

Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH-5081

Lund 2014

Fuktsäkra energieffektiva lösningar för ett Modulenthus

Moustafa Al Asade



LUND
UNIVERSITY

Fuktsäkra energieffektiva lösningar för ett Modulenthus

Moustafa Al Asade

© Moustafa Al Asade

ISRN LUTVDG/TVBH-14/5081--SE(96)

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Förord

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och är skrivet som avslutning på min utbildning inom väg- och vattenbyggnad. Arbetet behandlar energieffektiviseringsåtgärder för ett modulenthus i Lund. Vid val av de olika åtgärderna så skall både inomhusmiljön och ekonomi tas i beaktan. Minskad energianvändning är viktigt ut ett hållbarhetsperspektiv men trots det ska husen vara hälsosamma att vistas i. Det innebär att inomhusmiljön ska fortsatt vara god trots visionen att minska energianvändningen, båda aspekterna ska finnas med vid nyproduktion samt renovering av våra bostäder.

Under arbetets gång har jag fått hjälp och stöd, för detta vill jag ge ett stort tack till min handledare Kaisa Svennberg för god handledning. Jag vill även tacka Meta Edholm och Bengt Edholm för den tid de la ner. Dessutom vill jag tacka personalen på installationsteknik- och byggnadsfysikavdelningen på LTH för hjälpen med att ta fram den mätutrustning som krävts för arbetet. Speciellt vill jag tacka Mats Dahlblom för hjälp och stöd jag fått under arbetets gång.

Lund, November 2014

Moustafa Al Asade

Sammanfattning

Titel: Fuktsäkra energieffektiva lösningar för ett modulenthus

Författare: Moustafa Al Asade

Handledare: Kaisa Svennberg

Examinator: Dennis Johansson

Probleminställning: Hus byggda före 1970 anses idag väldigt energiineffektiva och måste därför effektiviseras ur energisynpunkt. Utmaningen är att kombinera äldre husbyggnadsteknik med modern teknik utan att fuktskador uppkommer under huset livstid. Detta eftersom dagens byggt teknik är mer komplext.

Syfte: Syftet med detta arbete är att visa effekten av olika energibesparingsåtgärder för ett modulenthus byggt 1964. Åtgärderna ska ta hänsyn till att ny teknik kombineras med äldre byggt teknik så att man undviker fuktskador och bidrar till en god komfort för de boende. Åtgärderna ska även bidra till en minskad miljöpåverkan.

Metod: Första steget i arbetet är att inventera huset och ta reda på de boendes åsikter för att få uppgifter som man kan arbeta med. Därefter har datasimuleringsprogramet VIP-Energy använts för att se vart energin som tillförts tar vägen. Därefter ska åtgärder tas fram och dessa ska ta hänsyn till fukt och ekonomi. Simuleringarna kompletteras med beräkningar i HEAT2.

Slutsatser: Det är lönsamt att tilläggsisolera klimatskalet och byta fönster på denna typ av modulenthus. Det är viktigt att se huset som ett system där de olika delarna fungerar ihop. Energibesparingen lönar sig först efter cirka 20 år men då det ger bättre inomhusmiljö är detta en åtgärd som rekommenderas.

Nyckelord: Energieffektivisering, Energibehov, Energianvändning, VIP-Energy och Modulenthus.

Abstract

Title: Moisture proof energy efficient measures for a modulenthouse

Author: Moustafa Al Asade

Tutor: Kaisa Svennberg

Examiner: Dennis Johansson

Issue: Houses built before 1970 are today considered very energy-inefficient and must be made more efficient from an energy standpoint. The challenge is to combine the older building technology with technology to prevent moisture damage from occurring during the lifetime of the house. This is because today's building techniques are more complex.

Purpose: The purpose of this work is to show the effect of various energy conservation measures for a modulenthous built in 1964. Measures shall take account of new technologies combined with the older building techniques such as to avoid moisture damage and contribute to a good comfort for occupants. These measures will also contribute to a reduced environmental impact

Method: The first step in the process is to inventory the house and the residents' opinions for different input data to work with. After that, computer simulation program VIP + to see where energy is supplied to the go. Along the commencement of actions that take into account the moisture and the economy. The simulations complemented with calculation in HEAT2.

Conclusions: It is worth to supplement insulate the building envelope and window replacement for this type of modulenthouse. It's important to see the house as a system in which the different elements to work together. It's no huge energy savings but you get a much better indoor environment

Key words: Energy efficiency, Energy, VIP-Energy and Modulenthouse.

Innehållsförteckning

Förord.....	- 1 -
Sammanfattning.....	- 3 -
1. Inledning.....	- 11 -
1.1 Bakgrund	- 11 -
1.2 Syfte.....	- 11 -
1.3 Huset	- 12 -
1.4 Metod	- 12 -
1.5 Avgränsning	- 12 -
1.6 Målgrupp.....	- 12 -
1.7 Terminologi/Nomenklatur	- 14 -
2. Energianvändning i bebyggelsen	- 15 -
2.1 Historik.....	- 15 -
2.2 Nybyggnation och äldre hus.....	- 15 -
2.3 Lagar och förordningar i EU	- 16 -
2.4 Byggnadens energianvändning.....	- 17 -
2.5 Energisparande åtgärder	- 20 -
2.6 Normalårskorrigerings.....	- 27 -
3. Energieffektivisering och inomhusmiljö	- 29 -
3.1 Fukt	- 30 -
3.2 Ventilation	- 34 -
3.3 Temperatur	- 38 -
3.4 Ventilationsprinciper	- 40 -
4. Informationssamlade	- 43 -
4.1 Detaljkonstruktioner.....	- 44 -
4.2 Husets ventilationssystem - Spårgasmätning.....	- 45 -
4.3 Fukttillskott.....	- 46 -
4.4 Temperatur	- 49 -
4.5 Krypgrunden	- 50 -
4.6 Beräkningsanalys	- 51 -

5. Åtgärder.....	- 57 -
5.1 Fönsterbyte.....	- 57 -
5.2 Avfuktare i krypgrund.....	- 57 -
5.3 FTX-system.....	- 58 -
5.4 Tilläggsisolering av yttervägg.....	- 58 -
5.5 Tilläggsisolering av tak.....	- 63 -
6. LCC.....	- 67 -
7. Diskussion.....	- 71 -
8. Slutsatser.....	- 73 -
9. Litteraturlösteckning.....	- 75 -
10. Bilaga A-G.....	- 79 -

1. Inledning

Energieffektivisering är idag ett mycket aktuellt ämne i stora delar av världen. Målet är att minska energianvändningen samt använda sig av mer förnybar energi, eftersom vi dels har begränsade energikällor och koldioxidutsläpp är en orsak till den globala uppvärmningen av vår planet.

Byggsektorn står idag för en hög energianvändning, närmare bestämt cirka 40 % av den totala energianvändningen i Sverige. Detta kan jämföras med transportsektorn som endast står för 26 % (Energikunskap, 2009). Inom EU finns ett mål att minska energianvändningen för byggsektorn med 20 % till år 2020 jämfört med år 1995 (Energiboken, 2011).

Nyproducerade byggnader har idag en hög energiprestanda jämfört med byggnader som byggdes för ca 50 år sedan. Orsaken till detta är dels att energipriset höjts väldigt mycket över tid, men även att ett miljötänk tillkommit. Om energianvändningen i Sveriges bostäder ska minskas, så att vi blir mindre beroende av omvärldens energikällor, måste de äldre byggnaderna energieffektiviseras. Detta måste göras då de äldre byggnaderna kräver mer energi i dagsläget, de nya byggnaderna utgör enbart få procent av alla energianvändning. De bostäder som byggdes för cirka 40-50 år sedan är idag även i behov av renovering. Vid början av 1970-talet använde våra byggnader 350kWh/(m²·år) (Dahlgren, 2012) och idag kan vi få ner den siffran till 15 kWh/(m²·år) (Adelberth, 2009). Utmaningen är att få en god inomhusmiljö med minskad energianvändning. Den stora frågan i arbetet är hur man ska renovera äldre hus och samtidigt se till att komforten bibehålls och eventuellt förbättras utan att fuktskador och dylikt uppstår. Det är viktigt att planera in båda aspekterna samtidigt för att på så sätt uppnå ett hållbart resultat. Att bygga energieffektivt är inte nödvändigtvis dyrare om man väljer rätt teknik, kostnaden kan bli 0-5 % mer (Adelberth, 2009). Tekniken för energieffektiviseringen finns, men vi måste få hela systemet i huset att fungera så att vi kan fortsätta vistas i en säker miljö.

1.1 Bakgrund

I detta projekt har ett så kallat modulenthus undersökts. Modulenthus grundades i Hässleholm under 60-talet och de byggs än idag runt om landet. Huset anses vara ett av Sveriges säkraste hus ur fuktsynpunkt då de inte utsätts för regn under byggskedet. Istället bygger man alla installationsdelar (el, vvs till spis i huset i olika delar) in i en fabrik, dessa delar transporterar man sedan i sektioner till platsen där huset ska stå. På plats monteras husets delar på sin grund och därefter kommer ytterbeklädnaden (Omhusstillverkare, 2013).

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att ur energisynpunkt och med hänsyn till inomhusmiljön undersöka en villa från modulenthus i Lund och därefter ange lämpliga fuktsäkra energieffektiva åtgärder så att man kan få lägre energianvändning och bibehålla en god inomhusmiljö. I rapporten görs även LCC-beräkning för att studera ekonomin för de olika åtgärderna.

1.3 Huset

Huset ligger i Lund och i villaområdet finns det 52 andra modulenthuss. Huset har ett och ett halvt plan och är byggt 1964. En tillbyggnad på 60 m² gjordes även under 1979. Den äldre delen av huset behöver renoveras då inga större åtgärder har vidtagits de senaste 50 åren.



Figure 1. Satellitbild över villaområdet med huset (Googlemap, 2009)

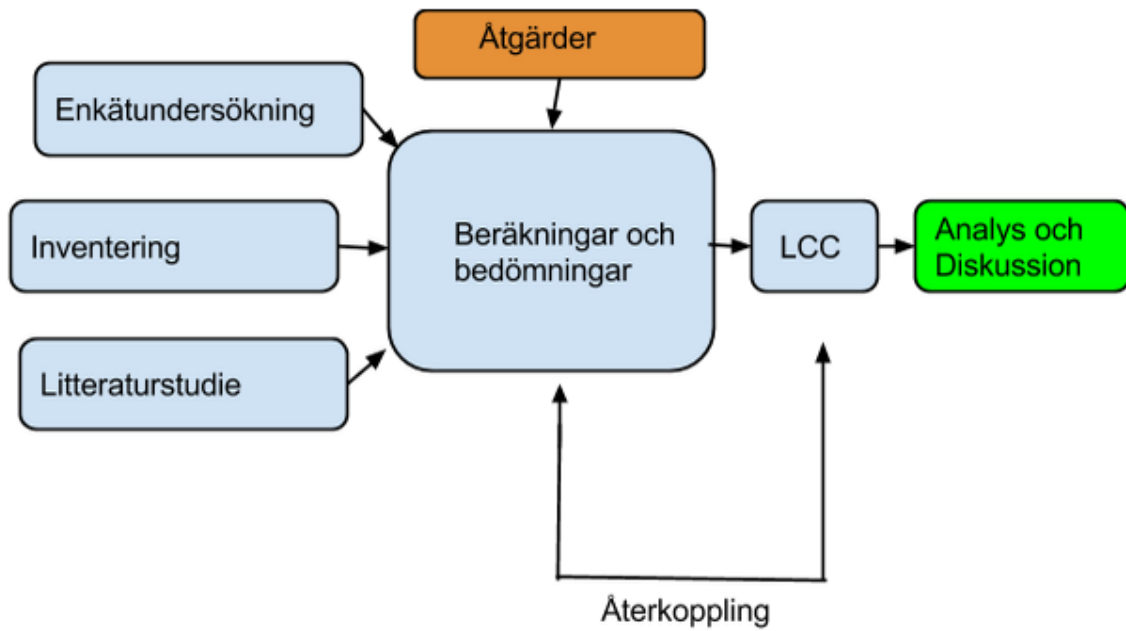
1.4 Metod

Det kommer att göras en inventering av huset för att få information om husets kvalitet med avseende på inomhusmiljö och energianvändningen. Det kommer även att ställas frågor genom en enkät till de boende om hur de upplever klimatet inomhus samt hur deras energianvändning har sett ut de senaste åren. Resultatet av undersökningen kan ses som en vägledning vid val av åtgärder.

Utifrån svaren från de boende och mätningarna som genomförs kommer det att behövas en fördjupad kunskap inom ämnet för att få så goda resultat som möjligt. Därför påbörjades en litteraturstudie med att söka på bibliotek för att få fram böcker och artiklar som fanns i ämnet. Fakta söktes från nätet både från vanliga sökmotorer och Lunds universitets artikeldatabas. Vid val av källor samt referenser valdes både gamla och nya eftersom det gäller att ha kunskap om hur den äldre tekniken fungerade samt den nya eftersom det gäller att hitta ny teknik så att de kan kombineras och fungera med den äldre.

I slutet av arbetet då ritningarna fanns tillhands och de olika värdena från inventeringen tagits fram gjordes modelleringar av huset i olika program. Detta gjordes för att få fram hur de olika energibesparingsåtgärderna påverkade fuktförhållandena i olika byggnadsdelar, köldbryggor samt energianvändningen. De program som användes var HEAT2, WUFI och VIP-Energy.

I slutet av arbetet gjordes även en livskostnadsanalys för att ta fram vilka åtgärder som var mest kostnadseffektiva.



Figur 2. Arbetsmetoden.

1.5 Avgränsning

Rapportens beräkningar är baserade på en villa vilket medför att de åtgärder som utreds och beräknas i rapporten bara kan jämföras med hus som har liknande förutsättningar. Rapporten tar ingen hänsyn till exempelvis transport, miljöfarligt avfall eller liknande, eftersom energianvändningen för ett hus energilivscykel är störst under förvaltningen (Adelberth, 2009).

1.6 Målgrupp

Rapporten är framförallt riktad till husägare och de boende men även till andra bostadsrätter och hyresvärdar med liknande fastighetsbestånd. Rapporten ska även kunna användas av bland annat ingenjörer som ett underlag för liknande undersökningar.

1.7 Terminologi/Nomenklatur

Vistelsezon – Det är ett område som begränsas i rummet och ska uppfylla de termiska kraven (Boverket, 2006). Zonen definieras i ett rum avgränsad horisontellt 0,1 och 2,0 meter över golv samt vertikalt 0,6 meter från innervägg och 1,0 meter från yttervägg.

BOA – Bostadsarea

A_{temp} – Area i bostaden uppvärmd till mer än 10°C (BBR 18, 2011).

Fuktproblem – Tillförseln av fukt så att det blir skador i huskonstruktionen.

Värmekonduktivitet – Hur bra ett material leder värme, materialkonstant $W/(m \cdot K)$.

U-värde – Värmeförlust $W/(m^2 \cdot K)$.

Hushållsel – El som används direkt av hushållet.

Fastighetsel – El som används av utrustning som betjänar en byggnad.

Q_{energi}	– energibehov vid avsedd användning av byggnaden
$Q_{\text{värme}}$	– värmebehov vid normal användning
W	– elbehov vid normal användning av huset
Q_t	– värmeförluster orsakade av transmission genom byggnadens klimatskal
Q_i	– värmeförlust på grund av luftläckage genom otätheter i klimatskalet
Q_v	– värmebehov för ventilation
Q_{tvv}	– energibehov för uppvärmning av tappvarmvattnet
Q_{dr}	– distributionsförluster och reglerförluster i byggnaden
W_f	– fastighetsel det vill säga elanvändning för drift av fläktar och frånluftsvärmepump
W_h	– hushållsel
$Q_{\text{vå}}$	– värme som återvinns med hjälp av till exempel värmeväxlare
$Q_{\text{tillskott}}$	– invändigt värmetillskott i huset från exempelvis människor och hushållsapparater
Q_{sol}	– värmetillskott på grund av solinstrålning

2. Energianvändning i bebyggelsen

I detta kapitel presenteras anledningen till att det är fokus på att minska energianvändningen i byggsektorn samt vilka åtgärder som kan göras för att energieffektivisera befintliga byggnader.

2.1 Historik

Hus byggda 1940 och tidigare har inte haft något större ändamål att hålla ner energianvändningen. Konstruktionerna är ganska enkla och byggnadsdelarna byggdes av ett eller några få material som skulle uppfylla flera funktioner, exempelvis massiva tegelväggar eller timmerväggar. Eftersom värmen från husen enkelt kunde ta sig ut från klimatskärmen vid kallare delar av året var man tvungen att värma husen extra för att få ett behagligt inomhusklimat. Dessa hus är väldigt energikrävande jämfört med de hus som byggs idag, bland annat på grund av att konstruktionen är otät samt dåligt isolerad. Orsaken till att man inte besvärade sig med att dra ner på byggnadernas energianvändning är på grund av att det fanns god tillgång på billig olja och elpriset var lågt (Abel & Elmroth, 2012). Detta vände väldigt snabbt efter oljekrisen 1973 då oljepriserna steg på grund av politiska konflikter mellan väst och öst världen. Där oljeländerna vägrade exportera olja till västvärlden (Kuriren, 2013). Detta ledde till att man började lägga stor fokus på att förbättra husens byggteknik ur energisynpunkt. Problemet visar sig bli att minskad energianvändning leder till fuktskador i konstruktionen. Klimatskalet och tätheten har sedan dess fått en betydligt större betydelse (Abel & Elmroth, 2012). Idag arbetas det vidare med att energieffektivisera byggnader sådana att man blir mindre beroende av omvärldens energikällor samt för att hålla ner koldioxidutsläppen (SVT, 2014).

2.2 Nybyggnation och äldre hus

I Sverige står bygg- och fastighetssektorn för cirka 40 % av landets totala energianvändning. Utav denna energianvändning står själva brukandet av byggnaden till större del av denna siffra. Det är därför mycket viktigt att sätta in åtgärder så att energianvändningen dras ner ordentligt under bruksfasen. Kunskapen om energieffektivisering har ökat inom byggbranschen och detta tillsammans med högre myndighetskrav har gjort att byggnader idag använder mindre energi under bruksfasen (Persson, 2002).

Nybyggnation motsvarar cirka 1 % av det totala byggnadsbeståndet, vilket innebär att vi måste lägga ett stort fokus på de äldre byggnaderna (Abel & Elmroth, 2012). Ju äldre byggnaderna är ju sämre isolerade är dem. Hus byggda innan 1940 byggdes vanligtvis med massiva tegelväggar vars u-värde ligger runt 1,5–2,0 W/(m²·K) (Björk, Kallstenius & Reppen, 2002). Idag är kraven från boverket att ytterväggarna maximalt ska ha ett u-värde under 0,18W/(m²·K). Det är inte enbart ytterväggarna som blivit mer välisolerade utan alla delar i klimatskalet (Energiboken, 2011).

Tabell 1. Husets delar som utgör klimatskalet. Rekommenderade u-värden (Energiboken, 2011)

Byggdela	U-värde/ (W/(m ² ·K))
Tak	0,13
Fönster	1,2
Vägg	0,18
Ytterdörr	1,2
Golv	0,15

För att man ska minska energianvändningen ska man förutom att förbättra klimatskalet även välja en installationsmetod som minskar energiförbrukningen. Vid köp av hushållsmaskiner och belysning bör energisnåla alternativ väljas för att på så vis hålla nere energiförbrukningen. För ytterligare energibesparingen måste de boende informeras om hur de aktivt kan minska energianvändningen. Detta kan exempelvis gälla inomhustemperaturen och tvättvanor med mera (Persson, 2002).

2.3 Lagar och förordningar i EU

Orsaken till att EU försöker att minska energianvändningen i medlemsländerna är dels på grund av att priserna på kol och olja stiger samt att medlemsländerna blir mer beroende av omvärldens energikällor. Dessutom bidrar kol och olja till ökade koldioxidutsläpp som i sin tur bidrar till en ökad växthuseffekt (SOU 2008:25). År 2002 togs ett steg framåt genom den så kallade energidirektivet som behandlar byggnaders energiprestanda. Enligt detta direktiv ska byggnaderna bland annat energideklarerat, det ska finnas minimikrav för nybyggda hus, dessutom ska ventilationssystemet kontrolleras vart sjätte år (Forslund, 2010). År 2006 togs ytterligare ett steg för att få ännu mer inverkan på den totala energianvändningen. Varje EU medlemsland ska ta fram en nationell handlingsplan som visar hur landet ska bli mer energieffektivt. Målet är att reducera den primära energianvändningen med 20 % fram till 2020 i förhållande till år 1995 (SOU 2008:25).

I Sverige bär ägaren ansvar för att en energideklaration tas fram. Där ska bland annat framgå hur byggnadens energiprestanda ser ut och hur den kan förbättras. På så sätt kan konsumenten enkelt jämföra byggnader ur ett energiperspektiv (Energiboken, 2011). Boverket är en svensk statlig organisation som sätter upp byggregler för att reglera energianvändningen i svenska bostäderna. Bland annat finns det krav på maximal energianvändning för bostäder och U-värden (Energiboken, 2011).

I BBR finns det även krav på U-värde. Det genomsnittliga värdet för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden får vara högst 0,4 W/(m²·K). Allmänt ska byggnader konstrueras så att energianvändningen hålls nere genom att konsekvent välja energieffektiva lösningar med låga värmeförluster och effektiv elanvändning (BBR, 2011).

2.4 Byggnadens energianvändning

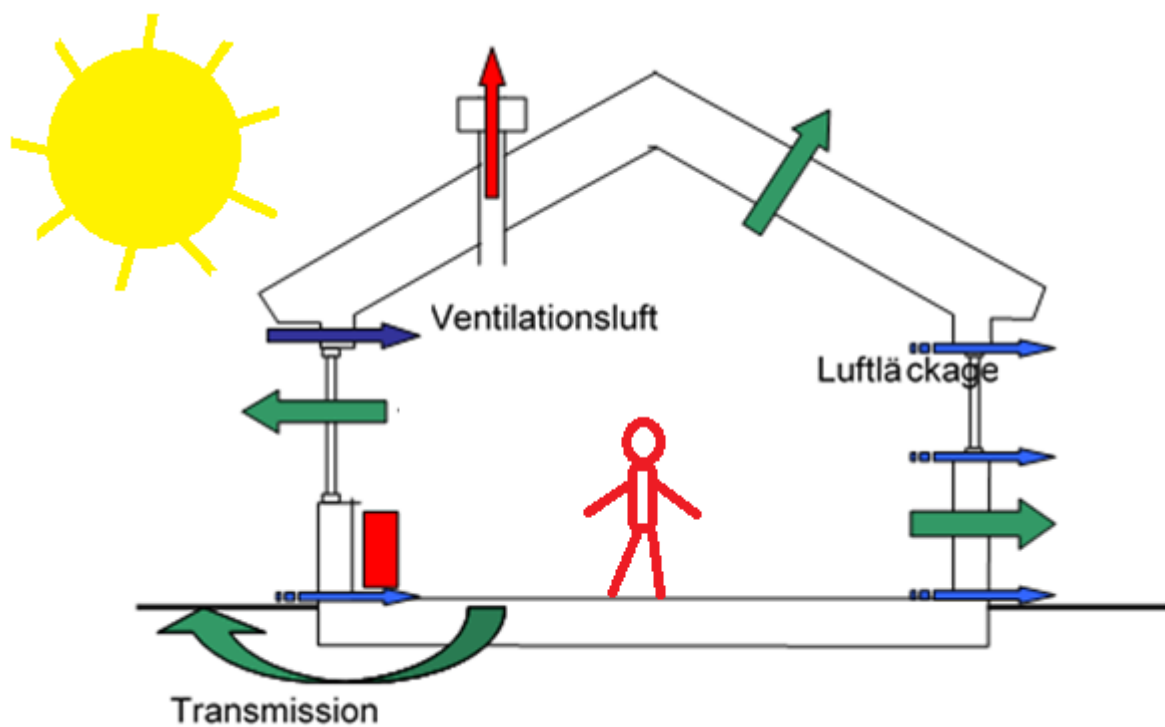
Nedan följer den bakomliggande teorin för husets energibalans, för att på så vis kunna förstå beräkningarna och resultatet som kommer längre fram i rapporten.

Byggnadens energianvändning beror på många faktorer och alla är beroende av varandra. Dessa faktorer är indelade i ett olika antal poster. Genom att förstå en byggnads energibalans är det lättare att ta reda på vilka faktorer som kan påverkas för att dra ner energianvändningen (Abel & Elmroth, 2012).

Följande samband ger en bostad energibalans vilket även inkluderar tillförd och bortförd energi:

$$Q_{\text{energi}} = Q_{\text{värme}} + W = Q_t + Q_i + Q_v + Q_{tvv} + Q_{dr} + W_f + W_h - Q_{v\grave{a}} - Q_{\text{tillskott}} - Q_{\text{sol}}$$

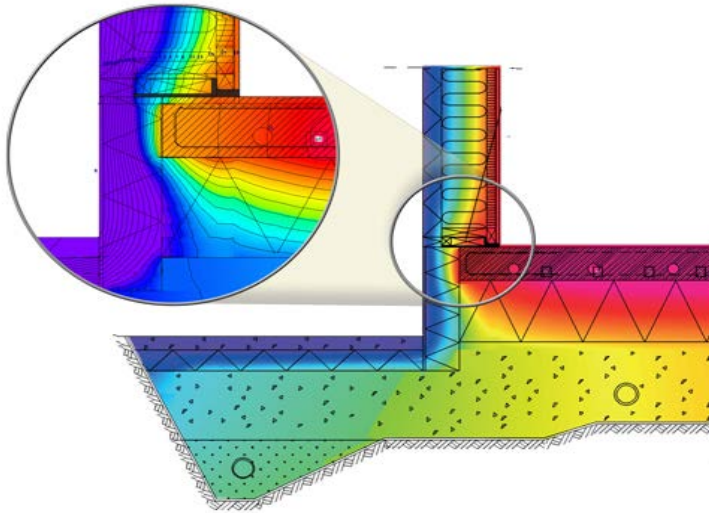
Posterna i energibalansen förklaras mer utförligt nedan.



Figur 3. Byggnadens energibalans (Svennberg, 2006).

Transmissionsförluster

Med transmissionsförluster menas den värmetransport som sker på grund av temperaturskillnaden inom- och utomhus. Denna energiförlust beror på hur stor temperaturskillnaden är samt hur väl huset är värmeisolerat. Transmissionsförluster kan begränsas genom att använda sig av bra värmeisolering i yttervägg, tak, golv, dörr och fönster. Viktigt att tänka på vid reducering av transmissionsförluster är att undvika köldbryggor. Vilket vanligtvis uppstår i detaljutformning och konstruktionsanslutningar där isolerings tjockleken oftast varierar (Abel & Elmroth, 2012).



Figur 4. Köldbrygga (Rockwool, 2014).

Värme för ventilationen

Det krävs energi för att värma uteluften som ska in i huset för att inneklimatet ska bli behagligt. Hur stort värmebehovet för ventilationen är beror på temperaturen utomhus samt vilken temperatur som efterfrågas inomhus. (Abel & Elmroth, 2012).

Värmeläckage

Värme kan förloras på grund av otäthet i klimatskalet samt på grund av fönstervädring. I otäta hus förekommer mer eller mindre luftläckage vilket innebär att man måste värma en mängd uteluft för att behålla den efterfrågade temperaturen inomhus. Under vissa omständigheter kan dessa otätheter innebära en risk för fuktskador. Dock är det inte alltid önskvärt att täta befintliga byggnader eftersom det finns en risk att dessa byggnader enbart har ett frånluftssystem. Det beror helt enkelt på vilket slags ventilationssystem byggnaden har (Abel & Elmroth, 2012).

Värmebehov för tappvarmvatten

Denna energipost kan variera beroende på behovet av varmvatten vilket beror på brukarnas vanor och beteenden. Varmvatten används både till dusch, bad, disk- och tvättmaskin. Under senare åren har tekniken utvecklats för att man ska kunna använda mindre varmvatten genom till exempel en luftintagning i duschmunstycket. Varmvattnet kan vara uppvärmt med el eller med värme från olika bränslen (Abel & Elmroth, 2012).

Distributionsförluster och reglerförluster

Till distributionsförluster hör friktionsförluster i ledningar och kanaler samt värmeförluster till dessa. Hur stora dessa blir beror dels på ledningarnas längd och värmeisolering. Värmeförluster från ledningar kan dock bidra till att huset kräver mindre energi för uppvärmning (Abel & Elmroth, 2012). Reglerförluster innebär energiförluster som orsakas på grund av skillnad i önskad innetemperatur och verklig innetemperatur. Reglerförluster kan även bero på byggnadens tröghet, det vill säga dess värmekapacitet (Abel & Elmroth, 2012).

Hushållsel

Hushållsel beror främst på brukaren, då hushållsel definieras som el som brukaren använder i sin bostad för att driva apparater och belysning. Därför kan den variera kraftigt från bostad till bostad (Abel & Elmroth, 2012).

Fastighetsel

Det är den el som krävs för att driva fastighetens olika installationer till exempel fläktar för ventilation och pumpar för cirkulation av vatten. Även el till hissar och allmän belysning till trappuppgångar räknas som fastighetsel. Fastighetsel kan man minska genom att bytta till mer energisnåla maskiner och belysningar (Abel & Elmroth, 2012).

Värmeåtervinning

Genom att återvinna energin från den varma frånluften kan man använda denna till att värma den kalla tilluften. Detta kan göras med hjälp av en värmeväxlare eller värmepump. Cirka 80 % av frånluftens värmeinnehåll kan återvinnas med dagens moderna värmeväxlare, därför behövs det inte lika mycket energi för att värma tilluften (Abel & Elmroth, 2012).

Värmetillskott

Internvärmets tillskott kan tillföras från människor och apparater. Detta är något vi kan påverka, dock har den fördelen att värmebehovet minskar under kalla tider. I lågenergihus har värmetillskottet stor betydelse då det kan bidra till en höjd inomhustemperatur (Abel & Elmroth, 2012).

Solen

Solinstrålning har en väldigt stor betydelse för husets energibalans. Under vintern när värmebehovet är stort bidrar solstrålningen genom fönster till att energibehovet för uppvärmning minskar. Att dimensionera huset efter solinstrålning anses avancerat eftersom solens styrka varierar under året och dagen. Med hjälp av solskyddsglas och solavskärmning blir det lättare vid projektering.

2.5 Energisparande åtgärder

Med hjälp av ovanstående och genom att känna till husets energibalans samt vilka poster som har betydelse, så kan flera åtgärder införas för att energieffektivisera befintliga byggnader. Dock är inte alla dessa åtgärder felfria utan de kan orsaka fuktskador. Nedan nämns åtgärder för energieffektivisering av befintlig bebyggande med hänsyn till fuktskador.

Tilläggsisolering av yttervägg

Tilläggsisolering av klimatskalet är en byggteknisk åtgärd som har avsikten att ge ett lägre värmeflöde. Genom att tilläggsisolera kan stora energibesparingar göras, speciellt i dåligt isolerade hus. Dock krävs det vanligtvis stora investeringar och arbetsinstanser för att genomföra detta. Den mest använda metoden är att tilläggsisolera väggarna när fasaden behöver renoveras, och därmed slås två flugor i en smäll (Abel & Elmroth, 2012).

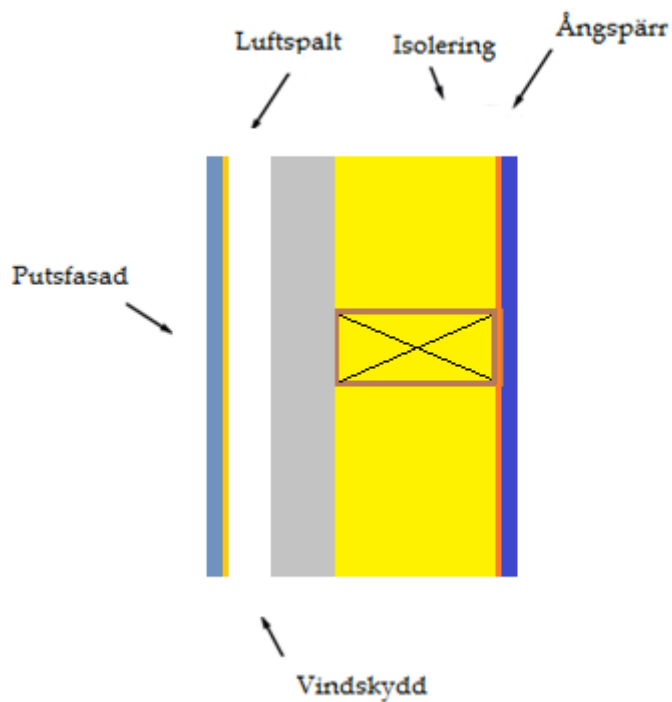
Hus byggda i början av 1900-talet anses vara okomplicerade byggkonstruktioner eftersom de bestod av få komponenter och material, och vart och ett av dem hade flera funktioner att uppfylla (isolera, nötning från vind och regn med mera). Sedan 70-talet har byggtekniken blivit allt mer komplicerad då klimatskalet förändrades så att varje material skulle uppfylla en given funktion i väggen.

Problematiken har varit att få dem att samverka så att inga fuktskador uppstår.

Det är mycket viktigt att utförandet av tilläggsisolering sker noggrant och korrekt eftersom isoleringens funktionen kan försämrats av luftrörelser samt av höga fukthalter i materialet. För att motverka dessa luftrörelser som kan uppstå av vind, lufttrycksskillnader och egenkonvektion krävs det att isoleringen skyddas av ett tätt skikt så att genomblåsning förhindras samt ett vindskydd som hindrar att luftrörelser uppkommer på grund av vindpåverkan. Det krävs även en ångspärr för att fuktillskott inifrån husen inte ska tränga ut och in i väggen. Det är även viktigt att isoleringsmaterialet är torrt när det byggs in så att inte fukt kan orsaka mögel när det byggs in i väggen (Landfors, 2009).

Luftspalt en lösning mot riskkonstruktioner

Eftersom man på 70-talet efter oljekrisen utvecklade byggtekniken med en mängd förändringar som kraftigt minskade värmeåtgången i nya hus, blev klimatskalet bättre samt tätare, men med den nya byggtekniken som utvecklades var inte alla konstruktioner beprövade och det togs ingen större hänsyn till vad som hände med inomhusmiljön. Ett problem som uppstått hos äldre hus är fuktproblem på grund av att de saknar en luftspalt. Konstruktioner av denna typ kallas enkeltätade väggar där fukt som tränger in i väggar hade svårt att ta sig ut då isoleringen placerades mellan två ångspärrar. Idag vet man att stillastående vatten under lång tid bör undvikas i alla dess aggregationstillstånd då fuktproblem kan uppstå. Genom en ventilerad luftspalt kommer denna fukt att ventileras bort. Hur stor luftspalten ska vara är mycket beroende av ytterbeklädnaden (Abel & Elmroth, 2012).



Figur 5. Ytterväggskonstruktion med luftspalt. (Svennberg, 2006).

Utvändig eller invändig tilläggsisolering

Om man väljer att tilläggsisolera kommer man att stå inför valet av utvändig eller invändig tilläggsisolering. Vilken som väljs beror på situationen man står inför. Ur ett energisparande syfte är det oftast önskvärt att tilläggsisolera utvändigt, eftersom köldbryggor i väggen går lättare att isolera bort. Dessutom blir den ursprungligare väggkonstruktionen varmare och torrare. Detta anses ofta mer gynnsamt och problemfritt. Bakom den nya ytterväggpanelen ska det finnas en luftspalt eftersom väggen och väggpanelen enkelt ska kunna torka efter regn (Abel & Elmroth, 2012).

Valet av tjocklek på isoleringen är inte enbart en ekonomisk fråga utan även en arkitektonisk sådan. En tjock tilläggsisolering kan påverka husets utseende negativt då fönstret ser mindre ut i fasaden ("hålögt"). Väggarna kan komma att bli hängande utanför grunden och takfoten blir kortare. Det går definitivt att åtgärda dessa problem men det blir en ekonomisk fråga att ta hänsyn till (Energimyndigheten, 2010). Vid korrekt utförd utvändig tilläggsisolering finns normalt ingen risk för att skadlig kondensation uppstår i väggen (Elmandersson Nevander, 2011).



Figur 6. *Utvändig tilläggsisolering (Styleroom, 2010).*

Att isolera invändigt har även sina för- och nackdelar. Ur fuktsynpunkt bör invändig isolering undvikas eftersom den befintliga väggen blir kallare vilket kan leda till fuktskador. Detta då fukt utifrån inte torkar lika fort. Invändig tilläggsisolering bör absolut undvikas vid putsade trähus och gamla tegelfasader då risk för frostspänning ökar om den invändiga isoleringen blir tjockare än 45 mm eftersom värme inte kan tillföras lika bra. Vid invändig tilläggsisolering blir dessutom golvytan mindre vilket av många upplevs som en nackdel.

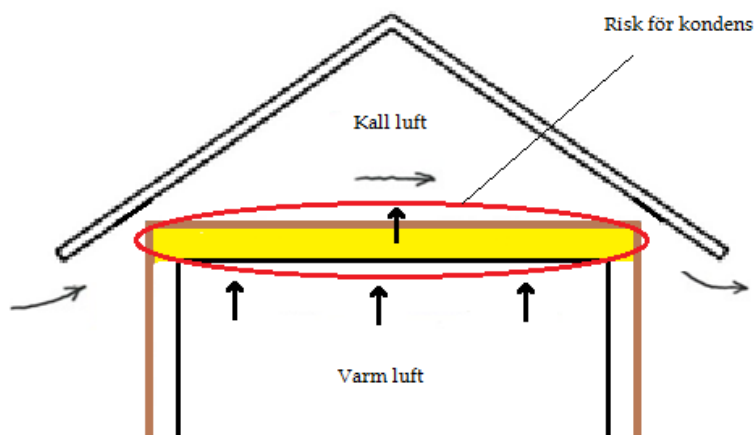
Tilläggsisolering inuti vägg

Man kan även tillföra isolering i väggen och på så sätt ändras inte utseendet på fasaden och golvytan. Detta kan göras för väggtyper som består av hålrum så som hålmur eller kanaler. I dessa väggar kan isoleringen sprutas in för att få ett bättre värmemotstånd. Det är mycket viktigt att ta hänsyn till fuktförhållandet i isoleringen så att vatten som kan finnas i isoleringen ska kunna torka ut. Genom att använda sig av en mellanliggande isolering kommer temperaturförhållandena att ändras då den kallare yttre delen kommer att bli ännu kallare. Dock har det inte visat sig ge upphov till nya fuktproblem (Elmandersson Nevander, 2011). Köldbryggor kan enkelt uppkomma i invändig tilläggsisolering. Nackdelen är förutom att man får en ökad värmegenomsläpplighet att den gamla väggen riskerar för en ökad hög relativfuktighet på grund av lägre temperatur (Energimyndigheten, 2010).

Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Tilläggsisolering av vindsbjälklag är ur ett arbetsinsatsperspektiv relativt okomplicerat. Det anses vara ett av det mest kostnadseffektiva sätten att energieffektivisera en byggnad, då de äldre är dåligt isolerade (Elmandersson & Nevander, 2011). Idag tilläggsisolerar man vanligen vindar med lösfillnadsisolering av mineralull och cellulosa-fibrer som i jämförelse med isolering med skivor har något högre värmekonduktivitet. Därför krävs det ofta en tjockare isolering för att uppnå ställda krav, cirka 500-600 millimeter. Viktigt att tänka på vid lösfillnadsisolering är att den med tiden ofta sjunker ihop så att dess isoleringsförmåga minskar. Därför rekommenderas att man med tiden lägger en extra isolering lager. Man vill ofta att vindsutrymmet skall ventileras för att undvika fuktskador. Därför är det viktigt att förhindra att inte uteluften blåser igenom isoleringen (Abel & Elmroth 2012). Vid extra tilläggsisolering på vindsutrymmen är det viktigt att de inte täpper till ventilationsluckorna så att ventilationen störs (Landfors, 2009).

Det är mycket viktigt att tänka på att försöka undvika kondensproblem vid tilläggsisolering av vindsbjälklaget. Detta på grund av att varm uteluft kondenserar i vindsutrymmet som kan ha lägre temperatur än uteluften, vilket kan inträffa under sommaren eller att varm inomhusluft läcker ut i det kalla vindsutrymmet, vilket till exempel kan inträffa under vintern. Man måste se till att vindsutrymmet är väl ventilerat och försöka få samma temperatur och fuktighet i vindsutrymmet som miljön runt omkring huset. Det är därför viktigt att bjälklagets täthet kontrolleras vid tilläggsisolering och vid eventuellt behov tätas (Elmandersson, Nevander, 2011).



Figur 7. Viktigt att den varma luften inomhus inte kommer ut till det kalla taket.

Fönster

På senare tid har vi byggt husen med stora fönster för att få in naturligt ljusinsläpp vilket anses behagligt och hälsosamt för människan (Liko, 2014). Dock ställer detta utmaningar på byggtekniken. Eftersom cirka 35 procent av den energi som läcker ut ur ett äldre småhus går genom fönstren. Äldre glasfönster har ett u-värde på $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ medan dagens energifönster har ett u-värde på cirka $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Energiläcketaget från fönster kan alltså reduceras med mer än till hälften. Det är viktigt att fönsterrenoveringen utförs noggrant att tätningen blir korrekt både mellan karm och båge samt mellan karm och vägg för att undvika värmeläckage. Trots att tekniken gått framåt är fönster än i dag den byggnadsdel som står för störst värmeförlust per yta (Abel & Elmroth, 2012).

Byte av fönster är både en kostsam åtgärd och det kan förändra fasadens utseende. Därför kan en extra isoleringsruta monteras när fönstren är i gott skick istället för att byta ut dem (Energimyndigheten, 2008). Även de befintliga fönsternas värmegångsmotstånd kan förbättras genom att lägga till isolerande gardiner eller persienner på insidan, mellan eller på utsidan av fönstren (Bokalders & Block, 2009).

Nya fönster med låga u-värden är inte helt problemfria eftersom kondens kan uppstå på fönstrets utsida. Eftersom fönstren släpper ut väldigt lite värme blir yttemperaturen på utsidan väldigt låg och under klara kalla nätter kan nattutstrålningen göra att ytan blir kallare på utsidan än uteluften. Vid en uteluftstemperaturen nära eller under 0°C kan glaset bli så kallt att frost uppstår. Kondens på utsidan av ett fönster är normalt inte skadligt för fönstret utan bara ett tecken på att det är välisolerat, men detta bör dock undvikas (Olsson-Jonsson, 2011).

Kondens på fönsters insida kan vara ett problem om luftfuktigheten inomhus är hög och ventilationen är dåligt. Detta motverkas genom att sätta en radiator under fönstren, varm luft kan då strömma upp och förhindra bildandet av kondens (Nevander, 2011).

Tätning av klimatskal

Otättheter i klimatskalet är svårt att undvika och de finns vid anslutningar i konstruktionen. I dagens energieffektiva hus är reduktionen av otättheter mycket viktig. Att luft läcker genom otättheter kan påverka byggnadens funktion på flera sätt. Luftläckage kan leda till ökad energianvändning på grund icke dimensionerad ventilation. Det kan även leda till att fukt rör sig i konstruktionen och påverkar inomhusklimatet för de boende samt kan ge upphov till drag (Sandberg & Sikander, 2004).

Enligt BBR är kraven för luftläckage $0,6 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ för ett nybyggt hus vid $+50 \text{ Pa}$ tryckskillnad. För passivhus är kravet hårdare och får ej överstiga $0,3 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ (FEBY 12, 2012)

SP har genomfört en så kallat kunskapsinventering för att inspektera hur täthetsfrågor hanteras på byggarbetsplatsen. Undersökningen visade att det krävs ökad kunskap för att förstå syftet av täta konstruktionen, då tätheten av klimatskalet inte behandlades som en viktig fråga vid byggarbetsplatsen. Genom att öka kunskapen till snickare och projektörer kan det bidra till bättre utförda konstruktionslösningar och materialval (Sandberg & Sikander, 2004).

Injustering

I fastigheter med vattenburen värme kan det finnas en form av obalans i systemet i de fall då det finns en kall del av byggnaden som bestämmer temperaturnivån. Detta leder till att den varmare delen av byggnaden måste vädra undan energi. Injustering av ett värmesystem är en billig och enkel åtgärd som kan sänka värmebehovet upp till 15 % (Energimyndigheten, 2012).

FTX-system

FTX-system innebär att man har två separata kanalsystem för tilluft och frånluft. Vanligtvis kommer tilluften till sovrum och vardagsrum samtidigt som frånluften tas från kök och badrum. I detta kanalsystem kan det finnas en värmeväxlare där frånluften värmer tilluften. Detta kan ge en energibesparing för ventilationsförluster på 50-80 % jämfört med att inte ha någon värmeväxlare (Energimyndigheten, 2011a). Den svåra utmaningen att konvertera ett F-system till FTX-system är att få plats med de nya tilluftskanalerna på estetiskt tilltalande sätt. Samtidigt ska det även finnas plats för till och frånluftskanalerna att mötas i en värmeväxlare (Energiakademin 5).

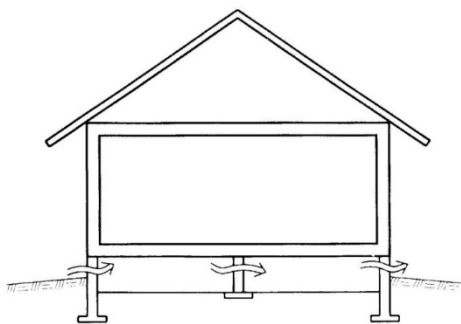
Andra sätt att förbättra ett F-system som ger bättre energieffektivitet och bättre inomhusmiljö är att:

- Injustera systemet så att onödigt drag och ökad energi för uppvärmning undviks.
- Byta gamla fläktar till nya med högre verkningsgrad.
- Koppla en frånluftsvärmepump till systemet så man kan återvinna värme ur frånluften som man antingen kan värma tappvarmvattnet med eller till uppvärmning av huset om man har ett vattenburet värmesystem.
- Installera tilluftsradior som värmer tilluften innan den kommer in i bostaden. (Energiakademin 4)

Krypgrund

Krypgrund, även kallad torpargrund, är en grundläggning för hus där ventilerad luftspalt skapas mellan markyta och bottenbjälklaget. Luftspalten isolerar huset från markens kyla. Krypgrunden har även funktionen att stå emot tjälhävning och bära upp tyngden av byggnaden.

Det är viktigt att grunden utförs noggrant och väl planerat eftersom krypgrund saknar nödvändig fuktskydd och man enkelt kan få fuktrelaterade fuktproblem (Olsson, 2006). Energieffektivisering av krypgrund anses vara en väldigt komplicerad åtgärd då det är svårt att finna balans mellan ventilation, värme och fukt. I äldre hus där bjälklaget oftast är oisolerat kan värme ledas till den kalla krypgrunden. Eftersom man vill minska husets energiavgivning genom att tilläggsisolera kan detta bli en effekt som gör så att krypgrundens temperatur sänks vilket leder till en högre relativ fuktighet.



Figur 8. Illustration av krypgrund (Svennberg 2006).

För att få en fungerande kryppgrund ska följande punkter tas i beaktning:

- Ventilationsöppningar bör placeras så att genomluftning erhålls överallt.
- Använd plintar som upplag inne i krypprummet hellre än grundmurar i större öppningar.
- Fläktventilation kan anordnas då naturlig ventilation inte med säkerhet kan påräknas, till exempel vid sluttningshus eller vid låg sockelhöjd.
- Grunder med träbjälklag bör förses med värmeisolering på grundbotten.
- Krypprummet bör göras minst 0,5 m högt.
- Krypprummet ska inspekteras regelbundet.

Energihushållning

Det finns många energismarta lösningar som kan införas för att minska energianvändningen av hushållsel och fastighetsel. Givetvis kommer energihushållningen bero på de boendes beteende (Isover, 2010).

Belysning

Genom att byta äldre belysning mot nya energieffektiva lösningar kan en stor mängd energi sparas. Den tekniska utvecklingen har lett till att ljuset kan styras efter behov, till exempel att man sänker belysningen ju mer dagsljus som kommer in. Med detta i kombination med en närvarogivare kan energianvändning minska ordentligt (Belysningsbranschen, 2014).

Vitvaror

Idag står dagen vitvaror för cirka 25 % av hushållselen i en bostad. Genom att byta gamla kylskåp mot mer energieffektiva kan man spara 90 % av energianvändningen. Energimärkningssystemet består av olika kategorier, från G till A, där A har lägst energiförbrukning och G högst. Även tvättmaskiner och torkskåp har utvecklats så mycket de senaste åren att det kan vara lönsamt att byta ut fungerande utrustning mot nyare energieffektivare (Bokalders & Block, 2009).

Minskad vattenanvändning

Under senare år har tekniken för WC, kök och dusch utvecklats vilket gör att man kan spara både på vatten och energi. Dagens moderna blandare sparar vatten genom att återgå till normalflöde så fort greppet släpps och de kan även ha förinställd maxtemperatur och maxflöde. Dessa moderna kranar kan minska användningen av varmvatten på tappstället med upp till 50 %. Med dagens vitvaror som använder både varmvatten och el kan man spara mycket energi. Idag finns det diskmaskiner som sparar upp mot 75 % av normala mängden varmvattnet (Bokalders & Block, 2009).

Solenergi

Utnyttjande av solenergin är inget som kommer att användas som åtgärd i denna rapport då fokus ligger på klimatskalet. Solenergi är den energi som kommer från solljus, tack vare den finns det liv på vår planet. Solljuset driver växters fotosyntes och utan solljus hade jorden varit en kall planet. Hur mycket energi som kan nyttjas från solstrålningen beror på bland annat på rådande geografi, och den teknik som används. Dessutom har solpanelens placering och lutning stor betydelse. I ökenområden som har högt antal soltimmar är medelstrålningen 2500 kWh/(m²·år) medan det i södra Sverige ligger på cirka 1000 kWh/(m²·år) (Andrén, 2011). Solenergin har två grundläggande användningsområden. Solpanelerna kan alstra el till hushåll eller producera värme, så kallad solel

respektive solvärme. Sedan 2009 kan man i Sverige få ekonomiskt stöd från staten på upp till 35 % av investeringskostnaden vid installation av solceller och solfångare. Under perioden 2013-2016 har svenska regeringen avsatt 210 miljarder kronor för stöd till solceller med syftet att bidra till omställningen av energisystemet och till näringslivsutveckling inom energiteknikområdet (Energimyndigheten, 2014).

2.6 Normalårskorrigerig

Normalårskorrigerig skapar en möjlighet att jämföra energianvändningen mellan olika perioder oberoende av den aktuella utetemperaturen. Det vill säga man får en rättvis bedömning av energianvändningen för varje år. Den vanligaste metoden är graddagssmetoden (Energihandboken, 2012).

I graddagarsmetoden beräknas en korrigeringsfaktor som anger förhållandet mellan normalt antal graddagar under en period och verkligt antal graddagar under samma period. Korrigeringen tillämpas enbart på den del av energianvändningen som är klimatberoende. Det vill säga man tar bort den del av energi som gått åt att värma varmvatten (SMHI, 2003).

Normalårskorrigeringen med graddagar kan beskrivas med följande 3 steg:

1. Ta bort den del av energiförbrukning som inte påverkas av utetemperaturen, exempelvis varmvatten.
2. Den del av som påverkas av utetemperaturen korrigeras med SMHI graddagar.
3. Varmvattnet läggs till igen och nu kan man jämföra energiförbrukningen med ett normalår(SMHI).

3. Energieffektivisering och inomhusmiljö

Detta kapitel handlar om inomhusmiljö och dess samband till energieffektivisering. Vi bygger hus för att uppleva komfort och sund inomhusmiljö och därför kan inte energianvändningen sänkas hur mycket som helst. I Sverige har allergier fördubblats under de senaste decennierna och ser ut att fortsätta öka. Det är svårt att veta vad allergierna beror på men idag ser forskarna att det finns ett samband mellan luftkvaliteten inomhus och känslighetsbesvär framför allt hos unga människor. De bostadsrelaterade besvären är högst i hus byggda 1960-1975 (socialstyrelsen, 2010). De symtom som dyker upp på grund av dålig inomhus miljö är många men de vanligast är luftvägsirritation, huvudvärk, trötthet och hudbesvär (Internet Medicin, 2014).

Vad är det som orsakar besvär?

För att bygga välmående hus krävs en kombination av flera faktorer. För att människan ska kunna bo och vistas i en bostad utan besvär måste man ta hänsyn till:

- Fukt
- Ventilationen
- Temperatur
- Emissioner
- Lufthastighet
- Belysning
- Estetik
- Buller

Dessa punkter samverkar det vill säga man måste ta hänsyn till alla för att få ett fungerande system (Pettersson, 1997).

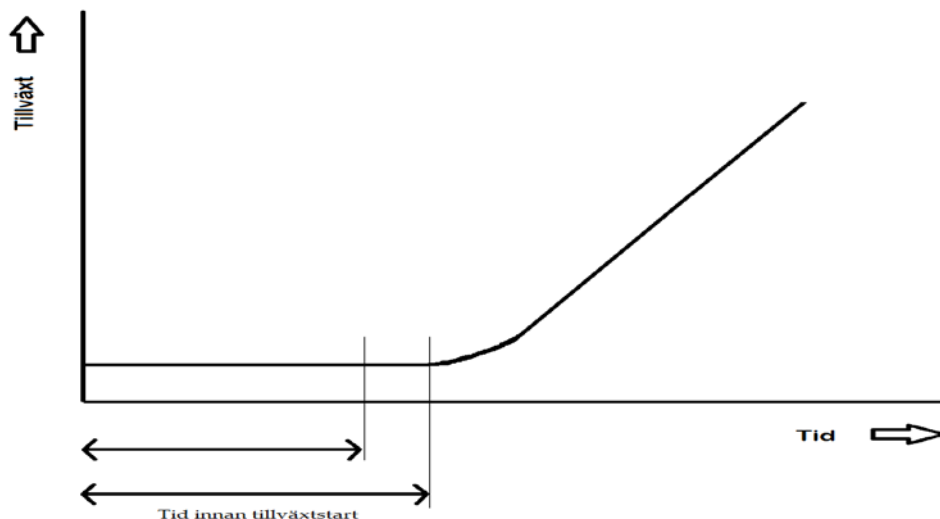
3.1 Fukt

Med fuktproblem menas att vatten i olika aggregationstillstånd i material som exempelvis finns i väggar och golv inte tål de naturliga fuktbelastningar som huset utsätts för. Det kan vara allt från regnvatten, markfukt, utandningsluft med mera. Detta eftersom mögel och bakterier trivs när det är fuktigt och växer och förökar sig mycket fort. Problemet är att dessa kan avge en unken luft som människor kan besväras av. Fortsätter i sin tur fukttillförseln under en längre tid kan röta växa på organiska material som trä, detta kan leda till att träet bryts ner vilket leder till försämrade hållfastheten i materialet. Andra följder som mögel och röta kan medföra är missfärgning på material, vilket påverkar den estetiska faktorn. Det är andra faktorer som är viktiga för mikroorganismers tillväxt förutom fukt är:

- Näringsämnen
- Temperatur
- Tid
- Syr- och basbalansen
- Syretillgången

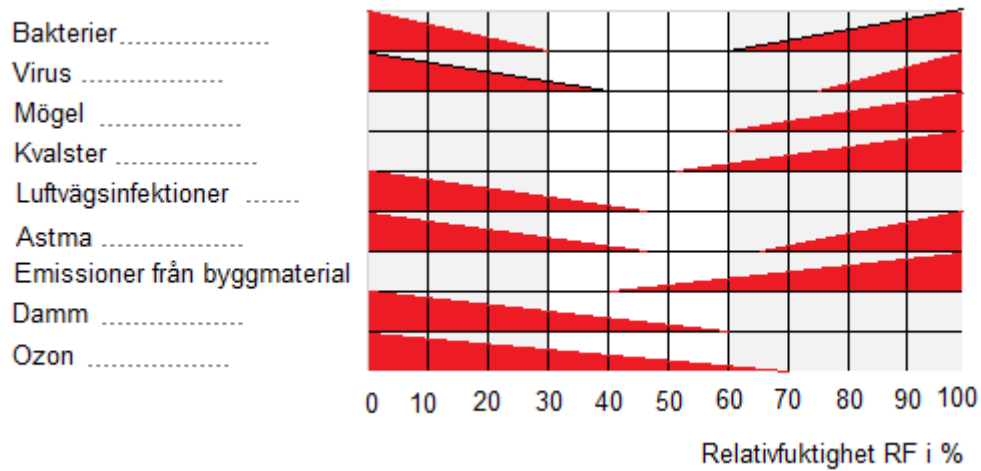
(Bloom, 2013)

Figuren nedan visar tillväxtförloppet för mikroorganismens mikroorganiska tillväxtförlopp, som figur 9 visar tar det vis tid innan förökningen sker. Hur lång tiden är innan tillväxten sker beror ovan nämnda punkter. Eftersom det tar tid innan tillväxten av mikroorganismer sker är det svårt att i god tid upptäcka skador som orsakas av fukt och därmed förhindra fuktskada. Därför upptäcks fuktskador oftast sent och spridningen har hunnit långt. Detta medför att stora skador kan ha uppträtt och det är då osunt att vistas i byggnaden. Därför måste byggnader utformas så att vi inte får in fukt i konstruktionen som gynnar i sin tur mikroorganismer (Bloom, 2013).



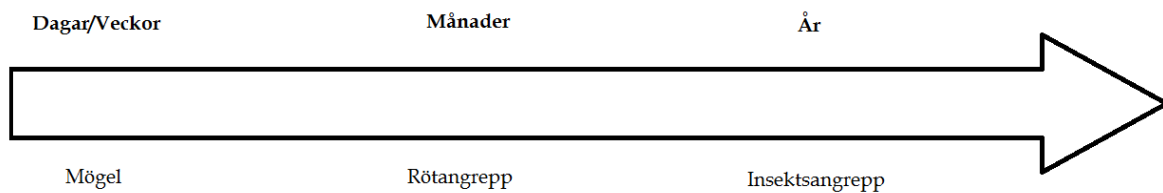
Figur 9. Mikroorganismens tillväxtförlopp (Svennberg, 2013).

För att tillväxt av mikroorganismer ska ske krävs inte mer än vatten i gasform, det vill säga små vattenpartiklar i luften. Figuren nedan visar hur den relativa fuktigheten påverkar miljön. Mellan 40-60 % relativ fuktighet anses risken för kemiska och biologiska strider upphöra. Därför ska den relativa fuktigheten i huset vara kring det värdet (Blomqvist, 2013).



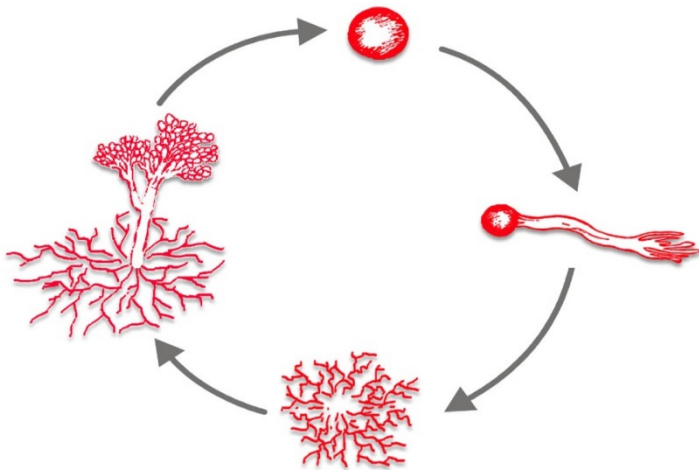
Figur 10. Relativa fuktighetens intervall som gynnar kemiska och biologiska effekter, (Svennberg, 2006)

Om man upptäcker att det frodas insekter i en konstruktion är det ett tydligt tecken på fuktskada, se figur 11.



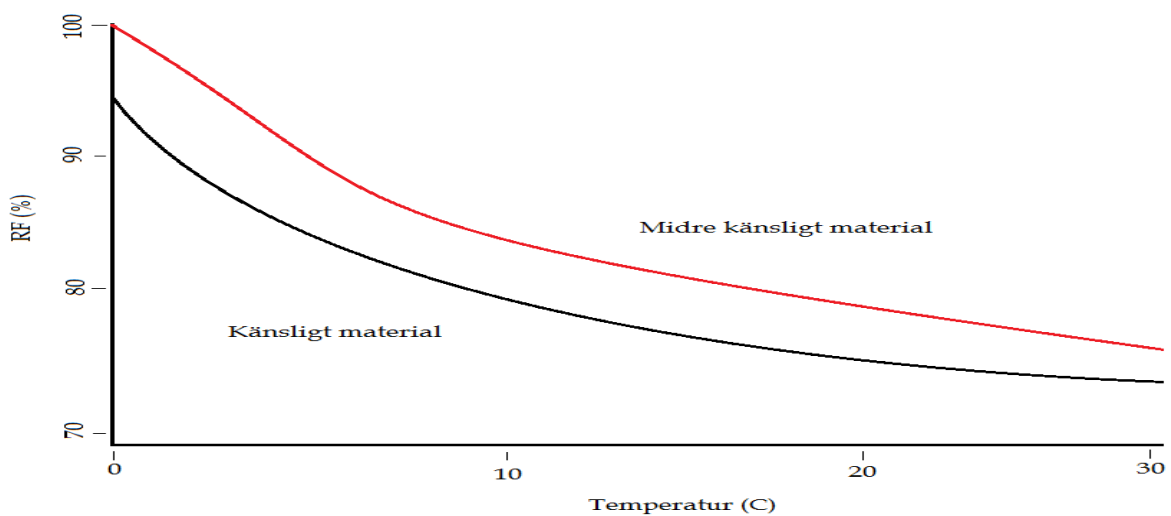
Figur 11. Ungefärlig tid för tillväxt för mögel, röta och insekter (Svennberg, 2013).

Luften innehåller alltid en mängd mikroorganismer och sporer från mögelsvampar. Halten varierar med årstid på grund av varierande klimat med mera. Genom utbyte med utomhusluften exempelvis genom luftströmmar kommer svampsporer in i huset. Sporererna sedimenterar på bland annat byggnadsmaterial och inredningen, och ur denna aspekt finns det alltså inga "rena" material. Om omständigheterna är vad gäller fukt, temperatur med mera gynnsamma så kommer sporererna att gro och svampar att växa (Blomqvist, 2013).



Figur 12. Livscykeln för mögelsvamp (Svennberg, 2013).

Fuktkraven för tillväxt är varierande för olika mikroorganismer. En del arter av mögelsvamp kan föröka sig vid låga fukthalter redan vid 20 % RF. Medan andra arter av mögelsvamp kräver högre fukthalter. Naturligtvis är de temperaturberoende, och därför är det viktigt att ta hänsyn till detta vid materialval (Socialstyrelsen, 1984).



Figur 13. Förhållandet mellan temperatur och fukt är beroende för tillväxt av mögel (Svennberg, 2013).

Andra orsaker som är viktiga gällande fukt är att en hög fukthalt leder till ökat energibehov, eftersom:

- Ökad fukthalt höjer värmeledningsförmågan.
- Fasomvandlingar inom en konstruktion som t.ex. kondensation leder till energitransport.
- Uttorkning av bygg och regnfukt kräver energi.

Fukttransport

Vatten till en byggnad kan föras till husets olika konstruktioner på flera sätt och i olika aggregationsformer vilket måste tas i beaktan vid projektering. Följande fuktkällor är sådana som man måste tas till hänsyn till:

- Regn, snö och slagregn
- Luftfukt
- Byggfukt
- Vatten i och på mark
- Läckage från installationer

Fukttransporten kan ske på följande sätt:

- Fuktkonvektion (transport av vattenånga med strömmande luft).
- Kapillärsugning (i fina porer).
- Diffusion (transport av vattenånga på grund av skillnader i ånghalt).
- Tyngdkraft (vattenövertryck och vindtryck för transport i vätskefas).

(Nevander, 2006)

Fuktbalans

Som tidigare nämnt finns det flera sätt för fukt att ta sig in i hus, detta leder i sin tur till att det är viktigt att skapa en form av balans av fukten i huset för att på så vis undvika fuktrelaterade problem.

Fuktbalansen bestäms av

- Ventilation
- Fuktproduktion genom hushållsaktiviteter
- Fuktlagrande förmåga hos luften själv
- Fuktabsorberande förmåga hos paneler, möbler etc.

(Nevander, 2006)

Tabell 2. Kritiska fukttillstånd för olika material i en byggkonstruktion. Smuts tillför näring och detta medför att kritiska fukttillståndet för de mer tåliga materialen sänks till 75-80 % RF (Nevander, 2006).

Materialgrupp	Kritiskfukttillstånd, RF/ %
Trä och träbaserade material	75–80
Gipsskivor med pappytor	80–85
Mineralullsisolering	90–95
Cellplastisolering (EPS)	90–95
Betong	90–95

3.2 Ventilation

Ventilationen finns först och främst för att få en god luftkvalité i våra byggnader. I och med teknisk utveckling har ventilationssystemet även fått uppgiften att ta hand om temperatur komforten inomhus. Vi tillbringar cirka 90 % eller mer av vår tid inomhus och i regel är inomhusluften sämre än utomhus, detta eftersom luften stannar inomhus (Blomquist, 2013). Idag uppfyller cirka 80 % av alla villorna och 60 % av alla lägenheter inte de svenska ventilationskraven (Svensk ventilation, 2008). Det finns mycket föroreningar i vår inomhusluft som kommer från utomhusluften. Dessutom finns föroreningar i inomhusluften som orsakas av källor inne i bostaden:

- Tobaksrök
- Virus
- Bakterier
- Fukt och mögel
- Dofter
- Kemiska emissioner
- Damm
- Radon
- Ozon
- Pälsdjur
- Utomhusluftens kvalité till exempel från trafiken och pollen

Samma föroreningar som finns i utomhusluften finns normalt också i inomhusluften dock i lägre halter, i snitt 30 % lägre. Det kan vara betydligt högre siffra om en kortslutning skulle uppstå. Detta kan leda till att den tillförda luften inte sprider sig ut i rummets vistelsezon utan förflyttas mer eller mindre direkt ut med frånluften. Vilket därefter kan leda till att stagnationszoner uppstår. Man kan även säga att man har en låg luftutbyteseffektivitet (Magnusson och Qvist, 1990). För att få ett mått på hur väl fungerande ventilation är i en byggnad används koldioxidhalten som en indikator. I samlingslokaler och skolor anses en halt över 1000 ppm ohygieniskt och kan påverka människors hälsa (AFS 2009:2).

Hur stor mängd föroreningar man får in i tilluften beror på vart luftintaget placeras, till exempel man får in mer föroreningar om den är placerad vid en trafikerad väg jämfört med innergård. Viktigt att tänka på är även att placera frånluften en bra bit från tilluften.

Luftflöde för villor i Sverige ska enligt Boverket ventileras enligt det högsta flödet av nedanstående.

$$\text{Luftflöde} = 0,35 \cdot \text{golvarean} [\text{liter/s} \cdot \text{m}^2]$$

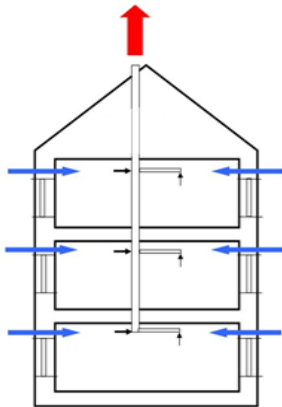
4 liter/s för sovrum

Detta motsvarar cirka 0,5 luftomsättning/h (BFS 2011:6).

Olika ventilationssystem för småhus

Självdraagsventilation (S)

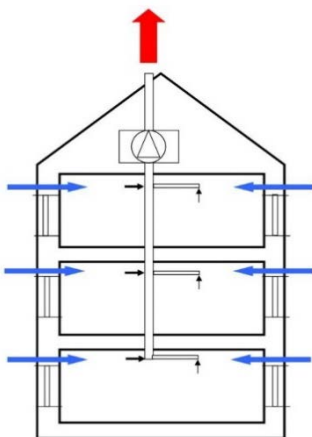
Detta system användes i byggnader ända fram till 1975. Självdraagsventilationssystemet bygger på att luften termiskt evakueras från huset. Då den varma luften som är lättare än den kalla stiger uppåt och ut igenom frånluftkanalerna. Luftutbyteseffektiviteten varierar mycket då temperaturskillnaden mellan ute- och inneluften är olika under olika årstiderna. Varma dagar blir ventilationsflödet dåligt till skillnad från kalla vinterdagar då huset överventileras vilket bidrar i sin tur till höga energikostnader (Elmroth, 2008).



Figur 14. Självdraagsventilation (Svennberg, 2006)

Mekanisk frånluftsventilation (F)

Efter 1975 och framåt anslöt man en frånluftsfläkt till frånluftskanalerna på taket eller på vinden. Kanalsystemet slöts ihop från WC, bad och tvättstuga. Med detta system kunde man säkerställa ett kontinuerligt luftflöde från huset under hela året och man kunde således reducera det höga flödet man får med självdragsventilation under vinterperioderna. I hus med S eller F ventilation kan tilluftsdon saknas eller vara stängda. Anledningen till att man stängt dem kan vara på grund av kalla dagar då det överventileras. Dock uppstår problem om man glömmer att öppna dem igen. Detta gör så att man kan få läckageflöden vintertid och dålig inomhusmiljö med risk för fukt-, mögel- och allergiproblem (Elmroth, 2008).

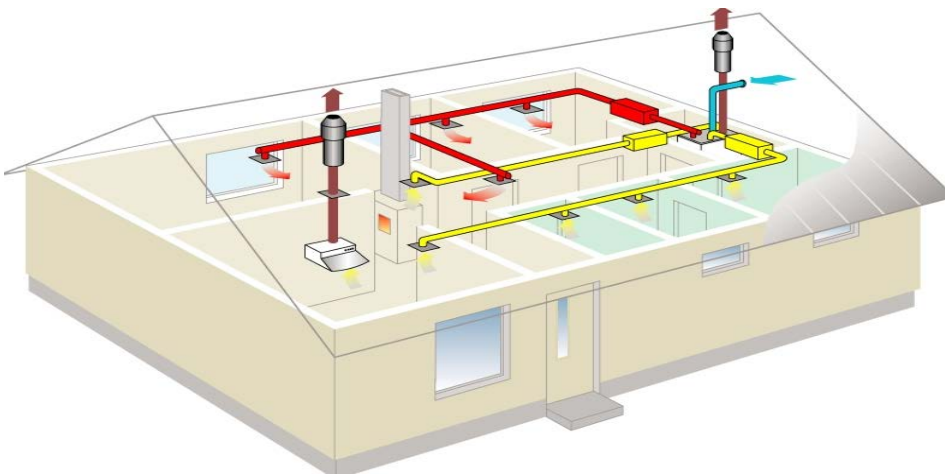


Figur 15. Mekanisk frånluftsventilation (Svennberg, 2006)

Tilluft och frånluft (FT) med återvinning (FTX)

För att uppnå en god luftutbyteseffektivitet har man gått över till från-och tilluftssystem. Detta innebär att man har en tilluftskanal och en frånluftskanal med inbyggda fläktar. På så sätt kan man justera flödet som man vill få in i huset och då kan man även lättare uppfylla kraven på 0,35 liter/(s·m²) bostadsyta och 4 liter/sekund i sovrum.

Detta system kan kombineras med värmeåtervinning, vilket innebär att frånluftens värmeinnehåll överväxlar för uppvärmning av tilluften. Detta system kallas FTX-system och gör även så att man sparar man en del energi. Det finns ett antal olika värmeväxlare att välja bland, exempelvis batterivärmeväxlare och plattvärmeväxlare. Det som är viktigt för att uppnå god energibesparing i detta system är att huset är tätt. Det är även viktigt att samtliga kanaler är noggrant isolerade detta för att man ska erhålla en optimal energibesparing (Elmroth, 2008).



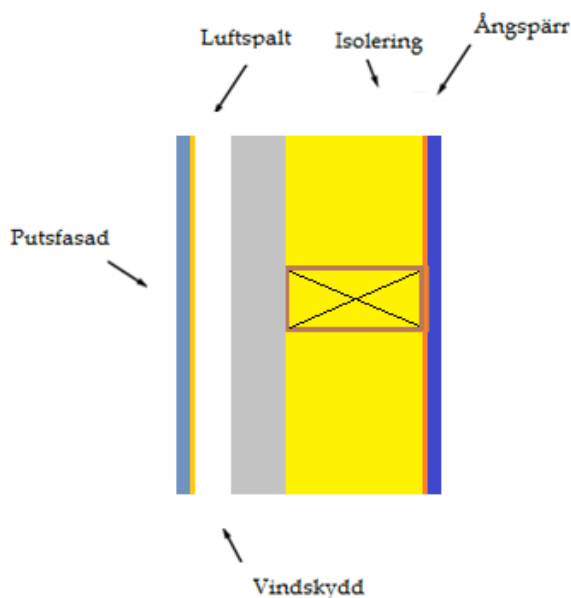
Figur 16. FTX system (Fresh, 2013).

Fukttillskott

En sak som kan inträffa om huset inte ventileras ordentligt är att det kan leda till fuktskador eftersom vi får ett fukttillskott inomhus. Den relativa fuktigheten är högre på vintern men eftersom temperaturen är låg så är mätnadsånghalten låg. Då ånghalten inomhus är högre än utomhus vill vattenångan transporteras till omgivningen vilket den gör genom att ta sig ut genom klimatskalet. Om man inte har en god ventilation inomhus så kommer vattenångan att trycka sig ut mot klimatskalet och därmed är risken för kondens stor (Jensen, 2010).

Undertryck och ångspärr

Det finns två metoder för att undvika att luften ska röra sig ut genom väggen. Den första metoden är genom att stoppa luften från att tränga sig ut till den kalla delen av väggen, vilket görs med en ångspärr. Vanligtvis använder man en plastfolie som placeras nära den varma innerväggen. På så sätt hindrar man varm luft från att nå kalla ytor så att den kondenserar och man slipper därmed detta problem (Nevander, 2006).



Figur 17. Placering av ångspärr (Svenneberg, 2006).

Den andra metoden är genom att skapa undertryck i huset. På det sättet kommer luften inte att passera ut genom väggen utan istället sugas in genom väggen. Detta kan leda till drag och kallras men man får åtminstone en torr vägg. Om man antar att inomhusluften är varmare än uteluften så är risken för kondens minimal. En kombination av dessa metoder är optimal ur både fukt och energisynpunkt. För byggnader utan tilluft är det viktigt att skapa undertryck eftersom byggnaden ventileras endast via läckor och vädring (Abel och Elmroth, 2008). Undertryck kan man skapa med en frånluftsfläkt som drar in mer tilluften än frånluft eller med en ventilationsskorsten (Abel och Elmroth, 2008).

3.3 Temperatur

I den lokal man vistas i ska temperaturen kännas behaglig. Vår kropp trivs med kroppstemperatur på cirka 37°C. Kroppstemperaturen regleras genom metabolism vilket är människans ämnesomsättning (Danvak, 2013).

Faktorer som avgör hur vi upplever det termiska klimatet beror på följande termiska faktorer:

- Luftens Temperatur
- Termisk strålning
- Luftrörelser
- Luftens fuktighet
- Aktivitet
- Klädsel

Luftens Temperatur

Lufttemperatur är ett allmängiltigt mått på temperatur för luften. Lufttemperaturen tar inte hänsyn till strålning eller fuktighet. En del av den upplevda termiska komforten beror på luftens temperatur. (Danvak, 2013).

Termisk strålning

Den termiska strålningen har stor möjlighet att reglera människans kroppstemperatur. Därför är det viktigt att undvika kalla ytor i huset eftersom det då krävs en ökad lufttemperatur för att uppnå en god inomhuskomfort (Danvak, 2013).

Luftrörelser

Eftersom människans kroppstemperatur är 37 °C kommer varje luftrörelse som understiger kroppstemperaturen att föra med sig värme från kroppen. Höga lufthastigheter och luftrörelser som ständigt ändrar riktning kommer därför att ge samma effekt som en sänkning av lufttemperaturen. Vid luftrörelser är det viktigt att tänka på att tilluften är undertempererad (ca 3 °C) och inte medför drag (Magnusson, 1989).

Luftens fuktighet

Luftens fuktighet har inte stor inverkan på komforten. En tumregel är att 10 % förändring av den relativa fuktigheten motsvarar 0,2 °C förändring av den upplevda temperaturen. Luftfuktigheten har däremot stor betydelse för luftkvalitén (Magnusson, 1989).

Aktivitet

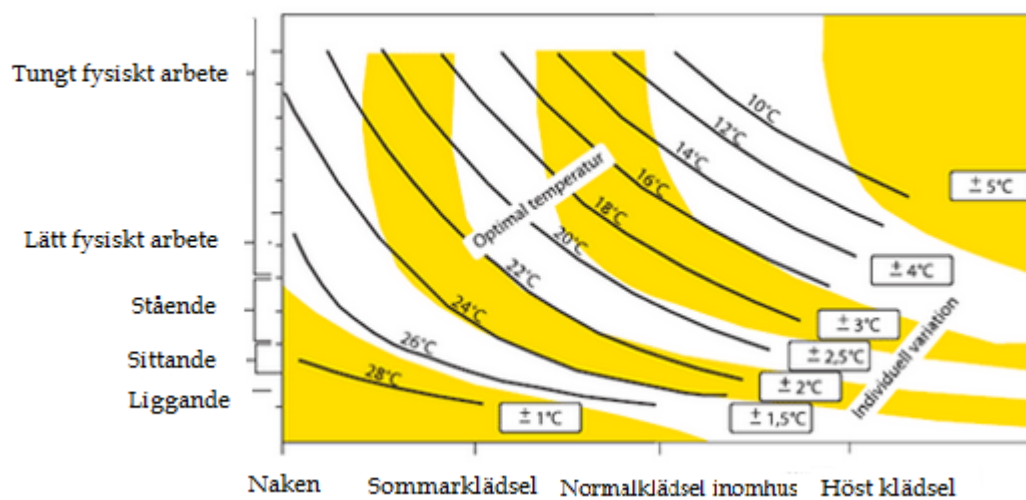
Aktiviteten som utförs har väldigt stor betydelse för den upplevda komforten. För att kunna utvärdera aktivitetens inverkan har en särskild skala konstruerats. Att sitta stilla är den referensnivå som används i skalan och den benämns i met (Magnusson, 1989).

Klädsel

Klädernas termiska egenskaper har givetvis också en stor inverkan. Därför finns en särskild skala som avspeglar klädernas termiska isolationsförmåga. Inga kläder motsvarar 0 clo och heltäckande inomhuskläder motsvarar 1 clo (Magnusson, 1989).

Upplevd temperatur

Upplevd temperatur, även kallad operativ temperatur, innebär att man utgår från de nämnda faktorerna som har en inverkan på människans komfort. Operativ temperatur definieras som ett medelvärde av lufttemperatur och medelstrålningstemperatur. Detta värde används vid projektering och beräkningar (Danvak, 2013).



Figur 18. Temperatur man vill uppnå beroende på klädsel och aktivitet (Isover).

3.4 Ventilationsprinciper

Det finns tre huvudgrupper av luftföringsprinciper:

- Envägsströmning
- Omblandad ventilation
- Termiskt styrd ventilation
(Abel & Elmroth, 2012)

Envägsströmning

Envägsströmning, även kallad kolvströmning, används där höga krav ställs på bra luftkvalitet (t ex operationssalar). Det är en mycket exklusiv och dyr teknik. Luften tillförs jämt fördelad över hela takytan eller över en väggyta och evakueras vid en motstående yta. Lufthastigheterna i rummet hålls i regel inom intervallet 0,4 -0,5 m/s för att inte störas av konvektionsströmmar från värmekällor i rummet. Envägsströmning ger den högsta möjliga luftutbyteseffektiviteten, det vill säga 100 % (Abel & Elmroth, 2012).

Omblandande ventilation

Det omblandande systemet karaktäriseras av att tilluften tillförs med hög hastighet från ett eller flera tilluftsdon i tak eller vägg. Detta gör så att det uppstår relativt kraftiga luftrörelser i lokalen. Normalt är utloppshastigheten mellan 2 – 10 m/s. Detta innebär att normalt förekommande föroreningar blir jämt fördelade i lokalen och även i frånluften. Den omblandande ventilationen kan därför beskrivas som en princip där man eftersträvar att åstadkomma frånluftsförhållanden i ett rum. Fullständig omblandning är inte möjlig att åstadkomma i praktiken (Abel & Elmroth, 2012).

Ett sätt att åstadkomma en högre effektivitet är att använda en låghastighetsteknik, så kallad termiskt styrd strömning. Principen karaktäriseras av att underkyld tilluft tillförs med en så låg hastighet så att densitetsskillnaden mellan tilluft och rumsluften ger upphov till luftrörelser i lokalen (Abel & Elmroth, 2012).

Termiskt styrd ventilation

Beroende på placering av till- och frånluftsdon kan den termiskt styrda ventilationen delas in i två kategorier:

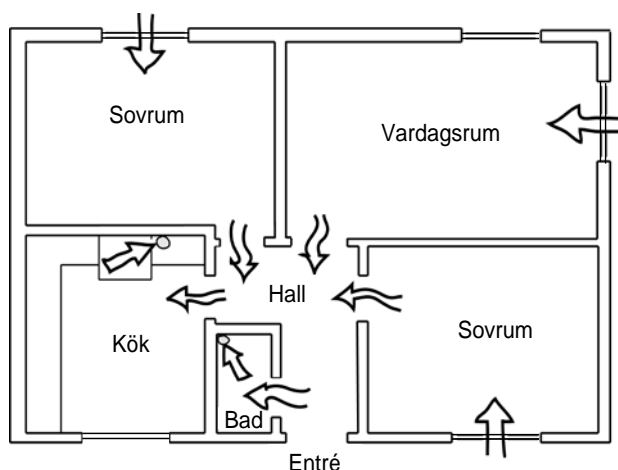
- Deplacerande ventilation
- Utjämnande ventilation

Den deplacerande ventilationen kännetecknas av att man inte eftersträvar någon nämnvärd inblandning av rumsluften i tilluften från tilluftsdonet. Detta åstadkoms genom att kyld luft tillförs vid eller nära golvytan. Densitetsskillnaden ger upphov till en så kallad täthetsströmning. Den varmare frånluften evakueras vid taknivån. Alternativt kan varm tilluft tillföras vid taknivån medan den kallare frånluften evakueras vid golvnivån. Beroende på att föroreningar i ett rum normalt stiger uppåt med hjälp av de varma konvektionsströmmarna (t ex cigarettök) rekommenderas normalt inte frånluft vid golvet i samband med komfortventilation (Abel & Elmroth, 2012).

Den utjämnande ventilationen kännetecknas av att man åstadkommer en viss omblandning i hela eller delar av rummet. Detta eftersträvas för att få en jämnare temperaturfördelning inom i första hand vistelsezonen. Detta kan åstadkommas på olika sätt. Antingen genom att den kylda luften tillförs från en hög nivå i lokalen (t ex från tak eller från ett don högt placerat på väggen). Eller så kan omblandning åstadkommas med en ejektor i tilluftskanalen.

Ejektorn som finns i rummet drar med sig rumsluften så att en blandning av rumsluft och primärluft erhålls. Tilluftsflödet från donet får därmed en högre temperatur och vi får en tilluftstemperatur vid golvet (Abel & Elmroth, 2012).

För att kunna välja rätt ventilationsprincip är det viktigt att känna till de olika principernas begränsningar. Gemensamt för alla luftföringsprinciperna är att man vill inta luft i vistelserummen och föra ut luft från utsugningsställena i till exempel kök och WC (Ventilationsbutiken, 2012).



Figur 19. Illustration för luftintag och luftuttag i huset (Svennberg, 2006)

4. Informationssamlade

Inventeringen av huset har gjorts genom en okulär undersökning samt intervju med de boende och studerande av tekniska bygghandlingarna. Beräkningarna i denna rapport utgår från data som samlats in med dessa metoder. De boende är i helhet nöjda med sin bostad. Dock är de missnöjda med boendekostnaden samt inomhusmiljön. Gällande boendekostnaden anses energianvändningen vara för hög. Vad gäller inomhusmiljön upplever de boende varierande rumstemperatur samt instängd och dålig luft. Anledningen till detta antas vara dålig ventilation (Bilaga A).

Invändig bottenarea: 65 m²

Tillbyggnad år 1979: cirka 60 m²

Energianvändning: 17 400 kWh/år (medelvärde av de senaste 4 åren)

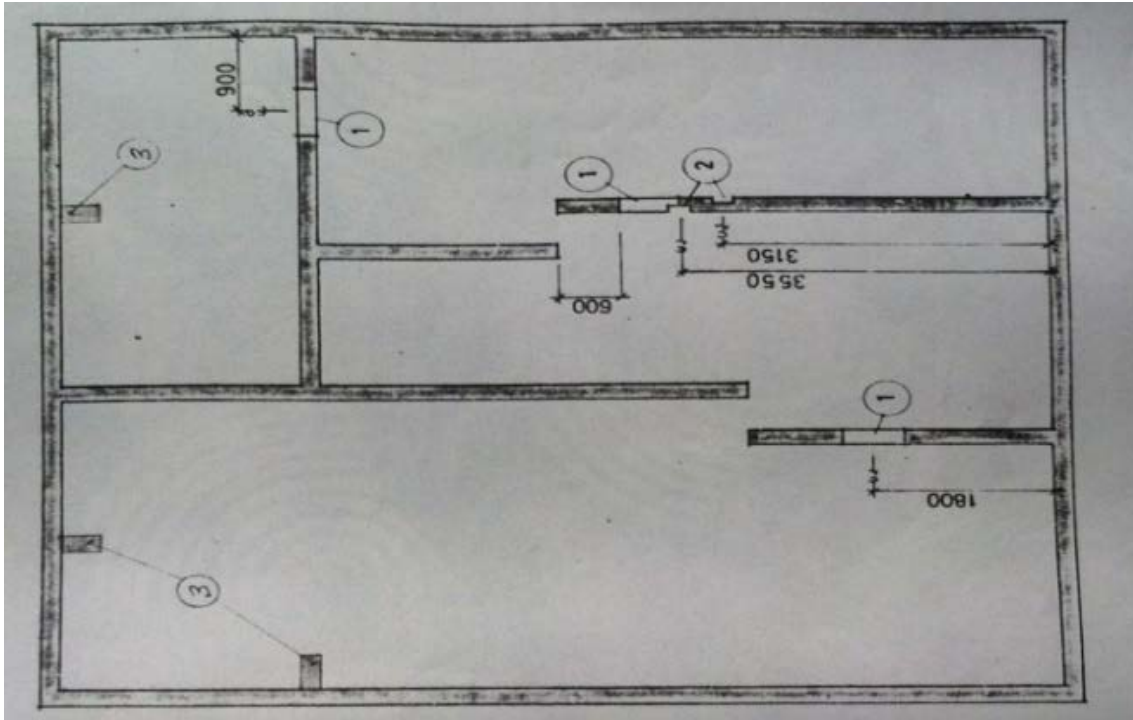


Figure 20. Utvärdig bild av huset taget i juli 2014.

4.1 Detaljkonstruktioner

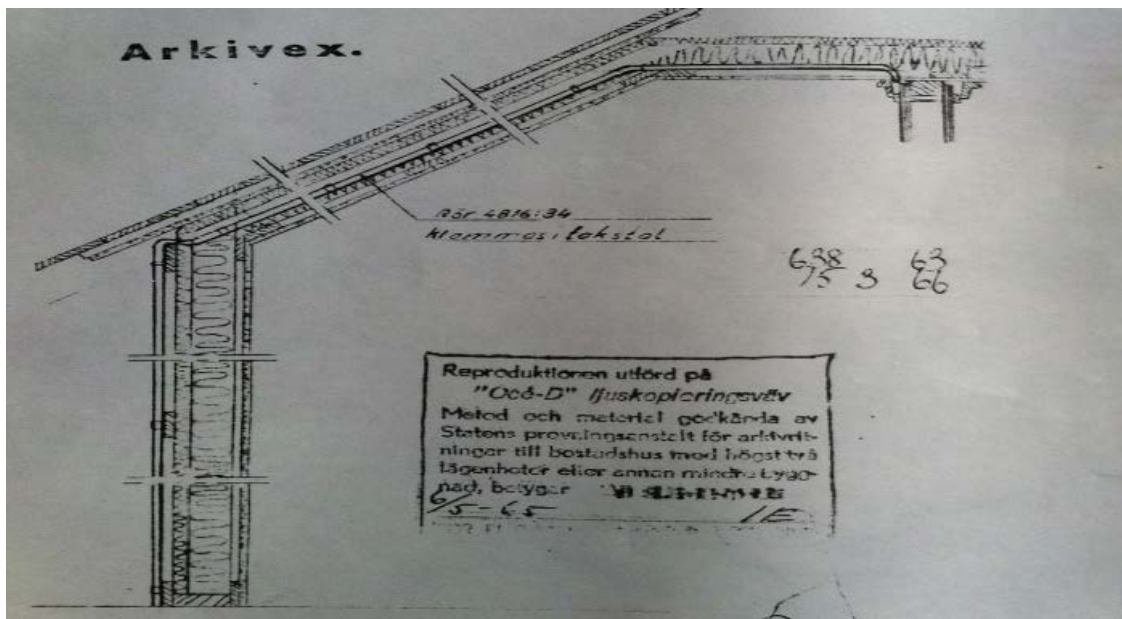
Ritningarna är hämtade från Stadsarkivet i Lund och från de boende. Utöver ritningarna har antaganden gjorts vad gäller okända faktorer som krävts för en del beräkningar.

Krypgrund



Figur 21. Utformning av krypgrund

Yttervägg och tak



Figur 22. Anslutning mellan bjälklag och tak.

4.2 Husets ventilationssystem - Spårgasmätning

Huset är ett självventilerat hus. För att undvika att den relativa fuktigheten blir för hög har de boende installerat en fläkt i badrummet på nedre plan. För att få ett mått på luftomsättningen i huset har en spårgasmätning gjorts. Med hjälp av spårgasmätningen kan man bedöma kvalitén på ventilationen. Man mäter luftomsättningen för att visa hur stor del av luften som omsätts, det vill säga andelen luft som byts ut i huset under en vis tid. Spårgasmätningen är en bra men tidskrävande metod för att beräkna luftflödet.



Figur 23. Spårgasmätningens utrustning.

Efter att ha ställt in mätapparaten och släppt ut cirka 100 liter lustgas (motsvarande 100 ppm) beräknar apparaten koncentrationen av lustgas i huset. Diagrammet logaritmeras och ut av detta kan man beräkna lutningen på kurvan, vilket motsvarar luftomsättningen i rummet (Bilaga B).

Den ungefärliga lutningen på den logaritmerade räta linjen ger oss luftomsättningen i rummet.

$$n = \frac{\ln C_0 - \ln C_t}{t}$$

Vid denna mätning får man olika värden på luftomsättningen vid olika tider på dygnet. Orsaken till detta är att luftombytet är olika beroende på temperaturskillnaden mellan inomhusluften och utomhusluften. Detta kan förklaras av densitetsskillnaden mellan varm och kall luft. Ju större temperaturskillnad är desto högre luftomsättning får man på grund av att utbytet mellan varm och kall luft ökar. Givetvis har luftrörelsen betydelse då den skapar en tryckskillnad vilket skapar en påtvingad konvektion. Dagen då spårgasmätningen pågick varierade utomhustemperaturen mellan 8°C och 16°C och det var vindstilla. Alla dörrar, fönster och ventilationsluckor var stängda.

Tabell 3. Luftomsättningen vid olika tidpunkter under spårgasmätningen.

Tid	Luftomsättning/ (oms/h)
11:10 – 11:34	0,12
13:55 – 14:33	0,14
21:30 – 21:04	0,19

4.3 Fukttillskott

Fuktförändring i material sker på grund av ånghaltsdifferens. Om denna differens är stor kan det innebära en risk för fuktskada i klimatskalet då fukten transporteras från utrymmen med högre ånghalt till utrymmen med lägre. Därför har fyra loggrar placerats ut i huset, dessa mäter temperatur och relativ fuktighet. Två av dessa är placerade i krypprunden, en är placerad i huset och den sista är placerad på vinden (Figur 25). Genom att placera två loggrar utomhus kan vi beräkna fukttillskottet. Detta har gjorts i två omgångar, den första under sommartid mellan 1 augusti 2014 och 10 september och den andra 27 september 2014 till 18 oktober 2014. Orsaken till att samma mätning gjorts två gånger är på grund av att fukttillskottet kan se olika ut beroende väder.

Genom att börja beräkna mättnadstrycket och därefter mättnadsånghalten kan man bestämma ånghalten i rummet med hjälp av den relativa fuktigheten. Följande formler och givna värden kommer från Elmarsson och Nevander (1994) sida 235-241.

$$p_s = a \cdot \left(b + \frac{T}{100}\right)^n \text{ [Pa]}$$

$$p_s = \text{mättnadstryck}$$

$$T = \text{temperatur, K}$$

Tabell 4. Konstanterna a, b och n

Temperatur °C	a	b	n
$0 \leq T \leq 30$	288,68 Pa	1,098	8,02
$-20 \leq T < 0$	4,689 Pa	1,486	12,3

Genom sambandet nedan kan man beräkna ånghalten i rummet:

$$v = p_s \frac{M_v}{RT}$$

$$v = \text{ånghalten } g/m^3$$

$$M_v = \text{vattnets molekylvikt, } 18,02 \text{ kg/(kmol)}$$

$$R = \text{allmänna gaskonstanten, } 8314,3 \text{ J/(kmol} \cdot \text{K)}$$

Eftersom ventilationssystemet tar kall luft utifrån in i det varma rummet ska en faktor multipliceras med fukthalten utomhus. Denna ekvation ser ut enligt följande (Nevander, 2006):

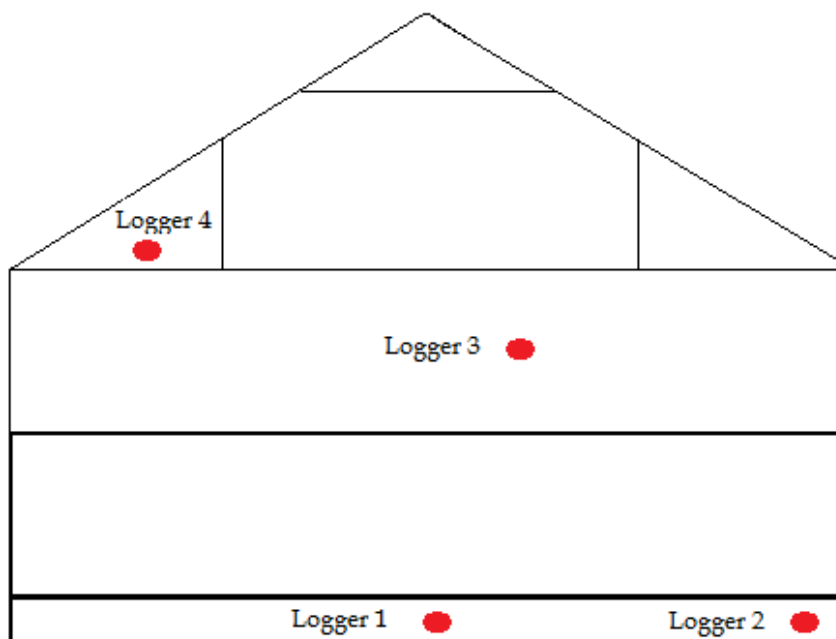
$$v_2 = \frac{T_{ute} + 273}{T_{inne} + 273} \cdot v$$

Fukttillskottet beräknas enligt nedan (Elmarsson och Nevander (1994) s. 276):

$$v_{FT} = v_i - v_e \text{ [g/m}^3\text{]}$$

Eftersom loggrarna har tagit mätvärden under lång tid används Excel för att beräkna fukttillskottet (Bilaga C).

Det som bidrar till ett ökat fukttillskott är bland annat hur mycket vatten i gasform som släpps in i huset. Fuktproduktionen kan komma från dusch, disk och från människors andning. Eftersom huset är indelat i tre delar har även tre olika beräkningar gjorts för att få fram fukttillskottet.



Figur 24. Placering av loggar.

Tabell 5. Beräknade fuktkvoter i enheten g/kg för huset, 20140801 – 20140910.

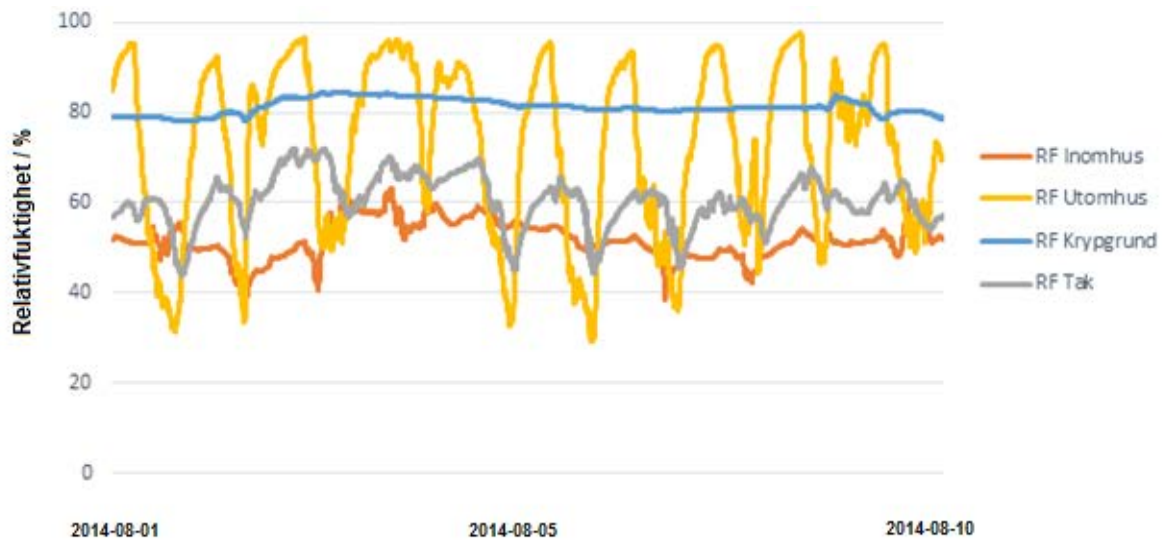
Grunden	Huset	Taket
1	2,5	2,2

Tabell 6. Beräknade fuktkvoter i enheten g/kg för huset, 20141001 – 20141028.

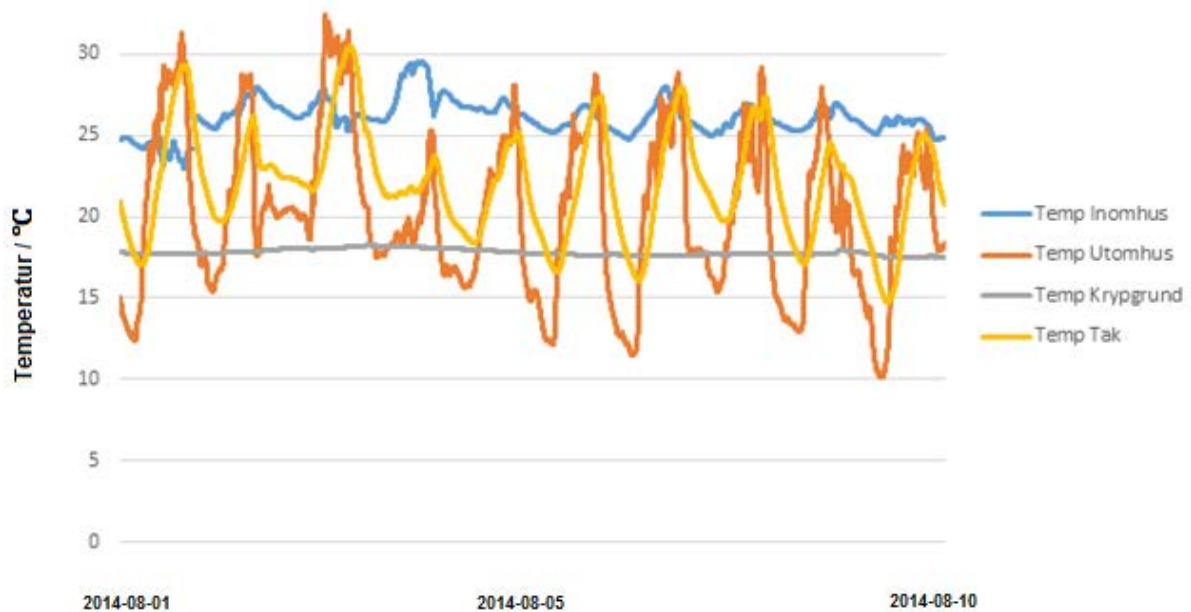
Grunden	Huset	Taket
0,4	3	1,4

Fukttillskottet är inte särskilt högt under denna period. Dessutom är det inte stor risk för att vattenångan ska kondensera i väggarna då det är en enkel konstruktion.

Nedan ser man hur den relativa fuktigheten förhåller sig till de olika delarna av huset.



Figur 25. Relativfuktighet i förhållande till tid (20140801-20140810)



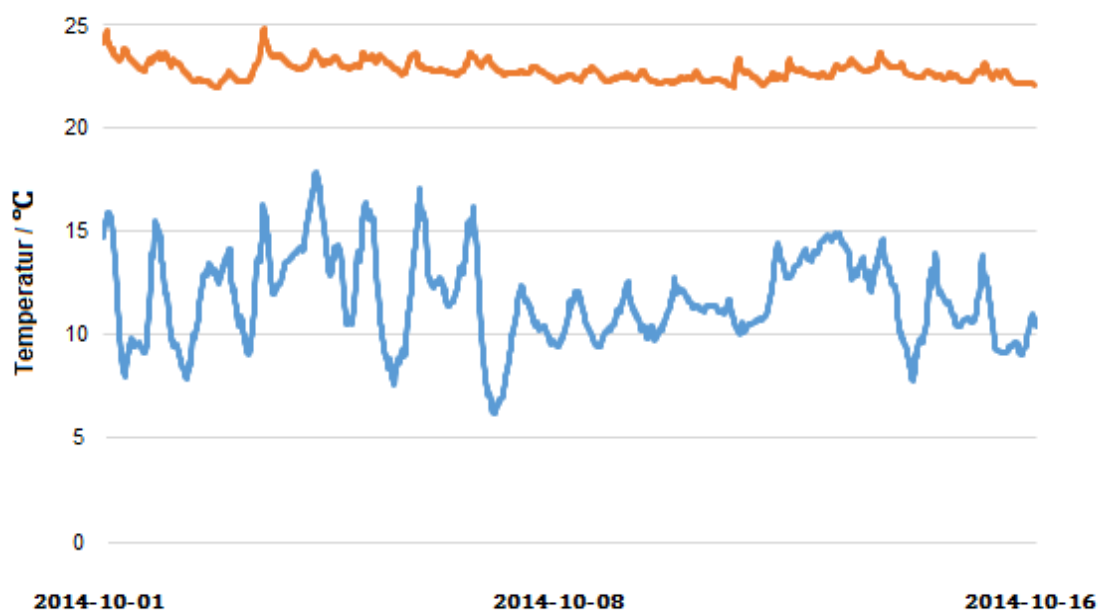
Figur 26. Temperatur i förhållande till tid (20140801-20140810)

Orsaken till varierande relativ fuktighet beror dels på relativa fuktigheten utomhus samt fuktproduktionen inomhus som varierar med personbelastningen.

4.4 Temperatur

De boende i huset upplever varierande temperatur, speciellt under vintertid. Detta beror på att huset är byggt utav trä och att det inte har någon hög värmekapacitet. Detta medför att huset är känslig för varierande utetemperatur, eftersom trä inte kan lagra mycket värme (Elmandersson Nevander, 2011).

Under augusti månad var inomhustemperaturen relativt jämn, mellan 22-28°C. Temperaturen har varit följt utomhustemperaturen då de boende vädrat regelbundet. Detta kan även förklara varför man inte har fått ett högt fuktillskott under augusti-september. Detsamma gäller även för tak och kryppgrund.



Figur 27. Förändring av inomhustemperaturen i förhållande till utomhustemperaturen (20141001-20141016)

Figur 27 hade sett annorlunda ut ifall mätningarna gjorts under vintertid. Detta skulle i sin tur även påverka hur fuktillskottet sett ut.

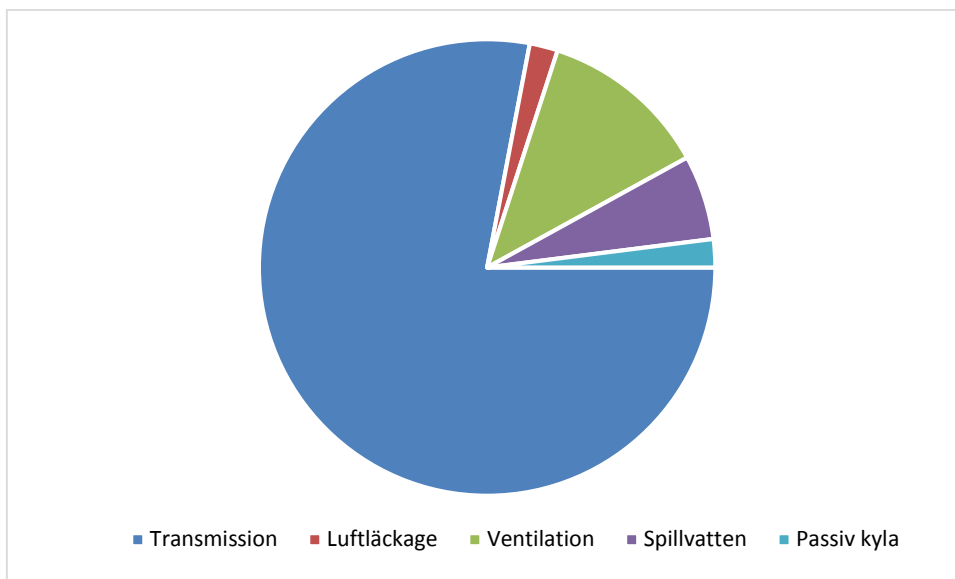
4.5 Krypgrunden

Huset står på en uteluftsventilerad krypgrund och under huset finns betonghålstén som är 200 mm tjocka. På marken ligger en plastfilm vars funktion är att hindra fukt från marken att avdunsta och ta sig upp i utrymmet under huset. Med hjälp av detta får man en torrare grund (Ny teknik, 2007).

Ett välisolerat bottenbjälklag är inte alltid att fördra i uteluftsventilerade krypgrunder. Detta eftersom tillräckligt med värme då inte tränger ner i grunden och håller utrymmet torrt. Detta leder till att bottenbjälklag som är välisolerade kan drabbas av fuktskador. Störst bekymmer med krypgrund är under sommaren. Under kallare perioden av året har krypgrunden ungefär samma temperatur som luften utomhus. På sommaren är luften varmare utomhus än i krypgrunden. Detta leder till ökad kondensrisk då den varma luften utifrån kan tränga in i krypgrunden på grund av densitetsskillnad och kondensera (Fuktskador, 2014).

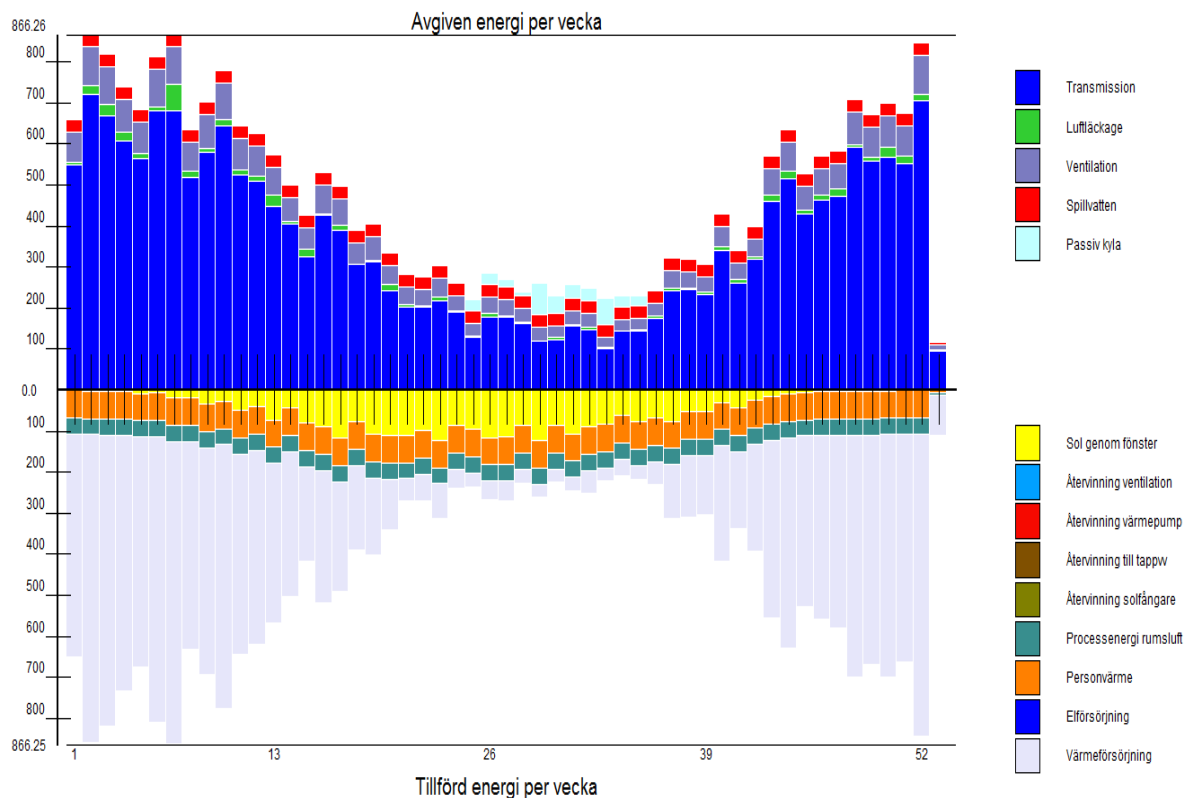
4.6 Beräkningsanalys

För att få en uppfattning om hur energin i huset frigörs samt hur värdet av energiförbrukningen förhåller sig till verkliga siffror används energiprogrammet VIP-Energy. VIP-Energy är ett program som beräknar energiförbrukningen i byggnader under en tidsperiod som vanligtvis omfattar högst ett år. Med hjälp av programmet kan skillnaden mellan de beräknade värdena och den verkliga energianvändningen för huset visualiseras. Alltså behövs det göras en korrigering så att åtgärderna anpassas till de mer säkerställda värdena. Energiflödena beräknas med hänsyn till påverkan av klimatfaktorer så som lufttemperatur, sol, vind och luftfuktighet. Programmet tar även hänsyn till byggnadskonstruktionen (VIP-Energy, 2013). Genom att föra in data om huset i programmet beräknas energianvändningen. Värdena som förs in är bland annat materialkonstruktion samt materialets placering (Bilaga E).



Figur 28. *Fördelning av avgiven energi.*

I Figur 28 syns tydligt att transmissionsförluster utgör större delen av den totala energiförlusten. För att skära ner på transmissionsförluster är det viktigt att isolera klimatskalet. Eftersom inte alla material och dess egenskaper finns med i programmet har material och dess karakteristiska värden förts in.



Figur 29. Förhållandet mellan avgiven och tillförd energi under ett år.

Tabell 7. Faktisk energibalans mellan angiven och tillförd energi.

	Aktuellt hus Aktuell drift	
	[kWh]	[kWh/m ²]
Avgiven energi		
(23)Transmission	20017	250.21
(24)Luftläckage	562	7.02
(21)Ventilation	2992	37.40
(28)Spillvatten	1598	19.97
(22)Passiv kyla	383	4.79
Tillförd energi		
(27)Sol genom fönster	2913	36.41
(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(29)Återvinning till tappv	0	0.00
(18)Återvinning solfångare	0	0.00
(45)Processenergi rumsluft	2060	25.75
(25)Personvärme	3504	43.80
(34)Elförsörjning	0	0.00
(33)Värmeförsörjning	17069	213.37

Programmet använder sig av ett normalvärde av graddagar som bygger på statistik mellan 1996-2005. För att de verkliga siffrorna ska förhålla sig bättre till värdena från VIP-Energy görs en normalårskorrigerering.

Tabell 8. Beräknat energianvändning och verklig energianvändning.

Energianvändning år:	Fjärrvärme/ kWh	EL/ kWh	Fjärrvärme från VIP-Energy Exklusive köldbryggor/ kWh	Köldbryggor/ kWh
2013	17061	4860	17069	916
2012	17396	-	17069	916
2011	16490	-	17069	916

VIP-Energy bygger på liknande beräkningar:

Beräkning av värmeenergibehov

Värmebehovet för att värma byggnaden beror på den totala specifika värmeförlusten och antalet gradtimmar G_t .

$$E = Q_{tot} \cdot G_t \quad [\text{Wh}]$$

(Jensen, 2008)

Transmissionsförluster

Byggnadens specifika värmebehov för transmission beräknas som summan av köldbryggor och transmission genom konstruktionsdelar.

$$Q_{transmission} = Q_{köldbrygga} + \sum_j U_j \cdot A_j \quad [\text{kWh}]$$

(Jensen, 2008)

Gradtimmar

Följande tabell används för beräkning av gradtimmar.

Tabell 9. Uppvärmningsgräns för olika månader

Månad	Gränstemperatur/ °C
Maj, juni och juli	10
Augusti	11
April och september	12
Oktober	13
Övrig tid	17

Orsaken till att uppvärmningsgränserna är lägre under vår, sommar och höst är att solens strålning har en större påverkan under dessa delar av året och bidrar till uppvärmning av byggnader (Energy-management, 2011).

Internvärme

Hur mycket solvärmen utnyttjas beror på husets placering samt andelen fönsteryta i förhållande till fasadytan. Solinstrålningen kan ge ett gratis värmetillskott som ligger mellan 1000-3000 kWh per år i Sverige (Jensen, 1984). Personvärme syftar på värme från människan och processvärme syftar till att man får värme från hushållsapparater (Controlengineering, 2007).

Luftläckage

Huset förlorar en del värme på grund av läckage men i detta fall även på grund av att värmen från frånluften inte återvinns. Formeln nedan förklarar detta samband.

$$Q_v = \rho \cdot c \cdot q_{vent} \cdot (1 - v) + \rho \cdot c \cdot q_{läckage}$$

Q_v = Byggnadens specifika värmebehov $W/^\circ C$

ρ = Luftens densitet

c = Luftens värmekapacitet, normalt $1000 J/kg^\circ C$

q_{vent} = uteluftsflöde m^3/s

$q_{läckage}$ = läckageluftflöde m^3/s

v = verkningsgrad för ventilationens värmeåtervinningen

(Jensen, 2008))

Normalårskorrigerig

Korrigeringen kan beräknas med följande ekvation:

$$Q_{korrigerad} = Q_{totalt} \left(\frac{GD_{normalår} + GD_{ko}}{GD_{aktuell} + GD_{ko}} \right)$$

(Nilsson, 2011)

Tabell 10. Graddagar för 2013 är hämtad från SMHI

Månad	Normalgraddagar SMHI 1980- 2013	Graddagar 2013
Januari	524	556
Februari	473	494
Mars	449	560
April	310	307
Maj	88	28
Juni	4	0
Juli	0	0
Augusti	1	0
September	65	89
Oktober	245	183
November	374	350
December	474	393
Totalt	3007	2960

Genom en normalårskorrigerad får man följande temperaturkorrigerade energianvändning $Q_{\text{korrigerad}}$ värden för år 2013.

Tabell 11. Normalårskorrigerad energianvändning.

Månad	Energi/ kWh
Januari	2523
Februari	2721
Mars	2517
April	1753
Maj	2070
Juni	484
Juli	199
Augusti	113
September	270
Oktober	1239
November	1950
December	2471
Totalt	18 300

Köldbryggor

Konsekvenserna av köldbryggor har under längre tid underskattats då dess påverkan inte varit välkänd. Köldbryggor kan skapa flera problem i byggnader. Den vanligaste är värmeförluster. Andra konsekvensen kan även vara fukt- eller komfortproblem. Svensk byggtjänst anger att köldbryggor kan utgöra ett påslag på transmissionsförlusterna med cirka 20 % gällande äldre byggnader (Ekström, 2012). Köldbryggor är delar av en byggnad där värmetransporten är större än omgivande konstruktion. Den kan som tidigare nämnt bero på typ av material, materialets tjocklek samt geometrin av konstruktion. För att minimera köldbryggors påverkan kan man tillverka konstruktionen så att den blir mer enhetlig (Ekström, 2012). Beräkningen av köldbryggor görs med HEAT 2 (Bilaga D).

Beräkning av energiförlust orsakade av köldbryggor

Energiförlusten beräknas utifrån Graddagar för normalår med en temperatur differans på 15 grader celsius under 300 dygn av året.

$$Q_{\text{köldbrygga}} = l \cdot \Psi \cdot \text{dagar} \cdot 3600 \cdot \Delta T \quad [Ws]$$

Tabell 12.

Konstruktion	$\Psi/(W/(m \cdot K))$	Längd av Köldbrygga/m	Energiförlust/kWh
Yttervägg – Yttervägg	8,10	12,8	468
Yttervägg - Mellanbjälklag	0,60	21	58
Yttervägg -Tak	0,74	13,5	46
Yttervägg –Yttervägg (Tillbyggnad)	2,30	8,8	91
Yttervägg –Tak (Tillbyggnad)	1,80	23,5	191

Energiförlusten i hela huset på grund av köldbryggor motsvarar 916 kWh efter en utförd normalårskorrigerig. Detta värde adderas med värdet från VIP-Energy (17069 kWh), vilket ger en energianvändning på 17985 kWh. Eftersom programmet använder sig av normalutecklimat från 1996-2005 så får man olika värden jämfört med de beräknade värdena i tabell 11. Utifrån det beräknas en relativ avvikelse.

$$\frac{18300}{17985} \approx 1,02$$

Det finns inga fuktskador på huset i dagsläget. Samtidigt har huset en hög energianvändningen. För att framtida åtgärder inte ska leda till fuktskador så görs fuktberäkningar med WUFI.

5. Åtgärder

5.1 Fönsterbyte

De nuvarande fönsterna har ett U-värde på cirka $3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ i den äldre delen av huset. Och fönsterna i den tillbyggda delen har ett U-värde som ligger på cirka $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (Novator, 2006). Idag finns så kallade "energiglas" som till exempel 3-glasfönster. Dessa har ett lågemissionsskikt med gas, antingen krypton eller argon. Skiktet sitter mellan rutorna där det vanligtvis bara finns luft. Energiglas har även bättre karmar och bågar än vanliga glas. Lågemissionsskiktet minskar strålningsförlusterna och gasen mellan rutorna minskar konvektionsförlusterna. Karmarna och bågar är utformade så att ledningsförlusterna genom dessa minskar. Dagens energiglas har ett U-värde på cirka $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. På grund av att glaset har en så pass välisolerade förmåga kan det bildas imma på fönstren under kortare perioder, detta går att motverka genom att ha en god ventilation (Novator, 2006).

5.2 Avfuktare i krypgrund

Idag finns det inga synliga eller befarade fuktskador i krypgrunden. De boende blir i dagsläget varnade av en givare som är placerad i krypgrunden om den relativa fuktigheten överstiger 70 %. För att hålla nere fuktigheten i kryprummet öppnar de boende en lucka till krypgrunden och låter utrymmet ventileras. Metoden har fungerat men det är viktigt att det inte finns något organiskt material i krypgrunden.

Eftersom det inte alltid finns möjlighet att ventileras krypgrunden så kan en avfuktare installeras vilken gör så att luften alltid är tillräckligt torr. Detta är en bra lösning men det kostar att införskaffa apparaten och dessutom stiger energikostnaden samt att den behöver underhållas. Det finns två olika typer av avfuktare, den ena varianten är sorptionsavfuktare och den andra kondensavfuktare. Vilken man väljer beror på omfattningen av fuktskadorna. Sorptionsavfuktaren värmer luften i krypgrunden i omgångar beroende på hur man ställer in den. Nackdelen med denna avfuktare är att den kräver mycket energi att hålla igång. Fördelen är att den värmer luft i låga temperaturer. Kondensavfuktaren torkar luften med hjälp av en kompressor och en fläkt. Den får luften i krypgrunden att cirkulera samt att den gynnar uttorkning av väggar och bottenbjälklag. Vid installation av denna typ av avfuktare är det viktigt att så lite luft som möjligt tar sig in och ut i krypgrunden. Det är nästan alltid kallare i krypgrunden än utomhus på sommaren, vilket leder till att om man tar luft från utsidan så kyls den ner och bildar kondens. Därför är det viktigt att stänga ventilerna så att fuktig luft inte tränger in (Din Byggare, 2012).

5.3 FTX-system

Med ett FTX-system återvinns värmen i frånluften. I ett FTX-system installeras tilluftskanaler och frånluftskanaler separat. Den friska luften tas in och värms i värmeväxlaren med hjälp av den varma rumsluften som är på väg att lämna huset. Frånluften som gett ifrån sig värme till tilluften i värmeväxlaren passerar ut i naturen. Vanligtvis har man en separat kanal från köksfläkten eftersom det annars kan samlas fett i värmeväxlaren, vilket kan vara en brandrisk. Med ett bra ventilationssystem kan fuktillskottet minskas vilket minskar risken för mögel (Energimyndigheten, 2011).

Genom att installera ett sådant ventilationssystem blir luftomsättning bättre vilket i sin tur minskar de stora temperaturskillnader. Nackdelen med ett sådant system är att det finns risk för buller från fläktar och dessutom är systemet känsligt för nedsmutsning, vilket innebär att det kräver en del underhåll (Energimyndigheten, 2011).

Påfrysning i värmeväxlaren

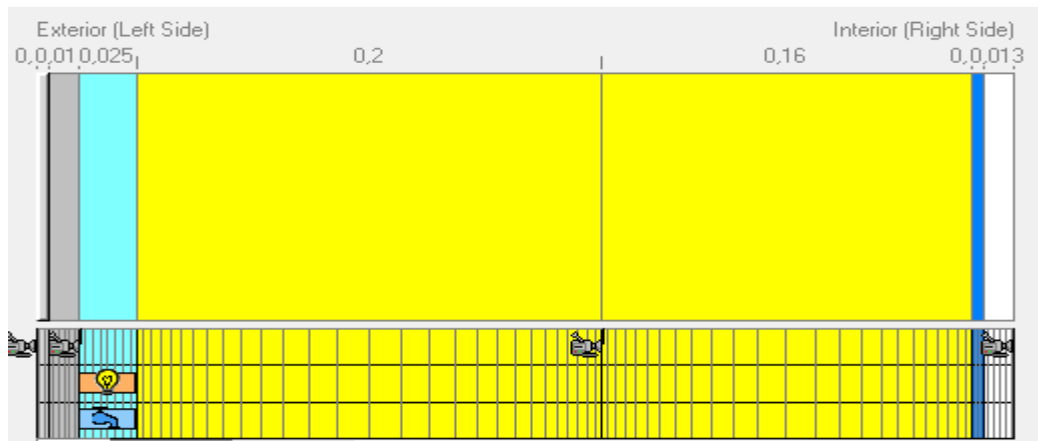
Om värmeväxlaren har en hög verkningsgrad finns det risk för påfrysning i växlaren vid låga utomhustemperaturer. Detta då daggpunkten från den fuktiga frånluften underskrids vilket leder till att det bildas kondens vilket leder till att värmeväxlaren fryser igen och inte längre kan överföra värme från frånluften till tilluften. Ett sätt att hålla detta under kontroll är att reglera temperaturpåverkningsgraden så att frånluftstemperaturen aldrig sänks under en viss begränsningstemperatur, som kan innebära risk för påfrysning exempelvis 0 °C (Jensen, 2007).

5.4 Tilläggsisolering av yttervägg

För att bedöma tilläggsisoleringen ur fuktsynpunkt används datorprogrammet WUFI. WUFI simulerar värmetransporter och fukttransporter i en uppbyggd konstruktion. Med klimatdata och byggmaterialsdata kan byggfysiskt svaga punkter identifieras och undvikas vid projektering. Det vill säga man kan bedöma om en konstruktion kommer att klara den miljö och fuktbelastning som konstruktionen ska befinna sig i. Programmet har även sina begränsningar då man måste stoppa in en del värden som man inte är säker på. Exempelvis vilken luftomsättning luftspalten har och hur stor vatteninträngningen är igenom de olika materialen (Weber).

Genom att ta bort den veckade aluminiumplåten och ersätta den med ett annat skikt får man en väggkonstruktion som visas i Figur 30. Orsaken till att det inte väljs tjockare isolering är att vägen kan skjuta utåt och förstöra husets utseende. Med programmet WUFI kan en kamera sättas dit som visar RF och vatteninnehållet i en konstruktion. Figur 33 och 34 visar hur RF är vid kutterspånskiktet eftersom det är i den del av väggen som det finns risk för mögel.

Väggarna som byggdes år 1964 har ett U-värde på cirka 0,37 W/(m²·K) vilket enligt det gamla boverket, Statens planverk, uppfyllde kraven. Med dagens BBR krävs tilläggsisolering för att väggarna ska uppfylla kraven (Svenska Byggnorm, 1967).

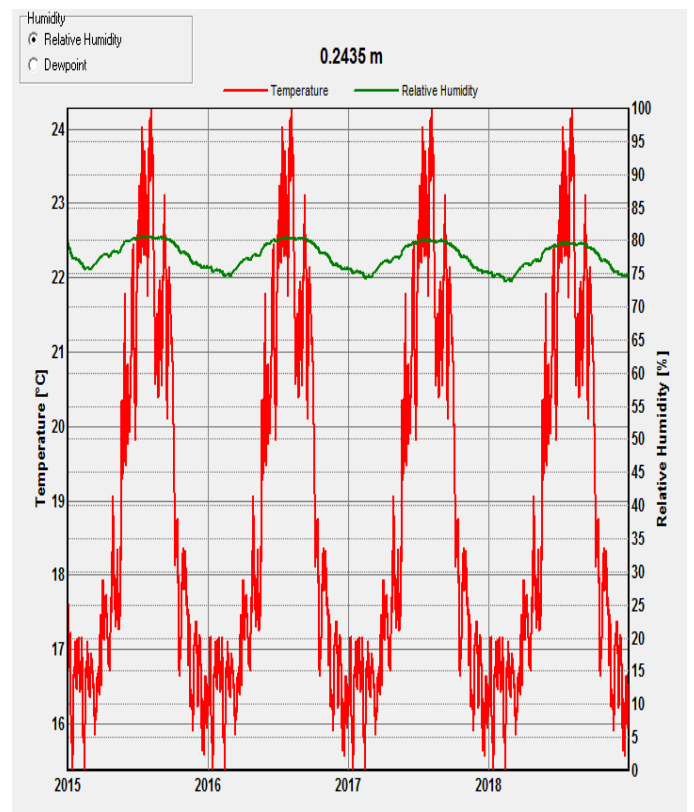
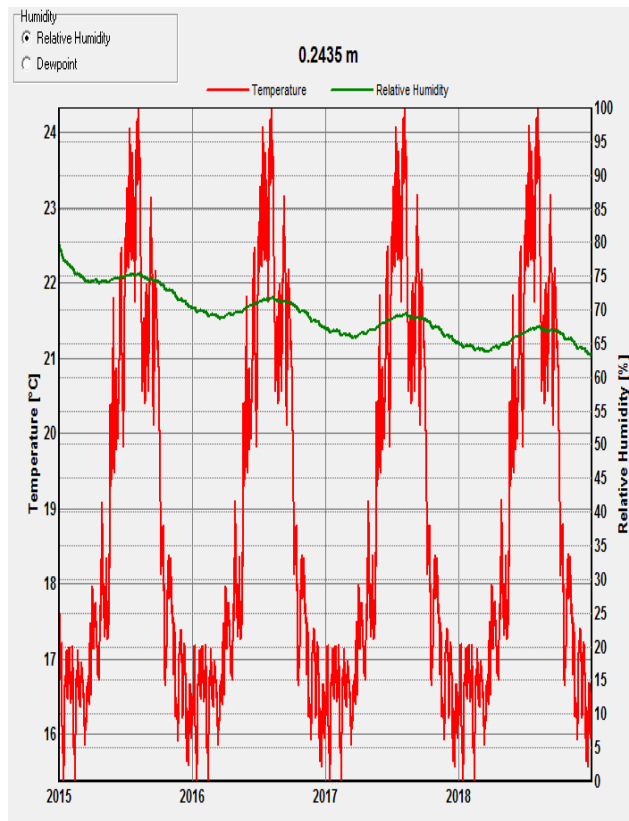


Figur 30. Kameran visar vart beräkningen utförts.

No.	Material Layer	Thickn. [m]	Water Content [kg/m ³]
1	Plaster SG	0,004	57,78
2	Fibrecementboard	0,013	95,0
3	Air Layer 25 mm	0,025	0,0
4	EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 15 kg/m ³)	0,2	0,0
5	Particleboard	0,16	105,0
6	PE-Membrane 0,2 mm (sd = 87 m)	0,001	0,0
7	Gypsumboard, interior	0,013	5,0

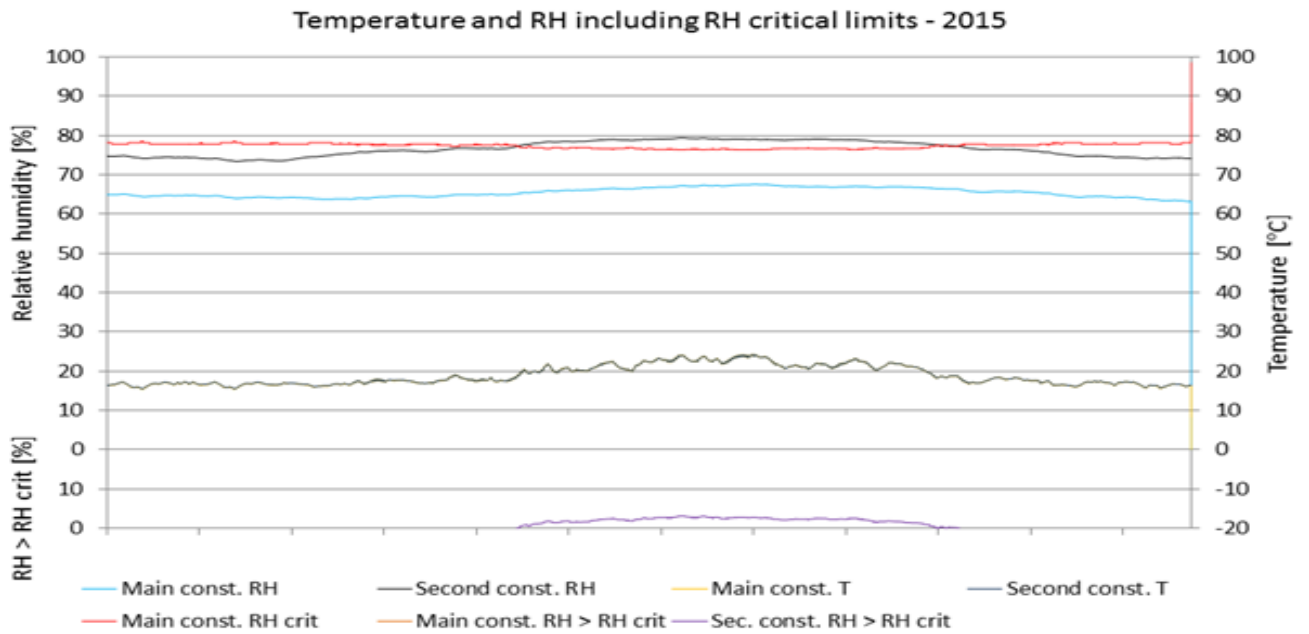
Figur 31. Vägghonstruktionens materialskikt.

Genom att orientera väggen mot öst får man mest slagregn. Detta innebär att väggen utsätts för högsta möjliga påfrestning och därmed befinner man sig på den säkra sidan.



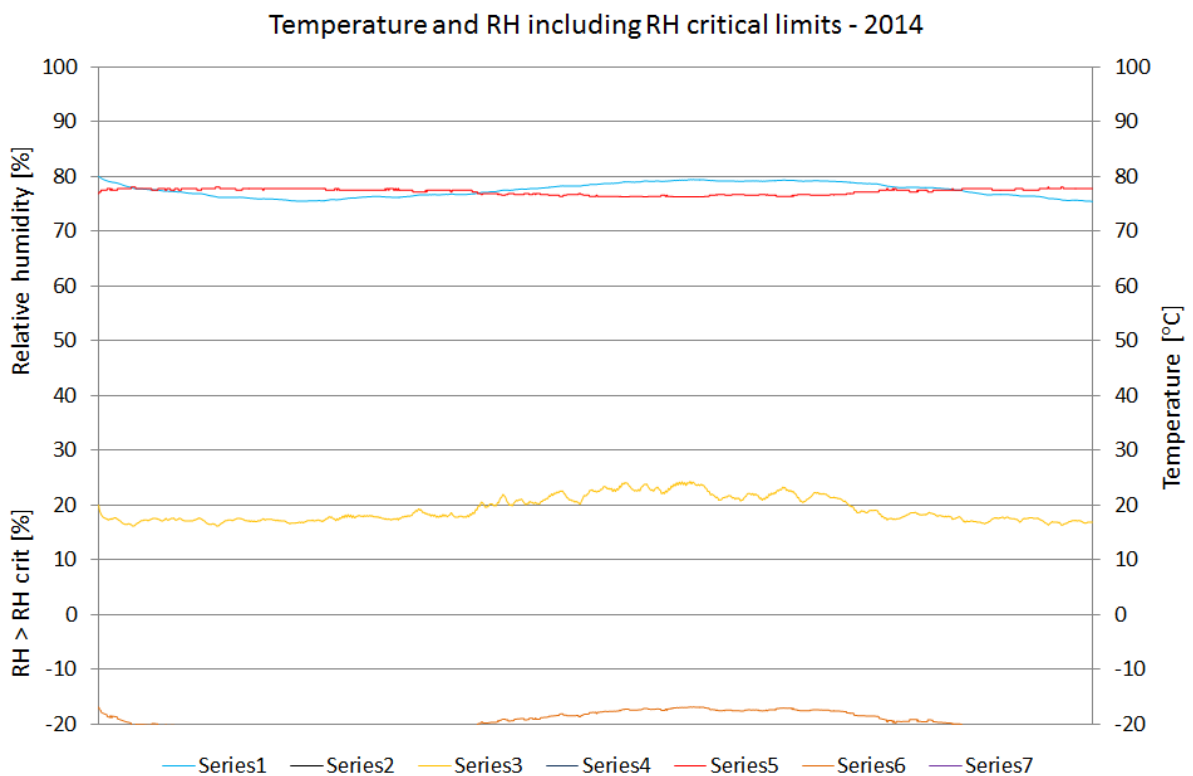
Figur 32. Vägghkonstruktion utan respektive med vatteninträngning.

Genom att få en bild av den relativa fuktigheten i konstruktionen kan man avläsa hur RF förhåller sig till den kritiska RF under 2015. Detta görs specifikt på de skikt där det finns en förhöjd risk för mögel. RF linjen ser olika ut beroende på vart konstruktionen är placerad eftersom temperaturen varierar och den naturliga miljön ser annorlunda ut. Det man upptäcker är att genom val av data kan man befinna sig under den kritiska RF linjen, genom exempelvis högre luftomsättning i luftspalten eller en tunnare konstruktion.



Figur 33. Hur RF i kutterspånsskiktet förhåller sig till kritiska RF, med och utan vatteninträning.

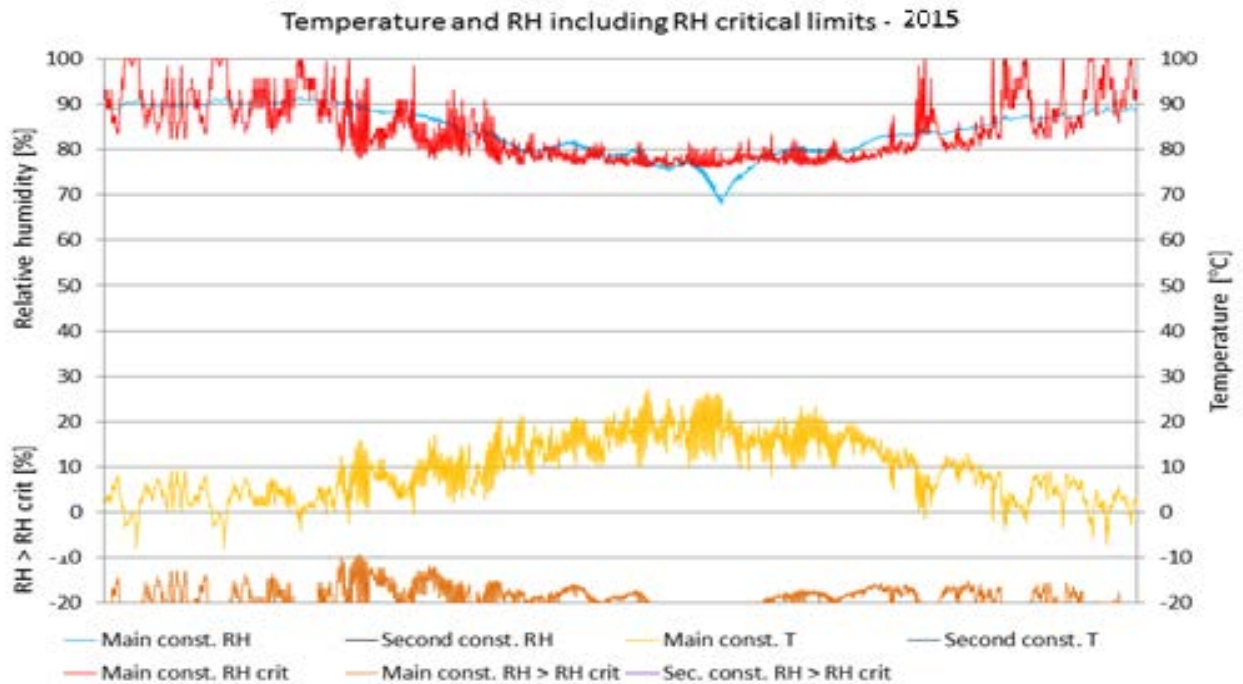
Ett antagande om bra luftomsättning påverkar hur linjen ser ut i förhållande till den kritiska linjen. I denna konstruktion har den lägsta luftomsättningen 1 oms/h valts. Därför visas även samma konstruktion med vatteninträning och ändrad luftomsättning till 2 i luftspalten (Figur 34).



Figur 34. Relativa fuktigheten i kutterspånsskiktet med ändrad luftomsättning

Eftersom konstruktionen till större del befinner sig under den kritiska RF-linjen anses denna konstruktion vara bra ur fuktsynpunkt. Detta eftersom en låg luftomsättning i luftspalten och en låg vattengenomträngning har valts vilket kanske inte uppkommer i konstruktionen.

Beräkning i WUFI har även gjorts för luftspalten, detta eftersom det finns ett läckage i panelen. Dock kan dessa vara i hög RF eftersom de utgör en del av utemiljön. Men de får inte överstiga 90 % RF eftersom röta kan bildas.



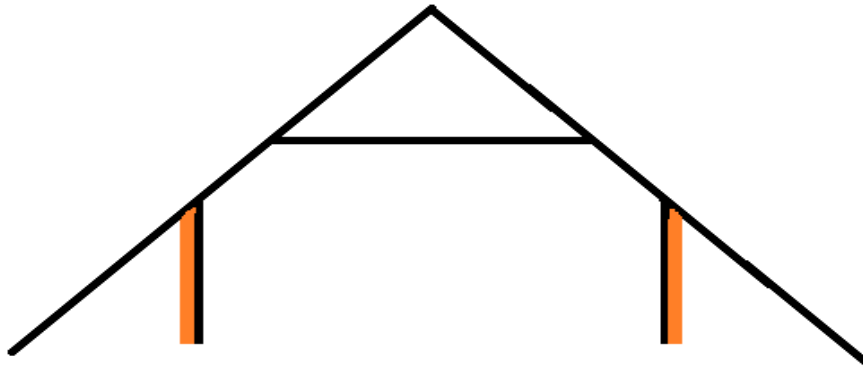
Figur 35. Relativa fuktigheten i luftspalten.

Man ser väldigt tydligt att man befinner sig på den kritiska linjen. Eftersom luftomsättningen i luftspalten ligger över 1 oms/h så anses denna okej.

5.5 Tilläggsisolering av tak

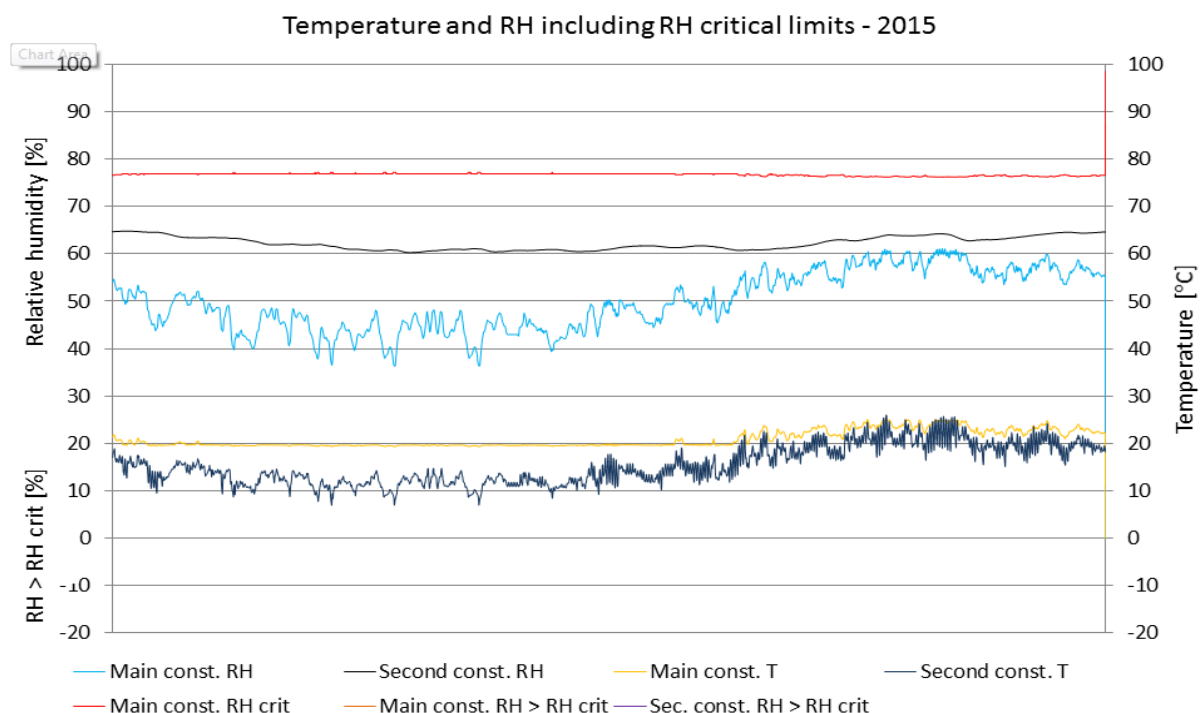
Sidorna av taket

Figuren nedan visar den del av takkonstruktionen som undersöks ur fuktsynpunkt. Vid en tilläggsisolering av vinden med 100 mm mineralull.



Figur 36. Tilläggsisolering för sidorna av taket

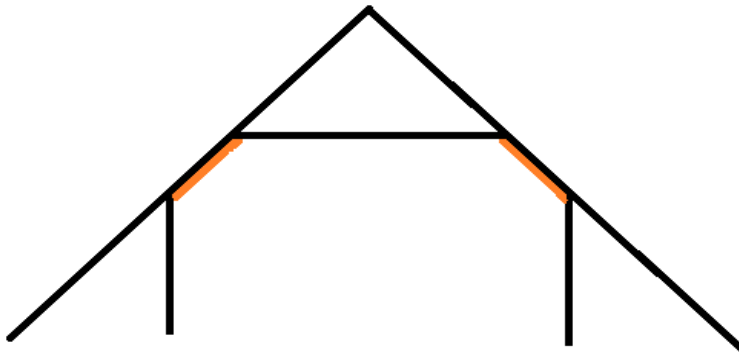
Med samma förutsättningar som användes för tilläggsisoleringen av vinden används även för denna konstruktion. Orsaken till att man utgår från att det är utetemperatur på utsidan av väggen är för att den delen av väggen är uteluftsventilerad. Två liknande konstruktioner har valts med olika tjocklek på tilläggsisoleringen. Ljusblå färg är för 200 mm mineralull och den svarta är för 300 mm mineralull, (Figur 37). Båda befinner sig under den kritiska linjen.



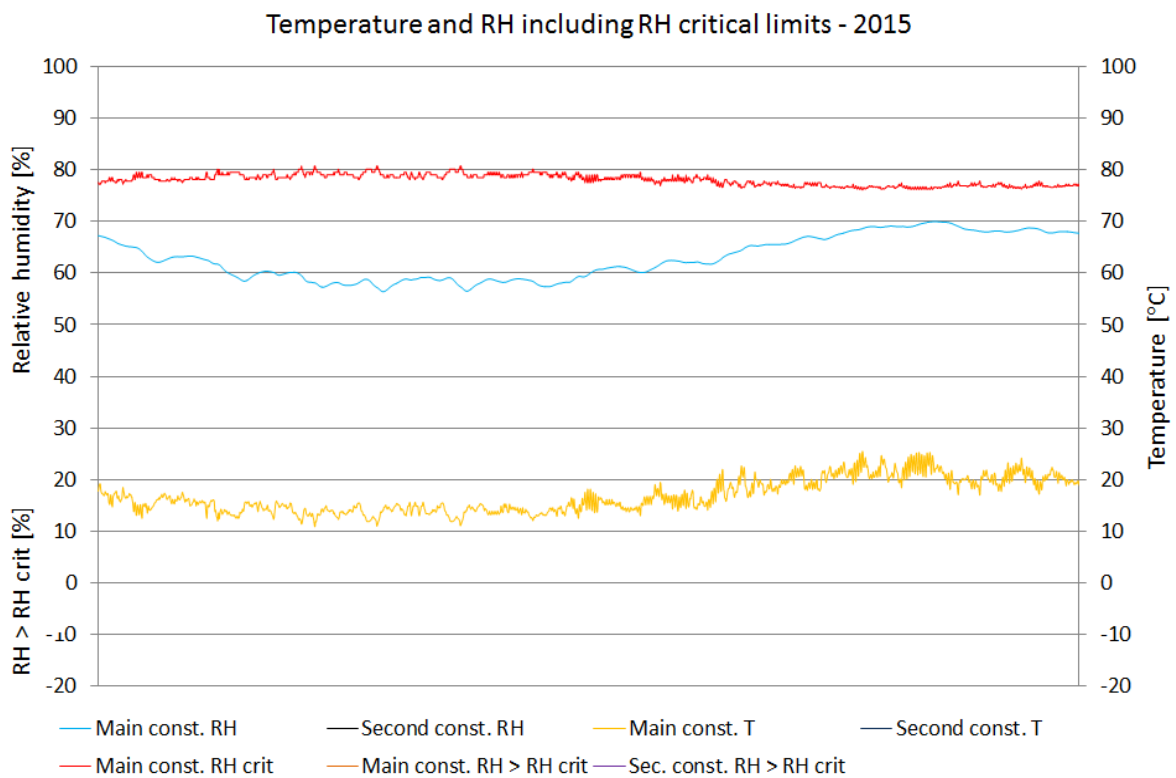
Figur 37. Relativa fuktigheten för sidorna av taket.

Takets vinklade sidor

Det görs även en invändig tilläggsisolering av takets vinklade sidor, med 100 mm mineralull.



Figur 38. Invändig tilläggsisolering.



Figur 39. Relativ fuktighet för invändiga delen av taket.

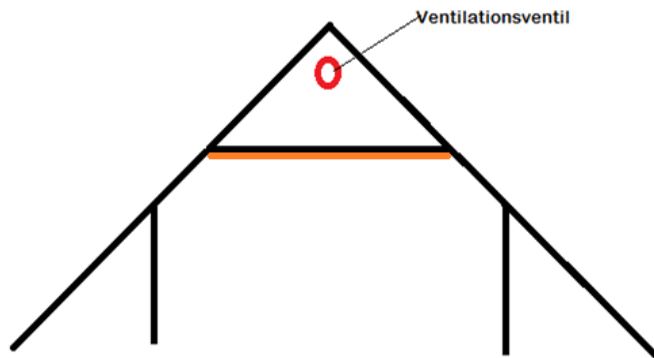
Följande skikt och indata gäller för ovanstående diagram.

Assembly		
No.	Layer/Material (from Outside to Inside)	Thickn. [m]
1	Brick 800	0,02
2	Hardwood	0,012
3	PE-Membrane (Poly; 0.07 perm)	0,001
4	EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 30kg/m ³)	0,06
5	EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 15 kg/m ³)	0,025
6	EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 15 kg/m ³)	0,1
7	Wood-Wool Board	0,012

Figur 40. Materialskikt.

Översta delen av taket.

Den översta delen av vinden är inte isolerad och ventileras överst på varje gavel. Idag förekommer ett ökat antal skador på kalla ventilerade vindar orsakade av kondens. Detta är en följd av utvecklingen mot mer energieffektiva hus sedan oljekrisen på 1970-talet. Trots att man försöker undvika så att varm och fuktig utomhusluft kommer upp på vinden så får man kondensproblem. Orsaken till detta kan vara nattutstrålning vilket innebär att det under klara och kalla nätter kan bli lägre temperatur på insidan av taket än utomhus. Det leder till att man får en högre relativ fuktighet och även kondens (Harderup, 2005).



Figur 41. Tilläggsisolering av översta del av tak.

Eftersom den översta vinden inte är isolerad genomförs en tilläggsisolering under takstolen med 100 mm mineralull, detta gör så att vinden blir kallare. I och med en sådan åtgärd är det viktigt att det blir lufttät och diffusionstät. Det är speciellt viktigt att göra det lufttät då luftkonvektion kan föra med sig varmluft in i den uteluftsventilerade vinden vilket i sin tur orsakar kondens. För att göra konstruktionen mer säker är det viktigt att se till att skapa undertryck i den övre delen av huset så att inomhusluften inte stiger ut i den kalla vinden. Detta behöver inte kosta mer om man har ett FTX-system, eftersom värmeenergin från frånluften då kan återvinnas.

6. LCC

Att enbart utgå från inköpspris är inget bra sätt att dra slutsats om vilket system som bör köpas. Inköpspriset tenderar över tid att överskuggas av underhålls- och energikostnader. Den viktiga faktorn är totalkostnaden under investeringens livstid. Livscykelanalysen LCC är ett verktyg som används för att bedöma en investerings ekonomiska värde (Energimyndigheten, 2011).

Vid val av kostnader för de olika åtgärderna används bland annat sektionsfakta för år 2012/2013 samt olika företags priser hämtade från nätet. I denna ingår alla kostnader som medföljer vid byggnation.

- Materialkostnad
- Arbetslön
- Underentreprenader
- Omkostnadspålägg på arbetslön
- Omkostnadspålägg på Under entreprenör

Eftersom det även i visa delar av bygget kommer ingå rivning antar vi att det kostar 20 % av sektionskostnaden. Eftersom valen av konstruktioner inte finns med i Sektionsfakta räknas därför priset på nytt med utgångspunkt från Sektionsfakta. Eftersom tillbyggnaden idag är väl isolerad samt uppfyller kraven av BBR görs enbart ändringar av den äldre delen av huset, dock görs fönsterbyte för tillbyggnaden. För att se hur priserna är uträknade se bilaga G.

Tabell 13. Uträkning av energibesparing har gjorts med VIP-Energy.

Bygghet	Kostnad/ (kr/m ²)	U-värde/ (W/(m·K))	Area/ m ²	Kostnad/ kr	Sparad energi/kWh	Energianvändning efter åtgärd/ kWh	Priser hämtade från
Vägg	1443	0,11	64,5	93073	4290	14055	Sektionsfakta
Tak	814	0,178	44	35816	1470	16875	Sektionsfakta
Fönster typ 1	4758	1,1	12	57096	2430	14970	Byggahemma
Fönster typ 2	9220	1,1	4,5	41490	2430 (ink typ 1)	16005 (ink typ 1)	Byggahemma
Avfuktare	-	-	-	12995	-	19855	Clasohlson
FTX- system	-	-	-	39000	-	19355	Byggahemma

För att göra en bedömning av det ekonomiska värdet för de olika åtgärderna är följande parametrar viktiga att ta med i beräkningen:

- Livslängd
- Energifpris
- Räntesats
- Inflation

Följande standardvärden används:

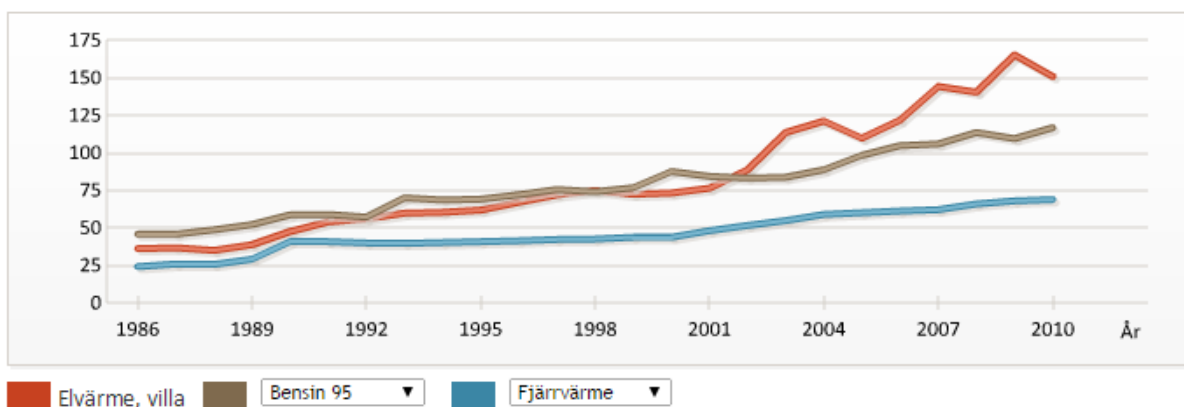
Räntesats: 5 %

Inflation: 2 %

Detta ger en realränta på 3 %.

Energifriset antas öka konstant med 5 % varje år.

Energifriset ligger i dagsläget på cirka 0,97 kr/KWh enligt statistik från (ekonomifakta, 2013)



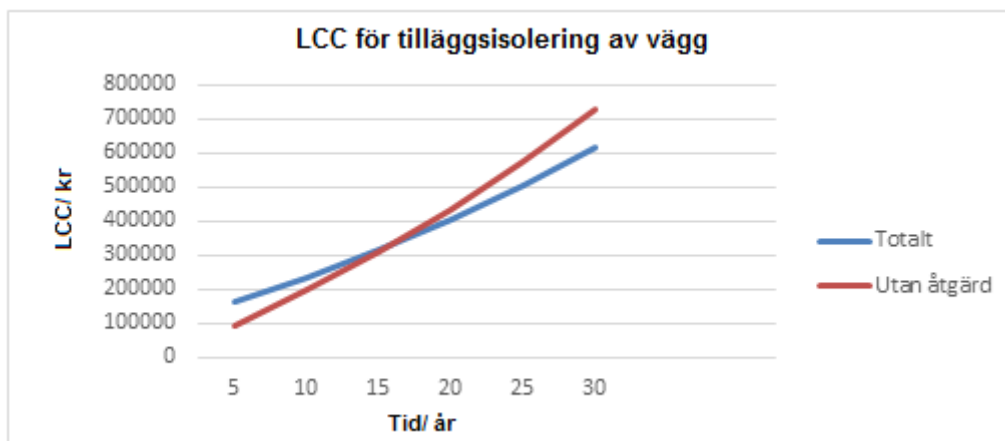
Figur 42. Diagram över energipriset i öre.

Hur energipriset ser ut i framtiden är svårt att uttala sig om då stor osäkerhet finns i antaganden. Vanligtvis antar man att energipriset stiger med ett konstant procentuellt ökande belopp varje år (Länsstyrelsen, 2013). Dessutom beror energipriset på vilken ort man bor, samt vilken form av avtal man har, alltså om man har en rörlig eller fast kostnad (Eon, 2012)

För att få en bedömning av den totala livscykelkostnaden kan nuvärdesmetoden användas, dessa används vid beräkning av livscykelkostnaden i detta arbete (Bilaga F).

Tabell 14. Tilläggsisolering av vägg

Pris (kr)	Energianvändning med tilläggsisolering/ kWh	Energianvändning utan åtgärd/ kWh
93073	13110	18300

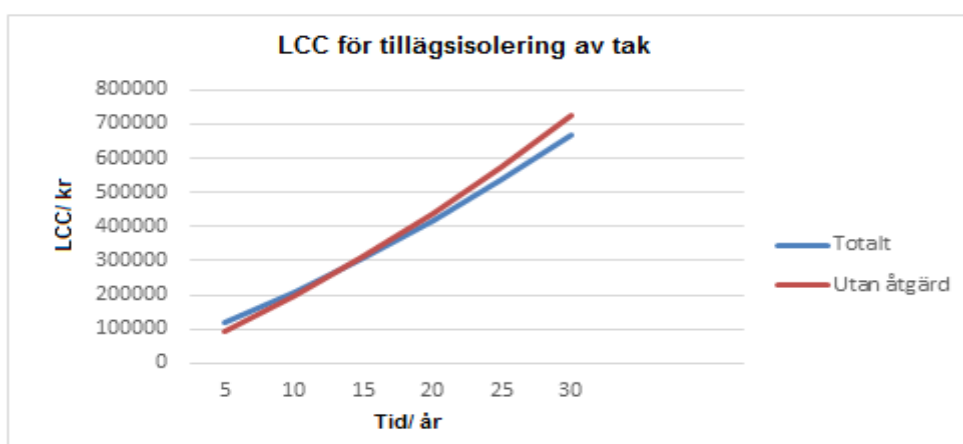


Figur 43. LCC för vägg

Av diagrammet ovan kan det avläsas att det lönar sig att tilläggsisolera väggarna. Efter cirka 18 år har investeringen lönat sig.

Tabell 15. Tilläggsisolering av tak

Pris (kr)	Energianvändning med tilläggsisolering/ kWh	Energianvändning utan åtgärd/ kWh
35816	15930	18300

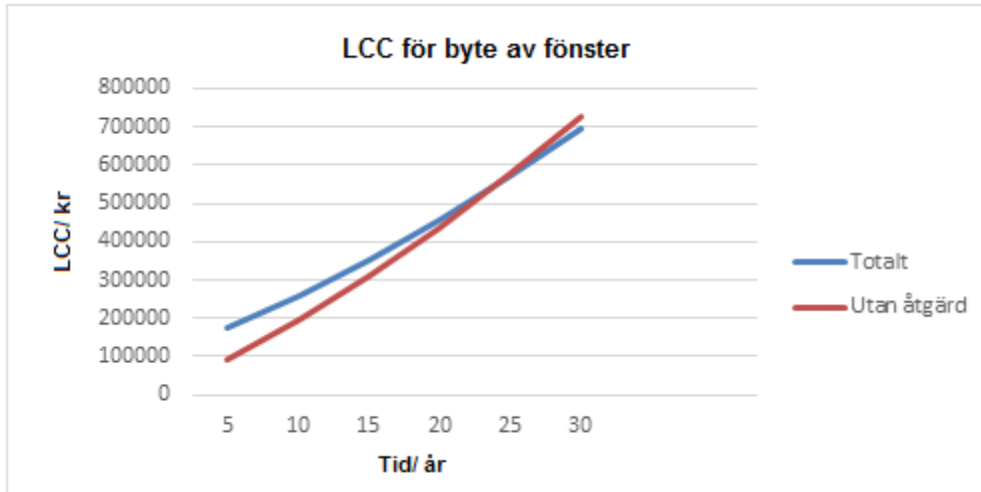


Figur 44. LCC för tak

Av diagrammet ovan kan det avläsas att det lönar sig att tilläggsisolera taket. Efter cirka 17 år har investeringen lönat sig.

Tabell 16. *Byte av fönster*

Pris (kr)	Energianvändning med tilläggsisolering/ kWh	Energianvändning utan åtgärd/ kWh
98580	14970	18300

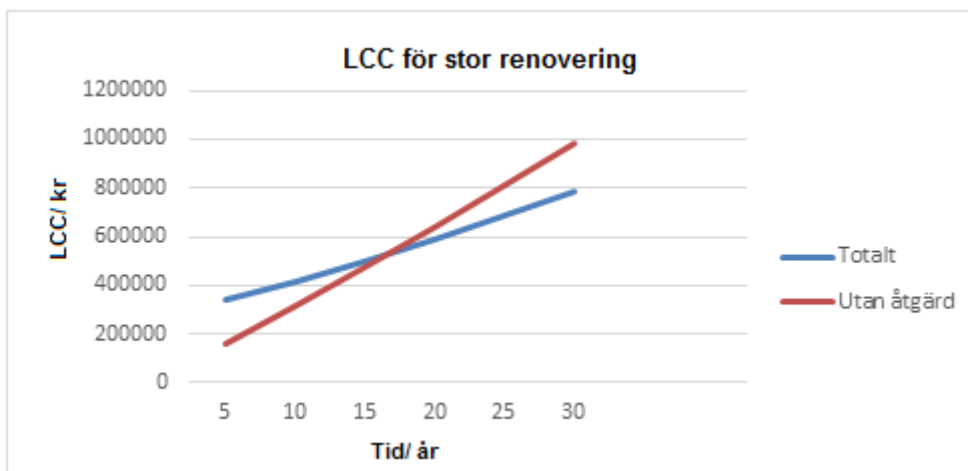


Figur 45. *LCC fönster*

För att få en helhets bedömning görs även en livscykelkostnadsanalys för alla åtgärder i Tabell 13. I denna LCC kommer det antas att man har en underhållskostnad på 15 000 kr/år om ingen åtgärd vidtas. Vid genomförandet av en heltäckande åtgärd antas underhållskostnaden ligga på 2500 kr/år.

Tabell 17. *Stor renovering*

Pris (kr)	Sparad energi/ kWh
266475	5490



Figur 46. *LCC för alla åtgärder*

Enligt beräkningar kommer åtgärderna vara ekonomiskt lönsamma efter cirka 18 år.

7. Diskussion

Utifrån inventeringen och den gjorda livscykelkostnadsanalysen har jag kommit fram till att det lönar sig att tilläggsisolera huset. Dessutom kräver huset en renovering för att förbättra inomhusmiljön, särskilt vad gäller luftkvalitén. Dessa åtgärder leder till både lägre energikostnad och bättre inomhusmiljö. Nackdelen med att använda sig av denna form av beräkning i livscykelanalysen är att den är beroende av många okända faktorer, däribland förändring av energipris, realräntan samt framtida underhållskostnader för de olika alternativen. Dock anses de antagna värdena rimliga vilket gör att resultatet är trovärdigt att resonera kring.

För att uppnå de önskade effekterna, det vill säga en lägre energianvändning för modulenthuset genom tilläggsisolering, krävs det ett helhetsperspektiv mellan de olika åtgärderna. Huset bör ses som ett system där faktorer som fukt och energi hänger ihop. En förutsättning är givetvis att åtgärderna utförs korrekt. Huset ska vara tätt så att varm luft inte kan tränga igenom klimatskalet, om detta skulle ske ökar risken för kondens. Varmluften kan även återvinnas sådan att energiförlusterna minskar. För detta modulenthus hade tjockare isolering kunnat användas. Problemet med detta alternativ är att risken för fuktproblem ökar, vilket vi kunde utläsa av WUFI.

Även om det ser ut som att ett byte av fönster inte är särskilt ekonomiskt lönsamt så kommer inomhusmiljön förbättras, då risken för kallras kommer att minska betydligt.

Viktigt att tänka på vid val av energisnåla konstruktioner är att undvika att låsa in vattnet i konstruktionen. Det vill säga vatten i alla dess aggregationsformer som kommer in i konstruktionen ska kunna ta sig ut.

Vid nybyggnation av denna typ av modulenthus kan detta arbete konstatera att det inte behöver vara mycket dyrare att bygga energisnålt, då det tydligt visas att man gör stora besparingar under husets livslängd.

Att energianvändningen kan minskas genom tilläggsisolering är positivt ur en ekonomisk synpunkt. Det kan även fastställas att miljöpåverkan minskar genom att huset använder mindre energi. Dock krävs det en undersökning samt någon form av livscykelanalys (LCA) som kan bekräfta att miljöutsläppet blir mindre, då det troligtvis krävs en del utsläpp för tillverkning av materialen som används.

Enligt BBR-kraven ska hus som byggs i Skåne idag hålla en energianvändningsnivå som understiger 90 kWh/m²A_{temp} (BFS 2014:3). Efter de olika fuktsäkra energieffektiva åtgärderna kommer huset använda 91 kWh/m²A_{temp}. För att se ifall man uppnår detta resultat är det viktigt att göra en ordentliga energideklarationer för att se om uträkningarna är överensstämmande.

I detta arbete har ingen hänsyn tagits till energianvändningen gällande hushållsapparater. Detta är även en viktig faktor att tänka på vid energieffektivisering. Med dagens teknik använder de nya hushållsapparater betydligt mindre el vilket är ekonomiskt lönsamt. Även varmvatten användning kan minska genom att bland annat köpa nya blandare och tvättmaskin.

8. Slutsatser

Vid energieffektivisering av denna typ av hus finns det en del faktorer att tänka på. Det viktigaste är att huset ses som ett system där alla komponenter ska fungera ihop. Detta för att få en god inomhusmiljö samt en låg energianvändning. Förutsättningen för att uppnå god resultat för de förslagna åtgärderna är att utförandet i praktiken blir rätt utfört. Exempelvis ska tätheten vara korrekt utförd så att kondensrisken i väggar och tak minimeras samt att maximera återvinningen av värmeenergin till FTX – systemet.

Energianvändningen kan minska ytterligare dock ökar risken för fuktrelaterade skador om klimatskalet tilläggsisolerar. Detta visas tydligt i diagrammen från WUFI. Troligen kan man isolera ytterligare ifall man är säker på att indata man använder i WUFI. Exempel på indata som kan ändra fuktsäkerhetsprojekteringen är:

- Vatteninträngning
- Luftomsättning i luftspalten

Enligt LCC-beräkningen som gjorts i arbetet är det ekonomiskt lönsamt att införa de förslagna åtgärderna. Dock finns det en del osäkerhet i siffrorna då antaganden har gjorts gällande:

- Energiprisutvecklingen
- Realräntan
- Livslängd
- Underhållskostnaden
- Materialkostnaden

Dock anses de antagna faktorerna i livscykelanalysen vara realistiska. Därför är slutsatsen att de fuktsäkra och energieffektiva förslagna åtgärderna i arbetet är lönsamma ur ett ekonomiskt perspektiv.

De boende kommer att få en bättre inomhusmiljö där både luftkvalitén kommer att vara bättre eftersom luftomsättningen ökar genom att installera ett FTX- system. Dessutom kommer komforten att vara bättre då de kalla ytorna i huset har minskar och därigenom kan vistelsezonen utvidgas.

9. Litteraturförteckning

Skriftliga källor

Abdul Hakim (2010). *Energieffektivisering av ett flerbostadshus från miljonprogrammet*. diva2:374853. Akademin för hållbar samhälls- och teknikutveckling.

Adelberth Karin, Wahlström Åsa (2009). *Energibesiktning av byggnader: flerbostadshus och lokaler*. SIS Förlag.

Bloom Erica, Sandö Peter, Erlansson Martin (2013). *Mögel och påväxt i relation till inneklimat och byggnadsegenskaper*. Svenska Miljöinstitutet.

Elmroth Arne, Abel Enno (2008), *Byggnaden som system*. Studentlitteratur.

Harderup Lars-Erik (2005), *Fuktsäkerhet i kalla vindar*. TVBH-3050. Byggnadsfysik LTH.

Heincke Catrin, Jagemar Lennart (2011). *Normalårskorrigerering av energistatistik*. D.nr. 17-10-3491. Emergimyndigheten.

Jensen Lars (2010), *Fukttillskott i frånluft*. Rapport TVIT--10/7049. Installationsteknik, LTH.

Jensen Lars (2007), *Värmeväxling*. Rapport TVIT--07/7009. Installationsteknik, LTH.

Larsson Stefan (2005), *Bygg snålt med egen energi*. Svensk Byggtjänst.

Magnusson Lennart (1989), *Inomhusklimat för människor*. Liber.

Nevander Lars-Erik (2006), *Fukthandboken*. Svensk Byggtjänst.

Ohlén Björn (2011), *Energiboken - energieffektivisering för småhus*. Svenska Byggnadsvårdsföreningen.

Sandin Kenneth (2010), *Praktisk byggnadsfysik*. Studentlitteratur.

Elektroniska källor

Energi i Sverige (2009):

<http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Energi-i-Sverige/> (2014-06-17)

Hygien, hälsa och miljö (2012):

http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-och-konstruktionsregler/BBR_19/Avsnitt/6-Hygien-halsa-och-miljo.pdf (2014-06-17)

Brister i isolering (2011):

<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Isolering/Brister-i-isoleringen/> (2014-06-17)

Oljekrisen (2013):

<http://www.kuriren.nu/nyheter/oljekrisen-1973-andrade-allt-6992056.aspx> (2014-06-23)

Fönster och dörrar (2011):

<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Fonster-och-dorrrar/> (2014-06-23)

Lufttäthet:

<http://www.conservator.se/hall-energibalansen/> (2014-06-23)

Modulenthus:

<http://www.omhustillverkare.se/modulenthus/> (2014-06-23)

Köldbrygga:

<http://www.rockwool.se/inspiration/svenska+referensobjekt/passivhus+pumpk%C3%A4llehagen/v%C3%A4rt+att+veta+om+passivhus/k%C3%B6ldbryggor> (2014-06-25)

Tilläggsisolering:

<http://www.dinbyggare.se/communicate/artiklar/article.aspx?id=6087> (2014-06-30)

<http://www.styleroom.se/album/48806#image660988> (2014-12-08)

Ljusinsläpp:

<http://www.liko.com/se/Sverige/om-liko/Karriar/Arbetsmiljo/> (2014-06-30)

Fönster och energiglas (2006):

[http://www.gbf.se/sites/default/files/Fonsterrenovering\(www\).pdf](http://www.gbf.se/sites/default/files/Fonsterrenovering(www).pdf) (2014-06-30)

Solceller:

<http://www.solcellforum.se/tekniken.html> (2014-07-08)

Legionella (2013):

<http://www.boverket.se/bygga--forvalta/bygga-andra-och-underhalla/inomhusmiljo/tappvatten/legionella/> (2014-07-09)

Mögel (2014):

<http://www.internetmedicin.se/page.aspx?id=4157> (2014-07-10)

<http://www.sp.se/sv/index/services/SPmonitor/Documents/Kritiska%20fukttillst%C3%A5nd%20mikrobiell%20p%C3%A5v%C3%A4xt.pdf> (2014-07-11)

http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/8_06_12.pdf

Ventilation (2008):

<http://www.svenskventilation.se/> (2014-07-11)

Fukttillskott:

<http://proffs.tarkett.se/content/tr%C3%A4baserade-golvmaterial-och-luftfuktighet> (2014-07-13)

http://www.akkonsult.com/files/aktuellt_2011_03.pdf (2014-11-04)

Luftflöde (2011):

<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/BFS-2011-6-BBR-18.pdf> (2014-07-14)

Ventilationssystem:

http://www.ventilationsbutiken.se/index.php?option=com_content&task=view&id=39&Itemid=137 (2014-07-14)

<http://www.fresh.se/sv/illustrationer/03-hus-med-ftx-system.php> (2014-12-08)

Undertryck (2012):

http://handbok.alternativ.nu/Bygga_och_bo/Allm%C3%A4nt/Fukt_i_hus (2014-07-14)

Krypgrund (2013):

<http://www.byggmastareadolfi.se/byggm%C3%A4stare-adolfi/energieffektivisering-16304193> (2014-09-03)

Mögelriskanalys (2011):

<http://www.sp.se/sv/index/research/woodbuild/publications/Documents/LTH-rapport%20TVBK-5200.pdf> (2014-09-03)

Fukt i krypgrund (2012):

<http://lnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:529526/FULLTEXT01.pdf> (2014-09-03)

Energiberoende av omvärlden (2014):

<http://www.svt.se/nyheter/varlden/polen-vill-ha-eu-strategi-for-att-minska-beroende-av-rysk-energi> (2014-09-16)

Vatten är liv (2012):

<http://www.forskning.se/nyheterfakta/teman/vattenivarlden/tiofragorochsvar/varforbehovervivatten.5.7952d75d13ab5f785b5a3.html> (2014-09-16)

Gränstemperatur (2005):

<http://www.varmahus.se/varmebehov/gratisvarme.php> (2014-09-15)

Värmebehovsberäkning (2001):

<http://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/files/varmebeh.pdf> (2014-09-28)

LCC:

<http://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/EKG-F/lcc.pdf> (2014-10-16)

<http://www.belok.se/lcc/generell.php> (2014-10-27)

Normalårskorrigerig (2012):

<http://energihandbok.se/x/a/i/10670/Normalarskorrigering.html> (2014-10-16)

El Avtal (2012):

<http://www.eon.se/privatkund/Produkter-och-priser/Elavtal/Teckna-Elavtal/Avtalsvillkor/> (2014-10-16)

Fuktskador i kryppgrunden:

<http://www.fuktskador.info/kryppgrund/> (2014-10-17)

Energipriset:

<http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energikostnader/Lopande-kommersiella-energipriser/> (2014-10-14)

Gradtimmar (2011):

<http://www.energy-management.se/attachments/documents/145/normalarskorrigering.pdf> (2014-10-22)

U-värde fönster

<http://www.novator.se/bioenergy/BE0606/60-61.pdf> (2014-10-22)

WUFI:

<http://www.weber.se/fasad-puts-och-murbruk/teknisk-information/projektering/wufi-berakningar.html> (2014-10-23)

Materialdata:

<http://www.swbygggritningar.se/Isolering.htm> (2014-10-23)

Personvärme:

<http://www.controlengineering.se/energi/Energiberaekning-foer-byggnamaelan-guide.pdf> (2014-10-29)

Köldbryggor i lågenergihus av Tomas Ekström:

<http://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/TVIT-5032MDTEweb.pdf> (2014-10-29)

Graddagar:

<http://www.sp.se/sv/index/research/effektiv/publikationer/Documents/Projektrapporter/Rapport%2003-01.pdf> (2014-10-30)

Köldbrygga:

<file:///fs-n.net.lth.se/home/vv09ma8/Downloads/Passivhuskurs-Fredrik%20Konstruksjon.pdf> (2014-10-31)

BBR:

<http://www.boverket.se/contentassets/5d790f121d1945ec8c4b5e2881e9c148/boverkets-byggregler-bfs-2011-6-tom-2013-3.pdf> (2014-11-17)

10. Bilaga

Bilaga A

Enkät svar

Din hälsa och Innemiljö

Allmänt om bostaden

1. Är du nöjd eller missnöjd med din bostad som helhet?

Mycket nöjd	Ganska nöjd	Varken/eller	Ganska missnöjd	Mycket missnöjd
1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Hur pass nöjd eller missnöjd är du med bostaden vad gäller...

	Mycket nöjd	Ganska nöjd	Varken/eller	Ganska missnöjd	Mycket missnöjd
	1	2	3	4	5
a. ... utrustning?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. ... standard?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. ... planlösning?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. ... dagsljus?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. ... utvändigt skönhetsvärde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. ... nivåer?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ... boendekvalitet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. ... bostadsområde, grannskap?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Innemiljön

3. Har du de senaste 3 månaderna känt dig besvärad av någon eller några av följande faktorer i din bostad? Besvara varje fråga även om du inte känt dig besvärad

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
	1	2	3
a. Drag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b. För hög rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Varierande rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. För låg rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Instängd ("dålig") luft	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Torr luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g. Obehaglig lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
h. Slask eller skvätta som gör ett man lätt för stolar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
i. Andras tobaksrök	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
j. Buller	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k. Damm och smuts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l. Annat, vad: <input type="text" value="Kärl i köket"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

Temperatur och värmekomfort

4. Hur tycker du att värmekomforten i stort sett är i din bostad?

	Mycket bra 1	Bra 2	Acceptabel 3	Dålig 4	Mycket dålig 5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Besvåras du av att du i bostaden har...

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
	1	2	3
a. ... alltför kallt på vinterhalvåret?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. ... alltför varmt på vinterhalvåret?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. ... alltför kallt på sommarhalvåret?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. ... alltför varmt på sommarhalvåret?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. ... kalla golv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. ... drag från fönster?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ... drag från ytterdör?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. ... varierande rumstemperatur vid temperaturväxlingar utomhus?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ... svårigheter att själv påverka rumstemperaturen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Luftkvalitet

6. Hur tycker du att luftkvaliteten i stort sett är i din bostad?

	Mycket bra 1	Bra 2	Acceptabel 3	Dålig 4	Mycket dålig 5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Besvåras du i din bostad av lukt inifrån byggnaden såsom av ...

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
	1	2	3
a. ... eget matos som sprids i bostaden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. ... grannars matos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c. ... tobaksrök eller annan lukt från grannar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

8. Besvåras du i din bostad av lukt utifrån såsom av ...

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
	1	2	3
a. ... trafikavgaser?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b. ... grillkök/restaurang/industrier?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c. ... vedeldningsrök?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

9. Känner du av någon av följande lukter i din bostad?		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
		1	2	3
a.	Stekande lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b.	Mögelukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c.	Instängt lukt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d.	Unken lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

10. Besväras du i din bostad av ventilationsproblem som...		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
		1	2	3
a.	... svårigheter att bli av med fuktig luft i bad-/duschrum?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	... inna på fönstren vid mållagning?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c.	... svårigheter att själv påverka ventilationen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ljud

11. Hur tycker du att ljudförhållandena i stort sett är i din bostad?		Mycket bra	Bra	Acceptabla	Dåliga	Mycket dåliga
		1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Hur mycket har du de senaste tre månaderna störts av ljud/buller inifrån byggnaden från ...		Störs inte alls	Störs inte särskilt mycket	Störs ganska mycket	Störs mycket	Störs oerhört mycket	Finns inte
		1	2	3	4	5	6
a.	... ledningar och rör	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	... ventilation/fläktar (inomhus)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c.	... röster, radio, TV, musik eller liknande från grannar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d.	... skrapljud, fotsteg, dörrar eller liknande från grannar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e.	... nöjeslokal i fastigheten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
f.	... trapphus, hissar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

13. Hur mycket har du de senaste tre månaderna störts av ljud/buller utifrån, från ...		Störs inte alls	Störs inte särskilt mycket	Störs ganska mycket	Störs mycket	Störs oerhört mycket	Finns inte
		1	2	3	4	5	6
a.	... ventilation/fläktar/värmepumpar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	... vägtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c.	... tågtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d.	... flygtrafik	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

14. Medför trafikbuller (väg-, tåg- eller flygtrafik) några av följande störningar?

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
	1	2	3
a. Svårt att höra radio/TV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b. Telefonsamtal hindras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c. Vanligt samtal hindras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d. Väla/avkoppling störs	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Svårt att somna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
f. Blir väckt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Nuvarande besvär

15. Har du under de senaste 3 månaderna haft något/några av nedanstående besvär?

Om ja, tror du att detta beror på din bostadsmiljö?

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig	Om ja, tror du att detta beror på din bostadsmiljö?	
	1	2	3	Ja	Nej
a. Trötthet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b. Tung i huvudet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c. Huvudvärk	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d. Illamående/ysel	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
e. Koncentrationssvårigheter	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
f. Klåda, svada, irritation i ögonen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g. Irriterad, läppi eller rinnande näsa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Heshet, halstorrhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
i. Hosta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
j. Torr eller rodnad hud i ansiktet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
k. Fjällning/klåda i hårbotten/öron	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
l. Torr, kliande, rodnad hud på händerna	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Din energianvändning

1. Hur ser din energianvändning ut för de senaste 3 åren (ange i kWh) samt ange total kostnad för året?

2013: FJV: 17061 kWh, EI: 4140 kWh

2012:

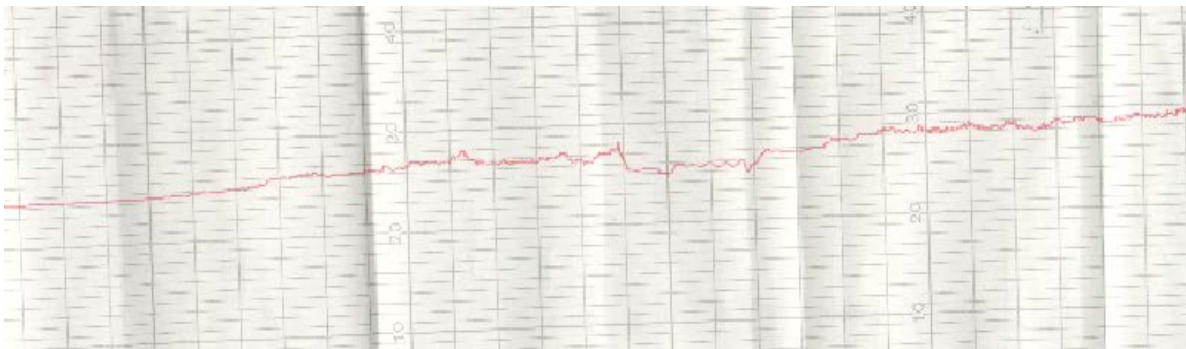
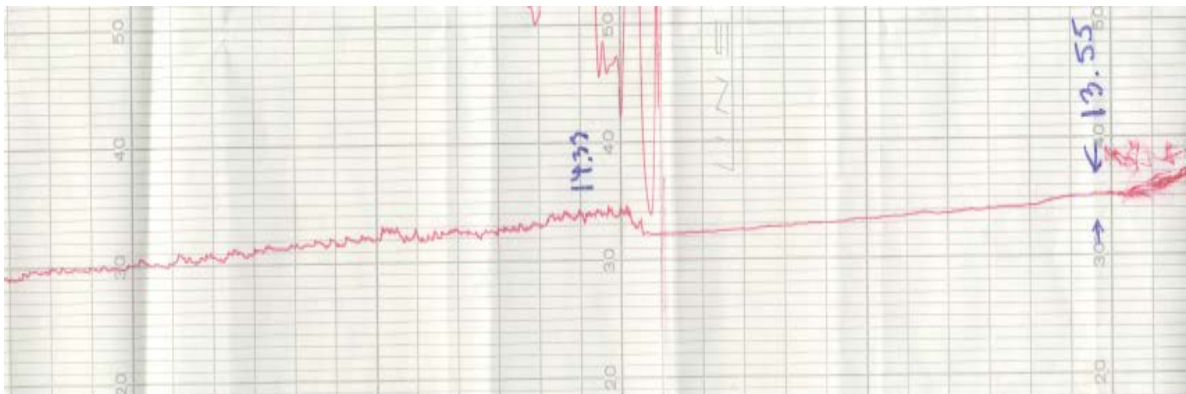
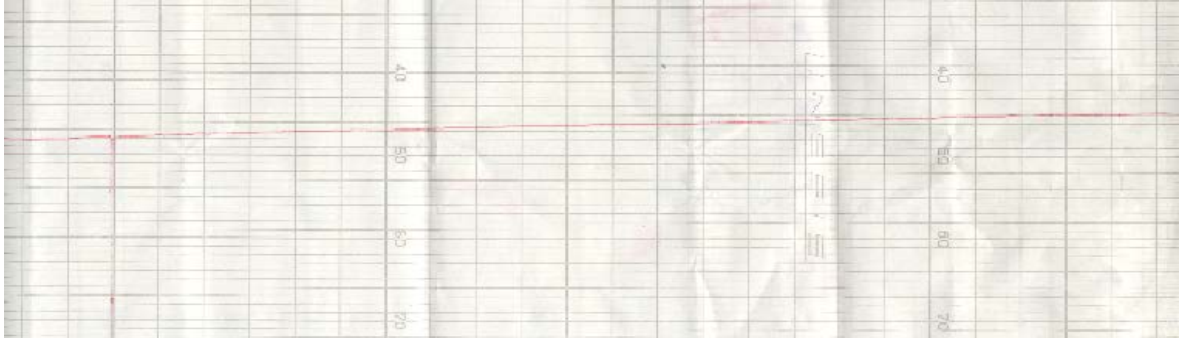
2011:

2. Ange energianvändningen för varje månad (i kWh) för ett av åren 2011, 2012 och 2013.

2013

Månad	Fjärrvärme [kWh]	EI [kWh]
Januari	2637	414
Februari	2811	477
Mars	2956	416
April	1740	346
Maj	794	336
Juni	484	358
Juli	199	394
Augusti	113	351
September	338	386
Oktober	988	411
November	1854	429
December	2140	492

Bilaga B
Spärgasmätning



Bilaga C

Beräkning av fukttillskott 2014 08 01 -2014 09 10

FuktkvotInne	Fuktkvot tak	Fuktkvotkryppgrund		
				FuktkvotInne vmedel 0,0025
-0,000973689	-0,002790384	0,001108841		
-1,29916E-05	-0,001865851	0,001098974		
-1,20817E-05	-0,001902989	0,001113162		Fuktkvot tak
4,18533E-05	-0,001884358	0,001114913		Vmedel 0,0022
9,96746E-05	-0,001880121	0,001107131		
0,000123978	-0,001901014	0,001090667		
0,000206752	-0,001856799	0,001088843		Fuktkvotkryppgrund
0,000210357	-0,001884716	0,001088843		vmedel 0,001
0,000243721	-0,001875333	0,001076228		
0,000309218	-0,001837421	0,001076228		
0,000305816	-0,001864856	0,001068837		
0,000400795	-0,001842636	0,001028592		
0,000573432	-0,001891305	0,000868393		
0,000576445	-0,001934588	0,000864988		
0,000566694	-0,00195034	0,000898527		
0,000569754	-0,001964178	0,000910304		
0,000598912	-0,00197235	0,000912125		
0,000613459	-0,002005571	0,000918172		
0,000541585	-0,002027546	0,000963429		
0,000549445	-0,002074194	0,000941111		
0,000558627	-0,00208613	0,000972744		
0,00058676	-0,00211168	0,000956805		
0,000629065	-0,002083973	0,000936277		
0,000597916	-0,00208805	0,000983047		
0,000569744	-0,002074225	0,001021835		
0,000594106	-0,002064361	0,0010468		
0,000612928	-0,002049278	0,001081986		
0,000618837	-0,002028011	0,001110106		
0,000619466	-0,002042039	0,001128867		
0,000609112	-0,002069155	0,001160448		
0,000608219	-0,00207603	0,001171394		
0,000628547	-0,002046098	0,001179167		
0,000591356	-0,002085564	0,001200374		
0,000594039	-0,002086223	0,001208509		
0,000559551	-0,002151045	0,001227438		
0,000556081	-0,002143482	0,001227438		
0,000498573	-0,002182883	0,001246498		
0,000484578	-0,002227108	0,001262119		
0,000510211	-0,002204904	0,001260301		
0,000526994	-0,002165828	0,001261506		

Bilaga D

Yttervägg-Yttervägg

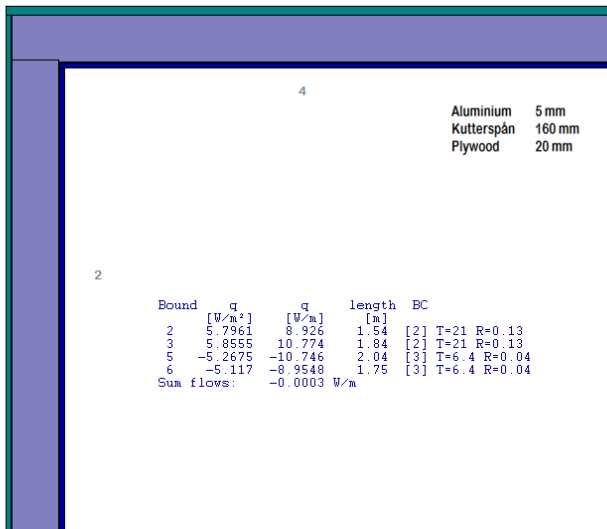
3



1

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	length [m]	BC
1	6.2549	11.634	1.86	[2] T=21 R=0.13
3	-6.2552	-11.635	1.86	[3] T=5 R=0.04
Sum flows: -0.0005 W/m				

5



Aluminium 5 mm
Kutterspån 160 mm
Plywood 20 mm

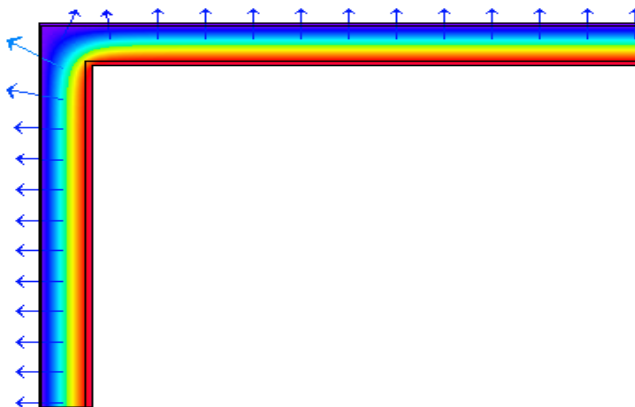
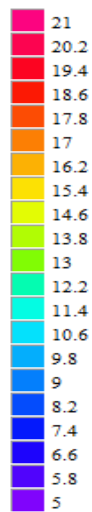
4

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	length [m]	BC
2	5.7961	8.926	1.54	[2] T=21 R=0.13
3	5.8555	10.774	1.84	[2] T=21 R=0.13
5	-5.2675	-10.746	2.04	[3] T=6.4 R=0.04
6	-5.117	-8.9548	1.75	[3] T=6.4 R=0.04
Sum flows: -0.0003 W/m				

6

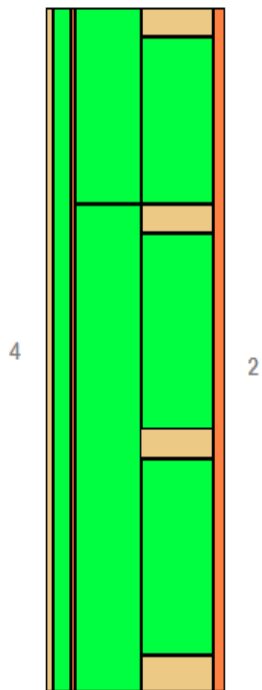
2

Temp [°C]

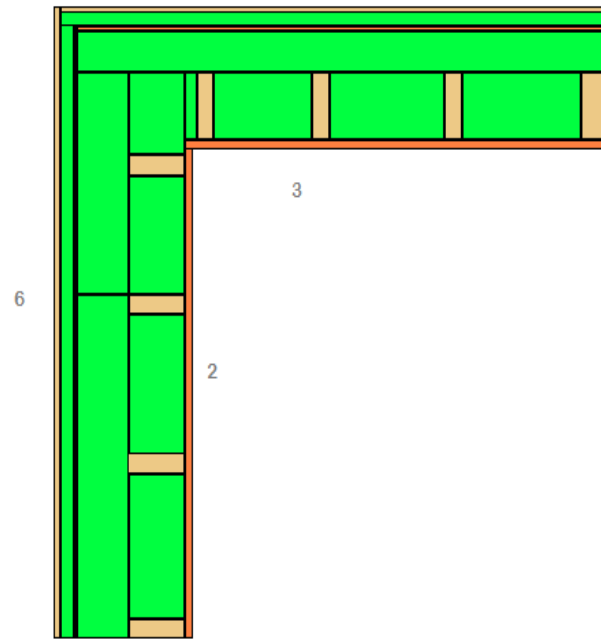


Ψ räknas till 8,10 W/K

Yttervägg – Yttervägg (Tillbyggnad)

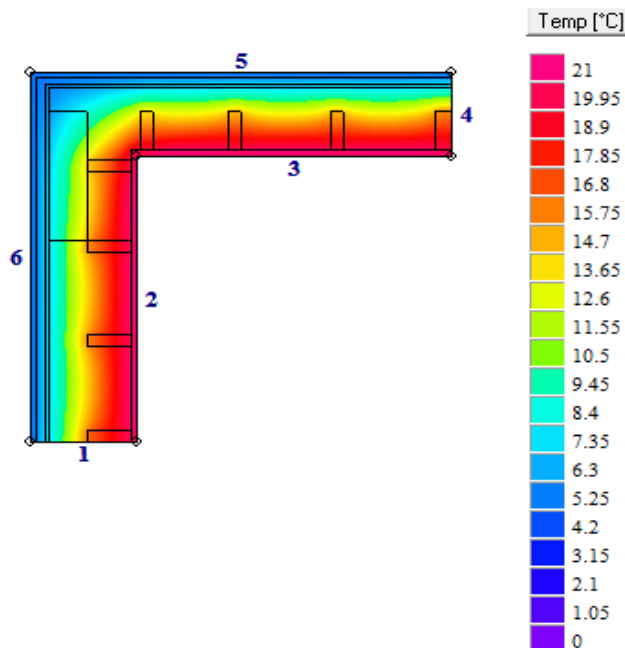


- Stående lockpanel 45 mm
- Mineralull RW 325 30 mm
- Gipsskiva 9 mm
- Mineralull RW 331 120 mm
- Reglar c/c 600 45x120 + mineralullisolering
- diff-tät folie
- gipsskiva 13 mm



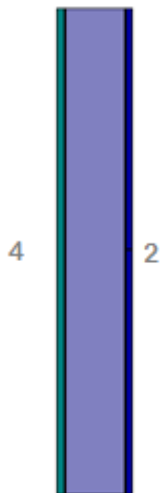
Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	length [m]	BC
2	-2.0992	-1.9733	0.94	[3] T=5 R=0.04
4	2.0992	1.9732	0.94	[2] T=21 R=0.13
Sum flows:		-5.1E-005	W/m	

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	BC
2	2.3161	2.2003	[2] T=21 R=0.13
3	2.7073	2.599	[2] T=21 R=0.13
5	-2.0724	-2.663	[3] T=5 R=0.04
6	-1.7369	-2.1363	[3] T=5 R=0.04
Sum flows:		-2.1E-005	W/m



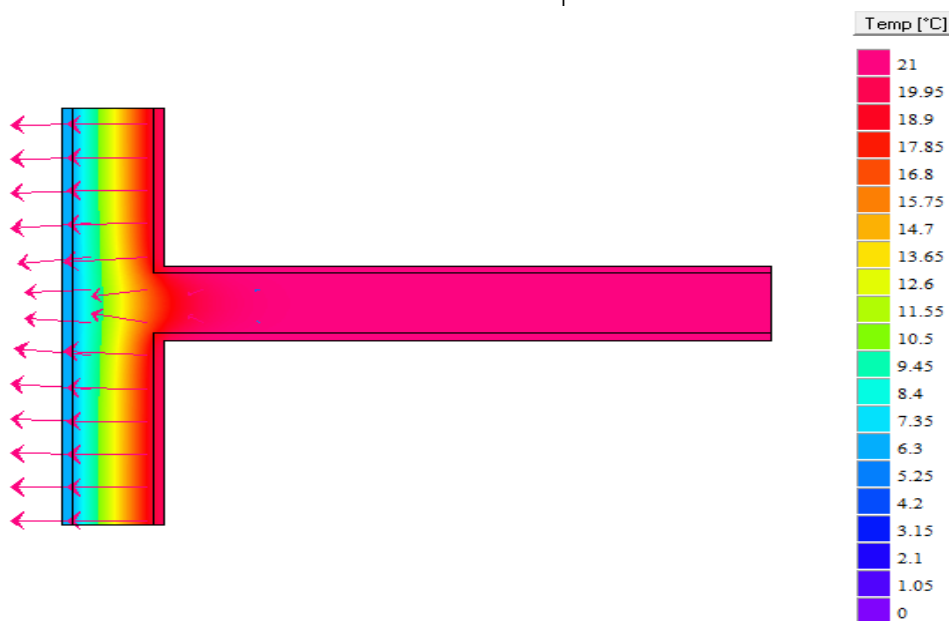
Ψ räknas till 0,60 W/K

Yttervägg-Mellanbjälklag



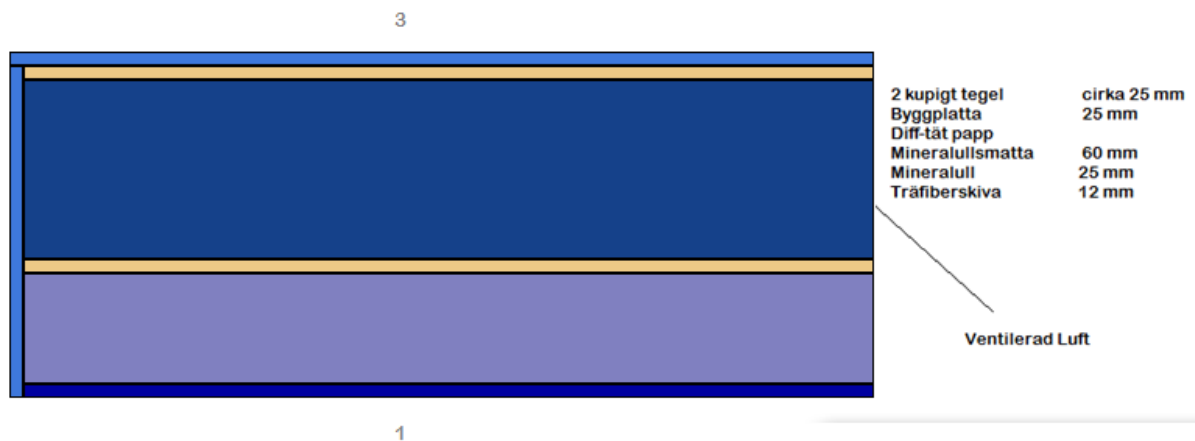
Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	length [m]	BC
2	5.7679	9.7477	1.69	[2] T=21 R=0.13
4	-5.7684	-9.7485	1.69	[3] T=6 R=0.04
Sum flows:				-0.0008 W/m

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	BC
2	6.089	4.5059	[2] T=21 R=0.13
3	0.298	0.444	[2] T=21 R=0.13
4	0	0	[2] T=21 R=0.13
5	0.2814	0.4192	[2] T=21 R=0.13
6	6.0884	4.5054	[2] T=21 R=0.13
8	-5.8425	-9.8737	[3] T=6 R=0.04
Sum flows:			0.0008 W/m

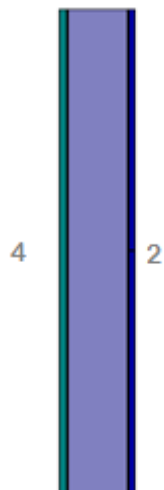


Ψ räknas till 0,74 W/K

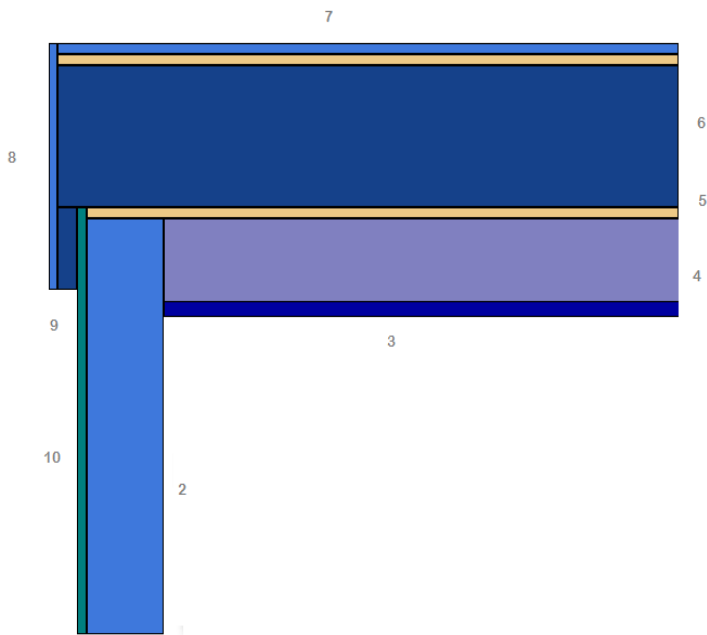
Yttervägg – Tak



Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	length [m]	BC
1	4.8079	6.0099	1.25	[2] T=21 R=0.13
3	-4.808	-6.01	1.25	[3] T=5 R=0.04
Sum flows:		-9.7E-005 W/m		

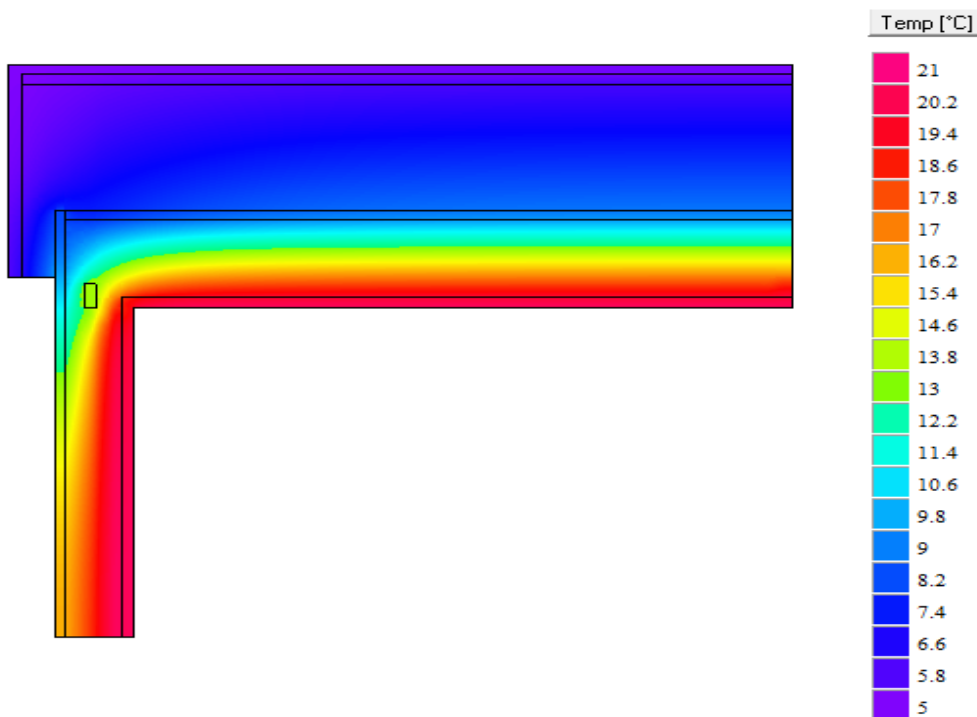


Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	BC
2	4.5169	3.0715	[2] T=21 R=0.13
3	4.8761	5.1199	[2] T=21 R=0.13
5	-3.6545	-4.5681	[3] T=5 R=0.04
6	-8.2351	-3.6235	[3] T=5 R=0.04
Sum flows:		-0.0001 W/m	



Bound	q [W/m ²]	q [W/m]
2	6.4862	3.762
3	4.8945	5.335
7	-3.5712	-4.6783
8	-1.4239	-0.6407
9	-1.4033	-0.0842
10	-5.8627	-3.6935
Sum flows:		0.0003 W/m

BC
[2] T=21 R=0.13
[2] T=21 R=0.13
[3] T=5 R=0.04
[3] T=5 R=0.04
[3] T=5 R=0.04
[3] T=5 R=0.04

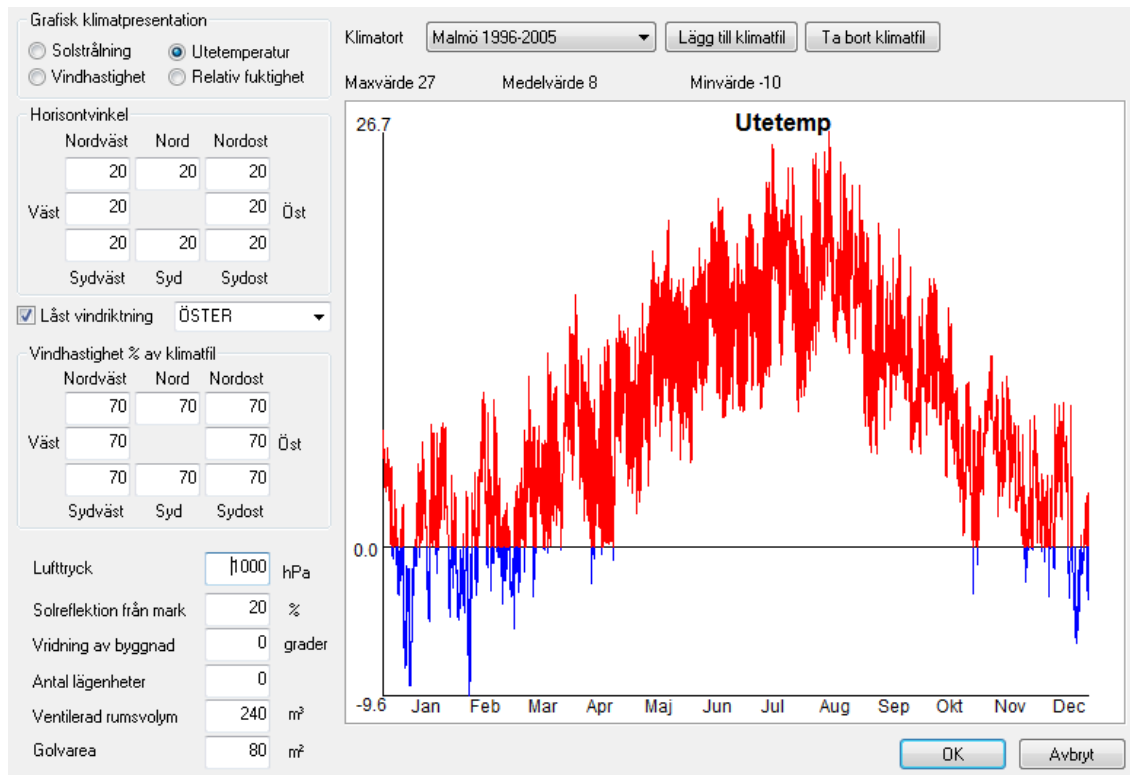


Ψ räknas till 2,3 W/K

En likadan uträkning görs för Tillbyggnaden för tak-yttervägg och fås till 1,8 W/K

Bilaga E

Area av byggdelar och dess orientering



Klimat data

Benämning av driftfall	Processenergi										Högsta °C	Lägsta °C
	Verksamhetsenergi (40)		Fastighetsenergi (39)		Personvärme (25)	Fukt-tillskott till rumsluft (44)	Tappvarmvatten		Rumstemperatur			
	Till rumsluft W/m ²	Extern W/lgh	Till rumsluft W/m ²	Extern W/m ²			W/m ²	W/lgh		°C		
Småhus Sveby 22	2.74	0	0.7	0.2	0	5	0	2.28	0	27	22	
Flerbostad Sveby 22	2.74	0.0	0.70	1.00	0.40	0.00	0.00	2.85	0.0	27.0	22.0	
Småhus Sveby 22	2.74	0.0	0.70	0.20	0.00	5.00	0.00	2.28	0.0	27.0	22.0	
Kontor 22 Dag	15.00	0.0	0.00	1.00	0.40	1.00	0.00	1.00	0.0	24.0	22.0	
Kontor 22 Nat	1.00	0.0	0.00	0.20	0.00	1.00	0.00	1.00	0.0	27.0	22.0	
Skola 22 Dag	16.00	0.0	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	4.50	0.0	27.0	22.0	
Skola 22 Nat	16.00	0.0	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	4.50	0.0	27.0	22.0	
Idrottshall 18 Dag	9.00	0.0	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	19.00	0.0	27.0	18.0	
Idrottshall 16 Nat	9.00	0.0	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	19.00	0.0	27.0	16.0	

Lägg till Ändra Infoga Ta bort

Beräkna OK Avbryt

Driftkatalog

Benämning Bygghedelstyp	Sol- absorption %	Ötätthets- faktor q50 l/s.m ²	Delta U-värde W/m ² K	U-värde W/m ² K
Moustafas vägg 1	50	0.4	0	
Källarvägg torr	0.0	0.800	0.010	0.375
Tegel 2-Sten	50.0	0.800	0.000	0.920
Vägg Betong/Tegel	50.0	0.800	0.020	0.215
Moustafas vägg 1	50.0	0.400	0.000	0.385
Fyllnadsbjälklag...	0.0	0.000	0.000	0.289
Moustafas Vägg	0.0	0.100	0.000	0.132
Moustafas ytterv...	50.0	0.800	0.010	0.329
MussisTak	70.0	0.400	0.010	0.511
MussisTak T	70.0	0.400	0.010	0.644
Platta på mark	70.0	0.500	0.010	0.249

Materialsikt

Materialbenämning Yttersta skiktet först. Jordsikt ges ej här.	Tjocklek m
Aluminium	0.005
Aluminium	0.005
Kutterspån MAA	0.160
Plywood	0.020

Vattenburen värme

Total tjocklek: 0.185 m

Uppbyggnad av bygghedlar

Beskrivning	Benämning för byggdeltyp	Orientering	Rotation + medsols - motsols grader	Lutning + uppåt - nedåt grader	Mängd (Area) [m ²] (Längd [m] Antal)	Angräns- ande- temp [°C]	Lägsta nivå [m]	Högsta nivå [m]	Värme- skikt Andel av effekt- behov %	U-värde [W/m ² .K] Psi-värde W/m.K Chi-värde [W/K] inkl. mark Delta-U	Otätthets- faktor q50 [l/s.m ²]
TF-S0	2-Glas std	SYDDST	0	0	2,2	0	0	0	0		
TYV-SV	Moustafas Vägg	SYDVÄST	0	0	13,5m ²		0,0	0,0	0,00	0,237	0,10
TF-SV	2-Glas std	SYDVÄST	0	0	0,4m ²		0,0	0,0	0,00	3,000	0,80
TD-SV	Dörr	SYDVÄST	0	0	1,5m ²		0,0	0,0	0,00	1,000	0,80
F-SV	2-Glas std	SYDVÄST	0	0	3,2m ²		0,0	0,0	0,00	3,000	0,80
D-SV	Dörr	SYDVÄST	0	0	0,2m ²		0,0	0,0	0,00	1,000	0,80
YV-SV	Moustafas vägg 1	SYDVÄST	0	0	14,4m ²		0,0	0,0	0,00	0,385	0,40
TF-S0	2-Glas std	SYDDST	0	0	2,2m ²		0,0	0,0	0,00	3,000	0,80
TD-S0	Dörr	SYDDST	0	0	1,0m ²		0,0	0,0	0,00	1,000	0,80
TYV-S0	Moustafas Vägg	SYDDST	0	0	12,2m ²		0,0	0,0	0,00	0,237	0,10
F-S0	2-Glas std	SYDDST	0	0	1,1m ²		0,0	0,0	0,00	3,000	0,80
YV-S0	Moustafas vägg 1	SYDDST	0	0	18,7m ²		0,0	0,0	0,00	0,385	0,40
YVtak-S0	Moustafas ytte...	SYDDST	0	0	9,0m ²		0,0	0,0	0,00	0,339	0,80
F-NV	2-Glas std	NORDVÄST	0	0	1,8m ²		0,0	0,0	0,00	3,000	0,80
D-NV	Dörr	NORDVÄST	0	0	3,6m ²		0,0	0,0	0,00	1,000	0,80
YV-NV	Moustafas vägg 1	NORDVÄST	0	0	11,2m ²		0,0	0,0	0,00	0,385	0,40
YVtak-NV	Moustafas ytte...	NORDVÄST	0	0	9,0m ²		0,0	0,0	0,00	0,339	0,80
TD-N0	Dörr	NORDVÄST	0	0	1,6m ²		0,0	0,0	0,00	1,000	0,80

Kataloger för byggdeltyp

Fönster / Dörrar / Ventiler

Väggar / Bjälklag

2-Dim Byggdelar

3-Dim Byggdelar

Rotera

Roterar orientering för alla byggdelar längs väderstreck.

Medsols

Motsols

Import av mängder från VipArea

0 %

Markegenskaper

Lera, dränerad sand, dränerat grus vlt 1.4

Lägg till

Ändra

Ta bort

Infoga

Beräkna

OK

Avbryt

Area och dess orientering för varje del konstruktion.

Bilaga F.

$$LCC_{total} = C_{investering} + C_{underhåll} + C_{energi} + C_{restvärde}$$

Där

$$C_{investering} = \text{investeringens initiala kostnad [kr]}$$

$$C_{energi} = E_{energi} * e_{energi} \frac{1 - \left(\frac{1+q}{1+i}\right)^n}{\frac{1+i}{1+q} - 1}$$

E_{energi} = Årlig energibehov [KWh/år]

e_{energi} = Dagens energipris [kr/KWh]

i = Real kalkylränta [%]

q = Real årlig energiprisökning [%]

n = Kalkylperiod [år]

Och

$$C_{underhåll} = a_{underhåll} * \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

$a_{underhåll}$ = Årlig underhållskostnad

Restvärde sätts i detta arbete till 0 kronor.

(Belok)

Bilaga G.

Vägg

Material/Tjänst	Pris [kr/m ²]	Tid [h/m ²]	Underentreprenör [kr/m ²]
Hakställning (2 månader)	-	-	189
Armerat putssyst	248,7		
Träläkt c/c 600	19,65	0,09	
30 distanshylsor	2,8	0,04	
30 våningshög klimatboard	57,85	0,11	
Vindskydd	92,1	0,18	
Fibercementskiva	159,15	0,11	
Mineralull	74,65	0,09	
Plastfolie	6,1	0,07	
Gipsskiva	30,6	0,18	
	691,6	0,87	189

Materialkostnad	532,45
Arbetslön 180 kr/h	156,6
Underentreprenad	189
Omkostnadspålägg 200 % på arbetslön	313,2
Omkostnadspålägg 6 % på UE	11,34

Rivnings kostnad	240 kr/m ²
------------------	-----------------------

Total Kostnad	1443 kr/m²
----------------------	------------------------------

Fönster

7137 kr för fönster 1 x 1,5m – **TYP1**

4620 kr för fönster 0,5 x 1,0 m – **TYP2**

Priserna är inklusive byte och montering

Med ett FTX- system förlorar man cirka 1000 kWh/år

För mer info se hemsida:

<http://www.bygghemma.se/utomhus/fonster/vridfonster/aluminiumfonster/vridfonster-elifonster-original-alu/p-240835-240854> (2014-11-15)

<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Testerresultat/Testresultat/FTX-aggregat-hus-med-130-m-boyta/?tab=2> (2014-11-16)

FTX-system

Enligt källan nedan får man ett helt FTX-system installerat för 39 000kr.

Troligtvis kan priset variera på hur huset är utformat. Det är dem som bestämmer typ av aggregat och hur utformningen av kanaler ska sättas på bästa sätt.

Normalt har ett Aggregat en effekt på cirka 200 W.

För mer info se hemsida:

<https://www.ventilation.se/ventilationsbyggsats-ftx-100-140m/p-1877.htm>

Avfuktare

Luftavfuktare X200 är en Kondensavfuktare som kostar 12995 kr men en 5 års garanti.

Energiförbrukningen är på 805 W vid avfuktningsläge. Aggregatet har en kapacitet på 19 liter vatten per dygn.

För mer info se hemsida:

<http://www.clasohlson.com/se/Luftavfuktare-X200/36-5178> (2014-11-15)