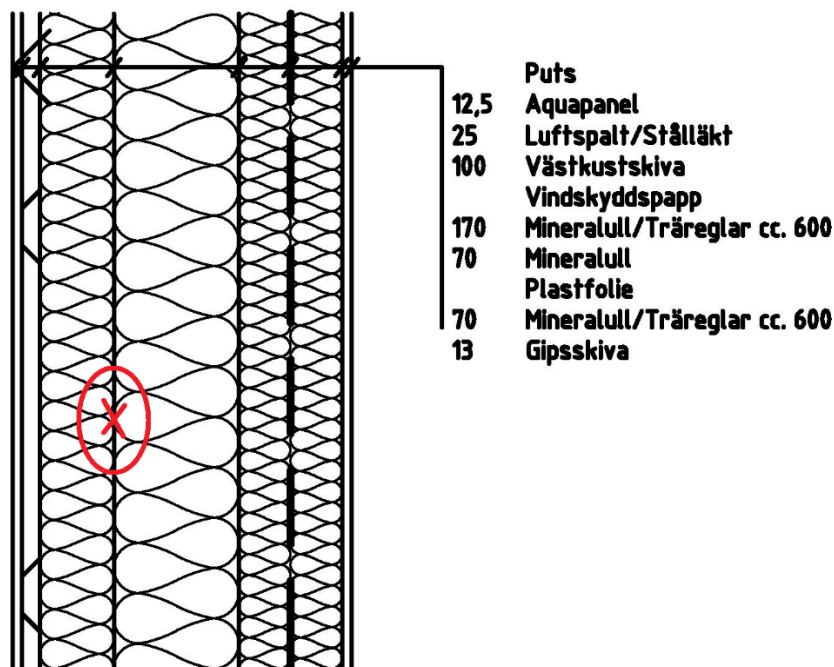
5.2 Fuktberäkningar

5.2.1 Fuktberäkning - WUFI Plus

Som nämnts räknar även WUFI Plus på de olika komponenternas fuktbelastningar som sedan redovisas med grafer t.ex. vatteninnehåll, relativ fuktighet och isopleter.

5.2.1.1 Yttervägg

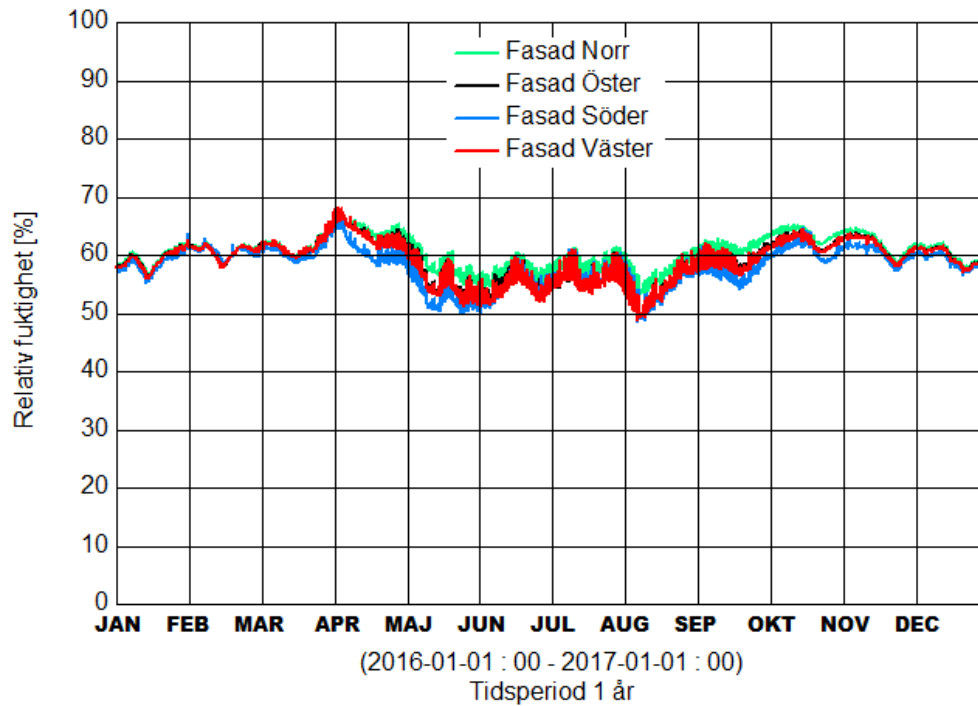
Ytterväggen kommer att dels analyseras i helhet men främst så kommer den kallaste punkten i ytterväggen där organiskt material finns att vara av intresse. Här föregår det störst risk för mögelpåväxt i konstruktionen eftersom träet utsätts för den högsta relativa fuktigheten. Givetvis kommer det vara högre RF desto längre ut i konstruktionen man befinner sig men eftersom det inte finns något organiskt material kan inte fuktskador i form utav mögelpåväxt eller röta uppkomma.



Figur 41 - Kritisk punkt i ytterväggsstrukturen

Ur RF-kurvorna för respektive ytterväggsfasad över år 2 kan man bland annat utläsa att den norra ytterväggsfasaden (Fasad Norr) har den högsta relativa fuktigheten över lag i denna

punkt. Man kan även se att det största värdet för den relativa fuktigheten uppnås i början av april månad och ligger runt 68 %.

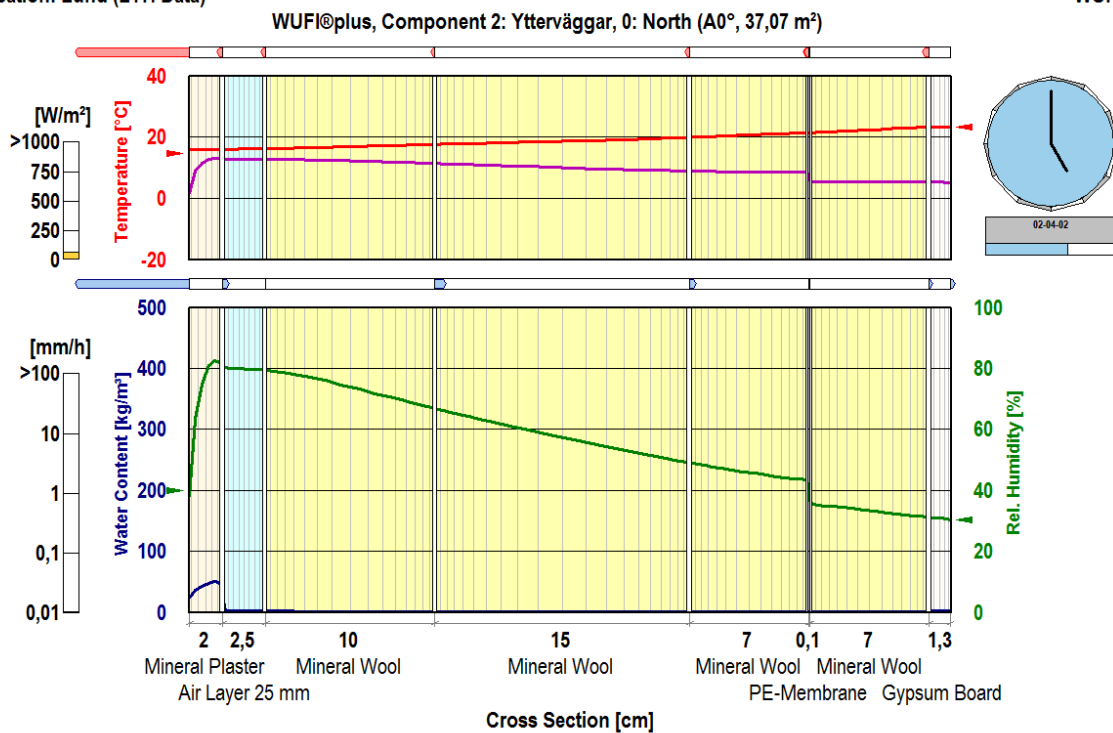


Figur 42 - Relativ fuktighet i den kritiska punkten År 2

Vidare kan man nu ta fram profilen för den norra fasadens yttervägg för år 2 den 2 april.

Location: Lund (LTH Data)

WUFI

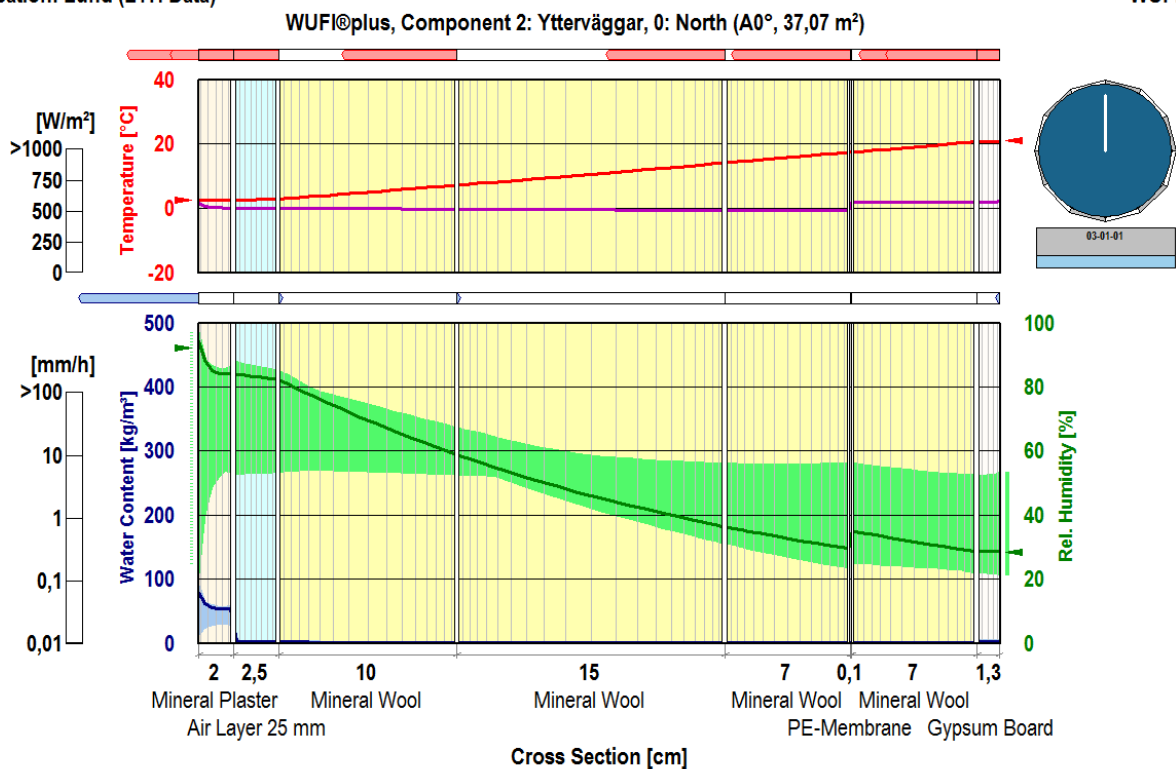


Figur 43 - Temperatur och relativ fuktighet för ytterväggprofilen År 2 april 02

För att se hur ytterväggens olika materialskikt varierar i relativ fuktighet studeras hela år 2 där det gröna området motsvarar värden som materialet någon gång under året antagit.

Location: Lund (LTH Data)

WUFI

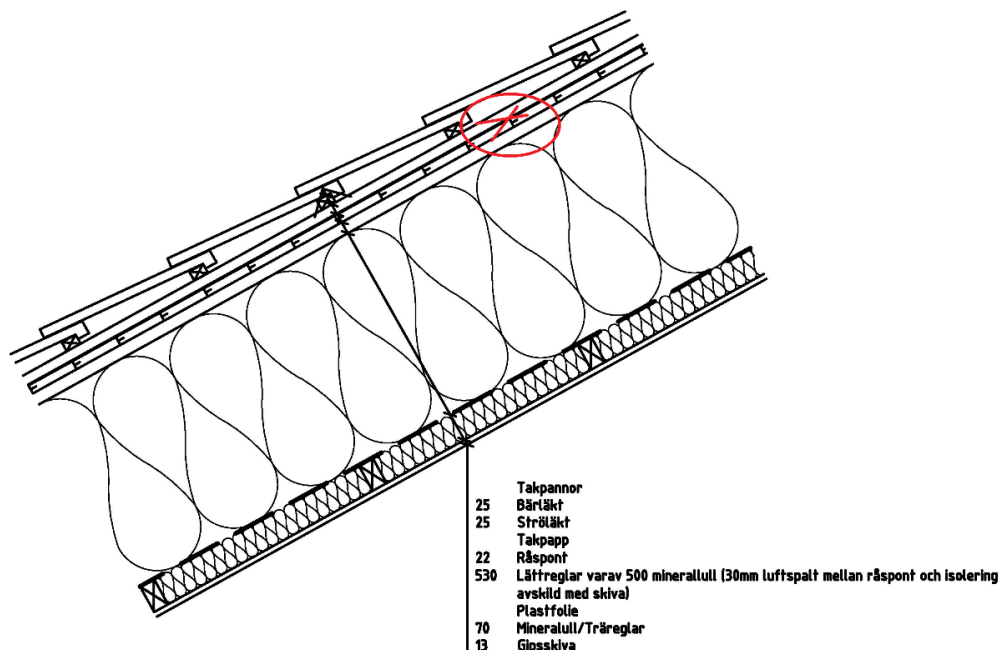


Figur 44 - Temperatur och relativ fuktighet för ytterväggprofilen hela År 2

Här ser man att den yttersta delen av fasadskivan endast ligger i riskzonen dvs. över 80 % relativ fuktighet. Här kan dock inget mögel uppstå då inte det finns något organiskt material.

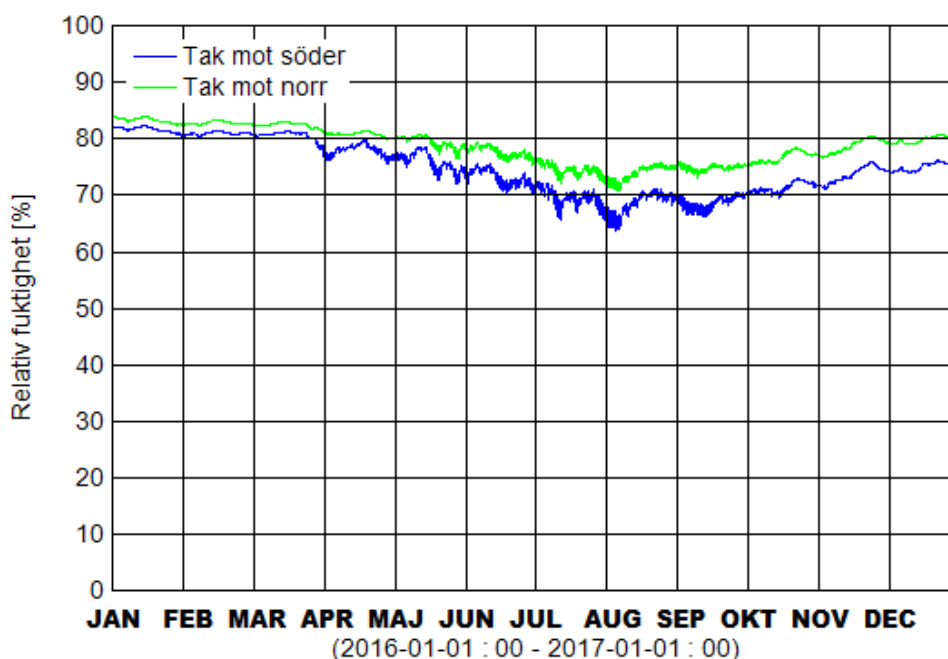
5.2.1.2 Tak

På samma sätt som ytterväggen kommer taket att studeras. Den kritiska punkten i takkonstruktionen hamnar i detta fall under takpappen dvs. på råsponten.



Figur 45 - Kritisk punkt i takkonstruktionen

Tar man fram RF-kurvorna för den norra respektive södra takytan i denna punkt ser man att den norra takytans kurva ligger ovanför den södra. Detta innebär att risken för mögel blir som störst på denna sida. Maximivärdet för den relativa fuktigheten hamnar på 84 % och föreligger i mitten av jan månad.

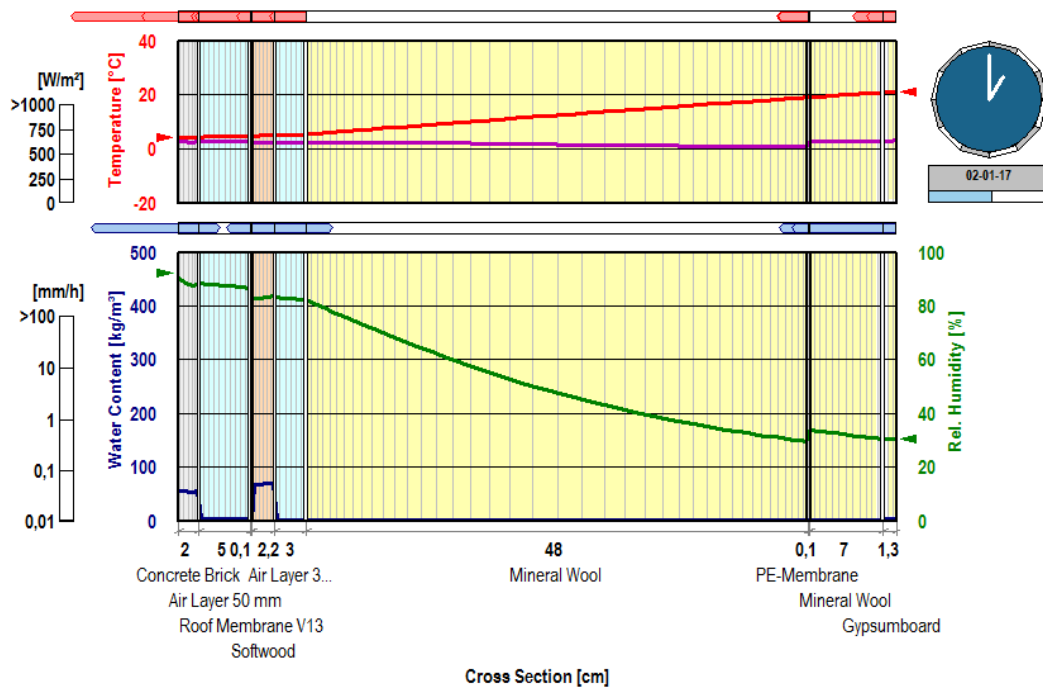


Figur 46 – Relativ fuktigheten i den kritiska punkten År 2

Location: Lund (LTH Data)

WUFI®plus, Component 4: Tak, 0: North (A0°, 106,07 m²)

WUFI



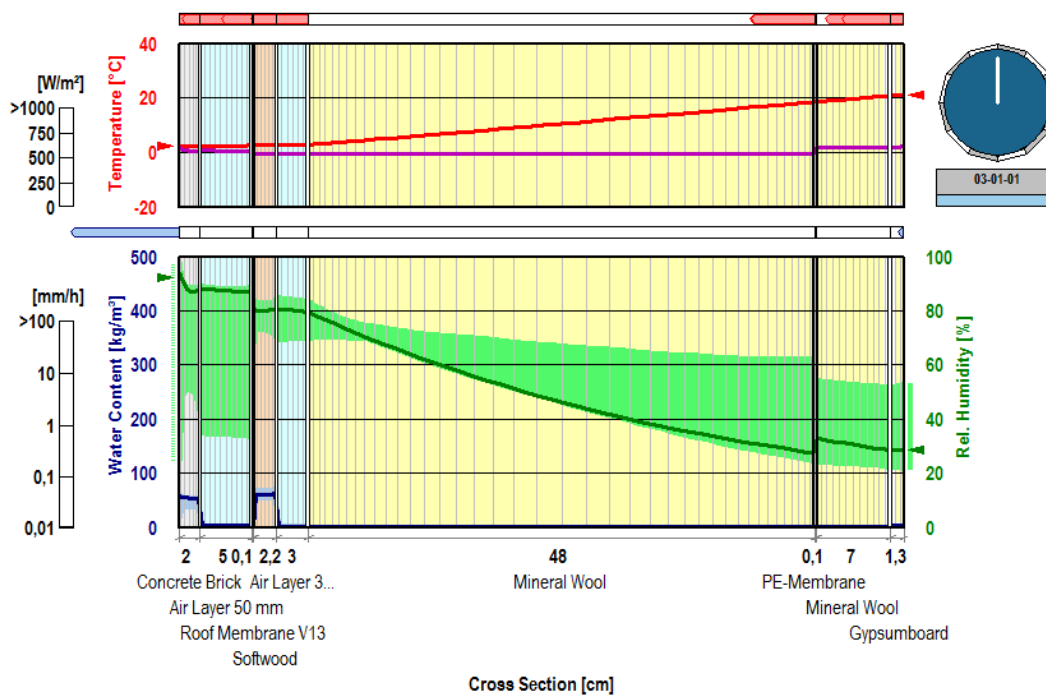
Figur 47 - Temperatur och relativ fuktighet för takprofilen År 2 jan 17

I ovanstående figur ser man hur potentialen ligger över den diffusionstäta takpappen. Den relativa fuktigheten är samtidigt över 80 % vilket gör att det föreligger risk för mögelpåväxt. Varaktighet är en annan viktig faktor som nu måste undersökas närmare.

Location: Lund (LTH Data)

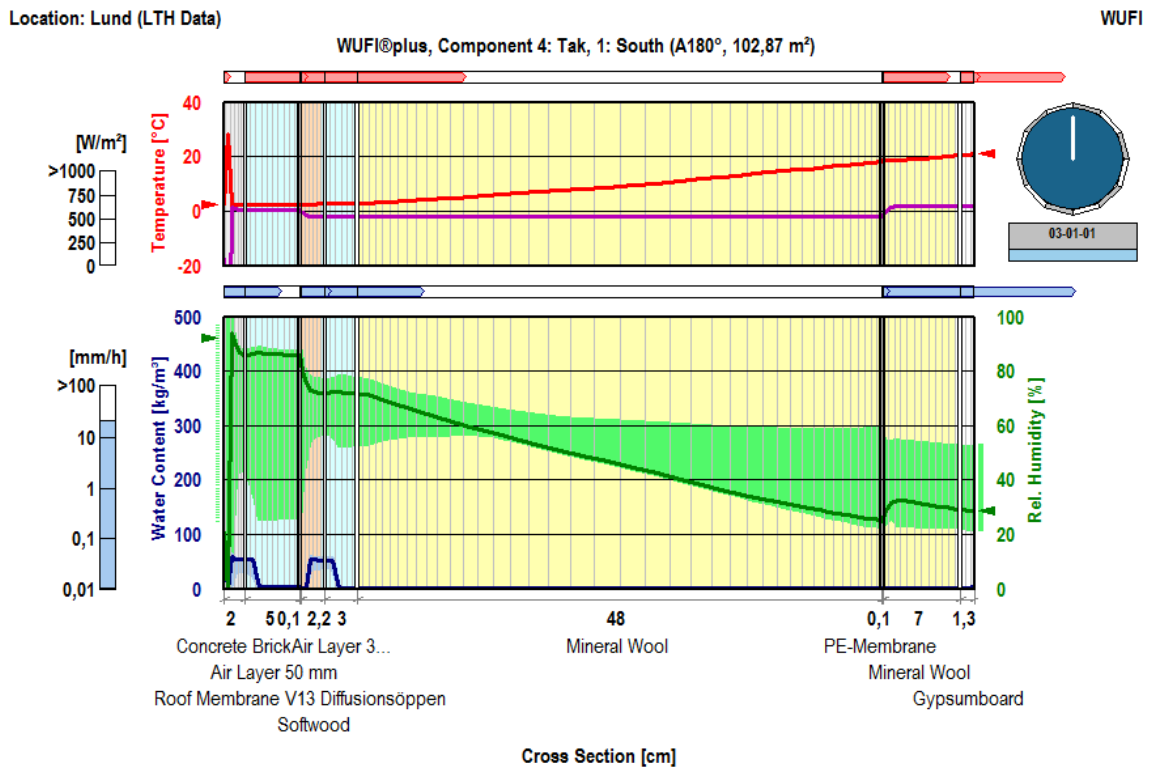
WUFI®plus, Component 4: Tak, 0: North (A0°, 106,07 m²)

WUFI



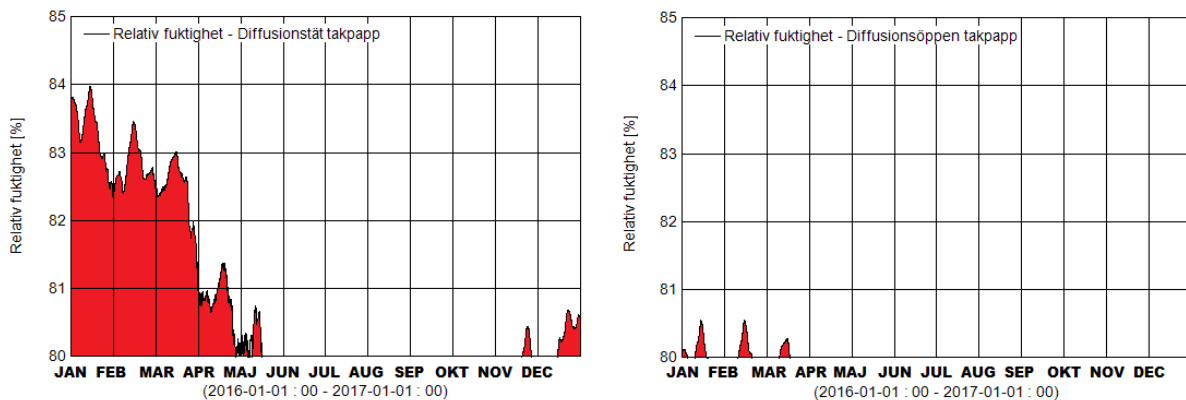
Figur 48 - Temperatur och relativ fuktighet för takprofilen hela År 2

Idag finns det diffusionsöppna undertak på ute på marknaden. Byggmax diffusionsöppna underlagstak har ett ånggenomsmotstånd som motsvarar 1,6 % av det som valdes i WYFI Plus. Nedanstående figur visar temperatur och fuktighet med en sådan takpapp.



Figur 49 -Temperatur och relativ fuktighet för takprofilen med diffusionsöppen takpapp hela År 2

Vidare plottas den relativa fuktigheten för de två olika varianterna på takpappen.



Figur 50 - Relativ fuktighet i den kritiska punkten med diff.tät papp till vänster och diff.öppen papp till höger för År 2

Här ser vi att råsponten samt en del av takstolarna i konstruktionen med en diffusionstät takpapp kommer att befinna sig 5 månader i en miljö med över 80 % relativ fuktighet. Detta sker sammanhängt under december-maj. Här föreligger alltså risk för mögelpåväxt på råspontens undersida. Eftersom takstolarna i verkligheten fungerar som köldbryggor kommer den relativa fuktigheten att vara något mindre just vid dessa. Därför råder den största risken för mögelpåväxt mitt mellan takstolarna (cc. 1200) på råspontens undersida.

Då en simulering med en diffusionsöppen takpapp görs ser man en klar och tydlig minskning av den relativa fuktigheten. Reglarna ligger nu inte längre i riskzonen alls och den maximala luftfuktigheten i råsponten uppkommer till 80,5 %. Detta sker under 3 kortare perioder i mitten av månaderna januari-mars. Den relativa fuktigheten sänks även generellt i hela konstruktionen, vilket leder till att en betydligt mindre del ligger i riskzonen och därmed bedöms detta vara en säkrare lösning.

5.2.2 Analys fuktberäkningar

Yttervägg

Det bedöms inte föreligga någon risk för fuktskador i något utav ytterväggens skikt då den relativa fuktigheten ständigt ligger under de kritiska värdena. Med en högre luftomsättning i ventilationsspalten hade den relativa fuktigheten minskat ytterligare vilket stärker bedömningen.

Tak

I takkonstruktionen bedöms risken för mögelpåväxt finnas eftersom den relativa fuktigheten uppnår värde över 80 % i 5 månader. Luftomsättningen i luftspalten är en parameter som utgör en osäkerhet i beräkningarna men detta påverkar inte bedömningen.

Dock så verkar alternativet med en mer diffusionsöppen takpapp lovande. Med denna lösning sänks den relativa fuktigheten i konstruktionen över lag samt att nivån i den kritiska knappt överstigit 80 %. Denna lösning påverkar inte konstruktionens hållfasthet eller utseende utan bör väljas och studeras vidare.

5.3 Felanalys

Genom att ändra vissa parametrar i WUFI Plus kan olika värden på slutresultatet fås. Syftet här är att se hur olika förändringar av indata påverkar den slutliga energianvändningen eller fuktbelastningen.

Då WUFI Plus itererar fram olika beräkningar kan noggrannheten på detta bestämmas. Detta kan dels göras genom att ändra tidsintervallet för beräkningen och/eller genom att ändra storleken på de beräkningsskikt som WUFI Plus delar in grund, tak och väggar i. Övrig indata som återvinning, personvärmelast, färg och klimatdata kan vara parametrar som i verkligheten kan komma att ändras. Nedan följer en lista på förändringar och dess påverkan på det slutliga värmebehovet.

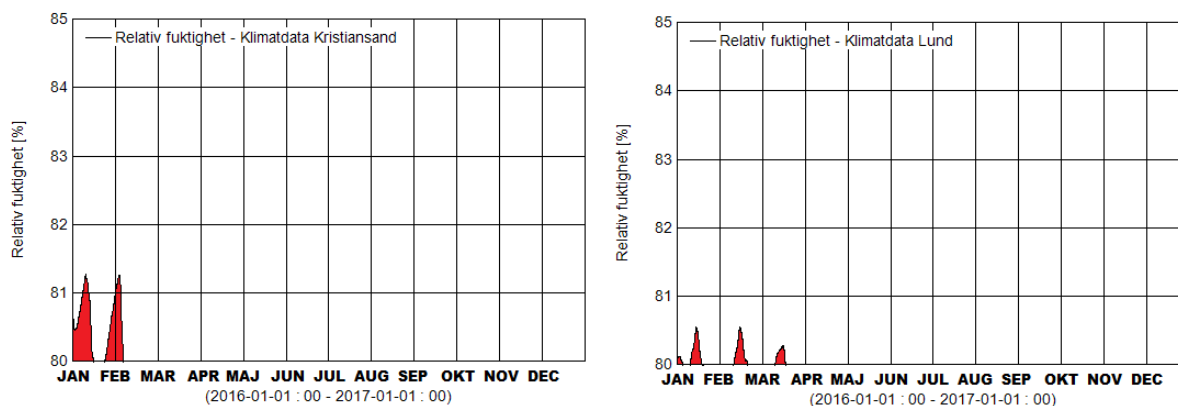
Tabell 18 - Känslighetsanalys

Beskrivning av förändring	Värmebehov före [kWh]	Värmebehov efter [kWh]	Förändring [%]
Tidssteg från 1h till 0.5h	5 562,6	5 556,6	0
Finare beräkningsindelning	5 562,6	5 562,6	0
Ventilationsflöde ökning 20 %	5 562,6	5 801,8	4,3
Färg från ljust till mörkt	5 562,6	5 562,6	0
Personlast från 5 till 4 personer	5 562,6	6 465,6	16,2
Återvinning ventilation från 85 % till 80 %	5 562,6	5 952,9	7
Infiltration från 0,15 l/s · m ² · A _{oms} till 0,3 l/s · m ² · A _{oms}	5 562,6	6 087,9	9,4
Klimatdata Kristiansand	5 562,6	6 541,9	17,6
Klimatdata Växjö	5 562,6	6 852,9	23,2

Ur tabell 18 kan vi utläsa att personlasten som minskats med en person kan komma att utgöra en stor förändring för energibehovet.

Förändringen blev som störst när klimatdata ändrades till Växjö istället för Lund, energibehovet för uppvärmning gick då upp hela 23.2 %. Då Lunds tekniska högskola står för data från både Växjö och Lund och de avser samma år tycks denna skillnad vara lite för stor.

Vad det gäller fuktbelastningen verkar inte denna förändras särskilt mycket. Nedan jämförs fuktbelastningen i takets kritiska punkt mellan klimatdata från Kristiansand(kustnära stad i Norge) och Lund.



Figur 51 - Relativ fuktighet i takets kritiska punkt, Klimatdata Kristiansand till vänster resp. Lund till höger

Den relativa fuktighetens maximivärde har ökat med en halv grad medan varaktigheten ungefär är den samma. Varaktigheten är ca 1 månad i båda fallen. För Kristiansand är den fördelad i två toppar och föreligger under januari och början av februari månad. För Lund ligger dessa fördelade i tre toppar över årets tre första månader.

6 Slutsats och diskussion

6.1 Slutsats

Husets värmeförlust tal har beräknats på två olika sätt och båda klarar kravet med god marginal. Här valdes det handberäknade värdet som direkt bygger på FEBY 12.

Tabell 19 - Värmeförlusttal slutsats

Värmeförlusttal	$[\text{W}/\text{m}^2 \text{A}_{\text{temp}}]$
Värmeförlusttalberäkning FEBY 12	12,7
Krav	17

Energibalansen för huset beräknats med tre olika metoder där samtliga klarar energikravet. Här valdes WUFI Plus beräkningen som är den mest komplexa men som samtidigt gav det hösta värdet.

Tabell 20 - Energibalans slutsats

Energianvändning	Årlig energianvändning [kWh]	Specifik energianvändning [kWh/m ² A _{temp}]
Uppvärmning	5 124,4	23,3
Varmvatten	4400	20
Fastighetsel	1320	6
Hushållsel	6600	30
Värme+VV+F	10 846	49,3
Krav Värme+VV+F	12 100	55

Huset projekteras även så det uppfyller FEBY12:s övriga krav på bland annat luftläckage, U-medelvärde för fönster och glaspartier och får därmed benämningen "Projekterat Passivhus enligt FEBY12".

Fuktberäkningar som gjorts för konstruktionens yttervägg och takkonstruktion visar att ingen risk för kondens eller fuktskador föreligger i ytterväggen. Däremot kan det finnas risk för mögelpåväxt på råspontens undersida om en diffusionstät takpapp appliceras.

Viktigt är att se över torktiden för byggfukten och se till att konstruktionen får torka ut på rätt sätt. Likaså är det högst prioriterat att bygga in så torrt material som möjligt för att minska byggfukten. Konstruktionens täthet måste även säkerhetsställas och eventuella genomföringar i fuktspärren utföras med hög noggrannhet.

7 Litteraturförteckning

Abel, E., & Elmroth, A. (2012). *Byggnaden som system*.

Adex. (2015). Hämtat från <http://www.adex.se/tjanster/energibesparing>

Andersson, T. (den 13 05 2013). *Götene kommun*. Hämtat från Passivhus: <http://www.gotene.se/byggaboochmiljo/byggtekniskafragor/passivhus.4612.htm>

BBR 22. (2015). Hämtat från <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2015-3-BBR-22.pdf>

Bokalders, V., & Block, M. (2009). *BYGGEKOLOGI - Kunskaper för ett hållbart byggande*.

Boverket. (den 20 05 2014). Hämtat från <http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/>

Commercial Windows. (2014). Hämtat från <http://www.commercialwindows.org/shgc.php>

Ekologiska Byggvaruhuset. (2015). Hämtat från <http://www.ekologiskabyggvaruhuset.se/p/259/projekthus>

Ekonomifakta. (2015). Hämtat från <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Energianvandning/>

Energi & Miljö. (den 27 06 2011). Hämtat från <http://www.energi-miljo.se/artikelem/huset-som-ger-overskott-pa-el/>

Energihuskalkyl. (2015). Hämtat från <http://www.energihuskalkyl.se/menus/index/23>

Energimyndigheten. (den 02 10 2009). Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Cirkulationspumpar/?tab=2>

Eon. (den 20 05 2015). Hämtat från <https://www.eon.se/privatkund/Produkter-och-priser/Elnat/Producera-din-egen-el/Ersattning--avgifter>

Falk, J. (2010). *Ventilerad luftspalt i yttervägg*. Hämtat från <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1730968&fileId=1730985>

FEBY 12. (01 2012). Hämtat från <http://www.nollhus.se/dokument/Kravspecifikation%20FEBY12%20-%20bostader%20sept.pdf>

Hallorsglas. (2015). Hämtat från <http://www.hallorsglas.se/byggglas/planglas/energiglas/energiglas.htm>

Hasslösavädret. (2015). Hämtat från <http://hasslosa.se/weather/wd/wx6.php>

Kontio. (2015). Hämtat från http://www.kontio.se/halsosamt_boende

Kronfönster. (2015). Hämtat från http://www.kronfonster.se/butiken/product/457-altandorr_utatgaende_passivhus_4_glas.html

Kursmaterial Installationsteknik FK. (den 08 02 2001). Hämtat från <http://www.lth.se/fileadmin/hvac/files/varmebeh.pdf>

Liss, J.-E. (2005). Hämtat från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:522819/FULLTEXT01.pdf>

Miljönytta. (03 2012). Hämtat från <http://miljonytta.se/byggnader/hur-manga-glas-kan-man-ha-i-ett-fonster/>

Nevander, L. E., & Elmarsson, B. (2006). *Fukthandbok - Praktik och teori.*

Nibe. (2015). Hämtat från <http://www.nibe.se/Produkter/Pellets pannor--Pelletsbrannare/NIBE-PELLUX-200/>

Normalorskorrigering av energianvändningen i byggnader - en jämförelse av två metoder. (u.d.). Hämtat från <http://www.sp.se/sv/index/research/effektiv/publikationer/Documents/Projektrapporter/Rapport%2003-01.pdf>

Polarpumpen. (2015). Hämtat från <http://www.polarpumpen.se/ac/luftkonditionering/luft-luft-kyla/midea-msr1-18>

Prime Project. (2015). Hämtat från <http://primeproject.se/villa-aakarp.aspx>

Sgu. (2015). Hämtat från <http://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/inlandsisen/moran-spar-av-inlandsisen/>

SP. (2015). Hämtat från http://www.sp.se/sv/index/services/indoor_environment/materials/Sidor/default.aspx

Stockholms stad. (2015). Hämtat från <http://www.stockholm.se/ByggBo/Bygglov/a-olansidor/Boareabiarea/>

Swedisol - Isolerguiden 06. (2006). Hämtat från <http://www.isover.se/files/Isover SE/Om Isover/Kontakta oss/Broschyrer Bygg/Swedisol%20-%20Isolerguiden%20Bygg%2006.pdf>

Swedoor. (2015). Hämtat från <http://www.swedoor.se/produkter/ytterdoerrar/doerrar/produkt/?productId=12939>

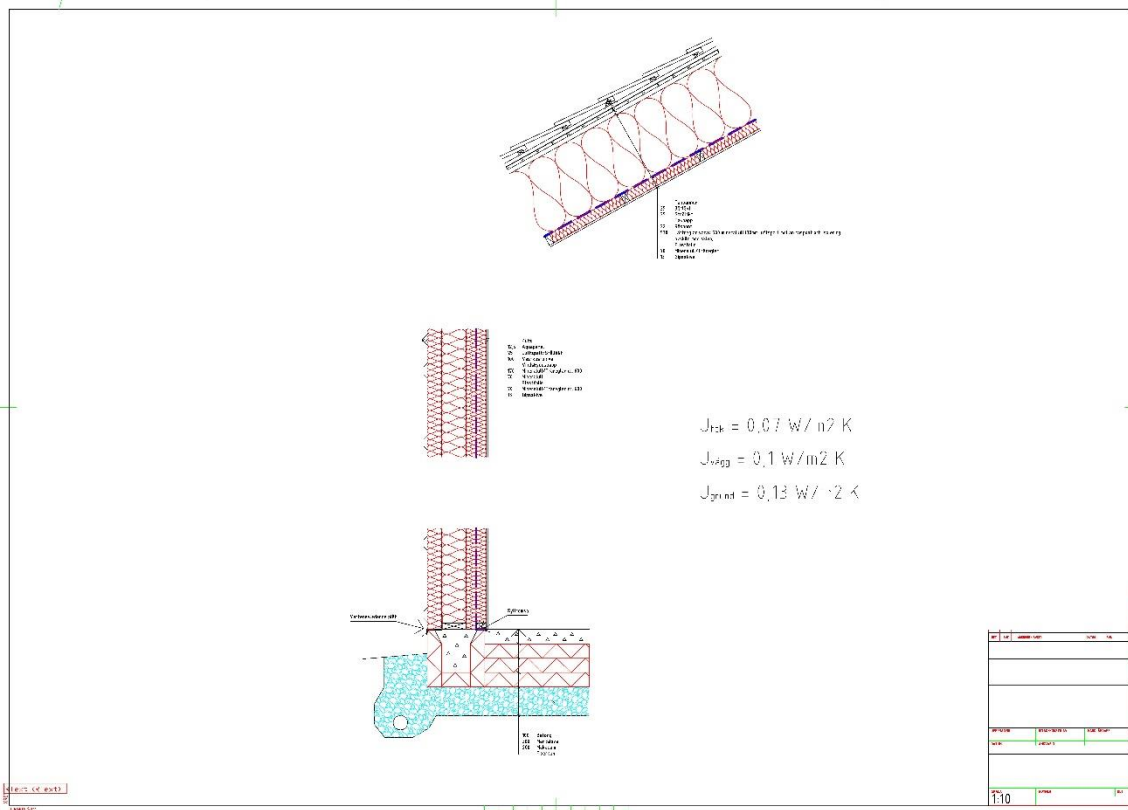
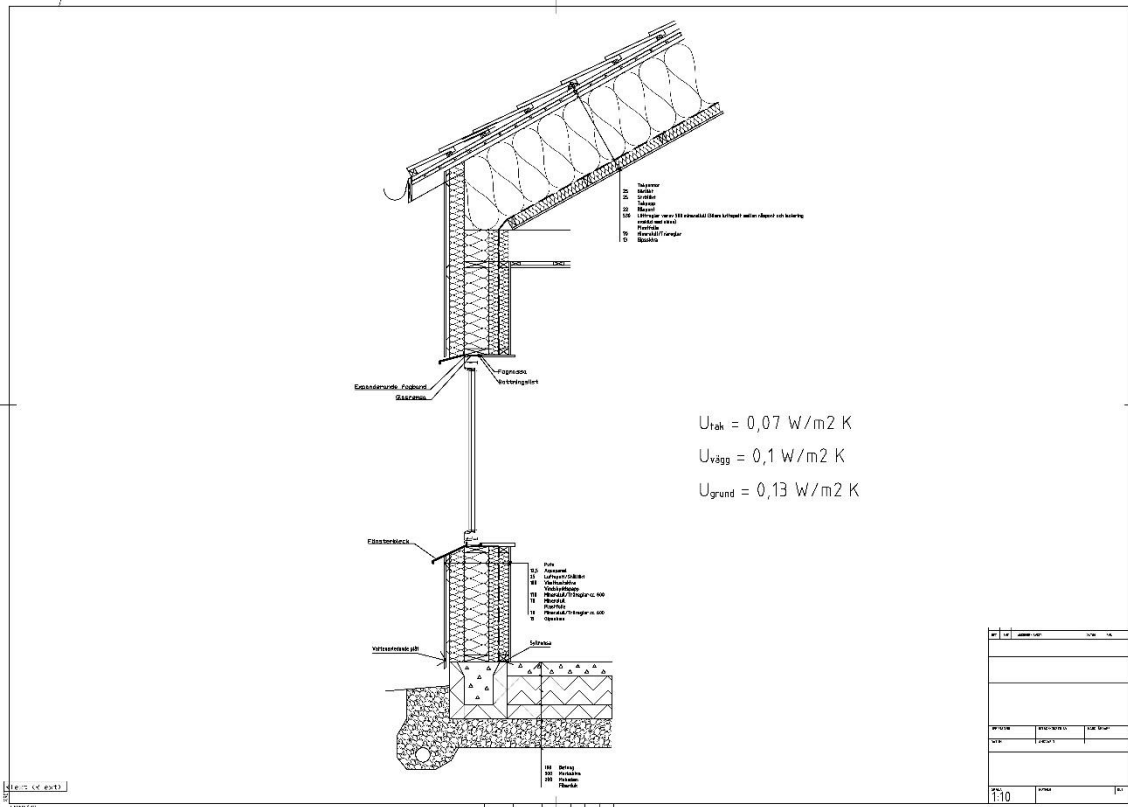
Tillgänglighet i bostäder. (2010). Hämtat från http://infobank.nacka.se/handlingar/miljo_och_stadsbyggnadsnamnden/2010/20100519/25_bygglov_Riktlinjer_for_tillganglighet_vid_nya_byggprojekt.pdf

Träguiden. (den 06 10 2014). Hämtat från <http://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper/bestandighet1/mikroorganismer1/>

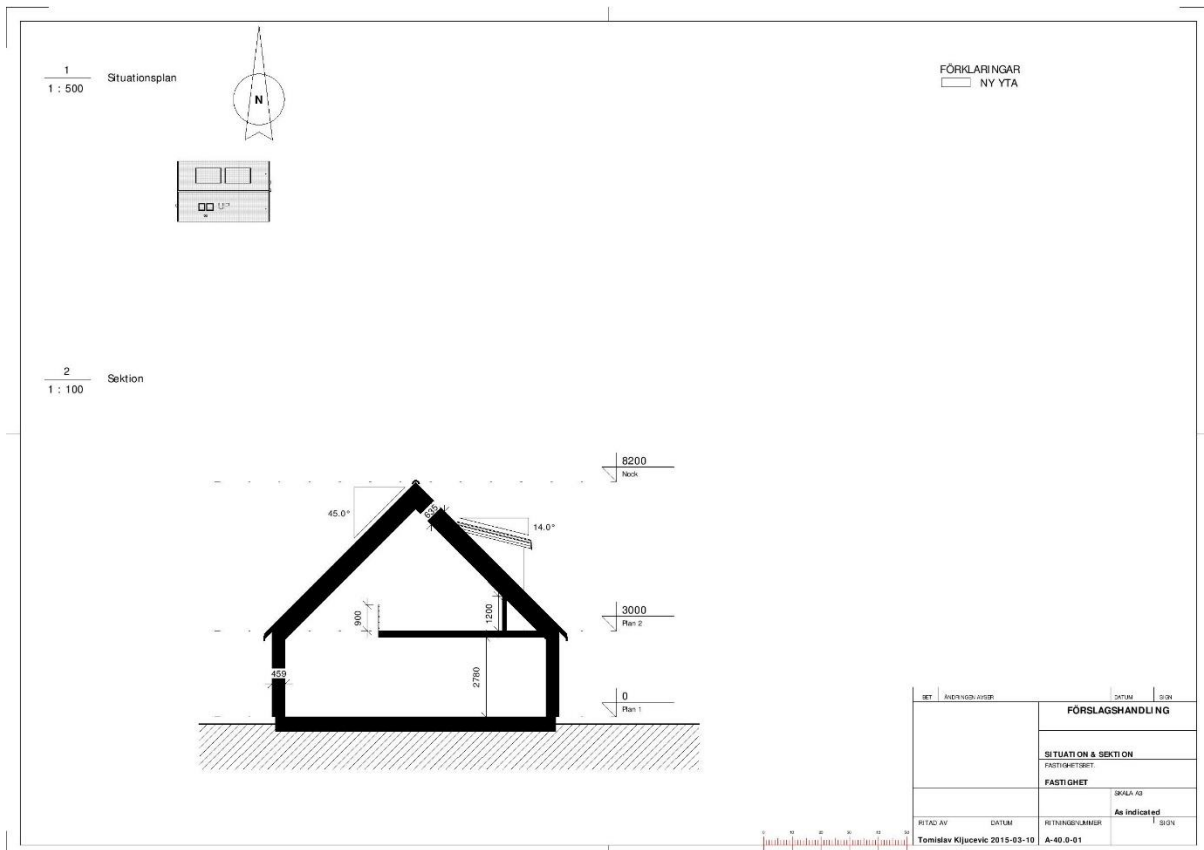
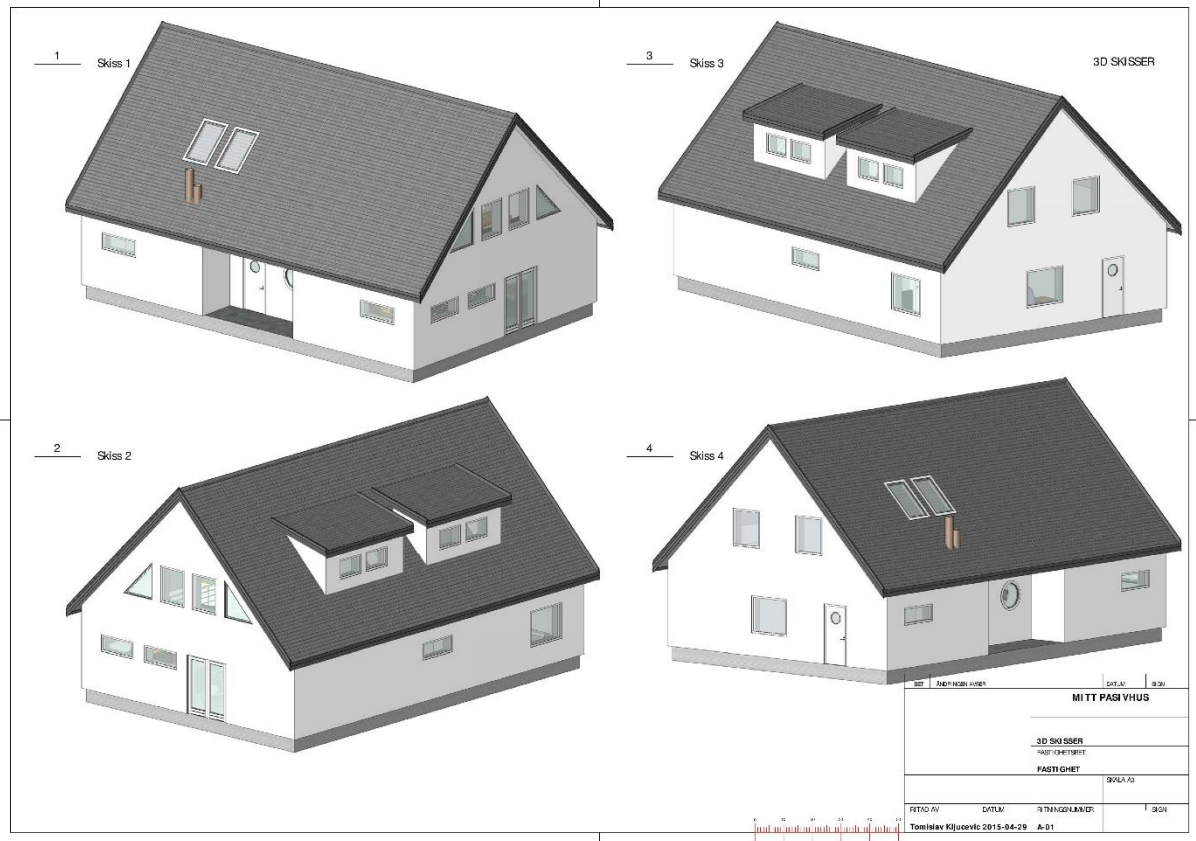
Villaportalen. (2015). *Passivhus - För en bättre miljö.* Hämtat från <http://www.villaportalen.se/artiklar/passivhus-foer-en-baettre-miljoe-1784.asp>

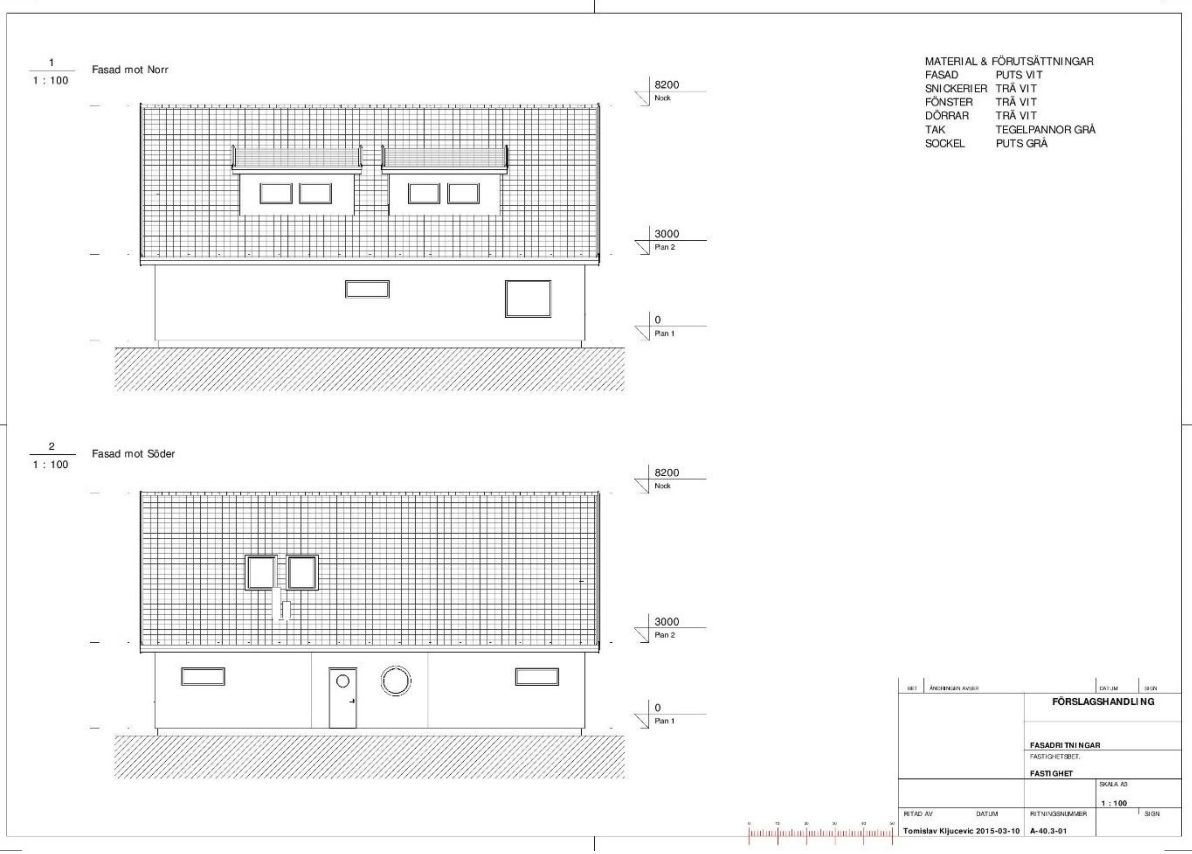
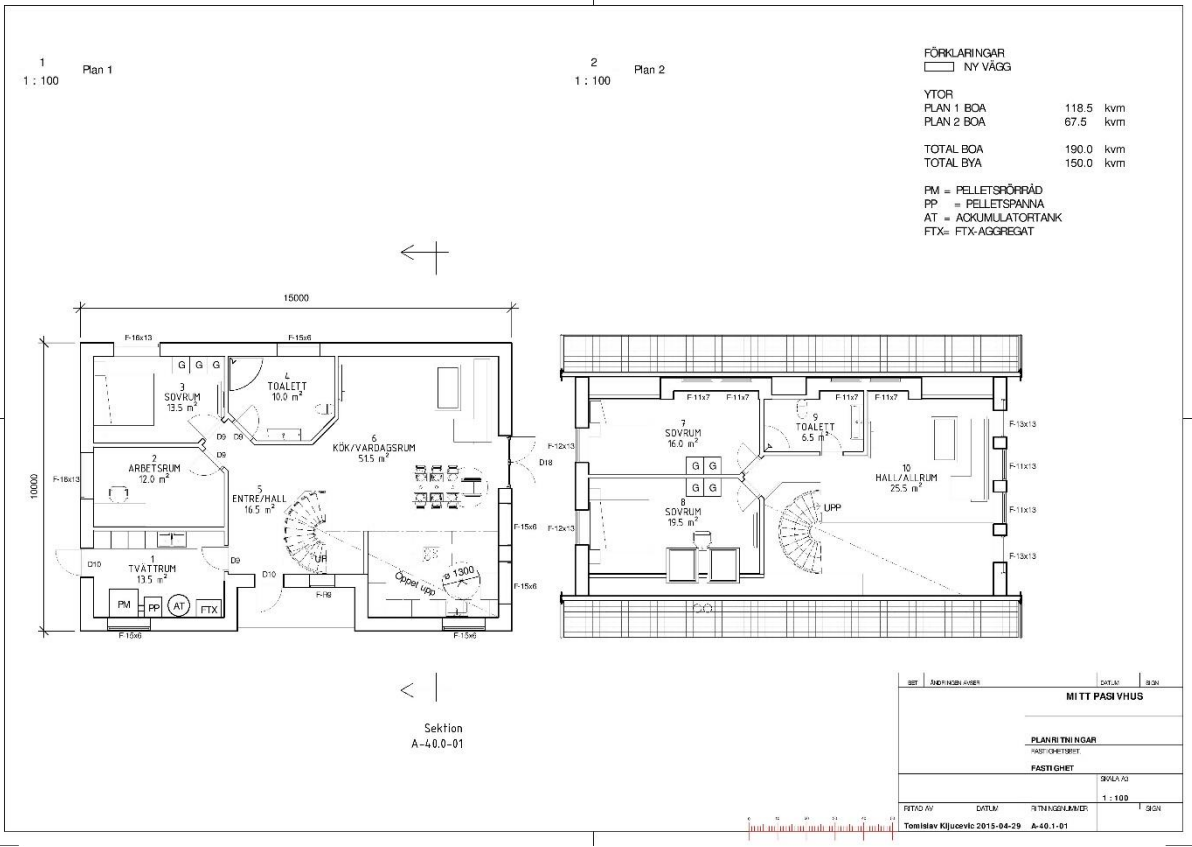
8 Bilagor

8.1 Bilaga 1 – Konstruktion



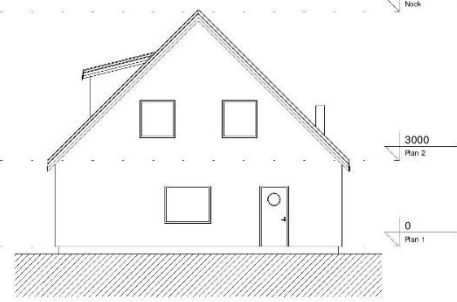
8.2 Bilaga 2 – Arkitekturritningar





1
1 : 100

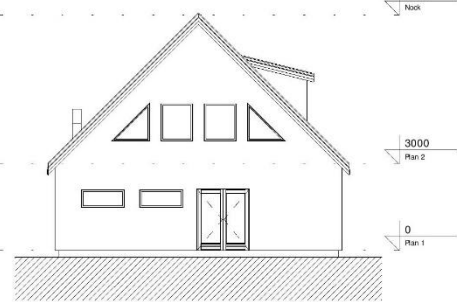
Fasad mot Väster



MATERIAL & FÖRUTSÄTTNINGAR
 FASAD PUTS VIT
 SNICKERIER TRÄ VIT
 FÖNSTER TRÄ VIT
 DÖRRAR TRÄ VIT
 TAK TEJELPANNOR GRÅ
 SOCKEL PUTS GRÅ

2
1 : 100

Fasad mot öster



NO	ÄNDRINGENS ANSÖKT	DATE	BYGG
FÖRSLAGSHANDLING			
FASADRIKNINGAR			
FASTIGHETSREK.:			
FASTIGHET			
			SKALA A3
			1 : 100
RTAD AV	DATUM	RTNINGSDOKUMENT	SIDN
Tomislav Kijucevic 2015-03-10 A-40.3-02			1



8.3 Bilaga 3 – Indata Energihuskalkyl

Information

- Så här använder du EHK
- konvertering från 1.0 till 2.0
- Villkor
- Demoversion
- Frågor och hjälp
- Tillämpning och noggrannhet
- Programkrav för webbläsare

Kalkylprogram

- Mina byggnader
- Mina uppgifter
- Anvisningar

Navigation: [Mina byggnader](#) > [Kalkyleringar](#) > [Effektindata](#)

Fyll in data för effektkalkyleringen. Alla data behöver inte fyllas i på en gång.

Allmänt

Ort	Lund
Namn på ansvarig för kalkylen	Tomislav Kljucic

Klimatdata dimensionerande

Klimatdata för ort	Lund	[?]
Dimensionerande utetemperatur (°C)	9.1	[?]
Dimensionerande markttemperatur (°C)	3.2	[?]
Rumstemperatur (°C)	21	[?]

Byggnadskonstruktion

Huskategori	Småhus	[?]
Byggnadens konstruktion	Halvlätt	[?]
Boarea BOA (m ²)	190	[?]
Uppvärmad area A _{temp} (m ²)	220	[?]
Uppvärmat garage (m ²)	0	[?]

Klimatskal

Byggnadsdel	Area (m ²) [?]	W/(m ² K) U-värde [?]
Yttervägg (exkl. fönster- och dörrarea)	191.8	0.1
Ytterdörr	4.2	0.6
Tak mot uteluft	138.2	0.07
Terasstak	0	0
Golv mot platta på mark + kryppgrund [?]	143.9	0.13
Vägg mot mark	0	0
Köldbryggor luft		6.352
Köldbryggor mark		0
Fönster	23.51	0.6
Glasade altandörrar	3.78	0.6

Köldbryggor

Köldbryggor mot luft [?]	Längd (m)	Y (W/(mK)) [?]
Bottenbjäkslag	49	0.023
Fönster och dörrar	109.3	0.03
Mellanbjäkslag	0	0.02
Balkonginfästningar	0	0
Takfot	38	0.03
Ytter- och innerhörn	31	0.026
Köldbryggor mot mark	Längd (m)	Y (W/(mK))
Köldbryggor mot mark (källarplan)	0	0
Punktköldbryggor mot mark [?]	0	0

Fönster och glasade dörrar

	Syd	Väst	Nord	Öst
Fönsterarea brutto (m ²)	5.64	5.2	6.06	6.61
Glasade dörrar (m ²)	0	0	0	3.78

Ventilationsdata dimensionerande

Genomsnittligt frånluftsföde (V _{ex})	77	(l/s)
vindskyddskoefficient, e	0.07	[?]
vindskyddskoefficient, f	15	[?]
Läckageflöde q ₅₀ /A _{om} vid provtryckning	0.15	(l/s, m ² A _{omslutande}) [?]

Värmeåtervinningsdata dimensionerande

Tilluftsföde	100	(% av V _{ex}) [?]
Värmeväxlarens återvinningsgrad, heff	85	(%) [?]
Värmeledning utefluktanal, Y	0.25	(W/(mK)) [?]
Längd utefluktanal	1.5	(m) [?]
Värmeledning avfluktanal, Y	0.25	(W/(mK)) [?]
Längd avfluktanal	2.5	(m)
Avfrostningstid vid DUT	1	(min/h) [?]
Jordvärmeväxlarens återvinningsgrad	0	% heff [?]

Övrigt

Namn på kalkylen	Värmeåterställ VFT
Kommentarer	Mitt passivhus

8.4 Bilaga 4 – Utdata Energihuskalkyl

Ort: Lund Byggnad: demo-småhus
 Område: Ej definierat område Kalkylnamn: Värmeförlusttal VFT
 Kommentar: Mitt passivhus - Kalkylversion 2

Utskriven av: demoanvändare
 Senast ändrad: 2015-04-17

Egna indata
 Utdata resultat
 Låsta indata

Resultatsammanfattning

Värmeförlusttal (VFT) **11,7** W/m² Atemp
 Tidskonstant: **8,3** dagar Klimatskal Um: **0,14** W/m²K
 Köpt energi: **18,3** kWh/m² Atemp Summa viktad energi: **36,7** kWh/m² Atemp
 -varav elenergi: **18,3** kWh/m² Atemp viktningstal El: **2** Fjärrvärme: **1** Biobränsle: **1**
 -varav fjärrkyla: **0** kWh/m² Atemp Naturgas: **1** Fjärrkyla: **1**
 Köpt energi - BBR: **18,3** kWh/m² Atemp

Värmeförlusteffekt (FEBY12)

Klimatdata dimensionerande

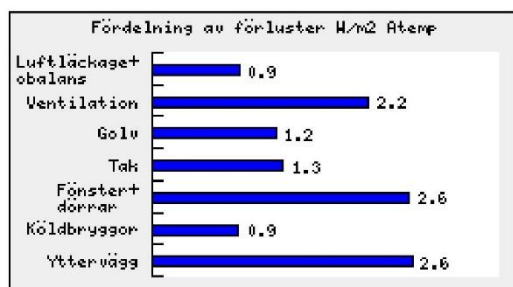
Klimatdata för ort	Lund
Dimensionerande utetemperatur	-9,1 °C
Marktemperatur, dimensionerade	3,2 °C
Rumstemperatur	21 °C

Byggnadskonstruktion

Byggnadstyp	Halvlätt	Atemp	220 m ²	Boarea BOA	190 m ²
		Agarage	0 m ²	Lokalarea LOA	0 m ²

Klimatskal

Byggnadsdel	Area m ²	U-värde W/(m ² K)	Temp. diff. K	PT	Watt
Yttervägg	191,8	0,1	30,1	=	577
Ytterdörr	4,2	0,6	30,1	=	76
Tak mot uteluft	138,2	0,07	30,1	=	291
Terasstak	0	0	30,1	=	0
Golv mot platta på mark + kryppgrund	143,9	0,13	17,8	=	274
Vägg mot mark	0	0	17,8	=	0
Köldbryggor mot mark	1	0	17,8	=	0
Köldbryggor mot uteluft	1	6,352	30,1	=	191
Fönster	23,51	0,6	30,1	=	425
Glasade altandörrar	3,78	0,6	30,1	=	68
Aom	507	m²	Summa		1902



Ort: Lund
 Område: Ej definierat område
 Kommentar: Mitt passivhus - Kalkylversion 2

Byggnad: demo-småhus
 Kalkylnamn: Värmeförlusttal VFT

Utskriven av: demoanvändare
 Senast ändrad: 2015-04-17

Egna indata
 Utdata resultat
 Låsta indata

Köldbryggor	Längd L	Y	L*Y
	m	W/(mK)	W/K
Bottenbjälkslag	49	0,023	1,127
Fönster och dörrar	109,3	0,03	3,279
Mellanbjälkslag	0	0,02	0
Balkonginfästningar	0	0	0
Takfot	38	0,03	1,14
Ytter- och innerhörn	31	0,026	0,806
Summa mot luft			6
Köldbryggor mot mark	0	0	0
Punktköldbryggor mot mark	0	0	0
Summa mot mark			0
Köldbryggors andel av klimatskalets förluster			10 %

Fönster och glasade dörrar

	Syd	Väst	Norr	Öst	Summa
Fönsterarea brutto (m2)	5,64	5,2	6,06	6,61	23,51
Glasade dörrar (m2)	0	0	0	3,78	3,78
Fönsterandel (inkl. dörr)					12,4 %

Ventilationsdata Dimensionerade

Genomsnittligt frånluftsflöde (Vex)	77	l/s	Vindskyddskoefficient, e	0,07
Läckageflöde q50/Aom vid provtryckning	0,15	l/s, m2 Aom	Vindskyddskoefficient, f	15
Läckageflöde q50/Atemp vid provtryckning	0	l/s, m2 Atemp		

Värmeåtervinningsdata dimensionerande, placerad inom klimatskal

Tilluftslöde	100	(% av Vex)
Värmeväxlarens återvinningsgrad, heff	85	%
Värmekonduktivitet uteluftkanal, Y	0,25	W/(mK)
Längd uteluftkanal	1,5	m
Värmekonduktivitet avluftkanal, heff	0,25	W/(mK)
Längd avluftkanal	2,5	m
Avfrostningstid vid DUT	1	(minuter per timme)
Jordvärmeväxlarens återvinningsgrad	0	% heff

Resultat effekt

Infiltration	5,3	l/s	Värmeväxlat luftflöde	77
Systemverkningsgrad	83	% heff	Oväxlat luftflöde	0
Summa förlustflöden Vf	18,7	l/s		
Effektbehov ventilation	674	Watt		

Värmeförlusttal (VFT)

11,7 Watt / m2

Ort: Lund
Område: Ej definierat område
Kommentar: Mitt passivhus - Kalkylversion 2

Byggnad: demo-småhus
Kalkylnamn: Värmeförlusttal VFT

Utskriven av: demoanvändare
Senast ändrad: 2015-04-17

Egna indata
 Utdata resultat
 Låsta indata

Schablonkalkyl för energianvändning

Följande energiresultat avser en typisk familj med typiskt beteende och varmvattenbehov, samt normala utetemperaturer och väderleksförhållanden. Hushållselanvändningen har antagits bli lägre än för genomsnittsvärden i Sverige, eftersom här finns krav på eleffektiva installationer. Att använda schablonvärden innebär att verkliga värden alltid kommer att avvika en del, men ger en bättre grund för jämförelser.

Resultat

Byggnadstyp	Småhus
Indata småhus/flerbostadshus	
Antal lägenheter	1
Innetemperatur	21 °C
Antal personer	4,7
Effektiva varmvattenarmaturer	Nej
Förd. mätning av, eller, eget varmvatten	Ja
Varmvatten	80,1 m3 / år
Förluster VVC-ledning	0 W / lägenhet
Stilleståndsförluster	80 W
Evakuerande kökskäpefläkt med VÅ / kolfilter	Nej
Spiskåpa. Forcerat luftflöde per bostad	0 (l/s, lgh)
Indata driftel	
Fläkteffekt normaldrift	75 W
Frånluftsfläktens placering i FTX	0,8
Pumpdrift	0 W
Komfortkyla / Fjärrkyla	
Fjärrkyla för komfort i lokaler	0 kWh/m2 (LOA)
EI till komfortkyla	0 kWh/m2 (LOA)
Utdata	
Varmvattenenergi	20 kWh/m2 Atemp
Hushållsel exkl driftel	30 kWh/m2 Atemp
Driftel	3 kWh/m2 Atemp
Spillvärme medel/dygn	4 W/m2

Ort: Lund Byggnad: demo-småhus
 Område: Ej definierat område Kalkylnamn: Värmeförlusttal VFT
 Kommentar: Mitt passivhus - Kalkylversion 2

Utskriven av: demoanvändare
 Senast ändrad: 2015-04-17

Egna indata
 Utdata resultat
 Låsta indata

Solenergi vinter och sommar

	Syd	Väst	Norr	Öst
Fönster brutto (m2)	5,64	5,2	6,06	6,61
Glasandel fönster, Fa	0,75	0,75	0,75	0,75
Altandörrar brutto (m2)	0	0	0	3,78
Glasandel altandörrar, Fa	0,7	0,7	0,7	0,7
Skuggfaktor, karm, mm	0,8	0,8	0,8	0,8
Horisontalvinkel (skuggningsfaktor)	0,9	0,9	0,9	0,9
Glasrutans g-värde	0,55	0,55	0,55	0,55
Sido- och överhängsavskärmning, sommarperiod	1	1	1	1
Rörliga solskydd vinter	0,93	0,93	0,93	0,93
Rörliga solskydd sommar	0,93	0,93	0,93	0,93
Produkt skuggning vinter	0,67	0,67	0,67	0,67

Produkt skuggning vinter (skuggfaktor • horisontalvinkel • solskydd vinter) bör ej överstiga 0,5.

Reglersystemets verkningsgrad	<input type="text" value="98"/>	%
Resultat värme netto	<input type="text" value="13"/>	kWh/m2
Resultat värme + VV + driftel	<input type="text" value="36"/>	kWh/m2
Solvärmefaktor (SVF)	<input type="text" value="3,8"/>	%
Andel solvärme för varmvatten	<input type="text" value="50"/>	%
Värmepump, V+VV	<input type="text" value="1"/>	
Värmepump, endast V	<input type="text" value="2,5"/>	
Värmepump, endast VV	<input type="text" value="1"/>	
Fjärrvärmeanslutning	<input type="text" value="Nej"/>	
Bränsleanvändning	<input type="text" value="Nej"/>	
Pannverkningsgrad vid avsedd effekt	<input type="text" value="0,85"/>	

Ort: Lund
 Område: Ej definierat område
 Kommentar: Mitt passivhus - Kalkylversion 2

Byggnad: demo-småhus
 Kalkylnamn: Värmeförlusttal VFT

Utskriven av: demoanvändare
 Senast ändrad: 2015-04-17

Egna indata
 Utdata resultat
 Låsta indata

Valt kravalternativ

Lokala krav

Viktad energi

36,7 kWh/m2

Obs, detta värde ska vara mindre än

80 kWh/m2

Denna information om kravgräns för viktad energi har bara relevans för byggnader med kombinerade energislag för värme- och varmvattensystem och där lokala energikrav ställts eller där energikrav enligt metodiken i FEBY12 tillämpas. Där energikrav enligt äldre kriterier ställs får resultatet räknas om enligt de viktningsstal som då gällde.

För viktad energi har viktningsfaktorer använts.

Varje energislag har multiplicerats enligt följande:

Ei:	2
Fjärrvärme:	1
Biobränsle:	1
Naturgas:	1
Fjärrkyla:	1

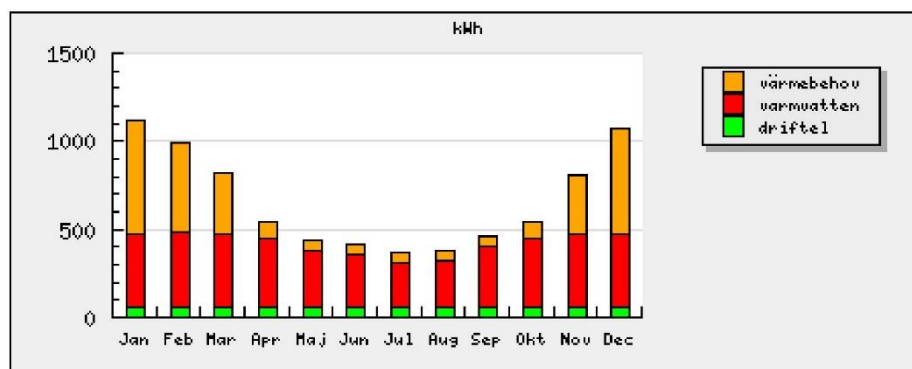
Beräknat energiprestandavärde

18,3 kWh/m2 Atemp.

Obs detta värde, motsvarande begreppet Byggnadens specifika energianvändning i BBR och ska vara lägre än gällande byggreglers minimikrav. I detta begrep finns inte garagearean medtagen enligt Boverkets definition.

Av detta utgör elenergi

18,3 kWh/m2 Atemp.



I värdet för värme ingår även förluster från varmvatten- och produktionssystem (stilleståndsförluster och varmvattencirkulationsförluster).

8.5 Bilaga 5 – Appendix A

Appendix A Gradtimmatabell

Gradtimmar G_t °Ch som funktion av gränstemperatur T_g 5 - 25°C och normalårstemperatur T_{un} °C.

Tabellvärden från VVS-handbokens tabell 7:30,1 med sorten kJh/kg luft år lika med °Ch

T_g °C	T_{un} °C										
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
25	238900	229400	220300	211200	202000	192900	184000	174900	165600	156800	147300
24	230100	220600	211600	202500	192300	184200	175300	166300	157000	148300	138700
23	221400	211900	202900	193800	184600	175600	166700	157700	148500	139800	130300
22	212750	203200	194300	185200	176000	167000	158200	149200	140000	131300	121900
21	204100	194600	185700	176600	167500	158600	149700	140800	131600	123000	113600
20	195500	186100	177200	168100	159000	150100	141300	132400	123300	114800	105500
19	187000	177600	168700	159700	150600	141800	133000	124200	115200	106700	97600
18	178500	169200	160300	151300	142300	133600	124900	116100	107200	98900	90000
17	170100	160800	152000	143100	134100	125400	116800	108200	99500	91400	82700
16	161700	152500	143800	135000	126100	117500	109000	100500	92000	84200	75700
15	153500	144300	135700	127000	118200	109700	101400	93200	84900	77200	69000
14	145400	136300	127700	119200	110500	102300	94100	86100	78000	70600	62700
13	137400	128400	120000	111500	103100	95000	87100	79300	71500	64300	56600
12	129600	120800	112400	104200	96000	88000	80300	72700	65200	58200	50900
11	121900	113300	105100	97000	89000	81400	73900	66500	59300	52500	45400
10	114500	106000	98000	90100	82400	74900	67700	60600	53600	47100	40300
9	107200	99000	91200	83500	76000	68800	61800	54900	48200	42000	35500
8	100200	92200	84600	77200	69900	62900	56200	49600	43200	37100	31100
7	93500	85800	78300	71100	64100	57400	50800	44500	38400	32600	26900
6	87000	79500	72300	65300	58500	52000	45800	39700	33900	28400	23000
5	80750	73500	66500	59700	53200	47000	41000	35200	29700	24500	19500

(Kursmaterial Installationsteknik FK, 2001)