



HÖGSKOLAN  
DALARNA

# Energieffektivisering av klimatskal i tropiskt klimat

---

Fallstudie av en byggnad i Surabaya, Indonesien

*Energy efficiency improvements of building  
envelope in tropical climates.*

*Case study of a building in Surabaya, Indonesia*

**Examensarbete i Byggteknik för Högskoleingenjörsexamen,  
15 hp  
Högskolan Dalarna**

Författare: Annica Gustafsson, Per Granberg

Handledare: Henrik Janols  
Examinator: Jonn Are Myren  
Datum: 2015-06-04



# Examensarbete i Byggteknik för Högskoleingenjörsexamen

<b>Titel</b> Energieffektivisering av klimatskal i tropiskt klimat	
<b>Nyckelord</b> Energi; Fukt; Tropiskt klimat	
<b>Författare</b> Annica Gustafsson Per Granberg	<b>Datum</b> 4 juni 2015
<b>Kurs</b> Examensarbete i Byggteknik för Högskoleingenjörsexamen (BY2016), 15 hp	
<b>Utbildningsprogram</b> Byggingenjör, 180 hp	
<b>Företag/Institution</b> Högskolan Dalarna	<b>Handledare vid företag/inst.</b> —
<b>Handledare</b> Henrik Janols, hjl@du.se	<b>Examinator</b> Jonh Are Myren, jam@du.se
<p><b>Sammanfattning</b></p> <p>Studien omfattar en undersökning av en byggnad i Surabaya, Indonesien belägen på universitet UBAYA. Användningen av luftkonditionering ökar kraftigt i utvecklingsländer. Detta gör att behovet av förbättringar i såväl klimatanläggningar som i byggnader kommer att vara nödvändiga för att inte orsaka ytterligare påfrestningar på miljön genom ökad energianvändning</p> <p>Syftet med studien är att hitta energibesparande åtgärder på byggnadens klimatskal med hänsyn till det tropiska klimatet utan att orsaka fuktproblem i ingående byggnadsdelar.</p> <p>Byggnaden fungerar i dagsläget bra ur fuksynpunkt och har inga direkt synliga skador orsakade av fuktproblem i konstruktionen. Däremot påvisar det höga u-värdet för byggnaden dess ineffektivitet gällande energibehov. Fyra olika åtgärdsförslag med utgångspunkt i den nuvarande konstruktionen presenteras i studien. Åtgärdsförslagen utvärderas ur fuksynpunkt med programmet WUFI samt ur ett energimässigt perspektiv med programmet Polysun.</p> <p>Resultatet visar att störst energibesparing kan ske genom att isolera taket då det visar sig vara en stor värmekälla till byggnaden. Denna åtgärd innebär samtidigt en viss risk för fuktproblem på grund av höga relativa fukthalter och temperaturer. Även en tätning av de nuvarande läckagen i byggnaden påverkar energiförbrukningen i stor utsträckning, vilket gör dessa två åtgärder till den bästa kombinationen för att sänka energiförbrukningen. Att byta ut nuvarande englaskassetter mot tvåglas samt isolera de befintliga ytterväggarna är de åtgärder som påverkar energibehovet minst.</p> <p>Några av de slutsatser som dras ur studien är att totalt sett kan byggnadens energiförbrukning sänkas med 50 % om samtliga åtgärdsförslag genomförs. Fuktriskerna ökar vid isoleringsåtgärder men är genomförbara.</p>	
<p><b>Högskolan Dalarna</b></p> <p><b>Postadress</b> Högskolan Dalarna, 791 88 Falun</p> <p><b>Telefon</b> 023-77 80 00</p> <p><b>Hemsida</b> www.du.se</p>	

# Degree Thesis in Construction for Bachelor of Science in Engineering

<b>Title</b> Energy efficiency improvements of building envelope in tropical climates	
<b>Keywords</b> Energy; Moisture; Tropical climate	
<b>Author(s)</b> Annica Gustafsson Per Granberg	<b>Date</b> 4 June 2015
<b>Course</b> Degree Thesis in Construction for Bachelor of Science in Engineering (BY2016), 15 ECTS credits	
<b>Degree Programme</b> Building Engineering, 180 ECTS credits	
<b>Company/Institution</b> Dalarna university	<b>Supervisor at company/inst.</b> —
<b>Thesis Supervisor</b> Henrik Janols, hjl@du.se	<b>Examiner</b> Jonn Are Myren, jam@du.se
<p><b>Abstract</b></p> <p>The study includes a survey of a building in Surabaya, Indonesia at the university UBAYA. As the use of air conditioning is increasing dramatically in developing countries This makes the need for improvements in both air-conditioning systems and buildings necessary to not cause further strain on the environment through increased energy consumption.</p> <p>The purpose of the study is to find energy-saving measures for a buildings envelope, located in a tropical climate, without creating moisture problems in the buildings structure.</p> <p>The building works in the current situation well from moisture standpoint and has no direct visible damage caused by moisture problems in the construction. But the high u value of the building demonstrates its infectivity regarding energy consumption. Four different proposals for action, based on the current construction are presented in this study. The proposed measures are evaluated from a moisture standpoint with the program WUFI and, from an energy perspective with the program Polysun.</p> <p>The result shows that the greatest energy savings can be made by isolating the roof, because it proves to be a major heat source for the building. This measure entails a certain risk of moisture problems due to high relative humidity's and temperatures. Even a seal of current leakage in the building envelope affect energy consumption to a great extent, which make these two steps to the best combination for reducing energy consumption. To replace the current oneglaze-cassettes to double glazing and insulate the existing exterior walls are the actions that influence the energy least.</p> <p>Some of the conclusions drawn from the study show that the energy consumption of the building can be reduced by 50 % if all proposed measures are implemented. Moisture risks increase with isolated measures but is feasible.</p>	
<p><b>Dalarna University</b></p> <p><b>Postal address</b> Dalarna University, SE-791 88 Falun, Sweden</p> <p><b>Telephone</b> +46 (0)23-77 80 00</p> <p><b>Website</b> www.du.se</p>	

## Förord

Examensarbetet har utförts under vårterminen 2015 och är den avslutande delen av högskoleutbildningen, Byggingenjör 180 hp vid Högskolan Dalarna.

Examensarbetet har inneburit en mycket spännande resa till Indonesien med många nya erfarenheter och lärdomar. En inblick i ett annat lands byggkultur har gett oss ny kunskap och en bredare erfarenhet inför kommande utmaningar inom byggsektorn.

Arbetet i studien har mestadels präglats av medgångar och det mesta har genomförts gemensamt av författarna. Dock har arbetet med simuleringar delats upp då Annica fokuserat mest på energisimuleringar i Polysun och Per huvudsakligen arbetat med fuktsimuleringar i WUFI.

Ett stort tack riktas till Högskolan Dalarna och stiftelsen ÅForsk för de stipendier som möjliggjorde detta examensarbete.

Vi är enormt tacksamma för att hjälp vi fått under vår vistelse i Surabaya, Indonesien. Ett stort tack till Fensi Arintia på International Office Ubaya för all hjälp med boende och förberedelser inför resan. Samt till Oky och Franky för hjälp, guidning och upplevelser i Surabaya.

Ett stort tack till Elieser Tarigan för mottagandet, den enorma gästvänligheten och all hjälp i Indonesien.

Vi vill tacka Frank Fiedler för all hjälp med förberedelser. Jon Persson för det stora tålamodet med alla frågor och funderingar samt Marcus Gustafsson och Klaus Lorenz för all hjälp i programmen WUFI och Polysun.

Vi vill rikta ett särskilt stort tack till vår handledare Henrik Janols som varit vårt stora stöd under examensarbetet

*Annica Gustafsson och Per Granberg, Borlänge 2015-05-11*

## Begrepp och Förkortningar

Begrepp	Förklaring
AC-anläggningar	Mekanisk anläggning avsedd att kyla inomhusluft vid hög utomhustemperatur.
Avvattning	Vattenavledningssystem som leder bort vatten från en byggnad.
Diffusion	Fukttransport där skillnaden i ånghalt fungerar som drivkraft. Vattenånga transporteras från högre ånghalt till lägre ånghalt.
Fukthalt	beskriver hur många kilogram vatten det finns per m <sup>3</sup> av materialet.
Fuktkvot	Beskriver förhållandet mellan fuktinnehållet och mängden torrt material.
Kapillärsugning	Vattentransport som beror på vattnets ytspänning och attraktionskrafterna mot porväggarna.
Kondensation	Ämne som övergår från gasform till vätska.
Konvektion	Transport som uppstår på grund av rörelser orsakade av temperaturskillnader i mediet.
Mikrobiell påväxt	Förekomst av någon form av mikrob. Till exempel mögelsvamp, rötsvamp, strålsvamp, blånadssvamp eller bakterier
Mättnadsånghalt	Den maximala mängd vattenånga som luften kan bära vid en viss temperatur.
Relativ fuktighet	Kvoten mellan den verkliga ånghalten och mättnadsånghalten.
Värmebrygga	Ett material med sämre isoleringsförmåga som bryter igenom ett material med god värmeisolering, vilket gör att värmen lättare kan strömma igenom.
Värmegenomgångskoefficient	Visar hur god isolering en hel byggnadsdel har.
Värmekapacitet	Ett ämnes förmåga att magasinera termisk energi.
Värmekonduktivitet	Beskriver ett materials förmåga att leda värme.
Transmissionsförluster	Värmeförluster genom väggar, tak, fönster, dörrar och golv.
Tropiskt klimat	Ett nederbördsrikt klimat med medeltemperaturer över 18 grader Celsius under årets alla månader.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Avgränsningar.....	2
1.4	Disposition.....	2
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>4</b>
2.1	Värme .....	4
2.1.1	Värmebryggor .....	4
2.1.2	Värmekapacitet.....	4
2.1.3	U-värde.....	4
2.2	Fuktmekanik .....	6
2.2.1	Fukt i material .....	6
2.2.2	Fukt i byggnader.....	7
2.2.3	Fuktskador.....	8
2.2.4	Kritiskt fukttillstånd .....	9
2.3	Indonesisk byggteknik .....	11
2.4	Energikrav i Indonesien.....	14
<b>3</b>	<b>Beskrivning av simuleringsprogram</b>	<b>15</b>
3.1	WUFI.....	15
3.2	Revit.....	15
3.3	Polysun .....	16
3.4	Casanova.....	17
3.5	Val av energiberäkningsprogram.....	18
<b>4</b>	<b>Metod/ Genomförande</b>	<b>19</b>
4.1	Processbild.....	19
4.2	Genomförande .....	19
4.2.1	Förstudie.....	19
4.2.2	Inventeringsfas .....	19
4.2.3	Åtgärder.....	22
4.2.4	Resultat/Slutsats .....	23
4.3	Simuleringar .....	23
4.3.1	WUFI.....	23
4.3.2	Polysun .....	25
4.4	Hjälpmedel.....	26

<b>5</b>	<b>Inventering av byggnad och omgivning</b>	<b>27</b>
5.1	Omgivning .....	30
5.2	Beskrivning av byggnaden .....	31
5.2.1	Nuvarande installationer .....	32
5.3	Byggnadsdelar .....	32
5.3.1	Murade väggar (V1) .....	32
5.3.2	Fibercement- och gipsväggar (V2).....	32
5.3.3	Tak.....	32
5.3.4	Glaspartier .....	34
5.4	Fuktskador .....	34
5.4.1	Utvändiga fuktskador .....	34
5.4.2	Invändiga fuktskador.....	35
5.5	Otättheter och läckage .....	36
5.5.1	Värmebryggor .....	37
<b>6</b>	<b>Åtgärdsalternativ</b>	<b>38</b>
6.1	Åtgärdsförslag 1 - Tak .....	38
6.2	Åtgärdsförslag 2 - Ytterväggar .....	38
6.3	Åtgärdsförslag 3 - Glaspartier .....	38
6.4	Åtgärdsförslag 4 - Otättheter .....	39
<b>7</b>	<b>Resultat</b>	<b>40</b>
7.1	Byggnadens nuläge.....	40
7.1.1	U-värde.....	40
7.1.2	Fukt.....	40
7.1.3	Energibehov .....	44
7.2	Åtgärdsförslag 1- Tak .....	45
7.2.1	U-värde.....	45
7.2.2	Fukt.....	45
7.2.3	Energi .....	47
7.3	Åtgärdsförslag 2 – Ytterväggar .....	48
7.3.1	U-värde.....	48
7.3.2	Fukt.....	48
7.3.3	Energi .....	50
7.4	Åtgärdsförslag 3 – Glaspartier.....	51
7.4.1	U-värde.....	51
7.4.2	Energi .....	52

7.5	Åtgärdsförslag 4 – Otätheter.....	53
7.5.1	Energi .....	53
7.6	Kombination av samtliga åtgärdsförslag .....	54
<b>8</b>	<b>Diskussion</b>	<b>55</b>
8.1	Resultatdiskussion .....	55
8.2	Iakttagelser under studien .....	60
8.3	Metodens användbarhet/ Felkällor .....	61
8.4	Studiens användbarhet .....	61
8.5	Förslag till fortsatt arbete.....	62
<b>9</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>63</b>
<b>10</b>	<b>Referenslista</b>	<b>64</b>
<b>Bilagor</b>		
1.	<i>Mätvärden och beräkningar</i>	(13 sidor)
2.	<i>A: Indata WUFI: Nuläge vägg</i>	(7 sidor)
	<i>B: Indata WUFI: Nuläge tak</i>	(8 sidor)
3.	<i>Indata WUFI: Åtgärdsförslag 1</i>	(10 sidor)
4.	<i>Indata WUFI: Åtgärdsförslag 2</i>	(7 sidor)
5.	<i>Indata WUFI: Tak</i>	(10 sidor)
6.	<i>Indata Polysun: Nuläge</i>	(6 sidor)
7.	<i>Indata Polysun: Åtgärdsförslag 1</i>	(1 sida)
8.	<i>Indata Polysun: Åtgärdsförslag 2</i>	(1 sida)
9.	<i>Indata Polysun: Åtgärdsförslag 3</i>	(1 sida)
10.	<i>Indata Polysun: Åtgärdsförslag 4</i>	(1 sida)
11.	<i>Indata Polysun: Samtliga åtgärdsförslag</i>	(1 sida)
12.	<i>Materialegenskaper Cellulosaisoleing</i>	(1 sida)
13.	<i>Materialegenskaper Tvåglas</i>	(1 sida)

# 1 Inledning

Denna rapport redovisar resultat och slutsatser från ett projektarbete där fältarbetet genomfördes i Indonesien. Projektarbetet utfördes genom ett samarbete mellan Högskolan Dalarna och University of Surabaya, Indonesien och omfattar 15 högskolepoäng.

Idén till detta projektarbete grundar sig i den allt mer växande och omtalande energifrågan världen över. Likaså i den problematik kring höga energikostnader som är vanligt förekommande i Indonesien och andra länder med tropiskt klimat, då det blir mer och mer vanligt med luftkonditionering (iea, 2015).

I projektarbetet studeras en byggnads klimatskal i Surabaya, Indonesien ur ett byggtekniskt- och energimässigt perspektiv. Utifrån detta tas sedan ett antal olika åtgärder fram med målsättningen att sänka energiförbrukningen.

## 1.1 Bakgrund

I samband med att befolkningen i utvecklingsländer får större inkomster, ökar även den materiella standarden. Inom länder med tropiskt klimat, som till exempel Indonesien, sker då även en förändring i bostäders och lokalers inomhusmiljö och luftkonditionering blir allt vanligare (iea, 2015).

Nya byggmaterial som anses mer exklusiva och installationer som gör inomhusmiljön mer behaglig påverkar energiförbrukningen i dessa länder på ett negativt sätt. Särskilt då nya tyngre material används och värmeackumuleringen i byggnaden påverkar miljön inomhus negativt. Inomhusmiljön upplevs ofta som sämre än i traditionellt byggda hus och lösningen blir då att installera luftkonditionering. Även traditionella metoder som vädring anses allmänt som en effektiv metod och används för att få ett svalare inomhusklimat, trots att det i själva verket kan göra att byggnaden ackumulerar mer värme och bidrar till att luftkonditioneringen förbrukar mer energi än nödvändigt (Meita, et al., 2014).

Användningen av luftkonditionering ökar med ungefär 20 procent per år och kommer förmodligen att fortsätta accelerera på grund av att den globala uppvärmningen gör klimatet varmare (Sivak, 2013). Undersökningar visar också att efterfrågan på tempererad inomhusmiljö kommer att fortsätta öka och anses vara en självklarhet för de som en gång har skaffat denna bekvämlighet (Tomoko & Ekasawi, 2003).

Detta gör att behovet av förbättringar i såväl klimatanläggningar som i byggnader kommer att vara nödvändiga för att inte orsaka ytterligare påfrestningar på miljön genom ökad energianvändning. Flera framsteg inom utveckling av effektivare AC-anläggningar görs vilket har visat på att en energieffektivisering på upp till 70 procent är möjlig inom en snar framtid. Utvecklingen av byggnadstekniska åtgärder går dock lite långsammare på grund av att det kräver mer tid och resurser för att genomföras (Sivak, 2013).

Det är oftast inte problem med att utföra en energieffektiv byggnad utan problemet ligger i vilka problem som riskerar uppkomma i konstruktionen. I varma fuktiga klimat skapas ofta risker för kondens vid temperaturskillnader i konstruktionsdelar. Eftersom temperaturen för det mesta är gynnsam för mikrobiell påväxt bör därför stor försiktighet tas vid energieffektiviseringar i konstruktioner belägna i tropiskt klimat (ABCB, 2011).

## 1.2 Syfte

Det övergripande syftet med projektarbetet är att undersöka hur ett klimatskal i ett tropiskt klimat kan energieffektiviseras utan att orsaka fuktproblem i ingående byggnadsdelar.

Syftet kan delas upp i följande frågeställning:

1. Hur ser byggnadens klimatskal ut idag och hur fungerar byggnaden ur ett energi- och byggnadsfysikaliskt perspektiv?
2. Vilka energibesparande åtgärder är möjliga att genomföra och hur påverkar dessa byggnadens energiförbrukning?
3. Hur påverkas konstruktionen av åtgärdsalternativen?
4. Vilken kombination av åtgärder är bäst med hänsyn till att sänka byggnadens energiförbrukning samt förebygga eventuella fuktproblem.

## 1.3 Avgränsningar

Projektarbetet kommer att avgränsas på följande sätt:

- Projektarbetet avgränsas till att studera och presentera åtgärder för en byggnads ytterväggar och tak. Den befintliga grunden på byggnaden kommer inte att beaktas i denna rapport på grund av att åtgärder i denna byggnadsdel blir väldigt omfattande i en redan existerande byggnad.
- Specifika kostnader för olika åtgärder på klimatskalet kommer inte att presenteras i detta projektarbete.
- Endast ett startvärde för temperatur och relativ fuktighet inomhus kommer att användas vid energiberäkningar. Detta för att möjliggöra jämförande undersökningar av klimatskalet. I övrigt kommer inte inomhusmiljö eller installationer i byggnaden omfattas av detta projektarbete.
- Projektarbetet kommer endast undersöka den västra delen av byggnaden då de resterande delarna ej är tillgängliga under studien.

## 1.4 Disposition

### *Kapitel 1. Inledning*

Behandlar rapportens innehåll och förklarar bakgrunden till idén för projektarbetet. Den bakomliggande orsaken förklaras och beskriver situationer i dagsläget och risker för framtida problem. Syftet i projektarbetet beskrivs och förtydligas genom uppdelning i frågeställningar. I avsikt att begränsa projektarbetets storlek anges i avgränsningar vad som ej kommer att behandlas.

### *Kapitel 2. Teori*

Kapitlet beskriver de byggnadsfysikaliska teorier som ligger bakom de beräkningar som utförs i rapporten och förklarar vissa ingående uttryck och hypoteser som är viktiga i byggfysik. Även risker, problem och konsekvenser vid olika fuktsituationer beskrivs i delen byggfysik. Indonesisk byggteknik beskrivs och visar en kortare redogörelse av historik och orsaker bakom utvecklingen av byggnadskonsten i landet. Här visas också vilka framtida energiproblem landet anser att de riskerar ställas inför och vilka strategier de i dagsläget arbetar efter.

*Kapitel 3. Beskrivning av simuleringsprogram*

Presentation och beskrivning av de program som är aktuella i projektarbetet. Visar även val och motivering till varför vissa program valts att användas framför andra.

*Kapitel 4. Metod*

Delen visar hur arbetet planerats och vilka arbetsätt och metoder som implementerats vid undersökningar. Beskrivningar av simuleringar och de hjälpmedel som används visas här.

*Kapitel 5. Inventering av byggnad och omgivning*

Beskriver byggnaden som undersöks i projektet och visar bland annat användning, uppbyggnad, material och omgivande förutsättningar.

*Kapitel 6. Åtgärdsalternativ*

Kapitlet presenterar de föreslagna åtgärderna på byggnadens klimatskal. Val av åtgärder motiveras och beskrivs närmare.

*Kapitel 7. Resultat*

Visar uträkningar och simuleringsresultat för byggnadens u-värde, fukt i konstruktion och energiförbrukning. Beräkningar redovisas för byggnadens nuläge samt efter simulerade åtgärder.

*Kapitel 8. Diskussion*

Resultaten av studien diskuteras, liksom metodens och studiens användbarhet. Förslag ges även till fortsatta arbeten utifrån denna studie.

*Kapitel 9. Slutsatser*

Utifrån resultatet av studien presenteras kortfattat de viktigaste slutsatserna i projektarbetet.

*Kapitel 10. Referenser*

Presentation av de källor och referenser som används under studiens gång.

## 2 Teori

### 2.1 Värme

Hur mycket energi som måste tillföras en byggnad för att erhålla ett acceptabelt inomhusklimat beror till stor del på transmissionsförluster genom väggar, golv och tak. När det uppstår skillnader i temperaturer sker en naturlig utjämnande energitransport för att temperaturskillnaderna ska utjämnas. Spontant kan värme endast överföras från ett varmare till ett kallare medium. Denna typ av värme flöde ( $q$ ) kan ske på tre olika sätt, nämligen konvektion, ledning och strålning. Värmeledning sker främst i ogenomskinliga, fasta och icke porösa material. Hur stor värmeledningen är beror på temperaturskillnaden och materialets värmeledningsförmåga. Alla föremål avger även strålning, så kallad elektromagnetisk strålning. Värmestrålning kan ske i fasta, genomskinliga material som exempelvis glas. Konvektion sker när en vätska eller gas är i rörelse och transporterar värme. Ett värmeutbyte sker då mellan olika media (Sandin, 2010).

#### 2.1.1 Värmebryggor

En värmebrygga innebär att ett material med sämre isoleringsförmåga bryter igenom ett material med god värmeisolering, vilket gör att värmen lättare kan strömma igenom. I Sverige kallas detta oftast för köldbrygga, vilket är något missvisande eftersom det är värmen som strömmar och inte kylan. Internationellt sett används istället det engelska begreppet *Thermal bridge* vilket kan översättas till värmebrygga. Värmebryggor är vanligt i anslutningar mellan två olika material t.ex. anslutning mellan betongbjälklag och träyttervägg. Värmebryggor bidrar till större värmeförluster och kan ge upphov till kondensproblem på kalla ytor (Sandin, 2010).

#### 2.1.2 Värmekapacitet

Olika material har olika stor förmåga att lagra värme/kyla och dämpa plötsliga temperaturändringar. Konstruktioner som kan lagra mycket värme/kyla, exempelvis betong benämns som tunga konstruktioner medan exempelvis trä som kan lagra lite värme/kyla hör till gruppen lätta konstruktioner. Detta innebär att det krävs större mängd energi för att höja temperaturen i en betongkonstruktion i jämförelse med en träkonstruktion. En tung konstruktion är också mer långsam på att ta upp temperaturförändringar och har på så vis en stor temperaturutjämnande effekt. En lätt konstruktion påverkas istället lättare av omgivande temperatur och kyls av/värms upp snabbt (Sandin, 2010).

#### 2.1.3 U-värde

Vid beräkningar av värmetransport för olika byggnadsdelar används en värmegenomgångskoefficient ( $U$ ) som kallas för u-värde. Ett u-värde beskriver den värmemängd som per tidsenhet passerar en ytenhet på ett material då temperaturskillnaden på båda sidor av materialet är en grad. För att beräkna en byggnadsdels u-värde måste även materialets värmekonduktivitet ( $\lambda$ ) samt materialets tjocklek ( $d$ ) vara kända. Värmekonduktiviteten ( $\lambda$ ) vilket även kallas för lambdavärde, beskriver den värmemängd som per sekund passerar en  $m^2$  av ett material. Ett lågt lambdavärde innebär att materialet har en god förmåga att isolera värme (Sandin, 2010). Nedan i Figur 1 visas några lambdavärden för olika byggmaterial.

Material	Beräkningsvärde $\lambda$ i W/m°C
Trä	0,14
Plywood	0,14
Betong	1,7
Lättbetong	0,12
Gipsskiva	0,25
Spånskiva	0,14
Golvspånskiva	0,18
Träfiberskiva	0,14
Stål	50
Rostfritt stål	17
Puts	1,0
Fasadtegel	0,60

**Figur 1 Byggmaterial och dess lambdavärden (värmekonduktivitet) (Swedisol, 2015).**

Förhållandet mellan ett materials tjocklek ( $d$ ) och dess värmekonduktivitet ( $\lambda$ ) beskriver motståndet mot värmetransporten och kallas värmemotstånd ( $R$ ). Värmemotstånd kan även beräknas för olika ytor ( $R_{Si}, R_{Se}$ ) (Sandin, 2010). I Tabell 2 visas värden för  $R_{Si}$  och  $R_{Se}$  för väggar och tak. Formler och ingående parametrar för beräkning av u-värde presenteras i Tabell 1.

**Tabell 1 Formler och ingående parametrar för u-värdes beräkning (Sandin, 2010).**

Nr	Beteckning	Förklaring	Enhet	Formel
1	U	Värmegenomgångs-koefficient	W/m <sup>2</sup> K	$U = \frac{1}{R_{Si} + R_1 + R_2 + \dots + R_N + R_{Se}}$
2	R	Värmemotstånd	m <sup>2</sup> K/W	$R = \frac{d}{\lambda}$
3	d	Materialets tjocklek	m	
4	$\lambda$	Värmekonduktivitet	W/mK	
5	$R_{Si}$	Värmemotstånd på ytor, insida	m <sup>2</sup> K/W	
6	$R_{Se}$	Värmemotstånd på ytor, utsida	m <sup>2</sup> K/W	

**Tabell 2  $R_{Si}$  och  $R_{Se}$  värden för väggar och tak (Sandin, 2010).**

Byggnadsdel	$R_{Si}$	$R_{Se}$
<b>Vägg</b>	0,13	0,04
<b>Tak</b>	0,10	0,04

## 2.2 Fuktmeکانیک

Fuktskador i byggnader är ett vanligt och växande problem världen över. Skadorna kan innebära stora kostnader och omfattande renoveringar. Fuktskador kan medföra att materialets egenskaper förändras som till exempel minskad hållfasthet och försämrade isoleringsförmåga. Skadorna har även stor inverkan på människors ohälsa. Det är därför av stor vikt att känna till den rådande fuktmeکانیکen för att minska risken för framtida skador (Sandin, 2010).

### 2.2.1 Fukt i material

En viss mängd fukt förekommer i alla byggmaterial. Ett materials fukthalt beskriver hur många kilogram vatten det finns per m<sup>3</sup> av materialet medan begreppet fuktkvot beskriver förhållandet mellan fukttinnehållet och mängden torrt material. I ett material kan fukttransporten ske på olika sätt, dels i ångfas men också i vätskefas. Fuktvandring sker främst genom:

- Diffusion
- Konvektion
- Kapillärsugning

Gällande ångfas sker transporten huvudsakligen genom diffusion eller konvektion. I vätskefas sker transporten oftast via kapillärsugning. Fuktdiffusion innebär en ångtransport som uppstår på grund av en ånghaltsskillnad i konstruktionen. Det är i regel en långsam process och fuktmängderna som transporteras är relativt små.

Konvektion kan däremot uppstå på grund av tryckskillnader i en byggnad som i sin tur kan bero på temperaturskillnader, vindförhållanden och ventilationssystem. Denna tryckskillnad skapar en luftströmning som kan föra med sig den fukt som finns i luften. Detta kan exempelvis ske i en ytterväggskonstruktion om det är en tryckskillnad mellan konstruktionens in- och utsida. Fuktkonvektion är oftast allvarligare än fuktdiffusion och kan transportera en större mängd fukt. Kapillärsugning beror på vattnets ytspänning och attraktionskrafterna mot porväggarna och är som störst i finporösa material. De flesta fukttransporter sker dock genom en kombinerad ång- och kapillärsugning (Sandin, 2010).

### **2.2.2 Fukt i byggnader**

En byggnad kan tillföras fukt på olika sätt. Dessa fuktkällor kan ha olika stor betydelse beroende på vilken byggnadsdel de berör. En byggnad kan tillföras fukt genom:

- Nederbörd
- Markfukt
- Byggfukt
- Läckage
- Luftfukt

#### **Nederbörd**

Nederbörd i form av regn i kombination med blåst kan skapa slagregn på fasader. Blåst skapar dessutom tryckskillnader som hjälper till att både suga och trycka in vatten i konstruktionen. Fuktblastningen på en yttervägg beror på materialet och dess kapillärsugande förmåga. När slagregn träffar en tegelfasad upptas fukten och magasineras i väggen för att senare åter igen torka ut vid uttorkningsperioder. Vid långvarigt slagregn kan stenytan mättas och vatten kan rinna längs stenarnas ytersida till eventuellt ofyllda fogar och därmed komma innanför teglet. Nederbörd på horisontella ytor som exempelvis tak och balkonger medför en risk för fuktvandring om det finns otätheter och/eller otillräcklig avvattningsanordning (Berg, 2007).

#### **Markfukt**

Markfukt omfattar såväl markvatten som vattenånga. Fukt i marken kan sugas upp kapillärt av olika material. Hur stor den kapillära stighöjden blir beror på jordarens porstorlek. En byggnadsdel kan tillföras fukt direkt från marken genom grundvattnet men även direkt från nederbörd (Berg, 2007).

#### **Byggfukt**

Under byggtiden kan stora mängder vatten tillföras en byggnad och leda till fuktproblem. Byggfukten definieras som den vätska ett material måste avge för att komma i jämvikt med omgivningen. En del material innehåller även en hög fukthalt innan de monteras. Under lagringstiden på byggarbetsplatsen är det viktigt att skydda materialen mot fuktexponering från så väl regn som markfukt. Under byggtiden kan det vara nödvändigt att skydda hela byggnaden mot nederbörd för att undvika att fukt byggs in (Sandin, 2010).

## Läckage

De flesta fuktskador som uppkommer i en byggnad beror på läckage från olika installationer. I och med en högre levnadsstandard ökar antalet installationer i byggnaderna. Särskilt vanligt är skador orsakade av vattenledningar. Dessa kan vara svåra att upptäcka i tid då de många gånger är inbyggda i väggarna (Berg, 2007).

## Luftfukt

Den vattenånga som finns i luften benämns som ånghalt och anger hur många kilogram vattenånga det finns per m<sup>3</sup> luft. Den maximala mängd vattenånga som luften kan bära vid en viss temperatur kallas för mättnadsånghalt. Ju högre temperatur desto högre kan mättnadsånghalten vara. När ånghalten i luften överstiger mättnadsånghalten omvandlas vattenångan från gasform till vätska och kondenserar. Kvoten mellan den verkliga ånghalten och mättnadsånghalten anger den relativa fuktigheten i luften (Sandin, 2010). Vid bedömning av risk för fuktskador har den relativa fuktigheten stor betydelse. Nedan i Figur 2, visas den relativa fuktigheten för Jakarta, Indonesien.



Figur 2 Relativ fuktighet i Indonesien (information, 2015).

### 2.2.3 Fuktskador

Den fukt som finns i en konstruktion kan i vissa fall ge upphov till olika skador som visas i Figur 3 och Figur 4. Den skadliga påverkan kan se olika ut beroende på material. I vissa fall kan det vara frågan om röta eller mögelpåväxt medan i andra fall handla om att materialets egenskaper förändras. Exempel på vanliga fuktskador är följande:

- Rörelser som ger upphov till deformationer
- Biologiska angrepp
- Ojämn nedsmutsning
- Försämrade värmeisoleringsförmåga

De vanligaste fuktproblemen på träbaserade konstruktioner är mikrobiell påväxt i form av mögel och röta. På senare år har det även blivit mer vanligt med mikrobiell påväxt på pustade fasader. Tillväxt av svampar är beroende av temperatur och fukthalt. Men för att tillväxt skall kunna ske behövs även tillgång till näring exempelvis från organiska material som trä. Den största tillväxten av svampar sker mellan temperaturerna +20 ° till +28° (Berg, 2007). Men för att tillväxt skall kunna ske måste även den relativa luftfuktigheten vara högre än 85-90 %. Ju högre relativ fuktighet desto snabbare tillväxt.

Generellt sett gynnas den mikrobiella påväxten av höga fukttillstånd i fasadytan. Fasadytor som är utsatta för kraftigt slagregn löper större risk för påväxt, då de är av naturliga orsaker är blötare än andra ytor (Sandin, 2002).



**Figur 3** Fuktskador i form av mikrobiell påväxt samt mögel (Gustafsson, 2015).

Mögelsvampar innebär dock inte större påverkan på konstruktionen mer än en estetisk påverkan samt dålig lukt. Däremot ökar risken för allergier med mögelsvampar. Rötsvampar är oftast allvarligare för konstruktionen då den kan försämra hållfastheten och beständigheten (Sandin, 2010).



**Figur 4** Mögelproblem i en villa (Svartmögel, 2015).

#### **2.2.4 Kritiskt fukttillstånd**

Alla material har olika kritiska fukttillstånd, det vill säga det fukttillstånd där det finns risk för skadlig påverkan i någon form.

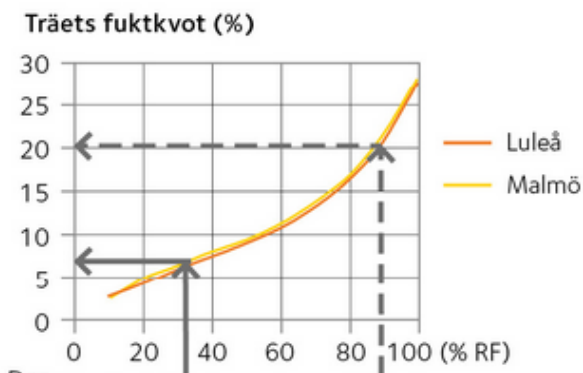
Generellt sett ökar riskerna för skadlig påverkan av träkonstruktioner när den relativa fuktigheten är högre än 75 % (Sandin, 2010). Nedan i Tabell 3 visas när det finns risk för fuktskador för olika material (Berg, 2007).

**Tabell 3 Bedömning av risk för fuktskador för olika material (Berg, 2007).**

Material, orsak	RF [%]		
	Ingen risk	Måttlig risk	Stor risk
Trä, rötangrepp <sup>1)</sup>	< 75	75 - 95	>95
Trä, mögelangrepp	< 70	70 - 85	>85
Oskyddat stål, rost	< 60	70	
Lim för plastmattor, nedbrytning		90	

<sup>1)</sup> Äkta hussvamp

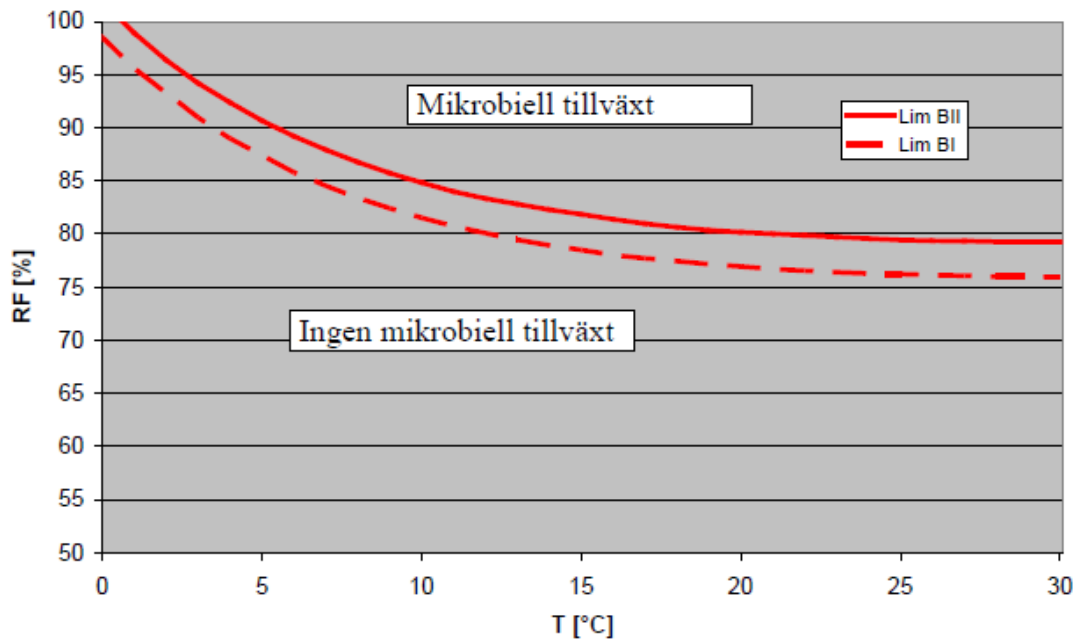
Nedan i Diagram 1 visas förhållandet mellan fuktkvoten i träet och den relativa fuktigheten.

**Diagram 1 Förhållandet mellan träets fuktkvot och den relativa fuktigheten (trä, 2015)**

Det kritiska fukttillståndet för mikrobiell påväxt är olika beroende på material. I Diagram 2 visas en schematisk bild över när olika material löper risk för mikrobiell påväxt vid olika fukthalter och temperaturer. De två begränsningskurvorna förespråkar olika material enligt följande:

- Lim BI: Nedbrytningsbara material; Trä, tapeter, gipsskivor, övriga lätt nedbrytningsbara material och starkt nedsmutsade ytor.
- Lim BII: Material med porös struktur; Puts, mineralbaserade byggnadsmaterial, isolermaterial som inte tillhör gruppen Lim BI. Om material från denna grupp är nedsmutsade tillhör de gruppen Lim BI.

Om materialet ligger över sin begränsningskurva finns risk för mikrobiell påväxt (Forsberg, 2011).

**Diagram 2** Bedömning när mikrobiell tillväxt sker för olika material (Forsberg, 2011).

### 2.3 Indonesisk byggt teknik

Byggandet i Indonesien formas av ett flertal olika faktorer såsom kolonisering och religioner. Spår från buddism, hinduism, islam och kristendom finns gestaltat i olika byggnader och statyer (Gillow & Dawson, 1994).

I det traditionella bostadsbyggandet användes så gott som uteslutande olika träslag och bambu från djungeln. Dessa lättåtkomliga material användes för att uppföra olika typer av hus som ofta stod på pålar. Husen byggdes som långhus i olika varianter och hade stora tunga gavlar och branta tak. Den bärande konstruktionen var ett pelar- balk system med icke bärande väggar mellan pelarna. Exempel på en byggnad som byggts utifrån traditionellt tänkande visas i Figur 5 (Gillow & Dawson, 1994).

Byggnaderna har utvecklats erfarenhetsmässigt under lång tid för att tåla det fuktiga och varma klimat som finns i regionen (Gillow & Dawson, 1994).



**Figur 5** Nyare byggnad som använder traditionellt tänkande gällande funktion och stil (Gustafsson, 2015).

Med det europeiska koloniala styret som uppstår under 1500- talet införs olika byggmetoder med murverk. I början görs väldigt få anpassningar till det varma fuktiga klimatet och det ska dröja ända till mitten av 1700-talet innan byggnaderna börjar anpassas till det omgivande klimatet. Figur 6 visar ett exempel på hur utformningen av husen då började innehålla en blandning av europeisk och indonesisk byggnadsutformning och skapade en egen Indonesisk-Holländsk kolonial stil. Väggar byggdes fortfarande av murat tegel eller sten men i fasaderna bidrog större fönster och ventilationsöppningar till att husen kunde ventileras på ett betydligt effektivare sätt. Denna åtgärd kombinerat med nyttjandet av traditionella indonesiska takkonstruktioner som ger en hög luftig inomhusmiljö och en lång takfot som skuggar byggnadens väggar skapades byggnader som var anpassade för det tropiska klimatet (Schoppert & Damais, 2012).



**Figur 6** Villa Saparua är en villa byggd i kombinerad holländsk och indonesisk design (property, 2015).

Under 1900-talet utvecklades byggnadskonsten succesivt och större städer växte fram ur de gamla större kolonialbosättningarna. Betongkonstruktioner användes i allt större utsträckning då högre och större hus började dominera i städerna (Schoppert & Damais, 2012).

I de mindre byggnader som uppfördes skedde en viss förändring i material men grundtanken med goda vädringsmöjligheter och luftig inomhusmiljö användes fortfarande (Schoppert & Damais, 2012).

Ett typiskt mindre hus idag använder i det stora hela samma princip även om stora variationer i utformningen förekommer. Materialen och utformningen har förändrats och en modernare inomhusmiljö bli allt vanligare i och med att den materiella standarden ökar. Det är fortfarande vanligt att väggarna muras och putsas eller gjuts men nya inslag som glaspartier och gipsyttskikt förekommer alltmer. Takkonstruktioner är relativt enkla och består av ett brädlager, läkt och tegel eller olika skivmaterial som skruvas i en lite kraftigare läkt. För att skugga fasaden används fortfarande en takfot på ungefär en och en halv meter (Agya & Shabbir H, 2008).

Det är dock inte bara kondensation och hög luftfuktighet som leder till fuktskador i byggnader. En stor orsak är även de kraftiga regn som kommer under perioder i tropiska klimat. De stora mängderna regn och en avsaknad av avvattningssystem på byggnader och marken kring byggnader som exempel i Figur 7 bidrar till väldigt många fuktproblem i konstruktioner.



**Figur 7 Vattenansamling runt hus efter regn (Granberg, 2015)**

Genom en snabb okulär kontroll kan ett flertal risker för fuktproblem och fuktskador som beror på takläckage eller kapillärsugning konstateras i byggnaden.

## 2.4 Energikrav i Indonesien

Indonesien har sedan 1982 arbetat med råd gällande energibesparing och tagit fram flera olika mål och lagar. Ett är Government Regulation No. 79/2014 concerning on National Energy Policy vilket är ett nationellt mål. Det anger en minskning av energibehovet i landet på 1 % varje år fram till år 2025 (Welfare, 2014).

För att uppnå detta mål har energiförbrukande sektorer delats in olika delar där möjlig energibesparing och ett tydligt mål för varje sektor har satts. För byggnader inom hushåll och den kommersiella sektorn är målet en energibesparing på minst 15 % år 2025. (Welfare, 2014) Antalet byggnader för boende och kommers bestod i Indonesien år 2006 till ungefär 33 miljoner. Energiförbrukningen i dessa byggnader var förhållandevis låg men tydliga förbättringar kunde snabbt identifieras vid en inventering av husens energianvändning (International Energy Agency , 2008).

Indonesien har satt tydliga mål gällande sin framtida energianvändning. Planerna för den framtida energiförsörjningen innehåller tydliga strategier på att öka andelen förnyelsebar energi även om den största delen energi kommer att tillverkas genom utnyttjande av landets naturtillgångar inom olja och kol. Medvetenhet om att utvecklingen i landets ekonomiska förutsättningar kommer innebära stora förändringar i framtiden har bidragit till att utforma dessa mål. Tyvärr saknas en del lagstiftning för att underlätta målens uppfyllnad. Som exempel saknas det krav på byggnaders energianvändning i Indonesiens regelverk för hus. Med energikrav vid nybyggnad och större renoveringar kan framtida energiförbrukning inom byggnader effektivt begränsas så att de uppsatta målen kan nås (International Energy Agency , 2008).

### 3 Beskrivning av simuleringsprogram

Vid val av simuleringsprogram jämförs program tillgängliga på Högskolan Dalarna. Krav på energiprogram är möjlighet att visa kylbehov, energiförbrukning samt ha klimatdata för Indonesien eller närbeläget land. För värme och fuktsimulering används WUFI då det är ett väletablerat program med simuleringsmöjligheter som överensstämmer med behoven i projektet.

#### 3.1 WUFI

Programmet utför beräkningar som visar värme och fuktförhållanden i olika skikt i byggnadsdelar vid icke stationära förhållanden.

Vid beräkningar används klimatfiler med väderdata som samlats in under flera år. Klimatfiler finns för de flesta platser och finns tillgängliga vid olika databaser, bland annat EnergyPlus website och Meteonorm. I programmet finns även möjlighet att ställa in utgångsvärden för den aktuella byggnaden och omgivningen (WUFI, 2015).

För att undersöka en byggnadsdel byggs konstruktionen upp i programmet. I WUFI finns en materialdatabas där olika byggmaterial ligger samlade men det finns även möjlighet att bygga egna material genom att ange egna indata. När ingående material och tjocklekar monterats skissas en grafisk uppbyggnad av byggnadsdelen upp. Här kan även värmegenomgångsmotstånd och värmegenomgångskoefficient utläsas för den uppbyggda konstruktionen. För att kontrollera relativ fuktighet och temperatur i de olika skikten placeras monitorer ut i lager där kontroll önskas. Programmet tar även hänsyn till byggnadens läge och orientering om detta anges i förutsättningarna (WUFI, 2015).

Möjlighet att kombinera dessa olika data samt göra tester som simulerar över lång tid och med flera olika uppställningar i konstruktionen, gör det möjligt att undersöka hur konstruktionen påverkas och upptäcka eventuella risker.

En simuleringsgrafik presenterar grafer där vatteninnehåll, temperatur och relativ fuktighet visas i de lager monitorer är placerade under simuleringen. Resultaten presenteras sedan i resultatgrafer som visar önskad information i lämpliga grafer skapade av WUFI. Det är även möjligt att studera ASCII-textfiler och filmer för att undersöka resultat av simulering (WUFI, 2015).

#### 3.2 Revit

Revit byggdesign och konstruktionsprogram är speciellt framtaget för bygginformationsmodeller (BIM). Programmet används för att visualisera utformning av byggnader, byggnadsdelar och konstruktionslösningar. Uppbyggnaden i programmet gör att information om de material och komponenter som ska ingå i byggnaden kan anges och ritas in i modellen. Möjligheten att kontrollera volymer, mängder göra solstudier och mycket mer gör användningsområdet väldigt omfattande (Autodesk, 2015).

Revit kommer i detta arbete främst användas för att illustrera byggnaden som ingår. På planritningar och fasadvyer visas var kontrollpunkter, riskområden och värmebryggor är placerade.

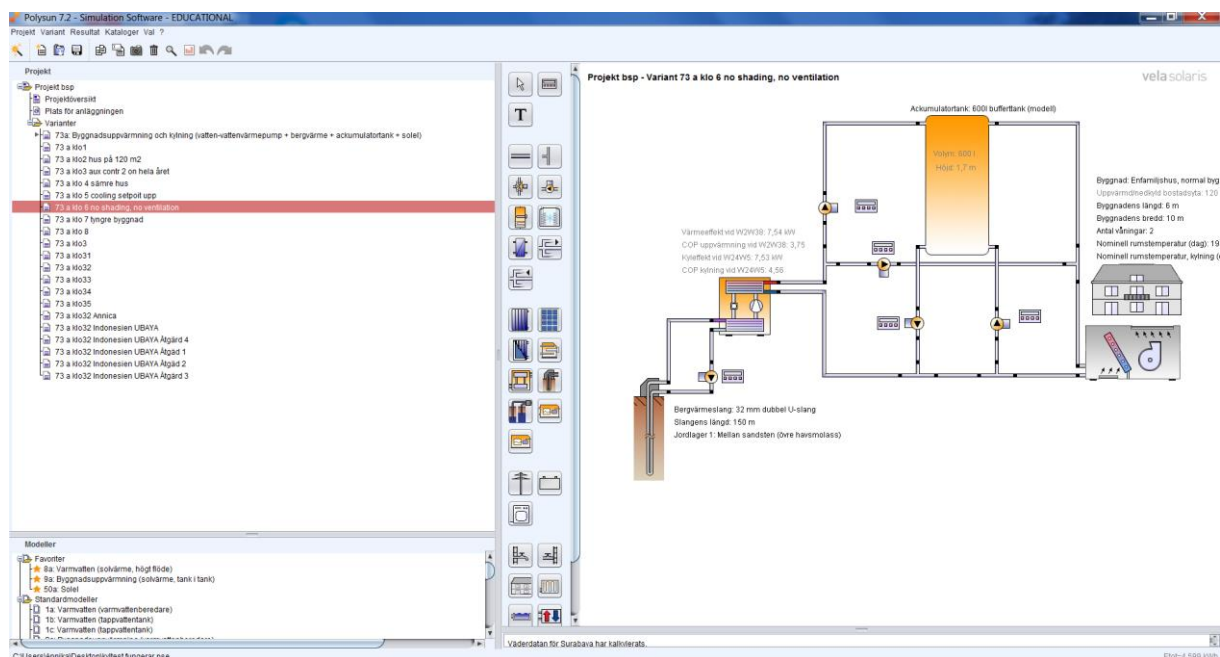
### 3.3 Polysun

Polysun är ett energiberäkningsprogram där olika installationssystem i en byggnad kan simuleras. Programmet kan exempelvis simulera soltermiska-, solcells-, värmepumps- och geotermiska system eller en kombination av dessa (Solaris, 2015).

I programmet finns ett stort antal olika färdiga installationssystem att välja på, ett exempel visas i Figur 8. De olika installationssystemen kan ändras och modifieras i stor utsträckning genom att enheter läggs till eller tas bort. Möjlighet finns även att bygga upp ett eget installationssystem med hjälp av lösa enheter och moduler. Till varje installationssystem finns en byggnad kopplad. Även byggnaden och dess ingående parametrar kan förändras i stor utsträckning. Exempel på möjliga inställningar för den aktuella byggnaden i programmet är:

- Area
- Läge i förhållande till väderstreck
- U- värden samt g-värden
- Temperaturer
- Andel fönster respektive vägg i olika väderstreck
- Byggnadens termiska massa
- Interna värmekällor
- Ventilation
- Skuggning

Till varje uppbyggt system kan platsen där simulering skall utgå ifrån väljas. Klimatfiler finns för i stort sett hela världen, vilket gör programmet mycket användbart för olika klimat och förutsättningar. I programmet kan ett urval av resultaten från simuleringen väljas. Exempelvis kan resultatöversikt med de viktigaste resultaten väljas liksom komponentresultat där en analys av varje komponent på månadsbasis visas. Från resultaten kan exempelvis byggnadens värme- respektive kylbehov utläsas (Solaris, 2015).



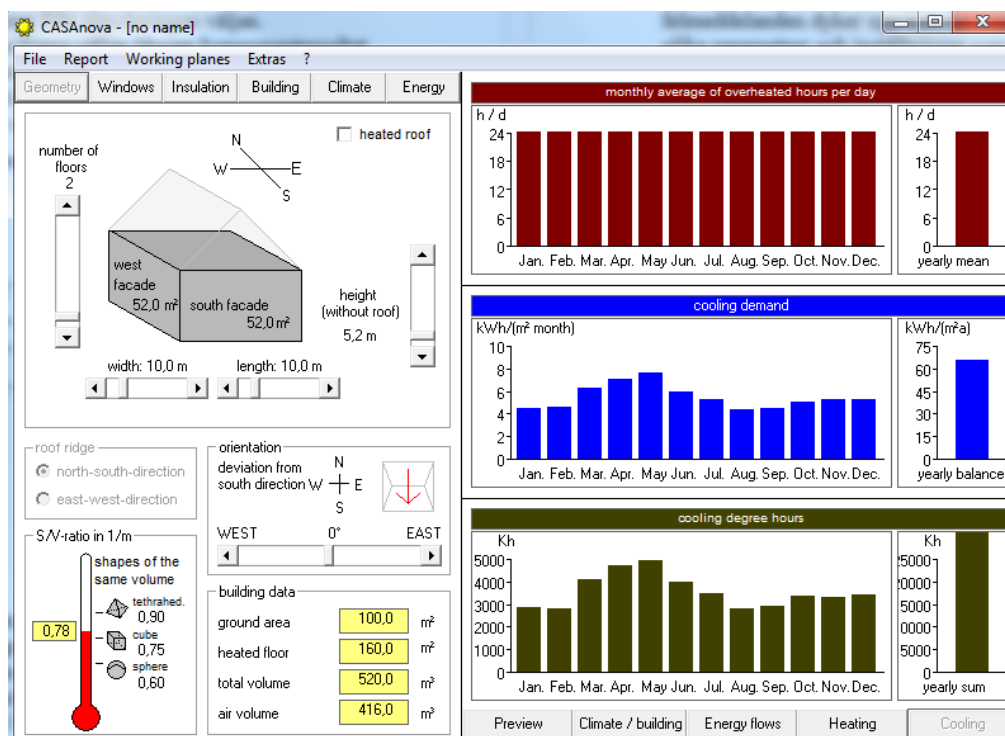
Figur 8 Programmet Polysun (Solaris, 2015).

### 3.4 Casanova

Casanova är ytterligare ett energiberäkningsprogram där uppvärmning- och kylbehov samt temperaturbehovet för en byggnad kan beräknas. Programmet används mycket i undervisningssyfte och finns att ladda ner gratis på internet. Med hjälp av programmet kan energibehovet sättas i relation till bland annat byggnadens geometri, läge, termisk isolering, u-värden, g-värden, solvärmestillskott och överhettning. Över 20 olika parametrar kan ändras och nya resultat i form av tabeller och diagram visas omgående när något ändrats (Solarenergie, 2015).

Klimatfiler finns i programmet, mestadels för Europa men även för vissa städer i övriga världsdelar. Möjlighet finns även att ladda in egna klimatfiler i programmet (Solarenergie, 2015).

Efter simuleringen kan resultatet utläsas under flikarna uppvärmning respektive kylning. I uppvärmningsfliken kan uppvärmningsbehovet på månadsbasis samt år utläsas via tabeller och diagram. Energibalansen kan även utläsas där transmissions- och ventilationsförluster visas i relation till solvärmestillskott och interna värmestillskott. Likande information finns under fliken kylning där ett totalt och månadsbasis kylningsbehov kan utläsas. I tabeller och diagram ges även överhettningstimmar per månad och totalt per år, se Figur 9 (Solarenergie, 2015).



Figur 9 Programmet Casanova (Solarenergie, 2015).

### 3.5 Val av energiberäkningsprogram

Polysun är ett mycket användbart program där variationsmöjligheterna är mycket stora. Det finns oändligt många inställningar i programmet och installationssystemen kan individanpassas i hög grad. En annan stor fördel är att det finns klimatdata för i stort sett hela världen vilket gör det mycket anpassningsbart. En nackdel med programmet är att de stora variationsmöjligheterna medför att programmet ibland blir relativt avancerat. När felmeddelanden dyker upp kan det vara svårt att hitta orsaken till dessa då det finns många olika parametrar och inställningar som kan påverka resultatet.

Programmet används i störst utsträckning till att analysera olika installationer och installationssystem. Men då även byggnaden för de olika installationssystemen och dess ingående parametrar kan ändras i stor utsträckning är programmet även användbart till detta projektarbete där fokus ligger på att förändra klimatskalet. Genom att låta ett installationssystem vara oförändrat och istället förändra byggnaden ger simuleringen ett användbart resultat för projektarbetet där skillnaden i energibehovet kan utläsas och ställas i relation till de genomförda förändringarna.

Casanova är i jämförelse med Polysun ett enklare program med mindre valmöjligheter samt färre ändringsbara parametrar. När det gäller byggnaden kan i stort sett lika inställningar göras som i Polysun däremot finns en begränsning gällande u-värdena, då t.ex. väggarna kan anta som högst ett u-värde på  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . En annan nackdel är att det inte finns en klimatfil för Indonesien. De klimatfiler som stämmer bäst överens med Indonesiens klimat är Filippinerna samt Australien. Casanovas största fördel är att det är lättanvänt och enkelt att utläsa resultaten i olika tabeller och diagram.

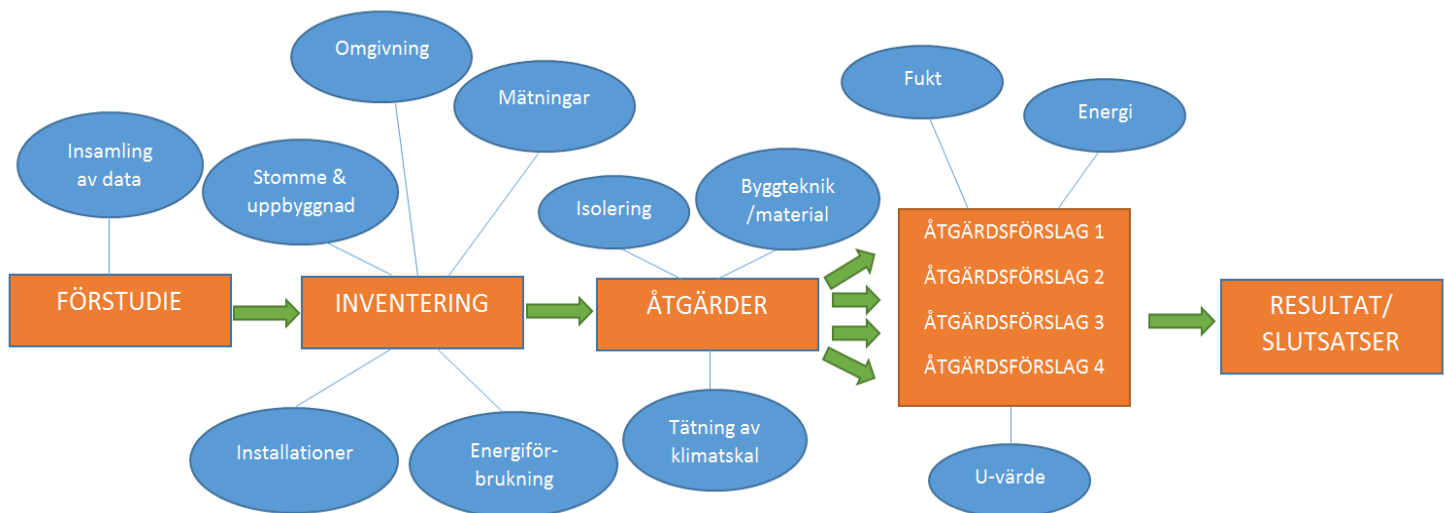
Sammanfattningsvis efter att ha vägt för- och nackdelar mot varandra har vi valt att använda programmet Polysun för energiberäkningar i detta projektarbete. Valet grundar sig främst på Casanovas begränsning gällande u-värden.

Byggnaden i detta projektarbete visade sig ha högre u-värden än vad som tillåts i Casanova vilket gör programmet oanvändbart för detta projekt. Polysun har även en klimatfil för just Surabaya, Indonesien där studien äger rum, vilket ger ett mer trovärdigt och rättvist resultat.

## 4 Metod/ Genomförande

### 4.1 Processbild

För att ge en tydlig bild över tillvägagångssättet för projektarbetet visas i Figur 10 en överskådlig bild över processens olika skeden.



Figur 10 Schematisk figur över projektarbetets olika skeden.

### 4.2 Genomförande

För att ge en djupare inblick i hur projektarbetet har gått tillväga kommer genomförandets olika steg presenteras närmare här.

#### 4.2.1 Förstudie

Projektarbetet startar med en grundlig informationssökning och datainsamling inom ämnet. Insamling av data sker genom att relevant information med tillförlitliga källor söks i bland annat böcker, rapporter och artiklar. Informationssökningen inriktar sig främst på ämnena byggfysik, byggteknik, material samt energianvändning. I ämnet byggfysik söks information kring byggnadsfysikaliska fenomen som t.ex. värmetransport samt fuktvandring. Information söks även kring vanliga byggtekniker och byggmaterial i Indonesien för att ge en djupare förståelse för den byggkultur som råder. Slutligen eftersöks även information kring den rådande energianvändningen i Indonesien och vilka mål respektive krav som finns angående detta.

#### 4.2.2 Inventeringsfas

På plats i Surabaya, Indonesien, sker inventeringsfasen i projektarbetet. I denna fas undersöks byggnaden i fråga noggrant för att ge en tydlig nulägesbeskrivning.

För att få konkreta och verkliga värden för kommande energi- och fuktberäkningar görs ett flertal olika mätningar och kontroller på plats i byggnaden.

Inventeringsfasen kan grovt sett delas in i följande steg:

- Byggnadens stomme och uppbyggnad
- Uppmätning av areor, fukt, temperatur, läckage med mera
- Nuvarande installationer och energiförbrukning.

### **Byggnadens stomme och uppbyggnad**

Inventeringsfasen startar med att byggnadens konstruktion och uppbyggnad undersöks genom en okulär besiktning. Här granskas följande:

- Byggnadens stomme
- Takkonstruktion
- Ytterväggskonstruktion
- Fönster/glaspartier
- Använda material
- Anslutningar
- Genomföringar
- Eventuella fuktkällor i byggnaden

Syftet med denna okulära besiktning är att ge en visuell helhetsbild av byggnaden och ge en uppfattning om vilken byggteknik som används samt om det finns synliga skador i form av t.ex. fukt i byggnaden. Besiktningen syftar också till att upptäcka större otätheter i klimatskalet som är synliga för blotta ögat.

Efter den okulära besiktningen upprättas en planritning samt en skiss där byggnadens läge i förhållande till väderstrecken redovisas. Detta sker med hjälp av programmet Revit. Syftet med detta är att ge en överblick över byggnadens planlösning och utformning samt läge i förhållande till väderstreck.

### **Uppmätning av byggnaden och byggnadsdelar**

Med hjälp av en lasermätare mäts olika ytor och areor upp för att senare användas i beräkningar. Följande ytor mäts upp:

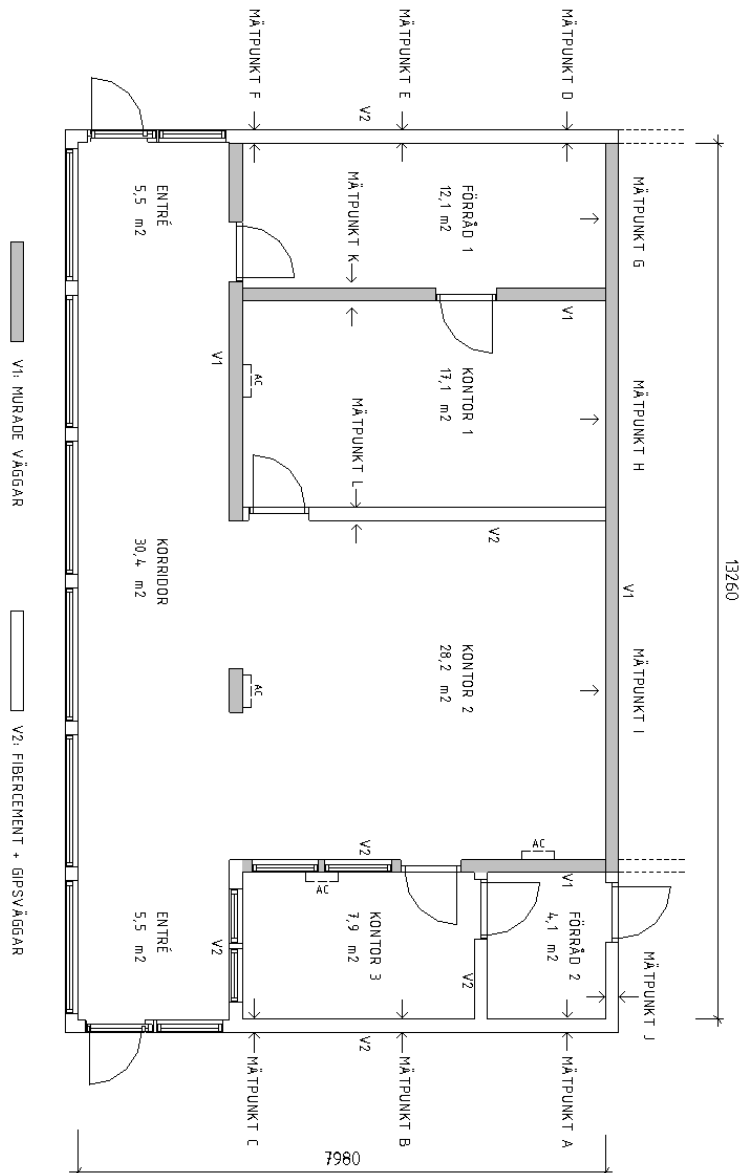
- Ytterväggsarea
- Tak area
- Fönster/glasparti area
- Rumsarea
- Bruksarea

I detta skede kontrolleras även vilka dimensioner och tjocklekar material och olika byggnadsdelar har med hjälp av en tumstock. I ytterväggen mäts de olika ingående materialens tjocklek. Även takets olika lagertjocklekar och material kontrolleras och mäts upp.

## Fuktmätning

21 mätpunkter för kontroll av fuktinnehåll i ytterväggarnas material fastställs. Punkterna fördelas jämt över byggnaden med hälften placerade på utsida vägg och hälften på insida enligt Figur 11.

Fuktinnehållet mäts i väggens mitt. Mätning sker med hjälp av en fuktmätare med stift som trycks in i väggen, morgon, middag och kväll under tre dagar. Fuktmätningar utförs i befintliga konstruktionsdelar för att undersöka om höga fuktkvoter finns samt om de förändras över tid.



Figur 11 Mätpunkter i byggnaden (Gustafsson, 2015).

I samband med fuktmätningar i material mäts även den relativa luftfuktigheten med hjälp av en hygrometer. Värdena summeras och ett medelvärde för de tre dagarna kalkyleras. Framräknade medelvärden för den relativa luftfuktigheten används sedan som ursprungsvärden vid simulering i fuktberäkningsprogrammet WUFI.

### Temperaturmätning

Lufttemperatur samt yttemperatur på väggar och tak mäts under tre dagar, morgon middag och kväll, både inomhus och utomhus. Lufttemperaturen mäts med hjälp av en temperaturmätare medan yttemperaturen mäts med hjälp av värmekamera. Yttemperaturen mäts på samma mätpunkter som fuktmätningarna, se Figur 18. Medelvärden räknas fram och användes som ursprungsvärden vid simulering i fuktberäkningsprogrammet WUFI. Temperaturerna används även för att kontrollera simuleringens rimlighet av nuvarande konstruktion.

### Läckage och värmebryggor

Översiktsbilder tas med värmekamera från insidan för att identifiera punkter i byggnaden där värmeförlusten är större än normalt genom klimatskalet. Bilder på konstaterade läckor tas från både in- och utsida för att undersöka vart de syns tydligast. För att få en så stor temperaturdifferens som möjligt mellan inne- och utetemperatur tas bilderna ungefär klockan 13.00. Observerade otätheter kontrolleras mer noggrant med hjälp av närbilder och för att uppskatta storleken på läckaget placeras en tumstock i bilden för att utgöra en referens vid senare analys.

Enligt BBR 19 kan 20 % av de totala transmissionsförlusterna genom ett klimatskal bestå av värmebryggor (Boverket, 2011). I detta projektarbete anses ett påslag på 20 % på de totala transmissionsförlusterna vara för mycket då andelen värmebryggorna i byggnaden är mycket små. I u-värdes beräkningen tas istället hänsyn till värmebryggor genom att den byggnadsdel som värmebryggan berör får ett påslag på 20 % gällande u-värdet.

U-värden och areor på alla ingående byggdelar i klimatskalet beräknas och används för att räkna ut ett medel u-värde för byggnaden med hjälp av formel [1] och [2], se Tabell 1.

Då utrustning saknas för att mäta lufttätheten antas värdet  $3,0 \text{ l/s,m}^2$  för den nuvarande byggnaden då anses vara ett vanligt värde för äldre byggnader med sämre lufttäthet (American Society of Heating, 2009). Detta värde motsvarar 4,3 (1/h) i luftomsättning vilket används i simuleringarna.

### Nuvarande installationer och energiförbrukning

Klimatanläggningarna i byggnaden undersöks i form av antal enheter samt under vilka tider de används.

Den nuvarande energiförbrukningen för byggnaden kommer enbart att uppskattas genom programmet Polysun med byggnadens medel u-värde som grund. Det nuvarande energibehovet kommer således enbart vara ett referens värde och inte ett verkligt värde. Med hjälp av referensvärdet kan sedan de olika energibesparingsåtgärderna jämföras och viktas mot detta värde.

#### 4.2.3 Åtgärder

Med hjälp av inventeringen av byggnaden kan den insamlade informationen senare användas till att föreslå olika åtgärder på byggnadens klimatskal. Ett antal olika åtgärdsförslag på klimatskalet tas fram med målsättningen att sänka energiförbrukningen och minimalisera risken för framtida fuktproblem. I åtgärdsförslagen beaktas även byggnadens placering i förhållande till väderstreck och eventuella effektiviseringsmöjligheter i vissa riktningar.

#### 4.2.4 Resultat/Slutsats

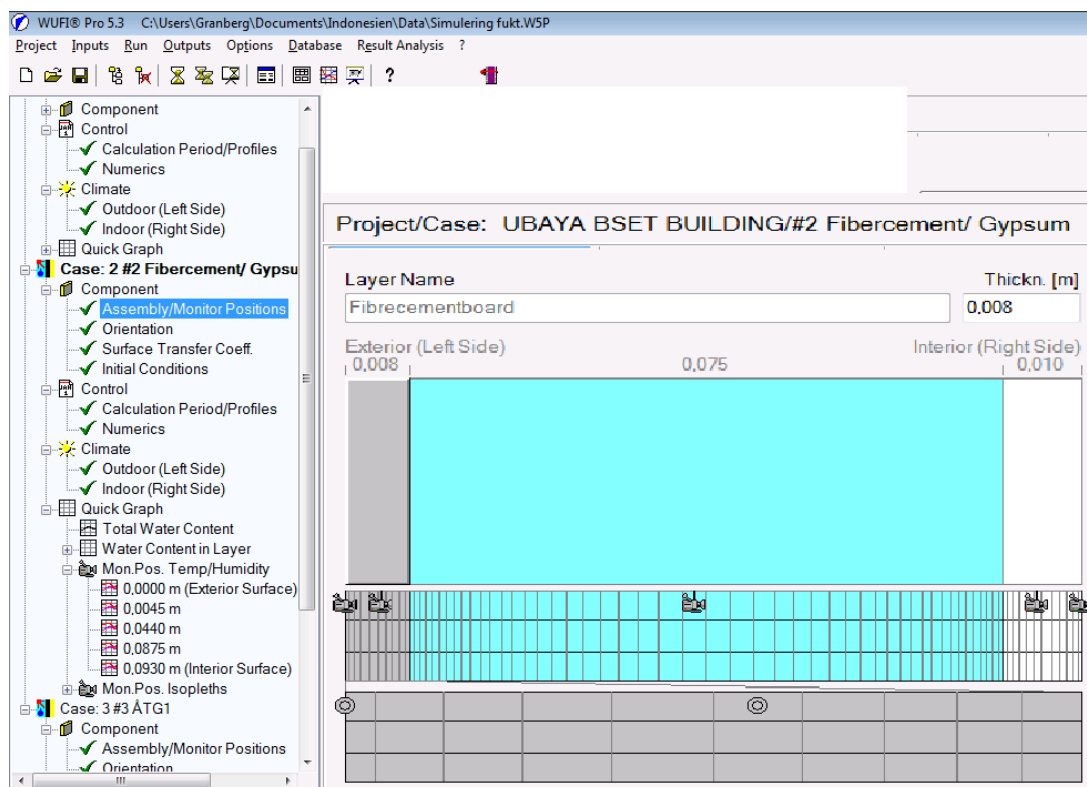
Resultaten presenterar byggnadens nuläge gällande u-värde, fuktkvoter och energiförbrukning. Uppmätta temperaturer och fuktkvoter används för att skapa ett utgångsläge i fuktberäkningsprogrammet WUFI och energiberäkningsprogrammet POLYSUN. Utifrån detta nuläge skapas simuleringar med de föreslagna åtgärderna applicerade i konstruktionen. För varje åtgärdsförslag beräknas ett nytt u-värde med hjälp av formel [1] och [2].

Med hänsyn till dessa nya förutsättningar studeras risker och förbättringar i konstruktionen. Utifrån resultatet en slutsats över vilken åtgärd eller vilken kombination av åtgärder som är mest lämpliga att genomföra. Detta med hänsyn till hur stor energibesparing som är möjlig med åtgärden, hur stor risken är för framtida fuktproblem samt åtgärdens omfattning.

### 4.3 Simuleringar

#### 4.3.1 WUFI

För att genomföra simuleringar i WUFI skapas ett nytt projekt för konstruktionen som ska simuleras. I projektet skapas olika fall (case) beroende på hur många olika konstruktionslösningar som ska simuleras.



Figur 12: Uppbyggnad av väggkonstruktion i WUFI (WUFI, 2015).

Den konstruktion som ska simuleras i ett fall byggs upp i simuleringsprogrammet under fliken ”Assembly/Monitor Positions”. Konstruktionen byggs med utsidan på vänster sida och sedan valda lager och tjocklekar åt höger mot insidan av byggnaden som visas i Figur 12. I figuren ses även de sensorer som placeras i simuleringens rutnät under den grafiska uppställningen av konstruktionen. Vid dessa punkter mäts fuktkvot, relativ fuktighet och temperatur vid simuleringen som sedan redovisas i grafer.

Materialen hämtas ur materialdatabasen i programmet och lagren byggs med material som ska likna byggnadens ingående material enligt:

- Skrymdensitet [ $\text{kg/m}^3$ ]
- Porositet [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ]
- Specifik värmekapacitet [ $\text{J/kg K}$ ]
- Värmeledningsförmåga [ $\text{W/m K}$ ]
- Ångdiffusionsmotstånd [-]
- Fuktlagringskapacitet [ $\text{kg/m}^3$ ]
- Vätsketransportskoefficient för absorption [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
- Vätsketransportskoefficient för torkning [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
- Värmeledningsförmåga, fuktigt material [ $\text{W/mK}$ ]
- Ångdiffusionsmotstånd, fuktigt material [-]

Om det inte går att fastställa exakt vilka material som ingår, används vanligt förekommande byggmaterial som liknar ingående material i aktuell konstruktion.

I Figur 12 ses även de sensorer som placeras i simuleringens rutnät under den grafiska uppställningen av konstruktionen. Vid dessa punkter mäts fuktkvot, relativ fuktighet och temperatur vid simuleringen som sedan redovisas i grafer.

Vid simulering av nuvarande konstruktion placeras mätpunkterna i de yttre lagren på platser som kan jämföras med reella mätresultat. Sensorer placeras även i konstruktionens luftlager för teoretisk undersökning av temperatur och relativ fuktighet inuti konstruktionen.

Vid fördelning av sensorer efter åtgärd, beaktas risken för högre relativ luftfuktighet om temperaturen sänks. Följaktligen kontrolleras mätpunkter i åtgärden, där temperaturskillnader i de olika lagren riskerar öka den relativ fuktigheten, vilket kan orsaka problem i konstruktionen.

I ”Surface Transfer Coefficients” anges i vilken grad omgivningen påverkar byggnadsdelen som undersöks och WUFI behandlar här:

- Värmeövergångsmotstånd insida och utsida vägg [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
- Sd- värde [m]  
Anger materialets förmåga att hindra fuktinträngning.
- Absorptionstal för kort- och vågsstrålning
- Absorptionstal för långvågsstrålning
- Regnabsorptionstal

Vid simulering av väggkonstruktion ändras endast värmeövergångsmotstånden för in och utsida vägg till 0,13 samt 0,04 enligt tabell 2. Övriga värden lämnas orörda.

Vid taksimulering ändras värmeövergångsmotstånden till 0,10 för insida och 0,04 för utsida enligt tabell 2. Ett sd- värde sätts på yttertak utifrån vilket material yttskiktet består av. Absorptionstal för strålning läggs till och regnabsorptionstalet sätts till noll.

Under "Initial Conditions" anges utgångsvärden för fukt och temperatur i ingående delar. Här sätts materialens fuktkvot, enligt tabell Moisture Storage Funktion i WUFI, vid den relativa luftfuktighet som uppmäts under inventeringen.

Tiden för simuleringen sker mellan 2012-03-01 och 2015-03-01

Under fliken "Numerics" kan val göras på vilka beräkningar som skall utföras. I aktuellt projekt utförs simulering på både värme och fukt.

Då ingen klimatfil för Surabaya hittas används en fil för Singapore som ligger nära samma breddgrad och har samma klimattyp. För inomhusklimatet används standarden ASHRAE160 med AC- anläggning med en kylningsstarttemperatur på 24 °C.

Samtliga ingångsvärden kan utläsas i bilagor för respektive simulering.

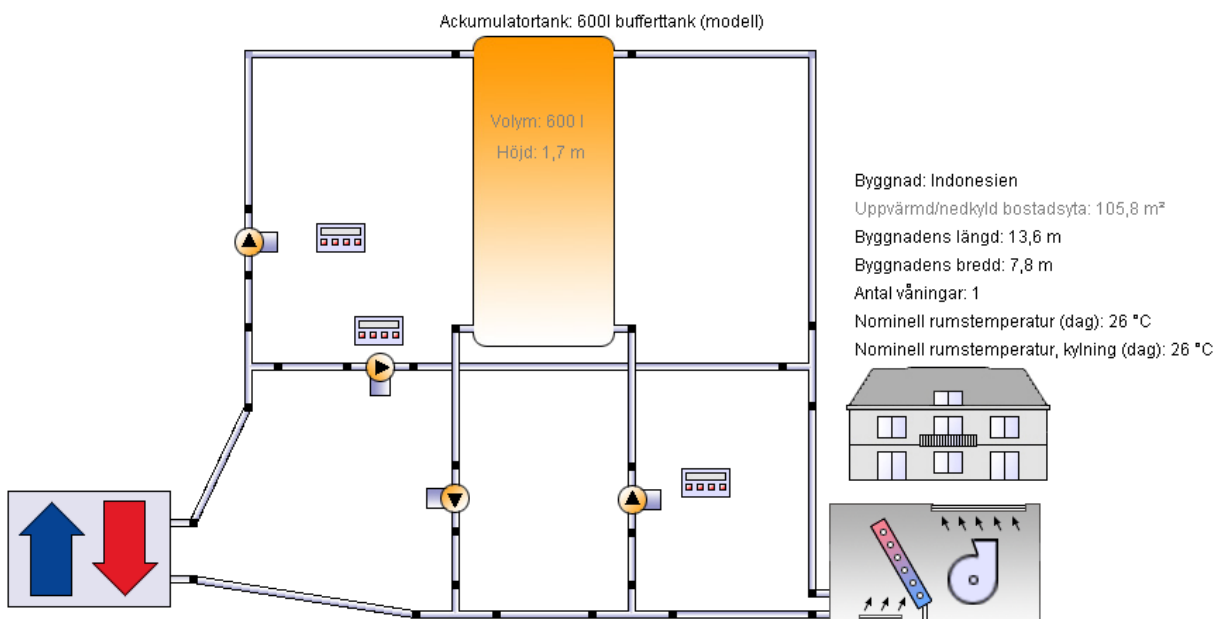
När rimliga inställningar hittats och liknar de uppmätta värden vid inventering, används denna grundkonstruktion för vidare simulering med ändringar i de konstruktionsdelar som ska simuleras.

### 4.3.2 Polysun

För att genomföra simuleringar i programmet Polysun används ett eget framtaget installationssystem, se

Figur 13. Systemet består av en energikälla/energisänka som är sammankopplat med en ackumulatortank och fläkt. Indata för installationssystemet presenteras i bilaga 6.

Syftet med detta system är att få ett sannolikt energibehov för den nuvarande byggnaden och sedan via ändringar på byggnaden kunna jämföra och räkna ut en procentuell skillnad i energibehovet. Systemet är med andra ord inte verkligt överensstämmande med det befintliga systemet i byggnaden. Installationssystemet kommer vara oförändrat under alla simuleringar och enbart fungera som ett referenssystem. Likaså är energibehovet i antal kilowattimmar enbart ett utgångsvärde för att sedan kunna jämföra och beräkna en procentuell skillnad för de presenterade åtgärderna och inte ett verkligt värde för byggnaden.



Figur 13 Installationssystem för simulering i Polysun.

Innan simuleringarna startar görs vissa inställningar på byggnaden som t.ex. area och u-värde. Under de olika simuleringarna ändras därefter enbart vissa parametrar. En av parametrarna som ändras är byggnadens u-värde då det för varje åtgärdsförslag beräknas ett nytt medelvärde för hela bygganden.

Åtgärder som påverkar byggnadens täthet, medför även att värdet för luftomsättningen ändras vid simuleringen, se även kapitel 4.2.2 *Läckage och värmebryggor*. Övriga parametrar förblir oförändrade under simuleringarna. Indata för varje simulering presenteras visare i bilaga 6-10.

#### 4.4 Hjälpmedel

Följande hjälpmedel används i projektarbetet:

- Värmekamera
  - Märke: FLIR
  - Modell: FLIR-E63900, T198547
- Hygrometer/termometer
- Fuktmätare för trä, betong
  - Märke: Exotek
- Lasermätare
  - Leica DISTO™ D2
- Tumstock

## 5 Inventering av byggnad och omgivning

Byggnaden som undersöks i detta projektarbete tillhör University of Surabaya och är belägen på campusområdet UBAYA. I Figur 14 och Figur 15 visas bilder på byggnadens framsida samt i söderläge. Endast en del av byggnaden är tillgänglig för undersökning då det pågår annan verksamhet i den övriga byggnaden, se Figur 18. Tillgängligheten till dessa lokaler är därför väldigt begränsad och har därför uteslutits ur studien.



**Figur 14** Byggnaden i söderläge (Gustafsson, 2015).



**Figur 15** Byggnadens framsida i västlig riktning (Gustafsson, 2015).

Den del av byggnaden som undersöks används i dagsläget som kontor samt till viss utbildningsverksamhet, se Figur 16 och Figur 17. Det jobbar normalt fem personer i byggnaden när det inte bedrivs utbildning i lokalen.

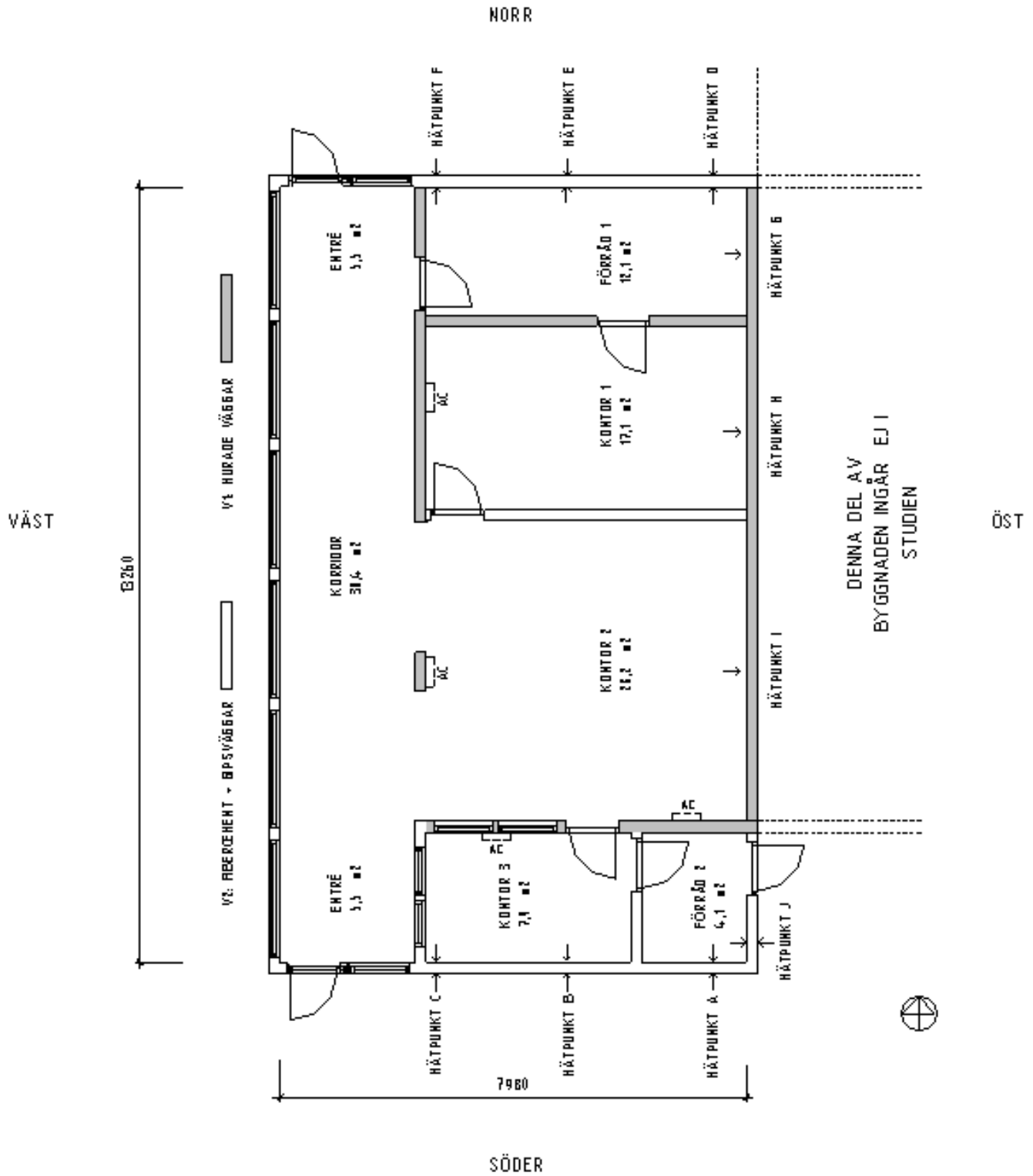
Byggnaden ålder är tyvärr okänt men en del av dessa lokaler är från år 1995 när en utbyggnad skedde. Byggnaden består av ett våningsplan och har en bruksarea på 106m<sup>2</sup> som är uppdelade i en huvuddel, två mindre rum samt ett förråd enligt Figur 18.



**Figur 16** Arbetsrum i byggnaden (Granberg, 2015).



**Figur 17** Korridor i med glaspartier (Gustafsson, 2015).



Figur 18 Ritning över byggnaden (Gustafsson, 2015).

## 5.1 Omgivning

Hela universitet präglas av mycket grönska och vegetation. Omgivningen kring byggnaden är mycket lummig och grön. Stora träd och växter finns runt hela byggnaden och skuggar byggnaden under i stort sett hela dagen, se Figur 19 och Figur 20.



Figur 19 Omgivning kring byggnaden (Gustafsson, 2015).



Figur 20 Omgivning kring byggnaden (Gustafsson, 2015).

Byggnadens läge i förhållande till de olika väderstrecken visas nedan i Figur 18. I västlig riktning återfinns ett stort glasparti i byggnaden. Framför byggnaden och glaspartiet finns en populär gångväg med skärmtak för studenterna på campus.

Skärmtaket och vegetationen runtomkring förhindrar en stor del av solinstrålningen mot fönsterpartiet. Den östra delen av byggnaden angränsar till de lokaler som inte är tillgängliga i detta projektarbete.

### Temperatur och relativ fuktighet

Det tropiska klimatet i Indonesien medför höga temperaturer och en hög relativ fuktighet både inomhus och utomhus. Nedan i Tabell 4 Uppmätta medelvärden i temperatur och relativ fuktighet visas uppmätta värden för medeltemperaturen och den relativa fuktigheten utomhus, inomhus samt för vindsutrymmet i byggnaden, se även bilaga 1.

**Tabell 4 Uppmätta medelvärden i temperatur och relativ fuktighet.**

	Inomhus	Utomhus	Vind
Medeltemperatur	26°C	29°C	31° C
Genomsnittlig relativ fuktighet	64 %	84 %	73 %

## 5.2 Beskrivning av byggnaden

Det finns två olika typer av väggar i byggnaden, v1 och v2 enligt Figur 18. Ytterväggarna (v2) i sydlig och nordlig riktning består av fibercement- och gipsskivor. Den västliga fasaden består av ett glasparti med dörrar på kortändorna som visas i Figur 14. Glaset är ett enkelglas i en aluminiumram. Dörrarna på kortsidorna saknar tätning men är självstängande.

Innerväggarna består till största del av murade väggar (v1) med ett par undantag där väggarna är uppbyggda på samma sätt som ytterväggarna enligt Figur 18. De murade väggarna är uppförda av tegel med puts och färg som ytskikt.

Takkonstruktionen är konstruerad i två olika delar. En fackverkskonstruktion som är upplagd på de murade invändiga väggarna. Samt en yttre där taket bärs upp av en takstol som fästs i den murade väggen och vilar på en pelare i ytterkant enligt Figur 21 och Figur 22.



**Figur 21 Takstol för tak runt byggnaden (Granberg, 2015).**



Figur 22 Fackverkskonstruktion i vindsutrymme (Granberg, 2015).

Ytskiktet på taket består av fibercementplattor som skruvats fast i den underliggande takkonstruktionen. Vindsbjälklaget är helt oisolerat och är uppbyggt av träreglar liggande i ett rutmönster. In mot rummet i byggnaden sitter en målad kryssfänerskiva som bildar det invändiga ytskiktet.

### 5.2.1 Nuvarande installationer

I lokalerna används i dagsläget fyra stycken klimatanläggningar som placerats enligt Figur 18. Under dagtid går klimatanläggningen i det rum som någon vistas i men slås oftast av om rummet blir tomt. Klimatanläggningarna är alltid avslagna kvällstid och på helger.

## 5.3 Byggnadsdelar

### 5.3.1 Murade väggar (V1)

De murade väggarna i byggnaden har en total tjocklek på 170 mm och består av 120x200 mm tegelstenar med 25 mm målad puts på vardera sida enligt Figur 23.

I Tabell 5 redovisas de uppmätta medelvärdena för innerväggen, väggtyp V1 gällande yttemperatur samt fuktkvot, se även bilaga 1.

### 5.3.2 Fibercement- och gipsväggar (V2)

Ytterväggarna i byggnaden har en total tjocklek på 93 mm. De består av en 8 mm fibercementskiva på utsidan och en 10 mm gipsskiva på insidan enligt Figur 23. Mellan skivorna finns en 75 mm luftspalt med plåtreglar som har ett centrumavstånd på 1000 mm.

De uppmätta medelvärdena gällande yttemperatur samt fuktkvot för väggtyp V2 visas i Tabell 5, se även bilaga 1.

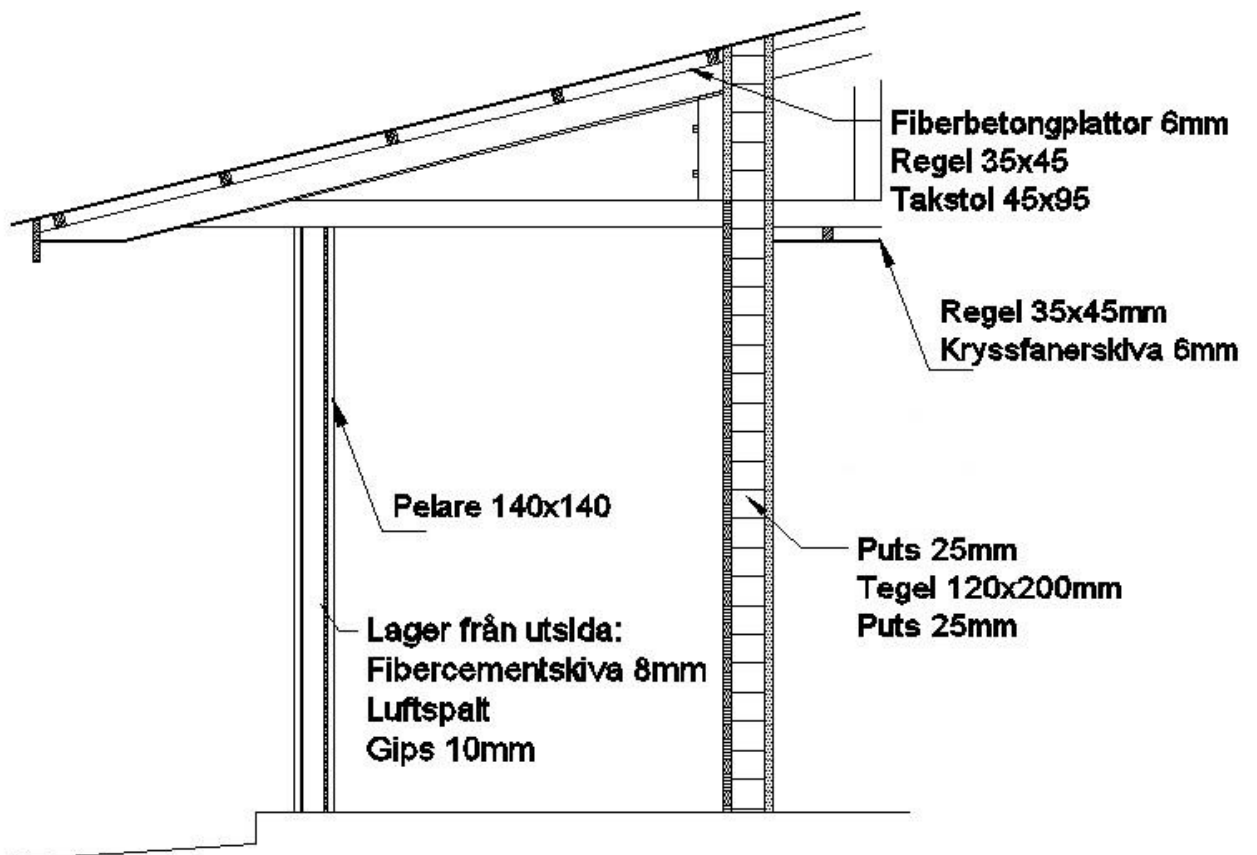
### 5.3.3 Tak

Taket är uppbyggt av profilerade 6 mm fiberbetongplattor som är skruvade i 35x45mm läkt och bärs upp av ett takstolssystem enligt Figur 23. Takbjälklaget består av 35x45mm reglar som ligger i ett rutsystem med målad 6 mm kryssfänerskiva som innertak.

Nedan i Tabell 5 visas de uppmätta medelvärdena gällande temperatur och fuktkvot för innertaket i byggnaden, se även bilaga 1.

Tabell 5 Uppmätta medelvärden för ingående delar i byggnaden.

	Inomhus	Utomhus	Vind
<b>Väggtyp V1</b>			
Yttemperatur	29,2 °C	-	-
Fuktkvot	12,8 %	-	-
<b>Väggtyp V2</b>			
Yttemperatur	30,1 °C	30,8 °C	-
Fuktkvot	15,1 %	16,2 %	-
<b>Innertak</b>			
Yttemperatur	31,3 °C	-	33,1 °C
Fuktkvot	12,7 %	-	14,3 %



Figur 23 Detalj på tak samt vägg (Granberg, 2015).

### 5.3.4 Glaspartier

Glaspartierna i byggnaden består av ett enkelglas på 12 mm. Glaspartierna är stora då de sträcker sig från golv till tak. Glasen sitter i en 45x45 mm aluminiumram och skarvarna mellan glasen är tätade med silikon. Persiennor är monterade i de flesta glaspartier.

## 5.4 Fuktskador

Byggnaden har i dagsläget en del synliga fuktskador både invändigt och utvändigt. Det tropiska klimatet i Indonesien innebär en del regnperioder där stora mängder nederbörd kan komma på kort tid. Detta i samband med att det saknas avvattningssystem på byggnaden gör att mycket vatten stänker upp och kan bli liggandes mot fasaden och skapa fuktproblem. Många av fuktskadorna inne i byggnaden beror troligen på takläckage då en del mindre sprickor finns i takpannorna. Då taket enbart består av fiberbetongplattor med ett undertak av kryssfänerskiva, förorsakar minsta brist eller läcka i ytskiktet fuktskador. Någon form av fukt- eller kondensspärr i konstruktionen skulle bidra till en tätare konstruktion.

### 5.4.1 Utvändiga fuktskador

I nederkant på fasaden syns en del fuktskador i form av mikrobiell påväxt, se Figur 25. På vissa ställen har även putsen släppts och blivit nedsmutsad. Dessa skador beror troligen till stor del på vatten som stänker upp och blir liggandes mot fasaden. En annan del av byggnaden som är väldigt utsatt för fukt är takfoten. Runt hela byggnaden syns fuktskador vilket troligen beror på avsaknaden av avvattningssystem samt takläckage, se Figur 24.



Figur 24 Fuktskador på takfot samt puts som släppts från fasad (Granberg, 2015).



**Figur 25** Mikrobiell påväxt på fasad (Granberg, 2015).

#### **5.4.2 Invändiga fuktskador**

Inne i byggnaden syns en del fuktskador, främst i innertaket i form av fuktrosor och färgsläpp som troligen beror på takläckage. Det finns även en del fuktskador i nederkant av väggarna mot plattan. Troligen har detta bildats genom kapillärsugning då vatten stänkt upp på utsidan av väggen, se Figur 26.



**Figur 26** Synliga invändiga fuktskador i byggnaden (Gustafsson, 2015).

## 5.5 Otätheter och läckage

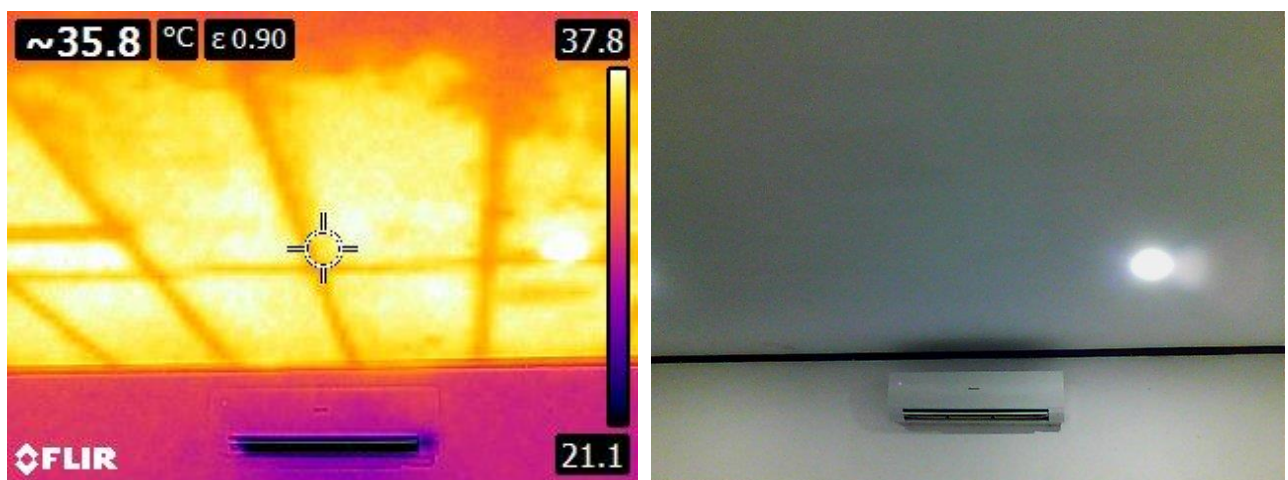
I byggnadens klimatskal finns i dagsläget en del synliga otätheter och läckage. Läckagen i byggnaden är utmarkerade i Figur 29. Totalt sett uppkommer läckagen till 0,0023 m<sup>2</sup>, se bilaga 1.

De flesta läckagen återfinns runt de stora glaspartierna i den västra delen av byggnaden. Framförallt finns stora otätheter och glipor i anslutningen mellan glaspartierna och taket, då det på vissa ställen finns glipor på 2-3 cm. Likaså finns glipor på ca 1 cm runt dörrarna då det saknas tätningsslister, se Figur 27. På några ställen (Läckagepunkt A och B) finns även en del otätheter på grund av genomföringar i klimatskalet.



**Figur 27** Otäthet mellan glasparti och tak samt springa mellan dörr och glasparti, läckagepunkt C (Gustafsson, 2015).

Med hjälp av värmekameran kan, förutom de synliga otätheterna, även andra ställen lokaliseras där byggnaden tillförs mycket värme från utomhusluften. I Figur 28 nedan syns tydligt att innertaket i byggnaden är väldigt varmt, vilket innebär att mycket värme tillförs genom det oisolerade taket.

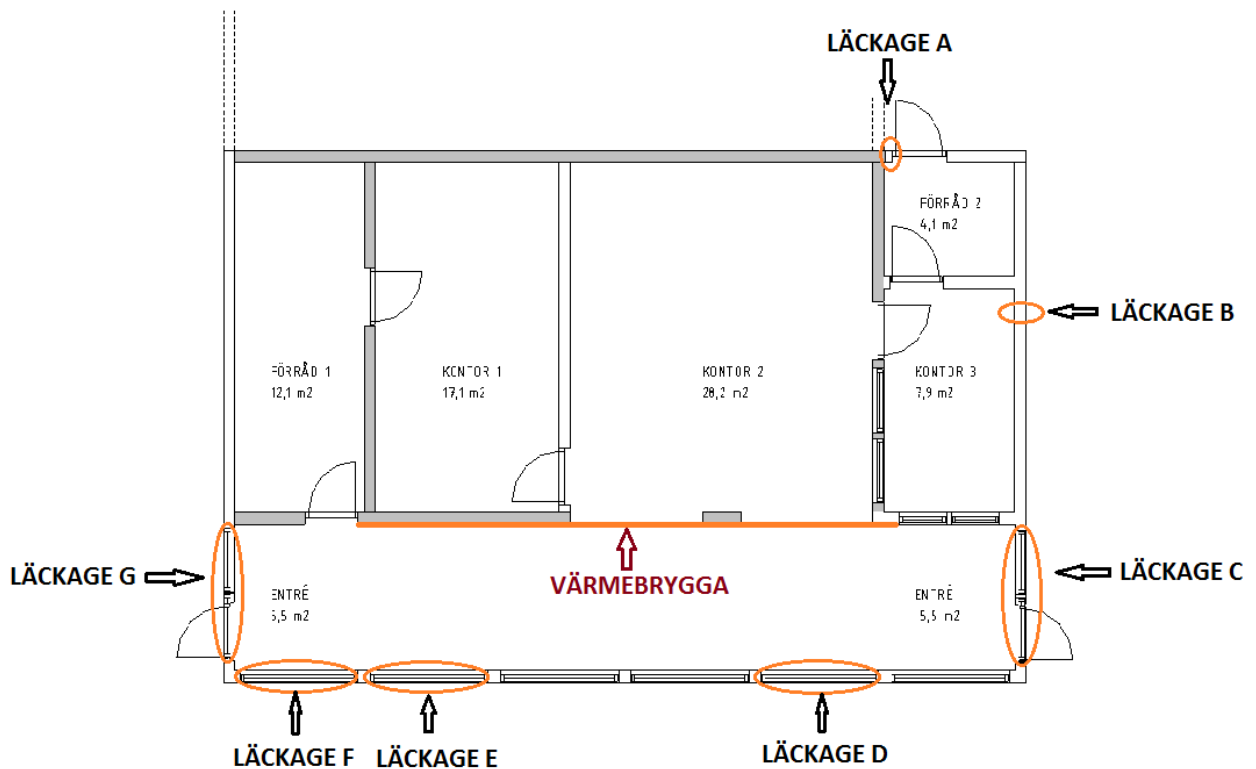


**Figur 28** Bild tagen på innertaket med hjälp av värmekamera (Granberg, 2015).

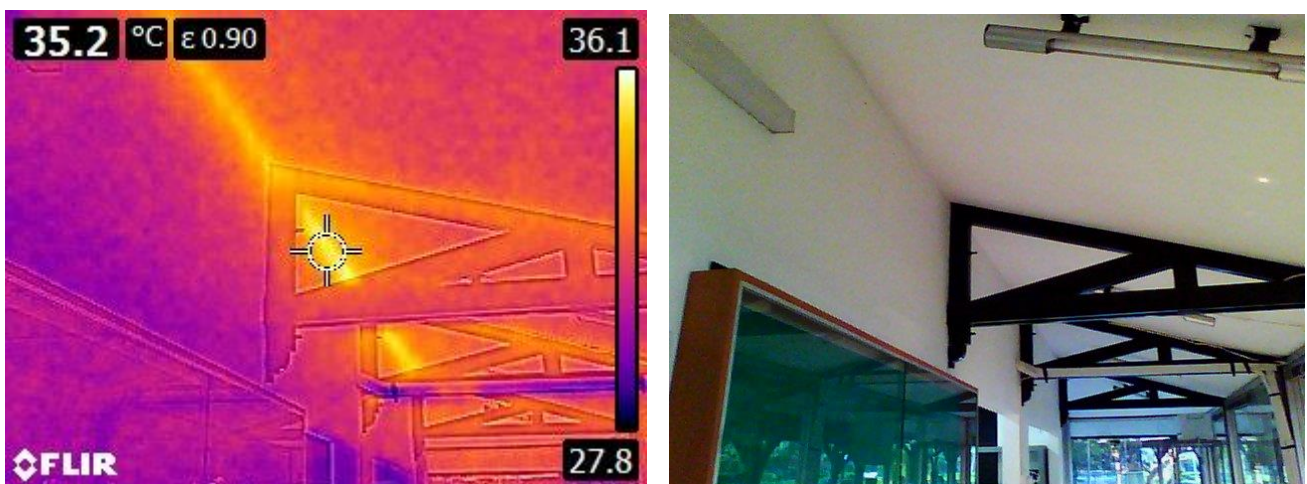
### 5.5.1 Värmebryggor

Med hjälp av värmekameran syns värmebryggor i byggnaden, det vill säga punkter där värmeförlusten till byggnaden är större än normalt. På värmekameran syns värmebryggorna som gula områden i kameran, vilket innebär en hög temperatur.

I byggnaden finns i dagsläget en tydlig värmebrygga i anslutningen mellan den murade väggen och taket enligt Figur 29 och **Figur 30**. Värmebryggan sträcker sig längs med taket och har en total area på  $1,6 \text{ m}^2$ , se även bilaga 1. Denna värmebrygga beror troligen på att solen värmer taket som ligger an mot en murad vägg med hög värmekapacitet.



Figur 29 Värmebrygga samt läckagepunkter i byggnaden (Gustafsson, 2015).



Figur 30 Värmebrygga i anslutningen mellan murad vägg och tak (Gustafsson, 2015).

## 6 Åtgärdsalternativ

För att byggnaden skall bli mer energieffektiv och samtidigt undvika fuktproblem i framtiden presenteras här olika åtgärdsförslag för byggnaden. Åtgärdsförslagen tar sin utgångspunkt i den befintliga konstruktionen och fokuserar på förbättringsåtgärder på klimatskalet.

Åtgärdsförslagen utvärderas ur fukt- och energisynpunkt med hjälp av programmen WUFI och Polysun. Resultaten för simuleringarna presenteras i kapitel 7.

### 6.1 Åtgärdsförslag 1 - Tak

Åtgärdsförslag 1 innebär en förbättring av det befintliga taket i byggnaden. I Figur 28 syns tydligt att det oisolerade innertaket får en hög temperatur då luften i vindsutrymmet värms upp av solstrålningen på yttertaket. På grund av den obefintliga isoleringen i vindsbjälklaget, bidrar den höga lufttemperaturen i vindutrymmet till en högre inomhustemperatur i byggnaden, vilket gör att klimatanläggningarna används i större utsträckning.

Åtgärdsförslaget innebär att ytskiktet förstärks och att innertaket isoleras med cellulosa samt att en ångspärr används för att undvika kondens. Valet av isolering grundar sig främst i cellulosaens fuktbuffrande förmåga, vilket är fördelaktigt i ett tropiskt klimat. Denna typ av isolering finns även tillgå i Indonesien. Cellulosa har också en låg värmegenomgångsförmåga och är ett naturligt material utan gifter eller tillsatser, se bilaga 12.

Innertakets uppbyggnad blir då enligt följande (utifrån och in):

- 0,2 mm ångspärr
- 200 mm Cellulosaisolering
- 6 mm Kryssfannerskiva

### 6.2 Åtgärdsförslag 2 - Ytterväggar

Det andra åtgärdsförslaget inriktar sig mot ytterväggarna i byggnaden. De består idag av fibercement- och gipsskivor med en luftspalt emellan. Ur ett energimässigt perspektiv är dessa väggar inte särskilt effektiva då de har ett högt u-värde. Detta åtgärdsförslag syftar därför till att sänka u-värdet och därmed energiförlusterna genom väggen.

För att sänka u-värdet på ytterväggarna föreslås en cellulosaisolering i väggen. Valet av isolering grundar sig på samma anledningar som tidigare se kapitel 6,1. Dock anses väggen och isolermaterialet klara den fukt som kommer att hanteras i konstruktionsdelen varav ångspärr utelämnas. Väggens uppbyggnad kommer då bestå av följande (utifrån och in):

- 8 mm Fibercementskiva
- 75 mm Cellulosaisolering
- 10 mm Gipsskiva

### 6.3 Åtgärdsförslag 3 - Glaspartier

Åtgärdsförslag 3 fokuserar på glaspartierna i byggnaden. Då hela den västliga fasaden av byggnaden består av glas samt delar av den södra och norra fasaden, kan det ha en stor betydelse för energiförbrukningen. Det nuvarande glaset är ett enkelglas på 12 mm vilket ger ett högt u-värde.

Förslaget innebär att ersätta de befintliga englaskassetterna med tvåglaskassetter. De nya kassetterna består av 2 x 4 mm glas. Indata för tvåglaskassetterna presenteras i bilaga 13. Då glaspartierna är helt avskuggade från solinstrålning anses det inte aktuellt att lägga på ett högre reflekterande skikt på glaset.

#### **6.4 Åtgärdsförslag 4 - Otätheter**

Det sista åtgärdsförslaget inriktar sig mot byggnadens otätheter och glipor. I dagsläget finns en del stora glipor och otätheter, främst kring glaspartierna, se kapitel 5,5. Denna åtgärd anses vara intressant att genomföra då tätning av glipor och otätheter i ett svenskt klimatskal betraktas som en billig men mycket effektiv åtgärd på energiförbrukningen. (Karnehed, 2010)

Med de nuvarande otätheterna används referensvärdet  $3 \text{ l/s,m}^2$  för byggnaden vilket motsvarar  $4,3 \text{ l/h}$  i luftomsättning, se även kapitel 4.2.2 *Läckage och värmebryggor*. Efter tätning av glipor och otätheter uppskattas värdet sjunka till  $0,8 \text{ l/s,m}^2$  (tidigare krav enligt BBR , Boverkets byggregler), vilket motsvarar  $1,15 \text{ l/h}$  i luftomsättning. (Paroc, 2015)

## 7 Resultat

### 7.1 Byggnadens nuläge

#### 7.1.1 U-värde

De olika bygghedarnas u-värden samt medel u-värde för byggnaden är beräknat till följande:

Tabell 6 U-värden för olika bygghedsdelar.

Bygghedsdel	U-värde
Yttervägg (Fibercementskiva-luftspalt-gipsskiva)	2,13 W/m <sup>2</sup> K
Glasvägg	5,49 W/m <sup>2</sup> K
Tak (Kryssfanerskiva med 18 % regler)	4,34 W/m <sup>2</sup> K
Grund	2 W/m <sup>2</sup> K (Uppskattat värde)
Murad vägg (Puts-tegel-puts)	2,31 W/m <sup>2</sup> K
<b>Medel u-värde för byggheden</b>	<b>3,33 W/m<sup>2</sup>K</b>

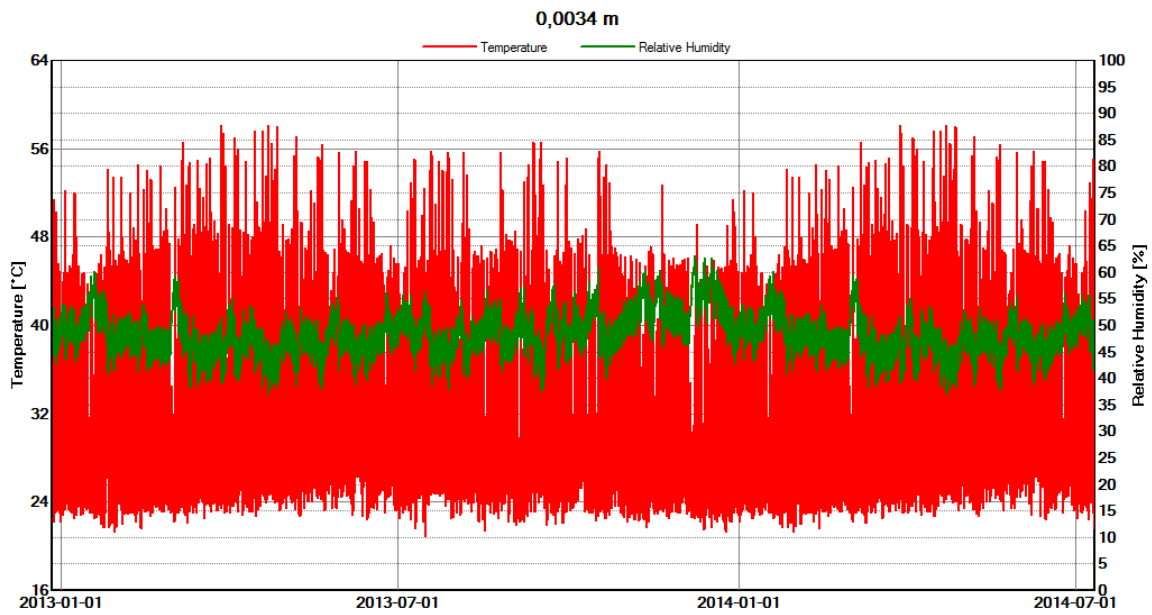
Uträkningar och mätningar kan ses i bilaga 1.

#### 7.1.2 Fukt

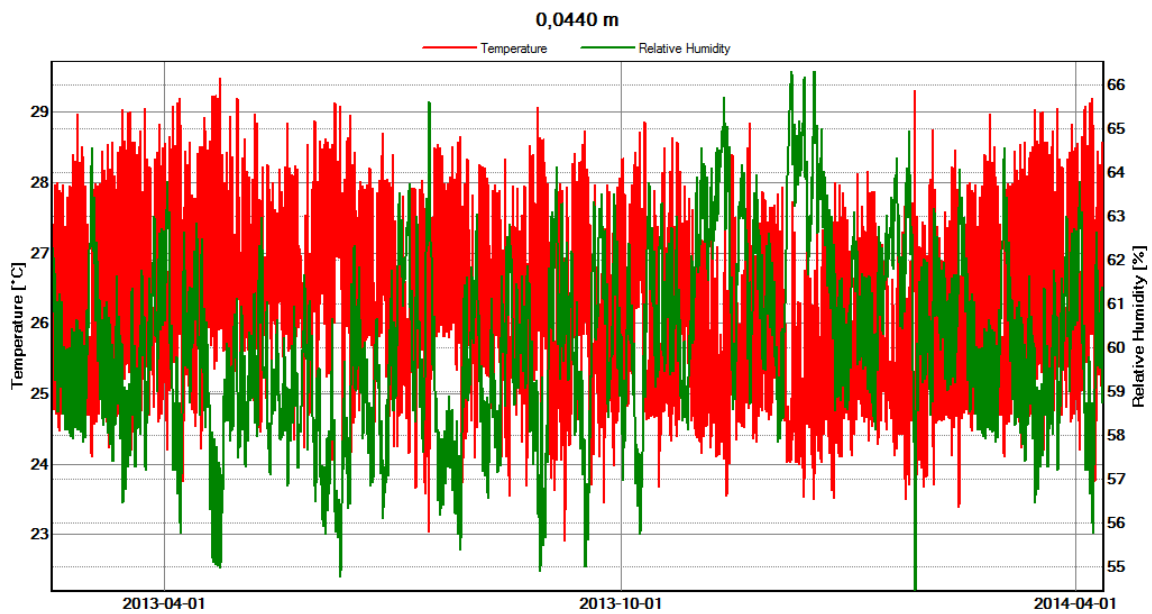
Den ursprungliga väggkonstruktionen simulerad från perioden 2012-03-01 till 2015-03-01. Mätningarna mäts från utsida fasad och in mot insida vägg. Inställningar och ingående delar i konstruktionen samt fullständiga simuleringar visas i bilaga 2.

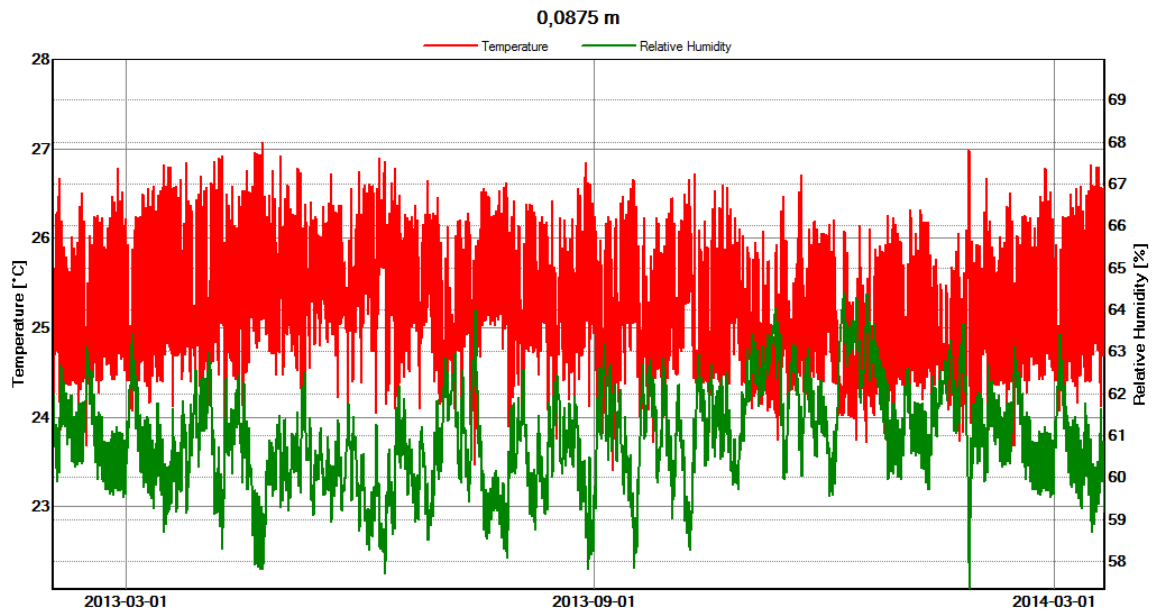
I diagram 3,4 och 5 visas temperatur och relativ fuktighet i fibercementskiva, luftlager samt gipsskiva.

**Diagram 3: Simulering av temperatur och relativ fuktighet, 4,5 mm in i fibercementskiva på väggen.**

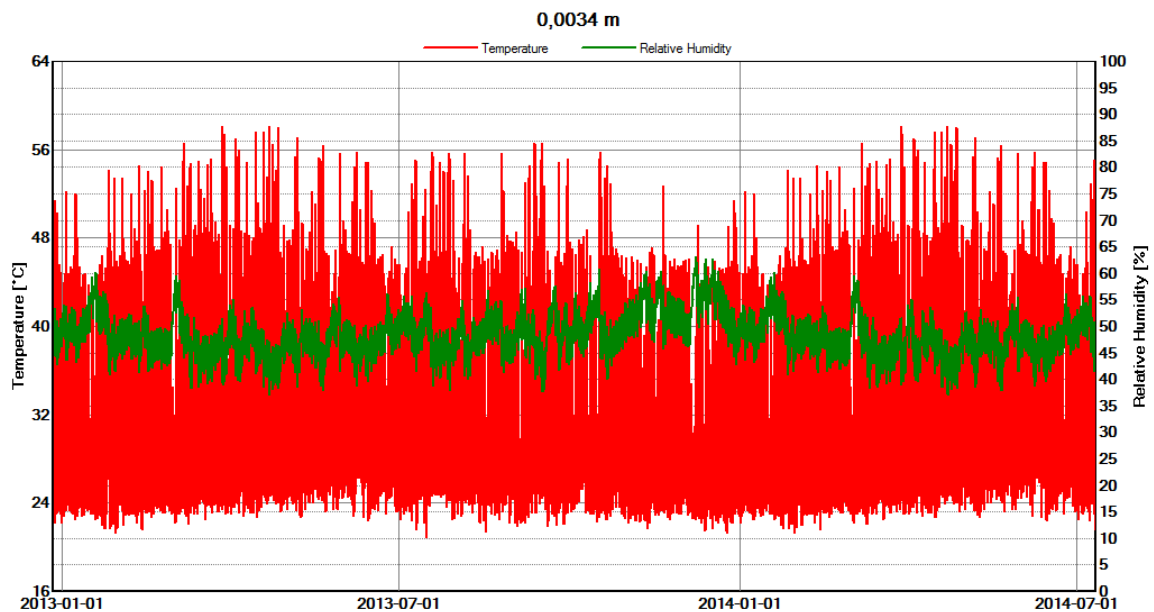


**Diagram 4: Relativ fuktighet och temperatur i luftspalt, 44mm in i väggen.**

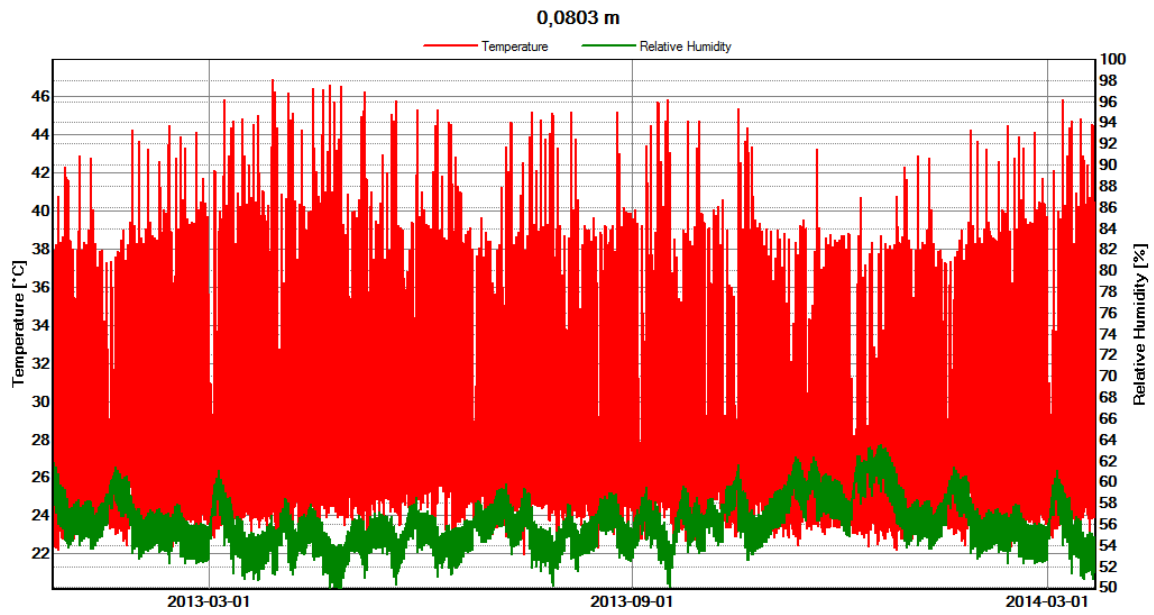


**Diagram 5: Temperatur och relativ fukt i gipsskiva på insida vägg.**

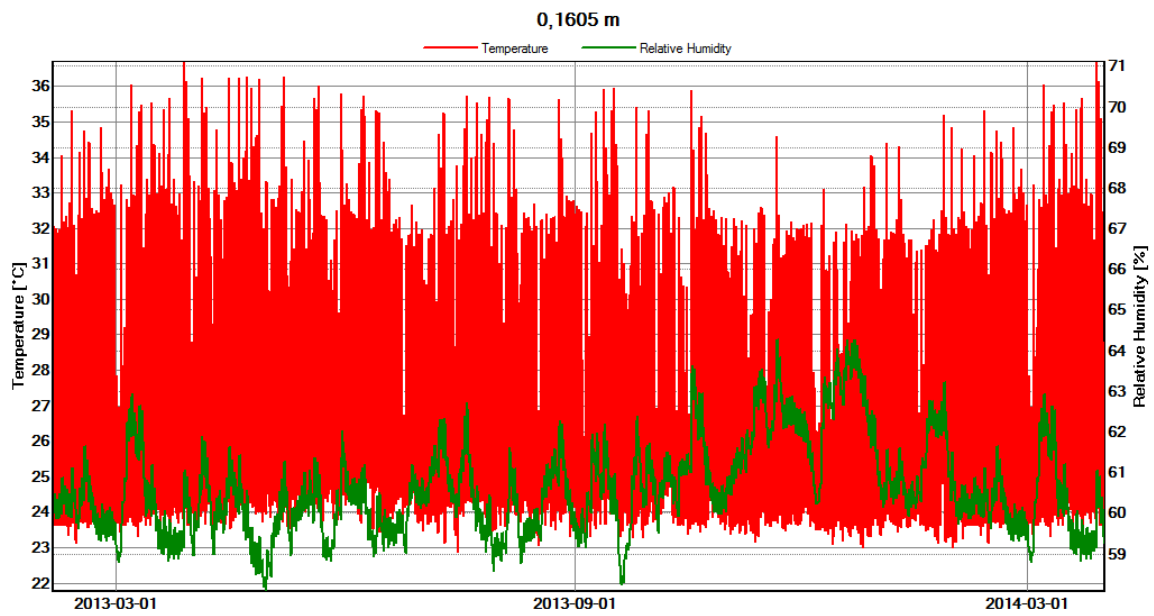
I diagram 6,7 och 8 visas takkonstruktionen under samma tidsperiod som väggen med mätpunkter från utsida tak och in i konstruktionen. Inställningar och ingående delar i konstruktionen visas i bilaga 2.

**Diagram 6: Temperatur och relativ fukt i fiberbetongpannor, 3,4mm in i takkonstruktion.**

**Diagram 7: Temperatur och relativ fukt i luftlager, 80,3 mm in i takkonstruktion.**

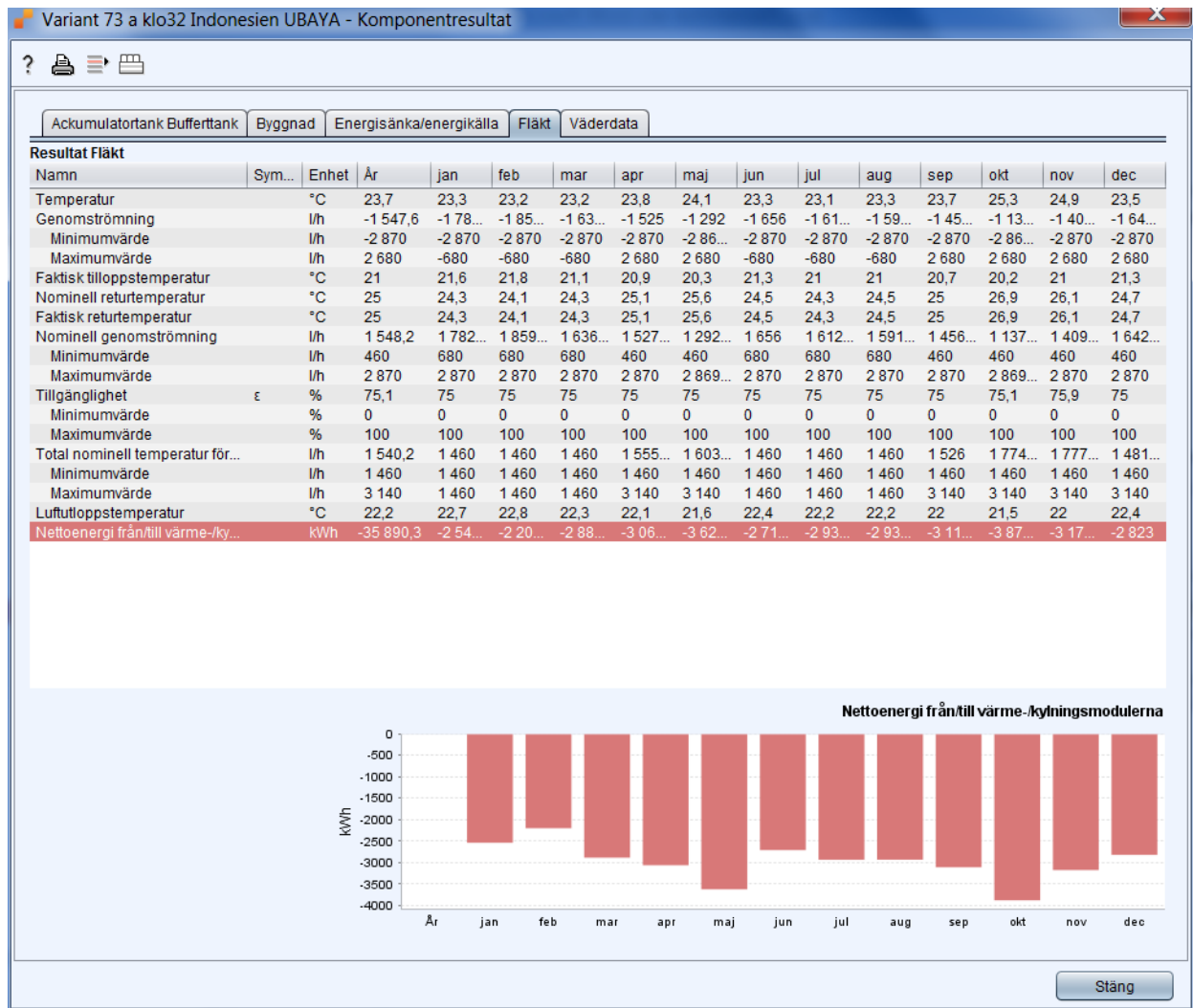


**Diagram 8: Temperatur och relativ fukt i innertak, 160,5mm in i takkonstruktion.**



### 7.1.3 Energibehov

Genom simulering i programmet Polysun är det nuvarande energibehovet för byggnaden 35 890,3 kWh per år, se Figur 31. Indata för simuleringen presenteras i bilaga 6.



Figur 31 Simuleringsresultat för det nuvarande energibehovet.

## 7.2 Åtgärdsförslag 1- Tak

### 7.2.1 U-värde

Byggnadens och de ingående byggnadsdelarnas u-värden för åtgärdsförslag 1 är enligt följande:

Tabell 7: U-värden för byggnaden med isolering i tak.

Byggnadsdel	U-värde
Yttervägg (Fibercementskiva-luftspalt-gipsskiva)	2,13 W/m <sup>2</sup> K
Glasvägg	5,49 W/m <sup>2</sup> K
Tak (Kryssfanerskiva- cellulosaisolering- och 18 % reglar)	0,27 W/m <sup>2</sup> K
Grund	2 W/m <sup>2</sup> K (Uppskattat värde)
Murad vägg (Puts-tegel-puts)	2,31 W/m <sup>2</sup> K

**Medel u-värde för byggnaden**

**1,99 W/m<sup>2</sup>K**

Uträkningar och mätningar kan ses i bilaga 1.

### 7.2.2 Fukt

Fullständiga simuleringar hittas i bilaga 3. I diagram 9,10 och 11 visas simuleringar för punkter i tillagt isolerlager samt kryssfanerskiva. Mått redovisas från utsidan av byggnaden och in i konstruktionen.

Diagram 9: Simulering 5,2 mm in i konstruktionen i cellulosaisoleringen.

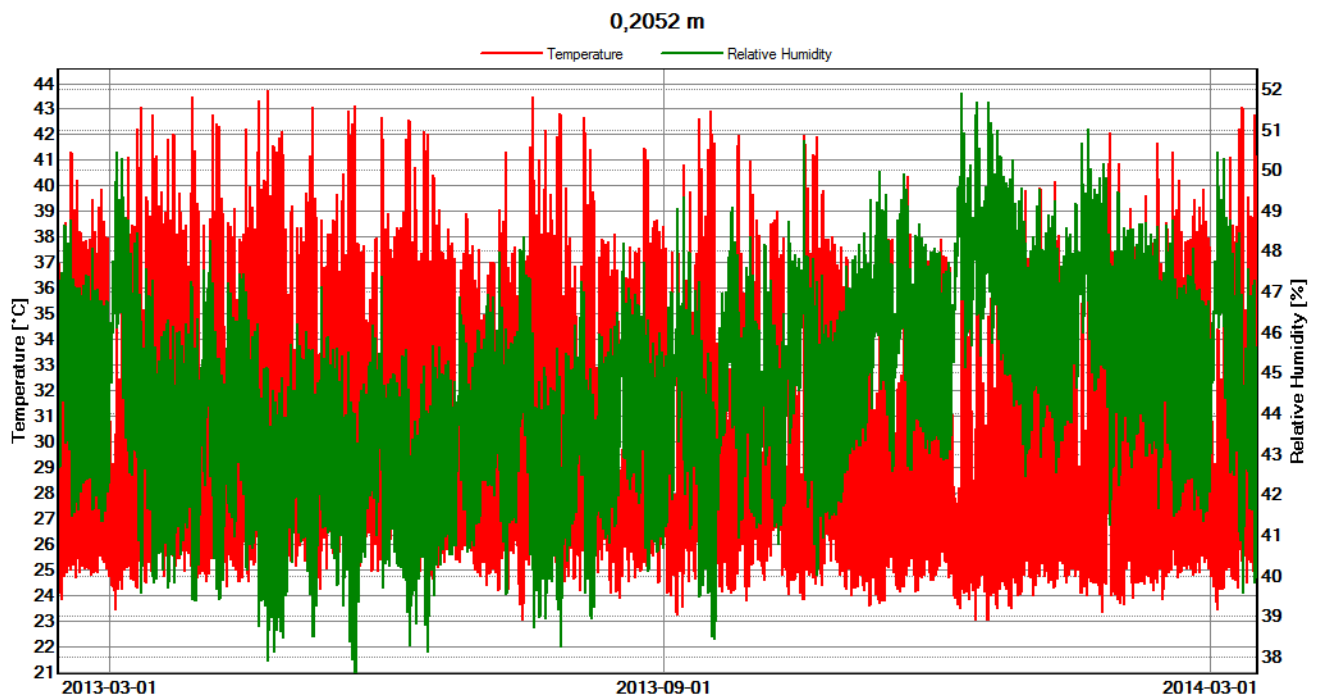


Diagram 10: Simulering 199mm in i konstruktionen i cellulosaisoleringen.

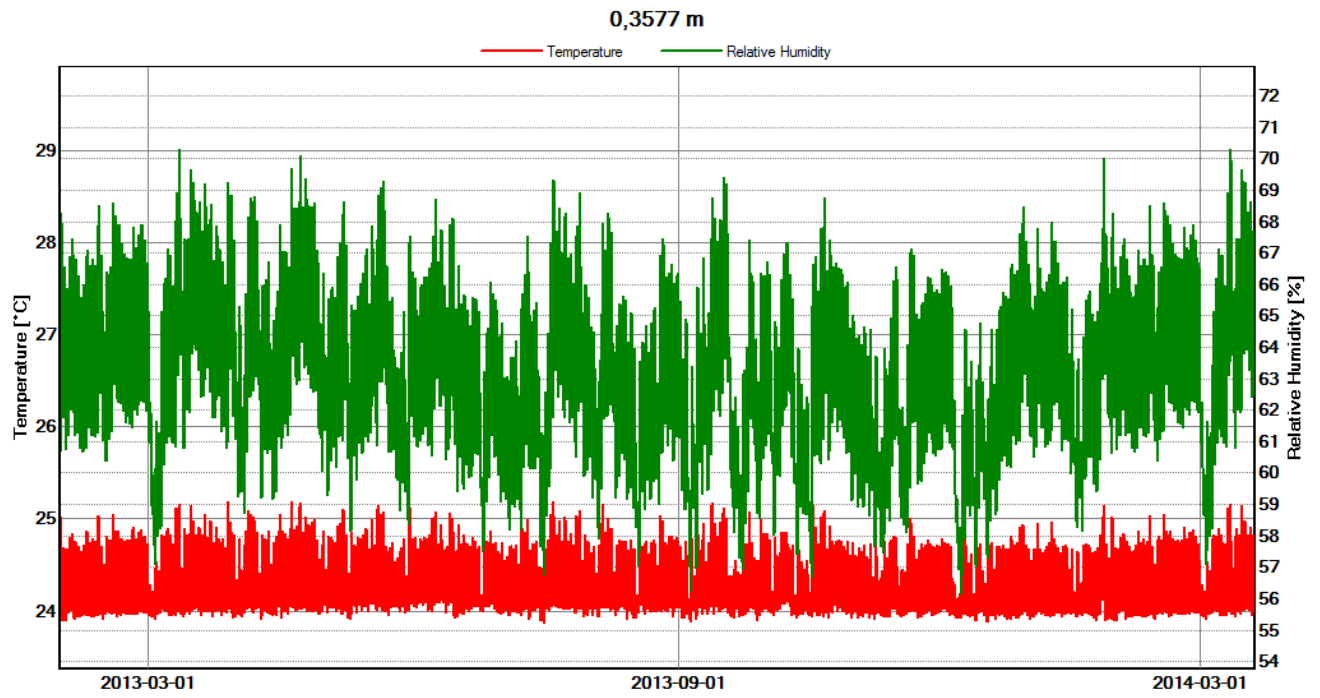
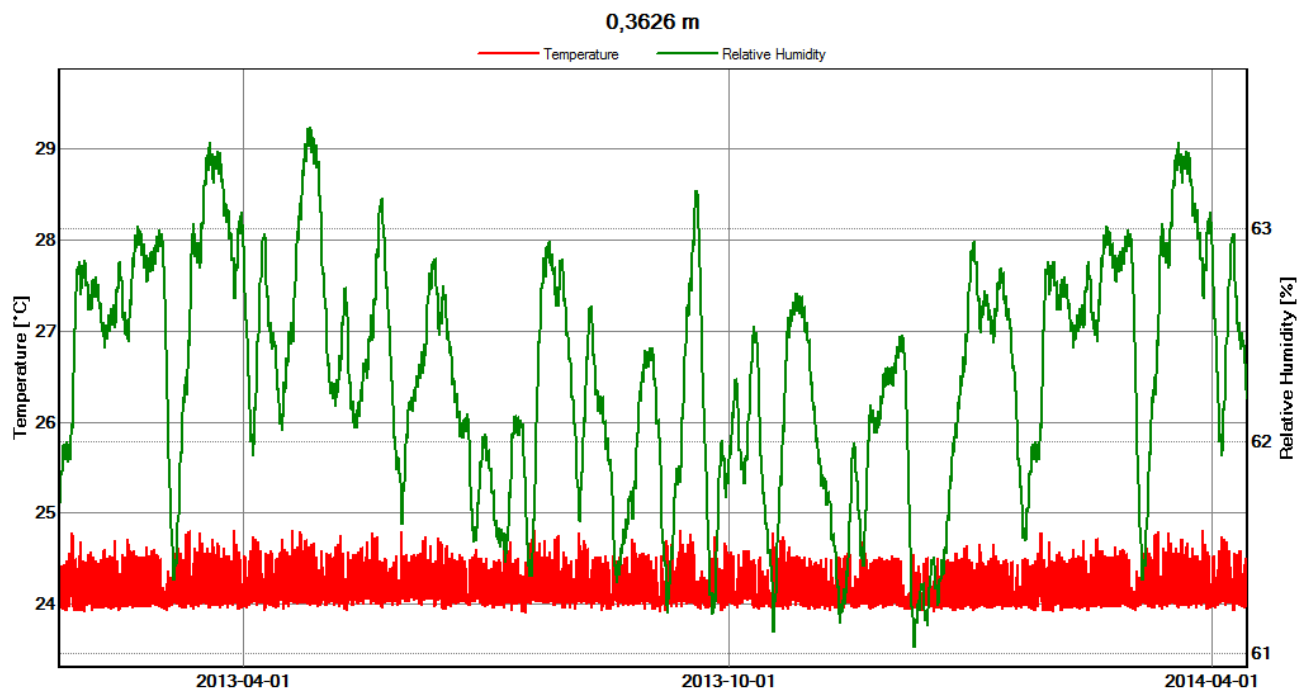
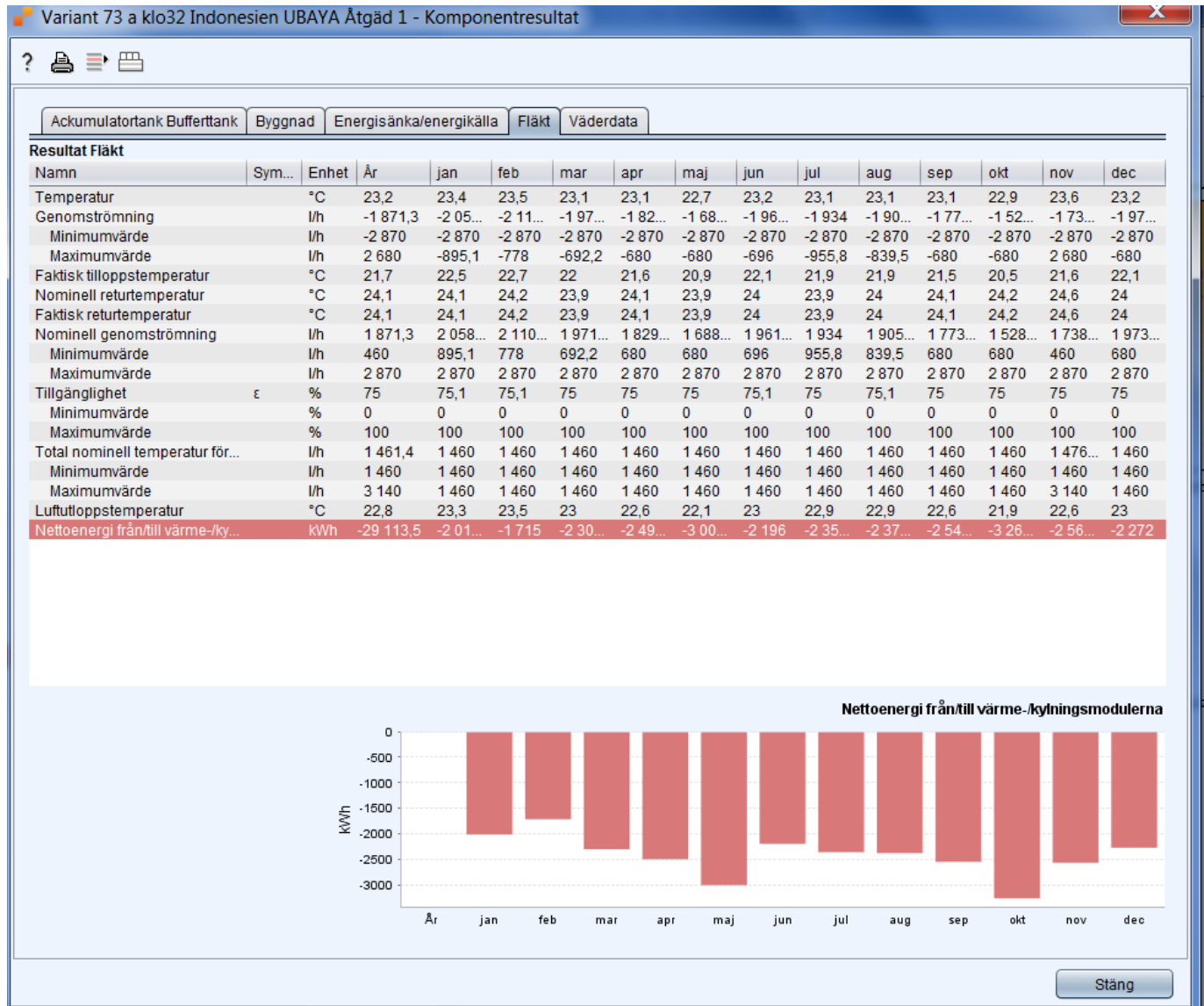


Diagram 11: Simulering i mitt av kryssfanerskiva, 203,2mm in i konstruktionen.



### 7.2.3 Energi

Byggnadens energibehov efter åtgärdsförslag 1 är 29 113,5 kWh per år, vilket är en besparing med 6 776,8 kWh per år. Detta motsvarar 19 % sänkning mot nuvarande energiförbrukning, se Figur 32. Indata för simuleringen visas i bilaga 7.



Figur 32 Simuleringsresultat för åtgärdsförslag 1 – Tak.

## 7.3 Åtgärdsförslag 2 – Ytterväggar

### 7.3.1 U-värde

Byggnadens och dess ingående byggnadsdelars u-värden för åtgärdsförslag 2 är beräknat till följande:

**Tabell 8: U-värden för byggnaden med isolerad yttervägg.**

Byggnadsdel	U-värde
Yttervägg (Fibercementskiva-cellulosaisolering-gipsskiva)	0,46 W/m <sup>2</sup> K
Glasvägg	5,49 W/m <sup>2</sup> K
Tak (Kryssfanerskiva- cellulosaisolering- och 18 % reglar)	4,27 W/m <sup>2</sup> K
Grund	2 W/m <sup>2</sup> K (Uppskattat värde)
Murad vägg (Puts-tegel-puts)	2,31 W/m <sup>2</sup> K

<b>Medel u-värde för byggnaden</b>	<b>3,13 W/m<sup>2</sup>K</b>
------------------------------------	------------------------------

Uträkningar och mätningar kan ses i bilaga 1.

### 7.3.2 Fukt

Simuleringar i diagram 12,13 och 14 visar temperatur och relativ luftfuktighet i isolerlager mot fibercementskiva, mitt i isolerlager samt i lager mellan isolering och gipsskikt. Mätpunkterna mäts från utsida fasad och in mot insida vägg och fullständiga indata för simuleringar hittas i bilaga 4.

**Diagram 12: Simulering i lager vid fibercementskiva och cellulosaisolering, 7,7mm in i konstruktionen.**

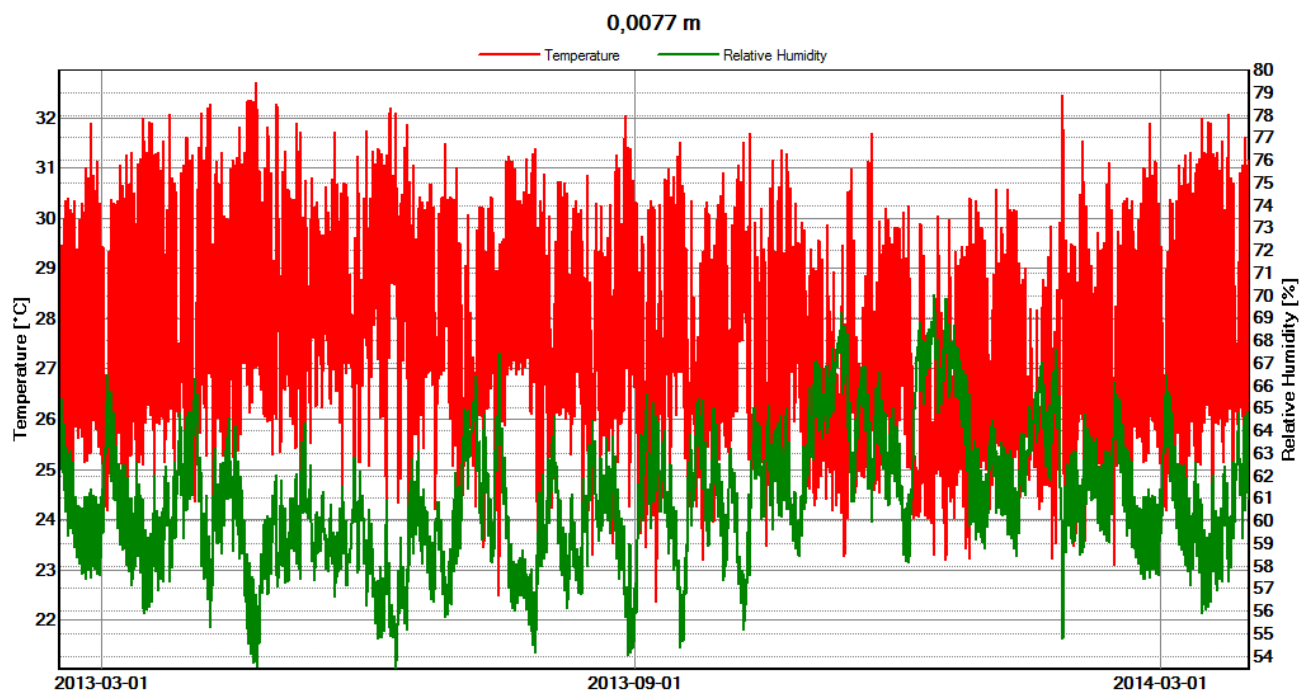


Diagram 13: Simulering i mitten av isolerlager, 44mm in i konstruktionen.

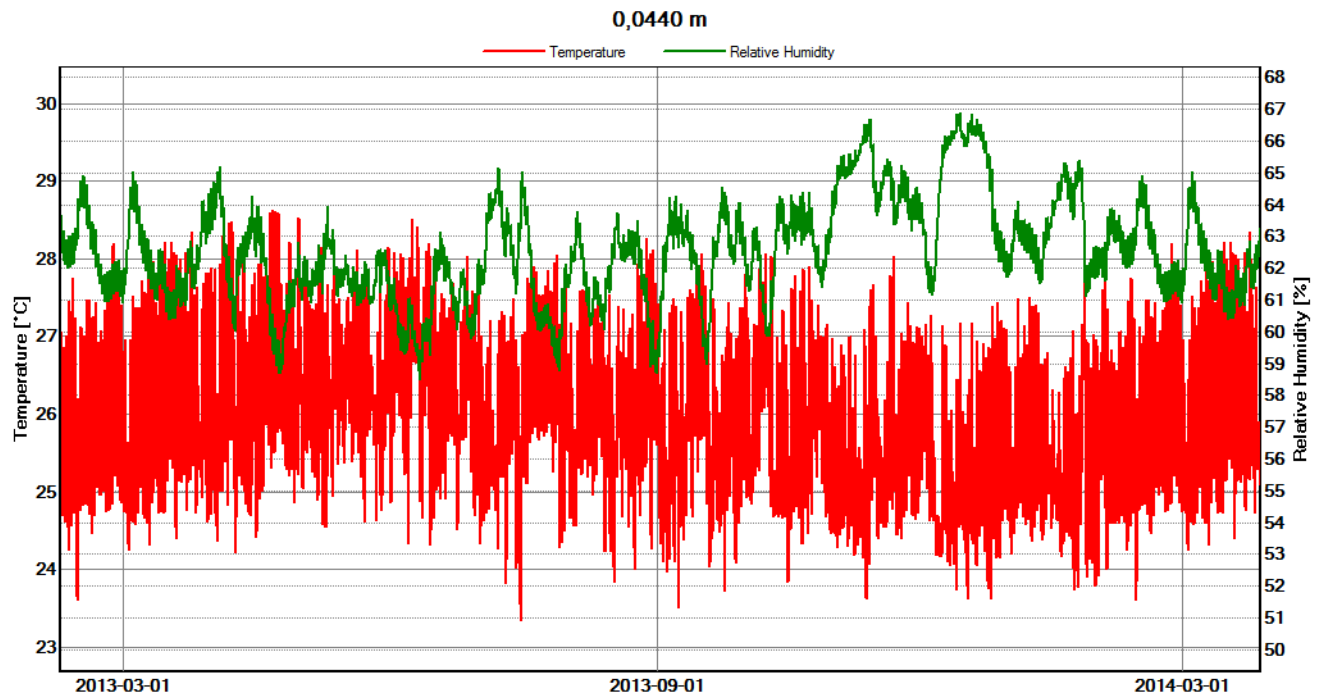
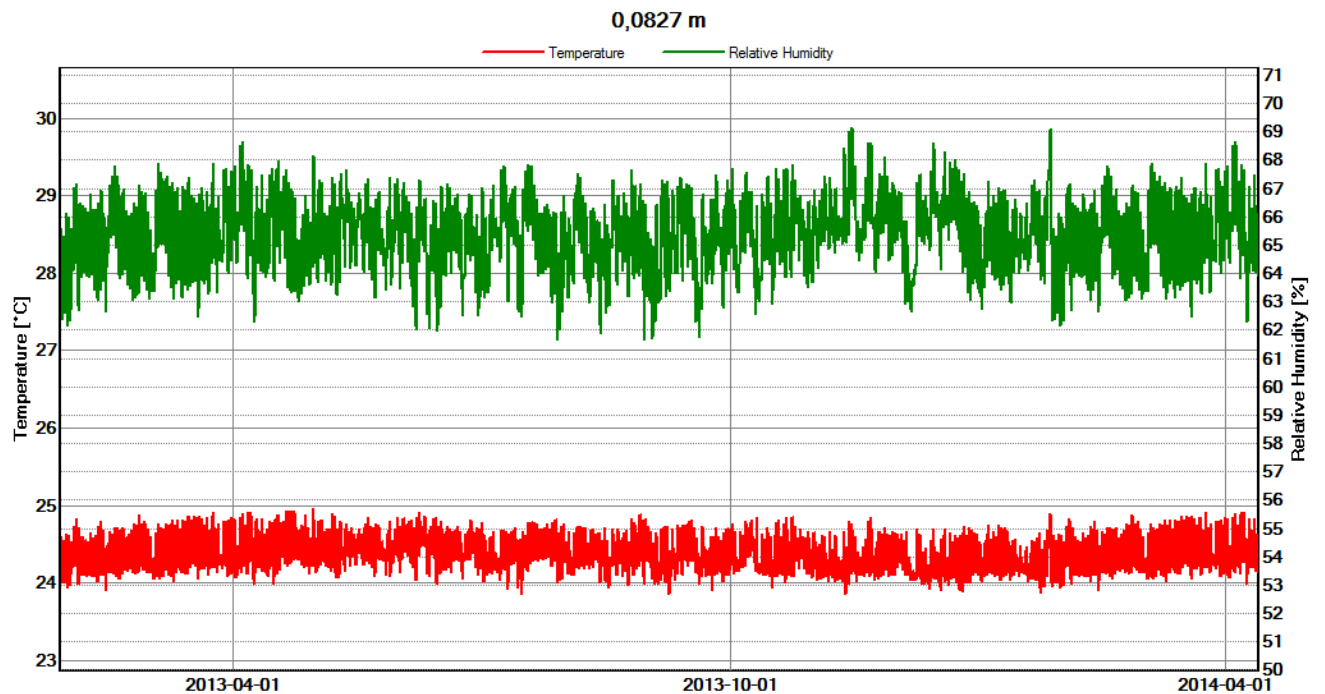


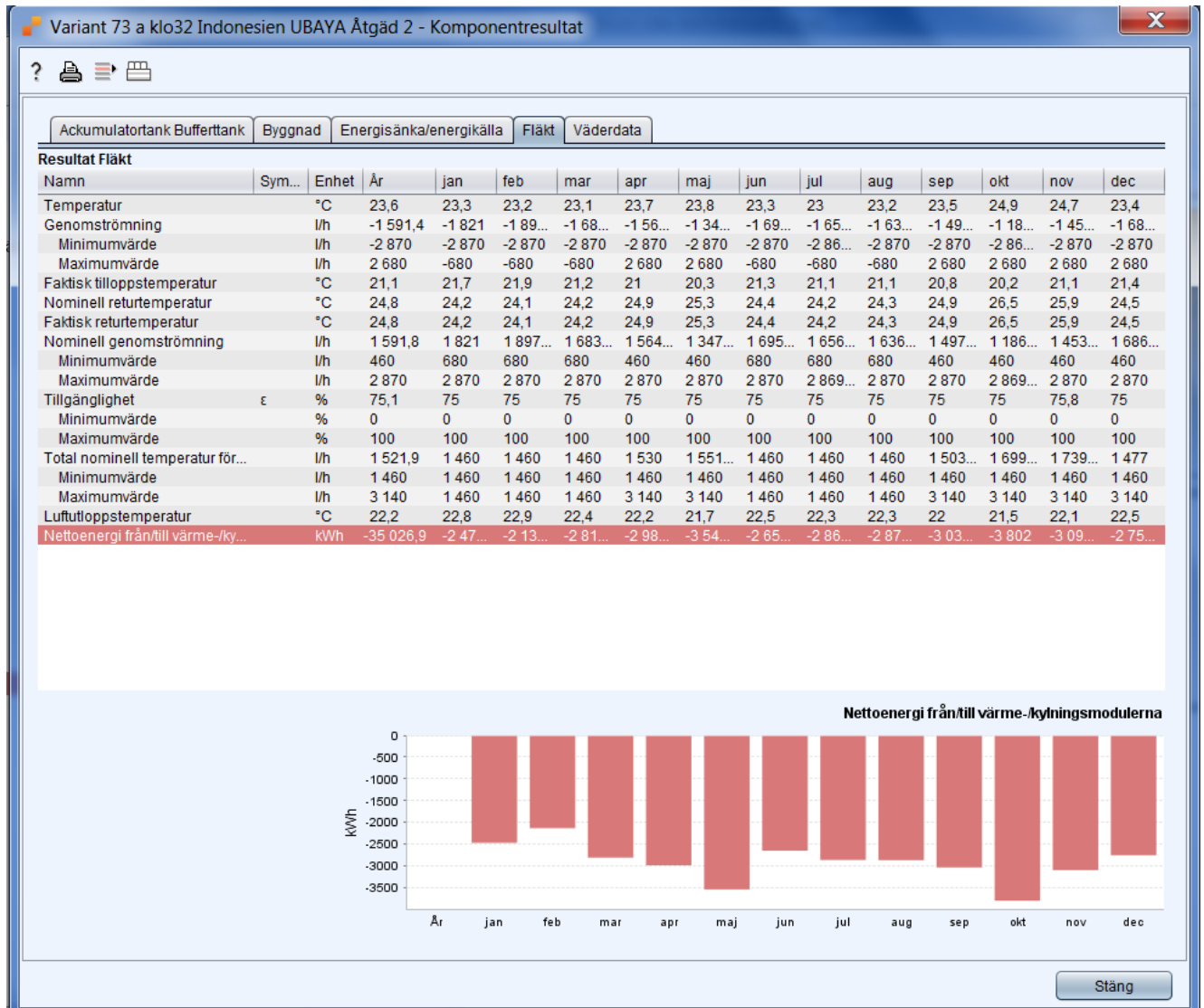
Diagram 14: Simulering i lager vid cellulosaisolering och gipsskiva, 82,7mm in i konstruktionen.



### 7.3.3 Energi

Byggnadens energibehov efter åtgärdsförslag 2 uppkommer till 35 026,9 kWh per år, vilket är en besparing med 863,4 kWh per år, se Figur 33. Detta motsvarar en besparing med 2 %.

Indata för simuleringen presenteras i bilaga 8.



Figur 33 Simuleringsresultat för åtgärdsförslag 2 – Ytterväggar.

## 7.4 Åtgärdsförslag 3 – Glaspartier

Då åtgärdsförslaget innebär en förbättring av de glaspartier som finns i byggnaden redovisas här de nya u-värdena samt resultatet från energisimuleringen. Simulering i WUFI är ej möjlig för detta åtgärdsförslag.

### 7.4.1 U-värde

Byggnadens och dess ingående byggnadsdelars u-värden för åtgärdsförslag 3 är beräknat till följande:

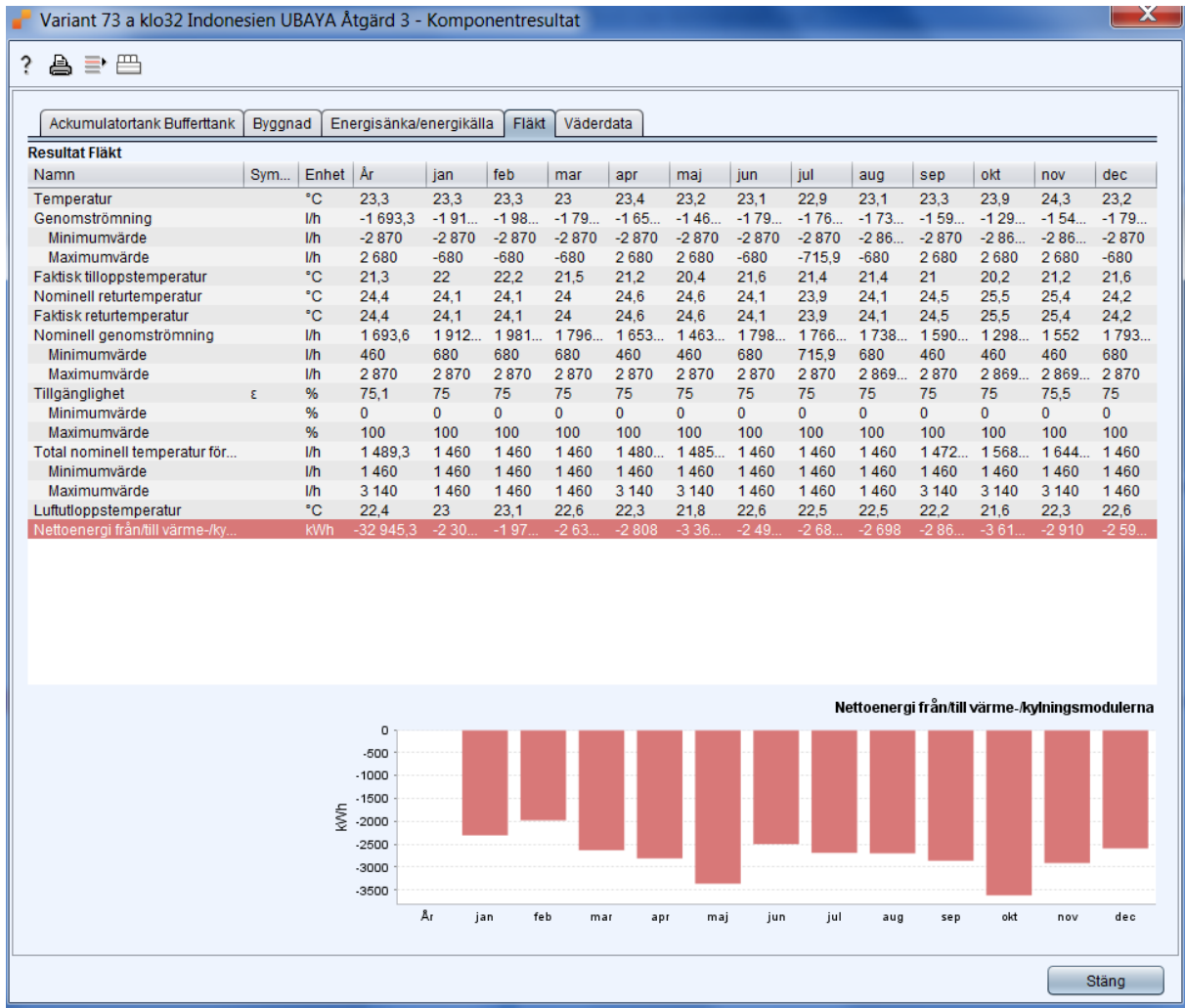
**Tabell 9: U-värden för byggnaden med tvåglasfönster i glaspartier.**

Byggnadsdel	U-värde
Yttervägg (Fibercementskiva-luftspalt-gipsskiva)	2,13 W/m <sup>2</sup> K
Glasvägg	1,2 W/m <sup>2</sup> K
Tak (Kryssfanerskiva- cellulosaisolering- och 18 % reglar)	4,27 W/m <sup>2</sup> K
Grund	2 W/m <sup>2</sup> K (Uppskattat värde)
Murad vägg (Puts-tegel-puts)	2,31 W/m <sup>2</sup> K
<b>Medel u-värde för byggnaden</b>	<b>2,69 W/m<sup>2</sup>K</b>

Uträkningar och mätningar kan ses i bilaga 1.

## 7.4.2 Energi

Energibehovet för byggnaden efter åtgärdsförslag 3 uppkommer till 32 945,3 kWh per år, vilket är en besparing med 2945 kWh per år, se Figur 34. Detta motsvarar en förbättring med 8 %. Indata för simuleringen återfinns i bilaga 9.



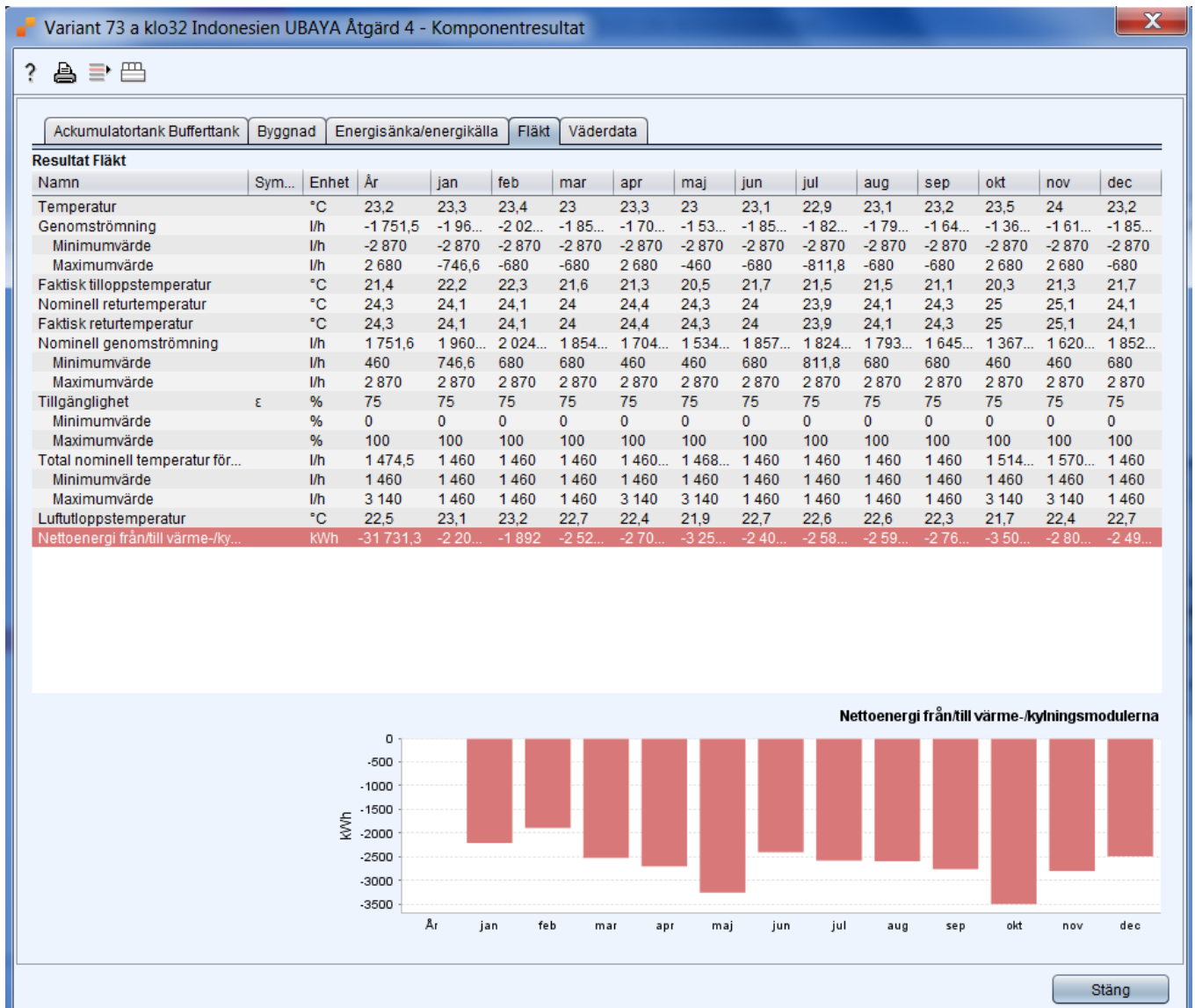
Figur 34 Simuleringsresultat för åtgärdsförslag 3 – Glaspartier.

## 7.5 Åtgärdsförslag 4 – Otätheter

Då varken u-värdet eller konstruktionen förändras gentemot den ursprungliga i detta åtgärdsförslag redovisas enbart resultat från energiberäkningen.

### 7.5.1 Energi

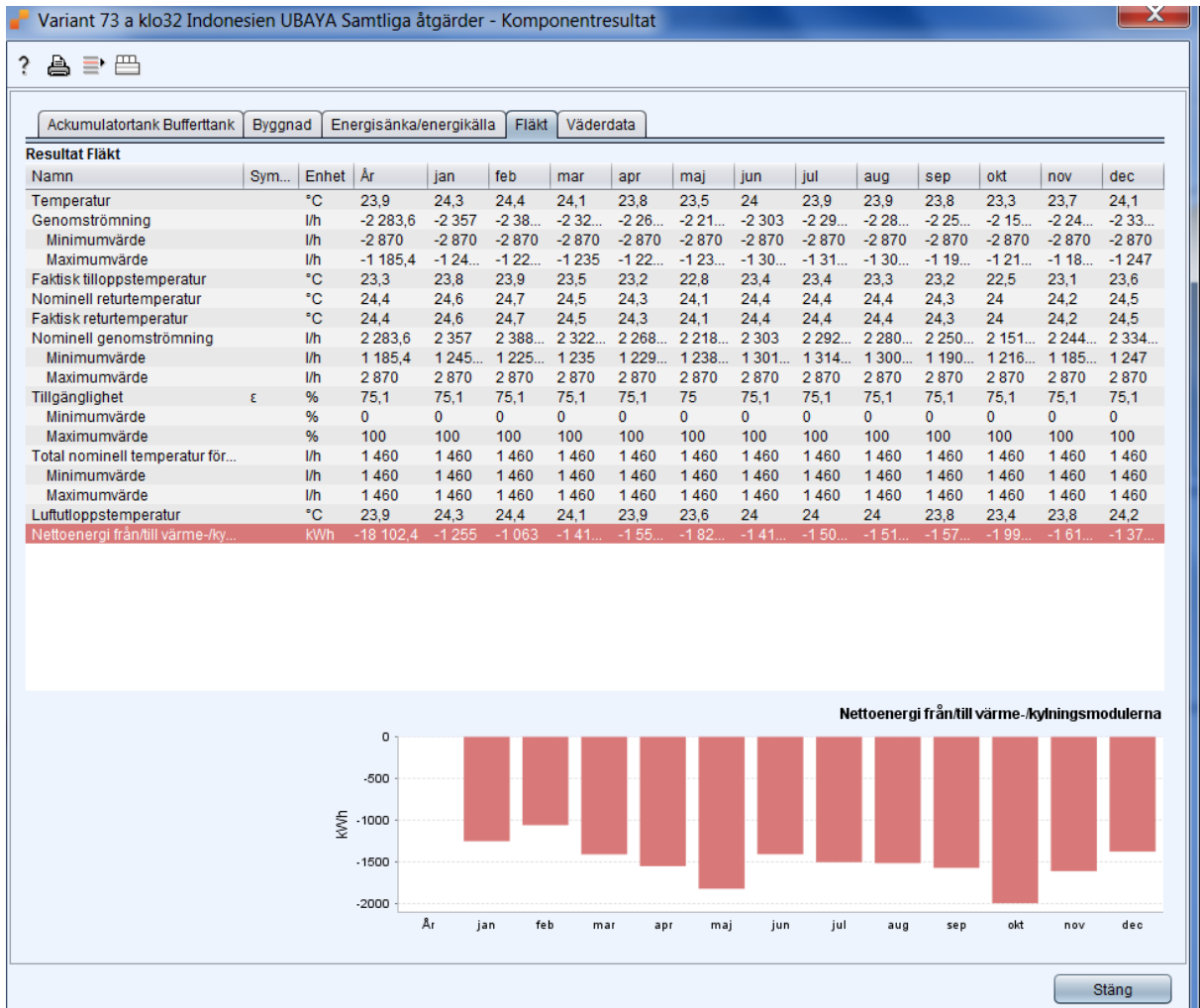
Efter åtgärdsförslag 4 som innebär en tätning av glipor och otätheter uppkommer ett energibehov i byggnaden på 31 731,3 kWh per år, se Figur 35. Detta är en förbättring med 4159 kWh per år, vilket motsvarar 12 %. Indata för simuleringen presenteras i bilaga 10.



Figur 35 Simuleringsresultat för åtgärdsförslag 4 – Otätheter.

## 7.6 Kombination av samtliga åtgärdsförslag

Vid en kombination av samtliga åtgärdsförslag 1-4 uppkommer energibehovet för byggnaden till 18 102,4 kWh per år, vilket är en förbättring med 17 787,9 kWh, se Figur 36. Detta innebär att den nuvarande energiförbrukningen sänks med 50 %. Indata för simuleringen presenteras i bilaga 11.



Figur 36 Simuleringsresultat för samtliga åtgärdsförslag.

## 8 Diskussion

### 8.1 Resultatdiskussion

#### **Hur ser byggnadens klimatskal ut idag och hur fungerar byggnaden ur ett energi- och byggnadsfysikaliskt perspektiv?**

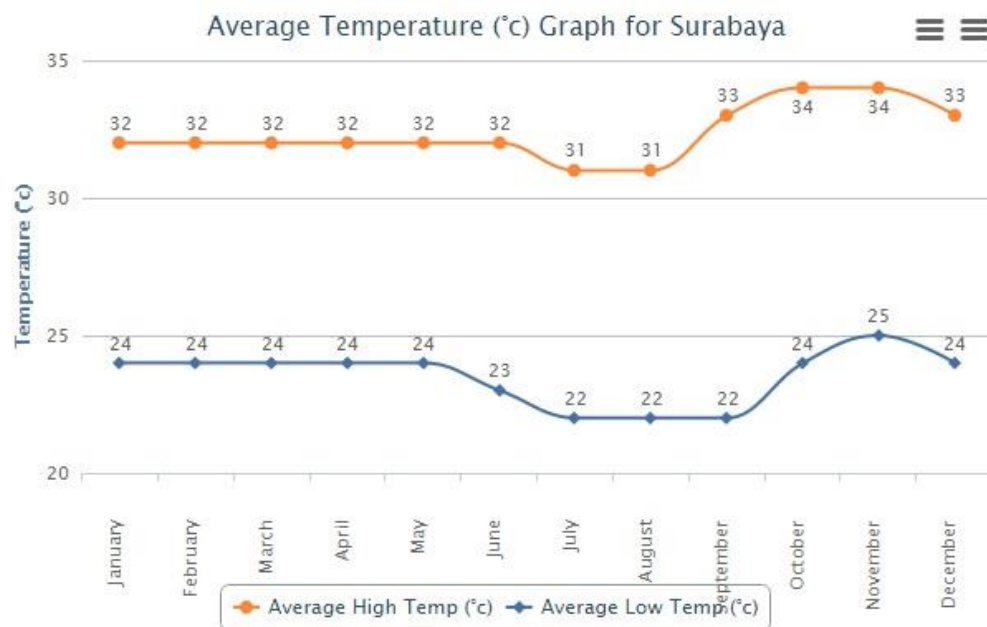
Byggnadens klimatskal fungerar i dagsläget och inga problem har under inventeringen hittats som verkar vara orsakade av luftfuktighet eller kondens. De fläckar och ytor som uppkommer på grund av fukt, har under byggnadsinventeringens gång, kunnat förklaras med läckage och vattenansamlingar i samband med regn. Takkonstruktionen kan dock vara en svag länk då små skador eller brister kan orsaka läckage och ytterligare fuktproblem i konstruktionen.

Klimatskalet som undersökts kan delas in i tre olika delar:

- Ytterväggar
- Glaspartier
- Tak

Byggnadens ytterväggar består av en lätt väggkonstruktion. Inuti huset finns kraftigare, murade väggar och en kontroll visar att byggnaden byggts ut genom att lägga till de sidoytor som idag utgör klimatskal. Byggnaden skiljer sig i detta avseende från andra byggnader då ytterväggarna oftast har en tung konstruktion. Detta är dock inte någon nackdel utan snarare en fördel eftersom klimatanläggningen endast används under dagtid. Om väggarna haft en tung konstruktion hade byggnaden fått en högre temperatur nattetid på grund av större värmelagringsförmåga och hade på så vis tagit längre tid att kyla ner under dagtid. I Diagram 15 visas medel max- och min temperatur för Surabaya under ett år. Den största temperaturdifferensen uppgår till tio grader Celsius. Dock varar den lägsta temperaturen bara under en mindre del av ett dygn. I byggnader, där klimatanläggningar används dygnet runt samt i klimat där temperaturen går ned mer under längre tid på natten, kan det däremot vara en fördel med tunga konstruktioner om det tyngre materialets värmekapacitet utnyttjas för att lagra kyla. Väggar är helt oisolerade och relativt tunna vilket förklarar den höga värmegenomgångskoefficient som är i konstruktionsdelen. Vid kontroll med värmekamera ser väggarna ut att hålla en ganska jämn temperatur över hela ytan. Därav dras slutsatsen att antalet värmebryggor är få samt att konstruktionsdelen är relativt tät. Endast ett fåtal läckagepunkter identifieras vid olika genomföringar i väggen.

**Diagram 15 Max- och min temperatur för Surabaya, Indonesien under ett år (World Weather Online, 2015).**



Glaspartierna har i likhet med ytterväggarna ett dåligt u- värde och även om själva konstruktionsdelen är tät så finns stora läckor vid anslutning mellan glasets aluminiumram och taket. Vid den okulära besiktningen syns tydligt stora glipor och vid noggrannare kontroll framkommer att långa springor finns i överkant samt runt dörrarna i glaspartierna.

Takkonstruktionen är helt oisolerat och har en hög värmegenomgångskoefficient. Kontroll med värmekameran visar även här att det inte finns några betydande läckor. Dock hittas en större värmebrygga i anslutning mellan taket och en tung vägg i byggnaden. Denna kan förklaras med att väggen går upp genom bjälklaget och stödjer taket. På grund av detta värms väggen upp under dagen, lagrar och sprider värme in i byggnaden. Värmekameran visar även att temperaturen på innertaket är hög vilket pekar på att det är en stor värmeläcka i byggnaden.

Vid simuleringar av klimatskalets delar i dagsläget ser dessa ut att stämma överens med de värden som uppmäts och inga byggnadsfysikaliska fuktrisker kan påvisas i konstruktionen. Gällande byggnadens energiförbrukning i dagsläget finns det inga konkreta mätvärden men om byggnadens medel u- värde beaktas så är ett rimligt antagande att energiförbrukningen är hög och kan minskas med små åtgärder.

## Vilka energibesparande åtgärder är möjliga och hur påverkar dessa byggnadens energiförbrukning?

Resultaten från de föreslagna åtgärderna är varierande gällande den energibesparing som är möjlig. Den största energibesparingen sker genom åtgärdsförslag 1 som innebär en förbättring av taket.

Vid undersökning av byggnaden utvändigt syns tydligt att delar av taket i stort sett är det enda av byggnaden som är tillgänglig för solstrålningen. Resten av byggnaden är avskuggad av den omkringliggande vegetationen. Vinden och taket värms således upp av den varma utomhusluften och solen vilket i sin tur leder till en förhöjning av inomhustemperaturen i byggnaden. I den nuvarande konstruktionen finns enbart en tunn kryssfanerskiva som det invändiga ytskiktet, vilket medför ett u-värde på  $4,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Efter att taket isolerats med 200 mm cellulosa sjunker u-värdet radikalt till hela  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Att energibesparingen blir så pass stor som hela 19 % med detta åtgärdsförslag är därför inte helt osannolikt.

Det näst bästa åtgärdsförslaget ur energisynpunkt är åtgärdsförslag 4 att åtgärda otätheter. I Sverige och i länder med kallt klimat finns mycket kunskap och erfarenhet av glipors betydelse för energiförbrukningen. Resultatet från denna studie visar att det även har betydelse för byggnaden som undersökts, fastän temperaturdifferensen mellan inne och ute är mycket mindre än i ett kallt klimat. Resultatet visar att energiförbrukningen kan sänkas med 12 % genom att otätheter och glipor tätas. Detta är en stor besparing, samtidigt som det är en enkel och billig åtgärd. Byggnader med stora otätheter är ingen ovanlig syn i Indonesien, då det aldrig varit ett prioriterat område. En stor energibesparing är därför troligen möjlig för många byggnader i Indonesien genom att enbart göra klimatskalet tätare.

Byggnaden i detta projektarbete skiljer sig mot de traditionella byggnaderna i Indonesien i det avseende att den har stora glaspartier. Lite mer än  $\frac{1}{4}$  av byggnadens väggar består av glas. Det nuvarande glaset är ett tjockt enkelglas med ett u-värde på  $5,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Om dessa byts ut till tvåglaskassetter sänks u-värdet till  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , vilket är en stor förbättring. I det stora hela innebär det en sänkning av energiförbrukningen för byggnaden med 8 %. Detta är en relativt liten förbättring med tanke på att det troligen är en av de mest kostsamma åtgärderna. Förhoppningen från början var att kunna applicera ett högreflekterande skikt på de befintliga glaspartierna för att på så sätt minska solinstrålningen. Detta hade varit en enkel och relativt billig åtgärd att genomföra. Men då byggnaden och glaspartierna är så pass avskärmade från solen genom vegetation och skärmtak fyller ett sådant åtgärdsförslag inte någon funktion i detta fall.

Åtgärdsförslag 2 som innebär en förbättring av ytterväggarna i byggnaden är det förslag som påverkar energiförbrukningen minst. De nuvarande ytterväggarna har en lätt konstruktion med ett u-värde på  $2,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Genom att isolera med cellulosa sänks u-värdet till  $0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ , vilket ändå tycks vara en relativt stor förbättring. Men totalt sett för hela byggnaden innebär detta endast att energiförbrukningen sänks med 2 %, vilket är väldigt lite i förhållande till åtgärdens omfattning.

Vid en kombination av samtliga åtgärdsförslag kan byggnadens energiförbrukning sänkas med 50 %. Detta är en väldigt stor besparing som visar att byggnaders energibehov kan påverkas i mycket stor utsträckning. Intressant är dock att energibesparingen, enligt simuleringsprogrammet, blir större om alla åtgärderna utförs än om åtgärderna utförs var för sig. Både vid renovering av äldre byggnader liksom nybyggnation kan förändringar gällande byggteknik och material ha stor betydelse för byggnadens energiförbrukning.

## Hur påverkas konstruktionen av åtgärdsalternativen?

Energibesparande åtgärder i byggnader i tropiskt klimat bör utföras med stor försiktighet då simuleringar som utförts visar att små åtgärder kan få stora konsekvenser och orsaka skador i byggnadens delar.

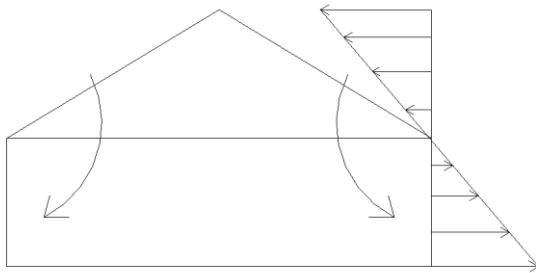
På grund av det varma och fuktiga klimatet är risken hög för mikrobiell påväxt om åtgärder som orsakar hög relativ fuktighet under längre tid i konstruktionen genomförs.

Vid undersökning av takkonstruktionen var det tydligt att stora energibesparingar var möjliga men också att riskerna för fuktproblem vid åtgärder var stor. Utgångspunkten för åtgärden var att hitta en lösning som var diffusionsöppen och hade en fuktbuffrande förmåga på grund av de höga fukthalter som förekommer.

Simuleringar i takkonstruktionen visade på hög relativ fukthalt i materialen vid de punkter som temperaturändringarna blev stora. Försök gjordes därför med tjockare isolerlager för att få jämnare temperaturkurvor i de ingående lagren. Simuleringar enligt bilaga 5 visar då att den relativa fukten i materialen genomgående blir lägre vid långsammare temperaturförändringar. Detta förklaras förslagsvis med att temperaturförändringen och luft rörelserna blir långsammare och utspridda över en större diameter i det tjockare lagret. Detta tillsammans med den större volymen av isoleringsmaterial, som har en fuktbuffrande förmåga, ger luften bättre möjlighet att långsamt utjämna skillnaden i ånghalt mellan inom- och utomhusluften. Ännu en förutsättning för att detta ska fungera är att inomhusluften avfuktas med hjälp av klimatanläggning vilket ger kall luft med lägre relativ fuktighet än den varma utomhusluften. När den kalla inomhusluften värms upp i isolerlagret och utomhusluften kyls, klarar luften av att utjämna fukthalten utan att den blir för hög. Att endast isolera med tjockare lager för att undvika fuktproblem kräver dock noggrannare undersökningar och försök. Ännu en tänkbar men inte beaktad åtgärd, för att minska fuktpåverkan utifrån, är att lufttäta vindsutrymmet vid till exempel takfot ochnock. Detta för att hindra tillförsel av luft med högre relativ fuktighet än den befintliga luften i vindsutrymmet.

Trots goda resultat med tjocka isolerlager lades en ångspärr till mellan vindsutrymme och isolering då en rimlig isolertjocklek skulle vara precis på gränsen till en riskkonstruktion om den utfördes utan ångspärr. Simulering med ångspärr och isolerlagret i takåtgärden visar att åtgärden är genomförbar och att den relativa fukten i materialen ligger på nivåer som inte bör utgöra någon risk.

Effektivisering genom att täta byggnadens klimatskal bör inte ha någon negativ inverkan på konstruktionen. Då inomhustemperaturen är lägre än utomhustemperaturen skapas ett övertryck vid golvet vilket bidrar till att den kalla luften trycks ut och varm luft från taket suges in vilket illustreras i Figur 37 (Bankvall, 2013). Därför bör ett minskat luftläckage snarare bidra till att en mindre volym varm och fuktig utomhusluft kommer in i byggnaden och konstruktionen. Noterbart är även att övertryck i en byggnad med klimatanläggning i ett tropiskt klimat är att föredra då detta hindrar att fuktig luft suges in och ökar den relativa fukthalten i konstruktionen.



**Figur 37 Schematisk bild över byggnadens luftrörelser och lufttryck (Gustafsson, 2015).**

Då projektet tittar på en byggnad som ska effektiviseras, utan att förändra byggnaden och minska den area som kan nyttjas i dagsläget, görs inga stora åtgärder i väggkonstruktionen. Genom att endast isolera det mellanrum som finns i väggen uppnås ett betydligt bättre u-värde. Vid simulering av väggen efter förbättring syns inga problem med att utföra åtgärden. Väggkonstruktionen klarar fukten bra och behöver ingen kompletterande ångspärr på utsidan.

### **Vilken kombination av åtgärder är bäst med hänsyn till att sänka byggnadens energiförbrukning samt förebygga eventuella fuktproblem?**

Som tidigare nämnt sker den största energibesparingen genom åtgärdsförslag 1 där taket i byggnaden isoleras. Detta sänker energiförbrukningen med hela 19 %. Men att isolera taket innebär samtidigt störst risk ur fuktsynpunkt. Att hitta åtgärder på taket som fungerar bra utan att riskera fuktproblem visar sig vara svårt då det håller en mycket hög relativ fuktighet och temperatur. Men samtidigt visar inventeringen av byggnaden att taket troligen är den största boven ur energisynpunkt. Det är därför mycket angeläget att hitta metoder för att åtgärda detta.

Resultatet av studien visar dock att den absolut enklaste metoden för att sänka energiförbrukningen i byggnaden är att tätat de otätheter och glipor som finns. Detta åtgärdsförslag innebär en stor energibesparing på hela 12 % samtidigt som det är den minst omfattande åtgärden och troligen mer säkrare att genomföra ur fuktsynpunkt.

Anmärkningsvärt i studiens resultat är åtgärdsförslag 2 & 3 som inriktar sig på ytterväggarna och glaspartierna. Dessa ger låg energibesparing samtidigt som bägge alternativen är relativt omfattande då de innebär stora ingrepp i byggnaden.

Sammanfattningsvis innebär en kombination av åtgärdsförslag 1 – Tak och åtgärdsförslag 4- Otätheter tillsammans en energibesparing på 31 %. Detta är på så vis den bästa kombinationen av åtgärder för att sänka byggnadens energiförbrukning. Men som tidigare nämnt är det inte helt riskfritt att isolera taket. Fuktsimuleringen visar dock rimliga värden och konstruktionen bör fungera. För att vara på säkra sidan bör dock detta undersökas vidare innan det genomförs. Förslagsvis genom fler simuleringar och eventuellt genom att konstruktion testas i en mindre testbyggnad innan det genomförs för att säkerställa konstruktionen ur fuktsynpunkt.

## 8.2 Iakttagelser under studien

Det märks en tydlig skillnad gällande synen på byggt teknik och energieffektivisering i Indonesien i jämförelse med Sverige. Universitet UBAYA har stort intresse i solenergi och bedriver undervisning samt en del forskning kring det. Energi är ett omtalat ämne och en strävan finns att kunna påverka energiförbrukningen. Däremot tycks byggnaderna i fråga lätt komma i skymundan gällande detta då fokus för att sänka energiförbrukningen mestadels är riktad mot installationer i byggnaderna och solenergi. Olika typer av byggt tekniker eller metoder för att energieffektivisera byggnader är väldigt dåligt utvecklat, då det inte tycks vara ett prioriterat ämne. Isolering existerar i väldigt liten utsträckning och är för många ett nytt begrepp. En indonesisk invånare uttryckte sig enligt följande gällande isolering;

*”Isolering finns men det är ingen som använder det. Det är för komplicerat”.*

I jämförelse med Sverige där det har skett en stor utvecklingen av energieffektiva byggnader och byggt tekniker, ligger Indonesien och troligen många andra länder med liknade förutsättningar långt efter i utvecklingen. Men det märks ändå att en förändring och utveckling är på gång då som sagt solenergi blir mer och mer aktuellt.

Taken på byggnaderna är många gånger utsatta för stark solstrålning och tycks vara en stor värmekälla till inomhusklimatet. I Sverige och många andra länder finns flera varianter på högre reflekterande takplåt.

Det skulle vara intressant att undersöka hur energibehovet för byggnaden påverkades om en högre reflekterande plåt användes som ytskikt istället för de nuvarande fiberbetongplattorna. Detta skulle eventuellt vara en mer lämplig och enklare energieffektiviseringsmetod än att isolera taket då risken för fuktproblem bör bli mindre. Detta har dock inte varit möjligt att undersöka i denna studie utan lämnas som ett förslag på fortsatt arbete.

Fuktproblem i byggnader är tyvärr väldigt vanligt i Indonesien. Många byggnader har skador i form av t.ex. mikrobiell påväxt, sprickor i fasaden och ytskikt som lossnar. Invändigt syns väldigt ofta fuktrosor och färgsläpp i innertaken. I många byggnader finns även en stark mögellukt. Detta tycks ändå inte bekymra, utan anses snarare som normalt för byggnader.

Troligen skulle fuktproblem kunna reduceras kraftigt genom några enkla åtgärder. Som tidigare nämnt saknar de flesta byggnader i Indonesien någon form av avvattningssystem. På en del byggnader med platta tak finns dock ingjutna rör i väggarna där regnvattnet från taket leds ner. Däremot leds vattnet inte bort utan strömmar ut direkt vid fasaden. Troligtvis skulle en stor del av de fuktskador många byggnader har på fasaderna och takfoten kunna undvikas genom ett bra avvattningssystem samt att marken lutar från husgrunderna och hjälper till att leda bort vattnet. En kondensduk under takpannorna skulle kunna reducera en stor del av de fuktproblem som syns i innertaken. På så sätt fångas eventuellt läckage och fukt upp och minskar risken för skador på innertaket.

Slutligen kan, med hjälp av studiens resultat, det konstateras att det behövs fler studier och forskning inom energieffektivisering där byggnaderna står i fokus för att påskynda utvecklingen. Det tropiska klimatet ställer nya krav på byggt tekniker och byggmaterial i jämförelse med ett land som Sverige med kallt klimat och behöver undersökas vidare.

### 8.3 Metodens användbarhet/ Felkällor

En av felkällorna i detta projektarbete kan bero på bristande kunskap i programmet WUFI och kan på så sätt påverkat resultatet. Programmet är relativt avancerat och för att kunna utesluta denna felkälla skulle en utbildning inom programmet vara nödvändigt eller att en person med kompetens inom programmet utfört simuleringarna.

Liknande gäller även för de energisimuleringar som utförts i programmet Polysun. Programmet kräver liksom WUFI mycket indata för att få ett korrekt och verkligt överensstämmande resultat. Resultaten från simuleringen kan därför ha påverkats av felaktig indata på grund av bristande kunskap och kan på så vis bli missvisande. Men då simuleringsresultatet för den nuvarande byggnaden endast används som referensvärde har det inte lika stor betydelse då enbart den procentuella förbättringsskillnaden mellan det nuvarande läget och åtgärden är relevant. En validering av de båda programmens inställningar skulle göra simuleringarna mer pålitliga.

Under den okulära besiktning och inventering som skedde av byggnaden kan den mänskliga faktorn spelat in och påverkat resultatet. Fel avläsning av de utförda fukt – och temperatur mätningarna kan ha skett. De utförda fuktmätningarna skedde enbart i det yttersta lagret (insida och utsida) på vägg och tak. Inga fuktmätningar kunde genomföras längre in i väggen på grund av bristande tillgång av utrustning. Detta kan ha påverkat resultatet av de olika byggnadsdelarnas fuktinnehåll.

I brist på kunskap och erfarenhet kring vanliga byggmaterial i Indonesien kan fel antaganden angående de nuvarande materialen i byggnaden tagits. Detta kan i sin tur påverkat den nuvarande konstruktionens simulering i WUFI då fel sorts material valts.

Andra felkällor som kan ha påverkat studiens resultat är de antaganden som gjorts. Gällande byggnadens lufttäthet antogs ett referensvärde då utrustning saknades för att mäta den exakt, vilket kan ha haft viss påverkan på det slutgiltiga resultatet. För att undvika denna typ av felkälla hade utrustning som exempelvis Blow Door varit nödvändigt. För de värmebryggor som fanns i byggnaden gjordes ett påslag på 20 % på u-värdet för den berörda byggnadsdelen. Enligt BBR 19, Boverkets byggregler brukar ett påslag på 20 % på hela byggnadens u-värde vara rimligt. Detta ansågs ej vara tänkbart i denna studie då andelen värmebryggor var väldigt liten.

### 8.4 Studiens användbarhet

Då energibehovet tenderar att succesivt öka i utvecklingsländer med tropiskt klimat kommer denna studie väl till användning. Studien ger en bra och tydlig inblick i den problematik som finns i många länder med ett varmt klimat. Tidigare studier inom ämnet har fokuserat till stor del på effektivisering av ventilationssystem för att sänka energiförbrukningen. Få studier har däremot fokuserat på effektivisering av byggnaders klimatskal vilket är en minst lika viktig del i kampen mot att sänka energiförbrukningen. Denna studie kan därför väcka intresse för fler fortsatta studier och undersökningar.

Studien är avgränsad från att behandla de ekonomiska aspekterna men resultaten från de föreslagna åtgärderna kan ändå jämföras gällande graden av omfattning i förhållande till fuktrisker samt möjlig energibesparing.

## 8.5 Förslag till fortsatt arbete

Från studien kan vissa förslag på fortsatt arbete framläggas:

- **Avvattningssystem**

Undersöka hur stor betydelse avvattningssystem för byggnader har för att undvika fuktproblem för byggnader i ett tropiskt klimat.

- **Lufttäta byggnader**

Undersöka hur inomhusmiljön påverkas av mer lufttäta byggnader i ett tropiskt klimat genom att kombinera resultatet i denna rapport med olika installationsåtgärder. Samt att undersöka verkligt luftläckage genom provtryckning.

- **Testbyggnad**

Undersöka hur de föreslagna åtgärderna på tak- och väggkonstruktionerna fungerar i verkligheten genom att applicera dem i en liten testbyggnad i Indonesien.

- **Högre reflekterande plåt**

Undersöka hur användandet av högre reflekterande plåt som ytskikt till tak (och eventuellt fasad) påverkar energiförbrukningen.

- **Lönsamhet**

Undersöka de ekonomiska följderna inklusive den energibesparing som är möjlig, av att utföra samtliga åtgärdsförslag på byggnaden och ställa det i relation till en nybyggnation, dess kostnader och energibehov.

## 9 Slutsatser

Viktiga slutsatser från detta examensarbete är:

- Byggnaden fungerar i dagsläget. Den klarar att hantera luftfuktighet men har en del problem med kapillärsugning och direktfukt samt är ineffektiv ur energisynpunkt.
- Störst energibesparing av undersökta åtgärder sker genom att isolera det nuvarande taket samt genom att minska läckagen genom otätheterna.
- Minst energibesparing sker genom att isolera ytterväggar och byta ut enkelglaspartierna till tvåglaskassetter.
- Risken för fuktproblem ökar vid isoleringsåtgärder på klimatskalet men är genomförbara.
- En kombination av åtgärdsförslag 1, isolering av tak och åtgärdsförslag 4, tätning av luftläckage ger en effektivisering på 31 % och anses vara den mest fördelaktiga kombinationen.
- En kombination av samtliga åtgärdsförslag medför att byggnadens energiförbrukning sänks med 50 %.

## 10 Referenslista

### Tryckt litteratur

ABCB, Australian Building Codes Board. (2011). *Information Handbook: Condensation in Buildings*. Canberra: Australian Government and States and Territories of Australia.

Agya , Utama; Shabbir H, Gheewala. (2008). *Life cycle energy of single landed houses in Indonesia -Energy and Buildings*. p. 1911-1916.

ASHRAE, (2009). *ASHRAE Handbook of fundamentals*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Bankvall, C. G. (2013). *Luftboken: luftrörelser och täthet i byggnader*. Lund: Studentlitteratur.

Berg, S. A. (2007). *Fukt i byggnaden Byt 8*. 1 uppl. Stockholm: Lärnö AB.

Gillow, J. & Dawson, B. (1994). *The Traditional Architecture of Indonesia*. London: Thames and Hudson.

International Energy Agency. (2008). *ENERGY POLICY REVIEW OF INDONESIA*, Paris: IEA Publications.

Karnehed, P (2010). Äldre hus blir energisnåla med välkända åtgärder. *Husbyggaren*, Nr 5, p.4.

Sandin, K. (2002). Mögelpåväxt på mineraliska fasader. *Bygg & Teknik*, 08, p. 4.

Sandin,K. (2005). Biologisk påväxt på mineraliska fasader. *Bygg & Teknik*, 05, p. 3.

Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur AB.

Schoppert, P. & Damais, S. (2012). *Java Style*. 4 uppl. Singapore: Editions Didier Millet.

Sivak, M. (2013). Will AC Put a Chill on the Global Energy Supply?. *AMERICAN SCIENTIST*, Volym 101, (Number 5), p. 330.

Tomoko, Uno; Ekasawi, Nastiti Sri. (2003). Survey on Thermal Environment in Residences in Surabaya, Indonesia: Use of Air Conditioner. *Journal of Asian Aritecture And Building Engeneering*, Volym 2, (Number 2), p. 15-21.

## Elektronisk litteratur

Autodesk. (2015). *Revit*. Hämtad 25 mars, 2015. Från <http://www.autodesk.se/products/revit-family/overview>

Boverket. (2011). *BBR 19*. Hämtad 2 april, 2015. Från <https://rinfo.boverket.se/BBR%5CPDF%5CBFS2011-26-BBR19.pdf>

Forsberg, T. (2011). *Fuktomlagringar i välisolerade väggar*. Hämtad 26 mars, 2015. Från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:430921/FULLTEXT01.pdf>

Fachgebiet Bauphysik & Solarenergier. (2015). *CASAnova*. Hämtad 26 mars, 2015. Från [http://nesa1.uni-siegen.de/index.htm?/softlab/casanova\\_e.htm](http://nesa1.uni-siegen.de/index.htm?/softlab/casanova_e.htm)

Iea. (2015). *International Energy Agency*. Hämtad 4 mars, 2015. Från <http://www.iea.org/>

Paroc. (2015) *Klimatskärmen: Värme, lufttäthet och fukt*. Hämtad 27 maj, 2015. Från <http://www.paroc.se/knowhow/energieffektivisering/byggnadskonstruktion/klimatskarmen-varme-lufttathet-och-fukt>

Solaris, Vela. (2015). *Polysun*. Hämtad 24 mars, 2015. Från [www.velasolaris.com](http://www.velasolaris.com).

Welfare, E. a. M. R. f. P. (2014). *Improving energy efficiency in business*. Hämtad 16 mars, 2015. Från <http://www.eibd-conference.com/assets/files/Energy%202014/Energy-Renewables-Maritje%20Hutapea.pdf>

WUFI. (2015). *WUFI*. Hämtad 24 mars, 2015. Från <http://www.wufi.de/>.

## Bilder

Swedisol. (2015). Hämtad 9 april, 2015. [www.swedisol.se](http://www.swedisol.se).

Information, W. w. & C. (2015). Hämtad 18 mars, 2015. Från <http://www.weather-and-climate.com/average-monthly-Humidity-perc,Jakarta,Indonesia>.

Svartmögel. (2015). Hämtad 18 mars, 2015. Från <http://www.svartmogel.n.nu/>

Berg, S. A. (2007). *Fukt i byggnaden Byt 8*. 1 uppl. ss. 25. Stockholm: Lärnö AB.

Svenskt trä. (2015). Hämtad 14 april, 2015. Från [http://www.svensktra.se/om\\_tra\\_1/tra-och-fukt/fuktkvot](http://www.svensktra.se/om_tra_1/tra-och-fukt/fuktkvot).

Forsberg, T. (2011). *Fuktomlagringar i välisolerade väggar*. Hämtad 26 mars, 2015. Från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:430921/FULLTEXT01.pdf>

Property, B. a. (2015). Hämtad 17 mars, 2015. Från: <http://www.baliagungproperty.com/2012/03/full-ocean-and-mountain-view-villa-for.html>.

Solaris, Vela. (2015). *Polysun*. Hämtad 24 mars, 2015. Från [www.velasolaris.com](http://www.velasolaris.com).

Fachgebiet Bauphysik & Solarenergier. (2015). *CASAnova*. Hämtad 26 mars, 2015. Från [http://nesa1.uni-siegen.de/index.htm?/softlab/casanova\\_e.htm](http://nesa1.uni-siegen.de/index.htm?/softlab/casanova_e.htm)

WUFI. (2015). *WUFI*. Hämtad 24 mars, 2015. Från <http://www.wufi.de/>.

World weather online. (2015). *Temperaturer*. Hämtad 27 maj, 2015. Från <http://www.worldweatheronline.com/Jakarta-weather-averages/Jakarta-Raya/ID.aspx>

Gustafsson, A. (2015). Surabaya

Granberg, P. (2015). Surabaya

# Bilaga 1 mätvärden och beräkningar

Mätpunkt	Väggtyp	Väder	Dag	Tid	Fukt i material		Yttemperaturer			
					Utsida	Insida	Inne	Ute		
					Vägg					
A	V2	Regn	1	8,30	19	18	29	29		
				12,00	17,4	11,3	28,5	27		
				16,30	17,5	12,6	28,9	26,5		
		Sol	2	8,30	14,1	13,3	29,5	31		
				12,00	15,8	15,8	32	33,4		
				16,30	14,3	13,7	30,5	31,5		
		Mulet	3	8,30	15,8	14,3	30,2	32,4		
				12,00	13,8	14,6	32,7	34		
				16,30	14,2	11,6	31,8	32,2		
				Medel	15,8	13,9	30,3	30,8		
		B	V2		1	8,30	19	15	29	29
						12,00	17,9	13,5	28,2	27
16,30	16,2					16,7	28,8	26,5		
	2			8,30	17,3	15,9	28,5	30		
				12,00	16,4	14,2	31,5	33,4		
				16,30	16,1	12,9	30,5	31,5		
	3			8,30	15,8	13,8	27,5	32,4		
				12,00	14,4	14	32,6	34		
				16,30	11,8	12,8	31	32,2		
				Medel	16,1	14,3	29,7	30,7		
C	V2				1	8,30	19	17,2	29	29
						12,00	15,6	15	28,2	27
						16,30	17,5	16,6	28,8	26,5
					2	8,30	16,7	15,3	28,5	30,5
						12,00	16,8	14	31,5	33,4
		16,30	15,2			13,6	30,5	31,5		
			3	8,30	16,7	13,2	27,5	31		
				12,00	15,1	13,5	32,6	34		
				16,30	12,8	12,5	31	32,2		
				Medel	16,2	14,5	29,7	30,6		
		D	V2		1	8,30	19	16,5	29,7	28,8
						12,00	18,9	16	29	27,2
						16,30	18	15,3	29	26,7
					2	8,30	16,6	17,4	28,5	30,5
						12,00	15,4	16,1	31	33
16,30	15,3					15,5	30,8	31,3		
	3			8,30	16,7	15,5	30,6	32,1		
				12,00	14,5	15,1	31	33,8		
				16,30	13,6	13,5	31	32		
				Medel	16,4	15,7	30,1	30,6		

## Bilaga 1 mätvärden och beräkningar

Mätpunkt	Väggtyp	Dag	Tid	Fukt i materia		Yttemperaturer	
				Utsida	Insida	Inne	Ute
E	V2	1	8,30	19	17,7	29,7	28,8
			12,00	19	15,5	29	27,2
			16,30	18,9	16	29	26,7
		2	8,30	15,8	17,4	28,5	30,5
			12,00	16	16,7	31	33
			16,30	14,6	14,3	30,8	31,3
		3	8,30	16,6	14,4	30,6	32,1
			12,00	13,5	14,3	31	33,8
			16,30	14,1	13,8	31	32
			Medel	16,4	15,6	30,1	30,6
F	V2	1	8,30	19	17,1	29,7	28,8
			12,00	19,3	16,1	29	27,2
			16,30	19,5	16,3	29	26,7
		2	8,30	17,9	17,5	28,5	30,5
			12,00	15,5	16,6	31	33
			16,30	15,2	14,6	30,8	31,3
		3	8,30	16,8	14,3	30,6	32,1
			12,00	14	14,1	31	33,8
			16,30	13,6	13,7	31	32
			Medel	16,5	15,4	30,1	30,8

## Bilaga 1 mätvärden och beräkningar

Mätpunkt	Väggtyp	Dag	Tid	Fukt i materia		Yttemperaturer	
				Utsida	Insida	Inne	Ute
G	V1	1	8,30	x	16,7	30	x
			12,00	x	15	28,8	x
			16,30	x	16,1	29,4	x
		2	8,30	x	16,6	28,8	x
			12,00	x	15	30,3	x
			16,30	x	14,5	30,2	x
		3	8,30	x	15	30	x
			12,00	x	14,9	30,6	x
			16,30	x	13,8	30,5	x
		Medel	#####	15,3	29,8	#####	

H	V1	1	8,30	x	13,2	30	x
			12,00	x	9,3	30	x
			16,30	x	13	29,2	x
		2	8,30	x	12,5	28,5	x
			12,00	x	12,1	29,4	x
			16,30	x	10,5	29	x
		3	8,30	x	10,8	28	x
			12,00	x	10,4	29	x
			16,30	x	11,3	28	x
		Medel	#####	11,5	29,0	#####	

Mätpunkt	Väggtyp	Dag	Tid	Fukt i materia		Yttemperaturer	
				Utsida	Insida	Inne	Ute
I	V1	1	8,30	x	16,6	29	x
			12,00	x	11	29	x
			16,30	x	14,1	29,2	x
		2	8,30	x	12,4	28	x
			12,00	x	11	29,5	x
			16,30	x	11,8	29	x
		3	8,30	x	10,2	28,7	x
			12,00	x	10,3	30	x
			16,30	x	8,2	29,6	x
		Medel	#####	11,7	29,1	#####	

## Bilaga 1 mätvärden och beräkningar

[Redacted]							
J	V2	1	8,30	16	17,7	29,5	29,1
			12,00	18,7	19,2	29,1	27,5
			16,30	16,1	18,3	29,1	27
		2	8,30	17,8	19	30	32
			12,00	14,3	15	32,5	34,5
			16,30	15,7	15,2	31,7	32,5
	3	8,30	17	15	30,5	32,7	
		12,00	15,2	14,8	32,7	34,3	
		16,30	13,5	13,1	32,2	32	
	Medel			16,0	16,4	30,8	31,3

[Redacted]							
Mätpunkt	Väggtyp	Dag	Tid	Fukt i materia		Yttemperaturer	
				Utsida	Insida	Inne	Ute
[Redacted]							
				Fukt i materia		Yttemperaturer	
				Utsida	Insida	Inne	Ute
V1 Medel				x	12,8	22,0	x
V2 Medel				16,2	15,1	30,1	30,8

[Redacted]

[Redacted]

# Bilaga 1 mätvärden och beräkningar

	Yttemperaturer		Fukt i materia	
	Inne	Vind	Vind	Inne
	30	31	17	15,6
	34	31,5	13,2	11,9
	31,2	33	13,5	12
	32,2	33,5	15,3	13
	30,5	36	13,5	12,4
	31,3	32,5	13,3	12,2
	31	32	15,5	13,2
	30,5	35,5	13,8	12,1
	31,3	33	13,5	12
Medel	31,3	33,1	14,3	12,7

	Relativ fuktighet			Temperatur		
	Inne	Ute	Tak	Inne	Ute	Tak
	79	98	75	28	25	30
	68	99	83	27	25	25
	77	98	85	27	24	25
	75	83	89	28	29	29,8
	58	74	68	26	31	33,5
	57	77	64	25	30	32,9
	56	74	70	25	32	33,5
	56	73	59	25	32	36
	51	76	60	26	32	34
Medel	64,1	83,6	72,6	26,3	28,9	31,1

## Läckage

Läckagestätheter cm<sup>2</sup>

A	95
B	60
C	684
D	146,5
E	100,5
F	223,3
G	995

Totalt 2304,3

## Värmebryggor

Längd: 8 m  
 Bredd: 0,2 m  
 Area: 1,6 m<sup>2</sup>

# Bilaga 1 Mätvärden och beräkningar

Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde	
1	Vägg	V2	5,41	170	2,21	
	Dörr	Trä	1,49	50	1,90	
		Area byggdel	6,9	U-värde byggdel	2,14	
2	Vägg	V2	14,3	93	2,21	
	Fönster	2st	0,48		5,75	
	Värmebrygga		Area byggdel	14,78	U-värde byggdel	2,33
3	Vägg	Glas	5,6	12	5,49	
	Värmebrygga					
		Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	5,49	
4	Vägg	Glas	34,29	12	5,49	
	Värmebrygga					
		Area byggdel	34,29	U-värde byggdel	5,49	
5	Vägg	Glas	5,6	12	5,49	
	Värmebrygga					
		Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	5,49	
6	Vägg	V2	14,28	93	2,21	
	Fönster		0,48		5,75	
	Värmebrygga		Area byggdel	14,76	U-värde byggdel	2,33
7	Vägg	V1	28,2	170	2,31	
			Area byggdel	28,2	U-värde byggdel	2,31
8	Tak	Kryssfannerskiva	89,81	10	4,61	
	Reglar	Trä	16	45	1,84	
	Värmebrygga		1,6		5,26	
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	4,27	
9	Grund		105,81	2		
			Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	2,00
Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde	
		Omslutande Area	320,15	Medel u-värde	3,33	

# Bilaga 1 Mätvärden och beräkningar

Material	$\lambda$ - värde	d(mm)	R- värde
Puts	0,8	25	0,031
Tegel	0,6	120	0,2
Fiberbetongskiva	0,13	8	0,062
Glas	1	12	0,012
Luftspalt	0,4	75	0,17
Gipsskiva	0,2	10	0,05
Trä	0,14	50	0,36
Kryssfanerskiva	0,14	6	0,0429
Fönster	1	4	0,004
Luft vind	0,4	1000	0,004
Vägg		Tak	
Rsi=	0,13	Rsi=	0,1
Rse=	0,04	Rse=	0,04

V1= Puts 25mm Tegel 120mm Puts25mm	U=	2,31
V2= Minerit 8mm Luftspalt 75mm Gips 10mm	U=	2,21
Fönster	U=	5,75
Glas	U=	5,49
Kryssfanerskiva	U=	4,61
Regel	U=	1,84
Påslag 20% vid värmebrygga		5,26

# Bilaga 1 Mätvärden och Beräkningar

Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde
1	Vägg	V2	5,41	170	2,13
	Dörr	Trä	1,49	50	1,90
		Area byggdel	6,9	U-värde byggdel	2,08
2	Vägg	V2	14,3	93	2,13
	Fönster	2st	0,48		5,75
	Värmebrygga				
		Area byggdel	14,78	U-värde byggdel	2,25
3	Vägg	Glas	5,6	12	5,49
	Värmebrygga				
		Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	5,49
4	Vägg	Glas	34,29	12	5,49
	Värmebrygga				
		Area byggdel	34,29	U-värde byggdel	5,49
5	Vägg	Glas	5,6	12	5,49
	Värmebrygga				
		Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	5,49
6	Vägg	V2	14,28	93	2,13
	Fönster		0,48		5,75
	Värmebrygga				
		Area byggdel	14,76	U-värde byggdel	2,25
7	Vägg	V1	28,2	170	2,31
		Area byggdel	28,2	U-värde byggdel	2,31
8	Tak	ssfannerskiva+cellul	89,81	10	0,19
	Reglar	Trä	16	45	0,23
	Värmebrygga		1,6		5,26
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	0,27
9	Grund		105,81	2	
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	2,00
Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde
		Omslutande Area	320,15	Medel u-värde	1,99

# Bilaga 1 Mätvärden och Beräkningar

Material	$\lambda$ - värde	d(mm)	R- värde
Puts	0,8	25	0,031
Tegel	0,6	120	0,2
Fiberbetongskiva	0,13	8	0,062
Glas	1	12	0,012
Luftspalt	0,4	75	0,1875
Gipsskiva	0,2	10	0,05
Trä	0,14	50	0,36
Kryssfanerskiva	0,14	6	0,0429
Fönster	1	4	0,004
Cellulosaisolering	0,04	200	5,00
Cellulosaisolering över regel	0,04	155	3,88
Vägg		Tak	
Rsi=	0,13	Rsi=	0,1
Rse=	0,04	Rse=	0,04
	Area		Tjocklek
	V1= Puts 25mm Tegel 120mm Puts25mm		U= 2,31
	V2= Minerit 8mm Luftspalt 75mm Gips 10mm		U= 2,13
	Fönster		U= 5,75
	Glas		U= 5,49
	Regelar med isolering och skiva		U= 0,23
	Tak		U= 0,19
		Påslag 20% vid värmek	5,26

# Bilaga 1 Mätvärden och beräkningar

Byggdel nr.	Material	Area	Diameter	U värde
1	Vägg	V2	170	0,46
	Dörr	Trä	50	1,90
	Area byggdel	6,9	U-värde byggdel	0,77
2	Vägg	V2	93	0,46
	Fönster	2st		5,75
	Värmebrygga			
	Area byggdel	14,78	U-värde byggdel	0,64
3	Vägg	Glas	12	5,49
	Värmebrygga			
	Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	5,49
4	Vägg	Glas	12	5,49
	Värmebrygga			
	Area byggdel	34,29	U-värde byggdel	5,49
5	Vägg	Glas	12	5,49
	Värmebrygga			
	Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	5,49
6	Vägg	V2	93	0,46
	Fönster			5,75
	Värmebrygga			
	Area byggdel	14,76	U-värde byggdel	0,64
7	Vägg	V1	170	2,31
	Area byggdel	28,2	U-värde byggdel	2,31
8	Tak	Kryssfannerskiva	10	4,61
	Reglar	Trä	45	1,84
	Värmebrygga			5,26
	Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	4,27
9	Grund		2	
	Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	2,00
Byggdel nr.	Material	Area	Diameter	U värde
	Omslutande Are:	320,15	Medel u-värde	3,13

# Bilaga 1 Mätvärden och beräkningar

Material	$\lambda$ - värde	d(mm)	R- värde
Puts	0,8	25	0,031
Tegel	0,6	120	0,2
Fiberbetongskiva	0,13	8	0,062
Glas	1	12	0,012
Luftspalt	0,4	75	0,1875
Gipsskiva	0,2	10	0,05
Trä	0,14	50	0,36
Kryssfanerskiva	0,14	6	0,0429
Fönster	1	4	0,004
Luft vind	0,4	1000	0,004
Cellulosa	0,04	75	1,875

Vägg		Tak	
Rsi=	0,13	Rsi=	0,1
Rse=	0,04	Rse=	0,04
	Area		Tjocklek

V1= Puts 25mm Tegel 120mm Puts25mm	U=	2,31
V2= Minerit 8mm cellulosa 75mm Gips 10mm	U=	0,46
Fönster	U=	5,75
Glas	U=	5,49
Kryssfanerskiva	U=	4,61
	Påslag 20% vid värmebrygga	5,26

# Bilaga 1 Mätvärden och beräkningar

Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde
1	Vägg	V2	5,41	170	2,21
	Dörr	Trä	1,49	50	1,90
		Area byggdel	6,9	U-värde byggdel	2,14
2	Vägg	V2	14,3	93	2,21
	Fönster	2st	0,48		5,75
	Värmebrygga	Area byggdel	14,78	U-värde byggdel	2,33
3	Vägg	Glas	5,6	12	2,80
	Värmebrygga	Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	2,80
4	Vägg	Glas	34,29	12	2,80
	Värmebrygga	Area byggdel	34,29	U-värde byggdel	2,80
5	Vägg	Glas	5,6	12	2,80
	Värmebrygga	Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	2,80
6	Vägg	V2	14,28	93	2,21
	Fönster		0,48		5,75
	Värmebrygga	Area byggdel	14,76	U-värde byggdel	2,33
7	Vägg	V1	28,2	170	2,31
		Area byggdel	28,2	U-värde byggdel	2,31
8	Tak	Kryssfanerskiva	89,81	10	4,61
	Reglar	Trä	16	45	1,84
	Värmebrygga		1,6		5,26
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	4,27
9	Grund		105,81	2	
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	2,00
Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde
		Omslutande Area	320,15	Medel u-värde	2,94

# Bilaga 1 Mätvärden och beräkningar

Material	$\lambda$ - värde	d(mm)	R- värde
Puts	0,8	25	0,031
Tegel	0,6	120	0,2
Fiberbetongskiva	0,13	8	0,062
Glas	1	12	0,012
Luftspalt	0,4	75	0,17
Gipsskiva	0,2	10	0,05
Trä	0,14	50	0,36
Kryssfanerskiva	0,14	6	0,0429
Fönster	1	4	0,004
Luft vind	0,4	1000	0,004

Vägg		Tak	
Rsi=	0,13	Rsi=	0,1
Rse=	0,04	Rse=	0,04

Area

Tjocklek

V1= Puts 25mm Tegel 120mm Puts25mm	U=	2,31
V2= Minerit 8mm Luftspalt 75mm Gips 10mm	U=	2,21
Fönster	U=	5,75
Glas	U=	5,49
Kryssfanerskiva	U=	4,61
Regel	U=	1,84
Glasparti dubbelglas	U=	2,80
Påslag 20% vid värmebrygga		5,26

Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde
1	Vägg	V2	5,41	170	0,46
	Dörr	Trä	1,49	50	1,90
		Area byggdel	6,9	U-värde byggdel	0,77
2	Vägg	V2	14,3	93	0,46
	Fönster	2st	0,48		5,75
	Värmebrygga				
		Area byggdel	14,78	U-värde byggdel	0,63
3	Vägg	Glas	5,6	12	1,10
	Värmebrygga				
		Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	1,10
4	Vägg	Glas	34,29	12	1,10
	Värmebrygga				
		Area byggdel	34,29	U-värde byggdel	1,10
5	Vägg	Glas	5,6	12	1,10
	Värmebrygga				
		Area byggdel	5,6	U-värde byggdel	1,10
6	Vägg	V2	14,28	93	0,46
	Fönster		0,48		5,75
	Värmebrygga				
		Area byggdel	14,76	U-värde byggdel	0,63
7	Vägg	V1	28,2	170	2,31
		Area byggdel	28,2	U-värde byggdel	2,31
8	Tak	Kryssfannerskiva	89,81	10	0,19
	Reglar	Trä	16	45	0,23
	Värmebrygga		1,6		5,26
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	0,28
9	Grund		105,81	2	
		Area byggdel	105,81	U-värde byggdel	2,00
Byggdel nr.		Material	Area	Diameter	U värde
		Omslutande Area	320,15	Medel u-värde	1,19

K

Material	$\lambda$ - värde	d(mm)	R- värde
Puts	0,8	25	0,031
Tegel	0,6	120	0,2
Fiberbetongskiva	0,13	8	0,062
Glas	1	12	0,012
Luftspalt	0,4	75	0,17
Gipsskiva	0,2	10	0,05
Trä	0,14	50	0,36
Kryssfanerskiva	0,14	6	0,0429
Fönster	1	4	0,004
Luft vind	0,4	1000	0,004
Vägg		Tak	
Rsi=	0,13	Rsi=	0,1
Rse=	0,04	Rse=	0,04

V1= Puts 25mm Tegel 120mm Puts25mm

U=

V2= Minerit 8mm Cellulosaisolering 75mm Gips 10mm

U=

Fönster

U=

Glaskasett

U=

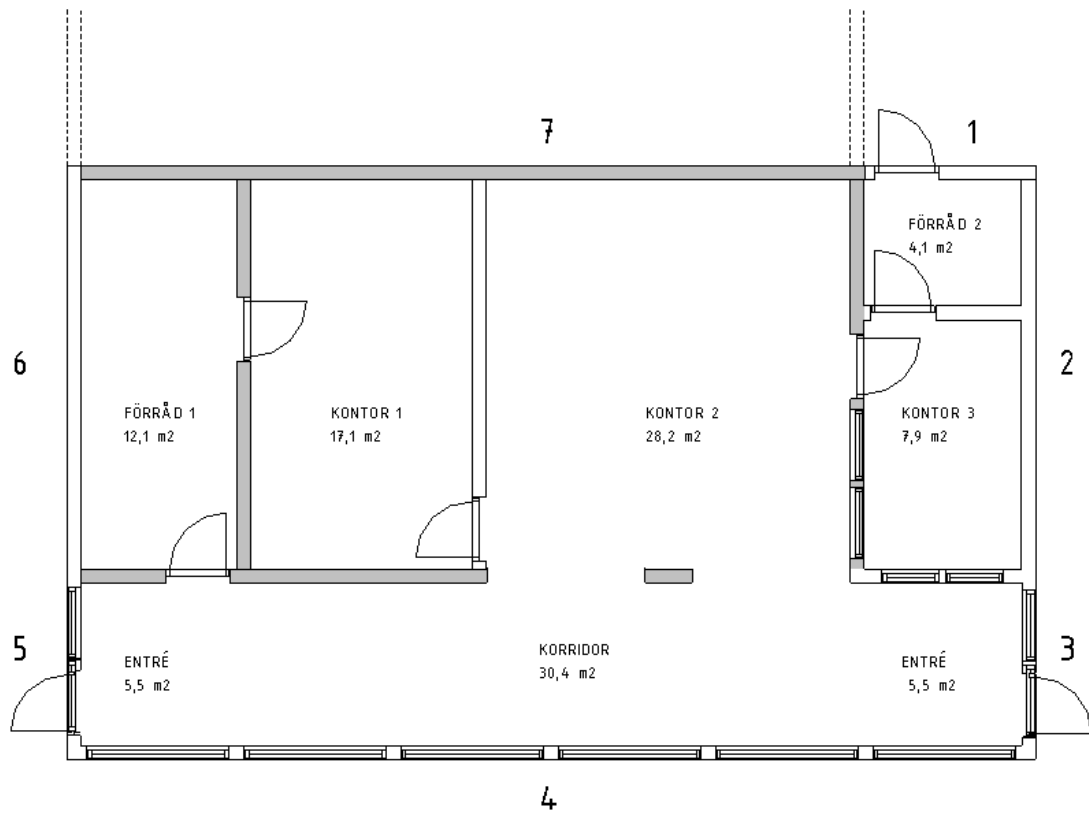
Kryssfanerskiva med isolering

U=

Regel

U=

Påslag 20% vid värmebrygga



## Project Data

Project Name           UBAYA PSET BUILDING BILAGA 2A

Project Number

Client

Contact Person

City/Zip

Street

Phone

Fax

e-mail

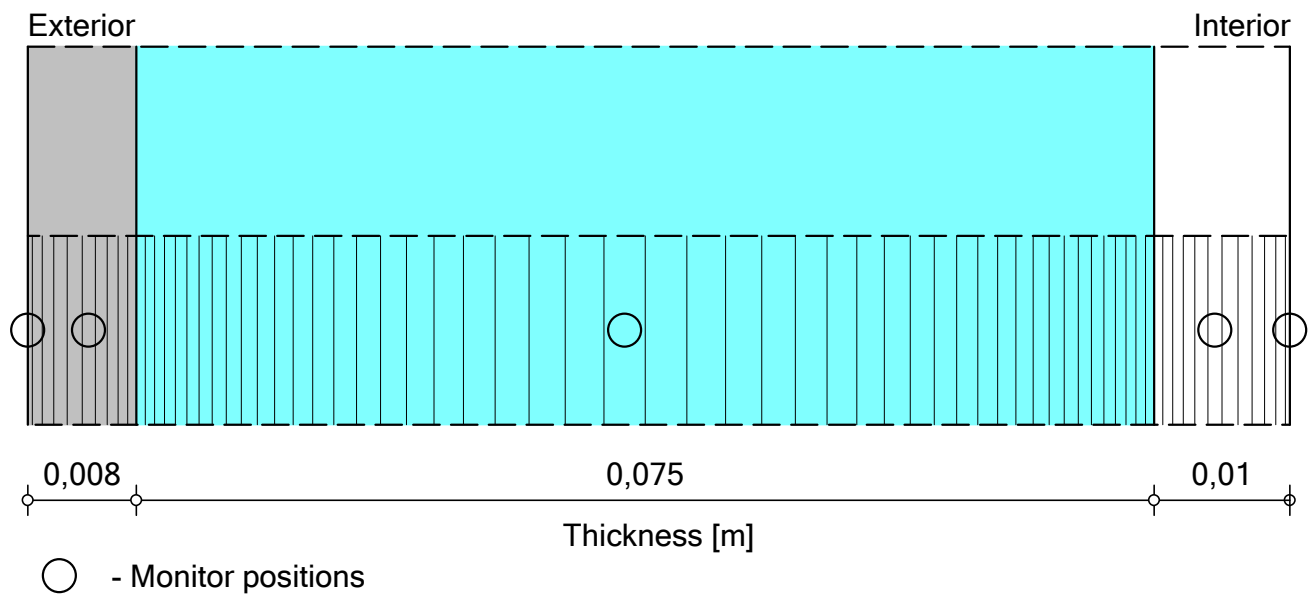
Responsible

Remarks




Date                    2015-04-10

## Component Assembly

Case: #4 V ägg utan åtgärd



## Materials:

	- Fibrecementboard	0,008 m
	- Air Layer 70 mm	0,075 m
	- Gypsumboard, interior	0,01 m

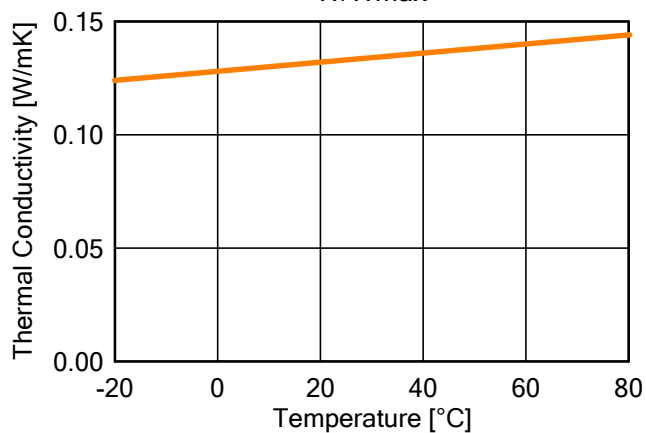
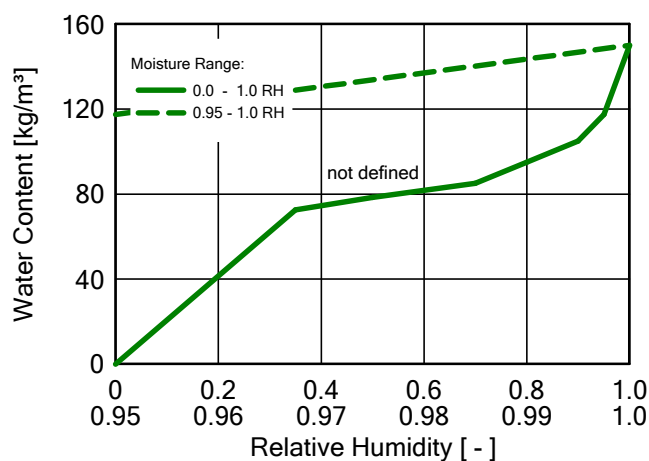
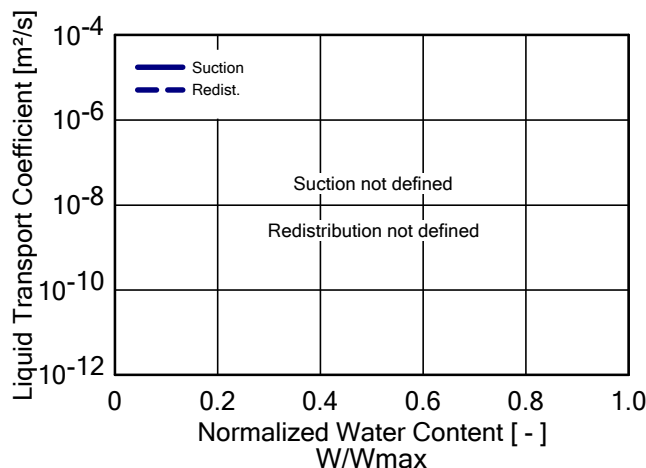
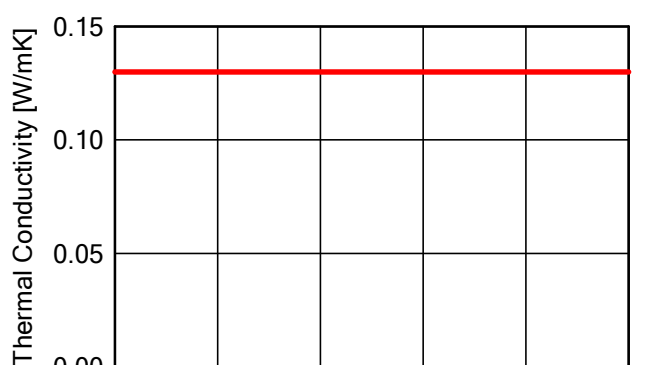
Total Thickness: 0,09 m

R-Value: 0,3 m<sup>2</sup>K/WU-Value: 2,132 W/m<sup>2</sup>K

Material: Fibrecementboard

Checking Input Data

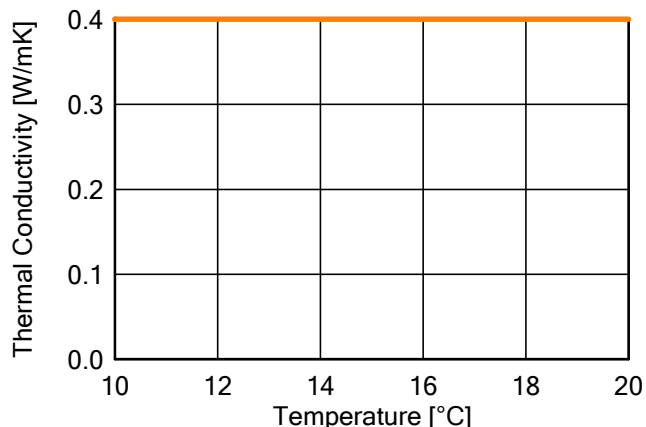
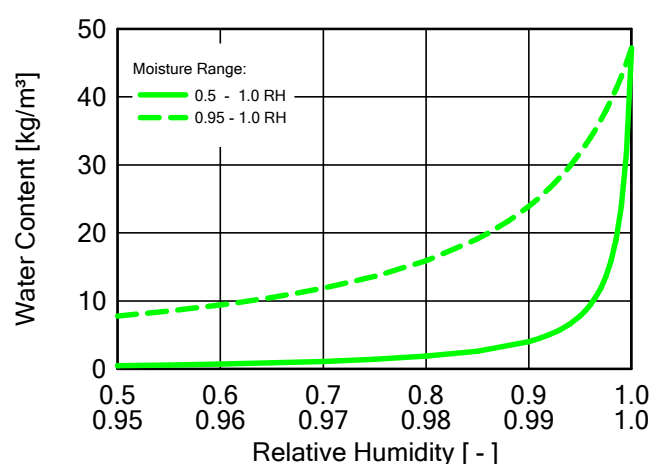
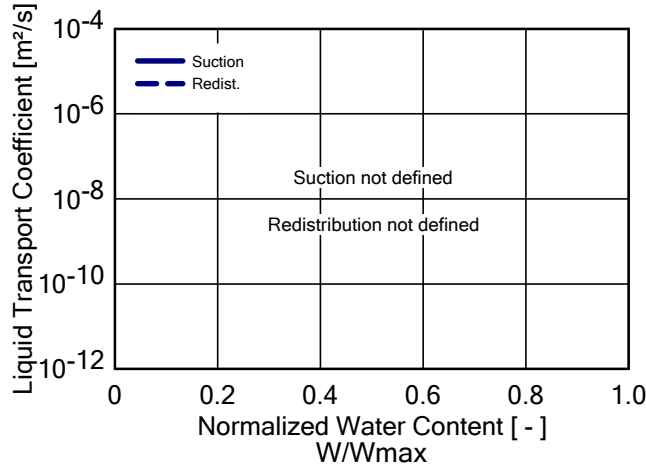
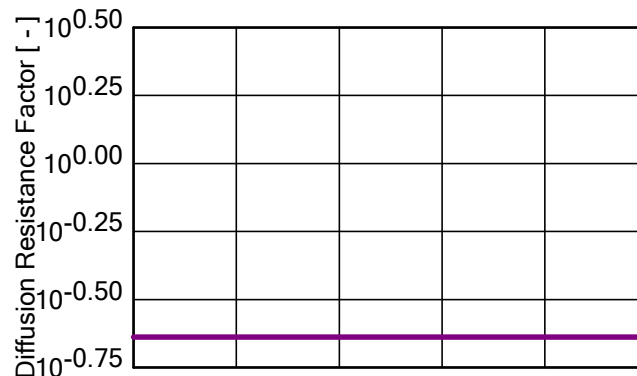
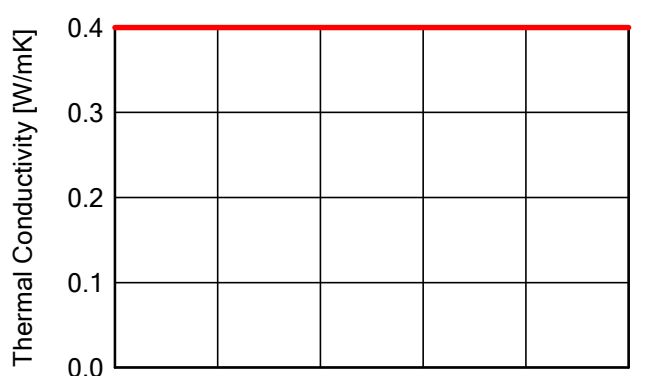
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1610,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,15
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	83,3
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Air Layer 70 mm

Checking Input Data

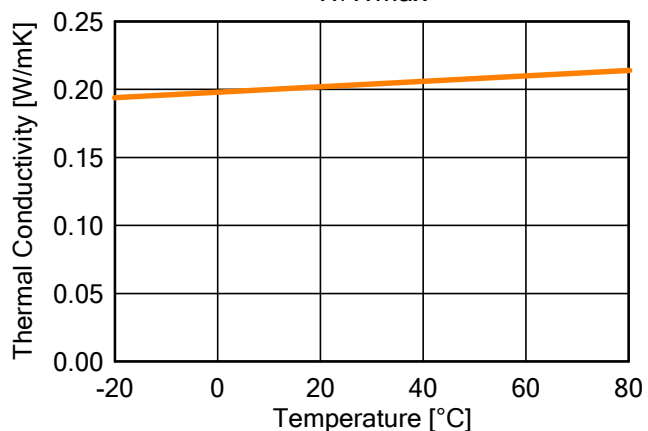
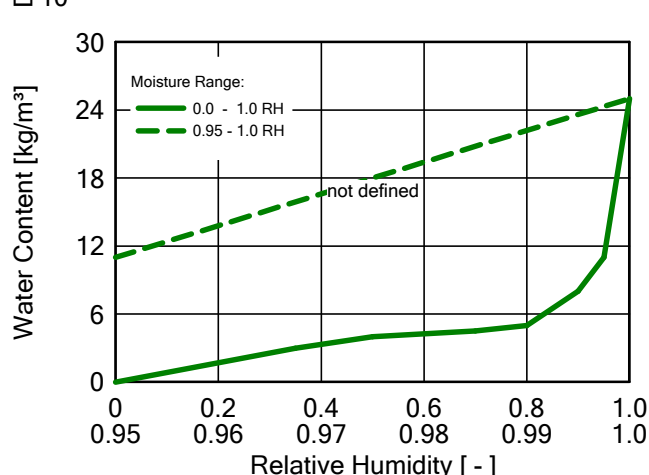
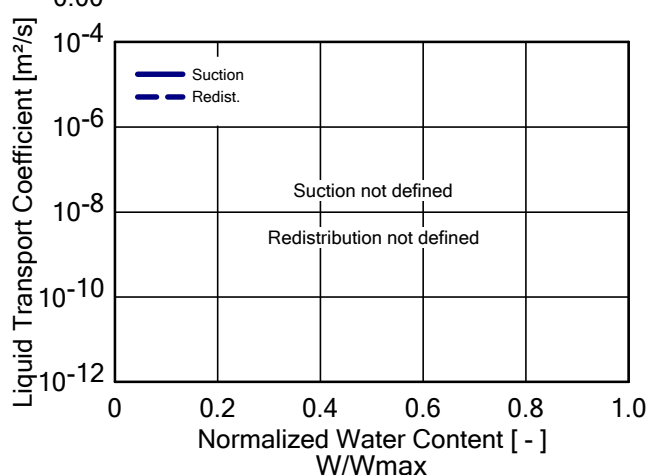
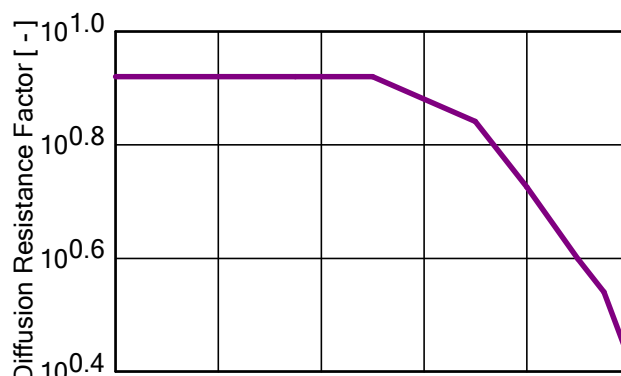
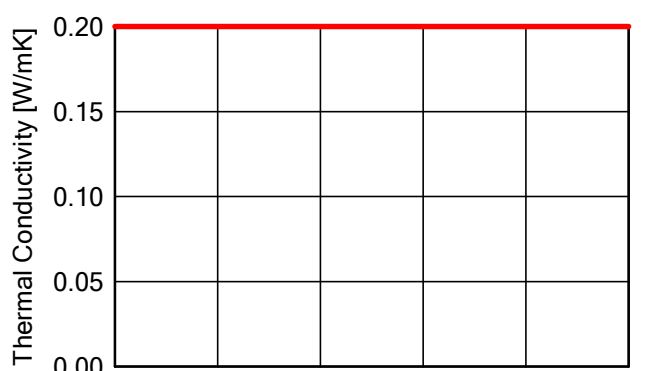
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,3
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,999
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1000,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,4
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	0,23



Material: Gypsumboard, interior

Checking Input Data

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	625,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,73
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,2
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	8,33
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



## Boundary Conditions

### Exterior (Left Side)

Location: SGP\_Singapore.486980\_IWEC.epw  
 Orientation / Inclination: East / 90 °

### Interior (Right Side)

Indoor Climate: ASHRAE 160P  
 Air-conditioning; 7 °C; 18 °C; 24 °C  
 M.Rate 8,06E-5 kg/s; A.Ch.Rate 4,3 1/h; Vol. 260 m<sup>3</sup>  
 Humidity Ratio Wo -1,0000 kg/kg

## Surface Transfer Coefficients

### Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[m <sup>2</sup> K/W]	0,04 yes
Sd-Value	No coating	[m]	----
Short-Wave Radiation Absorptivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Long-Wave Radiation Emissivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Adhering Fraction of Rain	Depending on inclination c	[ - ]	0,7
Explicit Radiation Balance			no

### Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[m <sup>2</sup> K/W]	0,13
Sd-Value	No coating	[m]	----

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	2015-04-14 15:04:37
Computing Time	1 min,46 sec.
Begin / End of calculation	2012-03-01 / 2015-03-01
No. of Convergence Failures	0

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 35,67
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 35,73
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,06
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,06

Water Content [kg/m<sup>2</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	0,86	0,8	0,73	0,92

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
Fibreboard	95,00	88,75	81,17	101,07
Air Layer 70 mm	0,70	0,70	0,58	0,94
Gypsumboard, interior	4,50	4,26	4,18	4,50

## Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	789,6
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	789,34
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	35,68
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	35,73

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	0,0
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0

## Project Data

Project Name           UBAYA PSET BUILDING BILAGA 2B

Project Number

Client

Contact Person

City/Zip

Street

Phone

Fax

e-mail

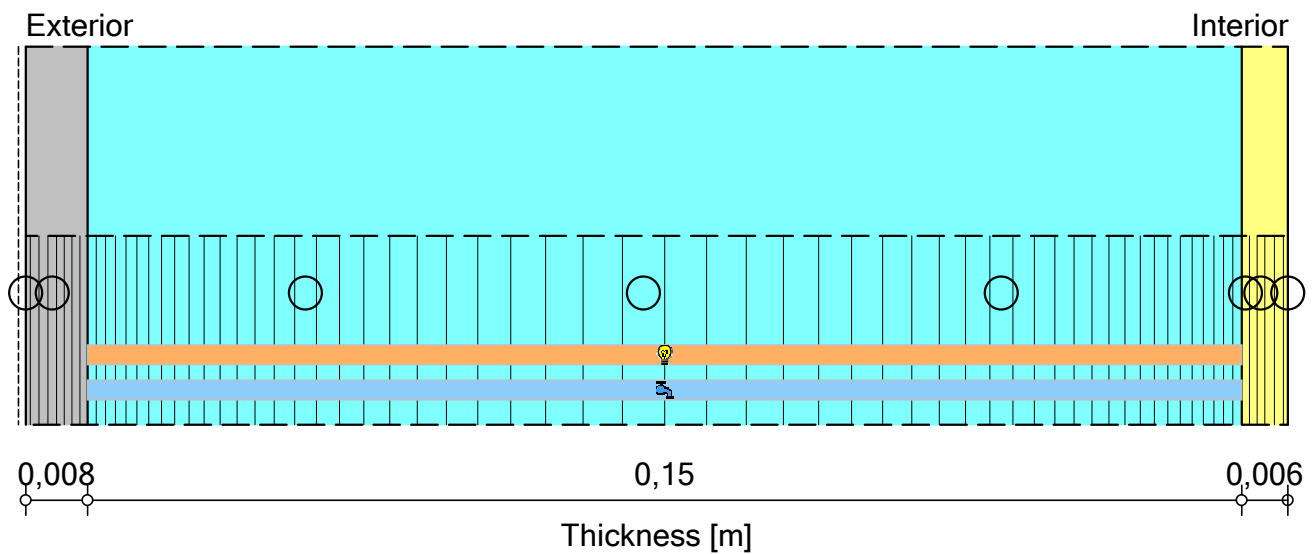
Responsible

Remarks

Date                    2015-04-10

## Component Assembly




Case: #5 Tak utan åtgärd



○ - Monitor positions

💡/🔧 - Heat/Moisture source/sink positions

## Materials:

	- Fibrecementboard	0,008 m
	- Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity	0,15 m
	- Woodfibreboard, hard	0,006 m

Sd-Value Ext. [m]: 2

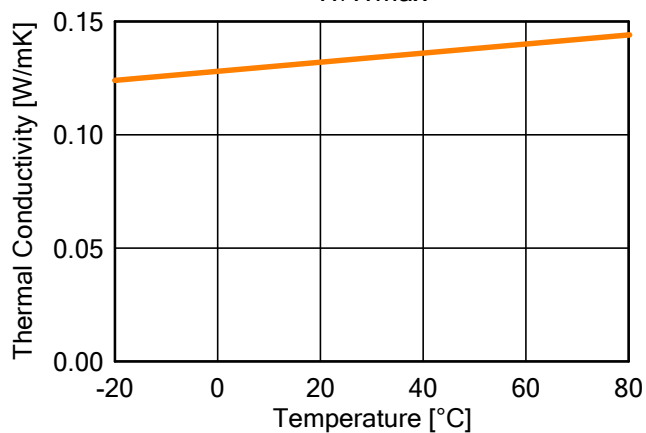
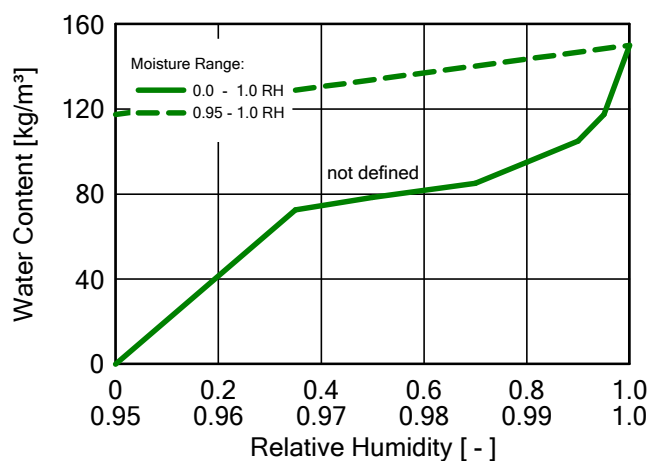
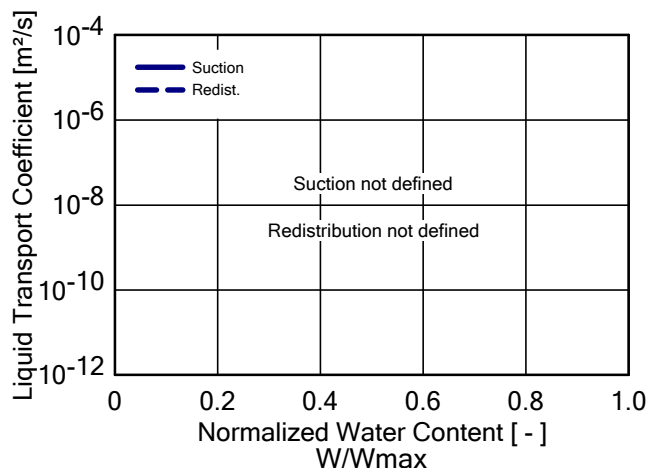
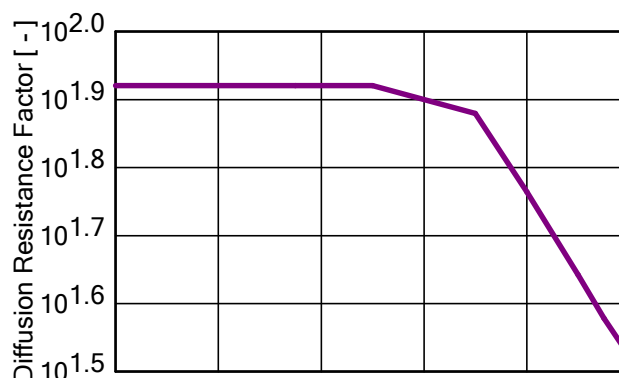
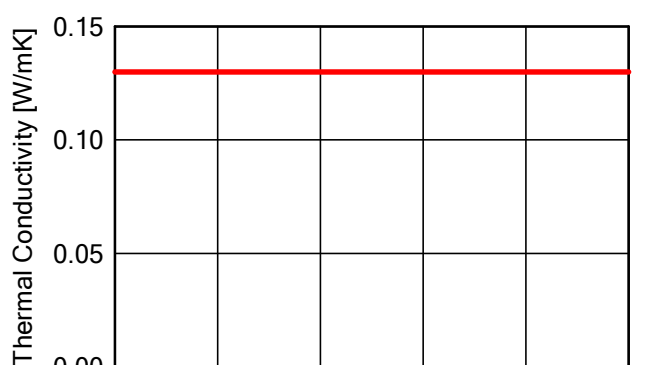
Total Thickness: 0,16 m

R-Value: 0,27 m<sup>2</sup>K/WU-Value: 2,455 W/m<sup>2</sup>K

Material: Fibrecementboard

Checking Input Data

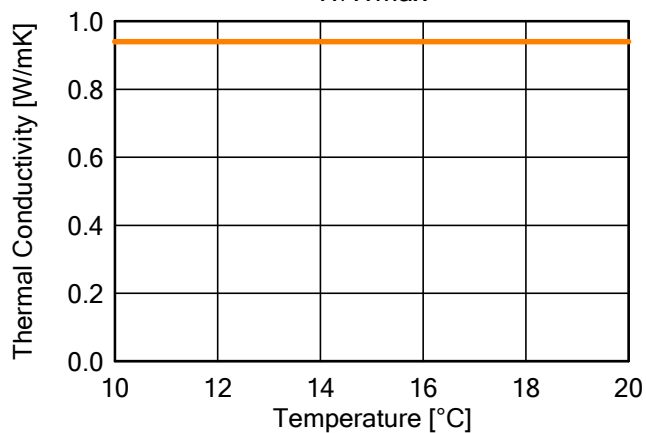
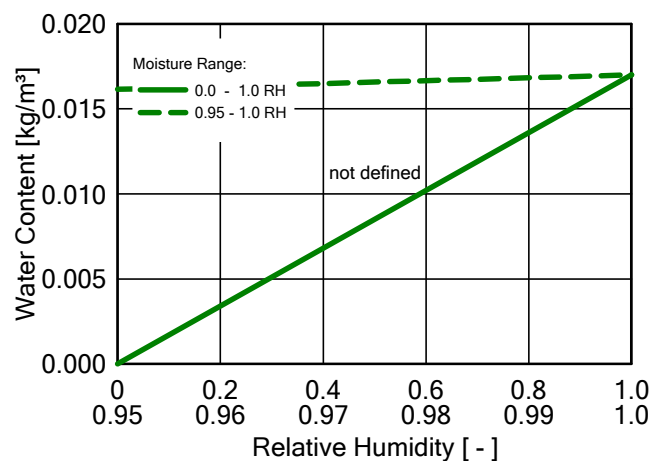
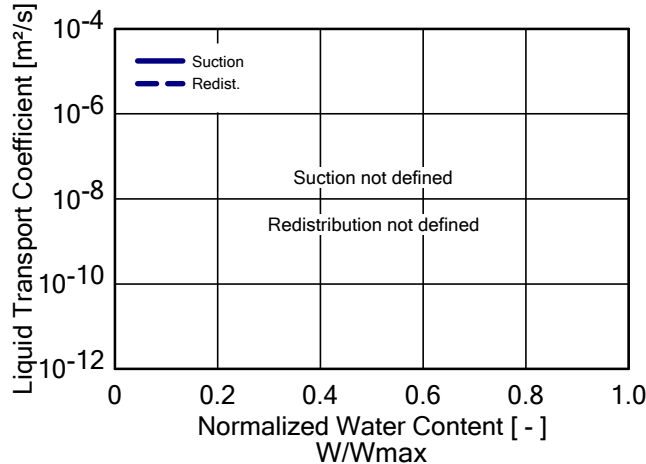
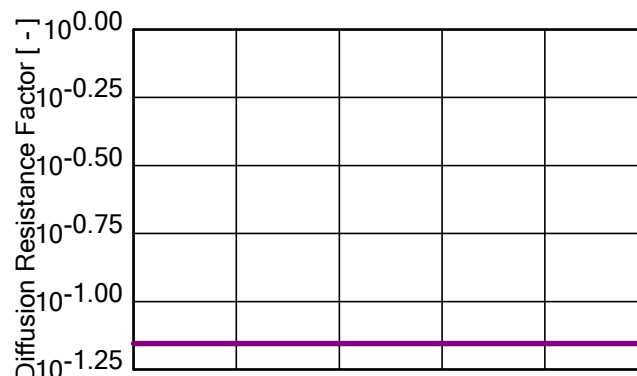
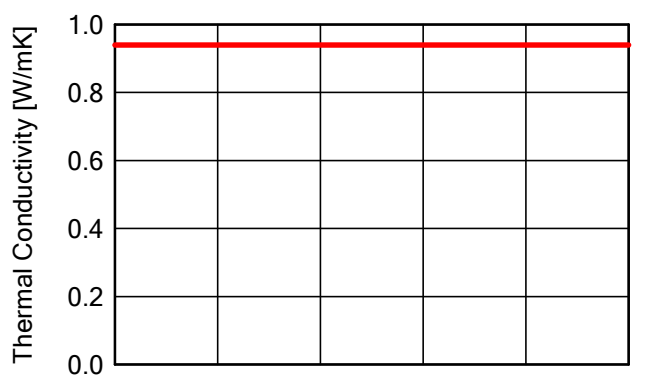
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1610,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,15
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	83,3
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity

Checking Input Data

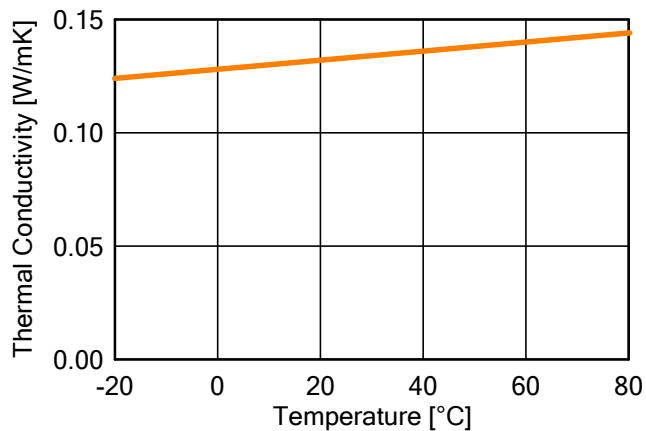
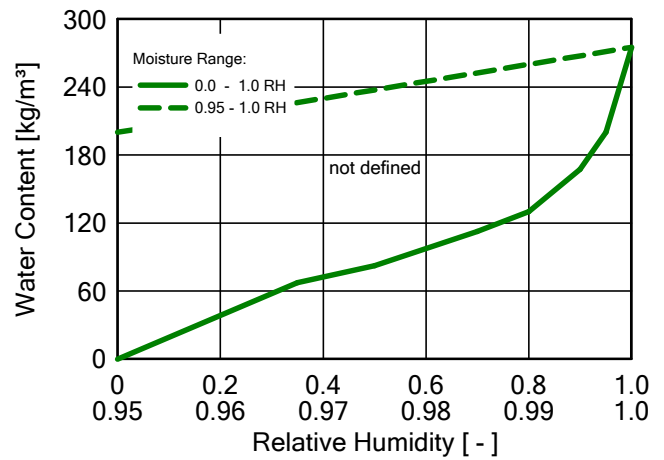
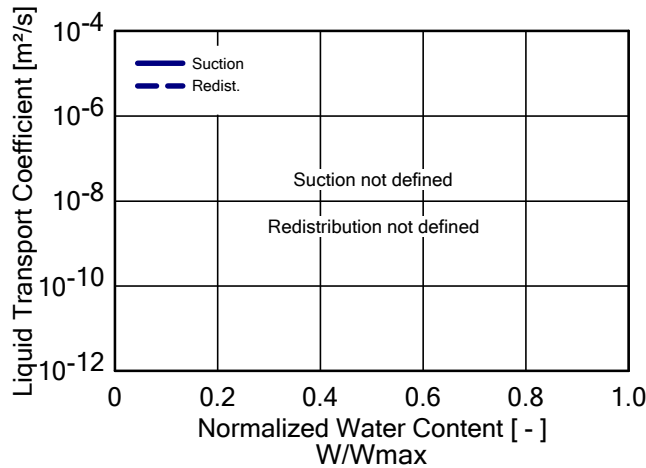
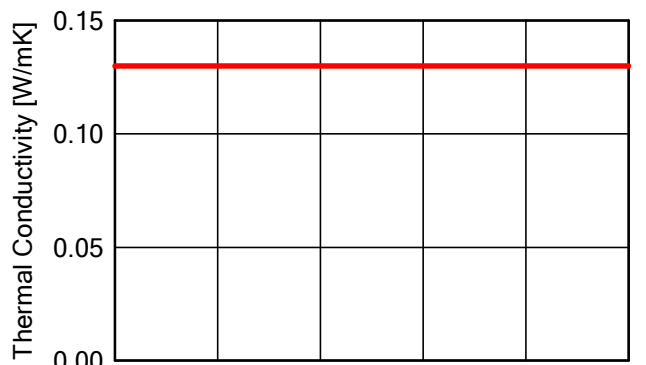
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,3
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,999
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1000,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,94
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	0,07



Material: Woodfibreboard, hard

Checking Input Data

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	959,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,41
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1700,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	227,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



## Boundary Conditions

### Exterior (Left Side)

Location: SGP\_Singapore.486980\_IWEC.epw  
 Orientation / Inclination: North / 14 °

### Interior (Right Side)

Indoor Climate: ASHRAE 160P  
 Air-conditioning; 7 °C; 18 °C; 24 °C  
 M.Rate 8,06E-5 kg/s; A.Ch.Rate 4,3 1/h; Vol. 260 m<sup>3</sup>  
 Humidity Ratio Wo -1,0000 kg/kg

## Surface Transfer Coefficients

### Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[m <sup>2</sup> K/W]	0,04 yes
Sd-Value	Tiles	[m]	2
Short-Wave Radiation Absorptivity	Roofing, sheet, black matt	[ - ]	0,87
Long-Wave Radiation Emissivity	Roofing, sheet, black matt	[ - ]	0,9
Adhering Fraction of Rain	No absorption	[ - ]	----
Explicit Radiation Balance			yes
Terrestrial Short-Wave Reflectivity		[ - ]	0,2
Terrestrial Long-Wave Emissivity		[ - ]	0,9
Terrestrial Long-Wave Reflectivity		[ - ]	0,1
Cloud Index		[ - ]	0,66

### Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[m <sup>2</sup> K/W]	0,1
Sd-Value	No coating	[m]	----

## Sources, Sinks

**Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity**

Name	Type		
Source1	<i>Air Change Source</i>		
	Whole Layer		
	mix with air from left-hand side		
	Air Changes	[1/h]	0,1

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	2015-04-18 18:20:00
Computing Time	1 min,26 sec.
Begin / End of calculation	2012-03-01 / 2015-03-01
No. of Convergence Failures	0

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 5,16
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 7,57
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,14
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,27

Water Content [kg/m<sup>2</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	1,34	1,2	1,16	1,36

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
Fibreceamentboard	95,00	77,62	73,22	95,79
Air Layer 150 mm; without additional	0,10	0,01	0,01	0,10
Woodfibreboard, hard	95,00	96,17	93,41	110,66

## Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	1915,71
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	1914,0
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	5,15
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	7,57

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-0,47
Source1 (Air Change Source)	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-0,47
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	2,138
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0
Source1 (Air Change Source)	[kg/m <sup>2</sup> ]	2,138

## Project Data

Project Name           UBAYA PSET BUILDING BILAGA 3

Project Number

Client

Contact Person

City/Zip

Street

Phone

Fax

e-mail

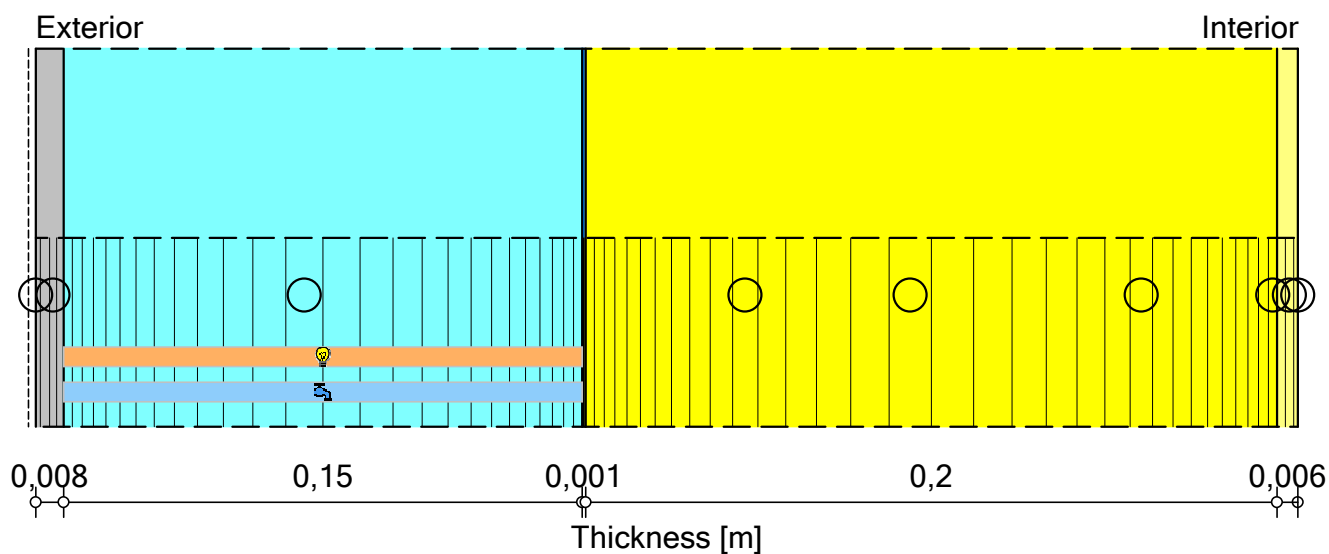
Responsible

Remarks

Date                    2015-04-10

## Component Assembly





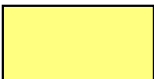
Case: #6 Tak åtgärd 200mm cell+fuktspärr



○ - Monitor positions

💡/👤 - Heat/Moisture source/sink positions

## Materials:

	- Fibrecementboard	0,008 m
	- Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity	0,15 m
	- vapour retarder (sd=20m)	0,001 m
	- Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)	0,2 m
	- Woodfibreboard, hard	0,006 m

Sd-Value Ext. [m]: 2

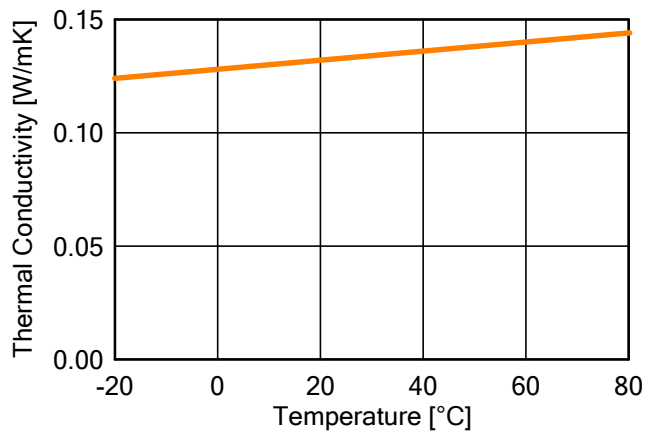
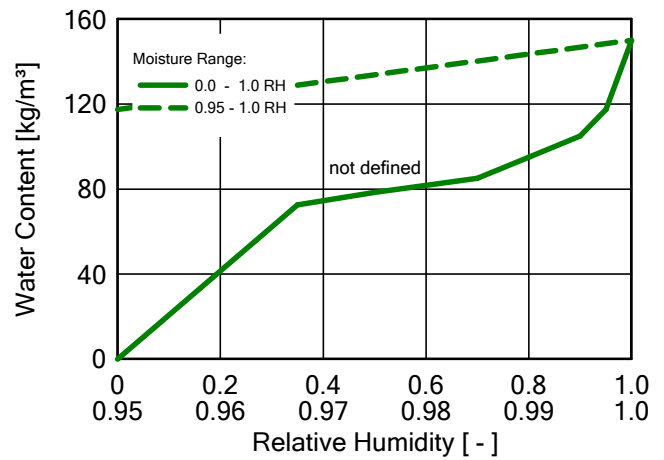
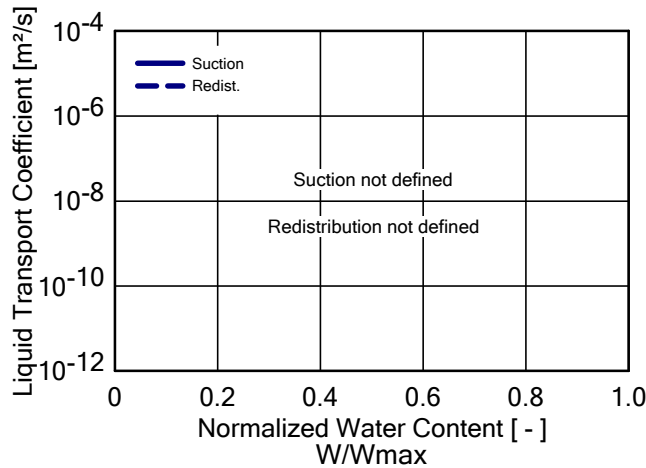
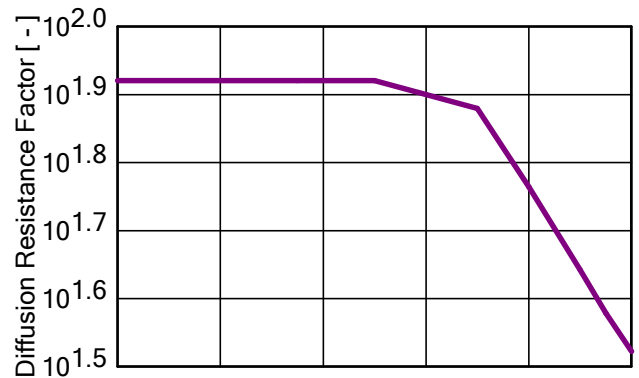
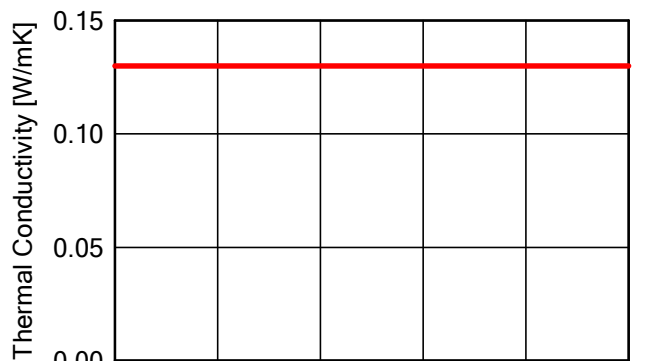
Total Thickness: 0,37 m

R-Value: 4,54 m<sup>2</sup>K/WU-Value: 0,214 W/m<sup>2</sup>K

Material: Fibrecementboard

Checking Input Data

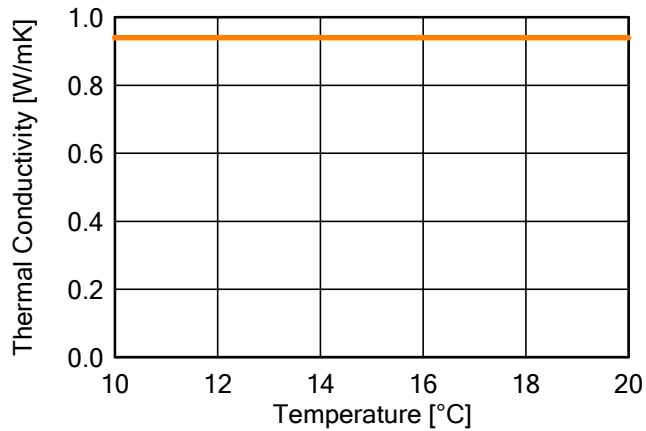
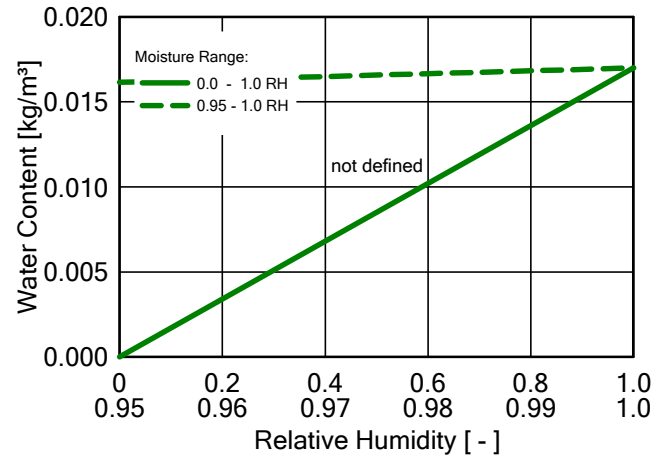
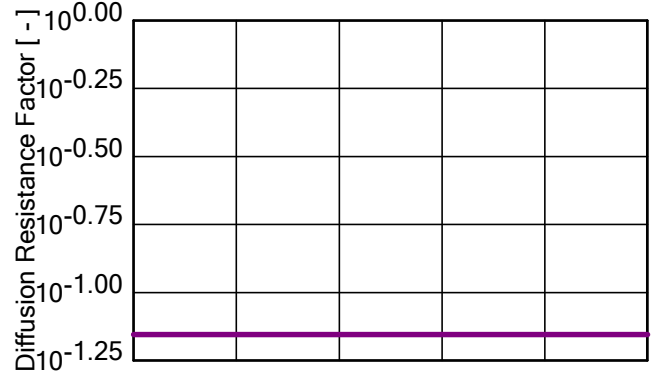
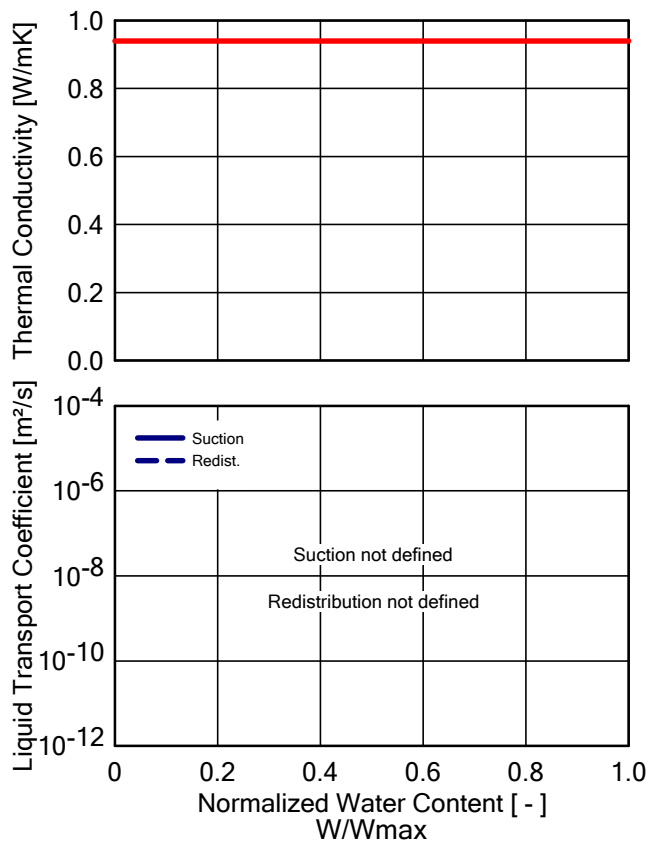
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1610,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,15
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	83,3
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity

Checking Input Data

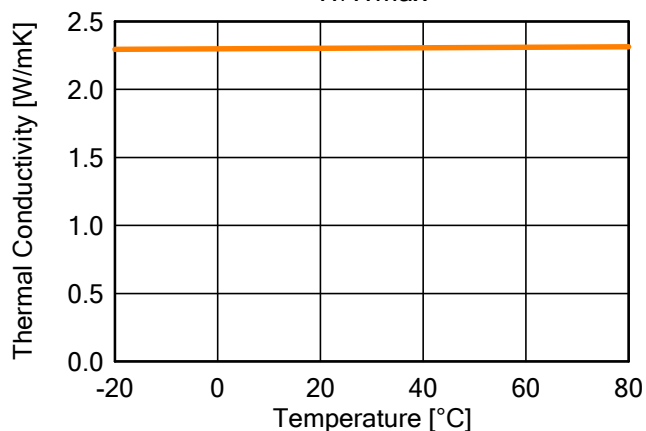
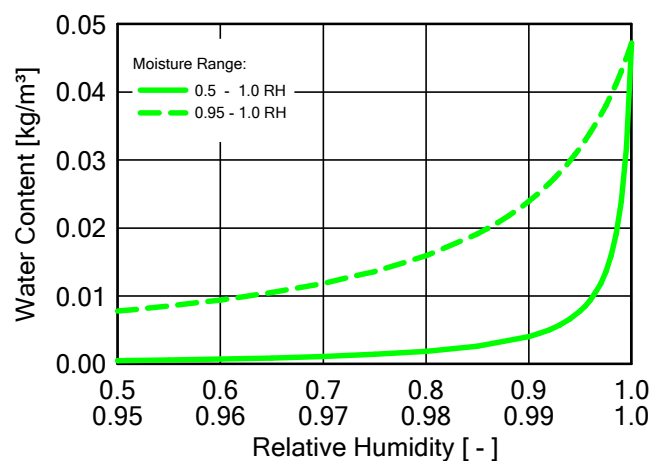
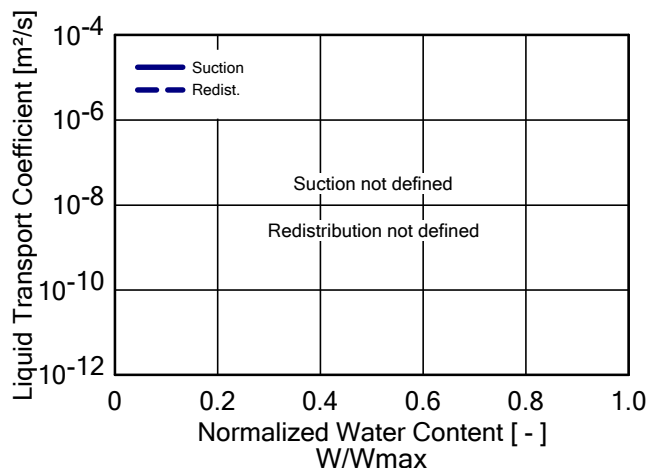
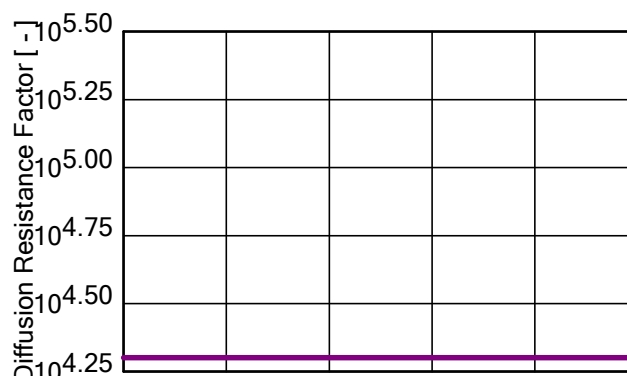
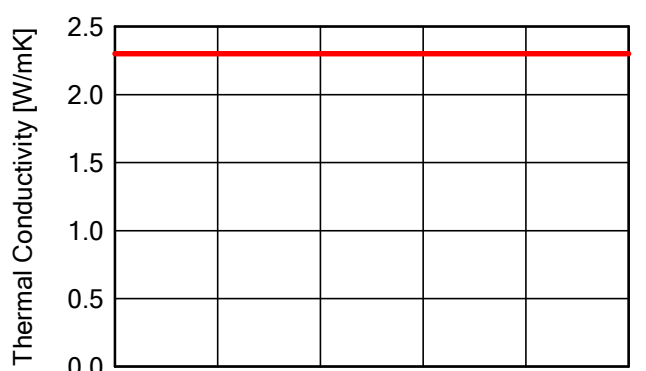
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,3
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,999
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1000,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,94
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	0,07



Material: vapour retarder (sd=20m)

Checking Input Data

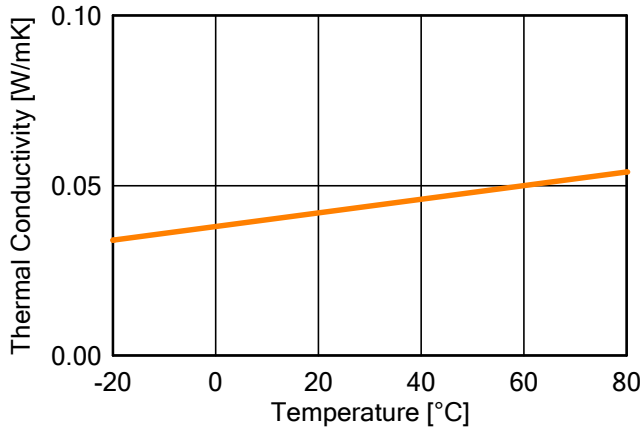
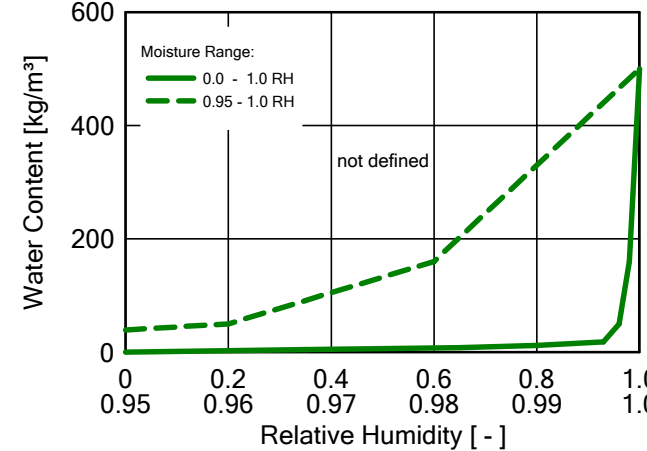
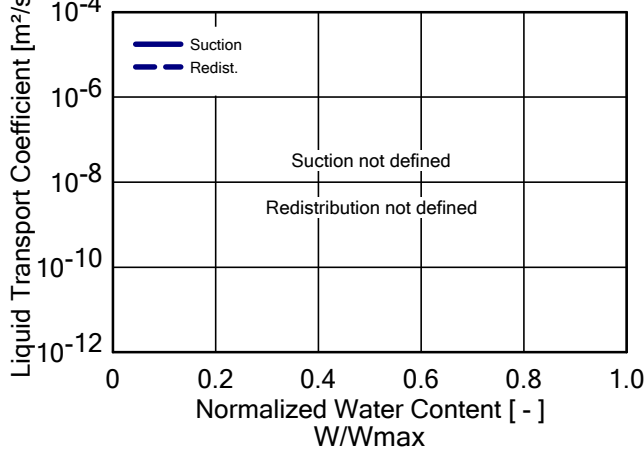
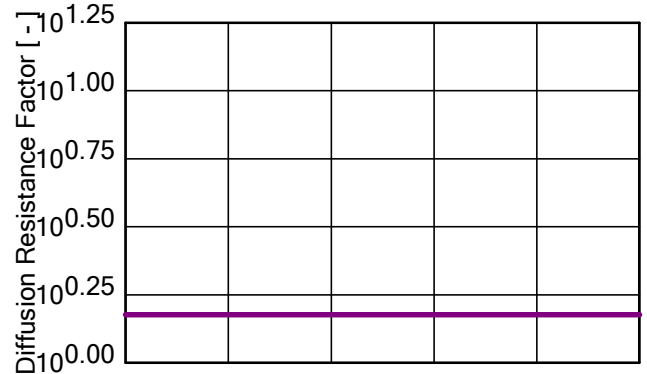
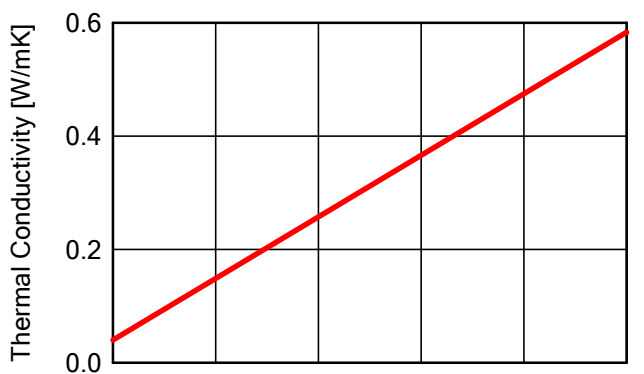
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	130,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,001
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	2300,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	2,3
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	20000,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)

Checking Input Data

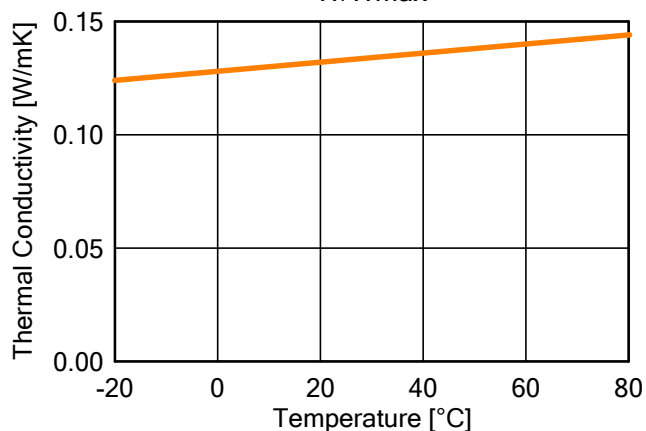
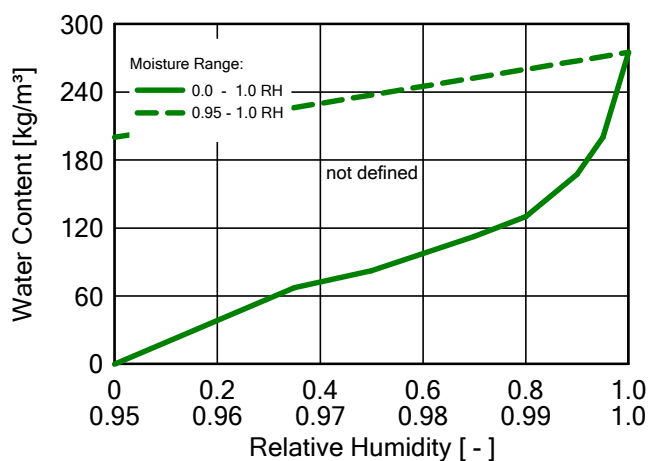
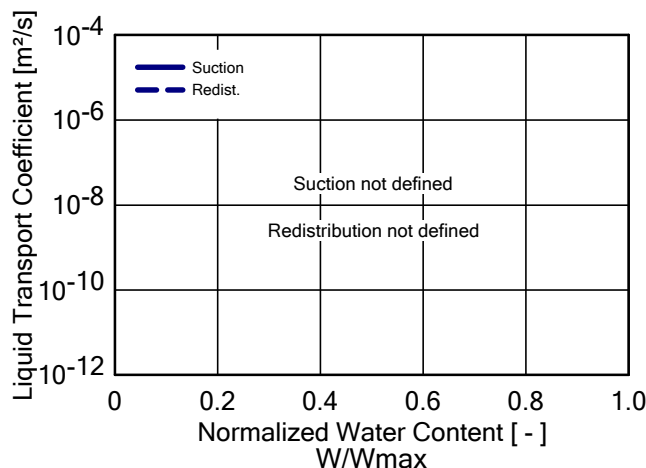
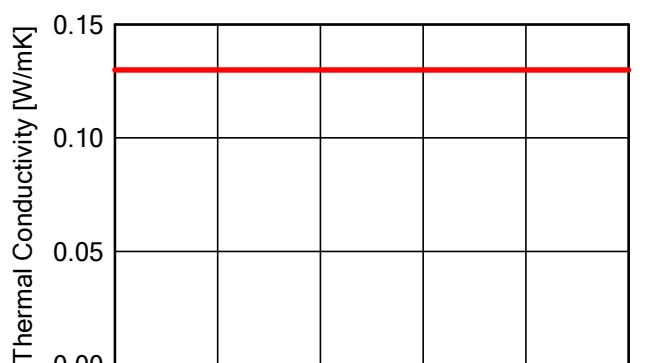
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	70,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	2500,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	1,5
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	1,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Woodfibreboard, hard

Checking Input Data

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	959,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,41
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1700,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	227,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



## Boundary Conditions

### Exterior (Left Side)

Location: SGP\_Singapore.486980\_IWEC.epw  
 Orientation / Inclination: North / 14 °

### Interior (Right Side)

Indoor Climate: ASHRAE 160P  
 Air-conditioning; 7 °C; 18 °C; 24 °C  
 M.Rate 8,06E-5 kg/s; A.Ch.Rate 4,3 1/h; Vol. 260 m<sup>3</sup>  
 Humidity Ratio Wo -1,0000 kg/kg

## Surface Transfer Coefficients

### Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[m <sup>2</sup> K/W]	0,04 yes
Sd-Value	Tiles	[m]	2
Short-Wave Radiation Absorptivity	Roofing, sheet, black matt	[-]	0,87
Long-Wave Radiation Emissivity	Roofing, sheet, black matt	[-]	0,9
Adhering Fraction of Rain	No absorption	[-]	----
Explicit Radiation Balance			yes
Terrestrial Short-Wave Reflectivity		[-]	0,2
Terrestrial Long-Wave Emissivity		[-]	0,9
Terrestrial Long-Wave Reflectivity		[-]	0,1
Cloud Index		[-]	0,66

### Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[m <sup>2</sup> K/W]	0,1
Sd-Value	No coating	[m]	----

## Sources, Sinks

## Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity

Name	Type		
Source1	<i>Air Change Source</i>		
	Whole Layer		
	mix with air from left-hand side		
	Air Changes	[1/h]	0,1

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	2015-04-18 18:23:30
Computing Time	1 min,43 sec.
Begin / End of calculation	2012-03-01 / 2015-03-01
No. of Convergence Failures	0

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 0,26
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 1,11
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,01
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,46

Water Content [kg/m<sup>2</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	2,53	2,52	2,47	2,59

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
Fibreboard	80,00	78,99	76,65	84,44
Air Layer 150 mm; without additional vapour retarder (sd=20m)	0,01	0,01	0,01	0,01
Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)	6,40	6,37	6,15	6,57
Woodfibreboard, hard	102,00	102,36	97,86	103,69

## Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	174,49
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	170,38
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,26
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	1,11

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-1,97
Source1 (Air Change Source)	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-1,97
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,39
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	7,1E-7
Source1 (Air Change Source)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,39

## Project Data

Project Name           UBAYA PSET BUILDING BILAGA 4

Project Number

Client

Contact Person

City/Zip

Street

Phone

Fax

e-mail

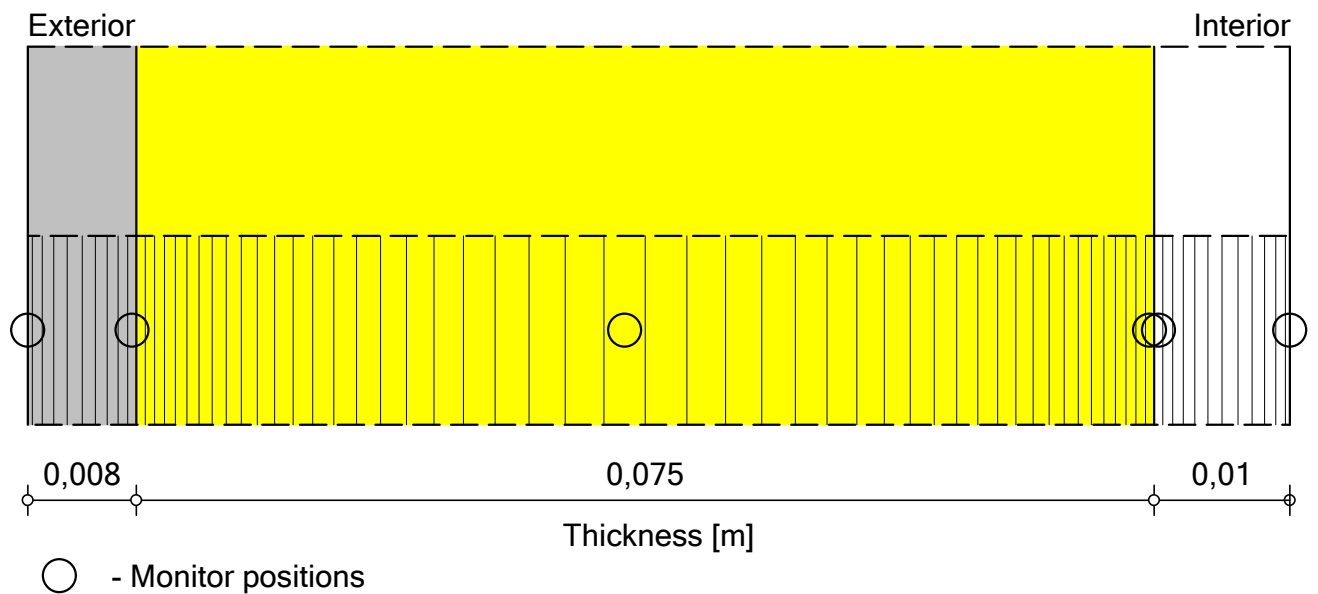
Responsible

Remarks




Date                    2015-04-10

## Component Assembly

Case: #3 Åtgärd vägg cell 75mm



## Materials:

	- Fibrecementboard	0,008 m
	- Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)	0,075 m
	- Gypsumboard, interior	0,01 m

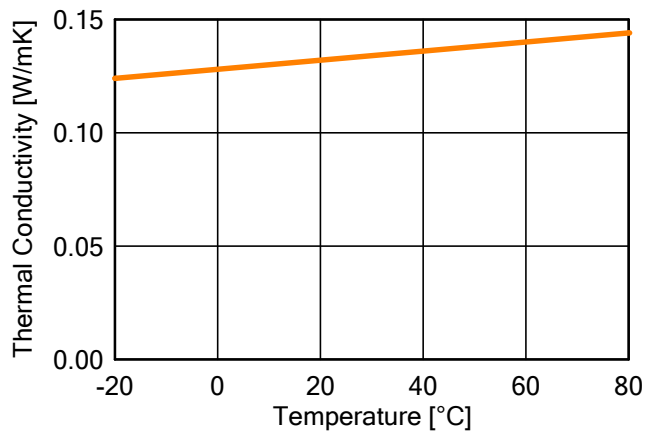
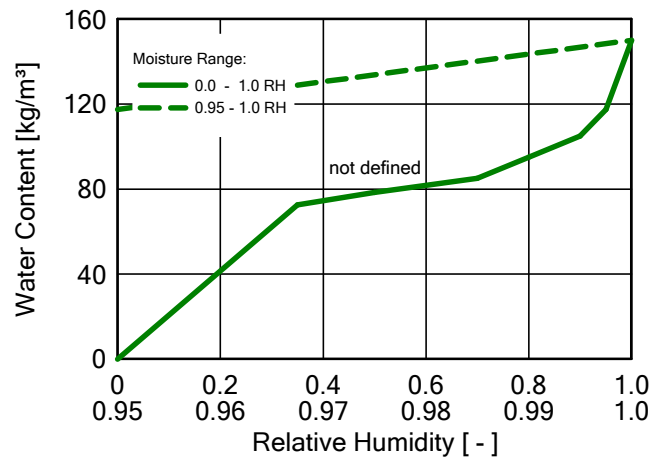
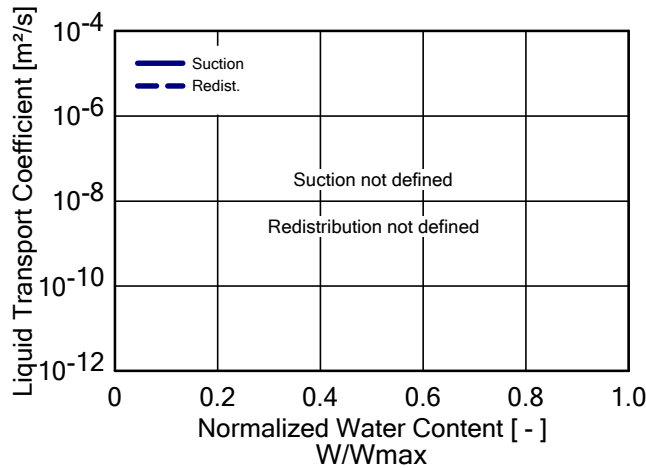
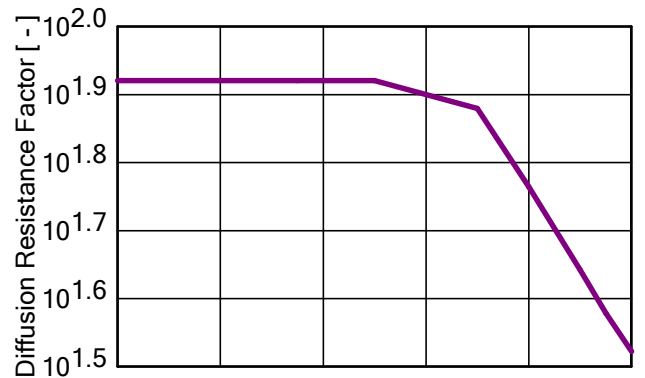
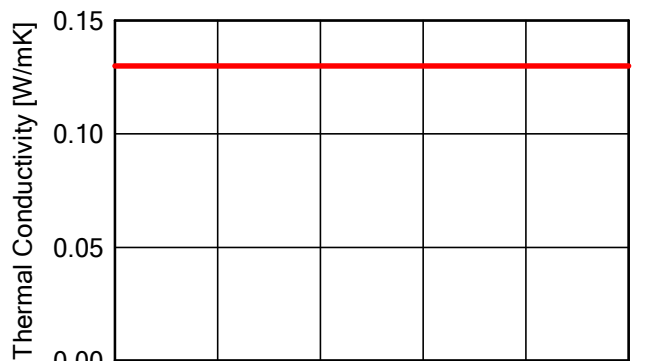
Total Thickness: 0,09 m

R-Value: 1,71 m<sup>2</sup>K/WU-Value: 0,531 W/m<sup>2</sup>K

Material: Fibrecementboard

Checking Input Data

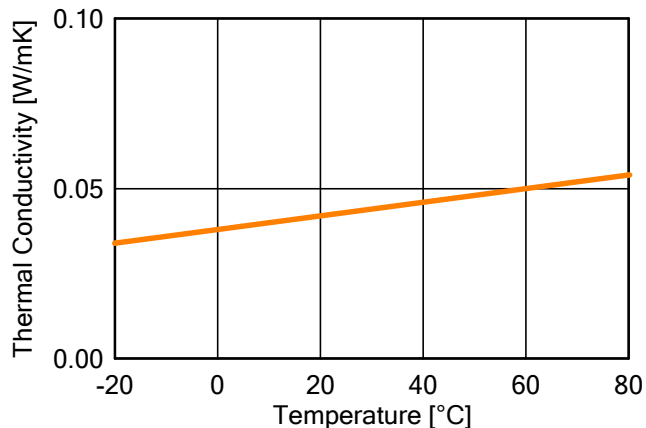
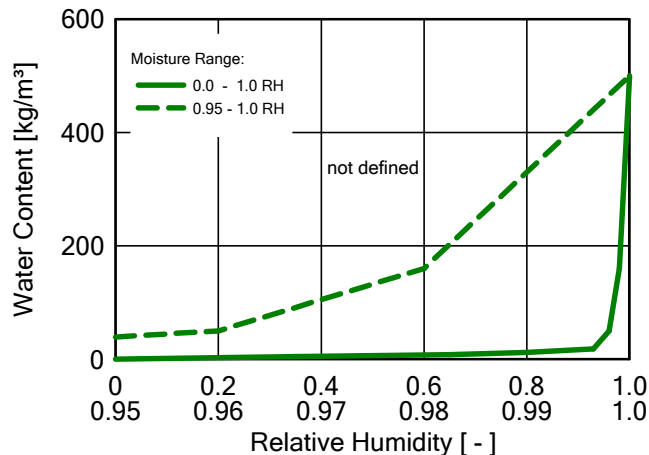
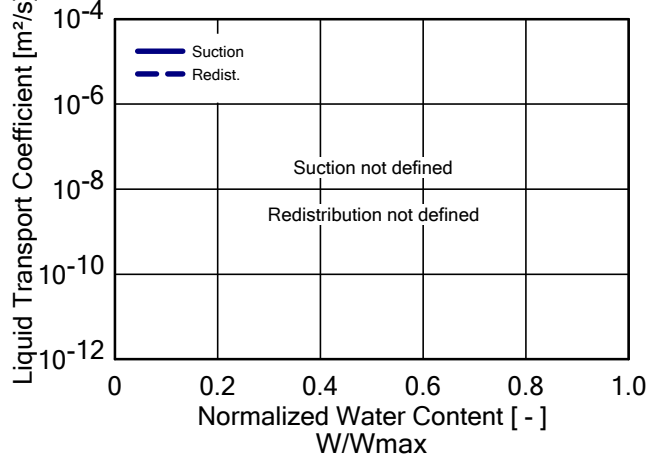
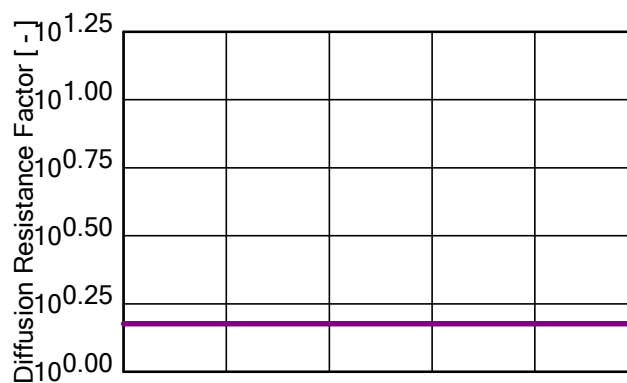
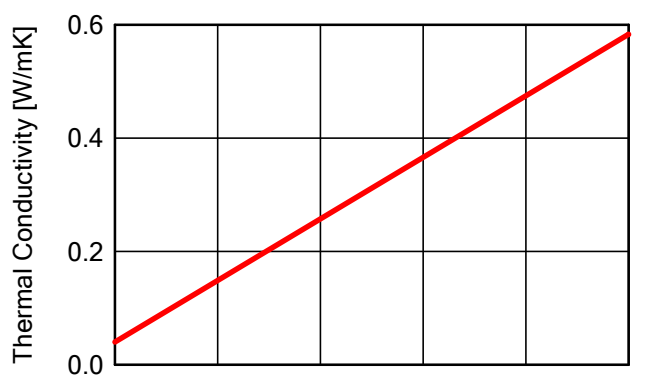
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1610,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,15
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	83,3
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)

Checking Input Data

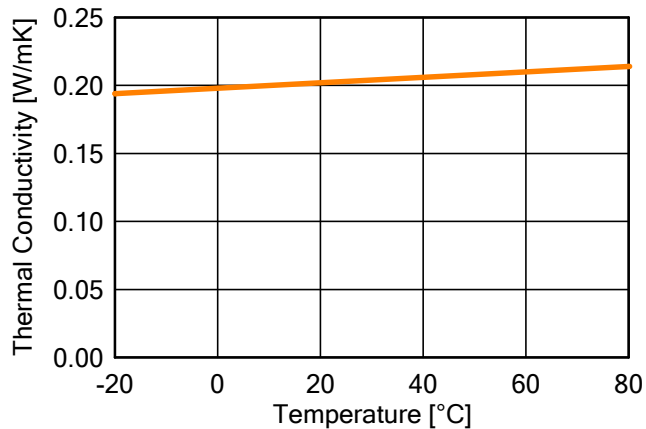
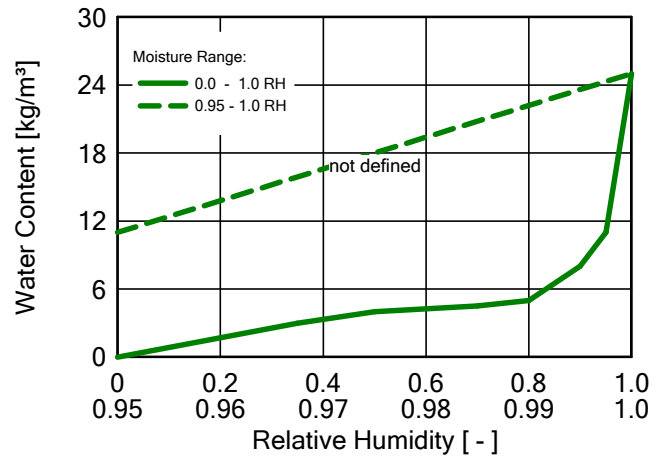
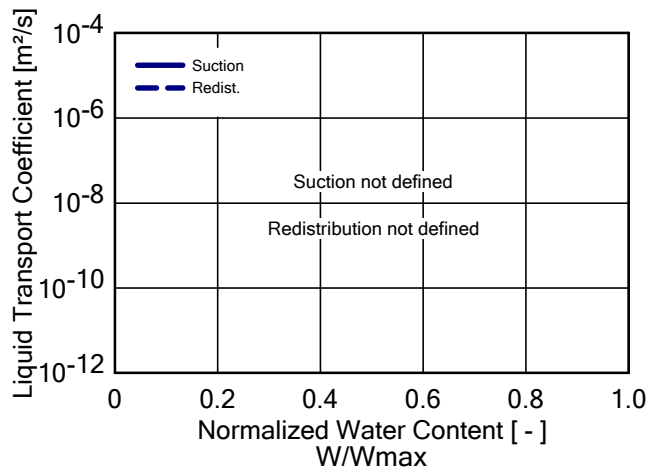
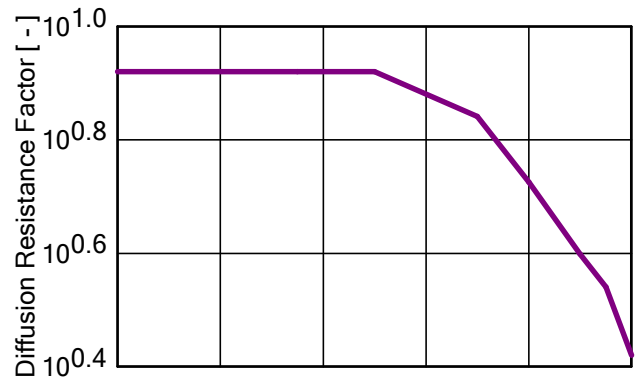
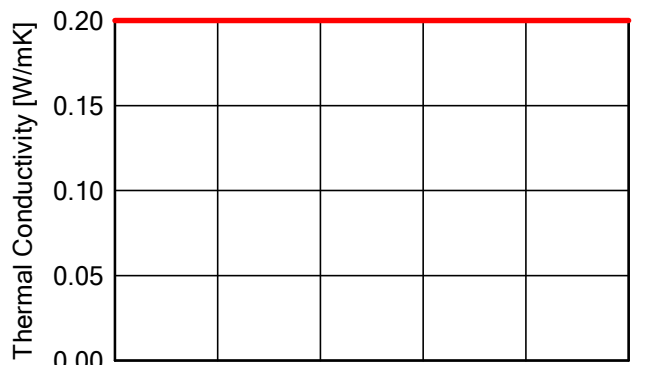
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	70,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	2500,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	1,5
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	1,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Gypsumboard, interior

Checking Input Data

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	625,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,73
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,2
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	8,33
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



## Boundary Conditions

### Exterior (Left Side)

Location: SGP\_Singapore.486980\_IWEC.epw  
 Orientation / Inclination: West / 90 °

### Interior (Right Side)

Indoor Climate: ASHRAE 160P  
 Air-conditioning; 7 °C; 21,1 °C; 24 °C  
 M.Rate 8,06E-5 kg/s; A.Ch.Rate 4,3 1/h; Vol. 260 m<sup>3</sup>  
 Humidity Ratio Wo -1,0000 kg/kg

## Surface Transfer Coefficients

### Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[m <sup>2</sup> K/W]	0,04 yes
Sd-Value	No coating	[m]	----
Short-Wave Radiation Absorptivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Long-Wave Radiation Emissivity	No absorption/emission	[ - ]	----
Adhering Fraction of Rain	Depending on inclination c	[ - ]	0,7
Explicit Radiation Balance			no

### Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[m <sup>2</sup> K/W]	0,13
Sd-Value	No coating	[m]	----

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	2015-04-18 18:31:18
Computing Time	1 min,54 sec.
Begin / End of calculation	2012-03-01 / 2015-03-01
No. of Convergence Failures	0

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 31,11
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 31,09
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,02
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,02

Water Content [kg/m<sup>2</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	1,29	1,32	1,25	1,48

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
Fibreboard	95,00	88,41	81,29	101,33
Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/m)	6,00	7,57	6,00	8,44
Gypsumboard, interior	8,00	4,33	4,23	8,00

## Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	253,05
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	252,8
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	31,12
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	31,09

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	0,0
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0

## Project Data

Project Name           UBAYA PSET BUILDING BILAGA 5

Project Number

Client

Contact Person

City/Zip

Street

Phone

Fax

e-mail

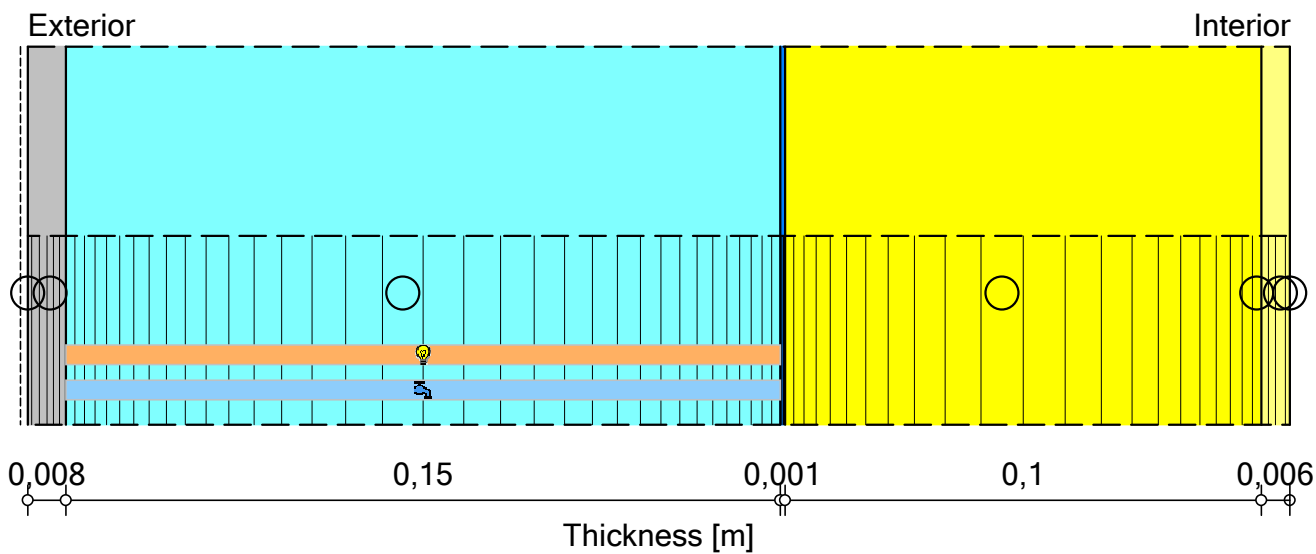
Responsible

Remarks

Date                    2015-04-10

## Component Assembly





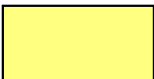
Case: #7Åtgärd tak 100mm cell+ fuktsp



○ - Monitor positions

💡/👤 - Heat/Moisture source/sink positions

### Materials:

	- Fibrecementboard	0,008 m
	- Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity	0,15 m
	- vapour retarder (sd=20m)	0,001 m
	- Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)	0,1 m
	- Woodfibreboard, hard	0,006 m

Sd-Value Ext. [m]: 2

Total Thickness: 0,27 m

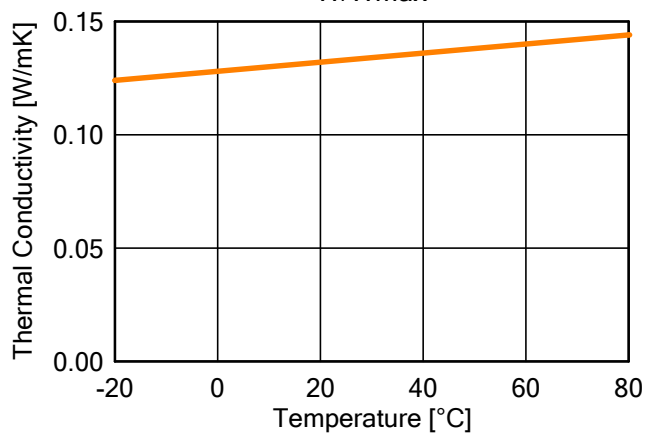
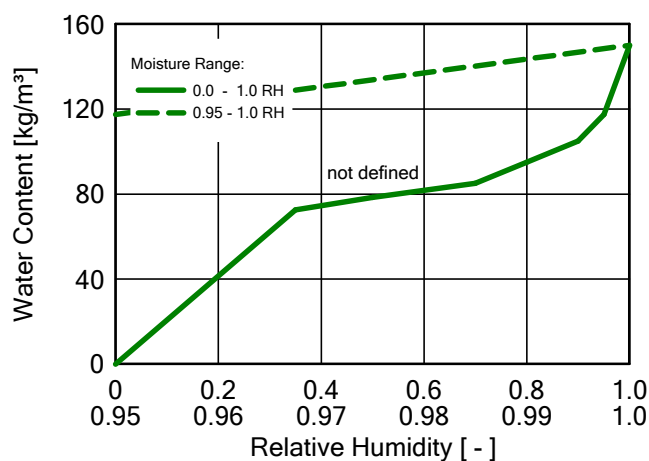
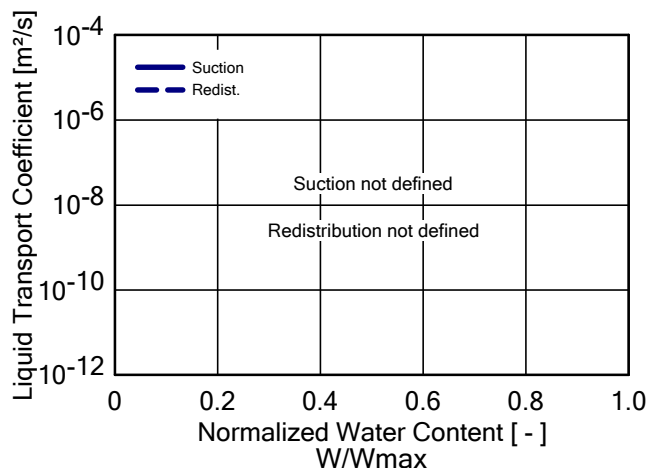
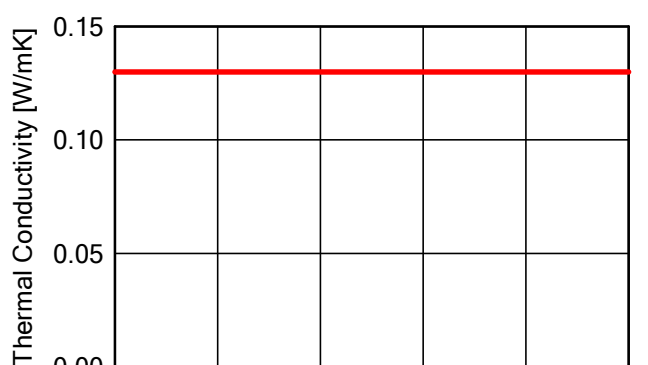
R-Value: 2,4 m<sup>2</sup>K/W

U-Value: 0,393 W/m<sup>2</sup>K

Material: Fibrecementboard

Checking Input Data

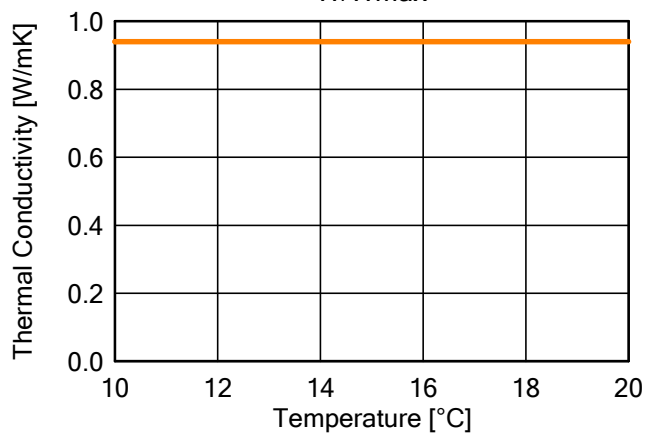
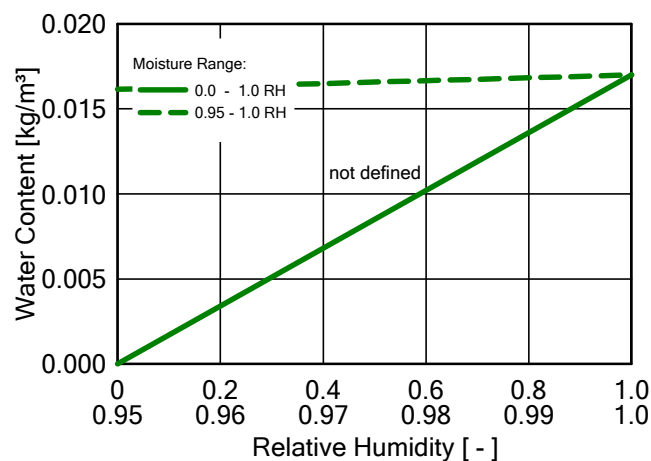
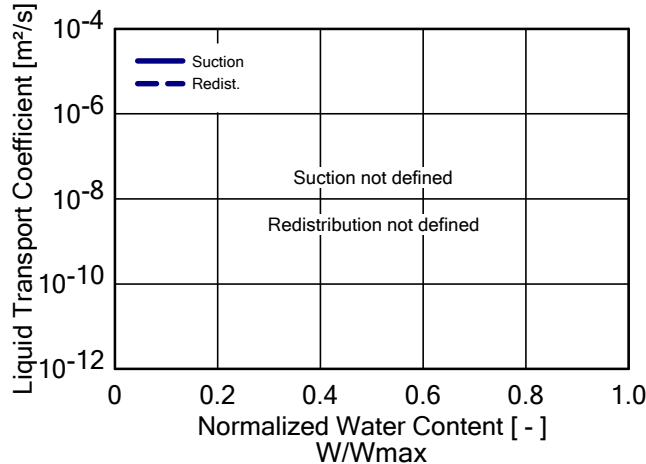
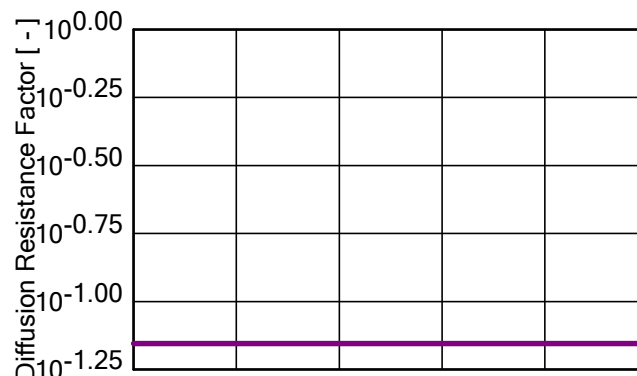
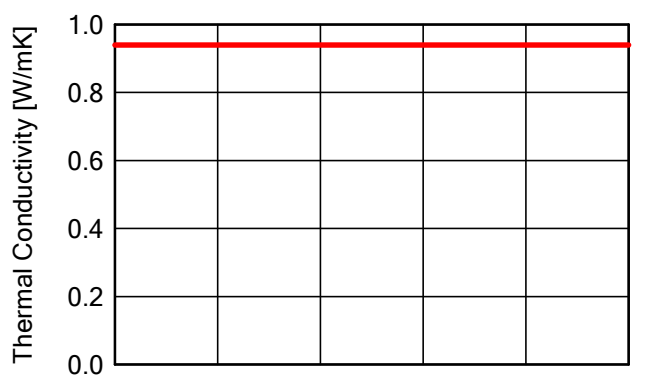
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1610,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,15
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	83,3
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity

Checking Input Data

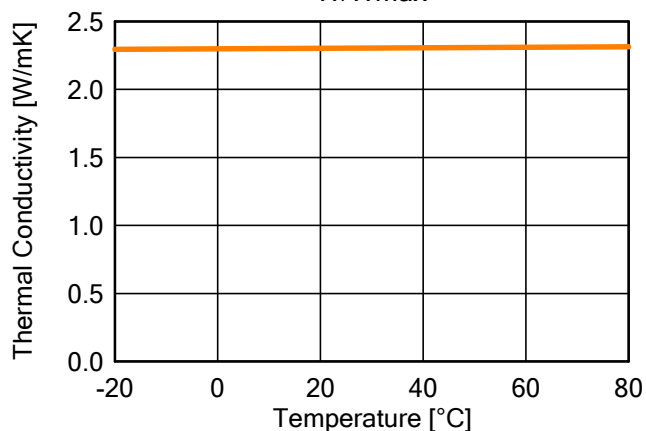
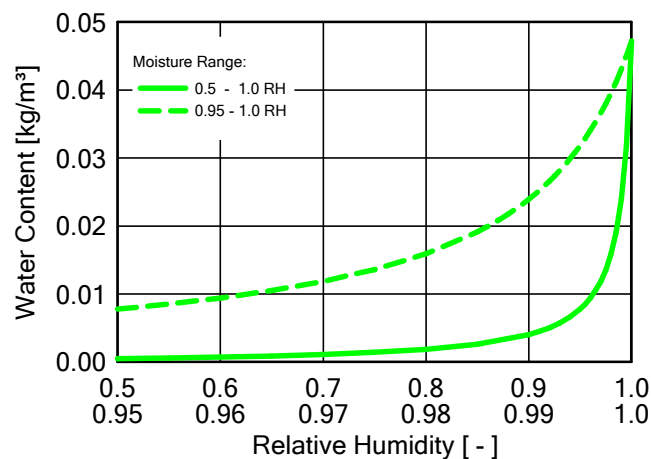
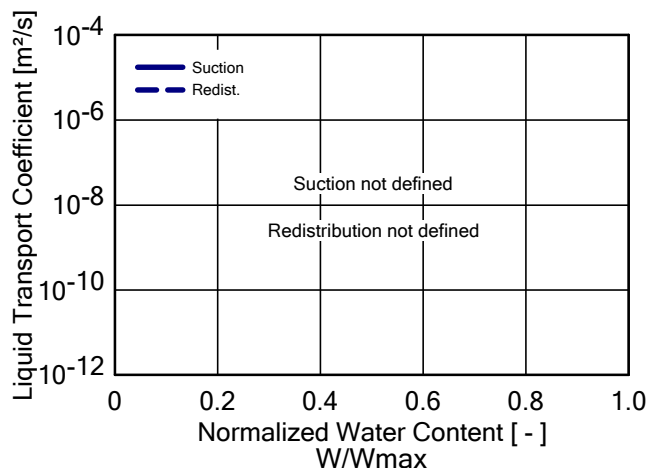
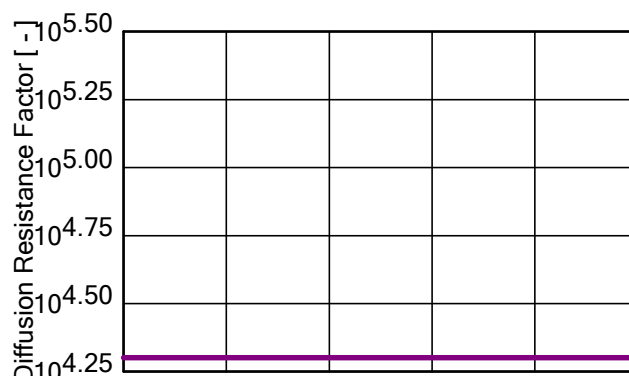
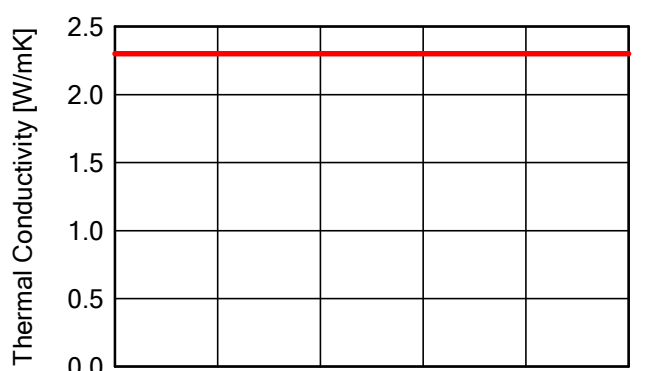
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,3
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,999
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1000,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,94
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	0,07



Material: vapour retarder (sd=20m)

Checking Input Data

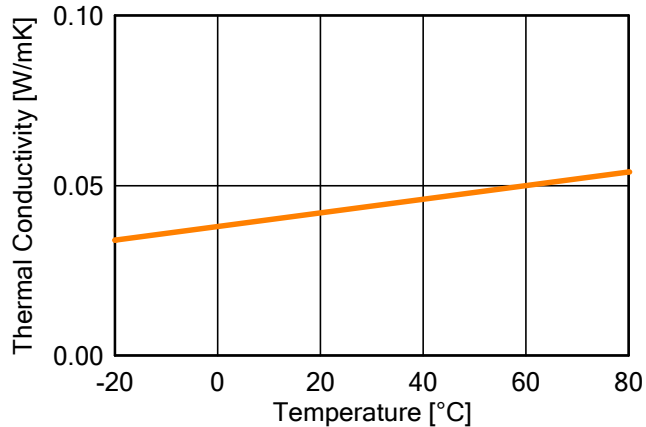
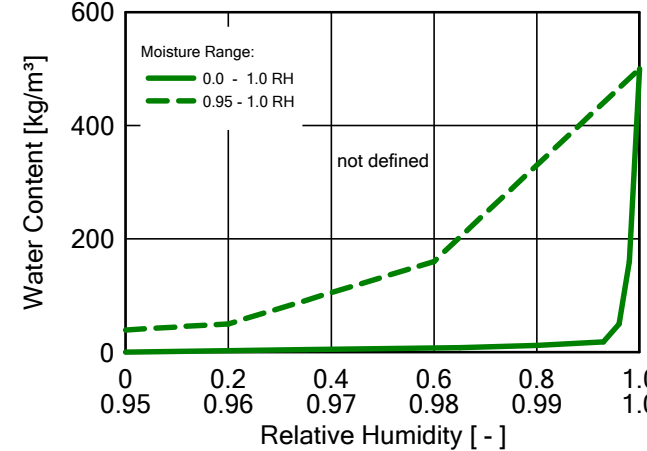
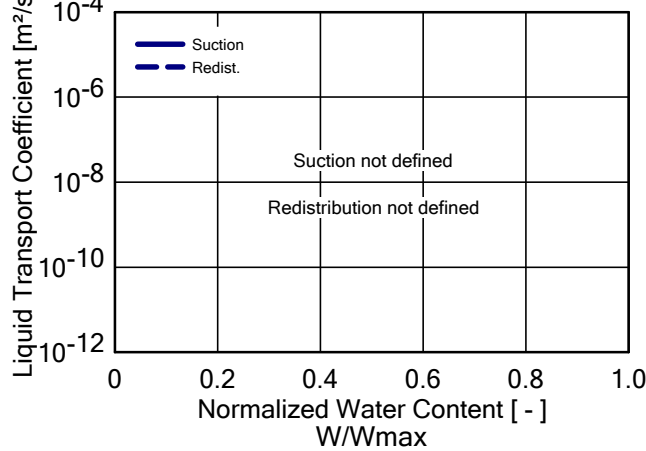
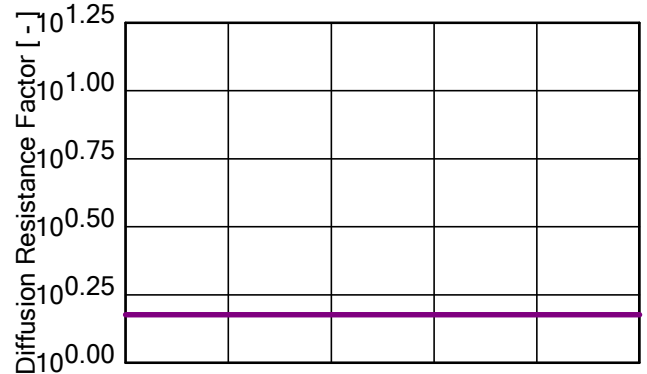
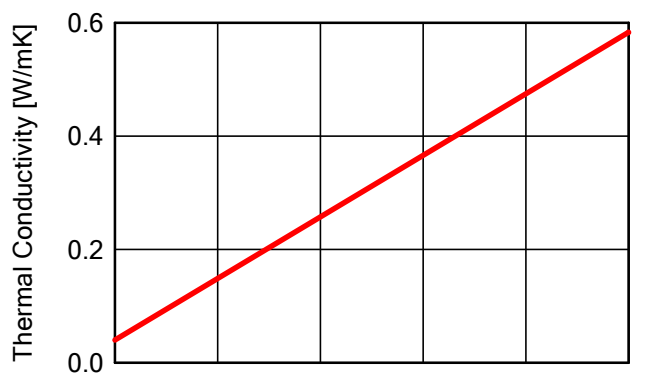
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	130,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,001
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	2300,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	2,3
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	20000,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)

Checking Input Data

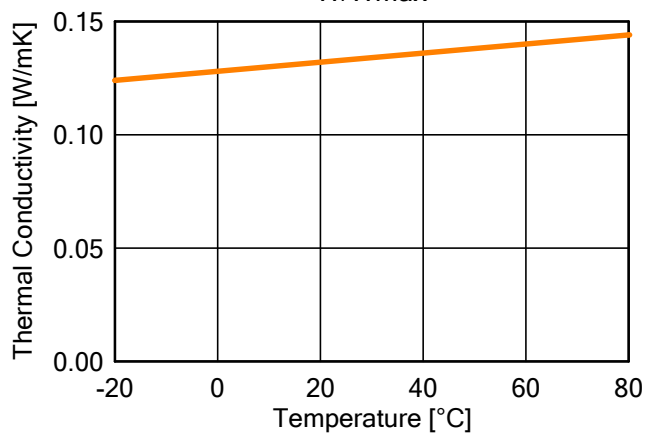
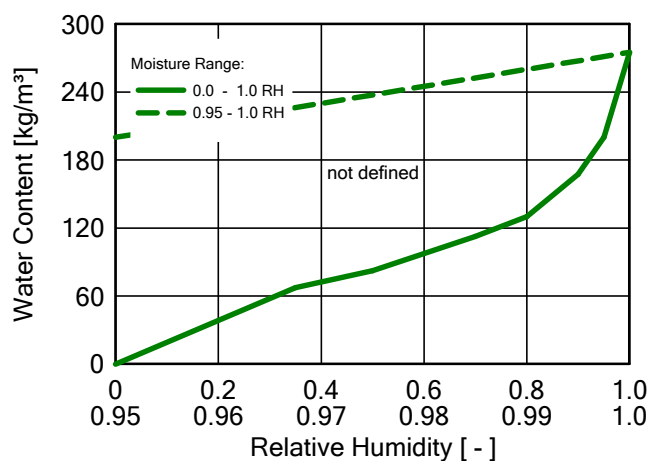
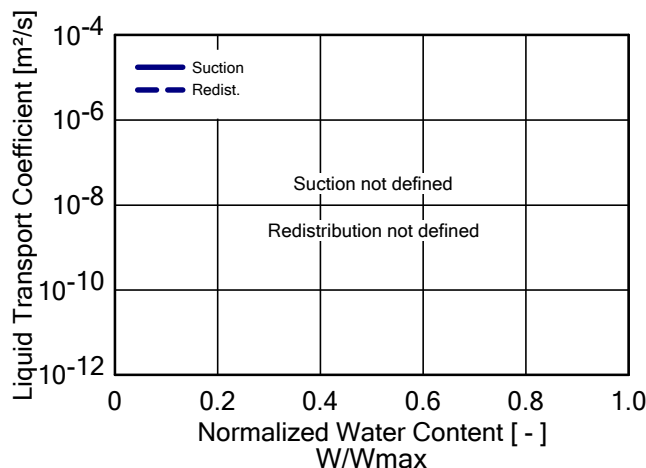
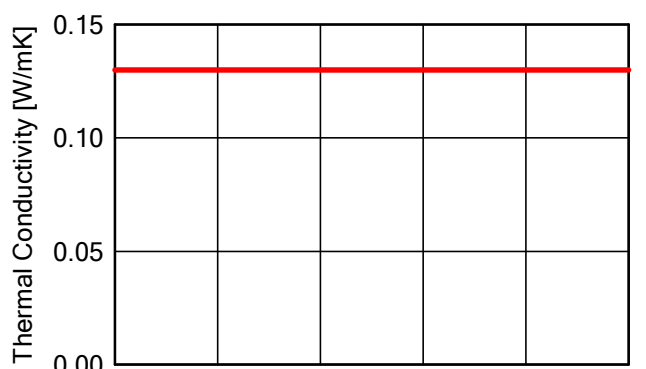
Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	70,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,95
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	2500,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,04
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[ - ]	1,5
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	1,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



Material: Woodfibreboard, hard

Checking Input Data

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m <sup>3</sup> ]	959,0
Porosity	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,41
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	1700,0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0,13
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	227,0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002



## Boundary Conditions

### Exterior (Left Side)

Location: SGP\_Singapore.486980\_IWEC.epw  
Orientation / Inclination: North / 14 °

### Interior (Right Side)

Indoor Climate: ASHRAE 160P  
Air-conditioning; 7 °C; 18 °C; 24 °C  
M.Rate 8,06E-5 kg/s; A.Ch.Rate 4,3 1/h; Vol. 260 m<sup>3</sup>  
Humidity Ratio Wo -1,0000 kg/kg

## Surface Transfer Coefficients

### Exterior (Left Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance - includes long-wave radiation		[m <sup>2</sup> K/W]	0,04 yes
Sd-Value	Tiles	[m]	2
Short-Wave Radiation Absorptivity	Roofing, sheet, black matt	[ - ]	0,87
Long-Wave Radiation Emissivity	Roofing, sheet, black matt	[ - ]	0,9
Adhering Fraction of Rain	No absorption	[ - ]	----
Explicit Radiation Balance			yes
Terrestrial Short-Wave Reflectivity		[ - ]	0,2
Terrestrial Long-Wave Emissivity		[ - ]	0,9
Terrestrial Long-Wave Reflectivity		[ - ]	0,1
Cloud Index		[ - ]	0,66

### Interior (Right Side)

Name	Description	Unit	Value
Heat Resistance		[m <sup>2</sup> K/W]	0,1
Sd-Value	No coating	[m]	----

## Sources, Sinks

**Air Layer 150 mm; without additional moisture capacity**

Name	Type		
Source1	<i>Air Change Source</i>		
	Whole Layer		
	mix with air from left-hand side		
	Air Changes	[1/h]	0,1

## Results from Last Calculation

## Status of Calculation

Calculation: Time and Date	2015-04-18 18:35:06
Computing Time	1 min,40 sec.
Begin / End of calculation	2012-03-01 / 2015-03-01
No. of Convergence Failures	0

## Check for numerical quality

Integral of fluxes, left side (kl,dl)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 0,31
Integral of fluxes, right side (kr,dr)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,0 1,13
Balance 1	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,02
Balance 2	[kg/m <sup>2</sup> ]	-0,42

Water Content [kg/m<sup>2</sup>]

	Start	End	Min.	Max.
Total Water Content	1,89	1,87	1,83	1,94

Water Content [kg/m<sup>3</sup>]

Layer/Material	Start	End	Min.	Max.
Fibreboard	80,00	79,06	76,73	84,51
Air Layer 150 mm; without additional vapour retarder (sd=20m)	0,01	0,01	0,01	0,01
Cellulose Fiber (heat cond.: 0,04 W/mK)	6,40	6,27	5,99	6,70
Woodfibreboard, hard	102,00	101,33	96,94	103,63

## Time Integral of fluxes

Heat Flux, left side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	314,94
Heat Flux, right side	[MJ/m <sup>2</sup> ]	310,98
Moisture Fluxes, left side	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,31
Moisture Fluxes, right side	[kg/m <sup>2</sup> ]	1,13

## Hygrothermal Sources

Heat Sources	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-1,85
Source1 (Air Change Source)	[MJ/m <sup>2</sup> ]	-1,85
Moisture Sources	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,4
Unreleased Moisture Sources (due to cut-off)	[kg/m <sup>2</sup> ]	6,8E-7
Source1 (Air Change Source)	[kg/m <sup>2</sup> ]	0,4

## Bilaga 6 - Indata Polysun: Nuläge

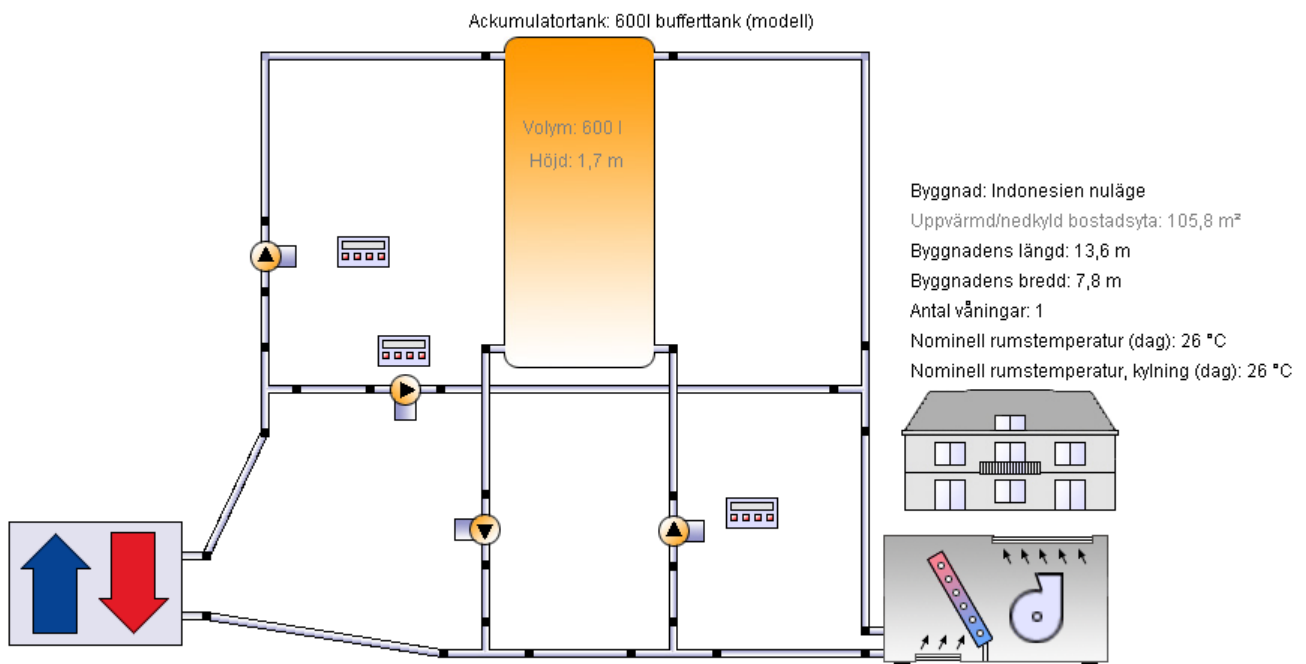
Byggnad

@	Namn	Värde	Enhet
	Förklaring		
	Känt energibehov?	Nej	
	Existerar ett värmesystem?	Ja	
	Existerar ett kylsystem?	Ja	
	Känd specifik värmelast/kylast?	Nej	
	<b>Byggnad</b>	<b>Indonesien</b>	
	- Katalognummer	0	
	- Byggnadens U-värde	3,34	W/K/m <sup>2</sup>
A	Byggnadens längd	13,6	m
B	Byggnadens bredd	7,8	m
	Antal våningar	1	
	Uppvärmd/nekylt bostadsyta	105,8	m <sup>2</sup>
C	Våningshöjd	2,5	m
D	Byggnadens riktning	0	°
	Skuggning	Ja	
	Temperatur i skuggan	28	°C
	Naturlig ventilation	Ja	
	Frånvaro	Aldrig	
	Värmeåtervinning	0	%
	Nominell rumstemperatur (dag)	26	°C
	Nominell rumstemperatur (natt)	30	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (d...)	26	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (n...)	30	°C
	Oppvärmad yta	Nej	

Schema

OK Avbryt

Nuläge	
U-värde:	3,34 W/m <sup>2</sup> K
Specifik värmelast	55 W/m <sup>2</sup>
Specifikt värmeenergiebehov	1 kWh/ m <sup>2</sup>
Specifik kylast	50 W/ m <sup>2</sup>
Specifikt kylenergiebehov	30 kWh/ m <sup>2</sup>
Förhållande fönster-vägg Söder	5
Förhållande fönster-vägg Norr	5
Förhållande fönster-vägg Öster	1
Förhållande fönster-vägg Väster	30
Luftbyte	0,5 1/hr
Luftinfiltration	0,3 1/hr
Intern värmekälla (Ljus)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 1)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (Personer)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 2)	0 W/ m <sup>2</sup>
Byggnadens termiska kapacitet	750 kJ/K/m <sup>2</sup>
G-värde	0,9



## Plats för anläggningen

Indonesien

Surabaya

Longitud: 112,75°

Latitud: -7,23°

Meter över havet: 0 m

## Denna rapport är skapad av:

Klaus Lorenz

Högskolan Dalarna

S-78188 Borlänge

# Professionell rapport

## Systemöversikt (årsvärden)

Total förbrukning av elektrisk energi och/eller av bränsle [Etot]	444,1 kWh
Total energiförbrukning [Quse]	72 168,9 kWh
Systemets prestation $[(Quse+Einv) / (Eaux+Epar)]$	162,52
Begärd förbrukning	Energibehov täckt

## Väderdata-Översikt

Medeltemperatur utomhus	28,5 °C
Globalstrålning, årlig summa	1 719,2 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrålning, årlig summa	889,2 kWh/m <sup>2</sup>

Byggnad	Indonesien nuläge	
Uppvärmd/nedkyld bostadsyta	m <sup>2</sup>	105,8
Nominell rumstemperatur	°C	27
Värmeenergibehov för uppvärmning utan VV [Qdem]	kWh	14 097,3
Specifikt energibehov för uppvärmning utan VV [Qdem]	kWh/m <sup>2</sup>	133,3
Nominell rumstemperatur, kylning	°C	27
Kylenergibehov [Qdem]	kWh	27 276,7
Specifikt kylenergibehov [Qdem]	kWh/m <sup>2</sup>	257,9
Solvinst genom fönster	kWh	6 898,2
Total energiförlust	kWh	-28 862,8

Energisänka/energikälla	Senke	
Effekt	W	-15 000
Inloppstemperatur	°C	50
Utloppstemperatur	°C	5
Nominell genomströmning	l/h	287
Energi till/från systemet [Quse]	kWh	36 204,8

# Professionell rapport

Fläkt	4-rörssystem storlek 1	
Antal fläktar	-	20
Nominell värmekapacitet	W	1 700
Nominell kylkapacitet	W	1 100
Nominell tilloppstemperatur varmvatten	°C	80
Nominell returtemperatur varmvatten	°C	60
Nominell tilloppstemperatur kylningsvatten	°C	6
Nominell returtemperatur kylningsvatten	°C	12
Nettoenergi från/till värme-/kylningsmodulerna	kWh	-35 890,3

Akkumulatortank Bufferttank	600l bufferttank (modell)	
Volym	l	600
Höjd	m	1,7
Material		Stål
Värmeisolering		PU hård
Isoleringstjocklek	mm	80
Värmeförlust	kWh	-84,1

Pump Värmekrets	Eco pump, mellan	
Tryckförlust i kretsen	bar	0,831
Genomströmning	l/h	1 187,3
Förbrukning av elektricitet och bränsle [Epar]	kWh	167,6

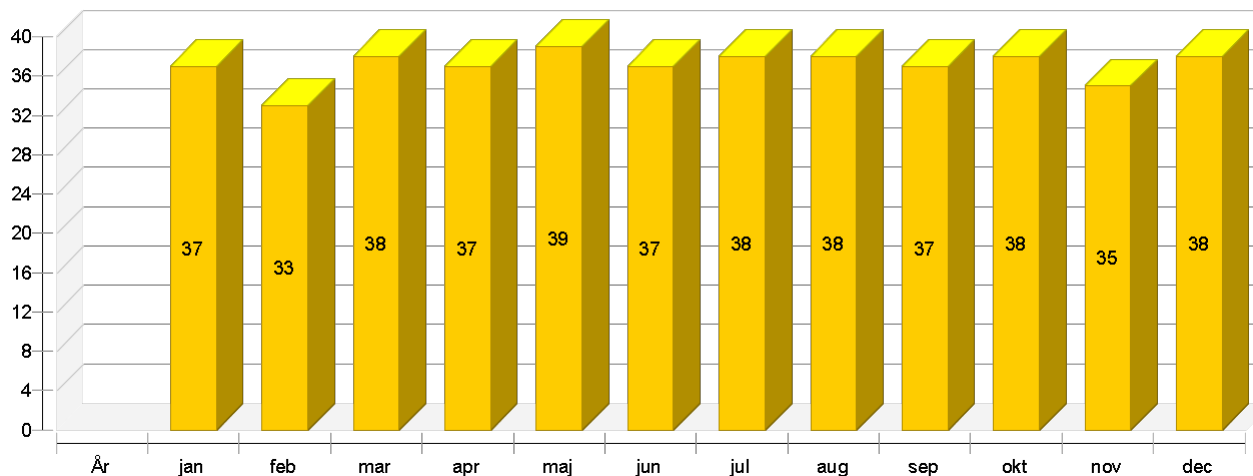
Pump Överföringskrets	Eco pump, mellan	
Tryckförlust i kretsen	bar	1,129
Genomströmning	l/h	3 600
Förbrukning av elektricitet och bränsle [Epar]	kWh	175,2

Pump Kylning	Eco pump, mellan	
Tryckförlust i kretsen	bar	0,564
Genomströmning	l/h	1 585,8
Förbrukning av elektricitet och bränsle [Epar]	kWh	101,3

# Professionell rapport

Total förbrukning av elektrisk energi och/eller av bränsle [Etot]

kWh



År	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Total förbrukning av elektrisk energi och/eller av bränsle [Etot]

kWh	444	37	33	38	37	39	37	38	38	37	38	35	38
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Pumparnas förbrukning av elektricitet [Epar]

kWh	444,1	36,9	33,1	38	36,6	38,8	36,6	38,2	38,2	37,1	37,8	35,2	37,6
-----	-------	------	------	----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Total energiförbrukning [Quse]

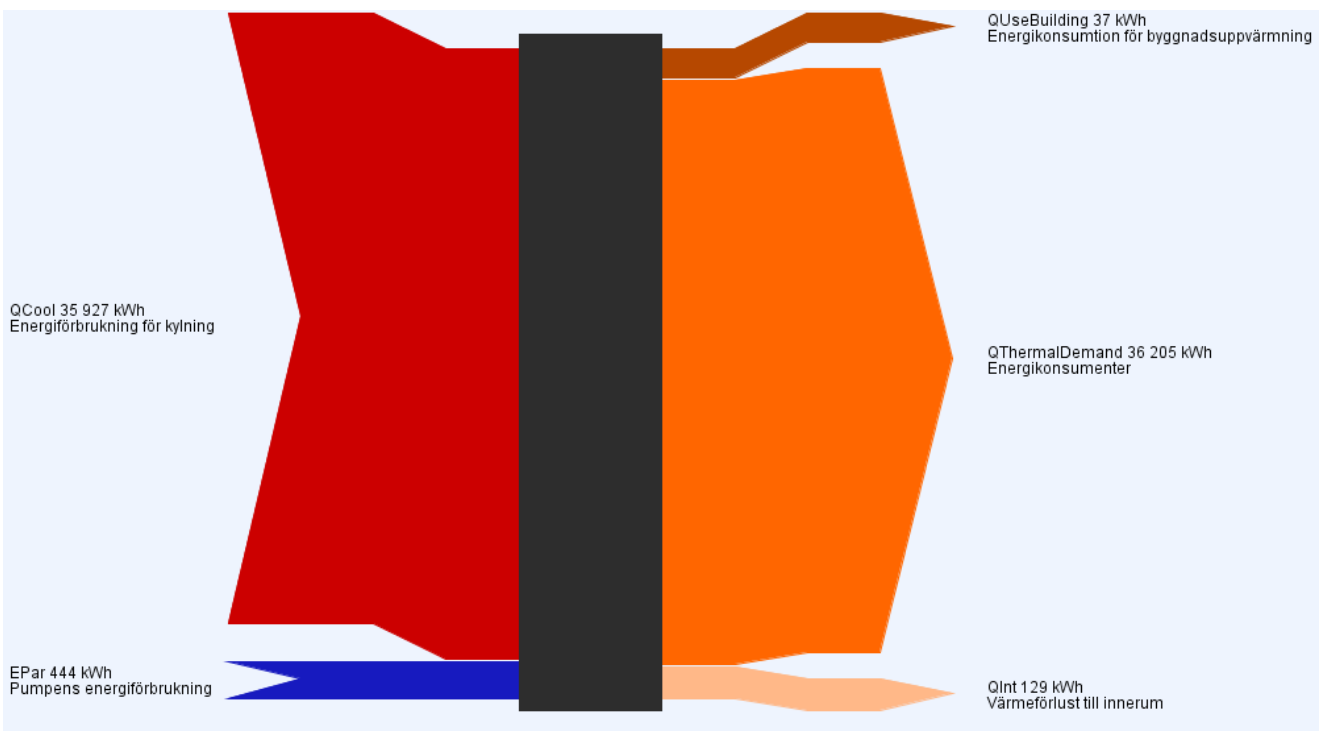
kWh	72169	5106	4430	5809	6150	7286	5454	5906	5903	6253	7796	6392	5683
-----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Värmeförlust till innerum (inklusive värmegeneratorns förluster) [Qint]

kWh	129	13	12	12	10	9	11	11	11	10	8	10	12
-----	-----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	---	----	----

# Professionell rapport

## Diagram över energiflöden (årlig balans)



## Bilaga 7 - Indata Polysun: Åtgärdsförslag 1

**Byggnad** X

---

**Schema**

@	Namn	Värde	Enhet
Förklaring			
	Känt energibehov?	Nej	
	Existerar ett värmesystem?	Ja	
	Existerar ett kylsystem?	Ja	
	Känd specifik värmelast/kyllast?	Nej	
	Byggnad	Indonesien Åtgärd 1	
	- Katalognummer	0	
	- Byggnadens U-värde	1,99	W/K/m <sup>2</sup>
A	Byggnadens längd	13,6	m
B	Byggnadens bredd	7,8	m
	Antal våningar	1	
	Uppvärm/nekylt bostadsyta	105,8	m <sup>2</sup>
C	Våningshöjd	2,5	m
D	Byggnadens riktning	0	°
	Skuggning	Ja	
	Temperatur i skuggan	28	°C
	Naturlig ventilation	Ja	
	Frånvaro	Aldrig	
	Värmeåtervinning	0	%
	Nominell rumstemperatur (dag)	26	°C
	Nominell rumstemperatur (natt)	30	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (d...)	26	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (n...)	30	°C
	Oppvärm yta	Nej	

<b>Åtgärd 1</b>	
<b>U-värde:</b>	<b>1,99 W/m<sup>2</sup>K</b>
Specifik värmelast	55 W/m <sup>2</sup>
Specifikt värmeenergiebehov	1 kWh/ m <sup>2</sup>
Specifik kyllast	50 W/ m <sup>2</sup>
Specifikt kylenergiebehov	30 kWh/ m <sup>2</sup>
Förhållande fönster-vägg Söder	5
Förhållande fönster-vägg Norr	5
Förhållande fönster-vägg Öster	1
Förhållande fönster-vägg Väster	30
Luftbyte	0,5 1/hr
Luftinfiltration	0,3 1/hr
Intern värmekälla (Ljus)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 1)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (Personer)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 2)	0 W/ m <sup>2</sup>
Byggnadens termiska kapacitet	750 kJ/K/m <sup>2</sup>
G-värde	0,9

## Bilaga 8- Indata Polysun: Åtgärdsförslag 2

Byggnad

@	Namn	Värde	Enhet
	Förklaring		
	Känt energibehov?	▼ Nej	
	Existerar ett värmesystem?	Ja	
	Existerar ett kylsystem?	▼ Ja	
	Känd specifik värmelast/kyllast?	▼ Nej	
	Byggnad	Indonesien Åtgärd 2	
	- Katalognummer	0	
	- Byggnadens U-värde	3,13	W/K/m <sup>2</sup>
A	Byggnadens längd	13,6	m
B	Byggnadens bredd	7,8	m
	Antal våningar	1	
	Uppvärmd/nekylad bostadsyta	105,8	m <sup>2</sup>
C	Våningshöjd	2,5	m
D	Byggnadens riktning	0	°
	Skuggning	▼ Ja	
	Temperatur i skuggan	28	°C
	Naturlig ventilation	▼ Ja	
	Frånvaro	▼ Aldrig	
	Värmeåtervinning	0	%
	Nominell rumstemperatur (dag)	26	°C
	Nominell rumstemperatur (natt)	30	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (d...)	26	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (n...)	30	°C
	Ouppvärmd yta	▼ Nej	

Schema

OK Avbryt

Åtgärd 2	
<b>U-värde:</b>	<b>3,13 W/m<sup>2</sup>K</b>
Specifik värmelast	55 W/m <sup>2</sup>
Specifikt värmeenergiebehov	1 kWh/ m <sup>2</sup>
Specifik kyllast	50 W/ m <sup>2</sup>
Specifikt kylenergiebehov	30 kWh/ m <sup>2</sup>
Förhållande fönster-vägg Söder	5
Förhållande fönster-vägg Norr	5
Förhållande fönster-vägg Öster	1
Förhållande fönster-vägg Väster	30
Luftbyte	0,5 1/hr
Luftinfiltration	0,3 1/hr
Intern värmekälla (Ljus)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 1)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (Personer)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 2)	0 W/ m <sup>2</sup>
Byggnadens termiska kapacitet	750 kJ/K/m <sup>2</sup>
G-värde	0,9

## Bilaga 9- Indata Polysun: Åtgärdsförslag 3

Byggnad

@	Namn	Värde	Enhet
	Förklaring		
	Känt energibehov?	Nej	
	Existerar ett värmesystem?	Ja	
	Existerar ett kylsystem?	Ja	
	Känd specifik värmelast/kyllast?	Nej	
	Byggnad	Indonesien åtgärd 3	
	- Katalognummer	0	
	- Byggnadens U-värde	2,69	W/K/m <sup>2</sup>
A	Byggnadens längd	13,6	m
B	Byggnadens bredd	7,8	m
	Antal våningar	1	
	Uppvärm/nedkyld bostadsyta	105,8	m <sup>2</sup>
C	Våningshöjd	2,5	m
D	Byggnadens riktning	0	°
	Skuggning	Ja	
	Temperatur i skuggan	28	°C
	Naturlig ventilation	Ja	
	Frånvaro	Aldrig	
	Värmeåtervinning	0	%
	Nominell rumstemperatur (dag)	26	°C
	Nominell rumstemperatur (natt)	30	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (d...)	26	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (n...)	30	°C
	Oppvärm yta	Nej	

Schema

OK Avbryt

Åtgärd 3	
<b>U-värde:</b>	<b>2,69 W/m<sup>2</sup>K</b>
Specifik värmelast	55 W/m <sup>2</sup>
Specifikt värmeenergiebehov	1 kWh/ m <sup>2</sup>
Specifik kyllast	50 W/ m <sup>2</sup>
Specifikt kylenergiebehov	30 kWh/ m <sup>2</sup>
Förhållande fönster-vägg Söder	5
Förhållande fönster-vägg Norr	5
Förhållande fönster-vägg Öster	1
Förhållande fönster-vägg Väster	30
Luftbyte	4,3 1/hr
Luftinfiltration	0,3 1/hr
Intern värmekälla (Ljus)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 1)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (Personer)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 2)	0 W/ m <sup>2</sup>
Byggnadens termiska kapacitet	750 kJ/K/m <sup>2</sup>
G-värde	0,9

## Bilaga 10 - Indata Polysun: Åtgärdsförslag 4

Byggnad
X

@	Namn	Värde	Enhet
Förklaring			
	Känt energibehov?	▼ Nej	
	Existerar ett värmesystem?	Ja	
	Existerar ett kylsystem?	▼ Ja	
	Känd specifik värmelast/kyllast?	▼ Nej	
	Byggnad	Indonesien åtgärd 4	
	- Katalognummer	0	
	- Byggnadens U-värde	3,33	W/K/m <sup>2</sup>
A	Byggnadens längd	13,6	m
B	Byggnadens bredd	7,8	m
	Antal våningar	1	
	Uppvärmd/nekylad bostadsyta	105,8	m <sup>2</sup>
C	Våningshöjd	2,5	m
D	Byggnadens riktning	0	°
	Skuggning	▼ Ja	
	Temperatur i skuggan	28	°C
	Naturlig ventilation	▼ Ja	
	Frånvaro	▼ Aldrig	
	Värmeåtervinning	0	%
	Nominell rumstemperatur (dag)	26	°C
	Nominell rumstemperatur (natt)	30	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (d...)	26	°C
	Nominell rumstemperatur, kylning (n...)	30	°C
	Oppvärmad yta	▼ Nej	

Schema

OK
Avbryt

<b>Åtgärd 4</b>	
U-värde:	3,33 W/m <sup>2</sup> K
Specifik värmelast	55 W/m <sup>2</sup>
Specifikt värmeenergiebehov	1 kWh/ m <sup>2</sup>
Specifik kyllast	50 W/ m <sup>2</sup>
Specifikt kylenergiebehov	30 kWh/ m <sup>2</sup>
Förhållande fönster-vägg	
Söder	5
Norr	5
Öster	1
Väster	30
<b>Luftbyte</b>	<b>1,15 1/hr</b>
Luftinfiltration	0,3 1/hr
Intern värmekälla (Ljus)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 1)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (Personer)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 2)	0 W/ m <sup>2</sup>
Byggnadens termiska kapacitet	750 kJ/K/m <sup>2</sup>
G-värde	0,9

## Bilaga 11 - Indata Polysun: Samtliga åtgärdsförslag

**Byggnad** X

?

@	Namn	Värde	Enhet	Schema
	Förklaring			
	Känt energibehov?	▼ Nej		
	Existerar ett värmesystem?	Ja		
	Existerar ett kylsystem?	▼ Ja		
	Känd specifik värmelast/kyllast?	▼ Nej		
	Byggnad	Indonesien Samtlig...		
	- Katalognummer	0		
	- Byggnadens U-värde	1,19	W/K/m <sup>2</sup>	
A	Byggnadens längd	13,6	m	
B	Byggnadens bredd	7,8	m	
	Antal våningar	1		
	Uppvärmd/nekylt bostadsyta	105,8	m <sup>2</sup>	
C	Våningshöjd	2,5	m	
D	Byggnadens riktning	0	°	
	Skuggning	▼ Ja		
	Temperatur i skuggan	28	°C	
	Naturlig ventilation	▼ Ja		
	Frånvaro	▼ Aldrig		
	Värmeåtervinning	0	%	
	Nominell rumstemperatur (dag)	26	°C	
	Nominell rumstemperatur (natt)	30	°C	
	Nominell rumstemperatur, kylning (d...)	26	°C	
	Nominell rumstemperatur, kylning (n...)	30	°C	
	Ouppvärmd yta	▼ Nej		

OK Avbryt

<b>Samtliga åtgärdsförslag</b>	
<b>U-värde:</b>	<b>1,19 W/m<sup>2</sup>K</b>
Specifik värmelast	55 W/m <sup>2</sup>
Specifikt värmeenergiebehov	1 kWh/ m <sup>2</sup>
Specifik kyllast	50 W/ m <sup>2</sup>
Specifikt kylenergiebehov	30 kWh/ m <sup>2</sup>
Förhållande fönster-vägg Söder	5
Förhållande fönster-vägg Norr	5
Förhållande fönster-vägg Öster	1
Förhållande fönster-vägg Väster	30
<b>Luftbyte</b>	<b>1,15 1/hr</b>
Luftinfiltration	0,3 1/hr
Intern värmekälla (Ljus)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 1)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (Personer)	0 W/ m <sup>2</sup>
Intern värmekälla (inventarier 2)	0 W/ m <sup>2</sup>
Byggnadens termiska kapacitet	750 kJ/K/m <sup>2</sup>
G-värde	0,9



Insulation Technology™  
Made in Sweden

## Byggvarudeklaration iCell - Lösull

Älvdalen 2014-10-08

### Innehållsdeklaration

Produkten är primärt avsedd för värme- brand- och ljudisolering.

BSAB-kod: IB – Termisk isolering mm i hus.

Återvunna dagstidningar 90%  
Brandhämmande medel 10%

### Råmaterial

Återvunna dagstidningar som behandlas med borfria mineraliska salter för ökad beständighet.

### Produktion

Energislag vid fabrikation: El

Energiåtgång tillverkning:  
ca 75 kWh/ton. Grön el producerad av förnyelsebara källor såsom vatten och vindkraft.

Inga utsläpp till vatten eller luft.  
Ingen inverkan på mark.

iCell AB tillverkar cellulosaisolering genom att finfördela tidningspapper i en torr kallprocess utan utsläpp

Under processen impregneras fibrerna med ett borfritt tillsatsmedel som ger erforderliga brandhämmande egenskaper samt ökad beständighet.

### Transport

Isoleringsmaterialet transporteras från produktionsanläggningen i Älvdalen direkt till angiven destination. Isoleringen förpackas på träpallar (EU-pall). 14 kg/säck, 24 säckar/pall. Dragbil med släp rymmer 18+30 pallar d.v.s. 1152 säckar. Totalt 16 128 kg.

Använd med fördel långgafflar vid lossning L=2500mm.

### Byggnadsfas

Isoleringen sprutas löst på vindsbjälklag och in i slutna konstruktioner. Hanteringen av isoleringsmaterialet, lastning, lossning och lagring sköts av installatören. Förpackningarna (PE-säckar) omhändertas av installatören och lämnas till återvinning. Inget spill uppstår på arbetsplatsen. Isoleringsmaterialet skall lagras, hanteras och installeras helt skyddad från väta.

Installationer skall utföras av person med rätt utrustning och erfarenhet av lösullsininstallationer.

Vid installation ska andningsfilter klass P2 användas.

### Bruksfas

iCells cellulosaisolering utger en radikal minskning av byggnaders och installationers energiförbrukning och bidrar därmed till att minska utsläpp. Väl installerad kräver inte produkten något underhåll. Många års erfarenhet av trä som isoleringsmaterial visar att cellulosamaterialets motståndskraft mot biologisk nedbrytning är densamma eller bättre som hos konstruktionsträ. Materialet har en livslängd som motsvarar byggnadens.

### Demontering

Isoleringen sugs ut ur konstruktionen och kan med fördel återanvändas.

### Restprodukter

Isoleringen skall i första hand återanvändas som isoleringsmaterial. Kan återvinnas inom cellulosa-industrin. Förkolnas vid förbränning.

### Innemiljö

Fuktreglerande vilket bidrar till ett sundare inomhusklimat med en optimal relativ luftfuktighet (Rh). (50%).

Produkten avger inga emissioner och innehåller inga ämnen som framkallar allergier.

### Kompletterande uppgifter

European Technical Approval **CE**  
ETA-13/0658 utfärdad av SITAC.

Rekommenderad densitet inklusive sättningspåslag:  
Lösnyllnad: 27-40 kg/m<sup>3</sup>

Sättningspåslag:  
<250-350 mm 15%  
>350 mm 20%  
>500 mm kontakta tillverkaren

Slutna konstruktioner  
40-65 kg/m<sup>3</sup>

Värmekonduktivitet  $\lambda_d$ :  
0,039 W/m°C  $\geq 40$  kg/m<sup>3</sup>  
0,040 W/m°C  $\geq 27$  kg/m<sup>3</sup>  
0,041 W/m°C  $\geq 24$  kg/m<sup>3</sup>

Värmekapacitet:  
c enligt EN ISO 10456 1 600 J/(kg K)

Lufttäthet:  
r 16,3 kPa.s/m<sup>2</sup> vid 45 kg/m<sup>3</sup>  
r 2,5 kPa.s/m<sup>2</sup> vid 24 kg/m<sup>3</sup>

Brandteknisk klass:  
E enligt EN ISO 13501-1:2007

iCell Cellulosaisolering är inte känslig för påtvingad konvektion. Den höga densiteten och materialets struktur gör att isoleringen inte påverkas av egenkonvektion.

### Tillverkare

iCell AB  
Klorbergsvägen 14  
796 91 Älvdalen, Sverige  
Org.nr: 556700-6167  
www.icell.se

## Schüco Fönstersystem

**U<sub>w</sub> - värdes tabell för Fönstersystem**

U<sub>w</sub>-värde för hela konstruktionen är beräknat enligt den svenska och europeiska standarden SS-EN 10077-1 för fönster med karmyttermått 1230 x 1480 mm.

Glasen är i beräkningarna tvåglas isolerrutor med varm kant och U<sub>g</sub>-värde 1,1 W/m<sup>2</sup>K samt treglas isolerrutor med varm kant och U<sub>g</sub>-värde 0,9 respektive 0,6 W/m<sup>2</sup>K.

Större glaspartier ger bättre U-värden medan mindre glaspartier ger något sämre U-värden.

Fönstersystem	Fönster med tvåglasruta U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K	Fönster med treglasruta 0,9 W/m <sup>2</sup> K	Fönster med treglasruta 0,6 W/m <sup>2</sup> K
AWS 90.SI+	1,2	1,0	0,75
AWS 75.SI	1,2	1,1	0,8
AWS 75 BC.HI	1,2	-	-
AWS 75 BS.HI	1,3	1,2	0,9
AWS 70.HI	1,3	1,1	0,9
AWS 70 BS.HI	1,4	-	-

Förklaringar:

U<sub>w</sub> Konstruktionens U-värde (U<sub>window</sub>)

U<sub>g</sub> Isolerglasets U-värde (U<sub>glass</sub>)

AWS Aluminium Window System

BC Block Contour (båge gömmbakom karm)

BS Block Smal (båge gömd bakom karm)

HI Högisolerad

SI Superisolerad

[www.schueco.se](http://www.schueco.se)



Grön teknik för den blå planeten  
Ren energi från fönster och solenergi

**SCHÜCO**