

Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH-5100

Lund 2018

Invändig tilläggsisolering av massiva tegelytterväggar

- fallstudie av Zoofysiologen, Lund

Marcus Pehrsson



LUND
UNIVERSITY

Invändig tilläggsisolering av massiva tegelytterväggar

- fallstudie av Zoofysiologen, Lund

Marcus Pehrsson

© Marcus Pehrsson
ISRN LUTVDG/TVBH-18/ 5100--SE(62)

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

Förord

Det tog längre tid än planerat men när det var klart blev man nyexaminerad samtidigt som man varit ute i arbetslivet ett par år, precis som arbetsgivarna vill. Med detta arbete är studierna till Civilingenjör avslutade och jag tar steget tillbaka till arbetslivet, den stora frågan är om något kommer förändras?

Stort tack till handledare och examinator Lars-Erik Harderup och Jesper Arfvidsson på Byggnadsfysik för all hjälp. Stort tack till Benny Johansson för underlag till fallstudien som vi starten av arbetet jobbade på Sweco. Självklart även ett stort tack till alla jag intervjuat för de olika delarna av arbetet eller som på något annat sätt varit involverade.

Marcus Pehrsson

Göteborg, 2018

1 Abstract

In Sweden, a large part of the building stock was built before 1973. This year is important as there was an oil crisis this year, this changed the attitude towards energy and construction. This in combination, that Sweden is northern country and has a low average temperature compared with large parts of Europe. This has made it difficult for modern construction in regard to energy efficiency and has been restricted at regular intervals. The old buildings still in the building stock were built with construction techniques not used in today's construction due to new solutions and that some old materials proved to be dangerous to those reside in the buildings. Many of these buildings have a cultural value or built in such a location that external additional insulation is not possible. Solving additional insulation is something to be preferred when protecting existing buildings against wind and weather. This assumes that the additional insulation with all its details is performed correctly. However, the question is what happens when we do not have this opportunity and perform the additional insulation internally. It is not difficult to conclude that existing outer wall construction becomes colder and might increase the risk of moisture damage and mechanical impact in the form of frostbite.

These questions are theoretically verified by calculating the construction of the building Zoofysiologen in Lund as the basis for design solutions. The building is built with solid brick walls with concrete floors. The concrete floors rests on the supporting part of the brick wall and is made with a cold brewer's switch. The renovation of the Zoofysiologen does not include any kind of additional insulation.

Calculations and simulations have been performed with, among other, Wufi and Heat to see what changes are taking place with the building after the renovation. These simulations have been performed with three different solutions. The three solutions that will be tested is simply the following: diffusion open inorganic insulation, diffusion-proof insulation and a high-performance semi diffusion open insulation.

As a limit to a hazardous freezing cycle, a temperature of 0 ° C and a relative humidity of at least 90% was set. This may be that the relative humidity should be higher, but because of high uncertainty regarding structure and actual pore structure and lack of sources, these limit values were chosen. As expected, the number of critical freeze cycles increase for all solutions. For diffusion-proof and high-performance insulation, the number of freezing and general moisture content in the material increases equally. The diffusion-opening solution is the one that works best when looking at freezing and moisture quota, but this solution also allows drying of the exterior wall into the building, which means that bad smell might be experienced as a problem in the building.

In conclusion, internal insulation is negative from a constructional perspective, but there is also an economic perspective that should be considered. This by comparing the supposed decrease in heating costs with construction costs and any lost revenue due to reduced floor space. The result of this shows that there is an economic gain in the measure only if the measure does not affect rental income. Adding the increased maintenance cost of the façade due to increased frost bursting causes little economic gain in the measure. However, this may change significantly depending on the rent and the cost of heating.

The simulations are performed in Lund, which is southern and has a significantly higher average temperature than for example Kiruna that has a colder climate that increases the effect of additional insulation by reducing heating costs, while it is likely that fewer, but more severe chills will occur in winter as it is colder.

2 Sammanfattning

I Sverige är en stor del av bygnadsbeståndet uppfört före 1973. Detta år har stor betydelse då vi detta år hade en oljekris som ändrade inställningen till energi och byggande. Sverige ligger i norra delen av Europa och har en låg medeltemperatur jämfört med stora delar av övriga Europa. Detta har gjort att det ställts hårda krav på modernt byggande som strämas åt med jämna mellanrum. De gamla byggnader som fortfarande finns i bygnadsbeståndet uppfördes med byggtekniker som inte används i dagens byggande på grund av nya lösningar och att en del gamla material visat sig vara farliga för de som vistas i byggnaden. Många av dessa byggnader har ett kulturvärde eller byggda på en sådan plats att utvändigt tilläggsisolering inte är möjlig. Att minska energibehovet genom att utvändigt tilläggsisolera är något att föredra då man skyddar befintlig byggnad mot väder och vind. Detta förutsätter att tilläggsisoleringen med alla dess detaljer utförts rätt. Frågan är dock vad som händer när vi inte har denna möjlighet och utför tilläggsisoleringen invändigt. Det är inte svårt att dra slutsatsen att befintlig konstruktion blir kallare och med detta ökar risken för fuktskador och mekanisk åverkan i form av frostsprängningar.

Dessa frågor kontrolleras teoretiskt genom att utföra beräkningar med byggnaden Zoofysiologen i Lund som grund för konstruktionslösningar. Byggnaden är uppförd med massiva tegelytterväggar med betongbjälklag. Betongbjälklagen vilar på den bärande delen av tegelytterväggen och är utförd med en köldbryggebrytare. Upprustningen av zoofysiologen innefattar inte någon form av tilläggsisolering.

Beräkningar och simuleringar har utförts med bland annat Wufi och Heat för att se vilka förändringar som sker med ytterväggen före och efter åtgärd. Dessa simuleringar har utförts med tre olika lösningar. Dels med diffusionsöppen oorganisk isolering, diffusionstät isolering och en högpresterande halvtät isolering.

Som gräns för en farlig fryscykel sattes en temperatur om mindre än 0°C och en relativ fuktighet om minst 90%. Det kan vara så att den kritiska relativa fuktigheten borde vara högre men då osäkerheten är stor rörande uppbyggnad och faktisk porstruktur och avsaknad av underlag valdes dessa gränsvärde. Som väntat ökar antalet kritiska frysningar för alla lösningar. För diffusionstät och högpresterande isolering ökar antalet frysningar och generell fukthalt i materialet likvärdigt. Den diffusionsöppna lösningen är den som fungerar bäst om man ser på frysningar och fuktkvot, men denna lösning tillåter uttorkning av ytterväggen in i byggnaden vilket medför att dålig lukt kanske upplevas i byggnaden.

Så sammanfattningsvis är invändig tilläggsisolering negativt ur ett byggnadsfysiskt perspektiv men det finns även ett ekonomiskt perspektiv som bör beaktas. Detta genom att jämföra den förmodade minskade uppvärmningskostnaden med byggkostnad och eventuella förlorade intäkter på grund av minskad golvyta. Resultatet av detta påvisar att det finns en ekonomisk vinst i åtgärden endast om åtgärden inte påverkar hyresintäkterna. Om man sedan lägger till den ökade underhållskostnaden för fasaden på grund av ökad förekomst av frostsprängning leder detta till att det finns ringa ekonomisk vinst i åtgärden. Detta kan dock komma att förändras markant beroende på hyressättning och kostnaden för uppvärmning.

Simuleringarna är utförda i Lund som ligger sydligt och har en markant högre medeltemperatur än tex. Kiruna som har ett kallare klimat som ökar effekten av tilläggsisoleringen genom att minska uppvärmningskostnaden samtidigt som att det troligen sker färre men kraftigare frysningar vintertid.

Contents

1	Abstract.....	3
2	Sammanfattning.....	5
3	Bakgrund	9
3.1	Mål.....	9
3.2	Avgränsningar	10
4	Bakgrundsfakta.....	11
4.1	Befintlig information om Invändig tilläggsisolering	11
4.2	Fukt och fukttransport i teorin	12
4.2.1	Relativ fuktighet.....	12
4.2.2	Fukthalt och Fuktkvot	12
4.2.3	Fukttransport.....	12
5	Biologisk tillväxt.....	15
5.1	Svamp.....	15
5.2	Mögel.....	15
6	Beräkningsprogram.....	17
6.1.1	Wufi.....	17
6.1.2	Heat	17
6.1.3	Sektionsdata	17
7	Huset	19
8	Val av lösningar	21
8.1	Föreslagna Isolering system.....	21
8.1.1	Isover (Saint-Gobain)	21
8.1.2	Rockwool	21
8.1.3	Foamglas	21
8.1.4	Paroc	21
8.1.5	Polyterm.....	21
8.2	Val av konstruktionslösningar.....	22
8.2.1	Alternativ 1	22
8.2.2	Alternativ 2	23
8.2.3	Alternativ 3	24
8.3	Frysning	24
8.4	Wufi inställningar.....	26
8.5	Klimatdata SMHI	26
8.6	HEAT simuleringar	27
8.6.1	Vägg	27
8.6.2	Fönster.....	28
8.6.3	Ytterhörn	28
8.6.4	Bjälklagsanslutning	28

8.7	Frysningar	28
8.7.1	Redovisning vidhäftningstal för regn.....	29
8.7.2	Redovisning av fryscyklar.....	30
8.8	SMHI beräkningar	32
8.9	Fukttinhåll i tegelfasad.....	33
8.9.1	Tegel.....	33
8.9.2	Fukttinhåll vid invändig tilläggsisolering	35
8.10	Fukt i isoleringen	37
8.10.1	Alternativ 1 – mineralull	37
8.10.2	Alternativ 2 – polyuretanskum.....	40
8.11	Köldbryggor.....	44
8.11.1	Vägg.....	44
8.11.2	Hörn	44
8.11.3	Mellanbjälklag.....	44
8.11.4	Fönster	44
8.12	Ekonomi.....	45
9	Analys och diskussion.....	49
9.1	Frysningar	49
9.2	Fukt.....	49
9.3	Ekonomi.....	50
10	Slutsats och rekommendation	51
11	Felkällor	53
12	Litteraturförteckning	55
13	Bilaga I – WUFI 5.1 initial-, gränsvärde- och materialdata.....	57
14	Bilaga II – VBA kod till Excel	59

3 Bakgrund

Under arbetsmarknadsdagarna på LTH träffade jag Benny Johansson som jobbade på SWECO och vi pratade om möjligheterna att basera ett examensarbete på ett aktuellt projekt där det renoveras en byggnad, och då använda det som ett utgångsläge för att utföra en energi och fuktanalys. Detta mynnade till slut i Zoofysiologen i Lund. I detta fall gjorde man en tillbyggnad och utförde denna tillbyggnad så pass energieffektiv att det inte behövdes energisparande åtgärder på befintlig byggnad.

I det svenska bygnadsbeståndet finns många äldre byggnader som byggdes med tekniker som normalt inte används i dagsläget. Många byggnader uppfördes med minimal eller obefintlig termisk isolering då det tidigare inte fanns samma syn på energianvändning som idag. Detta innebär att det finns möjlighet för minskad energianvändning genom termisk isolering. Detta dels för att reducera energianvändningen men även för att förbättra komforten i byggnader då vi idag använder dessa på ett sätt som skiljer sig från när de byggdes.

För att inte skada den befintliga byggnadens stomme görs detta normalt på utsidan för att undvika problem med fukt och köldbryggor. Detta förutsätter att arbetet utförs korrekt, då vissa tekniker som utförs fel kan skada byggnaden i stor utsträckning. I vissa fall finns tillfällen då det inte går att utföra utvändigt tilläggsisolering. Exempelvis kan byggnaden vara kulturmärkt, det finns en vilja bevara utseendet på byggnaden, eller så finns det inte utrymme att flytta ut fasaden på grund av att omgivande ytor inte tillåter det.

Då finns alternativet med invändig tilläggsisolering. Detta är ett alternativ som bör undvikas om möjligt. Detta på grund av en lägre temperatur i klimatskalet och med det förändrade fuktnivåer i ytterväggar i samband med köldbryggor vilket kan leda till följdproblem i form av mikrobiologisk tillväxt.

Det finns en större vilja att minska energianvändningen i Sverige samtidigt som befintliga byggnader inte rivs i samma omfattning som tidigare. Detta innebär att detta kunskapsområde kommer bli mer relevant med nya byggtekniker. Viljan i samhället om att spara energi ökar samtidigt som miljonprogrammet börjar närma sig sin tekniska livslängd vilket medför ett beslut som kommer leda till omfattande renovering eller att det rivs och ersätts med nytt.

3.1 Mål

Målet med detta arbete är att med en fallstudie få ett resultat som visar hur en invändig tilläggsisolering kan påverka en massiv tegelfasad. Inte bara rent energimässigt utan även hur konstruktionen kommer påverkas i avseende på hållfasthet i de bärande ytterväggarna. Fuktfördelningen och fuktnivåer kommer simuleras för att ge underlag och för att identifiera eventuella problemområde. Även hur det ekonomiskt kommer att förändra förutsättningar som uppvärmningskostnad redovisas. Återbetalningstiden kontrolleras även och det tas även hänsyn till den minskade golvyta för att undersöka om det är ekonomiskt rimligt att utföra åtgärden.

Sammanfattningsvis är frågeställningarna som ställs är:

Hur påverkas ytterväggen med avseende på frysningar?

Hur påverkas fuktnivåerna i ytterväggen?

Hur påverkar åtgärderna energianvändningen?

Finns det ekonomisk vinst i invändig tilläggsisolering?

3.2 Avgränsningar

Då arbetet varit inaktivt under några år kommer inte nyare rapporter som kommit ut efter att arbetet börjades renskrivas 2014 beaktas i detta arbete.

Detta arbete utgår från en möjlig invändig tilläggsisolering av byggnaden zoofysiologen i Lund. Arbetet är ett helt teoretiskt arbete. Detta då praktiska moment som att kontrollera frostbeständighet av tegelstenar inte kommer ge värden som kan användas eller anses bättre än de generella riktvärden som kommer användas i detta arbete. Beräkningar för fukt och energi kommer endast baseras på den konstruktion som används i Zoofysiologen vilket är en och en halv stens massiv tegelvägg. Bjälklagen är betongbjälklag som vilar på en inre 2/3 av tegelväggen. Beräkningar kommer endast att göras för Lund. Då det inte finns färdiga lösningar för invändig tilläggsisolering av massiva tegelväggar har samtal förts med tillverkare av olika isolermaterial för att se vilka lösningar de föreslår. Detta har resulterat i ett antal lösningar som kommer redovisas i detta arbete. Beräkningar och simuleringar av lösningar är omfattande och för att göra rapporten överskådlig redovisas endast delar av simuleringresultaten. Resultat som inte redovisas påverkar inte resterande resultat eller slutsatser i detta arbete. Då detta arbete endast berör massiva tegelytterväggar har fokus varit att samla information om detta. Mycket av informationen som använts till examensarbetet kommer från Nordamerika som har ett stort bestånd fabrikslokaler av denna typ som omvandlats till bostäder. Detta är inget som diskuterats i Sverige än och därför finns det väldigt lite information i ämnet. Denna information redovisas under kapitel 4 Bakgrundsfakta. Då detta Examensarbete handlar om massiva tegelytterväggar avgränsas omfattningen av simuleringar och innefattar inte grundkonstruktionen eller takkonstruktionen eller tillhörande anslutningsdetaljer.

4 Bakgrundsfakta

4.1 Befintlig information om Invändig tilläggsisolering

För att öka energieffektiviteten och användarkomforten i kalla klimat tilläggsisoleras ofta äldre hus istället för att byggnaden rivs och något nytt byggs. Effekten av en ökad isolering på insidan av en tidigare oisolerad vägg är att temperaturen sänks i den befintliga ytterväggskonstruktion under kalla uppvärmningsmånader. Detta kan öka risken för kondensation och frost i den ursprungliga väggen såväl som att förlänga uttorkningstiderna. Detta ger upphov till fuktuppsamling i ytterväggskonstruktionen vilket medför ökad värmeförlust och värre frostsador om dessa skulle uppstå. Under de varma månaderna finns även risken för biologisk tillväxt i konstruktionen vilken kan fortlöpa och ge stora problem som resulterar i kostsamma saneringar.

På grund av riskerna och avsaknaden av information rörande invändig tilläggsisolering finns det motsättningar inom byggbranschen huruvida det är möjligt att riskfritt utföra invändig tilläggsisolering.

En massiv tegelyttervägg har dålig värmeisoleringsförmåga, vilket ur fuktsynpunkt är en bra egenskap. Tack vare den dåliga värmeisoleringsförmågan har tegelytterväggen en högre temperatur vintertid. Det innebär att det inte sker så många frys- tö cykler vintertid som kan skada konstruktionen.

Då man omvandlar en industribyggnad till en kommersiell byggnad eller ett bostadshus kommer många parametrar rörande fukt och värme att förändras. Fukttillskottet ökar på grund av ökad matlagning och hygienvanor såsom duschande. Ventilation för bostadshus och kommersiella byggnader är annorlunda i jämförelse med ventilation för industrier. Detta varierar från fall till fall så det är något som bör utredas i varje fall. Även uppvärmningsbehovet skiljer sig oftast beroende typ av byggnad och användning.

Följande fem rekommendationer är en sammanställning av rekommendationerna som lästa källorna i denna rapport är eniga om.

1. Minimera regnpenetrationen in i väggen.
Åtgärdas genom att kontrollera murbruksskarvarna för att minska regnpenetrationen
2. Minimera den möjliga inträngningen av invändig luftfuktighet.
Detta i form av fuktspärr mot rumsvolymer.
3. Minimera regnpenetrationen in i väggen via luftinfiltration.
Minska luftflödet genom väggen.
4. Isolera inte för mycket.
Komforten i rum med ytterväggar blir bättre när alla ytor har nära identisk temperatur. Detta medför en lägre temperatur i den ursprungliga väggen och på så vis ökad frostkänslighet. Så balansen måste hittas.
5. Minska tryckfallet över väggen.
Majoriteten av alla klagomål beror på värmeförluster som en följd av luftläckage.
Denna punkt är sammanhängande med punkt 2 men tas upp som separata punkter i källorna.

Då det är gamla väggar som åtgärdas bör man anta att lufttätheten är dålig. Om man har stora glasade partier så är de positiva effekterna av invändig tilläggsisoleringen så små att de bör undvikas då gamla fönsterpartier inte har bra värmeisoleringsförmåga och de positiva effekterna av att byta fönsterpartier är större än effekterna av tilläggsisoleringen.

Polyuretanskum föreslås i många referenser då det skapar ett lufttätt skikt som inte släpper genom fukt. Beroende på vilken form av Polyuretanskum man väljer kan det i vissa fall vara nödvändigt med en traditionell diffusionsspärr. (1) då man kan få en luftgenomsläpplig Polyuretanskum. Den vanligaste formen av polyuretanskum som används i Sverige är diffusionstät.

4.2 Fukt och fukttransport i teorin

För att underlätta förståelsen för vissa beräkningar behövs en grundläggande förståelse för vissa fukttekniska termer. Även en grundläggande förståelse för hur fukten rör sig i material är nödvändig.

4.2.1 Relativ fuktighet

Relativ fuktighet vilket oftast förkortas RF på svenska eller RH, (relative humidity) på engelska. Detta används för uttrycka hur mycket vattenånga som finns i luften i förhållande till den maximala mängden vattenånga som luften kan innehålla vid en viss temperatur. Det säger alltså inte direkt hur mycket fukt som finns i luften då temperaturen påverkar hur mycket vattenånga som kan finnas i luften.

Den maximala mängden vattenånga som luften kan innehålla kallas mättnadsånghalt och luften kan inte innehålla mer vattenånga än detta värde. Om varm luft med högt RF möter en kall yta som har en lägre temperatur sänks luftens temperatur. Om luften blir så kall att mättnadsånghalten passeras kommer vattenånga att fällas ut och skapa kondens på ytan. Ett annat namn för den punkten då mättnadsånghalten är lägre eller lika stor som den nuvarande ånghalten i luften kallas daggpunkten. (2)

Relativ fuktighet är i direkt förhållande till temperaturen. 75% RF är ofta den kritiska punkt då det kan förekomma oönskad biologisk tillväxt. Detta finns mer specifikt för vissa material i annan litteratur men man använder 75% RF som kritiskt värde när det inte finns andra tillförlitliga värde. Beroende på var den oönskade biologiska tillväxten sker kan inneklimatet påverkas negativt. Även konstruktioners bärande egenskaper kan påverkas negativt om exempelvis röta förekommer.

4.2.2 Fukthalt och Fuktkvot

Fuktkvoten är viktförhållandet mellan förångbart vatten och det torra materialet. Fukthalten i ett material är fuktkvoten multiplicerat med materialets skrymdensitet. Skrymdensiteten är den totala volymen av ett material inklusive porer.

4.2.3 Fukttransport

4.2.3.1 Ångfas

I lägen där det finns en skillnad i ånghalt mellan olika luftvolymen försöker dessa blanda sig så att de kommer i jämvikt. Denna effekt kallas diffusion. Detta är av stort intresse i byggnader då det ofta är skillnad i ånghalten i ett hus jämfört med luften utanför. Många av material som används i en byggnad har öppen porstruktur och det sker då ett fuktutbyte mellan material och luft.

Då det under byggtiden kan byggas in fukt blir det ibland problem. Detta då det ofta tar lång tid för vattnet att torka ut.

En annan form av fukttransport i ångfas är fuktkonvektion. Det är när fuktig luft följer med en luftström, vilket kan ske genom en otät plastfolie i en yttervägg. Dessa oönskade luftrörelser sker oftast på grund av tryckskillnaden mellan inomhusklimatet och klimatet utanför. I moderna byggnader får man detta via ventilationsaggregat som i sitt utförande försöker skapa lätt under- eller övertryck i inomhusklimatet. Detta är ett problem då varm luft rör sig in i en kallare miljö och avkylda luftens relativa fuktighet ökar och i värsta fall kondenserar. (3)

4.2.3.2 Vätskefas

Vid slagregn trycks vatten in i porerna och fyller dessa med vatten. Detta fenomen kallas vattenövertryck. Här sker transporterna främst genom de stora porerna. Vattnet kommer sedan långsamt vandra ut i de mindre porerna med hjälp av kapillärsugning. Detta sker även i små porer. Kapillärsugning kan brytas om porerna ändrar storlek och blir alldeles för stora. Det finns vissa tillfällen då kapillärsugning inte påverkas av kapillärgeometrin och det är då vattenmättnadsgraden är nära 99%. (4)

5 Biologisk tillväxt

Om en byggnad är felkonstruerad ur fuktsynpunkt kan det uppstå mer än problem med vattenläckage. I en fuktig miljö kan det uppstå biologisk tillväxt som kan ske dolt i konstruktionen. Beroende på vad det är för biologisk tillväxt kan man få olika problem. Det kan vara allt från dålig lukt till att konstruktionen bryts ner till att toxiner skadar personer som vistas där.

5.1 Svamp

Äkta hussvamp (*Serpula lacrymans*) kan bli ett stort problem då den trivs i inomhusklimatet som även vi människor önskar. Den trivs och växer bra i normal inomhusmiljö. Äkta hussvampssporer finns i så gott som allt virke som används inom konstruktion. För att börja växa måste den först utsättas för hög fuktighet under en längre period. För att den äkta hussvampen ska kunna överleva behöver den sedan tillgång till vatten vilket kan komma från kondens i en vägg, vattenläcka eller ett hål i klimatskalet. Om hussvampen har tillgång till vatten kan den transportera detta långa sträckor och på så sätt kan den påverka konstruktionsdelar som i vanliga fall ses som säkra. Den äkta hussvampen behöver även tillgång till kalk då den måste neutralisera oxalsyran den använder för att bryta ned virke. Då kalk finns i murbruket i detta fall en massiv tegelyttervägg är det inte rekommenderat att använda trä i tilläggsisoleringen utan att skilja dessa åt med exempelvis en ångspärr.

5.2 Mögel

Det finns många olika sorters mögelsvampar men för att dessa ska växa behöver de organiskt material och fukt. Om det finns tillgång på organiskt material krävs det en lägre relativ fuktighet för att få tillväxt. Detta krav på relativ fuktighet ökar vid avsaknad av organiskt material. Normalt tar det lång tid innan mögelsvampar utgör en fara. Det är sällan att hållfastheten i materialen skall påverkas, och då är det främst på trämaterial som påverkas negativt. Trä är ett organiskt material och då behövs det en relativ fuktighet på ca 75% för att möglet skall börja växa. Ser man däremot på mineral och oorganiska material krävs en relativ fuktighet på ca 95%. Våtrums- och utegippsskivor kräver en relativ fuktighet på ca 89%. I organiska isoleringsmaterial till exempel cellulosa tillsätter man diverse kemikalier för att försvåra tillväxten av mögel. Eftersom det finns mögelsporer överallt kan det lätt ske att det börjar växa. Det största problemet är om de växer på en sådan plats att det tar lång tid tills dessa upptäcks. Detta sker oftast när den börjat sprida sina sporer till inomhusmiljön. Dessa sporer har oftast en doft som upplevs negativt. Är mögelsporerna av den typ som inte ger upphov till allergiska reaktioner vänjer sig luktsinnet och doften verkar försvinna för den som vistas i det utrymmet en längre tid. Utöver lukt kan vissa mögelsporer ge upphov till astma och andra former av allergiska reaktioner. Reaktionen varierar från person till person men kan vara ett akut problem för personer som har problem med till exempelvis astma. Mögelsvampar kan även överleva torrperioder för att sedan fortsätta växa. (3)

6 Beräkningsprogram

6.1.1 Wufi

Wufi är en förkortning av Wärme und Feuchte instationär. Programmet simulerar värme- och fuktförhållande vid stationära förhållanden. Främsta användningen av WUFI är att identifiera möjliga fuktproblem i konstruktioner vilket gör att detta program underlättar arbete med fuktrelaterade problem inom byggbranschen. (4)

6.1.2 Heat

Heat är en programserie för beräkning av värmefflöde i stationära- och transienta förhållanden. Det finns två versioner av HEAT, HEAT 2 och HEAT 3 vilka är för tvådimensionella respektive tredimensionella flöden. Programmen är validerade mot EN ISO 10211 vilket är en standard som beskriver hur man ska göra beräkningar för två och tredimensionella termiska flöden. (5), (6)

6.1.3 Sektionsdata

Sektionsdata är ett kalkyleringsprogram från Wikells. Programmet används inom byggsektorn för att kalkylera byggkostnader och tidsåtgång för att kunna lämna anbud på byggprojekt. Detta för att ge kunden en indikation om vad det kommer kosta att få arbete utfört men även hur lång tid det kommer att ta. Programmet beräknar materialkostnader, arbetskostnader och tillägg som normalt används inom byggsektorn.

7 Huset

Byggnaden som idag kallas zoofysiologen stod klart 1962 och kallades då snabbblabb M och byggdes samtidigt som snabbblabb E. Snabbblabb E är idag hus A i Fysikum. Snabbblabb M byggdes först för LTH men det var planerat att institutionen för zoofysiologi skulle överta byggnaden. Detta skedde 1970.

Byggnaden har 5 våningar inklusive källare som från början använts som djurstall men ska byggas om till främst arbetsrum. Övriga våningar har tömts och skall byggas om till arbetsrum. På den översta våningen finns det även ett fläktrum. Taket på byggnaden är papptak på uppreglad råspont.

2012 påbörjades arbetet med LUX vilket är en ny byggnadskropp som ska sammankopplas med zoofysiologen. En del av detta är en ombyggnad av zoofysiologens rumsindelning. Inga energisparåtgärder avseende fasad eller tak ska utföras under renoveringen. Det är tänkt att de befintliga ventilationsaggregaten som har en verkningsgrad på 55 % ska användas. Däremot ska man övergå till behovsstyrd ventilation föra att minska energianvändningen för Zoofysiologen. Ventilationen är beräknad för 300 personer. Det nya LUX ska få nya ventilationsaggregat med en högre energiåtervinningsgrad på 85 %.

Byggnadens källarvåning är utförd med platsgjuten betong. Mellanbjälklagen består även av betong troligtvis är även dessa platsgjutna. Mellanbjälklagen vilar på ytterväggen och en central dubbel rad av betongpelare. Ytterväggarna är massiva en och en halv stens tegelmurar där de inre två tredjedelarna av tegelmuren bär mellanbjälklaget. Det finns även en köldbryggebrytare som består av 38mm mineralullsisolering vilken ligger mellan mellanbjälklagens yttersidor och tegelmuren. (7), (8)

8 Val av lösningar

Det är ovanligt att det används invändig tilläggsisolering som en lösning i Sverige idag. Det innebär att det saknas färdiga lösningar och därför har företag som arbetar med isolering kontaktats för att se vad de föreslår. Detta för att se vilka eventuella lösningar som finns eller förslag på lösningar som företagen tror fungerar.

8.1 Föreslagna Isolering system

Då det inte finns några system speciellt anpassade för invändig isolering kontaktades företag som är aktiva inom isoleringsbranschen. Något som är genomgående i svaren från företagen som levererar mineralull är att de föreslår ångspärr i lösningen. I Foamglas fall är ångspärren en del i deras produkt då den är vatten- och diffusionstät vilket gör att den fungerar som en ångspärr. Utöver detta föreslår ingen att man skall använda träreglar. Föreslås lösning med regler är det stålreglar.

8.1.1 Isover (Saint-Gobain)

Isover har ingen speciellt utformad lösning mer än en anvisning på deras hemsida. Där föreslår de en regellösning med mellanliggande isolering, där reglarna gärna ska vara av metall vid ytterväggar av stenmaterial. På Isovers hemsida föreslås en isolerings tjocklek på 200–300 mm men kontaktpersonen påpekar att man brukar prata om en isolering på 100 mm när man tilläggsisolerar tegelväggar invändigt. (9), (10)

8.1.2 Rockwool

Rockwool har ingen lösning för det specifika fallet med massiv tegelyttervägg. De föreslår en generell regelkonstruktion av valfritt material med mellanliggande isolering och en gipsskiva. (11)

8.1.3 Foamglas

Foamglas är en av de företag vars produkter kan användas på "Massiv vägg (betong/murverk)" (12), (13)

8.1.4 Paroc

Paroc har ingen lösning som är specifik för invändig tilläggsisolering av tegelväggar men de har en lösning för invändig tilläggsisolering av källarytterväggar. På deras hemsida varnar de för denna lösning då det finns risk för fuktproblem. Lösningen har en tunn isolerskiva som ligger mot ytterväggen som köldbryggebrytare. Innanför denna har man en stålregelkonstruktion med mellanliggande isolering. Det nämns även att den totala isolertjockleken inte bör vara för tjock då det är en riskkonstruktion. (14), (15)

8.1.5 Polyterm

Polyterm har goda erfarenheter med deras polyuretanskum i diverse konstruktioner. De har ingen egen lösning för den problemställning som presenteras i detta arbete. De höll med om att den nordamerikanska modellen med 70 mm polyuretanskum och 30 mm mineralisolering och en gipsskiva kan vara en bra lösning.

Då polyuretanskummet expanderar efter att man sprutat det på ytterväggen behöver man inte ha regler som är anslutna till ytterväggen. Det finns även ett antal olika sorters polyuretanskum som har olika ångmotstånd. Variationerna beroende på typ av skum kan som lägst vara så lågt så att det är obefintligt till en täthet i närheten av en plastfolie. Anledningen till att man sedan har extra mineralullsisolering är att polyuretanskummets yta är ojämn efter expansion och att man reducera materialets ångmotstånd om man skär till det. Det är därför man använder mineralullen som en utjämning mellan polyuretanskummet och gipsskivan. (16)

8.2 Val av konstruktionslösningar

Av de lösningar som undersökts görs valet att fokusera på tre alternativ.

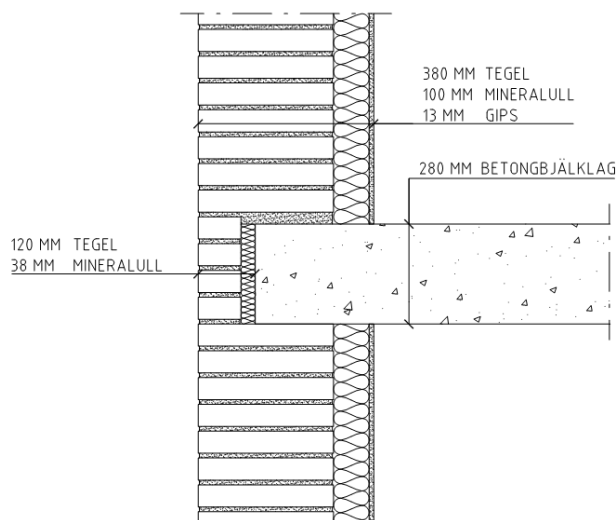
1. En mineralullsisolering på 100 mm med stålreglar och gipsskiva.
2. Den Nordamerikanska Modellen med 70 mm polyuretanskum, 30 mm mineralullsisolering, stålreglar och gipsskiva.
3. Ett system av styva diffusionstäta isolerblock typ cellglas.

Då de valda alternativen kommer simuleras i WUFI och HEAT men även i handberäkningar måste materialens egenskaper avvägas och specificeras så att samma värde används i de olika programmen och beräkningarna. Då WUFI har en avancerad materialdatabas där materialen påverkas av vilken relativ fuktighet de befinner sig i kan man inte använda dess värden i handberäkningar. Därför har följande tabeller gjorts för de tre alternativen för att få så liknande värden som möjligt i de olika simuleringarna och beräkningarna.

8.2.1 Alternativ 1

Tabell 1: uppbyggnad alternativ 1

	Tjocklek (m)	Lambdavärde (W/mK)	Ångdiffusionsmotstånd (μ)
Tegelyttervägg	0,38	0,6	7
Mineralull / Stålreglar	0,1	0,04	-
Gips	0,013	0,25	10



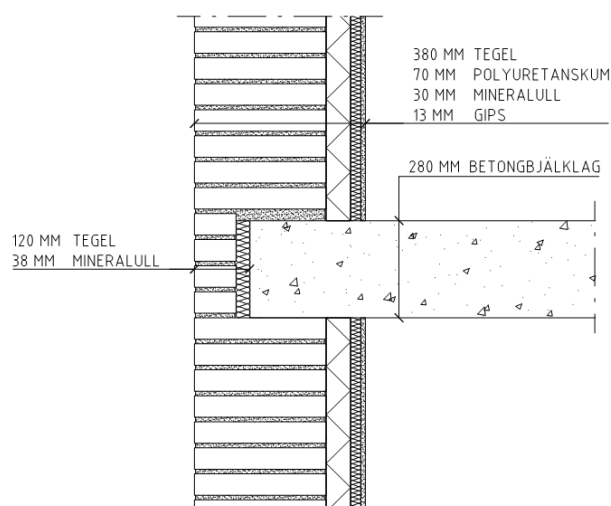
Figur 1: Uppbyggnad alternativ 1

Alternativ ett har lågt ångmotstånd och kommer därför att ytterväggen kunna torka ut även i byggnaden.

8.2.2 Alternativ 2

Tabell 2: uppbyggnad alternativ 2

	Tjocklek (m)	Lambdavärde (W/mK)	Ångdiffusionsmotstånd (μ)
Tegelyttervägg	0,38	0,6	7
Polyuretan	0,07	0,02	61
Mineralull / Ståltreppor	0,03	0,04	-
Gips	0,013	0,25	10



Figur 2: Uppbyggnad alternativ 2

Ångdiffusionsmotståndet för Polyuretanskummet är osäkert då det finns värde från 60–6000 μ och det är svårt att tyda vilket värde som egentligen kommer vara rätt för en svensk återförsäljare. Värdet för Walltite som skall vara samma typ av skum som används i Sverige ligger i det lägre området av värde. Det ungefärliga värdet som kommer användas är baserat på detta. Värdet på ångdiffusionsmotståndet av Polyuretan i Wufi ligger även på ett värde i närheten på 60. Därför göres antagandet att ett korrekt värde ligger i den nedre delen av skalan.

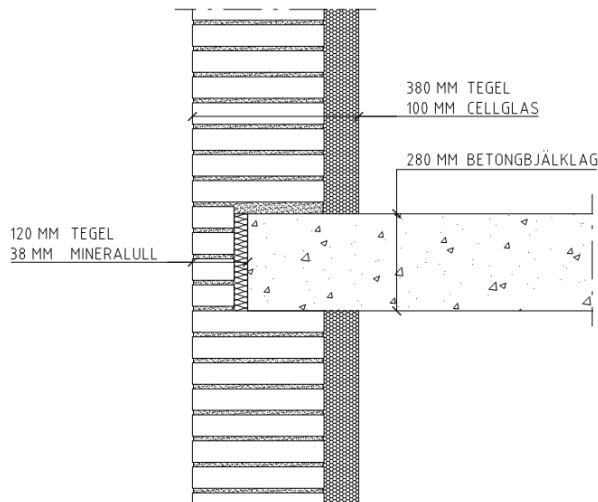
Polyuretan har ett litet ångdiffusionsmotstånd samt dubbelt så bra termisk isolerförmåga som övriga isolermaterial. Detta kommer troligen öka fukthalten i den massiva tegelytterväggen i förhållande med alternativ 1 då vi i detta fallet har en högre värmeisolerande förmåga. Det kommer även vara den lösning som kommer sänka temperaturen mest i tegelmuren. Polyuretan har en bättre isoleringsförmåga än angivet de första åren men detta kommer att försämrats med tiden. Det värde som används är det försämrade isolervärdet. (17)

Initialt har Polyuretanskum lägre lambdavärde på grund av att porerna är fyllda med drivgas. Denna drivgas ersätts med tiden med luft vilket ökar lambdavärdet. Det högre lambdavärdet används i detta alternativ.

8.2.3 Alternativ 3

Tabell 3: uppbyggnad alternativ 3

	Tjocklek (m)	Lambdavärde (W/mK)	Ångdiffusionsmotstånd (μ)
Tegelyttervägg	0,38	0,6	7
Cellglas	0,1	0,04	70 000



Figur 3: Uppbyggnad alternativ 3

Denna lösning är till skillnad från de andra två diffusionstät och förhindrar uttorkning inåt.

8.3 Frysning

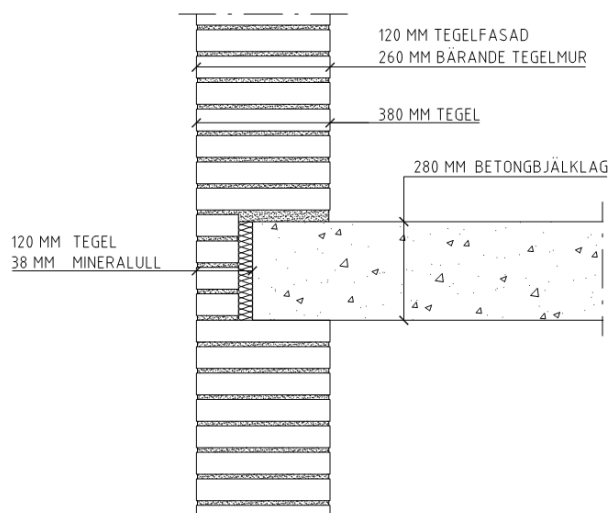
Vid arbetets start var det tänkt att undersöka frostbeständigheten av tegelstenar från Zoologen i Lund. Detta för att undersöka hur många frysningar den klarar av innan skador uppstår på tegelstenarna. Samt hur lång tid det tar innan hållfastheten av den massiva tegelytterväggen påverkas. Det visade sig dock efter samtal med universitetslektor Miklos Molnar vid LTH att detta inte är rekommenderat då dessa tester kan ta lång tid och resultatet inte kommer ge något värde som är användbart då fakta rörande dimensioneringen av tegelmurarna inte finns.

Oftast dimensioneras tegelstenar så de ska klara av ett visst antal frysningar innan den ska spricka, dock är detta i vissa fall inte representativt för vad den egentliga tegelstenen klarar av. Samtidigt som det finns variationer från tegelsten till tegelsten.

Tegelytterväggarna i Zoologen är en och en halvstens tegelvägg där den yttersta halvstensmuren inte är bärande. Detta medför att de tegelstenar som bär upp betongbjälklagen till viss del är skyddade från väder och vind. För att bärförmågan av väggen ska försämrats måste de bärande stenarna frysa sönder på ett sådant sätt att delar av väggen fysiskt försvinner från konstruktionen. Detta kommer inte att ske förrän det yttersta tegelskalet är borta. Den yttersta tredjedelen skyddar dock inte mot fuktinträngning då porstrukturen i bruket gör det möjligt för fukten att transporteras in i konstruktionen.

Uppfuktningen av en konstruktion sker snabbare än uttorkning vilket innebär att de bärande tegelstenarna utsätts för kritiska fuktkvärden. Detta samtidigt som låga temperaturer medför att det kan uppstå skador på dessa tegelstenar långt innan det yttersta tegelskiktet är borta.

Det har inte funnits någon form av värmeisolering i byggnaden vilket innebär att mycket värme har krävts för att hålla byggnaden varm. Dock är byggnaden termiskt trög tack vare



Figur 4: uppbyggnad yttervägg med bjälklag

Det är då den expanderande vattenvolymen som är problemet. Utförs det kontinuerliga besiktningar och underhåll kan livslängden av ytterväggen förlängas. Detta utförs enkelt genom okulär besiktning där man letar efter skador på tegelstenarna eller murbruket.

Beroende på skadorna som upptäckts vid besiktning måste det även utföras kontinuerligt underhåll av fasaden där man byter ut de skadade tegelstenarna och åtgärdar skadade fogar. Om detta görs kommer livslängden för byggnaden att förlängas samtidigt som byggnadens estetiska utseende bevaras.

Då det inte finns någon information om dimensioneringarna av tegelfasaden måste vissa antaganden rörande dess frostbeständiga egenskaper göras. Det antas att en tegelsten ska klara av 100 frysningar i vattenmättat tillstånd. Dock får det även antas att det redan skett ett antal vattenmättade frysningar då Zoologen varit utsatt för väder och vind i åtskilliga år. Det antas därför att det redan skett 20 fuktkritiska frysningar. (18)

För att det ska uppstå en frysning som skadar teglet ska temperaturen understiga 0 grader Celsius och en relativ fuktighet som överstiger 90 % (19). Underlag om hur lång tid det tar för en frysning att ske har inte hittats så värsta fallet är antaget. Det vill säga att det sker så fort vi har en temperatur under 0 grader Celsius.

Efter simuleringar i WUFI exporteras ASCII filer på mätpunkternas temperatur och RF. Detta importerar sedan i Excel där mätpunkter kontrolleras efter specifika värden med hjälp av automatisering via VBA kod, vilken redovisas i Bilaga II. De punkter som koden letar efter är vid de tillfälle då temperaturen är under 0 grader Celsius samtidigt som den relativa fuktigheten är över 90 %. Den kontrollerar även om det är mellanliggande värde med högre temperaturer. Resultatet av detta blir hur många gånger teglet genomgår en frys- tö cykel under en simuleringsomgång.

För att på något sätt få en inblick i hur den invändiga isoleringen kommer att påverka teglets hållfasthet måste det kontrolleras hur fasaden reagerat utan invändig tilläggsisolering.

Då Zoofysiologen ligger i riktningen syd sydväst och WUFI endas kan simulera väderstrecken Söder, Sydväst, Sydöst, Norr, Nordväst, Nordost, Öster, och Väster gjordes valet att simulera alla de väderstreck som finns tillgängliga. Detta för att se hur stor betydelse fasadens riktning har. Det är även ett problem med val av tegeltyp då det finns olika varianter av dessa i WUFI. Då WUFI inte är på svenska finns viss oklarhet i vilken av dess materialbenämningar som faktiskt motsvarar konstruktionslösningen i Zoofysiologen. Därför togs beslutet att båda materialtyperna som kan vara rätt simuleras för att säkerställa att

tjocka och tunga byggdelar. En följd av detta är även att tegelytterväggen hållits varm, vilket medför att man fått ökad uttorkning efter att vatten trängt in i konstruktionen.

Problemen kan börja uppstå när man gör den extra tilläggsisoleringen som leder till att tegelytterväggen kommer bli kallare vilket vintertid ökar risken för frysningar. Det är inte bara den låga temperaturen som utgör problem. En annan avgörande faktor är vattenmängden i tegelstenarna. Dessa måste i stort sett vara vattenmättade när de fryser för att ta skada.

resultatet tagit hänsyn till alla variationer. De olika materialen i WUFI är murat tegel (Solid Brick Masonry) och håltegel (Solid Brick, Extruded. Den egentliga byggnadskonstruktionen är troligtvis murat håltegel.

Regnets vidhäftningsförmåga på konstruktionen kommer här också varieras. En högre vidhäftningsförmåga innebär att regnet lättare stannar kvar på ytan istället för att rinna av. En hög vidhäftningsfaktor kan vara ett resultat av dåligt underhåll av fasaden. Därför kommer vidhäftningsfaktorn variera från 0,5 till 0,8 i steg om 0,1. Detta för att se vilken inverkan detta har på konstruktionen. Vidhäftningsfaktorn 0,5 avser låg vidhäftning och 0,8 avser hög vidhäftning.

För att simulera klimatet använder sig WUFI av klimatdatafiler. Den som främst kommer användas är LTH Data. Dessa klimatdatafiler består av ett typår som framtagits genom att utvärdera klimatdata från 1995–2005 där alla extremvärden tagits bort. I utförda simuleringar har en annan klimatdatafil använts som tillhandahållits av avdelningen för Byggnadsfysik. Denna fil innehåller nio typår klimatdata. Simuleringarna måste köras så pass länge att de ställer sig i fuktjämvikt, så att man tagit hänsyn till att man simulerar på en befintlig byggnad.

8.4 Wufi inställningar

För inomhusmiljön används EN 13788 standard med Humidity Class 2 vilket avser kontor. (20) Dock föreslås oftare att man ska använda EN 15026 men denna modell saknar lågt fukttillskott vilket leder till missvisande värden om denna EN-standard används.

För utomhusklimatet används Klimatdata för Lund med klimatdatafilen "LTH Data".

För att det skall gå att återskapa simuleringarna redovisas inställningarna som användes i Wufi för att simulera i Bilaga I.

8.5 Klimatdata SMHI

Som komplement till uträkningarna som utförs i Wufi kommer även en kontroll med temperaturerna från SMHI:s mätdata att användas. Dessa finns tillgängliga på SMHI:s hemsida (21). Dessa temperaturvärde används sedan för att beräkna frysdjupet för den aktuella temperaturen med hjälp av följande formler:

$$q = U * dT$$

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_{vägg}}$$

dT är skillnaden mellan innetemperatur och utetemperatur. Innetemperaturen är som tidigare satt till 21 grader C.

$R_{si} = 0,125$, $R_{se} = 0,04$, och $R_{vägg} = d/\lambda$ där d är väggens tjocklek och λ är värmekonduktiviteten för tegel, här satt till 0,6 W/(m*K).

För att Beräkna temperaturen på ett visst djup i en homogen kropp används följande formel (22)

$$T(x) = T_1 - \frac{R(x)}{\sum R} (T_1 - T_2)$$

Temperaturen som söks $T(x)$ är alltid 0 °C. T_1 avser i detta fall utetemperaturen och T_2 avser innetemperaturen. För att detta ska fungera ignoreras alla fall då vi har en utomhustemperatur över 0 °C då formeln inte fungerar för dessa fall.

$$T_1 = \frac{R(x)}{\sum R} (\Delta T) = R(x) \frac{1}{\sum R} (\Delta T)$$

Summan av den termiska resistansen kan ersättas med U värde enligt formeln ovan.

$$T_1 = R(x)U(\Delta T)$$

Då utetemperaturen fås från SMHI klimatdata måste termen $R(x)$ justeras för att lösa ut frysdjupet. Termen $R(x)$ är summan av allt värmemotstånd fram till djupet x .

$$R(x) = R_{se} + R_{vägg} \text{ där } R_{vägg} = d/\lambda$$

Omskrivning av formeln blir då

$$T_1 = R(x)U(\Delta T) \equiv R(x) = \frac{T_1}{q} \equiv R_{se} + \frac{d}{\lambda} = \frac{T_1}{q} \equiv d = \left(\frac{T_1}{q} - R_{se} \right) * \lambda$$

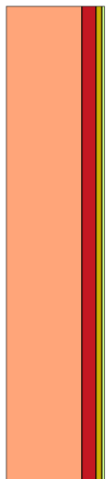
8.6 HEAT simuleringar

För simuleringar av köldbryggan ritas detta med element som sträcker sig en meter från själva köldbryggan. Efter utförs samma simulering men endast med sidoelementen eller elementen var för sig. Efteråt subtraherar man de delade elementens värde med värdet från det sammansatta elementet. Detta görs med en utvändig temperatur på 0 °C och en invändig temperatur på 1 °C. vilket kommer ge ett lättanvänt värde för energiberäkningarna efter att de multipliceras med temperaturskillnaden mellan inom- och utomhus.

Beräkningarna görs med de utvalda lösningarna för att se energispareffekten som kommer ligga till grund för de ekonomiska beräkningarna för att se om det är en rimlig ekonomisk investering.

Simuleringar görs för att beräkna energiförlusterna via köldbryggor samt genom vägg. Simuleringarna ger ett värde på linjära köldbryggor som blir oberoende av storlek och temperaturskillnad. Man får ett värde med koefficienten W/mK. I följande kapitel visas bilder på uppbyggnaden som ligger till grund för simuleringarna. I dessa fall redovisas alternativ 2.

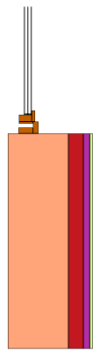
8.6.1 Vägg



Väggelement med en höjd på 1 meter simuleras. De olika modellerna jämförs sedan med modellen utan isolering för att få fram förändringen i energibehov.

Figur 5: Typuppbyggnad vägg

8.6.2 Fönster

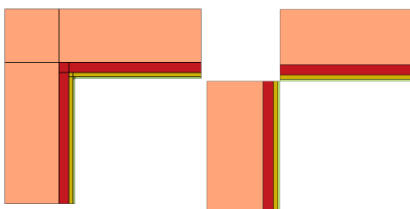


För att få fram värdet på köldbryggan runt fönster görs en modell där fönster och vägg simuleras tillsammans, sedan simuleras delarna för sig själva och dessa två värde dras av från resultatet av den sammansatta simuleringen.

I fönstermodellen kommer först fönster med vägg att simuleras tillsammans och sedan var för sig och de separata delarnas energiförluster kommer dras från den sammanhängande modellen för att från fram effekten av köldbryggan, placering av fönster är ungefärlig och förändring av fönstrets läge i konstruktionen medför att andra värde erhållas.

Figur 6: Typuppbyggnad fönsteranslutning

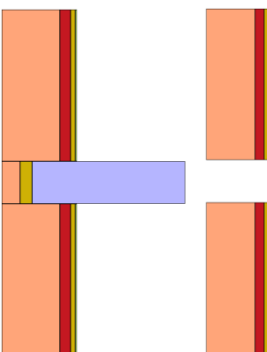
8.6.3 Ytterhörn



För hörnen kommer först hela konstruktionen simuleras och sedan kommer själva hörnet uteslutas ur modellen och man kommer få fram effekten av köldbryggan.

Figur 7: Typuppbyggnad ytterhörn

8.6.4 Bjälklagsanslutning



Väggmodellen Simuleras först med mellanbjälklaget och sedan utan mellanbjälklaget för att få fram köldbryggans effekt.

Figur 8: Typuppbyggnad bjälklagsanslutning

8.7 Frysningar

Då simuleringarna resulterat i stora mängder data som inte kan redovisas på ett översiktligt sätt redovisas endast ett fåtal simuleringsresultat som valts att redovisas för att göra arbetet överskådligt. Resultat som ej valts att redovisats påverkar inte resultat som redovisas eller slutsatser som redovisas i detta arbete. Simuleringspunkter för fryscyklar i teglet är placerat med 50 mm mellanrum förutom andra och sista mätpunkten. Mätpunkterna i simuleringarna är placerade på djup 0, 6, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 380 mm från utsida tegelvägg.

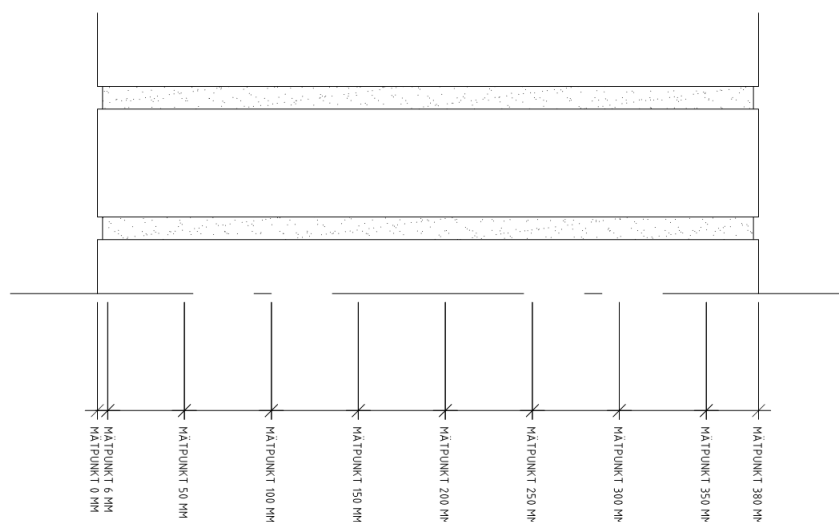
8.7.1 Redovisning vidhäftningstal för regn

Nedan följer antalet frysningar för alternativ två, lösningen med högpresterande polyuretansulering. Det vill säga lösningen med polyuretanskum. I tabell fyra nedan redovisas resultat från simuleringar med de två olika tegeltyperna som kan tänkas stämma överens med faktisk konstruktion. Dessa resultat redovisas parallellt för de båda materialen. Variation av vidhäftningstalet, vht redovisas även i denna tabell. Variationen är gjort från låg vidhäftning, 0,5 till hög vidhäftning, 0,8. Resultaten är även uppdelade efter djup i tegelkonstruktionen och avser frysningar per år.

Tabell 4: Antal frysningar för väderstreck, djup och tegeltyp

Masonry brick									Extruded Masonry								
vht	SV	S	SÖ	Ö	NÖ	N	NV	V	vht	SV	S	SÖ	Ö	NÖ	N	NV	V
Djup:0mm																	
0,5	15	15	13	14	14	13	13	18	0,5	44	48	53	64	46	63	60	51
0,6	20	17	14	14	14	12	14	19	0,6	45	45	58	54	46	52	61	63
0,7	20	17	14	14	14	12	14	20	0,7	54	46	54	55	55	60	49	50
0,8	24	17	16	14	14	13	15	20	0,8	47	45	49	60	59	60	62	51
Djup:6mm																	
0,5	20	21	17	9	7	5	10	17	0,5	28	29	32	50	52	62	60	35
0,6	23	21	20	10	9	5	15	19	0,6	28	28	38	53	48	56	52	28
0,7	24	23	21	12	10	7	15	20	0,7	31	26	34	45	43	71	42	26
0,8	26	24	24	11	10	8	15	22	0,8	29	27	36	43	49	56	39	26
Djup:50mm																	
0,5	18	17	16	10	0	0	16	16	0,5	16	15	16	34	42	32	16	14
0,6	16	17	16	13	0	12	16	17	0,6	16	15	16	32	42	36	15	13
0,7	16	17	18	16	5	16	16	15	0,7	16	14	16	23	38	32	14	14
0,8	18	17	18	16	8	15	16	16	0,8	16	14	16	16	33	29	14	14
Djup: 100mm																	
0,5	9	8	8	9	0	9	10	11	0,5	9	9	9	25	29	15	8	8
0,6	8	9	8	9	0	9	9	9	0,6	9	8	9	21	27	9	9	9
0,7	8	8	10	9	0	9	10	9	0,7	9	7	9	17	26	8	9	9
0,8	7	8	10	10	10	10	10	8	0,8	8	7	8	8	25	8	10	9
Djup: 150mm																	
0,5	6	4	5	5	0	5	6	5	0,5	5	5	6	6	8	7	5	5
0,6	4	3	4	5	0	5	6	5	0,6	5	4	6	6	8	6	5	5
0,7	4	3	5	5	0	5	6	5	0,7	6	4	5	5	5	5	5	4
0,8	4	4	6	5	5	6	7	5	0,8	6	4	5	5	6	5	6	5
Djup:200mm																	
0,5	1	1	4	4	0	3	5	5	0,5	3	2	1	3	4	3	3	5
0,6	2	1	3	5	0	3	5	4	0,6	2	2	2	3	2	4	4	6
0,7	2	1	3	5	0	3	5	4	0,7	2	3	3	2	2	3	3	5
0,8	2	1	3	5	3	4	5	4	0,8	2	2	3	3	4	3	3	5
Djup:250mm																	
0,5	1	1	1	2	0	2	3	4	0,5	2	1	1	2	2	2	2	1
0,6	1	1	1	2	0	2	3	4	0,6	2	2	1	2	2	2	2	1
0,7	1	1	1	2	0	2	3	3	0,7	1	2	1	2	2	2	2	4
0,8	1	1	1	3	2	3	3	3	0,8	1	2	1	2	2	2	2	5
Djup:300mm																	
0,5	1	1	1	1	0	2	2	1	0,5	1	1	1	1	0	2	1	1
0,6	1	1	1	2	0	2	2	1	0,6	1	1	1	1	1	1	2	1
0,7	1	1	1	2	0	2	2	1	0,7	1	1	1	1	1	1	2	1
0,8	1	1	1	2	2	2	2	1	0,8	1	1	1	1	1	2	2	1
Djup:350mm																	
0,5	0	0	1	1	0	1	2	1	0,5	1	1	0	0	0	0	1	1
0,6	0	0	1	1	0	1	2	1	0,6	1	1	1	0	0	0	1	1
0,7	0	0	1	1	0	2	2	1	0,7	1	1	1	0	0	0	1	1
0,8	0	0	0	2	1	2	2	1	0,8	1	1	1	1	0	1	1	1
Djup:380mm																	
0,5	0	0	1	0	0	0	1	1	0,5	1	0	0	0	0	0	0	1
0,6	0	0	1	1	0	1	2	1	0,6	1	1	0	0	0	0	0	1
0,7	0	0	0	1	0	1	2	1	0,7	1	0	1	0	0	0	1	1
0,8	0	0	0	1	0	1	2	0	0,8	1	0	1	0	0	0	1	1

Resultaten redovisade i tabell fyra påvisar vissa oklara avvikelser för mätvärde för masonry brick i väderstreck nordöst samt öst. Dessa avvikelser beror troligen på simuleringsfel eller utvärderingsfel i Excel. Resultatet av dessa simuleringar visar att vidhäftningstalet är har viss påverknig i yttre delar av konstruktionen men denna effekt minskar längre in i konstruktionen. Inverkan beroende på väderstreck kan ses till viss del i tabellen men den varierar mellan de olika tegeltyperna. Viss variation finns mellan tegeltyperna med detta visar sig främst yttre delarna av konstruktionen.



Figur 9: Förtydligande placering av mätpunkter

8.7.2 Redovisning av fryscyklar

Med avseende på resultaten från tabell fyra redovisas nedan endast de värsta resultaten oberoende av väderstreck och vidhäftningstal.

Resultat från Wufi simuleringar med klimatfil 1 år, med tegeltyp Extruded masonry.

Tabell 5: Antal frysningar beroende på åtgärd för Extruded masonry

		0	6	50	100	150	200	250	300	350	380
Mineral	Alt 1	62	58	42	22	6	6	2	1	0	0
Poly	Alt 2	64	71	42	23	8	6	5	2	1	1
Cellglas	Alt 3	62	61	40	23	8	3	2	1	0	0

Resultat från Wufi simuleringar med klimatfil 1 år, med tegeltyp Masonry brick

Tabell 6: Antal frysningar beroende på åtgärd för Masonry brick

		0	6	50	100	150	200	250	300	350	380
Mineral	Alt 1	62	58	42	22	6	6	2	1	0	0
Poly	Alt 2	24	26	18	11	7	5	4	2	2	2
Cellglas	Alt 3	62	62	40	23	8	3	2	1	0	0

Det finns en avvikelse för alternativ två, lösningen med högpresterande polyuretanskum i tabell sex som för punkterna 000–100 har få frys-tö cykler i jämförelse till övriga simuleringar för tilläggsisolerad konstruktion. Utöver detta är resultaten i båda tabellerna snarlika. I tabell fem finns antydning om att alternativ två, lösningen med högpresterande polyuretanskum har något fler frys-tö cykler än övriga alternativ.

Följande två tabeller, tabell sju och åtta redovisar värdena för den alternativa klimatfilen för Lund som används i WUFI. Denna klimatfil har värde för 9 år. Resultatet från simuleringarna

har utvärderats enligt samma princip som resultaten i tabell fem och sex. Skillnaden är att summan av alla dessa nio typår summeras och resultatet divideras med antalet år i mätserien för att få ett genomsnittligt frys-tö antal per år. Detta då det är variation mellan de olika åren. Skillnaden är inte så stor att någon av typåren är nära föregående resultat. Nedan i tabell sju och åtta redovisas medeltalet av frysningar för Extruded masonry och regnvidhäftning 0,8. Resultaten är för väderstrecken söder och sydväst vilket var de med flest antal frysningar.

Tabell 7: Antal frysningar i genomsnitt per år

Söder		0	6	50	100	150	200	250	300	350	380
Tegel		0,3	2,6	5,1	0,1	0	0	0	0	0	0
Mineral	Alt 1	12,3	16,8	22,4	12,9	7,6	3,6	2,8	2	1,1	1
Poly	Alt 2	15	16,6	24	14,4	8,7	4,7	3	1,7	1,9	1,9
Cellglas	Alt 3	12,1	16,9	22,4	13	7,7	4,2	2,6	2	1,2	1

Tabell 8: Antal frysningar i genomsnitt per år

Sydväst		0	6	50	100	150	200	250	300	350	380
Tegel		0,6	3,8	7,8	0	0	0	0	0	0	0
Mineral	Alt 1	13,1	19,1	23,2	11,6	7,7	4,2	2,4	1,9	1,2	0,9
Poly	Alt 2	16,3	16,6	24	14,4	8,4	4,7	3	1,7	1,9	1,9
Cellglas	Alt 3	13,6	19,1	23,6	11,6	7,8	3,9	2,1	1,8	1,4	1,1

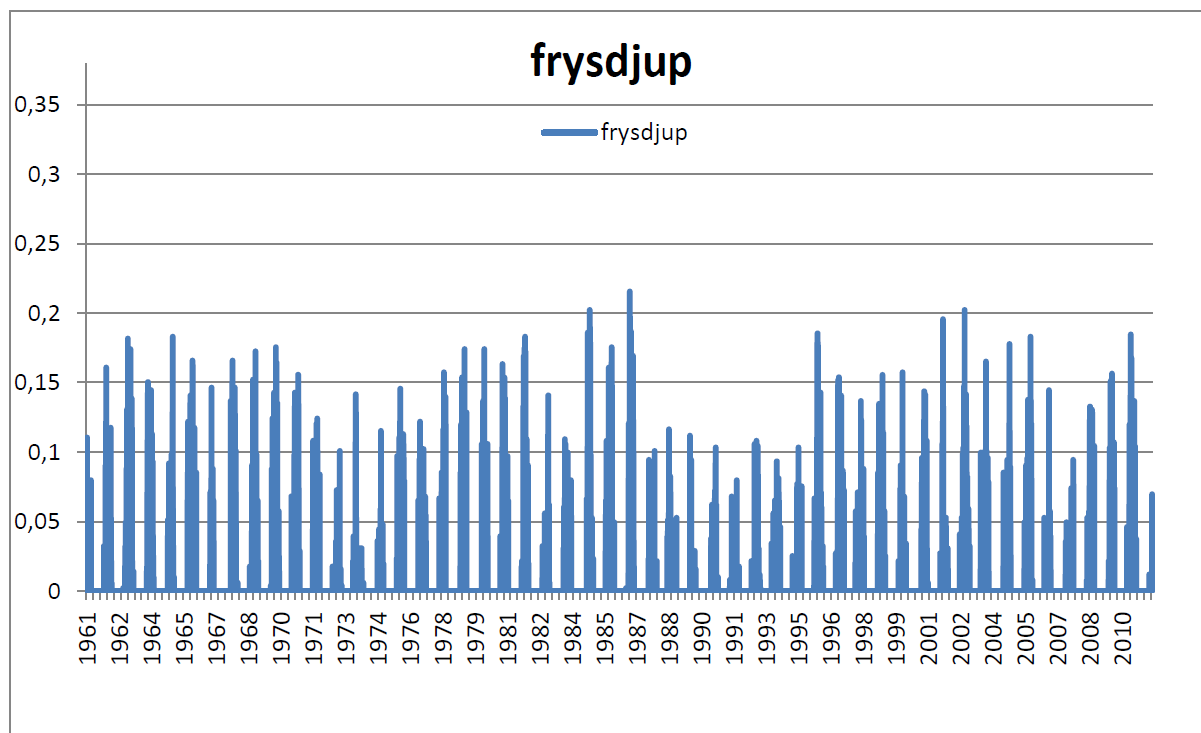
Jämför man resultaten i tabell fem och sex med resultaten i tabell sju och åtta ser värdena i de senare tabellerna betydligt jämnare ut. Denna jämna fördelning är oberoende av väderstreck. Att resultaten från den alternativa klimatfilen verkar jämnare kan bero på att det är ett medelvärden från en större mätserie och att det är resultatet som är medelvärdet istället för att klimatdatan som simuleringen baseras på är ett medelvärde.

Jämför man de olika alternativen är det små skillnader mellan alternativ ett, mineralull och alternativ tre, cellglas. Antagandet var att cellglas skulle vara ett sämre alternativ då det hindrade invändig uttorkning. Dock kan det vara så att det fortfarande läcker tillräckligt med värme för att hindra att antalet frys-tö cykler ska öka. Alternativ två, polyuretanskum påvisar något högre eller likvärdiga frys-tö cykler som övriga alternativ vilket innebär att den ökade isolerande förmågan påverkar resultatet negativt.

Alla alternativ medför att det sker frys-tö cykler genom hela konstruktionen. Att detta även sker på insidan innebär att man i teorin kan få frostsprängningar in i isoleringen. Detta är störst problem för alternativ ett, mineralull då denna isolering har lägst hållfasthet och kan tillåta att tegelbitar lossnar. Detta beror till även på mineralullens densitet då mineralull med högre densitet har högre hållfasthet.

8.8 SMHI beräkningar

Beräkningarna med temperaturdata från SMHI ger följande tabell över frysdjupet för tegelytterväggen före åtgärder. Detta för att se hur många frys-tö cykler som skett samtidigt som man kan få en uppfattning om hur djupt in i konstruktionen vi får en temperatur lägre än noll grader Celsius.



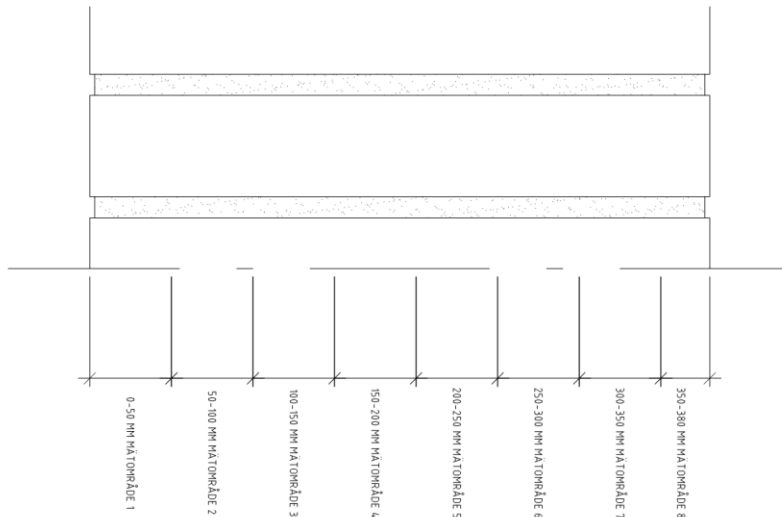
Figur 10: Frysdjup utifrån data hämtad från SMHI

Totalt sträcker sig mätserien från 1961 fram till 2011. Under denna period har det skett 1703 frys-tö cykler. Detta ger att det i genomsnitt sker 34 frys-tö cykler per år. Detta är högre än resultaten från Wufi simuleringarna i tabell sju och åtta. En anledning till denna skillnad är att Wufi tar hänsyn till fler parametrar. Resultatet i figur sex tar endast hänsyn till temperatur och tar inte hänsyn till exempelvis solstrålning som har viss inverkan. Den främsta parametern som inte finns med i denna tabell är fukt. Då vi inte vet vilka frys-tö cyklerna som har en så pass hög relativ fuktighet att de kan klassas som farliga får vi göra ett antagande genom att jämföra detta värde med det högsta värdet från tabell sju och åtta. Detta är 7,8 frys-tö cykler per år och är från tabell åtta på ett djup av 50 mm. Detta ger då vid jämförelse med genomsnittsvärdet från SMHI resultatet att ca 23% av de frys-tö cykler som skett är farliga enligt de gränsvärde som antagits i detta arbete.

8.9 Fuktinnehåll i tegelfasad

För att kontrollera fuktinnehållet i tegelfasaden har mätdata från Wufisimuleringar använts. Dessa har kontrollerats för varje väderstreck. Utvärdering av dessa visar att Söder är det väderstreck där fuktinnehållet är som störst. Väderstreck med lägst fuktinnehåll är Nordöst. Detta beror troligtvis på vindriktning vid nederbörd.

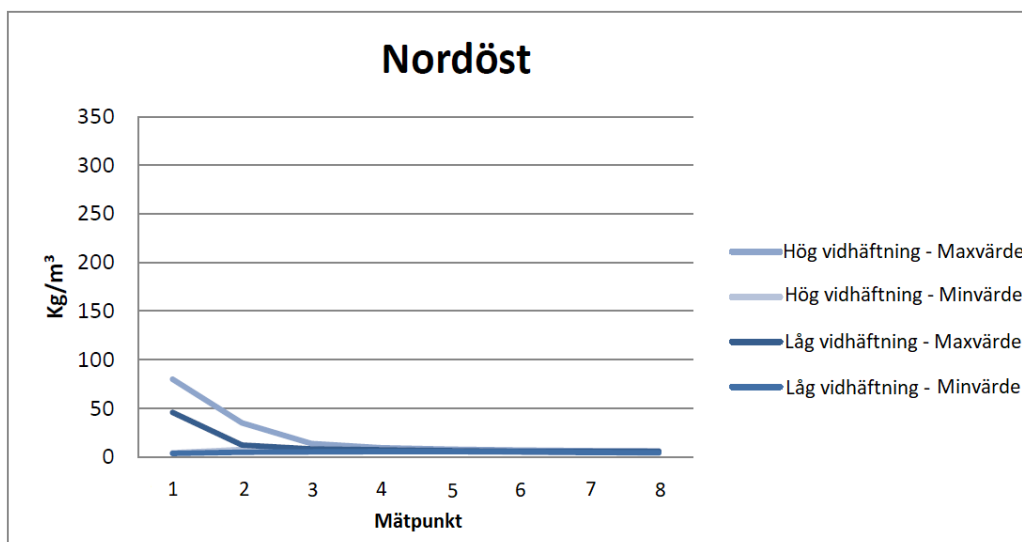
Tegelytterriväggen är uppdelad i segment om 50 mm. Varje segment har en mätpunkt. Fuktinnehållet varierar över året och beroende på frekvens av nederbörd och uttorkningsperioder. Därför kommer det lägsta och högsta värdet för varje segment redovisas. För att se vidhäftningsvärdet inverkan på detta redovisas värdet för högt vidhäftningstal, 0,8 och lågt vidhäftningstal, 0,5 i samma graf.



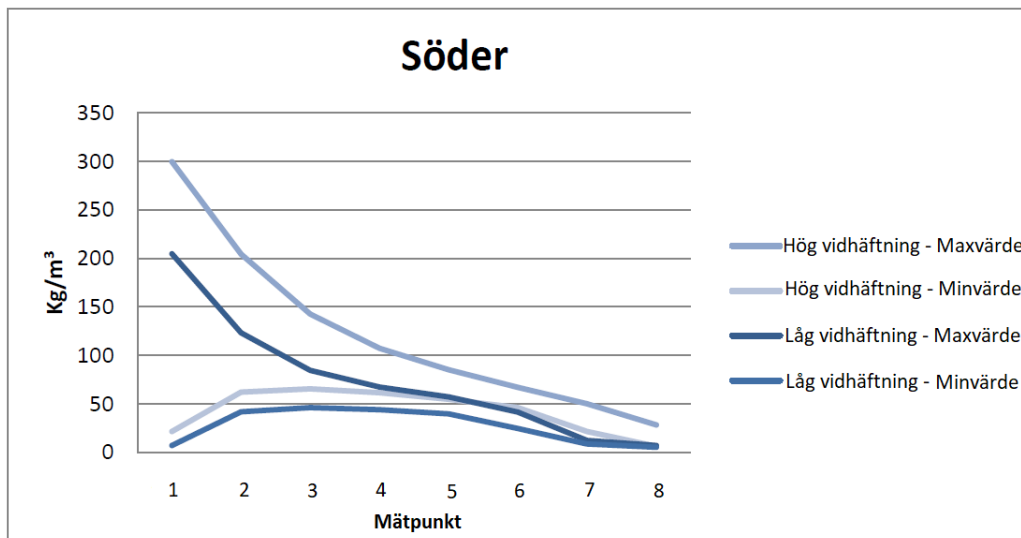
Figur 11: Förtydligande av mätrområde

8.9.1 Tegel

Kontroll av alla vädersträck visade att för Lund var det lägst fuktinnehåll mot nordöst och som högst i söder. Graferna redovisar maximala och minimala fuktinnehållet under hela året.



Figur 12: fuktinnehåll för tegel nordostlig riktning



Figur 13: Fuktinnehåll för tegel sydlig riktning

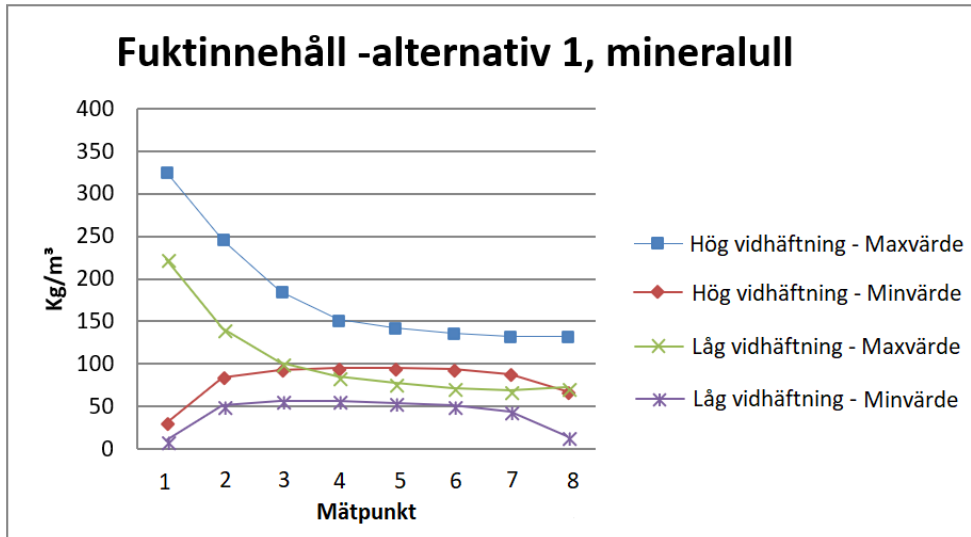
Som ses i figur sju har är fuktnivåerna längre in i konstruktionen låga och det ser inte ut som om dessa har något fukt innehåll. De yttre delarna har störst variation i sitt fuktinnehåll med detta är förväntat då fukten tränger in från fasadsidan och uppfuktning inåt i konstruktionen sker fram till dess att uttorkningen utåt motverkar denna effekt.

I figur åtta är fuktinnehållet större och analys av dessa kurvor är enklare. Att variationen är som högst i fasadytan beror på att denna bit först är den som blir fuktmättad på grund av nederbörd samt att den med hjälp av solstrålning snabbt torkar ut. Denna forcerade uttorkning som sker på grund av solinstrålningen är kraftigare än fuktrörelserna i materialet. Effekten av detta är att man ser en lägre minimal nivå av fukt i fasadbiten jämfört med inre belägna delar. Man ser även att fukten för fallet som redovisas i figur åtta vandrat genom hela konstruktionen och att viss uttorkning inåt i byggnaden har skett.

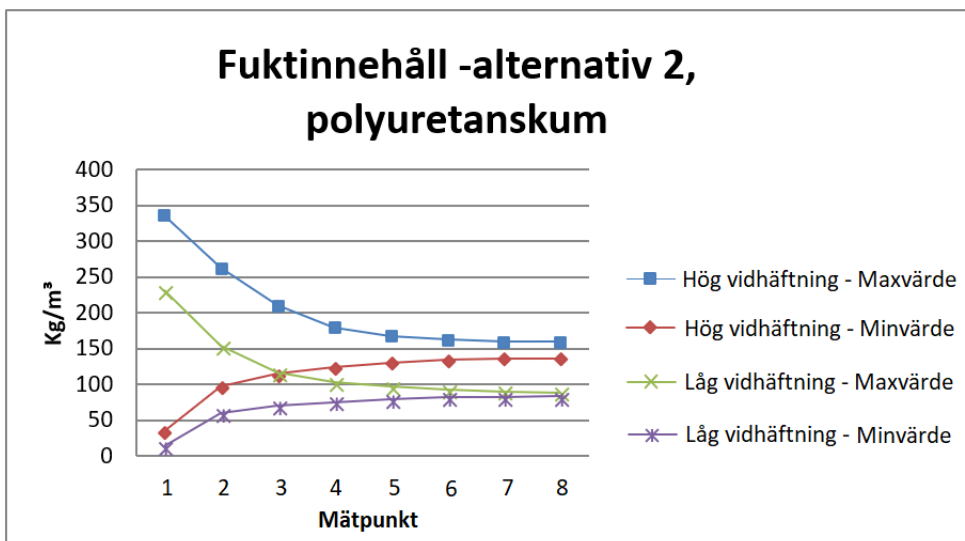
Jämför man i sin tur dessa värden med värde från hygroskopiska sorptionskurvor för tegel har vi en fukthalt på ca 17 kg/m³ som medför en relativ fuktighet på >95% (24). Ökningen i relativ fuktighet över 95 % relativ fuktighet medför en exponentiell ökning av mängden fukt i materialet på grund av utfyllnad av porsystem och kondensation.

8.9.2 Fuktinnehåll vid invändig tilläggsisolering

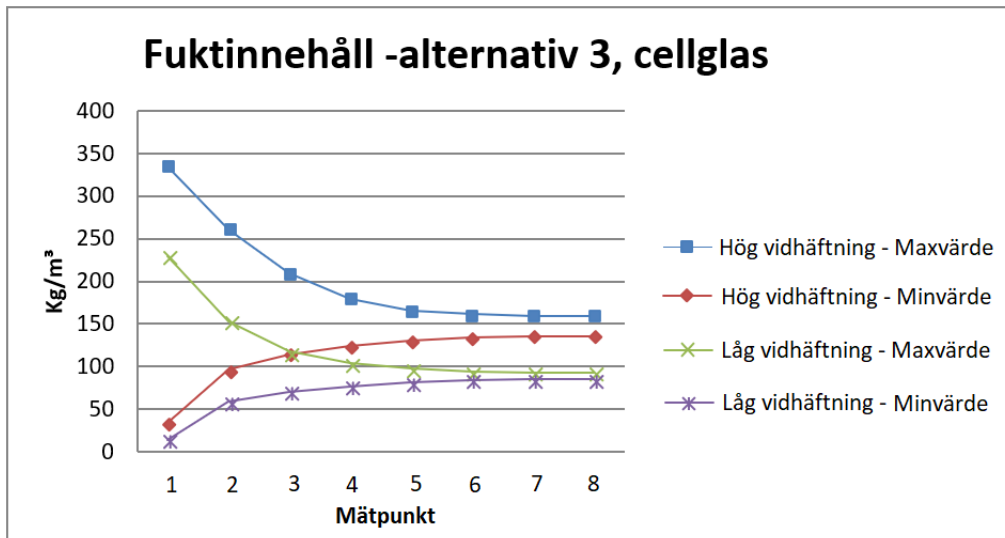
Då vi identifierat söder som det väderstreck som medför högst fuktinnehåll simulerar vi fuktinnehållet för de tre olika alternativa lösningarna för att se hur de påverkar fuktinnehållet.



Figur 14: Fuktinnehåll i tegel med alternativ 1, mineralull



Figur 15: Fuktinnehåll i tegel med alternativ 2, polyuretanskum



Figur 16: Fuktinnehåll i tegel med alternativ 3, cellglas

Jämför man figur nio tio och elva med tabell åtta framgår det att fuktinnehållet är högre för alla tre alternativen.

Fuktinnehållet i lösning två och tre, polyuretan och cellglas är väldigt snarlika. Gemensamt för båda är att de har ett högre fuktinnehåll jämfört med lösningen med mineralull. Det högre fuktinnehållet syns främst vid insidan av tegelytterväggen. Detta är även i den punkten där problem med tillväxt vilket kan ge negativ effekt på inomhusklimatet i form av emissioner i form av exempelvis sporer.

Polyuretanlösningen kommer vara direkt ansluten mot teglet utan hålrum. Detta gäller även cellglaslösningen som fästes med tjärbaserad klistermassa som kommer fylla ut alla hålrum samtidigt som cellglaset i sig är diffusionstät. Detta ställer i sin tur krav på lösningar av eventuella genomföringar som penetrerar isoleringen då isoleringen för båda fallen fungerar som spärr mot eventuella emissioner. Mineralullslösningen och Cellglaslösningen har likvärdig värmeisolerande förmåga. Detta medför att mineralullslösningen är att föredra då den ger lägre vatteninnehåll i den bärande delen av konstruktionen.

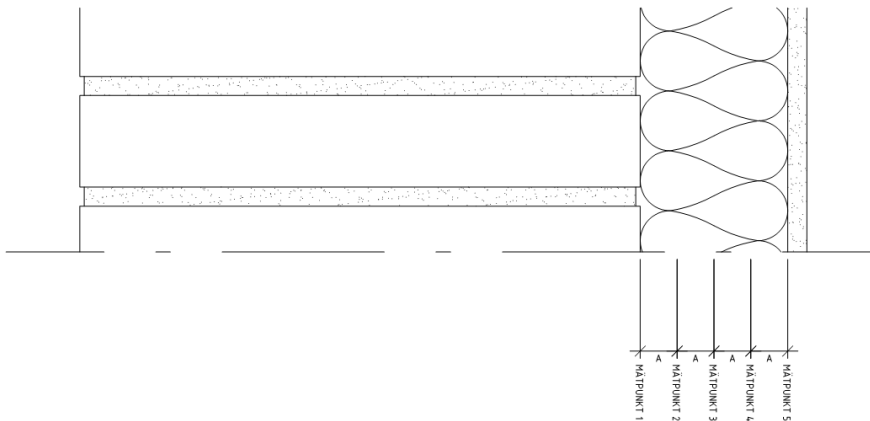
8.10 Fukt i isoleringen

Då cellglas är diffusionstät och saknar fuktupptagande egenskaper kommer fukttätheten vara konstant på 0 kg/m^3 och den relativa fuktigheten kommer vara konstant på 0 % blir det aldrig en fråga huruvida det kan uppstå en miljö som tillåter biologisk tillväxt i isoleringen.

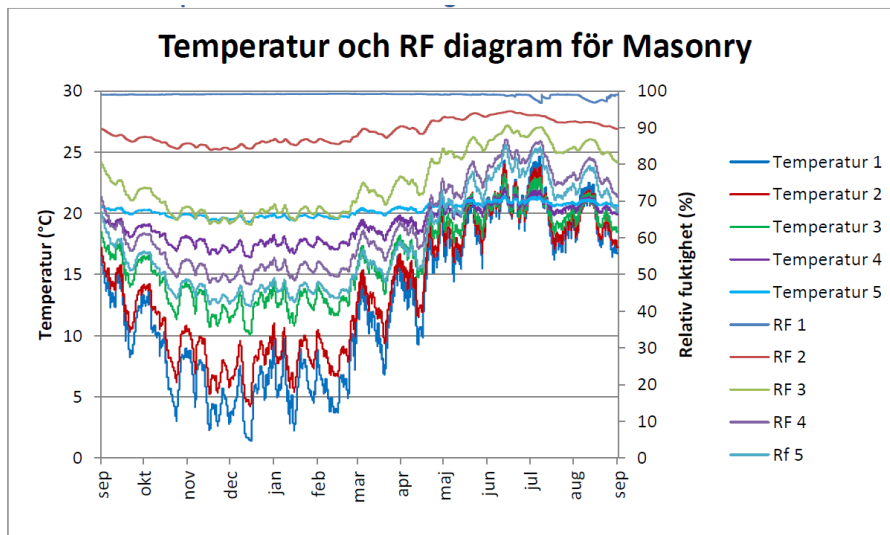
8.10.1 Alternativ 1 – mineralull

I mineralullen har fem mätpunkter placerats med jämn fördelning genom isoleringen. Mät punkt ett är placerad närmst tegelmuren och mät punkt fem är närmst rummet.

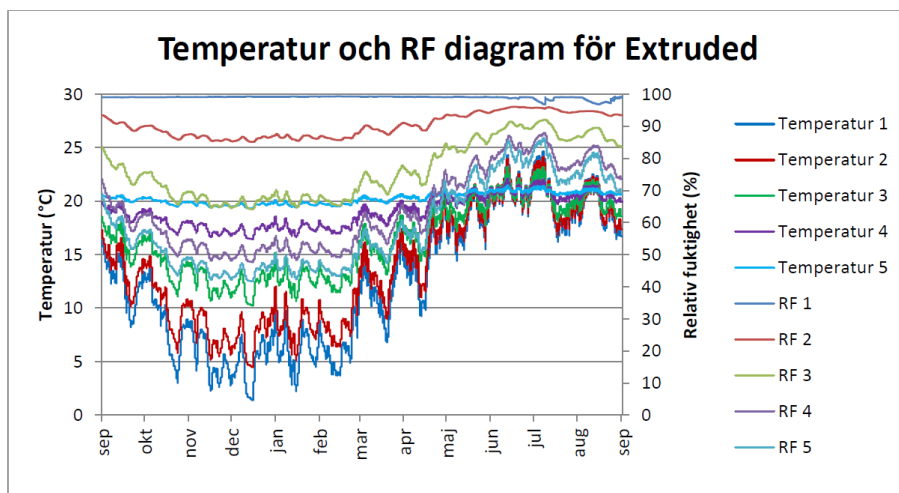
8.10.1.1 Temperatur och relativ fuktighet



Figur 17: Placering av mätpunkter i isolering



Figur 18: Temperatur och RF i mineralull med tegeltyp Masonry brick

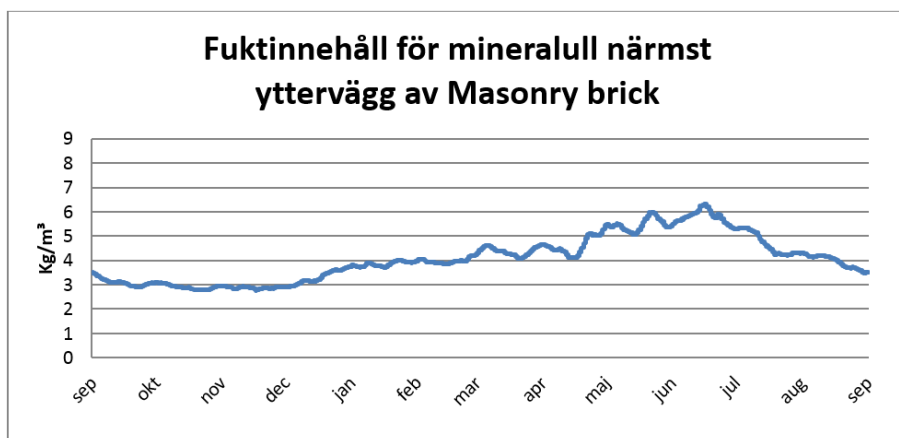


Figur 19: Temperatur och RF i mineralull med tegeltyp Extruded masonry

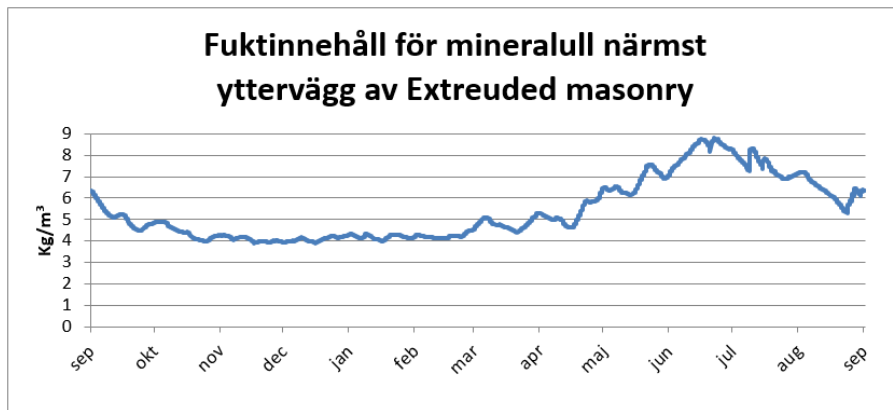
Skillnaderna mellan de olika tegeltyperna är minimala resultaten ser ut som man kan förvänta sig. Det är risk för biologisk tillväxt på insida tegelyttervägg sommartid då den relativa fuktigheten i den punkten passerar 75% relativ fuktighet under en längre tid.

8.10.1.2 Fuktinnehåll i isolering som medelvärde av segmenttjocklek

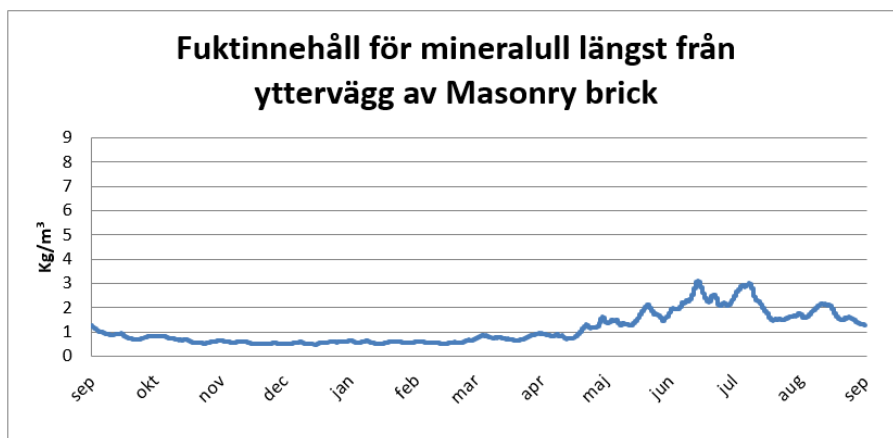
För att överskådligt se på fuktinnehållet i mineralullsisoleringen är isolertjockleken delad i två lika tjocka lager. Vardera 50 mm för att se hur fuktinnehållet varierar mellan dessa lager. Resultat från simuleringar med de två olika tegeltyperna kommer redovisas.



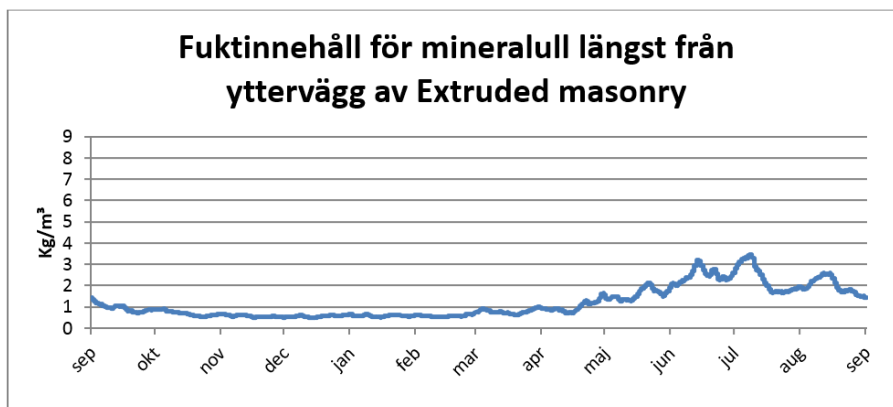
Figur 20: Fuktinnehåll i mineralull närmst yttervägg



Figur 21: Fukttinhåll i mineralull längst från yttervägg



Figur 22: Fukttinhåll i mineralull närmst yttervägg



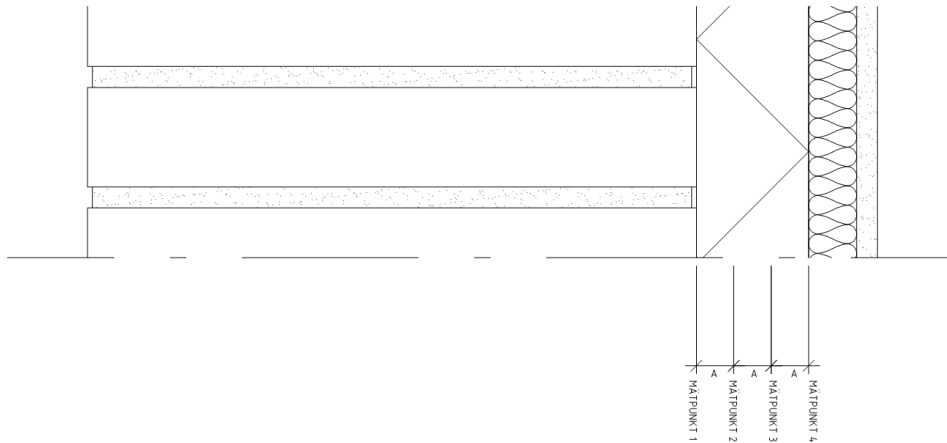
Figur 23: Fukttinhåll i mineralull längst från yttervägg

I jämförelsen av figur fjorton och femton med figur sexton och sjutton syns skillnader i fukttinhåll i segmentet av isolering närmst tegelytterväggen. Fallet med en yttervägg av extruded masonry har högre fukttinhåll och är därmed ett värre fall.

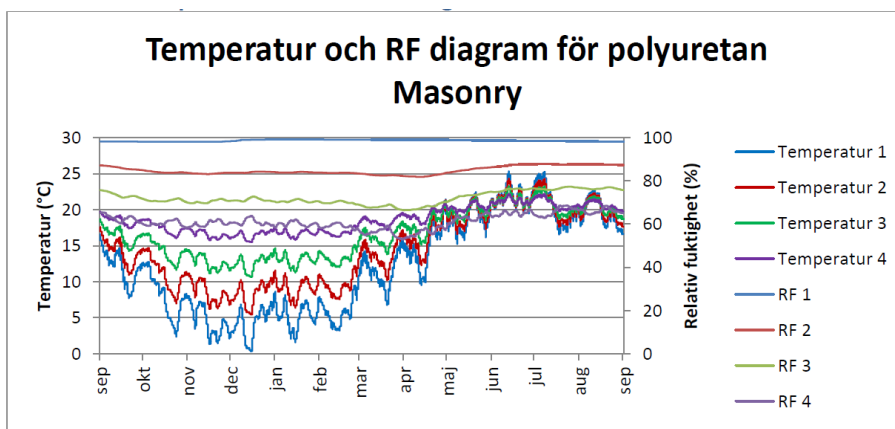
8.10.2 Alternativ 2 – polyuretanskum

Då detta alternativet består av två olika isoleringsmaterial har fyra mätpunkter placerats i polyuretanisoleringen med jämn fördelning med en mätpunkt i innerkant och en i ytterkant av isoleringen. I mineralullen har tre mätpunkter fördelats en i innerkant, en i mitten och en i ytterkant.

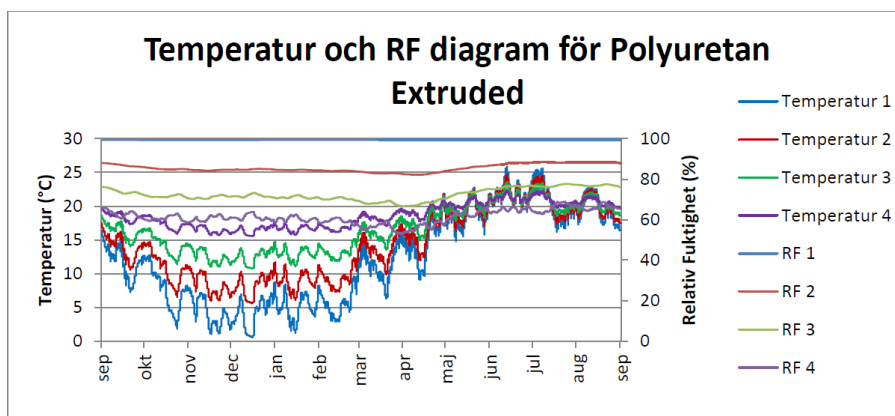
8.10.2.1 Temperatur och relativ fuktighet



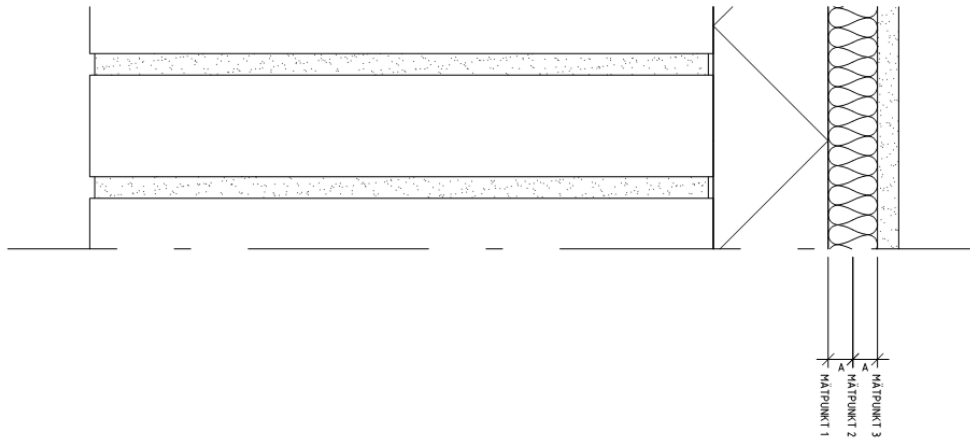
Figur 24: Placering av mätpunkter i polyuretanisolering



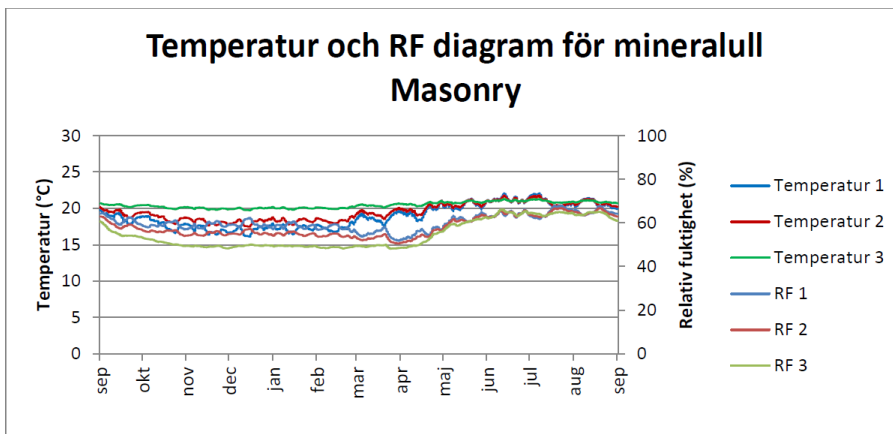
Figur 25: Temperatur och RF för polyuretan med tegeltyp Masonry brick



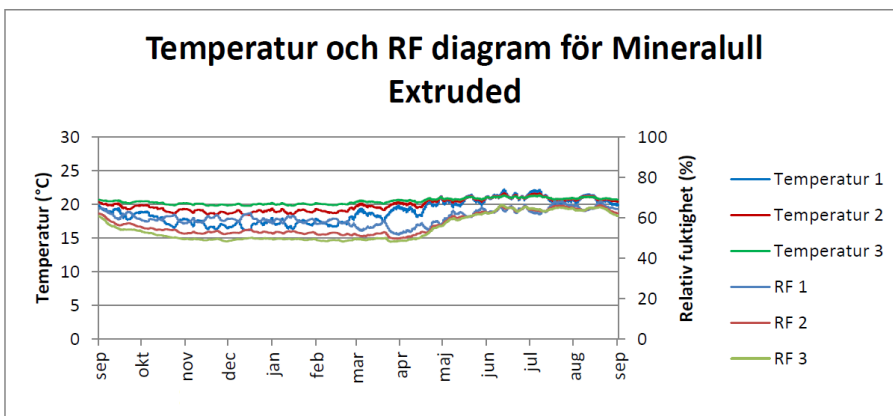
Figur 26: Temperatur och RF för polyuretan med tegeltyp Extruded masonry



Figur 27: Placering av mätpunkter i mineralull



Figur 28: Temperatur och RF för mineralull med tegeltyp Masonry brick



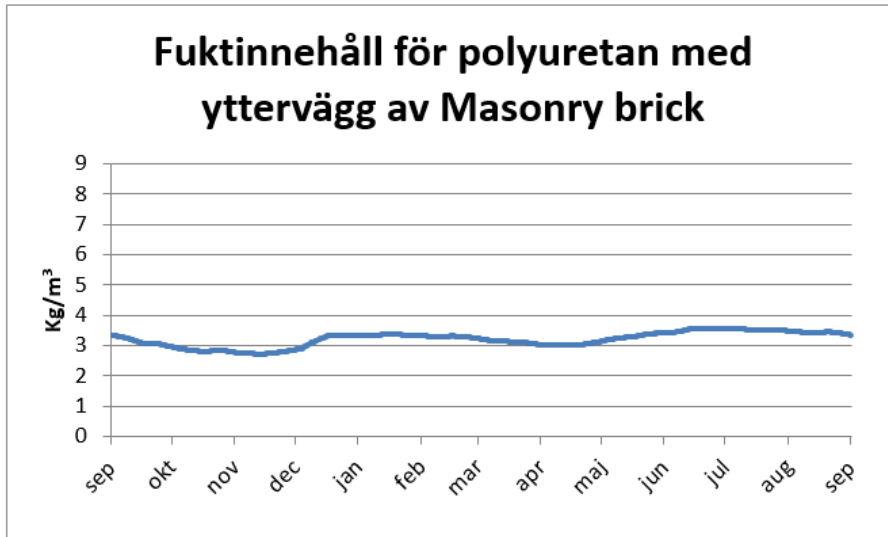
Figur 29: Temperatur och RF för mineralull med tegeltyp Extruded masonry

Den relativa fuktigheten i polyuretanisoleringen är generellt hög under hela året med en förväntad topp under sommarmånaderna.

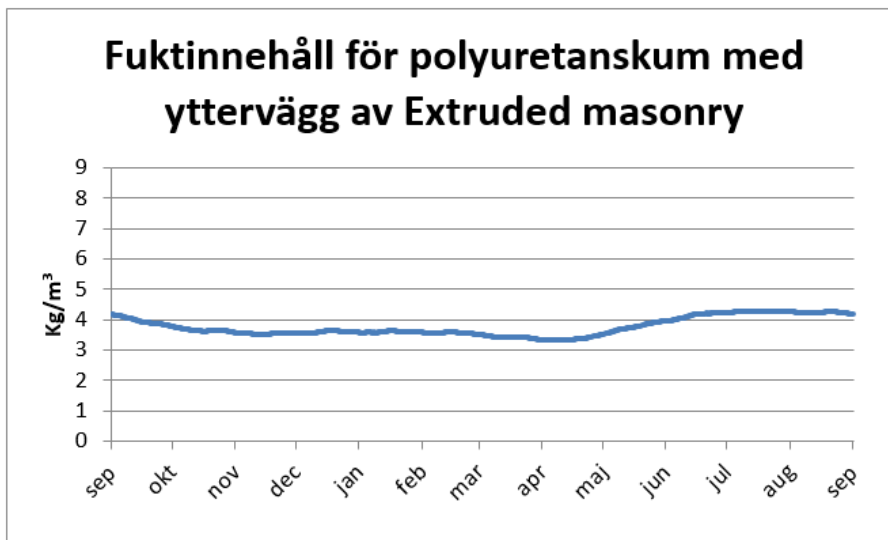
Mätpunkter i mineralullsisoleringen har väldigt små variationer över året. Detta är förväntat då de ligger innanför en något diffusionströg isolering med hög värmeisolerande förmåga däremot ligger den relativa fuktigheten generellt högt under hela året och ligger mellan 50

och 70 % relativ fuktighet under hela året vilket är högre än först antagit. Detta kan bero på att det är en tunn volym som ligger mellan polyuretanisoleringen och en gipsskiva. Gipsskivan i sig har ett visst diffusionsmotstånd som då medför viss fuktupbyggnad i isoleringen då uppfuktningen som sker från polyuretanisoleringen i samband med uttorkningsförmågan genom gipsskivan ger ett stabiliserat vid denna nivå.

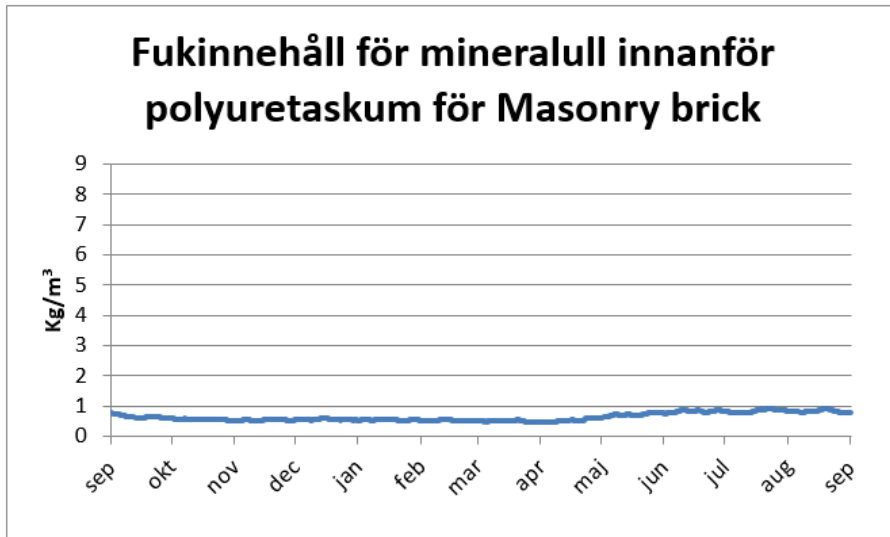
8.10.2.2 Fuktinnehåll i isolering som medelvärde av segmenttjocklek



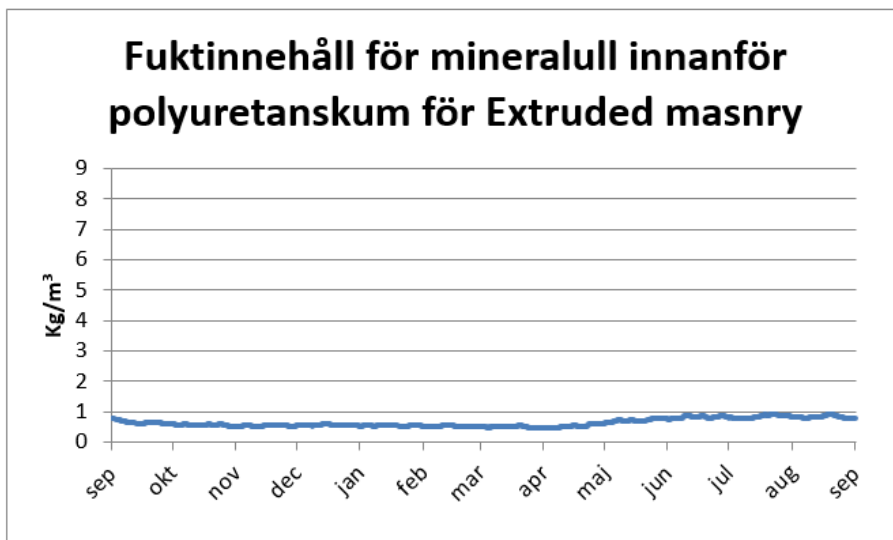
Figur 30: Fuktinnehåll i polyuretan



Figur 31: Fuktinnehåll i polyuretan



Figur 32: Fuktinnehåll i mineralull



Figur 33: Fuktinnehåll i mineralull

Fuktinnehållet i mineralullen innanför polyuretansisoleringen har väldigt lika resultat för fuktinnehåll över året. Skillnaden är mer synlig i figur tjugotvå och tjugotre där det är högre värde i figur tjugotre. Vilket stämmer överens med antaganden som gjort för alternativ ett, lösningen med endast mineralull i figur fjorton till sjutton som också visar högre fuktinnehåll i isoleringen för simuleringar med Extruded masonry.

8.11 Köldbryggor

För att få fram värdena på energiförlusterna genom väggar och effekterna av köldbryggor simuleras de olika lösningarna i Heat.

8.11.1 Vägg

Väggarna antas vara 2.4m höga

Tabell 9: Värmeläckage vägg

		Vägg (W/mK)
Tegel		2,37
Mineralull	Alternativ 1	0,61
Polyuretan	Alternativ 2	0,44
Cellglas	Alternativ 3	0,63

8.11.2 Hörn

För hörnen simuleras först ett komplett hörn sedan tas hörnbiten bort och lämnar två bitar vägg som sedan simuleras. Då elementen i Heat måste vara kontinuerliga simuleras 1 m vägg och detta värde dras sedan bort från resultatet två gånger.

Tabell 10: Köldbrygga ytterhörn

		Komplett (W/mK)	hörn	2 x Väggelement (W/mK)	Köldbrygga (W/mK)
Tegel		2,15		2 x 0,99	0,17
Mineralull	Alternativ 1	0,48		2 x 0,23	0,02
Polyuretan	Alternativ 2	0,34		2 x 0,16	0,02
Cellglas	Alternativ 3	0,50		2 x 0,24	0,02

8.11.3 Mellanbjälklag

Först simuleras hela mellanbjälklaget med en meter vägg ovan och under. Mellanbjälklaget sticket även ut en meter. Sedan simuleras en m vägg och detta värde dras sedan bort från resultatet med mellanbjälklaget två gånger.

Tabell 11: Köldbrygga mellanbjälklag

		Mellanbjälklag (W/mK)	2 x Väggelement (W/mK)	Köldbrygga (W/mK)
Tegel		2,19	2 x 0,99	0,21
Mineralull	Alternativ 1	0,97	2 x 0,23	0,51
Polyuretan	Alternativ 2	0,86	2 x 0,16	0,54
Cellglas	Alternativ 3	0,99	2 x 0,24	0,51

8.11.4 Fönster

Tabell 12: Köldbrygga fönsteranslutning

		Fönster + vägg	Fönster	Vägg	Köldbrygga
Tegel		1,67	0,34	0,99	0,34
Mineralull	Alternativ 1	0,84	0,34	0,23	0,27
Polyuretan	Alternativ 2	0,78	0,34	0,16	0,28
Cellglas	Alternativ 3	0,84	0,34	0,24	0,26

Resultaten visar att förlusterna i hörnen reduceras kraftigt när man tilläggsisolerar men förlusterna vid mellanbjälklag ökar. Samt att vid ökad värmeisolerande förmåga i väggen ökar också effekten av köldbryggan.

8.12 Ekonomi

För att få en fingervisning om den ekonomiska effekten av invändig tilläggsisolering finns det ett par parametrar som behövs beaktas och kontrolleras. Dels är det kostnaden för tilläggsisolering i form av material och arbete. Den invändiga uppbyggnaden tar även upp golvyta vilket innebär att möjliga intäkter kan minska. Denna åtgärd leder i sin tur till en lägre uppvärmningskostnad samtidigt som hyresintäkterna kan minska vilket ger underlag för att beräkna återbetalningstiden för åtgärden vilken man kan använda som grund för beslutet om åtgärden ska utföras. Det finns även en vilja i dagens samhälle att minska byggnaders energianvändning för uppvärmning. Till detta kommer även en ökad underhållskostnad av fasaden vilket på stora byggnader kan medföra att åtgärden i slutändan ökar driftskostnaderna. Kostnaden för ökat underhåll beaktas inte då det är svårt att bedöma och varierar kraftigt beroende på byggnadens utformning.

Det är sällan man gör en så omfattande sak som tilläggsisolering utan att passa på att göra andra förbättringar på byggnaden såsom fönsterbyte. Fönsterbyte på äldre byggnader är en viktig åtgärd då äldre fönster har högre värmegenomsläpplighet än moderna, dessutom är luftläckage oftast en bidragande problemfaktor då mjukfogar och tätningar tappat delar av sin funktion då det sällan utförs erforderligt underhåll i byggnadsbeståndet.

Invändig tilläggsisolering har även ett ekonomiskt hinder som utvändigt isolering inte har. Det är nämligen att den invändiga isoleringen minskar bruksarean. Beroende på vad det är för byggnad så kommer denna minskade area att påverka ekonomin i form av förlorade intäkter.

Om vi först ser på kontorslokaler behöver inte den minskade arean påverka hyran då rummet fortfarande fyller sin funktion. På ett öppet kontorslandskap behöver inte hyran påverkas då man i detta fallet har en relativt liten förlust av tillgänglig golvyta.

Tittar man på bostäder är bruksarean viktig och man kommer få minskad hyresintäkt. Då man idag inte ser tilläggsisolering som standardhöjande kommer åtgärden inte att höja bruksvärdet. Åtgärden förbättrar dock bostadens komfort, då man minskar ytemperaturskillnaden mellan de olika ytorna i ett rum. Dock minskas arean vilket är den enda faktorn som enkelt kan mätas med linjal och därmed enklare för de boende att förstå. Detta är dock något man inte kan bestämma i en kort text i ett examensarbete utan något som troligtvis inte kommer beröras förrän då det uppstår en tvist om det som Hyresnämnden troligtvis kommer bli inblandat i. (22) (23)

Det finns andra positiva effekter som minskad strålningsasymetri om det utförs i samband med fönsterbyte, detta beror till stor del på rummets utformning och andelen fönsteryta i förhållande till rummets omslutande area. Detta är dock en faktor som inte går att beräkna och påverkar inte resultatet men det är fortfarande en viktig faktor att beakta.

För att underlätta beräkningarna för att ta fram den minskade energiåtgången och kostnaden för tilläggsisoleringen används följande scenario:

En löpmeter ren vägg dvs. utan fönster och dörrar, med takhöjden 2400mm.

Detta ger oss en väggyta på 2,4m².

Beräkningar kommer göras med en bit yttervägg som saknar fönster eller andra öppningar för att enklare kunna avgöra effekten av åtgärden då äldre byggnader generellt har en lägre andel fönster än nya byggnader vilket gör att den totala andelen fönsterarea på fasaden är låg. Då detta är den minst komplicerade delen ur ett byggnadsperspektiv är det den billigaste delen att utföra samtidigt som den ger störst isolerande effekt. Detta fall bör således ge bäst utfall för en ekonomisk beräkning.

Den minskade golvytan varierar något beroende på de olika isoleringsalternativen men alla alternativen använder sig av 100 mm isolering. Det kommer även att krävas någon form av

ytskikt, enklast är en gipsskiva men även putsad yta kräver visst utrymme. Tjockleken sätts därför till 113 mm för alla alternativen vilket ger en förlorad golvarea om 0,113 m².

Det finns två typer av hyror som normalt används, kvadratmeterhyra och rumshyra.

Kvadratmeterhyra är vanligast i bostäder och därför påverkar isoleringen hyran negativt då det blir en mindre golvyta.

Rumshyra är vanligast inom kontor och liknande lokaler. I dessa fall är det rummets funktion som är viktigast och inte golvarea. Om den minskade golvytan inte påverkar funktionen påverkas inte hyran.

För att beräkna investeringskostnaderna kalkyleras byggkostnaderna med hjälp av byggkalkylatorn och genom kontakt med leverantörer av isoleringsmaterial för att få fram rimliga priser. Med dessa värden har vi nu den initiala kostnaden som sedan ska betalas genom minskade driftskostnader.

Nästa steg är att se hur den minskade tillgängliga golvytan påverkar kostnaderna. Detta kan enkelt beräknas för hand eller med Heat. Värden från Heat kommer användas i kommande exempel. För att sedan omvandla sparade energi till kronor sätts kostnaden 1 kr per 1 kWh.

Kostnaden för Hyresbostäder och kontorslokaler för samma område som Zoofysiologen är beläget fås men hjälp av skatteverkets värdekartor.

För kontorslokaler är årshyran per kvadratmeter 1450 kr.

För bostäder i samma område är årshyran per kvadratmeter 1525 kr.

Tabell 13: Hyror per m² för lokaler och bostäder i samma område som Zoofysiologen

m ²	Kontorslokal	Bostäder
1	1450	1525
0,1	145	152,5
0,113	163,85	173,325

Följande tabell visar energiförlusten genom yttervägg och den sparade uppvärmningsenergin för en löpmeter vägg utan fönster.

Tabell 14: Förändringar i energiförluster för tegelvägg

	Energiförlust (W/mK)	Sparad energi (W/mK)
Tegel	2,3658	-
Mineralull Alternativ 1	0,6119	1,7539
Polyuretan Alternativ 2	0,4381	1,9277
Cellglas Alternativ 3	0,6329	1,7329

Då väggen i över- och underkant är i kontakt med bjälklaget läggs denna post till totalen.

Tabell 15: Förändringar i energiförluster för mellanbjälklag

	Energiförlust (W/mK)	Sparad energi (W/mK)
Tegel	0,22	-
Mineralull Alternativ 1	0,46	- 0,24
Polyuretan Alternativ 2	0,50	- 0,28
Cellglas Alternativ 3	0,46	- 0,24

Följande värde för en löpmeter vägg används.

**Tabell 16: Sammanställning förändringar i energiförlust
Total Sparad Energi (W/mK)**

Tegel		-
Mineralull	Alternativ 1	1,51
Polyuretan	Alternativ 2	1,65
Cellglas	Alternativ 3	1,49

Total sparad energi för ett år fås med följande formel där inomhustemperaturen är satt till 21 grader och medeltemperaturen utomhus är 8,4 grader.

$$(8760 \cdot (21 - 8,4) \cdot \text{total sparad energi}) / 1000 = \text{kWh/m}$$

Tabell 17: Sparad energi per år

		Sparad energi (kWh/m år)
Mineralull	Alternativ 1	167
Polyuretan	Alternativ 2	182
Cellglas	Alternativ 3	165

Förlorade intäkter från minskad golvyta och år.

**Tabell 18: Förändrade intäkter för minskad area
Kontor Bostäder**

164 kr	173 kr
--------	--------

Vinst

Tabell 19: Årlig kostnadsförändring

		Kontor m² hyra	Bostäder m² hyra	Kontor rumshyra
Mineralull	Alternativ 1	3 kr	- 6 kr	167 kr
Polyuretan	Alternativ 2	18 kr	9 kr	182 kr
Cellglas	Alternativ 3	1 kr	- 8 kr	165 kr

Tabell 20: Åtgärds kostnad

		Kostnad
Mineralull	Alternativ 1	991kr brutto
Polyuretan	Alternativ 2	1722kr brutto
Cellglas	Alternativ 3	1700 kr brutto

Tabell 21: Återbetalningstid

		Bostäder m²	Kontor m²	Kontor rumshyra
Mineralull	Alternativ 1	331 år	- år	6 år
Polyuretan	Alternativ 2	96 år	192 år	10 år
Cellglas	Alternativ 3	1700 år	- år	11 år

Ett alternativ till alternativ två, lösningen medsprutad polyuretanskum som har blivit vanligare sedan arbetet påbörjats är isolerskivor av polyuretan. Fördelen med färdiga skivor av polyuretan är de har enklare montage utan att offra diffusionstäthet eller värmeledningsförmåga. Att utföra en invändig tilläggsisoleringen med färdiga skivor i en tjocklek lika alternativ två har en återbetalningstid som är ungefär hälften av alternativ två, sprutad polyuretanskum. Ekonomiskt sett är detta en fördel men den kommer inte ansluta tätt mot tegel ytterväggen och som tidigare resultat i arbetet visat kommer det här bli en fuktuppbyggnad som överskrider det kritiska värdet på 75% RF vilket medför risk för biologisk tillväxt som kan påverka inomhusklimatet negativt.

De förenklade beräkningarna ovan är bara för arbets- och materialkostnader för tilläggsisolering och är en ungefärlig minimikostnad för vad det kostar att utföra. Denna kostnadsberäkning justeras från fall till fall. Beroende på utformning tillkommer även kostnader för att flytta installationer såsom radiatorer då dessa oftast är placerade under fönster på ytterväggar. Många av de arbete som utföres brukar normalt ingå i en renovering och kan då ses som kostnader som kommer att finnas i ett projekt oavsett om man tilläggsisolerar eller inte.

Invändig tilläggsisolering har således ett ekonomiskt hinder som utvändigt isolering saknar, nämligen den att invändig isolering minskar bruksarean. Beroende på vad det är för byggnad så kommer denna minskade area påverka ekonomin olika, vilket kan ses i tabellerna ovan.

Om vi först ser på kontorslokaler behöver inte den minskade arean påverka hyran då rummet fortfarande fyller sin funktion.

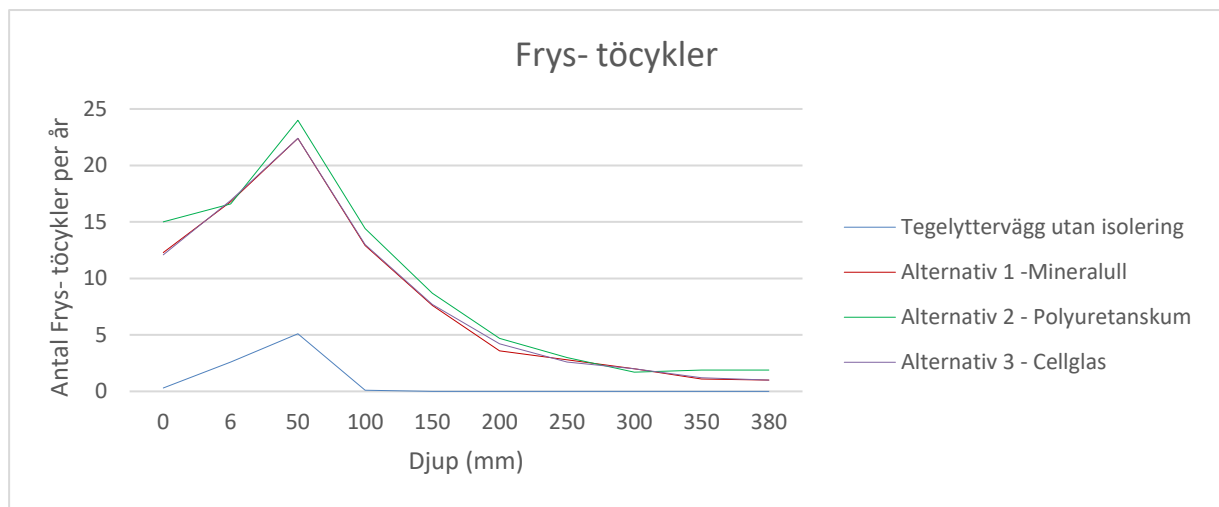
Tittar man på bostäder är bruksarean viktig och man kommer få minskad hyresintäkt. Då man inte direkt ser tilläggsisolering som en åtgärd som höjer standarden för ett boende och därmed bruksvärdet. Detta är egentligen något som är motstridigt då åtgärden förbättrar moderniteten i bostaden samt ökar komforten i bostaden. Den ökade komforten fås då man minskar yttemperaturskillnaden mellan de olika ytorna i ett rum. Strålningstemperaturerna från olika ytor jämnas ut och komforten i rummet ökar. Dock minskas arean vilket är den enda faktorn som kan mätas med linjal och därmed enklare för de boende att förstå. Detta är dock något man inte kan bestämma i en kort text i ett examensarbete utan något som troligtvis inte kommer beröras förrän då det uppstår en tvist om det som Hyresnämnden troligtvis kommer bli inblandat i. (23) (25)

Byggnader byggs för en livslängd om 50 år även om de oftast brukas betydligt längre. Det är även dessa byggnader som har passerat sin livslängd som behöver tilläggsisolerar.

9 Analys och diskussion

9.1 Frysningar

Att antalet frysningar ökar efter att man utfört invändig tilläggsisolering är ganska självklart. Skillnaden mellan de olika alternativen antogs vara större än vad simuleringar visar, den enda slutsatsen som kan dras utifrån detta är att alternativet med högpresterande isolering sänker temperaturen så att frysningar sker djupare in i konstruktionen. Detta visar att den totala isolerande tjockleken måste beaktas i varje fall före beslut tas vilken tjocklek och hur ångtät tilläggskonstruktionen skall vara. För att öka säkerheten på framtida användning bör längden på en fryscykel utredas och eventuell justering av vad som antas vara en kritisk relativ fuktighet för materialet. Det bör även beaktas att de första två mätpunkterna på 0 mm respektive 6 mm innanför fasadlivet avviker. Detta beror troligtvis på att det är detta område som påverkas i störst omfattning av nederbörd och solstrålning. Även gränsvärdet för fuktinnehåll för vad som anses var kritiskt behöver ses över då resultatet av beräkningarna är högre än då relativ fuktighet i materialet är 95 %.



Figur 34: Graf med frys- töcykler på värden i tabell 7

Handberäkningar för frusdjup och antal frysningar som baseras på lokal mätdata är svåra att göra korrekt då de som gjordes i detta arbete inte tar hänsyn till värmekapacitet i materialen eller fuktinnehållet i teglet.

9.2 Fukt

Fuktmängden i tegelkonstruktionen ökar oavsett lösning. Simuleringar med de olika tegelmaterialen visar att det är skillnad på dessa och att materialtypen Extruded masonry medför högre fuktinnehåll i lösningarna. Fuktinnehållet djupare in i konstruktionen verkar till stor del bero på vidhäftningstalet.

Skillnaden mellan en diffusionstät lösning och en lösning med diffusionströg isolering är minimal och beror till viss del på att polyuretansoleringen har viss diffusionstäthet men även på dess ökade värmeisolerande förmåga vilket sänker temperaturen i ytterväggen. Problemet med alla lösningar är att det på insidan av tegelväggen blir 100% relativ fuktighet vintertid samtidigt som det finns risk för frost och kondens på insidan av ytterväggen. Detta medför att det finns risk för oönskad biologisk tillväxt som kan vara svår att upptäcka samtidigt som den kan vara direkt skadlig mot de som vistas i byggnaden om fel material används i uppbyggnaden av tilläggsisoleringen eller om smuts eller organiska material som finns i den befintliga konstruktionen byggs in.

9.3 Ekonomi

Rent ekonomiskt finns det minimal anledning att utföra åtgärden då det är väldigt långa återbetalningstider och det som egentligen händer är att man byter minskad uppvärmningskostnad mot minskade hyresintäkter. Utöver detta tillkommer även ökad underhållskostnad av fasaden. Detta är något som inte beräknats i arbetet då denna kostnad visat sig vara väldigt svår att kostnadsberäkna.

Det är dock att beakta att denna uträkning påverkas väldigt kraftigt av hyresförändringar och energipriser. Skulle någon av dessa förändras, påverkas även återbetalningstider. Att använda sig av alternativa lösningar som polyuretanskivor vilka är billigare än på plats sprutad polyuretan men man får då hålrum mellan skiva och befintlig vägg vilket medför en ökad risk för fuktskador på insidan tegelytterväggen.

Med avseende på hur antalet frysningar förändras när man utför invändig tilläggsisolering bör även detta påverka livslängden av tegelytterväggen. med avseende på resultatet i tabell sju och åtta så ökar antalet frysningar med en faktor av tre till fem om man tittar på mätpunkten 50 mm in i konstruktionen. Om detta påverkar livslängden med samma faktor kan man i detta fallet förvänta sig en livslängd på 13-21 år. Detta kommer endast påverka tegelfasaden vilket kommer öka underhållskostnaderna. Om underhållet sköts korrekt och man byter skadat tegel när det uppstår finns det ingen egentlig risk att den bärande delen passerar sin tekniska livslängd på flera hundra år. Dock måste man vara beredd på den ökade underhållskostnaden som påverkar återbetalningen negativt.

10 Slutsats och rekommendation

Att utföra en invändig tilläggsisolering kan leda till en hel del fuktproblem. En lösning som är för diffusionstät ökar fuktmängden i ytterväggen, en lösning med bra isolerande effekt medför samma problem. Lösningen med diffusionsöppen isolering ökar fuktmängden i nästan samma omfattning som de andra alternativen samtidigt som man tillåter fuktuppbyggnaden att torka ut inåt i byggnaden vilket kan medföra andra problem.

Om det inte finns alternativ till invändig tilläggsisolering och åtgärden måste utföras finns det ett par saker som bör lösas. Problemet med hög fuktighet på insidan av tegelväggen måste förhindras. Alltså föreslås en lösning där man tätar tegelytterväggen invändigt samtidigt som kondenshinderande isolering används närmst ytterväggen. Detta talar i stor del för en tät isolering som cellglasisolering. Problemet med denna isolering är att den är dyr. Polyuretanskivor som är täta i sin porstruktur är något billigare och kan användas på samma sätt som cellglasisolering och kan vara att föredra. Detta lager av isolering bör inte vara tjockare än att man hindrar kondensation. Resterande uppbyggnad kan utföras med mineralull vilket är betydligt billigare. Detta ser ut att vara den lösning som är säkrast utifrån inneklimatet då skillnaderna i ytterväggen är små utifrån resultaten från simuleringarna.

En lösning med tät isolering mot tegelytterväggen är dyrare än en enkel regelkonstruktion med en mineralullsisolering. Beräkningarna på återbetalningstiderna visar inte på att det finns ett alternativ som medför en ekonomisk vinst som är försvarbar jämfört med de andra alternativen. Detta då det är en renoveringslösning som har en begränsad livslängd. En väl utförd lösning kan hålla betydligt längre än det egentligen är tänkt.

Allt eftersom utvecklingen går framåt och att nya lösningar kommer ut på marknaden och befintliga utvecklas och blir bättre och eller billigare medför detta att det är något som ändras år efter år, samtidigt som hyressättning och energikostnader förändras vilket gör att slutsatserna rörande de ekonomiska slutsatserna förändras. Det finns även möjligheten att lösningar eller material tas fram som påverkar fuktproblematiken positivt, en sådan produkt kan möjligen vara något som tätar porstrukturen och förhindrar fuktuppbyggnad i tegelkonstruktionen.

Rekommendationen för vilket alternativ som bör användas om man skall utföra invändig tilläggsisolering är problematisk då alla alternativ i arbetet har en negativ inverkat på tegelytterväggen. Alternativ 1 som är att föredra med avsikt på tegelytterväggen kan ge upphov till inomhusmiljöproblem i form av lukt då beräkningarna påvisar att isoleringen får en relativ fuktighet över 75 % närmst tegelytterväggen. För att säkra mot detta bör konstruktionen kompletteras med en variabel ångbroms för att tillåta viss uttorkning inåt men inte så mycket att det uppstår problem med hög luftfuktighet i isoleringen.

En konstruktion som utförs med polyuretanisolering som endast är diffusionströg men något tunnare än den som använts i arbetet är även ett bättre alternativ. Detta då det kommer ske viss uttorkning inåt samtidigt som man får ett lager isolering som försvårar tillväxt och dålig lukt då zonen med relativ fuktighet hamnar i lagret av polyuretanskum.

Utifrån fukttätheten i de olika lösningarna som redovisades så påverkas fukttätheten av vidhäftningstalet. En renovering av fasaden eller någon typ av impregnering som försvårar inträngandet av regn i konstruktionen är att fördelaktig.

11 Felkällor

Utifrån antaganden som gjorts i arbetet finns det punkter som bör beaktas som påverkar resultatet. Dels har vi problem med simuleringsfel som visat sig i tabellerna 4. Om dessa fel beror på programmet eller att det bara är gränsvärdena som medför att resultatet ser ut som fel. Dessa simuleringar baserar sig på en inomhustemperatur på 21 °C. Temperaturen kan variera och var så hög som 26 °C. Det faktiska fallet är troligtvis att inomhustemperaturen varierar under året. Detta kommer påverka alla delar av arbetet då det ändrar värmeflödet genom tegelytternväggen vilket påverkar fukttinnehåll och temperatur.

Kostnadsberäkningarna i sig är känsliga då de baserar sig på byggkostnader, hyreskostnader och energikostnader. Varje förändring av någon av variablerna påverkar resultatet. För att få ett bättre resultat bör förändringar i hyressättning och energikostnad beaktas. Detta då återbetalningstiden är lång för alla alternativ.

För en tegelbyggnad placerad i Lund visade sig söder vara det väderstreck som hade högst fukttinnehåll. Detta verkar även vara åt det väderstreck som det oftast blåser ifrån vilket innebär att det är från detta håll regnet oftast kommer ifrån och då från detta väderstreck som fuktbelastningen är som högst. Om detta stämmer även för andra städer bör beaktas.

12 Litteraturförteckning

1. (http://www.cebq.org/documents/Insulatingsolidmasonrywalls-BEF_000.pdf). [Online] [Citat: den 12 08 2014.]
2. Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt. *Fukthandboken, tredje utgåvan fjärde tryckningen, sida 238.* u.o. : AB Svensk Byggtjänst. 978-91-7333-156-2.
3. Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt. Kap, 43. Sida 256.
4. —. Kap,43. Sida 269.
5. <http://www.buildingphysics.com/index-filer/heat2.htm>. [Online] [Citat: den 15 04 2014.]
6. <http://www.buildingphysics.com/index-filer/Page691.htm>. [Online] [Citat: den 15 04 2014.]
7. <http://www.pixe.lth.se/forensic/bertram/KBertramB/TeknikernasIntagS.asp>. [Online] [Citat: den 15 04 2014.]
8. Mailkonversation med Leif Jacobsson Projektledare på Akademiska hus.
9. <http://www.isover.se/till%c3%a4ggsisolering/att+till%c3%a4ggsisolera/v%c3%a4ggar+och+golv/isolera+ytterv%c3%a4gg+inifr%c3%a5n>. [Online] [Citat: den 15 04 2014.]
10. Mailkonversation Hanne Dybro, Utvecklingsingenjör saint-gobain Isover.
11. Mailkonversation med Johan Leander, Teknisk rådgivare Rockwool.
12. http://www.foamglas.se/anvaendningsomrden/invaendiga_isoleringssystem/invaendig_vaeggisolering/324/. [Online] [Citat: den 07 08 2013.]
13. Mailkonversation med Björn Ask, Foamglas.
14. <http://www.paroc.se/losningar-och-produkter/losningar/vaggar/kallarvaggar--renovering>. [Online] [Citat: den 07 08 2013.]
15. Mailkonversation med Mikael Olofsson, Paroc.
16. Mailkonversation med Hans-Åke Olsson, Polyterm.
17. <http://www.ribaproductselector.com/Docs/8/27198/external/COL1927198.pdf>. [Online] [Citat: den 30 01 2014.]
18. Samtal med Universitetslektor vid institutionen för Konstruktionsmekanik Miklos Molnar. 17 April 2013.
19. <http://www.tegel-tidsskrifter.se/pdf/tegel-1952-4.pdf>. [Online] den 30 10 2013.
20. http://www.bauphysik-software.de/download/maierthomas_ISO13788.pdf.
21. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/dataserier-2.1102>. [Online] [Citat: den 15 01 2013.]
22. Sandin, Kenneth. *Värme och Fukt, Kompendium i byggnadsfysik Lund 1996, sida 15.*

23. Mailkonversation med skatteverket.

24.

http://www.hyresnamnden.se/Templates/Pages/DV_InfoPageNarrow.aspx?id=1026&epslanguage=sv. [Online] [Citat: den 15 04 2014.]

25. Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt. Sida 480, figur 92.1g.

26. <https://lagen.nu/1970:994#K12P18dS2>. [Online] [Citat: den 15 04 2014.]

13 Bilaga I – WUFI 5.1 initial-, gränsvärde- och materialdata

1. Component

1. Asembly/Monitor Positions

Förts skapas 380mm tegelmur i 7 segment på vardera 50mm och en på 30mm. Detta för att det ska bli enklare att placera mätpunkterna i tegelmuren, dessa placeras med 50 mm mellanrum.

Alternativ 1. 2 segment mineralull på vardera 50mm och en gipsskiva. Det placeras 5 mätpunkter i isoleringen jämt fördelat.

Alternativ 2. Ett segment Polyuretanskum på 70mm, ett segment mineralull på 30mm och en gipsskiva. Det placeras 4 mätpunkter i Polyuretanskummet. Och 3 mätpunkter i mineralullen.

Alternativ 3. 2 Segment cellglas på vardera 50mm. Denna lösning har inga mätpunkter i isoleringen då det inte finns någon fukt att mäta.

Alla material är tagna från databasen från Fraunhofer-IBP –Holzkirchen;Germany.

Tegel typ 1	Solid Brick Masonry
Tegel typ 2	Solid Brick Extruded
Mineralull	Mineral Wool (heat cond.: 0,04W/mK)
Polyuretanskum	PU (heat cond.: 0,025W/mK)
Cellglas	(Cellular Glass
Gipsskiva	Gypsum Board

2. Orientation

Det enda som ändras här är väderstrecket.

3. Surface Transfer coeff.

Heat Resistance för utsidan sätts till 0,04.

Absorbtion/Emmison sätts till standardvärden för Tegel, röd

Adhering Fraction of rain sätts till värde mellan 0,5 och 0,8.

Heat Resistance för insidan sätts till 0,125.

4. Initial Conditions

Dessa värden kan varieras efter behov för att minska simuleringstiden.

2. Control

1. Calculation Period/Profiles

Ändrat sluttiden så att den går till jämnvikt.

2. Numerics

Aktivera Adaptive Time Step Control för att minska antalet misslyckade beräkningar.

3. Climate

1. Outdoor

Region:Europa Plats:Lund Klimatfil: LTH Data

2. Indoor

EN 13788 används med inomhustemperatur 21°C och Humidity Class2.

14 Bilaga II – VBA kod till Excel

Private Sub CommandButton1_Click()

'##### skapar alla variabler och delar av sökvägen

Dim sokvag As String

Dim a As Integer

Dim b As Integer

Dim c As Integer

Dim d As Integer

Dim LastRow As Long

Dim frys As Long

Dim tick As Integer

tick = 0

Dim huvmapp As String

huvmapp = "R:\wufi xjobb\"

Dim losning(4) As String

losning(1) = "tegel"

losning(2) = "poly"

losning(3) = "mineral"

losning(4) = "Cellglas"

Dim regn(0 To 3) As String

regn(0) = "\0,5\"

regn(1) = "\0,6\"

regn(2) = "\0,7\"

regn(3) = "\0,8\"

Dim VS(8) As String

VS(1) = "SV"

VS(2) = "SÖ"

VS(3) = "S"

VS(4) = "NV"

VS(5) = "NÖ"

VS(6) = "N"

VS(7) = "V"

VS(8) = "Ö"

```
Dim filnamn(10) As String
```

```
filnamn(1) = "\0000.asc"
```

```
filnamn(2) = "\0061.asc"
```

```
filnamn(3) = "\0500.asc"
```

```
filnamn(4) = "\0982.asc"
```

```
filnamn(5) = "\1482.asc"
```

```
filnamn(6) = "\1982.asc"
```

```
filnamn(7) = "\2482.asc"
```

```
filnamn(8) = "\2982.asc"
```

```
filnamn(9) = "\3482.asc"
```

```
filnamn(10) = "\3782.asc"
```

```
With Ber
```

```
    'SET MIN value to 0
```

```
    .ProgressBar1.Min = 0
```

```
    'SET Max value as per your requirement
```

```
    .ProgressBar1.Max = 1280
```

```
    .Show vbModeless
```

```
'##### stänger av skärmuppdateringen för att öka hastigheten
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
'##### kvadrupel for loop som skapar söknamnet för alla filer
```

```
For a = 1 To 4
```

```
    For b = 0 To 3
```

```
        For c = 1 To 8
```

```
            For d = 1 To 10
```

```
'##### nollställer frysräknaren varje loop
```

```
                frys = 0
```

```
'##### syr ihop segmenten till en fungerande sökväg
```

```
                    sokvag = huvmapp & losning(a) & regn(b) & VS(c) & filnamn(d)
```

```
'##### kontrollerar om filen existerar , om inte går den vidare till nästa fil
```

```
                        If Dir(sokvag) <> "" Then
```

```
                            If FileLen(sokvag) = 0 Then
```

```
                                Worksheets(losning(a)).Cells(1 + d, 1 + c + 10 * b).Value = "-"
```

```
                            Else
```

```

##### öppnar filen och klistrar in värden
    Set myTextFile = Workbooks.Open(sokvag)
    myTextFile.Sheets(1).Range("A1").CurrentRegion.Copy
    Workbooks("test").Activate
    Range("A2").PasteSpecial
    Application.CutCopyMode = False
    myTextFile.Close (False)

##### omvandlar värden från text till siffror
    With Sheets("Sheet1")
        LastRow = .Cells(.Rows.Count, "C").End(xlUp).Row
        .Range("E1").AutoFill .Range("E1").Resize(LastRow)
        LastRow = .Cells(.Rows.Count, "D").End(xlUp).Row
        .Range("F1").AutoFill .Range("F1").Resize(LastRow)
    End With

##### tar bort värden som är varmare än 0 grader eller har en
##### RF under 90% på sista årets värde
    LastRow = Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row
    For e = LastRow - 8760 To LastRow
        Cells(e, 5).Select
        If ActiveCell.Value > 0 Or ActiveCell.Offset(0, 1).Value < 90 Then
            ActiveCell.EntireRow.Clear
        Else
            End If
    Next e

##### kollar hur många frysningar som sker genom att
##### kontrollera om det finns något i en cell och om
##### cellen under är tom
    frys = 0
    For f = LastRow - 8760 To LastRow
        Cells(f, 5).Select
        If Not IsEmpty(ActiveSheet.Cells(f, 2)) And IsEmpty(ActiveSheet.Cells(f - 1, 2)) Then
            frys = frys + 1
        End If
    
```

```

Next f
##### klistrar in saker i tabeller för att kunna se svaren
Worksheets(losning(a)).Cells(1, 1 + 10 * b).Value = regn(b)
Worksheets(losning(a)).Cells(1, 1 + c + 10 * b).Value = VS(c)
Worksheets(losning(a)).Cells(1 + d, 1 + 10 * b).Value = filnamn(d)
Worksheets(losning(a)).Cells(1 + d, 1 + c + 10 * b).Value = frys
End If
Else
End If

##### tar bort alla värde från arbetsbladet
Worksheets("Sheet1").Rows("2:" & Rows.Count).ClearContents
tick = tick + 1
.ProgressBar1.Value = tick
.Caption = VBA.Format(tick / Ber.ProgressBar1.Max, "0%") & " Complete"
DoEvents

Next d
Next c
Next b
Next a
End With
Unload Ber
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```