

Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH-5055

Lund 2007

Energieffektivisering i ett fuktsäkert perspektiv - En studie av invändig tilläggsisolering på miljonprogrammet.

Magnus Sjöberg

Mikael Wichlaj



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Energieffektivisering i ett fuktsäkert perspektiv - En studie av invändig tilläggsisolering på miljonprogrammet.

Magnus Sjöberg
Mikael Wichlaj

Avdelningen för Byggnadsfysik
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige

ISRN LUTVDG/TVBH--07/5055--SE(114)
©2007 Magnus Sjöberg, Mikael Wichlaj

Förord

Detta examensarbete omfattar 20 högskolepoäng, och är den avslutande delen av Väg och Vatten utbildningen på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts på avdelningen för Byggnadsfysik på LTH och i samarbete med Boverket i Karlskrona under hösten 2006 samt januari 2007.

Ett stort tack riktas till våra handledare *Lars-Erik Harderup*, avdelningen för byggnadsfysik på LTH, samt *Göran Hedenblad*, Husbyggnadsdiv. Bygg- och förvaltning på Boverket, för deras stöd och tålamod.

Vi vill också tacka *Per Ruus* på Skanska Sverige AB samt *AB Karlskronahem* för värdefulla ritningar som har varit nödvändiga för genomförande av arbetet.

Tack också till *Nikolaj Tolstoy* på Boverket samt *Stephen Burke* på LTH för vägledning under arbetets gång.

Karlskrona, januari 2007

Magnus Sjöberg

Mikael Wichlaj

Sammanfattning

Syftet är att genom teoretiska beräkningar undersöka möjligheten till invändig tilläggsisolering på några utvalda konstruktioner från miljonprogrammet. Rapporten inriktas framförallt på en fuktteknisk bedömning av de risker en invändig tilläggsisolering medför. I rapporten undersöks hur fuktillståndet i väggar varierar med olika tjocklekar på isolering, om det finns risk för att kritiska relativa fuktigheter överskrids eller att kondensbildning sker i eller på konstruktionen.

Rapporten baseras på undersökning av en gasbetong- respektive betongelementkonstruktion. För att göra undersökningarna jämförbara skapas en typbyggnad. På denna byggnad appliceras de för undersökningen avsedda väggkonstruktionerna. Tilläggsisolering genomförs med en traditionell uppreglad träregelvägg c/c 600 mm med mellanliggande mineralull. Tjockleken på isoleringen ökas successivt, vilket leder till att nya fuktförhållanden uppkommer. Handberäkningar respektive två- och tredimensionella datorberäkningar genomförs, varefter resultaten jämförs och diskuteras. Vidare har tilläggsisoleringens energibesparande effekt samt köldbryggornas relativa inverkan undersökts och satts i samband med den ökade fuktrisen som föreligger.

Beräkningarna visar entydigt att även en väldigt tunn invändig tilläggsisolering leder till förhöjda fuktnivåer i konstruktionen då en diffusionsspärr inte används. Genom att använda en diffusionsspärr av polyetenfolie kan fuktillstånden sänkas till acceptabla nivåer. Mängden isolering som kan användas beror till stor del av hur den befintliga konstruktionen är utformad samt vilka ingående material som förekommer. Endimensionell handberäkning kan endast accepteras då ingen del av konstruktionen består av parallella materialskikt.

Gasbetongkonstruktionen kan isoleras med maximalt 120 mm invändig tilläggsisolering då diffusionsspärr utnyttjas. Detta ger en total energibesparing på 16 kWh/(m², år). Köldbryggornas inverkan ökar från 2 kWh/(m², år) till 5 kWh/(m², år) då den invändiga tilläggsisoleringen genomförs. Beräkningen visar en total risk för ytkondensation under cirka 14 dygn/år. För att helt eliminera risken för ytkondensation måste fuktillskottet sänkas till 2 g/m³.

Betongelementkonstruktionen kan enligt beräkning isoleras med 195 mm invändig tilläggsisolering då diffusionsspärr används. Den totala energibesparingen uppgår till 13 kWh/(m², år). Köldbryggornas inverkan ökar från 4 kWh/(m², år) till 7 kWh/(m², år) då åtgärden utförs. Risk för ytkondensation föreligger 4 dygn/år. Ingen kondensation sker vid ett fuktillskott på 2,2 g/m³.



Abstract

The purpose is to, through theoretical calculations, investigate the possibility of installing additional internal insulation on a few chosen building constructions from the Swedish political programme: *Miljonprogrammet*. The report is mainly concentrated at technical moisture judgements concerning the risks with such additional insulation. The report investigates how damp conditions in walls vary with different thickness of insulation, and if there is a risk of exceeding critical relative humidity levels and if condensation forms in, or on, the construction.

The report is based on examination of a lightweight concrete construction, and a traditional - concrete element construction, which are then compared. To make the examinations comparable, a typical building is created. On this building the intended wall construction for the investigation is applied. The additional insulation is made by using a traditional wood stud wall, c/c 600 mm, with an intermediate layer of lying mineral wool. The insulation is gradually increased, which creates different humidity conditions. Hand calculations, as well as two- and three dimensional computer calculations are made, where after the result are compared and discussed. Furthermore, the additional insulation energy saving effect, and also the thermal bridge relative impact, were investigated and put into connection with the increased humidity risk.

The calculations clearly shows that even a very thin internal additional insulation leads to increased humidity levels in the construction when a vapour barrier is not used. By using a vapour barrier made of polyethenefoil, the humidity conditions can be lowered to acceptable levels. The amount of isolation that can be used depends to a high degree on how the existing construction is shaped, and also which materials are present. One dimensional hand calculations can only be accepted when no part of the construction is made of parallel material layers.

The lightweight concrete construction can be insulated with maximum 120 mm additional internal insulation when a vapour barrier is used. This provides a total energy saving of 16 kWh/(m², year). The influence of the thermal bridges increases from 2 kWh/(m², year) to 5 kWh/(m², year) when the additional internal insulation is made. Calculations show a total risk of surface condensation during approximately 14 days/year. To completely eliminate the risk of surface condensation, the moisture supply must be lowered to 2 g/m³.

The concrete element construction can be insulated with 195 mm additional internal insulation when a vapour barrier is used, according to calculations. The total energy saving is 13 kWh/(m², year). The influence of the thermal bridges increases from 4 kWh/(m², year) to 7 kWh/(m², year), when the additional insulation is installed. There is a risk of surface condensation 4 days/year. No condensation takes place with a moisture supply of 2,2 g/m³.

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	3
Abstract	5
Innehållsförteckning	7
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
1.3 Avgränsningar	10
2 Energi i bostadssektorn	11
2.1 EG-direktiv 20/91/EG	13
3 Miljonprogrammet	15
4 Fuktteori	17
4.1 Mögel och Röta	21
5 Energi i byggnader	23
5.1 Uppvärmningsbehov	24
5.2 Allmänt om tilläggsisolering	26
6 Beräkningsprogram	27
6.1 HEAT	27
6.2 MATLAB	27
6.3 ISOVER ENERGI	28
6.4 KLIMATDATA	28
7 Metod	29
7.1 Typhus	29
7.2 Ytterväggskonstruktioner	31
7.2.1 Gasbetonghus	31
7.2.2 Betongelementhus	32
7.3 Tilläggsisolering av ytterväggskonstruktioner	33
7.4 Fukttillstånd i tilläggsisolerad vägg	36
7.5 Energianvändning	41
8 Resultat	43
8.1 Gasbetonghus Kungsmarken	43
8.1.1 Fuktteknisk bedömning av invändig tilläggsisolering	43
8.1.1.1 Handberäkning eller datorberäkning	43
8.1.1.2 Ytkondensation	51
8.1.2 Energianvändning efter tilläggsisolering	55
8.2 Betongelement Skarnesystem	62
8.2.1 Fuktteknisk bedömning av invändig tilläggsisolering	62
8.2.1.1 Ytkondensation	68
8.2.2 Energianvändning efter tilläggsisolering	71

8.3	Frostsprängning	76
9	Slutsats	77
10	Diskussion	79
	Referenser	81
	Elektroniska källor	81
	Tryckta källor	82
	Appendix	83
	Appendix A – Handberäkning Gasbetonghus innan åtgärd	83
	Appendix B – Handberäkning Gasbetonghus med 95 mm invändig tilläggsisolering	85
	Appendix C – Handberäkning Gasbetonghus med 70 mm invändig tilläggsisolering	88
	Appendix D – Programmerad källkod för MATLAB	91
	Appendix E – Resultat datorberäkning	93
	Appendix F – Resultat energiberäkning i ISOVER ENERGI	111

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I-landet Sverige förbrukar ca 600 TWh per år¹. Av denna slutliga energianvändning står landets bostadssektor för något under 40 %, vilket bl.a. innebar ett koldioxidutsläpp på ca 9,7 miljoner ton 1993². Under förvaltningsfasen åtgår ca 60 % av sektorns energianvändning till byggnadens uppvärmning och varmvatten³. Detta innebär att Sveriges energianvändning kan minskas avsevärt genom en energieffektivisering av landets befintliga bostäder. Utöver minskade miljöutsläpp medger en energieffektivisering dels reducerade löpande energikostnader samt en mer komfortabel inomhusmiljö för den enskilda fastighetsägaren. Medlemsstaterna i EU har gemensamt utarbetat ett EG-direktiv gällande byggnaders energiprestanda som trädde i kraft 4 jan 2003. Direktivet är ett s.k. ramdirektiv, vilket innebär att det enskilda landet ska utforma metoder och kravnivåer som ligger inom direktivets ramar⁴. Syftet är en lagstiftning för respektive medlemsland innehållande en hårdare uppföljning och kontroll av byggnaders energiprestanda.

Bostadsbristen under 50-talet och tidigare delen av 60-talet, i samband med det slitna bostadsbeståndet, ledde till ett riksdagsbeslut där man lät bygga 1 miljon lägenheter under perioden 1965-1974. Idag bor ca 25 % av Sveriges befolkning i bostäder uppförda under denna period.

Arkitektonisk modernitet är ett begrepp som pendlar med tiden. Det kan idag vara svårt att uttala sig om miljonprogrammets arkitektoniska värde. Miljonprogrammet har lämnat spår efter sig i många delar av Sverige, och är mer eller mindre ett kulturarv från denna tid. Byggnaderna framhävdes ofta med råa och oputsade fasader och en funktionell planlösning. Byggnaderna från miljonprogrammet kan idag upplevas som grå och enformig, men då en stor del av den fysiska tätortsmiljön påverkats av denna tid kan det finnas intresse att bevara en del av beståndets karaktär.

Energieffektivisering av klimatskalet sker i form av lufttätning och tilläggsisolering. En utvändigt tilläggsisolering medför en varmare befintlig vägg, inverkan av köldbryggor minskar och risken för fuktproblem är liten. En utvändigt tilläggsisolering leder dock ofta till en total förändring av byggnadens utvändiga karaktär. Denna rapport undersöker möjligheten till invändigt tilläggsisolering, där byggnadens ursprungliga utvändiga karaktär bevaras. En invändigt tilläggsisolering medför dock en kallare befintlig vägg som kan orsaka fuktproblem och större inverkan av köldbryggor samt en mindre bostadsarea.

1 Naturvårdverket (2006), *Regeringsuppdrag - Åtterrapporering av effekten av investeringsprogrammen (LIP och Klimp)*

2 Schmittz-Günther T. (2000), *Ekologiskt byggande och boende*

3 Statens energimyndighet (2004), *Energiläget 2004*

4 Statens energimyndighet (2007), *EG-direktivet, utredningar och rapporter*

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka möjligheten till invändig tilläggsisolering på några utvalda konstruktioner från miljonprogrammet. I arbetet undersöks hur fuktillståndet i väggen varierar med olika tjocklekar på isoleringen, om det finns risk för att kritiska relativa fuktigheter överskrids eller att kondensbildning sker i konstruktionen. Fuktberäkningar utförs stationärt två- och tredimensionellt. Köldbryggornas relativa inverkan ökar vid invändig tilläggsisolering. Detta kan innebära låga ytemperaturer som leder till ytkondensation. Vidare kommer tilläggsisoleringens energibesparande effekt att undersökas och sättas i ett samband med den ökade fuktrisken som föreligger.

1.3 Avgränsningar

Det finns en mängd olika konstruktionstyper som uppfördes under miljonprogrammet. Bland dessa kan man urskilja konstruktionslösningar som är vanligare än andra. I detta examensarbete utförs undersökning på två olika konstruktioner som är typiska för flerbostadshus under denna tid. Det är viktigt att tänka på att varje byggnad är unik och att inga generella slutsatser angående tilläggsisoleringens energibesparande effekt samt fuktsäkerhet kan ges. Dock redovisas ett resonemang som man bör ha med sig som fastighetsägare innan invändig tilläggsisolering utförs. Invändig tilläggsisolering kräver ofta en noggrann fuktsäkerhetsprojektering för den specifika byggnaden. Marknaden erbjuder en mängd olika system för tilläggsisolering. I examensarbetet kontrolleras den konventionella träregelväggen med mellanliggande mineralull.

Installationstekniska system såsom uppvärmning och ventilation studeras inte i detalj. Rapportens tyngd ligger framförallt på byggnadsteknik särskilt med avseende på invändig tilläggsisolering av ytterväggar och fuktproblem som kan uppstå med dessa. I beräkningarna tas ingen hänsyn till den konvektiva ångtransporten.

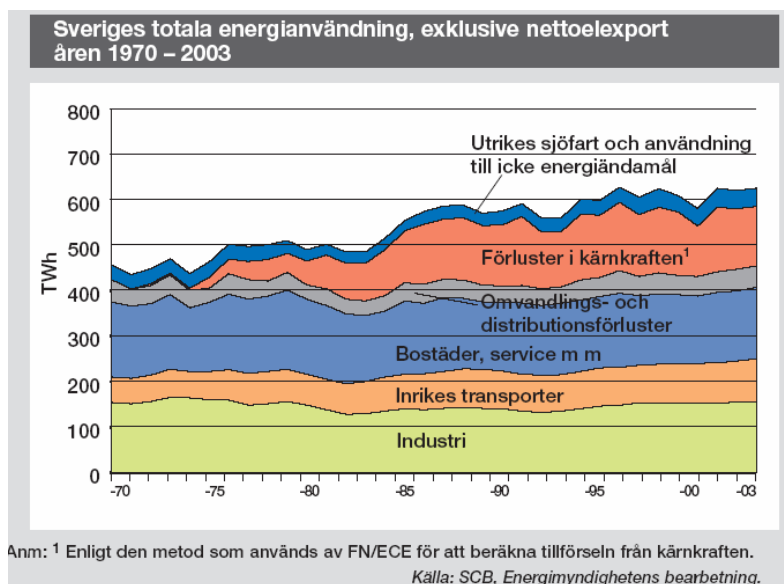
En enklare beräkning av energibesparingens storlek samt en överskådlig analys av köldbryggornas inverkan kommer att utföras. Vid beräkningar före och efter åtgärd kommer ventilation, fönster och gratisvärme hållas konstanta. Under simuleringar används klimatdata från Sturup, vilket innebär att enbart byggnader i södra Sverige beaktas.

Ett material som blir uppfuktat får i regel ett högre λ -värde [W/(m·K)] eftersom vatten har en relativt hög värmekonduktivitet. I undersökningen kommer detta inte att beaktas.

Undersökningen kommer att utföras helt utan hänsyn till ekonomiska perspektiv, d.v.s. inga livscykelkostnadsanalyser eller kostnadskalkyler kommer göras. Undersökningen kommer inte heller beakta miljöbedömningar avseende tillverkning, transport, deponering etc. av byggnadsmaterial.

2 Energi i bostadssektorn

Utan energi skulle inte samhället fungera. Den totala energianvändningen brukar i regel delas upp i sektorerna bostäder och service, industri samt transporter. Den förstnämnda står för ca 40 % av den totala slutliga energianvändningen. (se figur 1)



Figur 1: Sveriges energianvändning fördelad på sektorer.

Den totala andelen bostadsyta ökar i takt med att befolkningen tilltar. Trots detta har den totala energianvändningen för bostadssektorn varit relativt stabil sedan 1970-talet. Detta beror på en minskad specifik energianvändning som i princip har balanserat den ökande totala bostadsarean. Samtidigt sker renovering och ombyggnad av det äldre bostadsbeståndet kontinuerligt som sänker energianvändningen⁵.

För att nå ett hållbart byggande krävs riktlinjer och uppsatta mål. Miljövårdsberedningen har i samarbete med andra intressenter på marknaden tagit fram en vision för ett fortsatt hållbart byggande. Visionen bygger på nyckeltal för energianvändning samt en utarbetad strategi för att nå målen. Rapporten ska ses som ett första steg i ett nytänkande samarbete mellan olika intressenter på marknaden (Se figur 2)⁶.

⁵ Statens energimyndighet (2004), *Energiläget 2004*

⁶ Boverket (2001), *Nyckeltal för energianvändning i byggnader*

Användning av köpt energi i småhus per år		
Småhus (120 m ²)		Totalt, kWh/m ²
Idag	Genomsnitt*	150-190
	Nya hus	105-150
År 2005	Genomsnitt	160
	Nya hus	90
År 2025	Genomsnitt	110
	Nya hus	50

Användning av köpt energi i flerbostadshus per år		
Flerbostadshus (75 m ² /lgh)		Totalt, kWh/m ²
Idag	Genomsnitt*	170-245
	Nya hus	175
År 2005	Genomsnitt	200
	Nya hus	120
År 2025	Genomsnitt	150
	Nya hus	70

Användning av köpt energi i kontorslokaler per år		
Kontorslokaler		Totalt, kWh/m ²
Idag	Genomsnitt*	140-240
	Nya hus	140
År 2005	Genomsnitt	200
	Nya hus	120
År 2025	Genomsnitt	100
	Nya hus	70

* Den lägre siffran avser hus byggda efter år 1986 och den högre hus byggda före år 1986.

Figur 2: Miljömålsberedningens vision för köpt energi.

En hög energianvändning medför ett ökat miljöutsläpp. Miljövårdberedningens första delmål är att inga fossila bränslen ska användas för uppvärmning eller varmvattenberedning efter 2025. Målet är också att mer än hälften av årets energianvändning efter 2015 ska erhållas från förnyelsebara energikällor⁷.

⁷ Boverket (2001), *Nyckeltal för energianvändning i byggnader*

2.1 EG-direktiv 20/91/EG

Medlemsstaterna i EU har enats om ett ramdirektiv för att minska utsläppen av föroreningar enligt Kyotoprotokollet, samt trygga energiförsörjningen. Direktivet trädde i kraft den 4 januari 2003 och innebär att medlemsländerna själva får utarbeta metoder och krav när lagstiftningen ska anpassas till direktivet. Direktivet är utformat med hänsyn till utomhusklimat och lokala förhållanden liksom krav på inomhusklimat och kostnadseffektivitet.

De krav som var och en av medlemsländerna ska implementera i sina lagstiftningar kan sammanfattas till följande fyra punkter⁸:

- En metodik för byggnadernas integrerade energiprestanda
- Krav på energiprestanda dels för nybyggnad samt för större renoveringar av det befintliga fastighetsbeståndet
- Deklaration av alla byggnader både befintliga och nya. Denna deklARATION ska dessutom anslås på en väl synlig plats i byggnaden.
- Besiktning av komfortkylsystemen över 12 kW, samt en information till ägare av värmesystem som är äldre än 15 år

Deklaration av byggnaden innebär att byggnadens energianvändning klart och tydligt ska fastställas. Detta sker genom dokumentering av energiprestandan i en energideklARATION. Direktivet säger att fastighetsägare blir skyldiga att energideklarera sina byggnader innan försäljning eller uthyrning. Utöver byggnadens enskilda energiprestanda ska energideklARATIONEN innehålla referensvärden som gör det möjligt att jämföra sin byggnad med övriga likvärda byggnader. Dessa krav kommer att medföra ett nytt energitänkande där fler aktörer kommer att vara måna om energiprestandan i byggnaderna. Då energipriserna visar en stigande trend kan detta innebära att byggnader med dålig energiprestanda får en minskad efterfrågan, vilket i sin tur kommer att medföra en ökad efterfrågan av energieffektiviseringar. För att undvika den problematiken som uppstod på 1970-talet i samband med dåvarande oljekris krävs att energieffektiviserande åtgärder beaktas utifrån ett fuktsäkert perspektiv.

Enligt EG-direktiv 20/90/EG ska det också ställas krav på energiprestanda efter större renovering av befintligt fastighetsbestånd. Kravet begränsas för specialbyggnader större än 1000 m² och till den mån det är tekniskt, funktionellt och ekonomiskt genomförbart. En omfattande renovering kan enligt förslag från Chalmers t.ex. innebära att kostnaden uppgår till 25 % av byggnadsvärdet eller berör minst 25 % av byggnadens klimatskärm⁹. I byggnadsverksförordningen, BVF, framgår vilka regler som gäller för ändring (till- och ombyggnad) av byggnader.

⁸ Statens energimyndighet (2007), *EG-direktivet, utredningar och rapporter*

⁹ Pettersson B, Dalenbäck J O, (2005), *Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen*

Regler gällande energihushållning i Boverkets Byggregler (BBR) uttrycks numera i minimikrav på specifik energianvändning istället för de tidigare reglerna som i huvudsak beaktade byggnadens U-värden, täthet mm. Energianvändning kommer således att uttryckas i ett funktionskrav, d.v.s. en byggnad kommer projekteras för en specifik energianvändning. Detta är en anpassning för en mer verifierbar energianvändning i bostads- och servicesektorn.

3 Miljonprogrammet

1942 frystes hyrorna i Sverige. Detta medförde att bostadspriserna sjönk från och med 1942 och ca 10 år fram i tiden med mer än en tredjedel. Då hyrorna inte ökade i samma takt som konsumenternas köpkraft i samband med den stora befolkningstillväxten uppstod en bostadsbrist. Bostadsbristen förvärrades av de låga bostadspriserna som också medförde att det inte längre blev lika lönsamt med nybyggnad. Bristen på bostäder var så omfattande i slutet av 1950-talet att denna fråga blev Sveriges största politiska problem¹⁰.

För att lösa den akuta bostadsbristen beslutade riksdagen 1964 att man skulle bygga en miljon lägenheter under åren 1965-1974. Projektet lyckades då det 1974 fanns 1 006 000 nybyggda lägenheter. Detta är dock inte hela sanningen eftersom det samtidigt revs många gamla hus av låg kvalitet¹¹.

Regeringsbeslutet innefattade också ekonomiska lättnader till de kommuner som satsade på storskaligt byggande. Byggprojekt på över 1000 bostäder premierades extra.

Miljonprogrammet var ett mycket välplanerat bostadsbyggande. Huskropparna placeras på ett sådant sätt att mycket ljusinsläpp till lägenheterna erhöles. Detta tillsammans med stora rekreationsytor runt omkring husen skulle skapa trivsamma bostadsområden. Offentliga servicebyggnader placerades med närhet till bostäderna för lättare tillgänglighet.

Stora delar av infrastrukturen utarbetades enligt SCAFT-planen (Stadsbyggnad, Chalmers, Arbetsgruppen För Trafiksäkerhet). I enlighet med SCAFT-planen separerades gång- och cykeltrafiken från biltrafiken, vilket resulterade i ett helt bilfritt trafiknät med broar under ringvägarna. Skolor och andra liknande byggnader placerades centralt så att man kunde minska på biltrafiken. I större städer byggdes den spårbundna trafiken ut till de nya bostadsområdena som ofta byggdes intill olika affärscentrar¹².

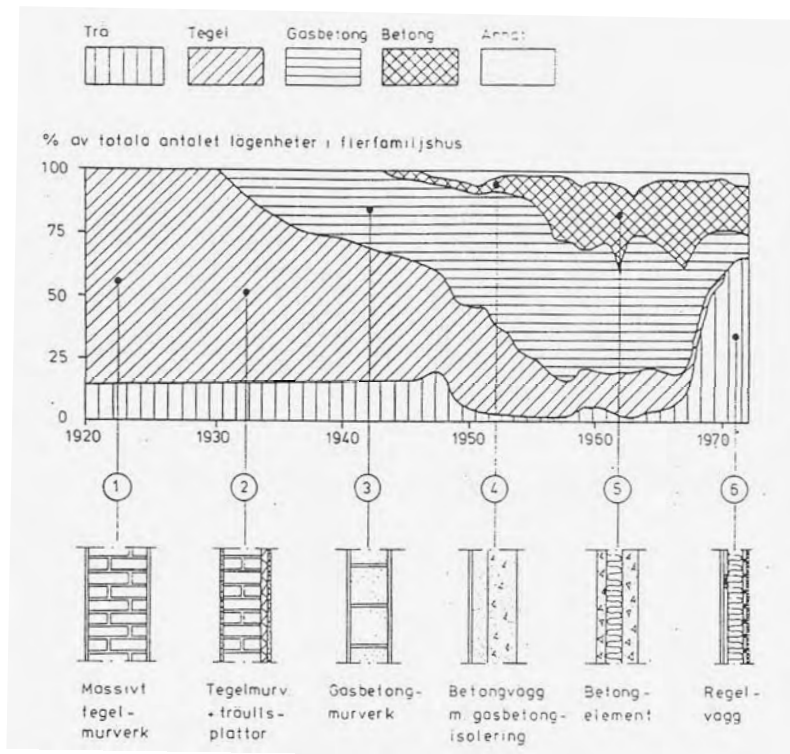
Husbyggandet under miljonprogrammet präglades av hård planering och funktionalism. Tillfälliga fabriker byggdes i anslutning till byggarbetsplatsen där de prefabricerade elementen tillverkades. Elementen byggdes ihop till hus med hjälp av kranar som var monterade på räls och därmed lätt kunde flyttas på arbetsplatsen. Då bostadsområdena byggdes storskaliga möjliggjordes utbyggnad av försörjningssystem såsom avlopps-, vatten- och elnät.

Fördelarna med denna byggmetod var snabbhet och kostnadseffektivitet, detta straffade sig dock med enformighet och att större områden runt husen fick tas i anspråk under byggskedet.

10 <http://www.jornmark.se>

11 <http://www.ne.se>

12 <http://www.tft.lth.se>



Figur 3: Vanligt förekommande väggtyper i flerfamiljshus under perioden 1920 till början 1970¹³.

13 Föreläsningmaterial av Arne Elmroth, LTH (2006-02-20), *Utformning av komplexa byggnader*

4 Fuktteori

Luften innehåller alltid en viss mängd fukt. Denna fukt är i ångfas, och brukar benämnas ånghalt. Ånghalten beskriver hur många kilogram ånga en kubikmeter luftvolym innehåller. Luften kan inte innehålla hur mycket ånga som helst, utan vid en viss bestämd mängd faller överskottet ut i kondens, d.v.s. dimma uppstår. Hur mycket ånga den aktuella luftvolymen kan hålla beror på dess temperatur. Varje temperatur har en viss bestämd mätnadsånghalt ($v_s(T)$). Relativ fuktighet (RF) innebär mängden ånga i förhållande till hur mycket den aktuella luftvolymen kan bära. Mätnadsånghalten vid en given temperatur beräknas med ekvation 1 och 2¹⁴.

$$p_s(T) = a \cdot \left(b + \frac{T}{100}\right)^n \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

$$\begin{array}{llll} 0 \leq T \leq 30 & a = 288,68 \text{ Pa} & b = 1,098 & n = 8,02 \\ -20 \leq T < 0 & a = 4,689 \text{ Pa} & b = 1,486 & n = 12,3 \end{array}$$

$$v_s(T) = p_s(T) \cdot \frac{M_v}{R \cdot (273,15 + T)} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (2)$$

$p_s(T)$ = Ångtryck vid aktuell temperatur, [Pa]

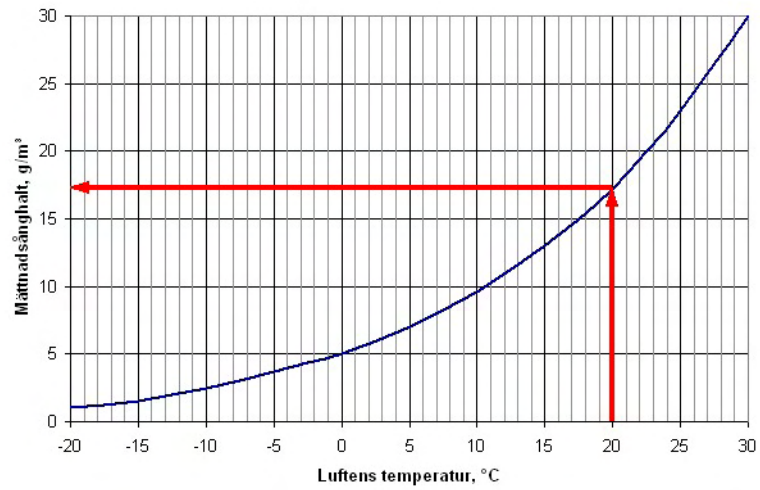
T = temperatur, [°C]

R = allmänna gaskonstanten = 8 314,3 J/(kmol · K)

M_v = Vattnets molekylvikt = 18,02 kg/kmol

Mätnadsånghalten ökar således med stigande temperatur, d.v.s. luften kan innehålla mer ånga vid en högre temperatur än vid en lägre. Figur 4 visar sambandet mellan mätnadsånghalt och temperatur.

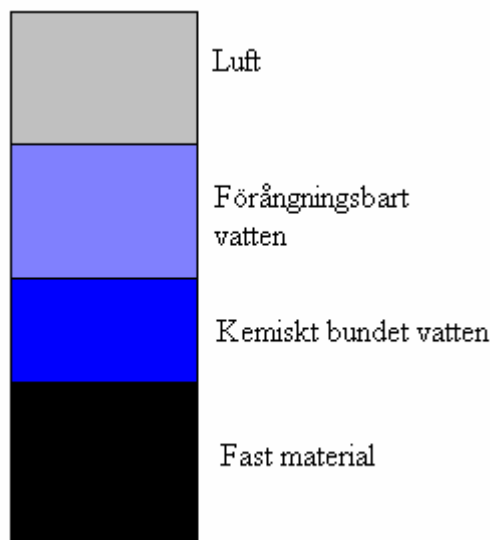
¹⁴ Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*



Figur 4: Samband mellan mättnadsånghalt och temperatur¹⁵.

15 Statens provnings- och forskningsinstitut (2007), *Fakta om fukt*

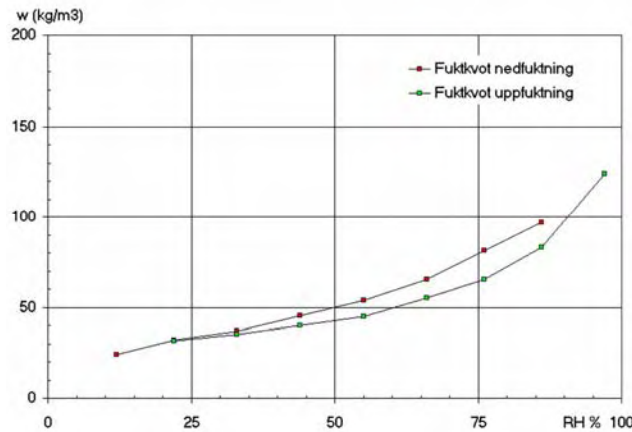
Material innehåller nästan alltid en viss mängd vatten. Normalt skiljer man mellan förångningsbart vatten och kemiskt bundet vatten. Enligt definitionen är den förångningsbara delen det vatten som avlägsnas när materialet uppvärms till 105°C ¹⁶. Vanligtvis brukar man benämna materialets vatteninnehåll i fukthalt eller fuktkvot. Den förstnämnda är mängden vatten per kubikmeter material. Fuktkvoten är dimensionslös och anger vikten av vattnet i förhållande av materialets torra vikt. Figur 5 illustrerar hur fukten och den fasta strukturen i ett material är fördelat.



Figur 5: En generell beskrivning av vanliga byggnadsmaterials fukttinnehåll.

Ett materials fukthalt eller fuktkvot är beroende av den omgivande luftens relativa fuktighet. Om ett torrt material placeras i fuktig luft så kommer ånga att diffundera in till materialets porvolym. Detta innebär att vatten binds till materialets porväggar. När materialet och luften hamnat i jämviktsläge, d.v.s. porluftens och den omgivande luften har uppnått samma relativa fuktighet, har en viss mängd vatten bundits till materialet. Sambandet mellan materialets relativa fuktighet och ett materials fukthalt beskrivs med sorptionskurvor. Exempel på sorptionkurva visas i figur 6.

¹⁶ Burström P G (2001), *Byggnadsmaterial*



Figur 6: Exempel på sorptionskurva för furu¹⁷.

Fukt i material kan ske i ångfas respektive vätskefas. Transport i ångfas sker genom diffusion eller konvektion. Den förstnämnda innebär att ångan förflyttas p.g.a. koncentrationsskillnader, d.v.s. ånghalten eftersträvar att komma i jämvikt. Avgörande för diffusionens hastighet är materialets ångpermeabilitet (δ_v), d.v.s. hur genomsläppligt materialet är. Fuktkonvektion sker däremot p.g.a. tryckskillnader. Förenklat uttryckt förflyttas fukten med luftrörelse från ett område med ett högre tryck till ett lägre. I en byggnad råder under normala förhållanden ett övertryck upptill samt ett undertryck i byggnadens botten. Detta innebär att det finns en risk för att den invändiga fuktiga luften trycks ut i byggnadens övre del och där kondenserar mot kalla ytor. Byggnadens otätheter kan vara jämnt fördelade eller verka som lokala läckor vid exempelvis genomföringar och dylikt. Beräkningsmässigt är det därför besvärligt att beakta fuktkonvektionen. Otätheter kan dock innebära transport av stora fuktmängder och det är därför viktigt att byggnadens täthet ombesörjs.

I vätskefas sker transporten som kapillärsugning eller förflyttning p.g.a. gravitation. Kapillärsugning uppstår genom ett samspel mellan ytspänningen och adhesionskrafterna i ett smalt rör. Adhensionskrafterna skapar en vinkel, förenklat uttryckt vattnet klistras mot röret. Den samtida ytspänningen leder till att vattnet erhåller en uppåtriktad kraft som medger en stigning i röret. Adhensionsvinkeln blir skarpare ju smalare röret är, d.v.s. den kapillära stighöjden i röret ökar. Ett materials porer kan liknas vid detta kapillära rör. Detta innebär att ett finporigt material har en större sugförmåga jämfört med ett mer grovporigt material. Fenomenet kan bl.a. ses på en vägg bestående av fasadtegel med utvändigt puts. En fasad som blivit vattenmättad efter ett slagregn torkar snabbt ut genom att putsen, som är mer finporig än tegelmaterialet, d.v.s. putsens kapillärkraft suger åter vattnet ut till ytan.

¹⁷ Statens provnings- och forskningsinstitut (2007), Fakta om fukt

Vid beräkning av fukttillståndet i konstruktioner krävs en temperatur- samt ånghaltsprofil. Vid stationär beräkning antas det att konstruktionen inställt sig i ett jämviktsläge med omkringliggande klimat. En stationär beräkning innebär också att ingen hänsyn tas till materialens fuktlagrande förmåga. Det bör observeras att en eventuell kondensutfällning i någon punkt i konstruktionen endast är beräkningsmässig. Materialens fuktkapacitet kan innebära att beräknad relativ fuktighet inte hinner uppnås innan klimatförutsättningarna förändras¹⁸.

I byggnaden finns normalt ett fukttillskott. Detta är av varierande storlek för olika typer av byggnader. Relativt sett så är nästan alltid den invändiga ånghalten högre än den utvändiga. Detta innebär att ångtransporten går inifrån och ut i konstruktionen, d.v.s. till områden med vanligtvis lägre temperaturer. Det finns dock speciella situationer när omvända förhållanden råder. Om en fasad vattenmättas efter ett slagregn kommer den relativa fuktigheten vara 100 % i väggens yttre del. Uppvärms fasaden av solbestrålning i detta tillstånd kommer ånghalten i materialet att drastiskt öka. Detta leder till att ånghalten blir högre i den utvändiga ytan än i den inre, vilket medför en omvänd diffusion. När ångan når ett tätare och svalare skikt längre in i konstruktionen, vanligtvis en ångspärr, kan en kondensation ske. Detta fenomen brukar kallas sommarkondens och kan leda till fuktskador i konstruktionen. Då ett luftkonditioneringsaggregat sänker inomhustemperaturen ytterligare kan denna öka risken för problem med sommarkondens.

4.1 Mögel och Röta

En mängd byggnader drabbas av fuktskador varje år. Skadornas konsekvenser är mycket varierande. Ibland räcker det med ett mindre ingrepp i konstruktionen för att åtgärda problemet, medan andra fall kan innebära att byggnaden måste rivras. Fuktskador kan uppkomma på en mängd olika sätt. En allvarlig följd av fuktskador är mögelpåväxt med åtföljande luktproblem¹⁹. Mögel innebär en påväxt som i sig inte påverkar materialets hållfasthet, medan rötan successivt bryter ned materialet. Förutsättningarna för röta eller mögelbildning är relativt komplex. Mögelsporer finns i princip alltid i luften och därmed nästan alltid även på byggnadsmaterial. Mikrobiell tillväxt kräver tillgång till bl.a. näring, d.v.s. organiskt material. Även om ett material som exempelvis betong är oorganiskt så kan det på materialet utvecklas en mögelpåväxt. Mögelsvampen hämtar då sin näring från smuts på materialet eller andra organiska ytbehandlings- eller tillsatsämnen i betongen. Förutom näring krävs också rätt pH, temperatur och tillgång till syre, vilket nästan alltid är uppfyllt i en byggnad. En förutsättning för tillväxt är också rätt relativ fuktighet samt tillräcklig exponeringstid. Det är därför viktigt att inga kritiska relativa fuktigheter uppstår i byggnaden²⁰. Boverket har givit Statens provnings- och forskningsinstitut i uppdrag att sammanställa den befintliga kunskapen som finns angående tillväxt av mikroorganismer. Som resultat av rapporten presenteras en sammanfattning över kritiska relativa fuktigheter för olika typer av byggnadsmaterial (Se tabell 1)

18 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

19 Sandin K. (1996), *Värme och fukt*

20 Johansson P. m.fl. (2005), *Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggnadsmaterial - Kunskapsammanfattning*

Tabell 1: Kunskapssammanfattning för kritiska fukttillstånd på byggnadsmaterial.

Kritiska fukttillstånd	[% RF]
Smutsade material	75-80
Trä och träbaserade material	75-80
Gipsskivor med papp	80-85
Mineralullsisolering	90-95
Cellplastisolering (EPS)	90-95
Betong	90-95

5 Energi i byggnader

Den senaste tidens debatter angående energieffektiva byggnader samt det nya kravet gällande energibesiktningar har medfört ett nytt tänkande i byggbranschen. Det generella tänkandet angående att det ska vara så billigt som möjligt att bygga, börjar successivt ändras till ett mera långsiktigt perspektiv. Fler aktörer i byggbranschen börjar efterfråga lägre driftskostnader framför ett lågt inköpspris. Det nya tänkandet medför att större krav ställs på uppvärmningskostnaderna, vilket i sin tur ställer högre krav på energieffektiviteten i byggnaderna.

För att kunna simulera energibehovet i nya bostäder är det viktigt att alla energiförluster utreds noggrant i ett tidigt skede. Det är också av stor vikt att fuktsäkerhetsprojekteringen tas på största allvar för att undvika eventuella fuktproblem som kan uppstå i samband med att man försöker spara energi.

De energiförluster som angår en byggnad kan delas upp i två olika grupper; transmissionsförluster samt ventilation- och läckageförluster.

Transmissionsförlusterna består av de energiflöden som sker genom byggnadens alla ytor som angränsar mot utrymmen med lägre temperatur t.ex. väggar, tak, fönster etc. samt de köldbryggor som uppstår där dessa ytor möter varandra. Köldbryggornas inverkan har under lång tid försumrats vilket har medfört att kunskapen om deras storlek och inverkan är relativt begränsad. Olika studier har visat att en medräkning av köldbryggorna kan vid en energiberäkning påverka resultatet med över 30 %. Detta värde kan anses högt och uppkommer troligen i byggnader med ovanligt många och/eller kraftiga köldbryggor. Faktum kvarstår dock att hänsyn till köldbryggorna måste tas om en korrekt energibehovssimulering eftersträvas.

Ventilation- och läckageförlusternas storlek beror på de luftvolymen som passerar genom husets klimatskal. För att en balans ska uppstå måste den varma luften som lämnar huset antingen genom ventilation eller ofrivilligt luftläckage ersättas med ny luft. Den kalla uteluften måste således värmas upp till inomhusluftens temperatur.

Det ofrivilliga luftläckaget är väldigt komplext att uppskatta korrekt då det dels beror på konvektion genom och i materialen, men även den konvektion som kan uppstå i otätheter där olika byggnadsmaterial möter varandra. Läckaget mellan materialen beror i högsta grad av noggrannheten vid utförandet. Då noggrannheten kan variera kraftigt vid olika byggprojekt är denna parameter i princip omöjlig att beräkna/uppskatta på förhand. För att erhålla bättre kunskap om förlusterna genom det ofrivilliga läckaget krävs en tryckprovning av det färdiga huset.

Energiförlusterna genom ventilationen är betydligt lättare att beräkna. De indata som krävs är inne- och uteluftens temperatur samt ventilationens flöde. Ventilationsförlusterna kan begränsas antingen genom värmeväxling eller med hjälp av en frånluftsvärmeväxling.

Värmeväxlingen åstadkoms genom att man låter den varma frånluften möta den kalla tilluften och på detta sätt utnyttja en energiväxling. Denna växling kan exempelvis åstadkommas med hjälp av en roterande värmeväxlare. Om huset är utrustat med komfortkyla kommer värmeväxlaren att under den tid, då utetemperaturen är högre än inomhustemperaturen, fungera på samma sätt och då kunna kyla tilluften.

Fördelarna med en värmepump är att denna kan utnyttja mer energi ur frånluften. Genom att tillsätta energi i form av el till en kompressor åstadkoms möjligheten att sänka frånluftens temperatur till under noll. Den energi som då frigörs kan användas till uppvärmning av tilluft eller vattenburen värme. Under den tid då det inte föreligger något värmebehov kan frånluftsvärmepumpen t.ex. värma tappvarmvatten.

5.1 Uppvärmningsbehov

Energibehovet för en byggnad kan beskrivas med följande formel:

$$E_{tot} = E_t + E_k + E_v + E_{ov} - E_{gratis} \quad [Wh / \text{år}] \quad (3)$$

E_t = Energianvändning för transmission

E_k = Energianvändning för köldbryggor

E_v = Energianvändning för ventilation

E_{ov} = Energianvändning för ofrivillig ventilation

E_{gratis} = Gratis energitillskott

Det finns nästan alltid en viss internvärme i en byggnad. Denna kan komma från exempelvis människor, värmeavgivning från apparater, belysning etc. Detta effekttillskott medför en höjning av inomhustemperaturen med några grader. Gränstemperaturen ($T_{gr\ddot{a}ns}$) är den temperatur som byggnadens uppvärmningssystem behöver värma till.

Transmissionen genom klimatskärmen beräknas utifrån ytornas U-värde ($W/(m^2 \cdot K)$). Byggnadens totala U-värde beräknas enligt ekvation 4.

$$U_{medel} = \frac{\sum_i U_i \cdot A_i}{A_{tot}} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (4)$$

i = Byggnadsdel i klimatskalet

U_i = U-värdet för ytan i , [$W/(m^2 \cdot K)$]

A_i = Arean för ytan i , [m^2]

A_{tot} = Total omslutningsarea, [m^2]

U-värdet anger en konstruktions värmeflöde vid 1 grads temperaturskillnad mellan ute och inne. Eftersom den verkliga temperaturskillnaden varierar under året används begreppet gradtimmar, G_t ($^{\circ}\text{Ch}$). Gradtimmar är summan av temperaturskillnaden för varje timme under året. (ekv. 5)

$$G_t = \int_{\text{Året}} (T_{\text{gräns}} - T_{\text{ute}}) dt \quad [^{\circ}\text{Ch}] \quad (5)$$

Genom att multiplicera U-värdet med ortens totala antal gradtimmar under ett år samt byggnadens totala area erhålls det årliga energibehovet som uppstår genom transmissionsförluster. (ekv. 6)

$$E_t = U_{\text{medel}} \cdot A_{\text{tot}} \cdot G_t \quad [\text{Wh/år}] \quad (6)$$

Köldbryggor beräknas oftast med hjälp av ett datorprogram då en enklare handberäkning endast kan göras i en dimension. Energiflödet genom en köldbrygga betecknas med Ψ (psi) och enheten är $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Det totala värmeflödet genom köldbryggorna blir således enligt ekvation 7.

$$E_k = \sum_1^i \psi_i \cdot l_i \cdot G_t \quad [\text{Wh/år}] \quad (7)$$

$\Psi_i =$ Värmeflöde genom köldbryggan i , [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]

$l_i =$ Längd på köldbryggan i , [m]

Energibehovet på grund av den frivilliga ventilationen beräknas som en produkt av luftens densitet ρ (kg/m^3), luftens värmekapacitet c ($\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$), luftflödet q_{vent} (m^3/s), verkningsgrad för värmeåtervinningen v , samt antalet gradtimmar G_t ($^{\circ}\text{Ch}$). (ekv. 8)

$$E_v = \rho \cdot c \cdot q_{\text{vent}} \cdot (1 - v) \cdot G_t \quad [\text{Wh/år}] \quad (8)$$

Beräkningen av energibehovet på grund av den ofrivilliga ventilationen, $q_{\text{läckageflöde}}$ (m^3/s) beräknas på samma sätt som för den frivilliga ventilationen med undantaget att ingen återvinning är möjlig. (ekv. 9)

$$E_{ov} = \rho \cdot c \cdot q_{\text{läckageflöde}} \cdot G_t \quad [\text{Wh/år}] \quad (9)$$

5.2 Allmänt om tilläggsisolering

Tilläggsisolering av en befintlig byggnadsdel medför alltid att fukt- och energibalansen för byggnadsdelen kommer att påverkas. Ändringen i balansen kan komma att påverka byggnadsdelen negativt, vilket innebär att en noggrann analys av de nya förhållandena är nödvändig.

En tilläggsisolering av ytterväggar kan genomföras på olika sätt, invändig respektive utvändig samt ibland även inuti väggar²¹. Alla systemen sänker energianvändningen medan fuktförhållandena förändras på olika sätt. I detta kapitel behandlas bara de två förstnämnda.

Invändig tilläggsisolering medför att isoleringen monteras på insidan av ytterväggen och därmed leder till en minskad bostadsyta. Då isoleringen reducerar energiflödet innebär detta att den befintliga väggens temperatur kommer att sjunka. Den sänkta temperaturen leder till att den relativa fuktigheten kommer att öka vilket kan medföra fuktproblem.

Bjälklagsinfästningar och anslutningar mellan innervägg och yttervägg medför att kontinuitet i den invändiga tilläggsisoleringen inte är möjlig. De köldbryggor som fanns innan tilläggsisoleringen kommer att förstärkas och nya kan bildas. Fördelarna med denna isolering är att den är billigare att genomföra än en utvändig tilläggsisolering samt att fasadens kulturhistoriska värde bevaras. Problemen med de höga fukttillstånden kan i vissa fall avhjälpas med en diffusionsspärr. Vid invändig tilläggsisolering är det av stor vikt att utreda den befintliga väggens ångtäthet för att undvika fuktproblem.

Den utvändiga tilläggsisoleringen placeras på utsidan av den befintliga väggen. Även i detta fall kommer värmeflödet att minska. Skillnaden är dock att hela den befintliga väggen kommer att bli placerad innanför isoleringen, vilket innebär ett torrare klimat då temperaturen ökar. En annan fördel är att isoleringen inte behöver brytas i samma utsträckning som den invändiga varianten. Köldbryggornas inverkan på energianvändningen kommer i de allra flesta fall att minska, då dessa numera kommer att vara placerade i en varmare del av konstruktionen. Nackdelarna med en sådan isolering är att den kräver en större arbetsinsats. Om utsidan av fasaden ändå ska renoveras kan dock en utvändig tilläggsisolering vara ekonomiskt försvarbar.

21 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

6 Beräkningsprogram

Under genomförandet av detta arbete utnyttjas ett antal datorprogram. För beräkning av värmeflödet och analys av fuktfördelningen genom väggen samt genom de analyserade knutpunkterna används programmen HEAT 2 och HEAT 3. Utdata från dessa program analyseras med hjälp av det matematiska beräkningsprogrammet MATLAB, där en programkod skrivs som på ett överskådligt sätt presenterar relativ fuktighet (ϕ) på några utvalda punkter på månadsbasis. För att beräkna energibesparingen med olika isoleringstjocklekar samt få en överskådlig analys av köldbryggornas inverkan används energiberäkningsprogrammet ISOVER ENERGI. För att iaktta ytkondensationsrisken på den kallaste köldbryggan hos respektive konstruktion används programmet KLIMATDATA.

6.1 HEAT

HEAT utges av *Blocon*. I detta examensarbete har HEAT 2 version 7.0.0.0 och HEAT 3 version 4.0.0.2 används med studentlicens. HEAT-programmen tillåter en mycket god möjlighet att simulera olika värmeledningsproblem. Användaren får möjlighet att rita upp problemet precis efter eget tycke, dock med en begränsning av noggrannheten till 1 cm. HEAT 2 tillåter även simulering av fuktfördelningen då man byter ut värmekonduktivitet (λ) mot ånggenomsläpplighet (δ) samt temperaturerna mot ånghalter. Tyvärr klarar inte HEAT 3 lika små värden på ånggenomsläpplighet som HEAT 2. För att simulera en ångspärr, med rätt ångmotstånd, skulle denna behöva ritas ca 1 m. En annan nackdel med HEAT 3 är att antalet mesh är begränsat. Mesh är de mätpunkter som programmet använder vid beräkning. Om dess antal inte är tillräckligt brister beräkningen i noggrannhet.

Det ska framhävas att HEAT-programmen inte är konstruerade för fuktsimulering varpå dess brister inom denna simulering är förståelig.

Önskvärt hade också varit att man skulle kunna mata in fler parametrar samtidigt, t.ex. både värmekonduktivitet och ånggenomsläpplighet. På detta sätt skulle programmen kunna presentera relativ fuktighet genom hela konstruktionen och behovet av program som t.ex. MATLAB skulle begränsas.

6.2 MATLAB

MATLAB R2006b ges ut av *The MathWorks*. Licensen som används är en studentlicens som tillåts via en anslutning till LTH:s server. MATLAB är ett dominerande beräkningsprogram för ingenjörer i hela världen. Programmet kräver mycket kunskap för att kunna användas i den utsträckning som det har möjlighet till. MATLAB:s grundfunktioner är dock relativt enkla att använda.

6.3 ISOVER ENERGI

ISOVER ENERGI är ett energiberäkningsprogram som ges ut av *ISOVER*. Versionen som använts är 1.0 med en studentlicens. Programmet är relativt enkelt att använda, dock tillåts inga avancerade simuleringar av energibehovet. I examensarbetet anses emellertid programmet godtagbart då inga avancerade energiberäkningar erfordras. Detta program är under skrivande stund under bearbetning och en mer avancerad utgåva förväntas vara klar inom en snar framtid.

6.4 KLIMATDATA

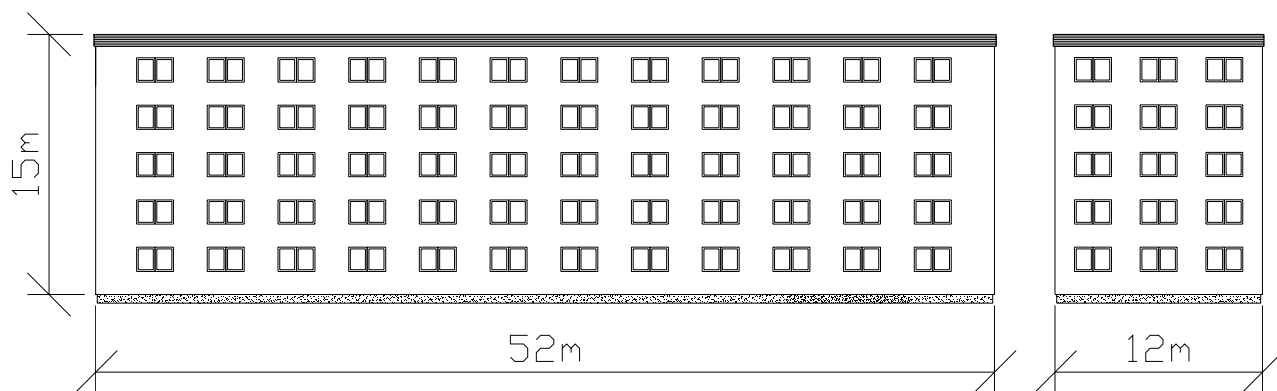
KLIMATDATA är ett gratisprogram som gavs ut av avdelningen för byggnadsfysik vid LTH december 1999. Den del av programmet som används beräknar risken för ytkondensation vid köldbryggor. För att erhålla utdata från programmet krävs innetemperatur, gränstemperatur, fuktillskott samt temperatur på köldbryggan relativt innetemperaturen. Utdata redovisas som en fördelningsfunktion, d.v.s. risken i procent som föreligger för ytkondensation samt total tid under året som eventuell risk finns.

7 Metod

7.1 Typhus

För att undersöka möjligheten till invändig tilläggsisolering måste stor vikt läggas på fuktsäkerhet. Examensarbetet grundar sig på undersökning av utvalda konstruktioner från miljonprogrammet. I undersökningen läggs det stor vikt på att enbart analysera väggarnas känslighet för invändig tilläggsisolering, framförallt i form av fukt men även till viss del av energibesparande effekt. För att göra undersökningarna jämförbara skapas ett typhus. På detta hus appliceras den väggtyp som avses undersökas. Då typhusets alla areor och tekniska egenskaper för byggnadsdelar som inte ingår i undersökningen hålls konstanta kan de olika väggtypernas egenskaper jämföras. Detta innebär även att huset kan förflyttas till olika delar i Sverige, vilket visar konstruktionens känslighet för klimatvariationer.

Typhuset har en bestämd geometri och utformning och är framtaget utifrån boken ”Så byggdes husen 1880 - 2000”²². Husets geometri skapades genom en uppmätning och medelvärdsbildning av för miljonprogrammet typiska konstruktioner för flerbostadshus.



Figur 7: Fasadritning på typhuset som används i undersökning av invändig tilläggsisolering.

Det framtagna typhuset består av ett 5-våningshus med mått som framgår i figur 7. Byggnadens totala uppvärmda golvarea, d.v.s. area med temperatur över 10 °C, uppgår till 2929,8 m². Val av fönster, tak samt golvkonstruktion anpassas till tidens standard.

Typhusets golvkonstruktion består inifrån räknat av:

- 130 mm betong
- 30 mm cellplast

I beräkningen antas det även finnas 150 mm kapillärbrytande och dränerande skikt bestående av makadam under grundplattan.

²² Björk C, Kallstenius P, Reppen L (2003), *Så byggdes husen 1880-2000*

Takkonstruktionen består inifrån räknat av:

- 180 mm betong
- 170 mm mineralull
- Plåt som skyddande takbeläggning

Typhuset har en total fönsterandel på 15 % av golvytan. U-värdet på fönstren är satta till 1,8 W/(m²·K). Detta värde motsvarar fönstrets totala U-värde d.v.s. inklusive karm.

Då enbart klimatskärmens egenskaper är av intresse hålls även installationstekniska egenskaper konstanta. Ventilationsflödet i byggnaden sätts till 0,35 l/(s·m²). Vid energiberäkning kommer läckageflödet för byggnaden anpassas till det förväntade värdet för konstruktionen. Byggnadens lufttäthet innan och efter åtgärd är svår att uppskatta. Läckageflödet beror till stor del på arbetsutförandet. I undersökningen antas det att lufttätheten kommer att förbättras efter tilläggsisolering.

Val av inomhustemperatur i dagens bostäder är högst individuell. Normalt brukar inomhustemperaturen i flerbostadshus ligga mellan 20-24°C²³. En låg inomhustemperatur är ogynnsam för fukttillståndet i omslutande invändiga byggnadsytor i klimatskalet. I typhuset antas det vara 20°C konstant över året.

I en byggnad finns det normalt olika typer av fuktproduktion. Denna kommer framförallt från avdunstning, disk, tvätt, dusch etc. Fukttillskottet i en byggnad definieras som skillnaden mellan ånghalt inomhus och ånghalt utomhus. Fukttillskottet ligger normalt mellan 1,5 – 4 g/m³ för lägenheter i flerbostadshus²⁴. I samtliga fuktberäkningar för typhuset har fuktproduktionen satts till 4 g/m³, vilket innebär att den relativa fuktigheten inomhus överstiger 75 % RF under sommarmånaderna. Ytterväggens insida kommer därmed att ligga på relativa fuktigheter som överskrider de kritiska. Detta är inget som beaktas i fuktberäkningarna. Normalt är att fukttillskottet sjunker under sommaren när den relativa fuktigheten ökar inomhus. En högre relativ fuktighet inomhus medför att fuktavgivningen dämpas. En annan trolig orsak är ökad vädring samt att exempelvis torkning av tvätt sker utomhus under sommarmånaderna.

23 Harderup E. (1999), *Klimatdata för fuktberäkningar*

24 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

7.2 Ytterväggskonstruktioner

Det finns en mängd olika typer av väggkonstruktioner som uppfördes under miljonprogrammet. I detta examensarbete har fokus lagts på två av dessa. Urvalet har främst skett genom litteraturstudier.

7.2.1 Gasbetonghus

Gasbetonghus blev vanligt redan i början 1930-talet. En annan vanligt benämning på materialet är lättbetong. Till en början användes gasbetongblock som fogades ihop med kalkbruk. I början av 1950-talet satte utvecklingen fart och de tidigare blocken blev slätare och måttriktigare. Blocken limmades ihop i fogarna och utformades till långsträckt gasbetongstav.²⁵ Gasbetonghusen är vanligtvis platsbyggda.

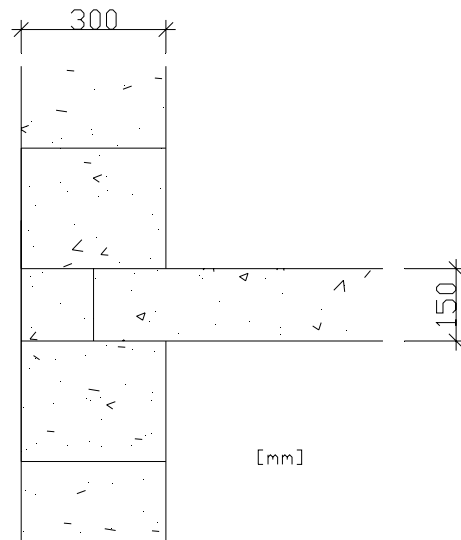
Strax norr om Karlskrona centrum ligger bostadsområdet Kungsmarken. Området byggdes i mitten av miljonprogrammet (1967–1973) av AB Karlskronahem.



Figur 8: Kungsmarken, Karlskrona.

Husen är uppförda i 300 mm gasbetongstav med limmade fogar. Bjälklagen består av 150 mm betong, se figur 9.

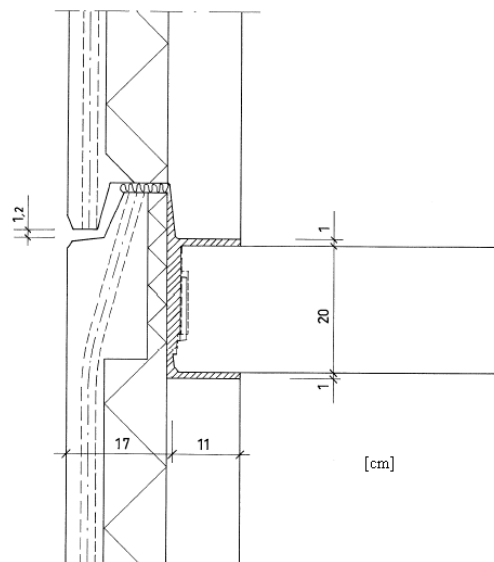
²⁵ Bjerking S E. (1987), *Ytterväggar och fönster*



Figur 9: Bjälklagsinfästning i väggkonstruktion av limmad gasbetongstav.

7.2.2 Betongelementhus

Under miljonprogrammet började en stor industrialisering inom byggbranschen. Element tillverkades på fabrik för att sedan transporteras ut till byggarbetsplatserna. En vanlig konstruktion var fasadelement av sandwichtyp, d.v.s. element bestående av två betongskivor med mellanliggande isolering. En av dessa metoder är det s.k. Skarnesystemet (se fig. 10).

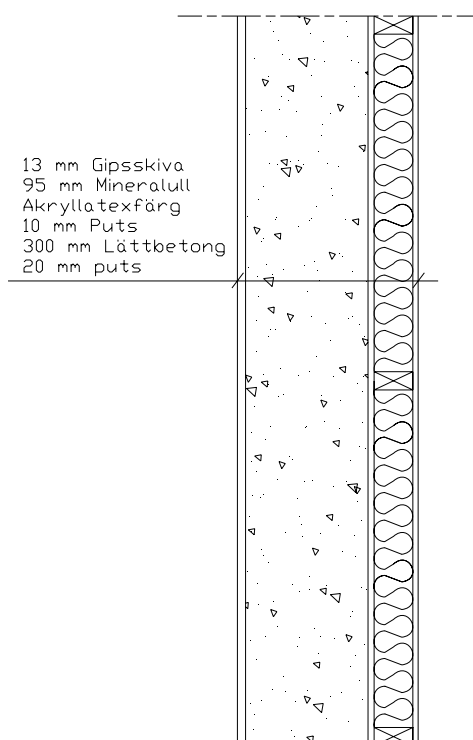


Figur 10: Bjälklagsinfästning för betongelement Skarnesystem.

Den inre fasadskivan är bärande, och det kantförstyvade bjälklagen ligger upplagt på denna skiva. Vid behov används även pelare som bjälklagsupplag. Senare kom skärpning av säkerhetskraven, vilket innebar att man övergick helt till att lägga upp bjälklagen på de bärande innerväggarna²⁶.

7.3 Tilläggsisolering av ytterväggskonstruktioner

Ytterväggskonstruktionerna nämnda ovan kontrolleras för en invändig tilläggsisolering. Principen för tilläggsisoleringen är en uppreglad träregelvägg c/c 600 mm med mellanliggande mineralullsisolering. Simulering utförs både med och utan diffusionsspärr i form av en polyetenfolie. Det förutsätts att den befintliga ytterväggskonstruktionen är oförändrad, d.v.s. eventuellt ytskikt på insidan avlägsnas inte innan tilläggsisoleringen utförs. För båda typerna av ytterväggar antas det finnas en invändig akryllatexfärg med ånggenomgångsmotståndet 25000 s/m. Ytterväggskonstruktionerna åskådliggörs i figur 11 och 12. För väggarnas ingående materials egenskaper antas ingen förändring skett under de gångna åren, d.v.s. värmekonduktivitet och ånggenomsläpplighet antas oförändrade sedan nybyggnad. Materialegenskaper är i största möjliga mån valda efter riktvärden^{27, 28}. För vissa material har ånggenomsläppligheten (δ) beräknats utifrån ånggenomgångsmotståndet samt materialets tjocklek. Väggarnas tillhörande materialegenskaper framgår i tabell 2 och 3.

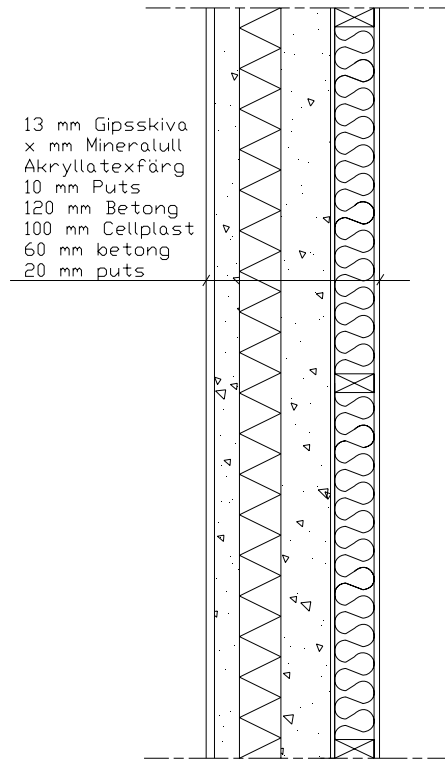


Figur 11: Gasbetong Kungsmarken efter invändig tilläggsisolering.

26 Björk C. m.fl. (2003), *Så byggdes husen 1880-2000*

27 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

28 Sandin K (1996), *Värme och fukt*



Figur 12: Betongelement Skarnesystem efter invändig tilläggsisoleing.

Tabell 2: *Materialegenskaper Gasbetonghus Kungsmarken.*

Gasbetonghus Kungsmarken	d	λ	δ
	m	W/(m·K)	m ² /s
Utvändig puts	0,02	1	3E-06
Gasbetong	0,3	0,15	4E-06
Invändig puts	0,01	1	3E-06
Ytskikt (Akryllatexfärg)	1,5E-04		6E-09
Mineralull	Varierande	0,038	2E-05
Träregel	Varierande	0,14	9E-07
Gipsskiva	0,013	0,22	4E-06
Ytskikt (Tapet)			

Tabell 3: *Materialegenskaper Betongelement Skarnesystem*

Betongelement Skarnesystem	d	λ	δ
	m	W/m·K	m ² /s
Utvändig puts	0,02	1	3E-06
Betong	0,06	1,2	1,1E-06
Cellplast	0,1	0,038	1,2E-06
Betong	0,12	1,2	1,1E-06
Invändig puts	0,01	1	3E-06
Ytskikt (Akryllatexfärg)	1,5E-04		6E-09
Mineralull	Varierande	0,038	2E-05
Träregel	Varierande	0,14	9E-07
Gipsskiva	0,013	0,22	4E-06
Ytskikt (Tapet)			

Väggarna analyseras med tilläggsisolering mellan 45 mm till 195 mm. En tjockare isolering än 195 mm antas bli skrymmande och inkräkta för mycket på bostadens area. Problem kan också uppstå med djupa fönstersmygar, vilket hindrar dagsljusets insläpp. Väggarna kommer att beräknas både med och utan diffusionsspärr i form av en polyetenfolie. Beräkningar utförs endast med diffusionsspärren placerad intill den inre gipsskivan. Om folien behöver flyttas längre in väggen p.g.a. installationer och dyl. erfordras ytterligare beräkningar innan konstruktionen kan accepteras.

7.4 Fukttillstånd i tilläggsisolerad vägg

En invändigt tilläggsisolerad vägg leder till att den ursprungliga väggen kommer att ligga i ett kallare klimat. Detta innebär att det kan uppstå höga relativa fuktigheter. Den relativa fuktigheten studeras genom beräkning på ett flertal punkter i väggen. Relativ fuktighet beror på aktuell ånghalt och temperatur. En låg temperatur medför en lägre mätnadsånghalt, vilket leder till en hög relativ fuktighet vid oförändrad ånghalt. Ånghaltsfördelningen uppstår genom diffusion och konvektion. Diffusion uppkommer p.g.a. koncentrationsskillnader, medan konvektionen beror på tryckskillnader över väggen. Den konvektiva ångtransporten sker genom otätheter. För att beräkna konvektiv ångtransport måste därför byggnadens täthet provas. I regel utförs tryckprovningen med 50 Pa övertryck. Läckflödet vid 50 Pa kan sedan räknas om till normala tryckdifferenser över konstruktionen (ekv. 10)²⁹.

$$r_L = r_{50} \cdot \left(\frac{\Delta p}{50} \right)^{0,7} \quad [\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})] \quad (10)$$

$r_L =$ Luftflöde, $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$

$r_{50} =$ Luftflöde vid 50 Pa tryckskillnad, $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$

$\Delta p =$ tryckdifferens, $[\text{Pa}]$

Med känt läckageflöde kan man införa ett ånggenomgångsmotstånd som tar hänsyn till byggnadens otätheter (ekv. 11)³⁰. Ångfördelningsberäkningen sker sedan i analogi med den rena diffusionsberäkningen.

$$Z_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{diff}} + r_L} \quad [\text{s/m}] \quad (11)$$

$Z_{tot} =$ Reducerat ånggenomgångsmotstånd, $[\text{s/m}]$

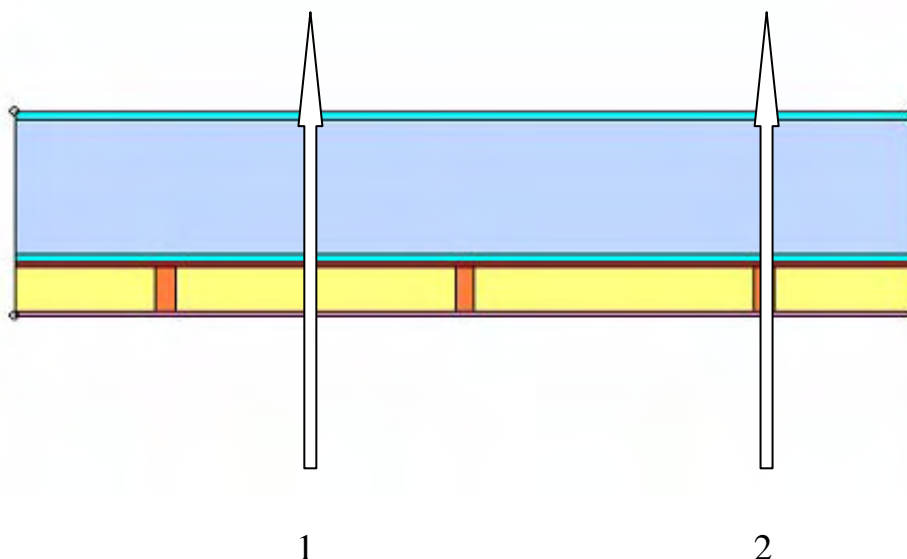
$Z_{diff} =$ Ånggenomgångsmotstånd för diffusion, $[\text{s/m}]$

²⁹ Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

³⁰ Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

Det reducerade ånggenomgångsmotståndet är ett teoretiskt värde. Vid beräkning av konvektivt fuktflödesmotstånd förutsätts att byggnaden har jämt utspridda otätheter. Detta innebär att det totala ånggenomgångsmotståndet blir lägre för samtliga byggnadsdelar. I praktiken uppstår ofta otätheter vid anslutningar och skarvar, d.v.s. i specifika punkter i byggnaden. En beräkning enligt ovan kommer alltså att medföra en fuktsäkerhetsprojektering med större säkerhetsfaktor.

Det krävs en avancerad handberäkning för att studera temperatur- och ånghaltsfördelningen i väggen två- och tredimensionellt. Vanligtvis utförs en handberäkning stationärt och endimensionellt. Detta innebär att beräkningen bara kan utföras genom ett bestämt snitt för konstruktionen (se figur 13). För att få en absolut korrekt uppfattning om hur den relativa fuktigheten är fördelad i väggen krävs beräkningsprogram som beaktar både två och tre dimensioner. I examensarbetet kommer både hand- och datorberäkning utföras genom väggen. Resultaten kommer sedan att jämföras och diskuteras.



Figur 13: Stationär endimensionell handberäkning innebär att enbart ett snitt genom konstruktionen beaktas. Ingen spridning i sidled förekommer.

Ett antal punkter i konstruktionen måste kontrolleras för kritiska relativa fuktigheter innan tilläggsisoleringen kan godtas. I det tvådimensionella beräkningsprogrammet *HEAT 2* simuleras ett horisontellt väggssnitt både för temperatur- och ånghaltsfördelning. Beräkningen resulterar i matriser innehållande de efterfrågade storheterna temperatur och ånghalt. Matrisernas storlek anpassas genom en förinställning i programmet. En stor matris innebär dock en lång beräkningstid. Genom att programmera en källkod i programmet *MATLAB R2006b* kan den relativa fuktigheten beräknas genom en överlagring av ånghalts- respektive temperaturmatrisen. Väggen kontrolleras på detta sätt för kondensrisk samt att inga kritiska relativa fuktigheter överskrids på något ställe i konstruktionen.

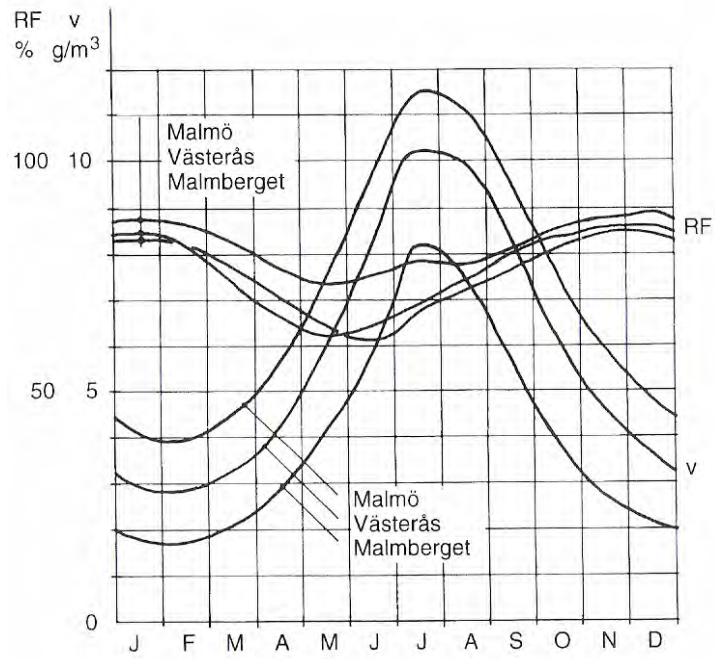
Värmeflödet och därmed fuktillståndet vid köldbryggor är komplext. Det finns en mängd olika köldbryggor i en byggnad. Köldbryggornas inverkan på fuktillståndet beror på köldbryggans utformning och konstruktion.

Köldbryggor såsom bjälklagsinfästningar och fönstersmygars inverkan ökar vid invändig tilläggsisolering av normala tjocklekar. Det ökade värmeflödet beror på att angränsande material är kallare efter än innan tilläggsisoleringen. En köldbrygga medför alltid en kallare yttemperatur på insidan än fullt isolerade ytor. Motsatsen blir också att den utvändiga yttemperaturen ofta blir varmare än fullt isolerade ytor. Förenklat uttryckt kan man säga att temperaturgradienten är mindre över köldbryggor. På ett visst djup i köldbryggan kommer alltså temperaturen att vara högre än i den fullt isolerade väggen. En låg yttemperatur medför dock en ökad risk för ytkondensation och därmed fuktskador. Den relativa fuktigheten kommer alltså att vara relativt högre på köldbryggans inneryta än fullt isolerade ytor. Den risk som föreligger för ytkondensation kontrolleras i programmet *Klimatdata för fuktberäkningar*.

Köldbryggor uppstår även vid vertikala hörn mellan två bjälklagsinfästningar. Dessa köldbryggor skiljer sig något från köldbryggorna vid exempelvis bjälklagsinfästningar. Ett hörn har en mindre inre yta relativt den yttre. Detta innebär att värmeflödet blir större än vid övriga väggar. Hörnets utformning medför att temperaturen på alla djup kommer att vara relativt lägre än vid övriga väggar. Vid ett hörn kan det alltså uppstå högre relativa fuktigheter djupare in i konstruktionen än vid en fullt isolerad vägg. Detta är ett tvådimensionellt problem som kontrolleras med programmet *HEAT 2*.

I ett tredimensionellt hörn vid en bjälklagsinfästning medför infästningen ett ökat värmeflöde. Detta värmeflöde innebär en högre temperatur i konstruktionen jämfört med i vertikala hörn mellan två bjälklagsinfästningar. Denna temperaturökning ger en lägre relativ fuktighet. Dock uppstår det låga yttemperaturer i hörnet. Dessa infästningar simuleras i *HEAT 3*.

Under året sker olika klimatvariationer. På sommaren är utomhustemperaturen och fuktigheten hög vilket leder till hög ånghalt. Trots detta kommer den relativa fuktigheten vara högre utomhus på vintern. Detta beror på att den lägre temperaturen medför en låg mätnadsånghalt och därmed en hög relativ fuktighet. Motsatsen gäller inomhus, d.v.s. den relativa fuktigheten kommer att vara lägre på vintern och högre på sommaren. Detta beror på att inomhustemperaturen 20 °C konstant över året (se fig. 14)



Figur 14: Relativ fuktighet och ånghalt utomhus över året.³¹

31 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

Beräkning av fukttillståndet i väggen sker på månadsbasis. Byggnaden simuleras för Sturups klimat. Beräkningen sker med 50 % fraktilen för den relativa fuktigheten samt 5 % fraktilen för temperatur. Detta innebär att månadsvärdena kommer att anta något extrema värden för den aktuella orten. Temperaturer och relativa fuktigheter visas i tabell 4.

Tabell 4: Klimatdata för energi- och fuktberäkningar³².

Månad	T [°C] 5 % Fraktil	RF [%] 50 % Fraktil
Jan	-6,70	91,0
Feb	-6,90	88,0
Mar	-2,60	85,0
Apr	3,80	77,0
Maj	9,00	71,0
Jun	11,90	75,0
Jul	14,10	77,0
Aug	14,60	78,0
Sep	10,00	83,0
Okt	6,30	89,0
Nov	1,60	90,0
Dec	-4,40	91,0

Om det visar sig att kondensbildning sker i väggen så kommer mängden kondens beräknas utan hänsyn till de ingående materialens fuktkapacitet. Kondensering i väggen godtas med villkoren att den uttorkade mängden är minst dubbelt så stor över året, samt att inga kritiska relativa fuktigheter överskrids eller att det finns risk för frostbildning. Som kritiska relativa fuktigheter används resultat från Statens provnings- och forskningsinstitut³³. För värden som anges i intervaller anses intervallets lägre värde som kritiskt. Mögeltillväxtens temperaturberoende kan ses som en stokastisk process. Det bör emellertid observeras att mögeltillväxten minskar med lägre temperatur. Undersökningar av mögeltillväxt vid låga temperaturer är dock mycket ofullständiga³⁴.

32 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

33 Johansson P. m.fl. (2005), *Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggnadsmaterial* –

Kunskapssammanfattning

34 Nevander L E, Elmarsson B. (2001), *Fukthandbok. Praktik och teori*

7.5 Energianvändning

För att få en uppfattning av hur energianvändningen påverkas av tilläggsisoleringen på de olika konstruktionerna, genomförs simuleringar med olika isoleringstjocklekar i programmet *ISOVER ENERGI*. För att få en mer realistisk undersökning av energibesparingen används även *HEAT*-programmen för beräkning av köldbryggornas inverkan. De köldbryggor som undersöks är anslutningar mellan bjälklag-yttervägg och fönster-yttervägg samt de hörn som bildas när två ytterväggar möts. Det finns ett flertal andra köldbryggor t.ex. där ytterväggen ansluter till tak eller grund, dessa analyseras dock inte då de beror på konstruktioner som inte prioriteras i examensarbetet.

Energianvändningen undersöks med samtliga standardtjocklekar på tilläggsisolering upp till 195 mm. För att även få en inblick i hur köldbryggorna påverkas med isolertjocklekar större än ovan nämnda görs simulering med 345 mm samt 495 mm.

För att kunna utreda köldbryggornas inverkan ur energisynpunkt genomförs först simuleringar av energiflödet genom respektive knutpunkt i programmet *HEAT*. De energiberäkningarna som genomförs med *ISOVER ENERGI* görs både med och utan detta flöde. Skillnaden blir den totala förlusten genom de tre köldbryggorna tillsammans.

Energiberäkningarna genomförs med avsikt att påvisa vilken energibesparing som kan erhållas för respektive konstruktion, med den från fuktberäkningen tjockaste tilläggsisoleringen som uppfyller kraven på fuktsäkerhet. Om fuktberäkningarna tillåter tjockare tilläggsisolering än 195 mm väljs ändå denna, då det antas mindre troligt att tjockare tilläggsisolering är önskvärd.

Möjligheterna till energibesparing undersöks också genom minskning av läckageflödet. För de ovannämnda beräkningarna används läckageflöden från tabell 5. Medianvinden i Sturup överskrider 5 m/s, och vindavskärmningen antas vara medelgod. Uppskattningen av lufttätheten är relativt komplicerad och detsamma gäller förbättringen i samband med tilläggsisolering. Gasbetongkonstruktionen antas från början ha ett läckageflöde på 5 oms/h, och efter tilläggsisoleringen antas värdet reduceras till 4 oms/h. För Skarnesystem antas ursprungsvärdet för befintlig konstruktion till 4 oms/h, och efter tilläggsisoleringen antas värdet bli 3 oms/h. Det högre läckageflödet för gasbetongkonstruktionen beaktar de limmade skarvarna i gasbetongstaven. Den försiktiga reduktionen av läckageflödena motiveras med att endast en del av klimatskärmen tilläggsisoleras, d.v.s. ingen åtgärd genomförs på tak, golv och fönster.

Tabell 5: Läckageflödet i omsättningar per timme som funktion av vindhastighet, avskärningsgrad samt byggnadens lufttäthet³⁵.

Vind- hastighet, m/s	Vind- avskärm- ning	Omsättning läckluft per timme Byggnadens lufttäthet		
		hög	medel	låg
0-2	god	0,05	0,1	0,15
	medel	0,07	0,15	0,2
	ingen	0,1	0,2	0,25
2-5	god	0,07	0,2	0,25
	medel	0,1	0,3	0,4
	ingen	0,15	0,4	0,5
> 5	god	0,1	0,3	0,4
	medel	0,15	0,4	0,5
	ingen	0,2	0,5	0,6

Tillkommande luftläckage för S- och F-ventilation. Vid balanserad ventilation dubblas dessa värden.

35 <http://energiradgivarna.com>

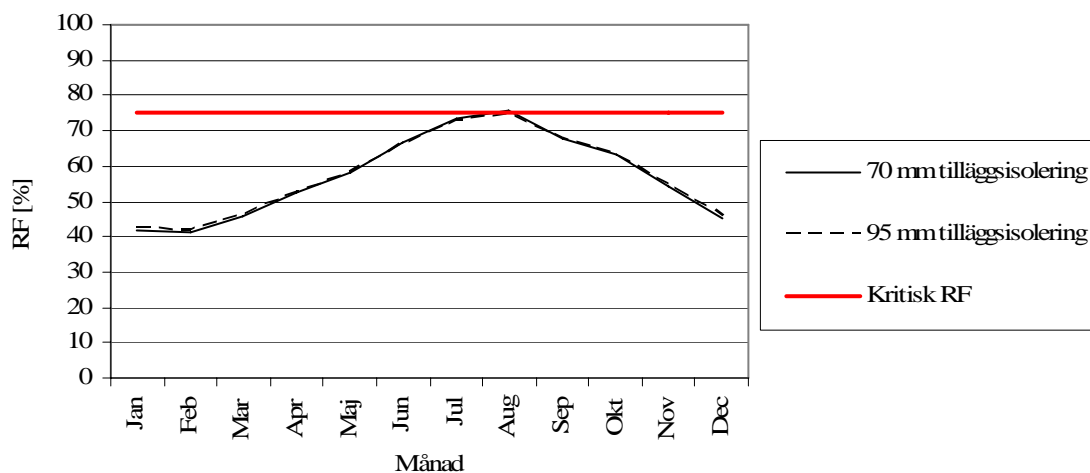
8 Resultat

8.1 Gasbetonghus Kungsmarken

8.1.1 Fuktteknisk bedömning av invändig tilläggsisolering

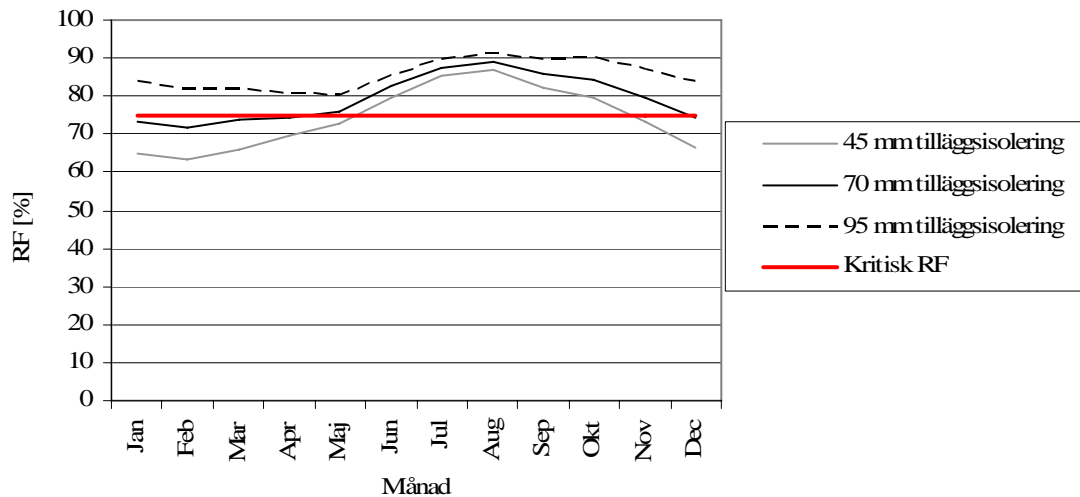
8.1.1.1 Handberäkning eller datorberäkning

Ursprunglig ytterväggskonstruktion består av gasbetongstav. Detta betongmaterial är oorganiskt och tål höga relativa fuktigheter (90-95 % RF) utan att mikrobiell påväxt sker³⁶. Det föreligger dock en risk att kondensation sker i gasbetongen. Kondensationsmängden får inte vara större än den mängden fukt som tillåts avdunsta vid en uttorkningsperiod. Vid en invändig tilläggsisolering, uppbyggd av trävirke och mineralull, kommer de kritiska punkterna för höga relativa fuktigheter ligga mellan den uppreglade tilläggsisoleringen och den befintliga väggen. En stationär endimensionell handberäkning leder till att ingen spridning förekommer i sidled mot angränsande materialskikt. Felmarginalen mellan en handberäkning och en tvådimensionell datorberäkning beror på väggens uppbyggnad. För att åskådliggöra skillnaden utförs en handberäkning på ytterväggskonstruktionen beklädd med 70 mm respektive 95 mm invändig tilläggsisolering. Handberäkningen sker först över regelsnittet, och det antas inte finnas någon ångspärr i konstruktionen. Det resulterade fukttillståndet i ytterväggskonstruktionen skiljer sig markant mellan hand- och datorberäkningen. En fullständig redovisning av alla resultat är meningslös. I det följande visas istället speciella intressanta resultat i materialskiktet vid regeln samt mineralullen. En tvådimensionell datorberäkning samt en endimensionell handberäkning jämförs i figur 14 och 15. Notera att handberäkning endast utförs på två tjocklekar av invändig tilläggsisolering. Utförliga handberäkningar med 70 mm respektive 95 mm tilläggsisolering utan plastfolie för gasbetonghus Kungsmarken visas i appendix – A.



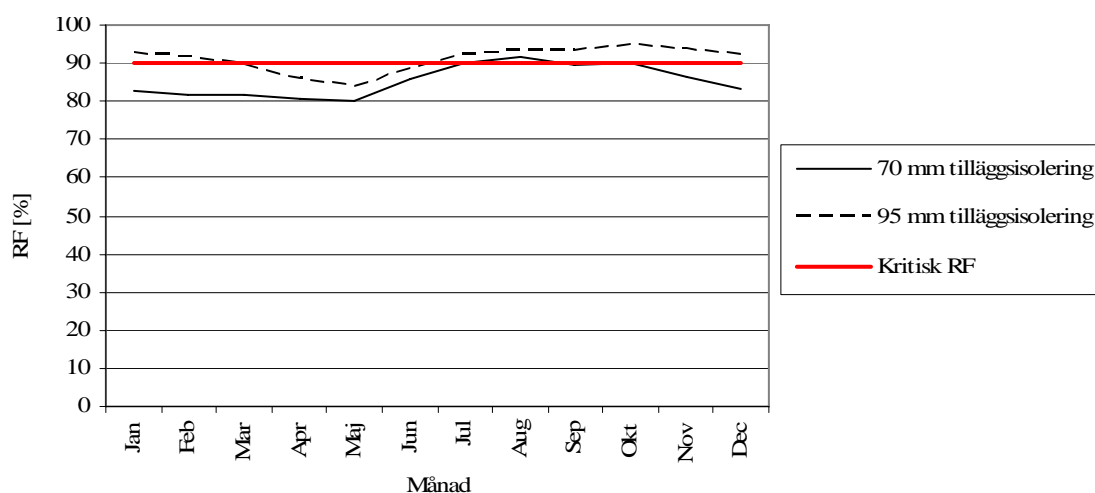
Figur 14: Endimensionell stationär handberäkning av relativ fuktighet bakom stående regel på gasbetongkonstruktion utan diffusionsspärr.

36 Johansson P. m.fl. (2005), Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggnadsmaterial - Kunskapsammanfattning

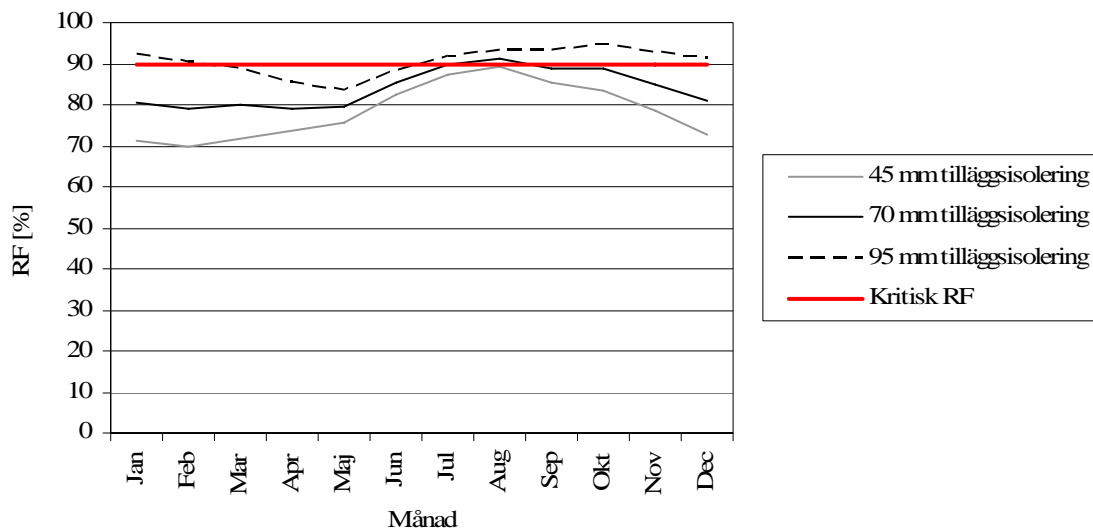


Figur 15: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom stående regel på gasbetongkonstruktion utan diffusionsspärr.

Handberäkningen visar att den relativa fuktigheten bakom regeln ligger under den kritiska för samtliga månader utom augusti där den överskrids med 0,6 procentenheter. Datorberäkning där flöden tillåts i sidled visar motsatsen, höga relativa fuktigheter hela året för 95 mm samt höga värden april till december vid 70 mm tilläggsisolering. Träregeln har en högre värmeledningsförmåga än isoleringen, vilket innebär en lägre temperatur bakom mineralullen. Motsatsen gäller för ångmotståndet, d.v.s. mineralullen ger ett högre ångflöde än träregeln. Bakom mineralullen kommer alltså den relativ fuktigheten vara högre. En endimensionell handberäkning över mineralullen visar relativa fuktigheter som mer överensstämmer med verkligheten. Detta beror på att mineralullen är bredare, vilket innebär att de angränsande reglarna inte påverkar resultat i så stor omfattning. En jämförelse mellan hand- och datorberäkning över mineralullen visas i figur 16 och 17.



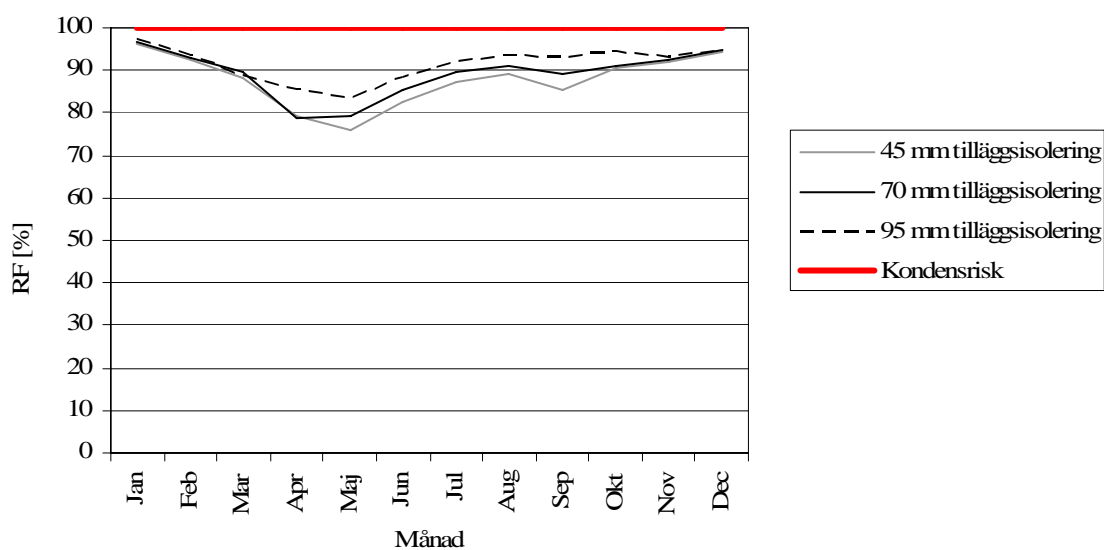
Figur 16: Endimensionell stationär handberäkning av relativ fuktighet bakom mineralull på gasbetongkonstruktion utan diffusionsspärr.



Figur 17: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom mineralull på gasbetongkonstruktion utan diffusionsspärr.

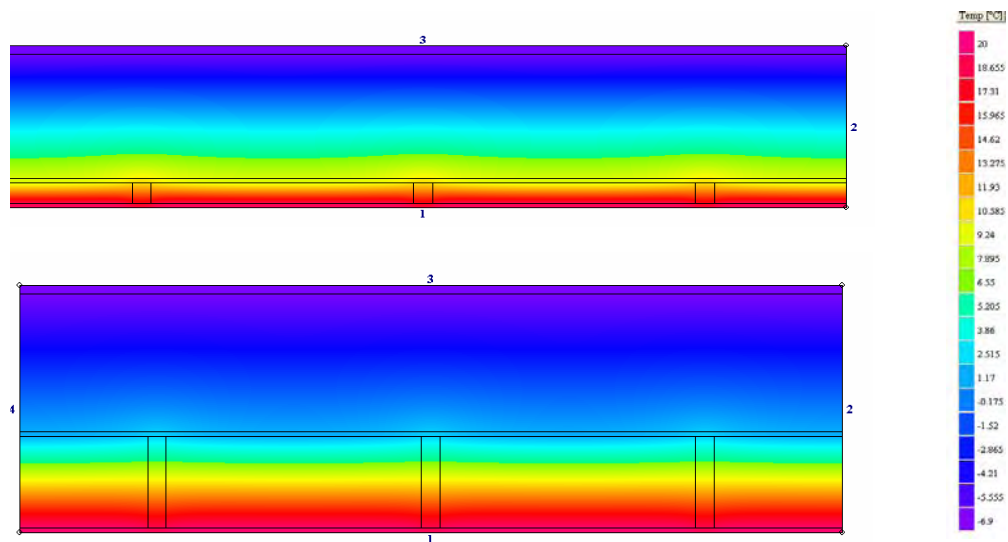
Slutsatsen av ovanstående resonemang är att en tvådimensionell stationär beräkning ligger närmare sanningen för aktuella relativa fuktigheter som råder i konstruktionen. Undersökning av möjlig tjocklek på den invändiga tilläggsisoleringen kommer därför helt och hållet att grunda sig på två- och tredimensionella beräkningar.

Den skapade källkoden för beräkning av relativa fuktigheter i programmet *MATLAB* visas i appendix - D. Körning av programmet visar enligt figur 15 att kritiska relativa fuktigheter uppstår i konstruktionen vid samtliga provade tjocklekar på tilläggsisoleringen utan diffusionsspärr. Dock sker ingen kondensation i väggen enligt figur 18.



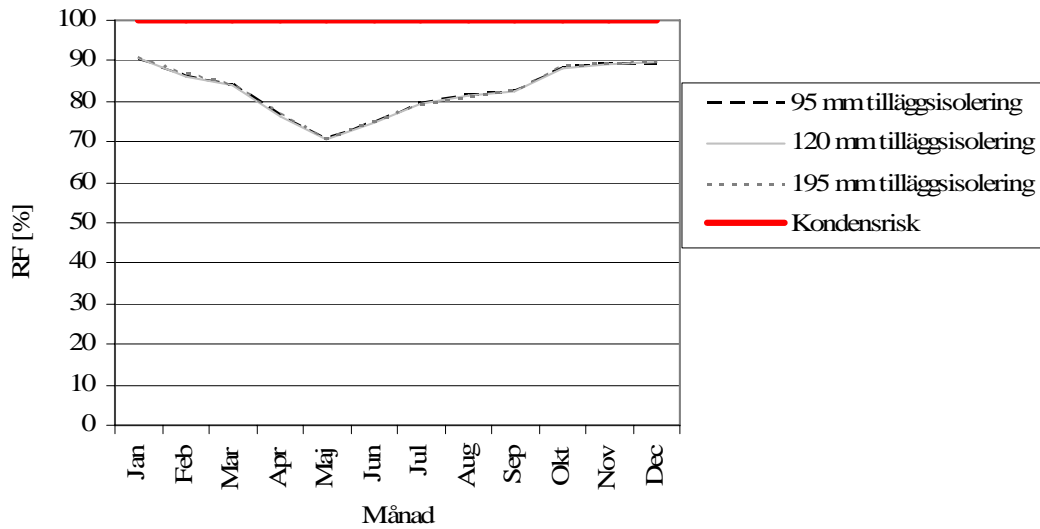
Figur 18: Tvådimensionell stationär datorberäkning av maximal relativ fuktighet i den befintliga konstruktionen. Ingen kondensisk föreligger med givna beräkningsförutsättningar i de olika konstruktionslösningarna. Tilläggsisolering utan diffusionsspärr.

Ytterväggskonstruktionens temperaturfördelning påverkas i högsta grad av tilläggsisoleringens tjocklek. Figurer 19 visar temperaturfördelningarna över ytterväggskonstruktionen med 45 mm isolering samt 195 mm i februari månad.

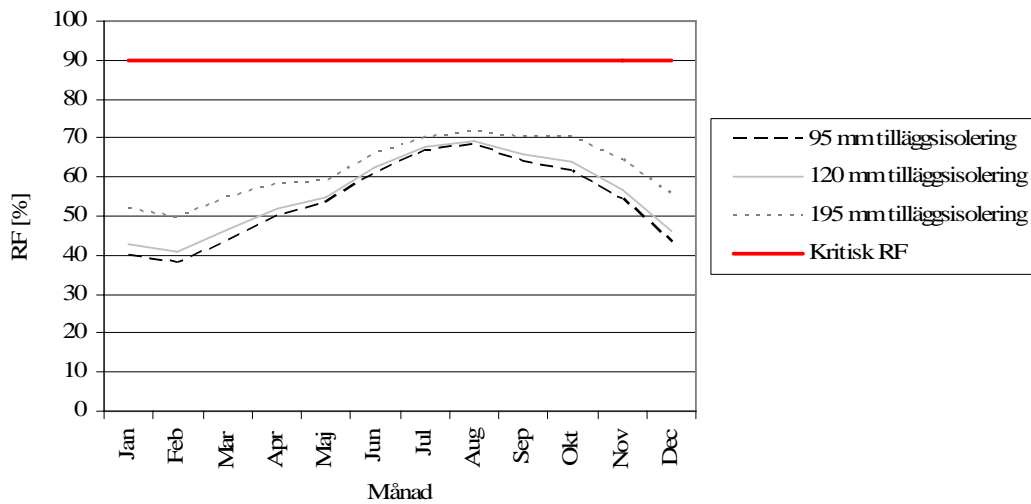


Figur 19: Temperaturfördelning över ytterväggskonstruktion av gasbetongstav. Den övre figuren med 45 mm invändig tilläggsisolering och den undre med 195 mm.

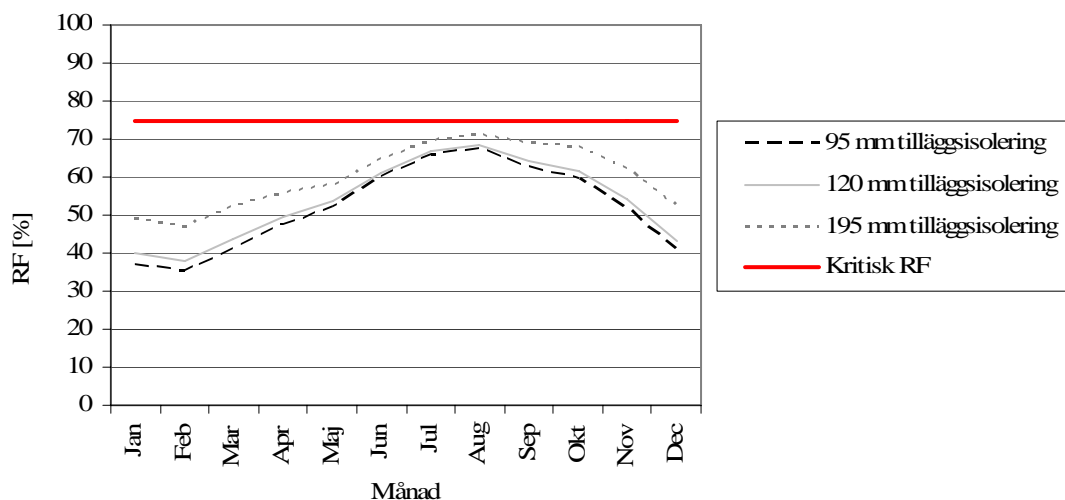
Med en hög ånghalt bidrar den låga temperaturen som uppstår i konstruktionen till höga relativa fuktigheter. Den kritiska punkten för höga relativa fuktigheter ligger i materialskiktet mellan gasbetong och uppreglad vägg där temperaturen är låg. För att sänka ånghalten kan en diffusionsspärr i form av en polyetenfolie monteras. Diffusionsspärren ska placeras så långt in mot varm sida som möjligt. Figurerna 20-22 visar högsta uppnådda relativa fuktigheten i konstruktionen, samt högsta relativa fuktigheter som uppstår invid träregeln och mineralullen vid simulering med en diffusionsspärr med ångmotståndet $Z = 3000 \cdot 10^3 \text{ s/m}$.



Figur 20: Tvådimensionell stationär datorberäkning av maximal relativ fuktighet i den befintliga gasbetongkonstruktion. Ingen kondensrisk föreligger med givna beräkningsförutsättningar i de olika konstruktionslösningarna. Tilläggsisolering med diffusionsspärr.



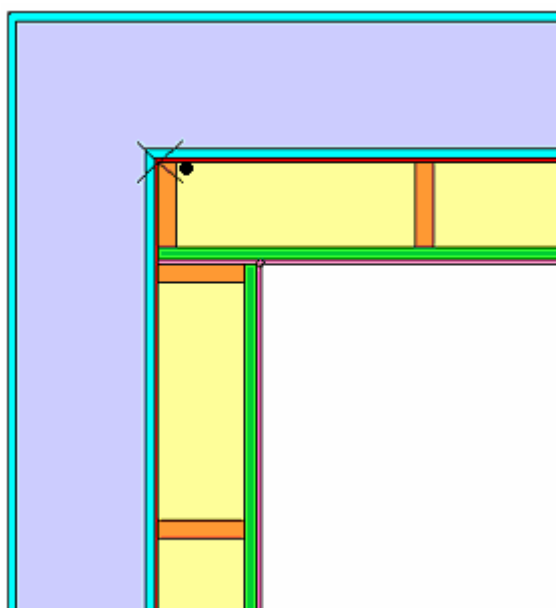
Figur 21: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom mineralull på gasbetongkonstruktion med diffusionsspärr.



Figur 22: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom stående regel på gasbetongkonstruktion med diffusionsspärr.

Resultatet visar att samtliga provade tjocklekar på tilläggsisoleringen leder till nivåer under kritisk relativ fuktighet samt att ingen kondensrisk föreligger. En förutsättning för ovanstående resonemang är att diffusionsspärren är helt tät, vilket också ger en god lufttätet.

I vertikala hörn mellan två bjälklagsinfästningar uppstår dock en lägre temperatur än i det ovan simulerade horisontalsnittet. Detta beror på köldbryggan över hörnet, där den inre ytans area är relativt mindre än den utvändiga (se figur 23). I tabell 6 visas relativ fuktighet i regelns yttre hörn med 195 mm tilläggsisolering.



Figur 23: Hörn där temperaturen antar låga värden.

Tabell 6: Relativ fuktighet i träregelns yttre hörn (kryssmarkering i figur 23) med 195 mm tilläggsisolering samt diffusionsspärr.

Gasbetonghus Kungsmarken med 195 mm isolering				
	T [°C]	v [kg/m ³]	v _s [kg/m ³]	RF _{Regel} [%]
Jan	-3,5369	0,0026	0,0036595	71,0
Feb	-3,7132	0,0025	0,0036075	69,3
Mar	0,0774	0,0034	0,0048742	69,8
Apr	5,7192	0,0049	0,0071356	68,7
Maj	10,3030	0,0063	0,0095915	65,7
Jun	12,8600	0,0080	0,0112554	71,1
Jul	14,7990	0,0095	0,0126782	74,9
Aug	15,2400	0,0098	0,0130226	75,3
Sep	11,1850	0,0079	0,0101396	77,9
Okt	7,9230	0,0067	0,0082382	81,3
Nov	3,7798	0,0049	0,0062732	78,1
Dec	-1,5093	0,0032	0,0043084	74,3

I detta hörn överskrids kritiska relativa fuktigheter (>75%) i augusti, september, oktober och november. Detta innebär att det finns risk för röta och mögelbildning. Fukttillskottet är för aktuell beräkning satt till 4 g/m³. Även om fukttillskottet skulle sänkas till hälften, d.v.s. 2 g/m³ skulle träregelns kritiska fuktighet överskridas. Genom att minska tilläggsisoleringens tjocklek till 120 mm uppstår inga kritiska fukttillstånd i regeln. En kontroll utförs även bakom mineralullen som angränsar mot hörnet. Resultatet åskådliggörs i tabell 7 och 8.

Tabell 7: Relativ fuktighet i träregelns yttre hörn (kryssmarkering i figur 23) med 120 mm tilläggsisolering samt diffusionsspärr.

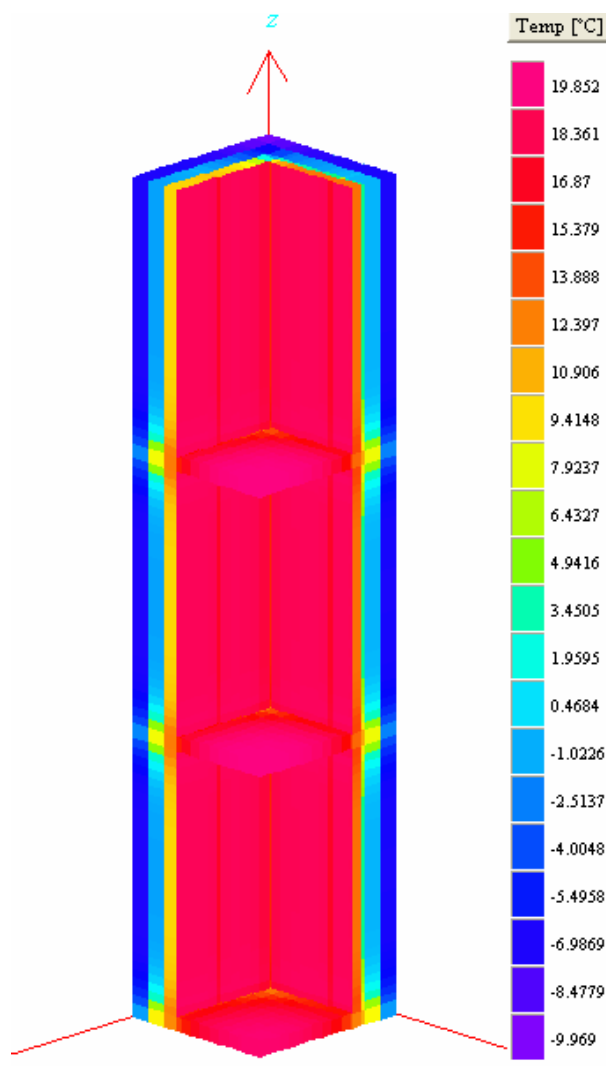
Gasbetonghus Kungsmarken med 120 mm isolering				
	T [°C]	v [kg/m ³]	v _s [kg/m ³]	RF _{Regel} [%]
Jan	-0,6253	0,0026	0,0046228	56,2
Feb	-0,7798	0,0025	0,0045664	54,7
Mar	2,5419	0,0034	0,0057712	58,9
Apr	7,4858	0,0049	0,0080085	61,2
Maj	11,5030	0,0063	0,0103438	60,9
Jun	13,7430	0,0080	0,0118852	67,3
Jul	15,4420	0,0095	0,0131831	72,1
Aug	15,8290	0,0098	0,0134952	72,6
Sep	12,2750	0,0079	0,0108543	72,8
Okt	9,4170	0,0067	0,0090669	73,9
Nov	5,7863	0,0049	0,0071672	68,4
Dec	1,1514	0,0032	0,0053192	60,2

Tabell 8: Relativ fuktighet i bakom mineralull som angränsar mot hörn (punktmarkering i figur 23).
120 mm tilläggsisolering samt diffusionsspärr.

Gasbetong Kungsmarken mer 120 mm isolering				
	T [°C]	v [kg/m ³]	v _s [kg/m ³]	RF _{Min.ull} [%]
Jan	-2,4732	0,0026	0,0039878	65,2
Feb	-2,6476	0,0025	0,0039322	63,6
Mar	0,9727	0,0034	0,0051850	65,6
Apr	6,3609	0,0049	0,0074427	65,8
Maj	10,7390	0,0063	0,0098592	63,9
Jun	13,1800	0,0080	0,0114803	69,7
Jul	15,0330	0,0095	0,0128600	73,9
Aug	15,4540	0,0098	0,0131927	74,3
Sep	11,5810	0,0079	0,0103944	76,0
Okt	8,4657	0,0067	0,0085313	78,5
Nov	4,5087	0,0049	0,0065861	74,4
Dec	-0,5428	0,0032	0,0046532	68,8

8.1.1.2 Ytkondensation

En tilläggsisolering innebär kallare yttemperatur på vissa köldbryggor. En kall yttemperatur kan leda till ytkondensation och ansamling av damm och smuts. Simulering i programmet *HEAT 3* visar att bjälklagsinfästningen i ytterväggens hörn ger den kallaste yttemperaturen för den aktuella konstruktionen, se figur 24. I simuleringen har det invändiga ytövergångsmotståndet (R_{si}) dubblas, p.g.a. stillastående luft i hörnet.



Figur 24: Gasbetonghus Kungsmarken med 120 mm tilläggsisolering. Figuren föreställer ett hörn med tre bjälklagsinfästningar.

För att kontrollera risken för ytkondensation med 120 mm tilläggsisolering används programmet *klimatdata för fuktberäkningar*. Programmet beräknar sannolikheten samt antal timmar ytkondensation sker över ett normalår. Som indata till programmet krävs den relativa yttemperaturen på köldbryggan jämfört ute. Genom att beräkna hörnkonstruktionen i *HEAT 3* med 0°C ute samt +1°C inomhus kan den relativa yttemperaturen avläsas direkt i programmet. Med 120 mm tilläggsisolering uppgår den relativa yttemperaturen till 0,6735°C, d.v.s. när det är -10°C utomhus och +20°C inomhus är den invändiga yttemperaturen 10,2°C.

Förutom relativ ytemperatur krävs byggnadens gränstemperatur (ekv. 12)³⁷. Detta är temperaturen när uppvärmningen startar. För att beräkna följande används resultatet från energiberäkningen i programmet *ISOVER ENERGI*, se appendix - F.

$$T_{gräns} = T_{inne} - \frac{P_{gratis}}{Q_{tot}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (12)$$

$T_{gräns}$ = Gränstemperatur, [$^{\circ}\text{C}$]

T_{inne} = Inomhustemperatur, [$^{\circ}\text{C}$]

P_{gratis} = Byggnadens utnyttjade gratistillskott, [W]

Q_{tot} = Byggnadens energiförluster för ventilation och transmission, [W/K]

Total utnyttjad energi (W_{utn}) för den aktuella byggnaden är summan av tillskottet från solinstrålning samt internvärme. Internvärme är energi som avges från hushållsmaskiner, belysning, människor etc. För den aktuella byggnaden är denna satt till 1 W/m^2 . Detta är ett förutsatt värde i programmet *ISOVER ENERGI* som inte ändras då undersökningen endast fungerar som en parameterstudie. Enligt resultatet i appendix - F uppgår den totala utnyttjade energin (W_{utn}) till $106\,637 \text{ kWh/år}$.

$$P_{gratis} = \frac{W_{utn}}{\text{timmar per år}} = \frac{106\,637 \cdot 10^3}{8760} = 12173 \text{ W} \quad (13)$$

Den totala energiförlusten (W_{tot}) p.g.a. transmissions- och ventilationsförluster uppgår till $379\,710 \text{ kWh/år}$. Årsmedeltemperaturen för Sturup är 8°C . Den totala energiförlusten beror på skillnaden mellan årsmedeltemperaturen och innetemperaturen, d.v.s. $20^{\circ}\text{C} - 8^{\circ}\text{C} = 12^{\circ}\text{C}$. Detta är en förenkling som i sammanhanget kan accepteras.

$$Q_{tot} = \frac{W_{tot}}{8760} / 12 = \frac{379\,710 \cdot 10^3}{8760} / 12 = 3612 \text{ W/K} \quad (14)$$

$$T_{gräns} = T_{inne} - \frac{P_{gratis}}{Q_{tot}} = 20 - \frac{12173}{3612} = 16,63^{\circ}\text{C} \quad (15)$$

37 Jensen L, Warfvinge C (2001), *Värmebehovsberäkning*

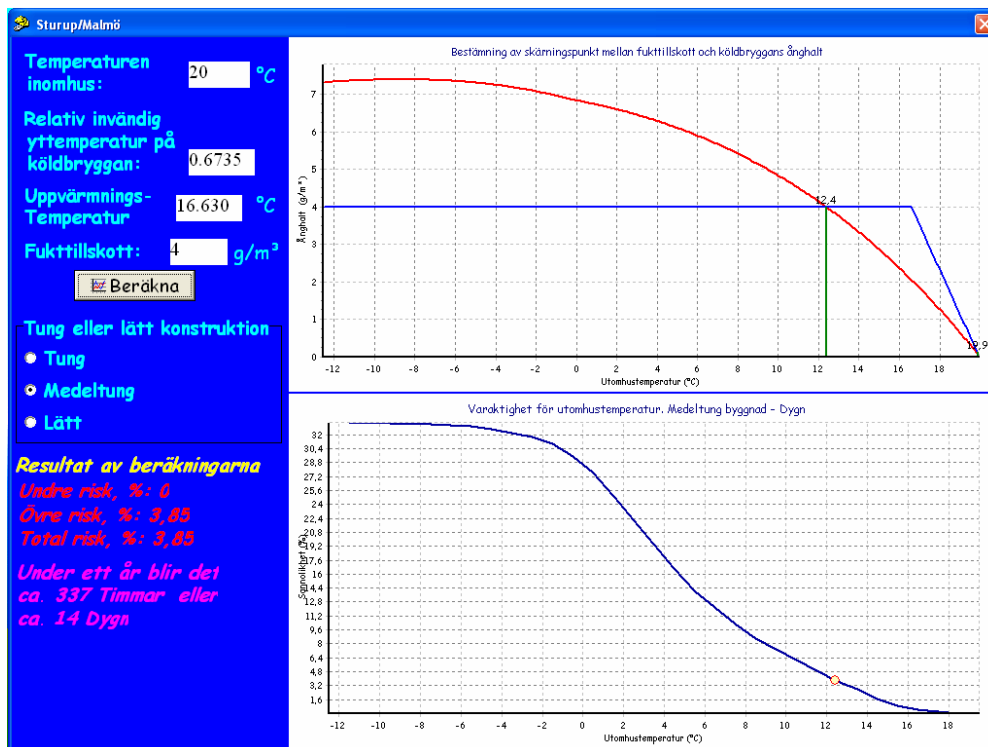
Resultatet i programmet *Klimatdata för fuktberäkningar* visas i två olika diagram (se figur 25). Det översta diagrammets bågformade kurva visar hur mycket ånghalten måste öka innan ytkondensation sker på köldbryggan. Den underliggande kurvan visar fuktillskottet i byggnaden. I skärningspunkten mellan de olika kurvorna sker ytkondensation på köldbryggan.

Det undre diagrammet visar hur stor sannolikheten är för kondensation. Ingångsvärdet för detta diagram är den lägsta temperaturen vid vilken ytkondensation först sker. Undre risk innebär att ytkondens bildas på köldbryggan vid utomhustemperaturer som oftast understiger 0°C och övre risk temperaturer därutöver. I beräkningen har stommen satts till medeltung konstruktion.

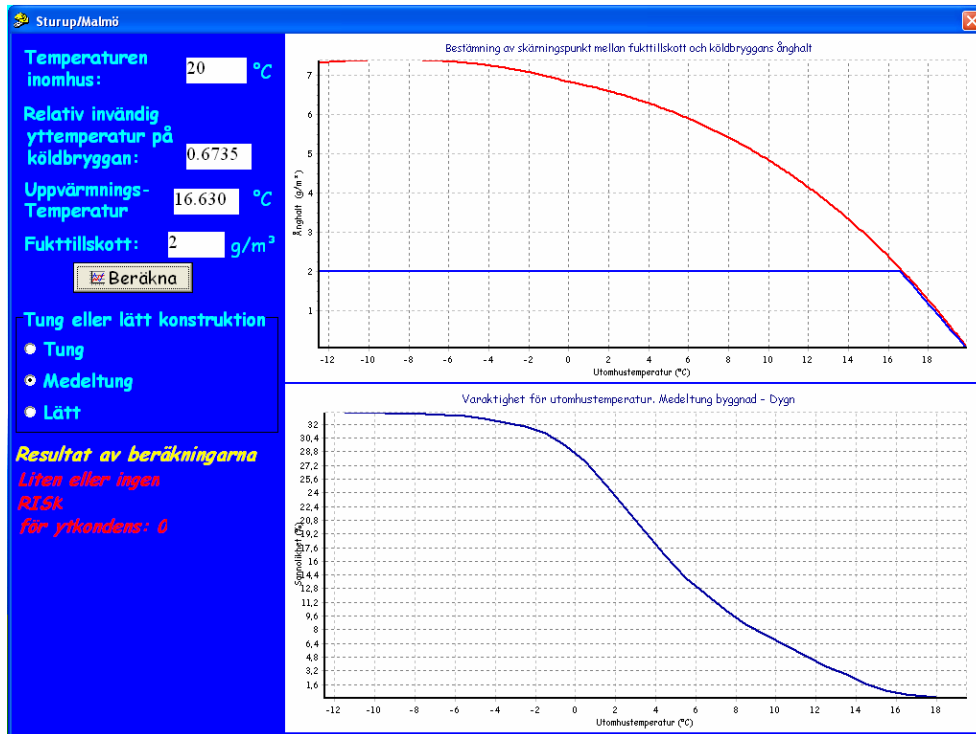
Resultatet visar att det sker ytkondensation vid utomhustemperaturer strax över 12°C. Detta innebär en sannolikhet på 3,85 %, vilket motsvarar ca 14 dygn om året.

Huruvida denna ytkondensation kan accepteras eller inte kan diskuteras. En ytkondensation är synlig, vilket innebär att en skada upptäcks relativt lätt. Om fuktproduktionen är så pass hög som beräkningen antar d.v.s. 4 g/m³ är det viktigt att inte hindra ventilationsflödet till hörnet.

Om fuktillskottet sänks till 2 g/m³ kommer ingen ytkondensering att ske på köldbryggan (se figur 26).



Figur 25: Beräkning av risk för ytkondensation på köldbrygga med fuktillskottet 4 g/m³.



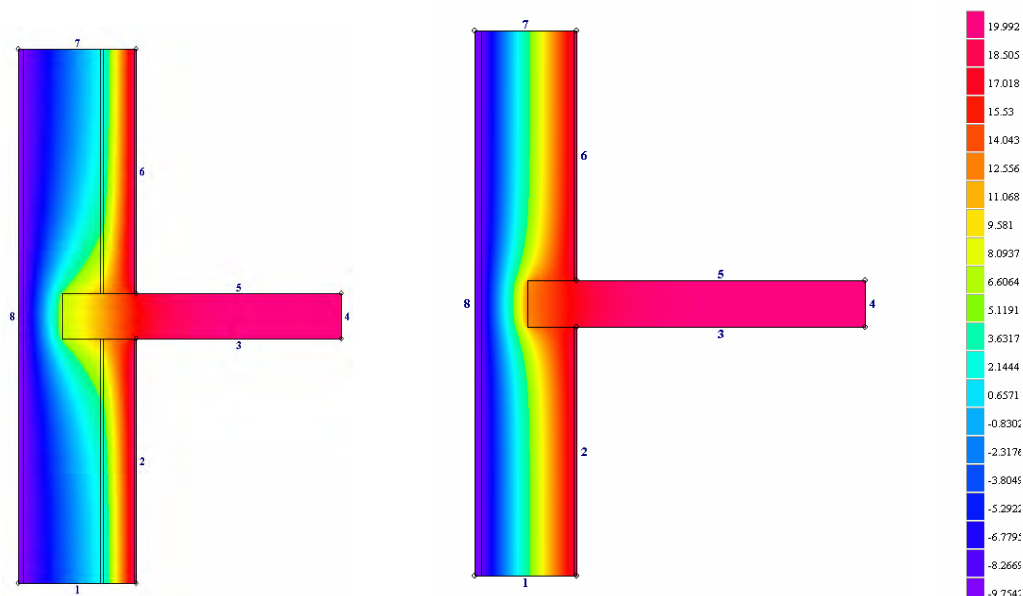
Figur 26: Beräkning av risk för ytkondensation på köldbrygga med fukttillskottet 2 g/m³.

8.1.2 Energianvändning efter tilläggsisolering

Energiflödet genom köldbryggan som skapas vid bjälklagsinfästningen ökar till en början med tjockleken på tilläggsisoleringen. Efter att tilläggsisoleringen uppnått en viss tjocklek börjar flödet genom köldbryggan att minska, se tabell 9. Ökningen av energiflödet uppstår p.g.a. att själva knutpunkten mellan bjälklaget och ytterväggen blir kallare med ökad isoleringstjocklek (figur 27). Den energiflödesminskning som kan noteras vid mycket tjock tilläggsisolering kan förklaras av att energiflödet nu måste passera en längre del av bjälklaget innan det når utsidan av fasaden, d.v.s. bjälklagets värmemotstånd ökar.

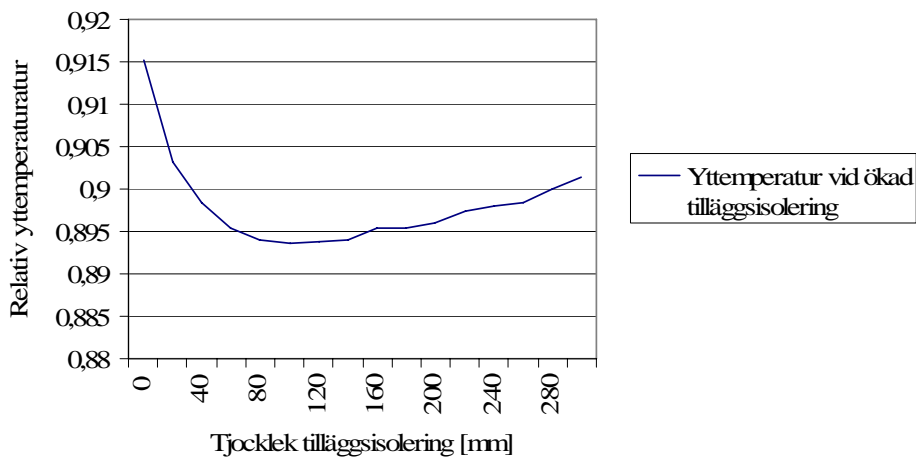
Tabell 9: Energiflödet genom bjälklagsinfästningen med olika isoleringstjocklekar

Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Köldbryggans storlek [W/(m·K)]
0	0,07
20	0,0953
45	0,1227
70	0,1351
95	0,1471
120	0,1521
145	0,1568
170	0,1584
195	0,1595
345	0,1522
495	0,1394



Figur 27: Temperaturfördelning genom bjälklagsinfästningen med 120 mm tilläggsisolering (t.v.) samt utan tilläggsisolering (t.h.).

Temperaturen på bjälklaget intill ytterväggen sjunker med ökad tilläggsisolering. När isoleringen uppnår en viss tjocklek kommer dock denna temperatur åter att öka. Beräkning visar att en invändig tilläggsisolering på ca 650 mm ger samma yttemperatur som innan åtgärd. Figur 28 visar hur yttemperaturen påverkas av tilläggsisoleringen.

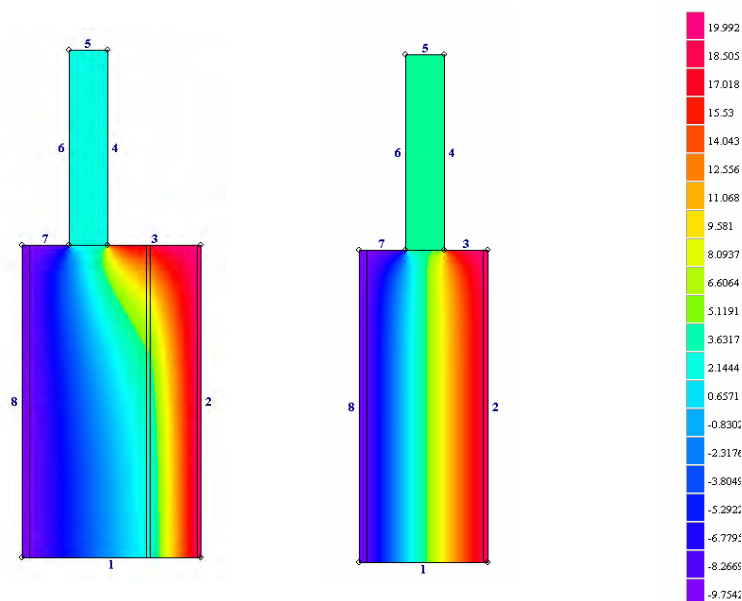


Figur 28: Yttemperatur på bjälklaget invid yttervägg som funktion av ökad invändig tilläggsisolering

Vid simulering av fönstersmygens energiflöde kan liknande tendenser noteras, dock utan energiflödesminskning vid mycket tjocka tilläggsisoleringar, se tabell 10. Skillnaden kan förklaras av att fönstersmygens area ökar med ökad tilläggsisolering samt att hela smygen exponeras för samma temperaturer oavsett tjockleken på tilläggsisoleringen. Temperaturfördelningen genom fönstersmygen åskådliggörs i figur 29.

Tabell 10: Energiflödet genom fönstersmygen med olika isoleringstjocklekar

Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Köldbryggans storlek [W/(m·K)]
0	0,0312
20	0,0433
45	0,0579
70	0,0658
95	0,0753
120	0,0806
145	0,0871
170	0,0907
195	0,0955
345	0,1114
495	0,1209

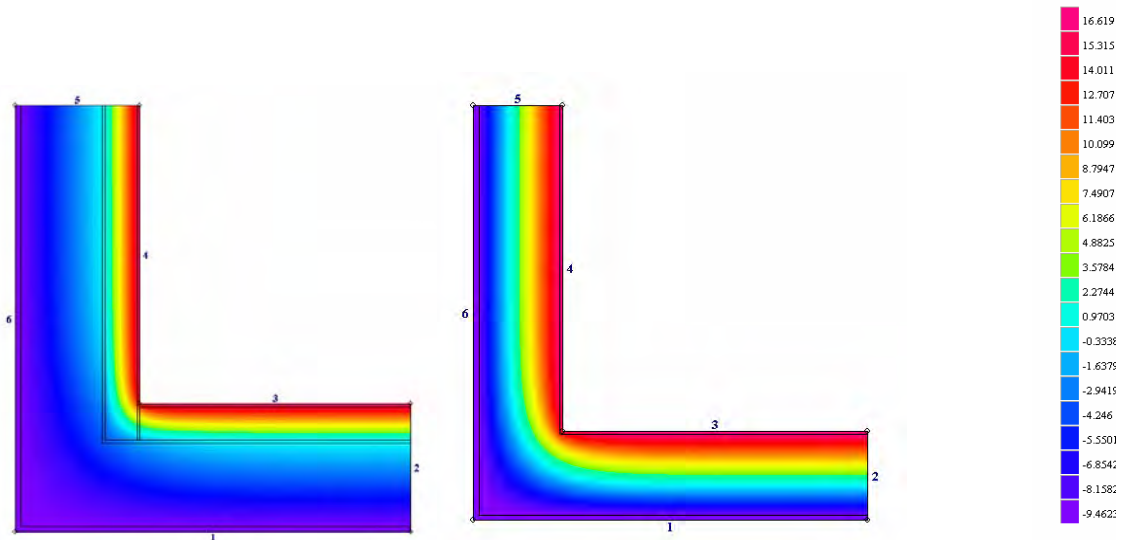


Figur 29: Temperaturfördelning genom fönstersmygen med 120 mm tilläggsisolering (t.v.) samt utan tilläggsisolering (t.h.).

I köldbryggan som uppstår i vertikala hörn ökar energiflödet genom hörnet med ökad tilläggsisolering. Efter att tilläggsisoleringen nått en viss tjocklek kommer denna trend att brytas och energiflödet kommer att börja minska, se tabell 11. En trolig orsak till detta är ett hörnets värmemotstånd blir större med ökad tilläggsisolering, samtidigt som avgivningsytan tilltar då köldbryggans utvändiga yta ökar medan den invändiga ytan är konstant. När isoleringen nått en viss tjocklek kommer värmemotståndet i isoleringen dominera, vilket kan förklara svängningen i värmeflödet. Till skillnad från de ovannämnda köldbryggorna kommer denna att medföra en temperatursänkning i konstruktionen, se figur 30. Hörnet måste således undersökas angående risk för överskridande av kritiska fukttillstånd.

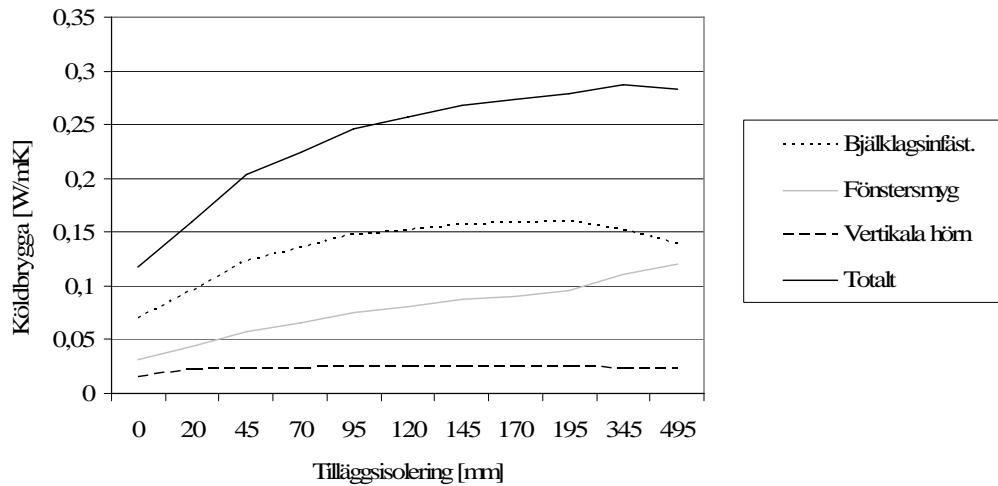
Tabell 11: Energiflödet genom vertikala hörn med olika isoleringstjocklekar.

Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Köldbryggans storlek [W/(m·K)]
0	0,0157
20	0,0216
45	0,0235
70	0,0239
95	0,0243
120	0,0244
145	0,0243
170	0,0243
195	0,0241
345	0,0236
495	0,0232



Figur 30: Temperaturfördelning genom hörnet med 120 mm tilläggsisolering (t.v.) samt utan tilläggsisolering (t.h.)

Figur 31 visar en sammanställning över de analyserade köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering.



Figur 31: Diagrammet visar en sammanställning över de analyserade köldbryggorna gasbetongkonstruktionen med ökad tilläggsisolering.

Enligt analysen av köldbryggornas inverkan kan det konstateras att dess medräkning är av yttersta vikt för en korrekt simulering av energianvändningen. Effekterna av icke medräknade köldbryggor ökar med isoleringens tjocklek. Tabell 12 presenterar hur energianvändningen p.g.a. köldbryggorna tilltar med ökad isoleringstjocklek.

Tabell 12: *Energianvändning för enbart köldbryggor vid olika isoleringstjocklekar.*

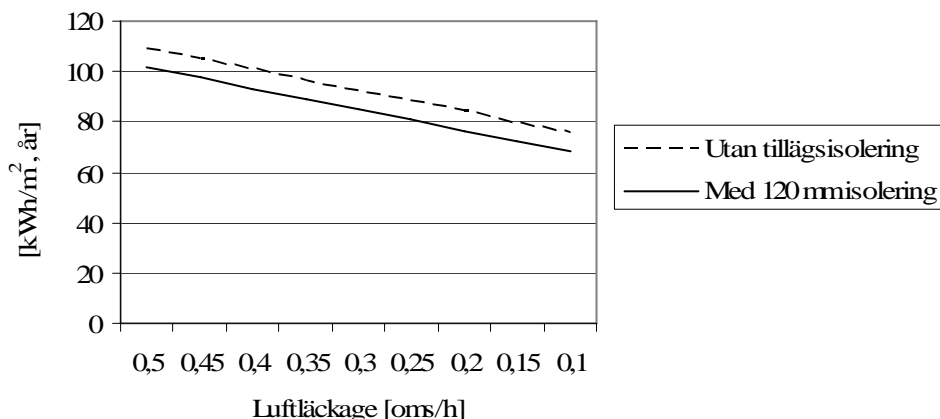
Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Energianvändning [kWh/m ² , år]
0	2
20	3
45	4
70	4
95	5
120	5
145	6
170	6
195	6
345	6
495	6

Tabell 13 visar den totala energibesparingen med ökad tilläggsisolering. Genom att tilläggsisolera med 120 mm invändig tilläggsisolering minskar energianvändningen med 16 kWh/(m², år), vilket motsvarar en relativ besparing på ca 15 %. I beräkningarna har läckageflödet innan åtgärd satts till 0,5 oms/h. En tilläggsisolering antas sänka läckageflödet till 0,4 oms/h. Detta förklarar det kraftigt ökade värdet mellan 0 mm och 20 mm tilläggsisolering.

Tabell 13: *Energianvändning med ökad tilläggsisolering samt total besparing relativt ingen åtgärd.*

Energianvändning med ökad tilläggsisolering inkl. köldbryggor		
Tilläggsisolering [mm]	Energianvändning [kWh/m ² , år]	Besparing [%]
0	109	0
20	98	10
45	96	11
70	95	12
95	94	13
120	93	15
145	93	15
170	92	16
195	92	16
345	90	17
495	89	18

Läckageflödet visar sig vara väldigt avgörande för den slutliga energianvändningen. Genom att reducera läckageflödet från 0,5 oms/h till 0,4 oms/h minskar energianvändningen med ca 8 kWh/(m², år), se figur 32. Detta motsvarar ungefär en lika stor besparing som en invändig tilläggsisolering på 120 mm utan förbättrat läckageflöde. Då en invändig tilläggsisolering medför stora ingrepp i väggkonstruktionen anses det angeläget att åstadkomma en god täthet i samband med denna. Tätheten är av väsentlig roll både för fuktsäkerhet, energibesparing samt den mekaniska ventilationens funktion. För att uppnå god lufttäthet i byggnader se BFR rapport T51998³⁸.



Figur 32: Luftläckagets inverkan på energianvändningen.

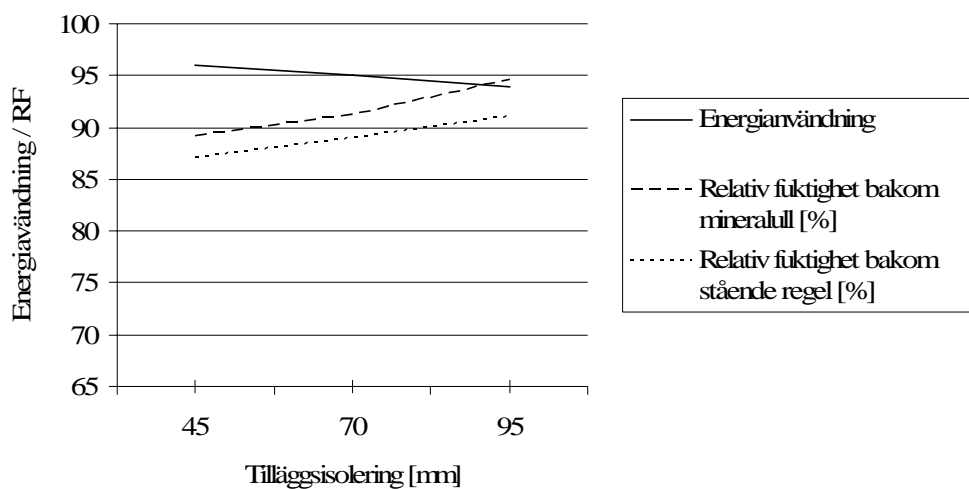
Energianvändningen sjunker med ökande tilläggsisolering. Enligt figur 33 och 34 är denna minskning relativt konstant. För att sänka värmetransmissionerna till hälften krävs en dubbling av väggens totala värmemotstånd. Detta innebär att effekten av tilläggsisolering minskar med en ytterligare ökning av tjockleken. En invändig tilläggsisolering innebär också att köldbryggornas totala inverkan tilltar. Resultaten i figur 33 och 34 anses anmärkningsvärda. Anledning till den relativt konstanta energiminskningen antas vara att *ISOVER ENERGI* inte räknar med full noggrannhet. I figurerna kan det också observeras att den relativa fuktigheten bakom mineralullen samt den stående regeln ökar med isoleringens tjocklek. Resultatet konstaterar att dessa materialens värmemotstånd är större än dess ångmotstånd, d.v.s. ånghalten blir obetydligt reducerad medan temperaturen sjunker kraftigt vilket medför en höjning av den relativa fuktigheten. Om RF överstiger materialets kritiska gräns finns det tre möjligheter:

- Materialet kan bytas ut mot ett material som har ett högre kritiskt fukttillstånd.
- Temperaturen kan ökas, genom t.ex. mindre isolering
- Ånghalten kan minskas genom t.ex. en diffusionsspärr.

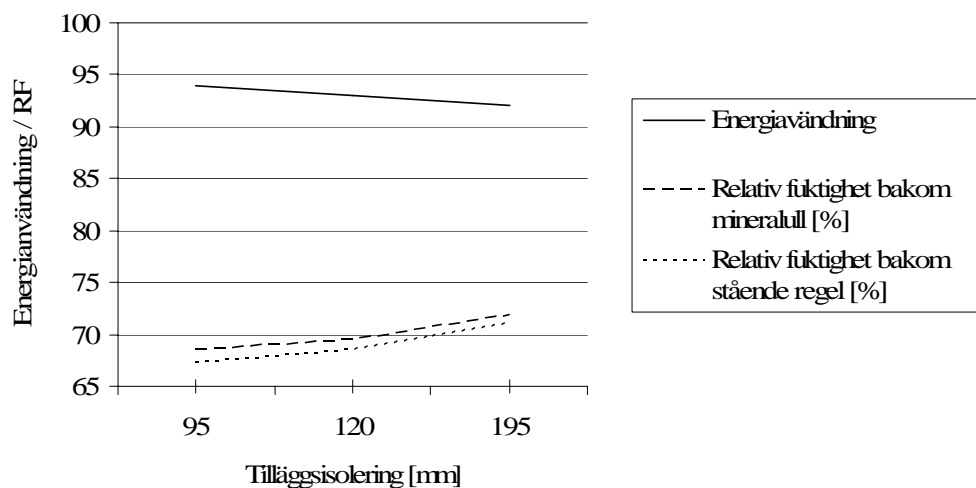
Vanligtvis monteras en diffusionsspärr för att försäkra sig mot höga relativa fuktigheter. Detta innebär att det finns möjlighet till tjockare tilläggsisolering. Vid beräkningen i figur 33 och 34

38 Adalberth K. (1998), *God lufttäthet. En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer*

kunde en sänkning av RF på över 20 procentenheter noteras då en diffusionsspärr användes i samband med 95 mm invändig tilläggsisolering.



Figur 33: Samband mellan energianvändning [kWh/m^2 , år] och relativ fuktighet [%] bakom uppreglad tilläggsisolering utan plastfolie.

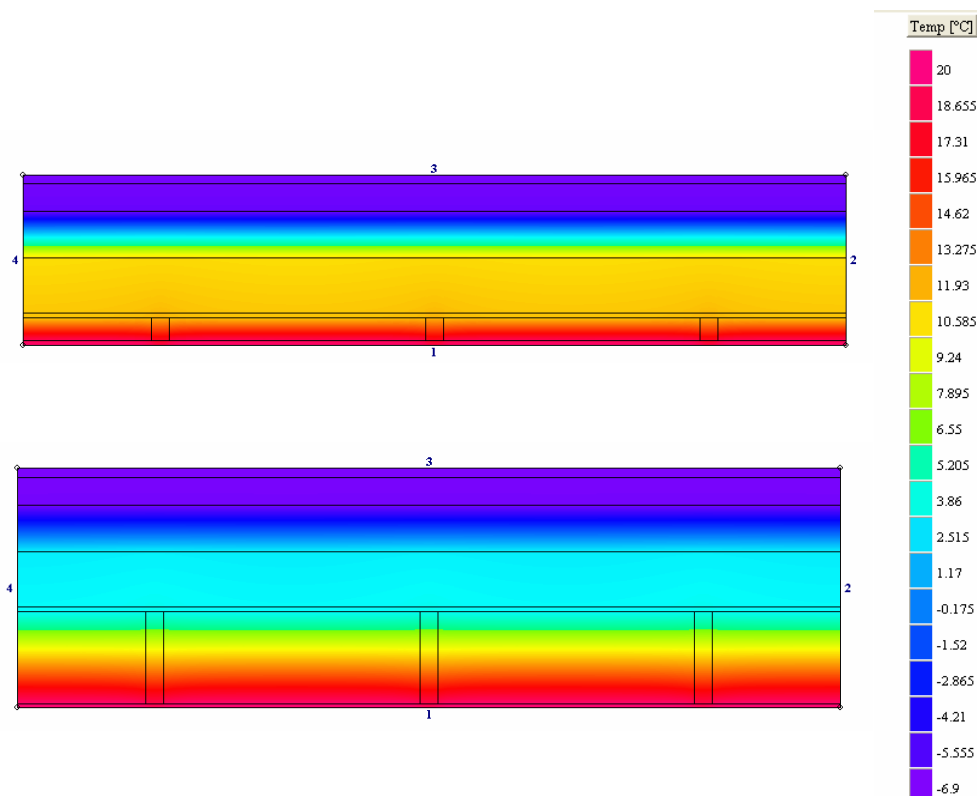


Figur 34: Samband mellan energianvändning [kWh/m^2 , år] och relativ fuktighet [%] bakom uppreglad tilläggsisolering med plastfolie.

8.2 Betongelement Skarnesystem

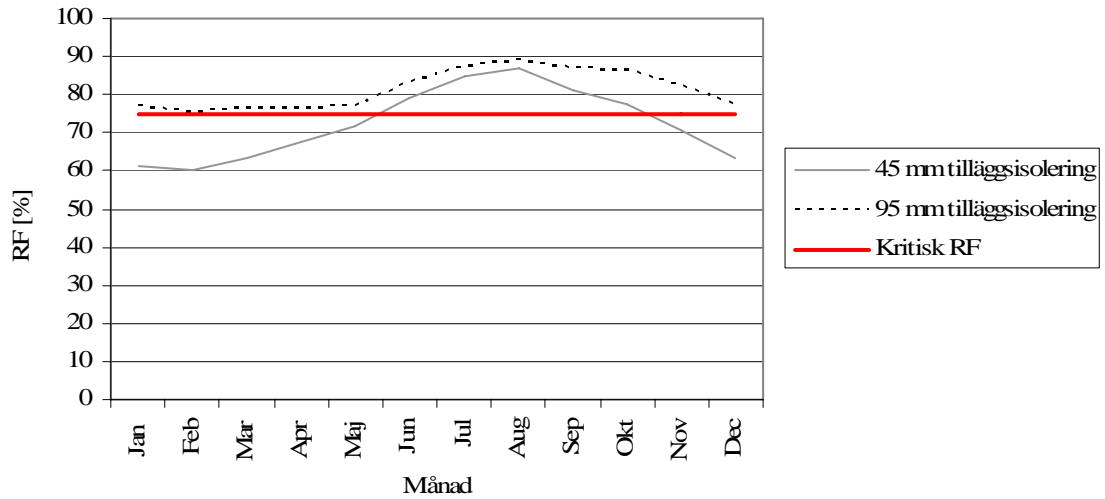
8.2.1 Fuktteknisk bedömning av invändig tilläggsisolering

Utredningsmetodiken för invändig tilläggsisolering för betongelement Skarnesystem är densamma som för gasbetonghus Kungsmarken. Detta är en sandwich-konstruktion vilket innebär två bjälklagsskivor med mellanliggande cellplast. Temperaturfördelningen skiljer sig därmed från gasbetongkonstruktionen. Figur 35 visar temperatursimuleringar i *HEAT 2* under februari månad med 45 mm respektive 195 mm invändig tilläggsisolering.

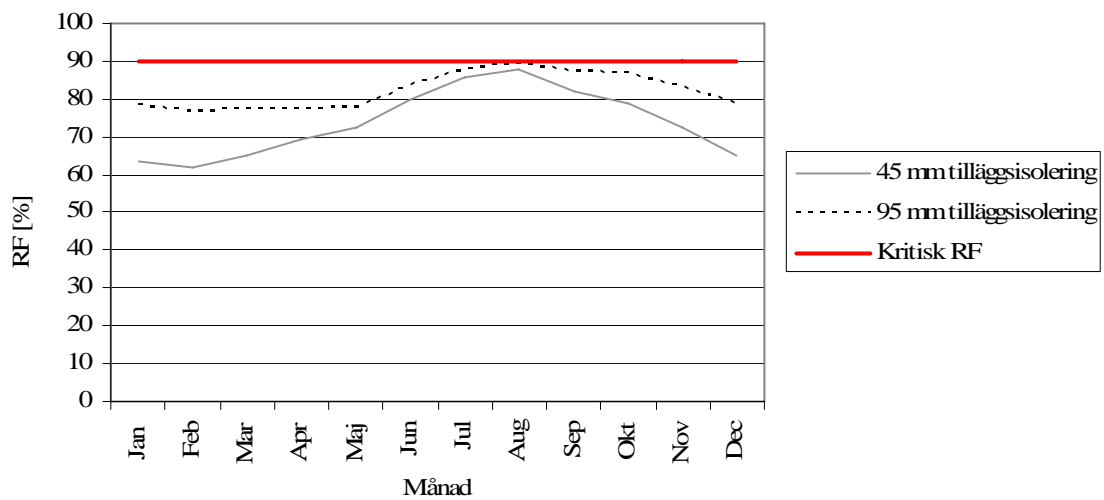


Figur 35: Temperaturfördelning över ytterväggskonstruktion av betongelement Skarnesystem. Den övre figuren med 45 mm invändig tilläggsisolering och den undre med 195 mm.

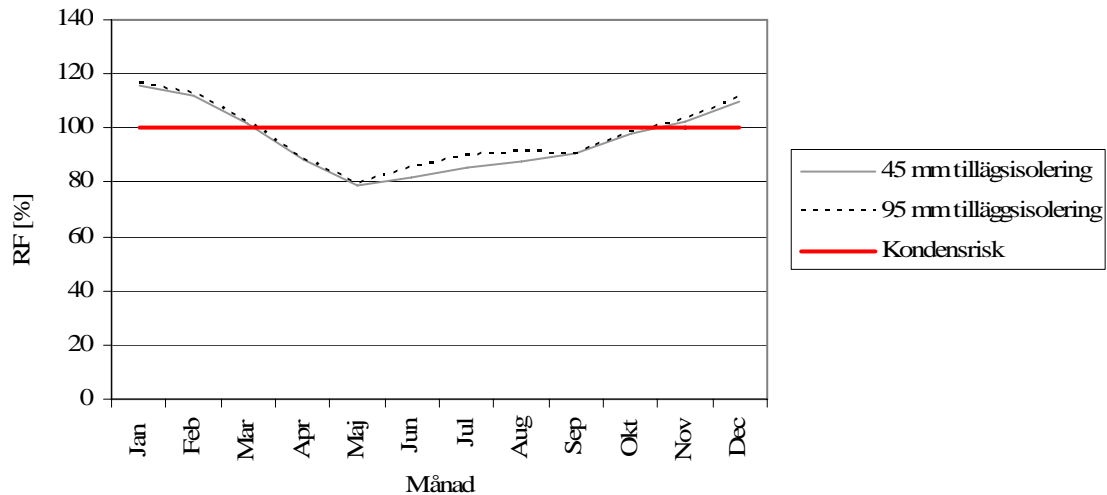
En vidare undersökning av ånghaltsfördelningen i programmet och beräkning i *MATLAB* ger resultat enligt nedanstående (figurer 36-38). Figurerna redovisar relativa fuktigheter bakom den uppreglade tilläggsisoleringen samt högsta uppnådda relativa fuktigheter i konstruktionen under årets samtliga månader.



Figur 36: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom stående regel på betongelementkonstruktion. Tilläggsisolering utan diffusionsspärr.

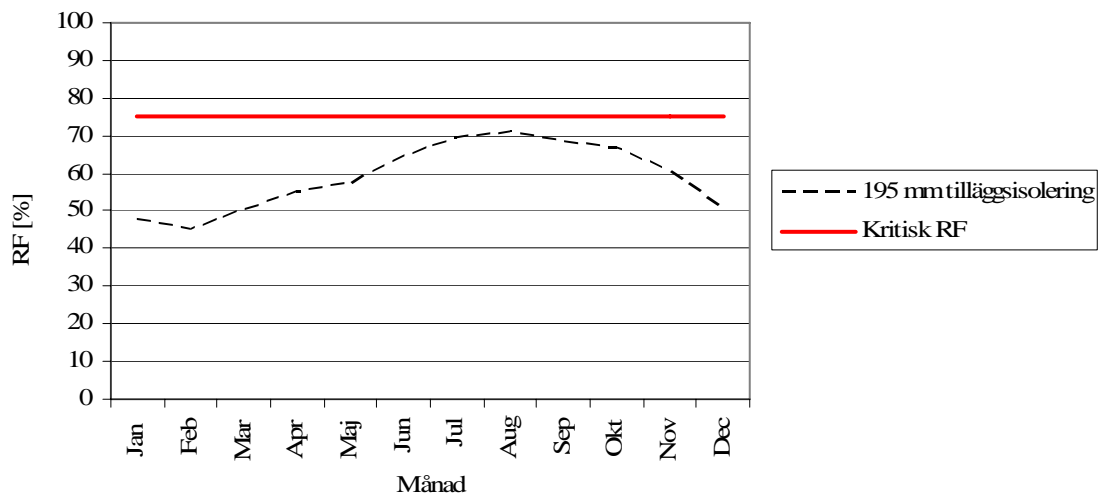


Figur 37: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom mineralull på betongelementkonstruktion. Tilläggsisolering utan diffusionsspärr.

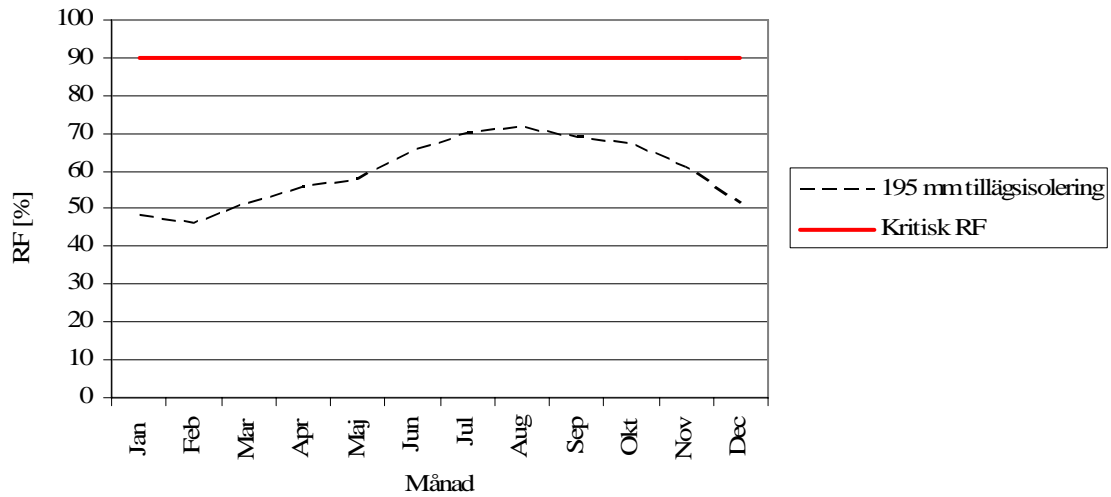


Figur 38: Tvådimensionell stationär datorberäkning av maximal relativ fuktighet i befintlig konstruktion. Tilläggsisolering utan diffusionsspärr.

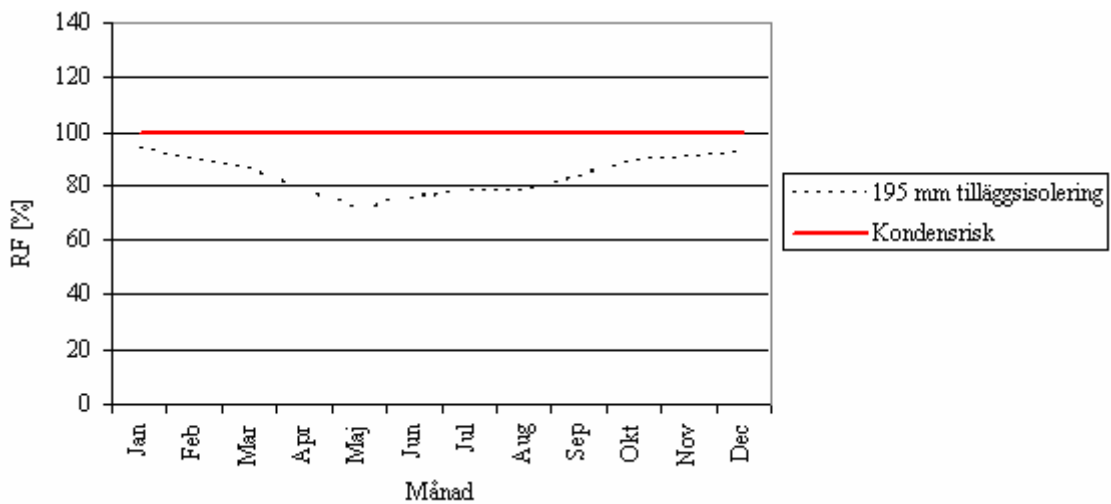
Resultatet visar att det sker kondensbildning i den befintliga konstruktionen samt att kritiska relativa fuktigheter för träregeln överskrids. Av figurerna kan det avläsas att träregelns fuktigheter uppgår till närmare 90 % RF under sommarmånaderna, medan kondensation sker under vinterhalvåret. Under vinterhalvåret är ånghalten låg utomhus. Detta innebär att kondensbildningen sker p.g.a. låga temperaturer i konstruktionen. Motsatsen gäller för träregeln som främst påverkas av sommarhalvårets höga ånghalter. För att minska de relativa fuktigheterna krävs en diffusionsspärr. Nedanstående (figur 39-41) visar väggens fuktillstånd med 195 mm tilläggsisolering samt en polyetenfolie placerad omedelbart innanför gipsskivan.



Figur 39: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom stående regel på betongelementkonstruktion. Tilläggsisolering med diffusionsspärr.



Figur 40: Tvådimensionell stationär datorberäkning av relativ fuktighet bakom mineralull på betongelementkonstruktion. Tilläggsisolering med diffusionsspärr.



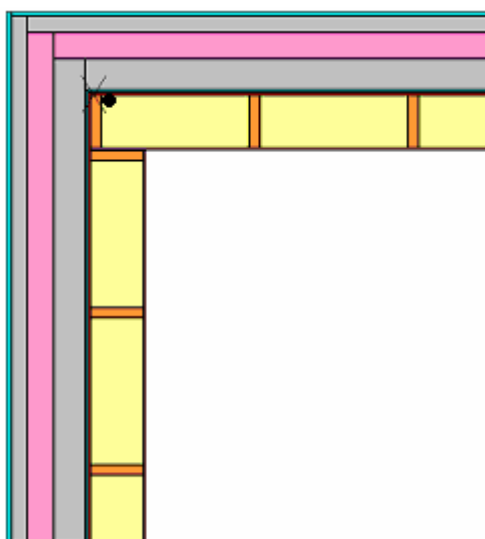
Figur 41: Tvådimensionell stationär datorberäkning av högsta relativa fuktigheten i betongelementkonstruktionen. 195 mm tilläggsisolering med diffusionsspärr.

Diffusionsspärren som används i beräkningarna i figur 39-41 antas ha ångmotståndet $Z = 3000 \cdot 10^3 \text{ s/m}$. Maximal relativ fuktighet uppgår till 70,89 % vid träregeln samt 71,17 % vid mineralullen. Ingen kondensation sker heller i konstruktionen, dock uppgår den maximala relativa fuktigheten i väggkonstruktionen till 94,04 % i januari månad. Detta värde ligger över den kritiska gränsen för betong och cellplast. Toppen kommer tillfälligt och överstiger den kritiska fuktigheten mellan november till februari. Mögelbildningen på oorganiska material som betong och cellplast är högst beroende på om materialen är fuktiga och smutsiga. Mikrobiell tillväxt är dessutom starkt beroende av temperaturen.

Det har med undersökningar visats att mögelsvampar som tillväxer vid höga relativa fuktigheter behöver en längre tid i fuktigt tillstånd för att tillväxa. Betong i 90 % RF och 15°C visade ingen tillväxt av svampar, dock en liten tillväxt vid 90 % RF och 23°C efter 28 dagar. Betong är oorganiskt och på materialet i sig sker ingen tillväxt av mögelvamp. En svamp kräver tillgång till näring, där nedsmutsning kan vara en sådan källa. Beträffande cellplastens mögelresistans finns det idag dåligt med källor. (Viitanen, 2004) fann dock mikrobiell påväxt på EPS (expanderad cellplast) vid långtidsexponering i 97 % RF³⁹.

Av ovanstående resonemang och då överskridande relativa fuktigheter uppkommer kortvarigt under året när temperaturen är låg anses risken för påväxt minimal.

Undersökning sker också i vertikalt hörn mellan två bjälklagsinfästningar. Resultatet visar att hörnet inte påverkar den relativa fuktigheten nämnvärt. Förutom en temperatursänkning p.g.a. att hörnets inre yta är relativt mindre än den yttre tillkommer även en sänkning av ånghalten. Förenklat uttryckt medger hörnet att den luftburna ångan kan diffundera i två riktningar. Förhållandet mellan ånghalt och temperatur beror på konstruktionens ingående material. En hörnkonstruktion (fig. 42) kan också påverka den relativa fuktigheten negativt, d.v.s. de ingående materialens kritiska fuktnivå överskrids (se gasbetonghus Kungsmarken). Det är därför viktigt att göra en fuktberäkning av hörnkonstruktionen, innan väggen kan accepteras. Resultatet av beräkningen redovisas i tabell 14 och 15.



Figur 42: Betongelement Skarnesystem. Figuren visar kritiska punkter för eventuellt höga relativa fuktigheter.

39 Johansson P. m.fl. (2005), *Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggnadsmaterial - Kunskapsammanfattning*

Tabell 14: Relativ fuktighet i träregelns yttre hörn (kryssmarkering i figur 42) med 195 mm tilläggsisolering samt diffusionsspärr.

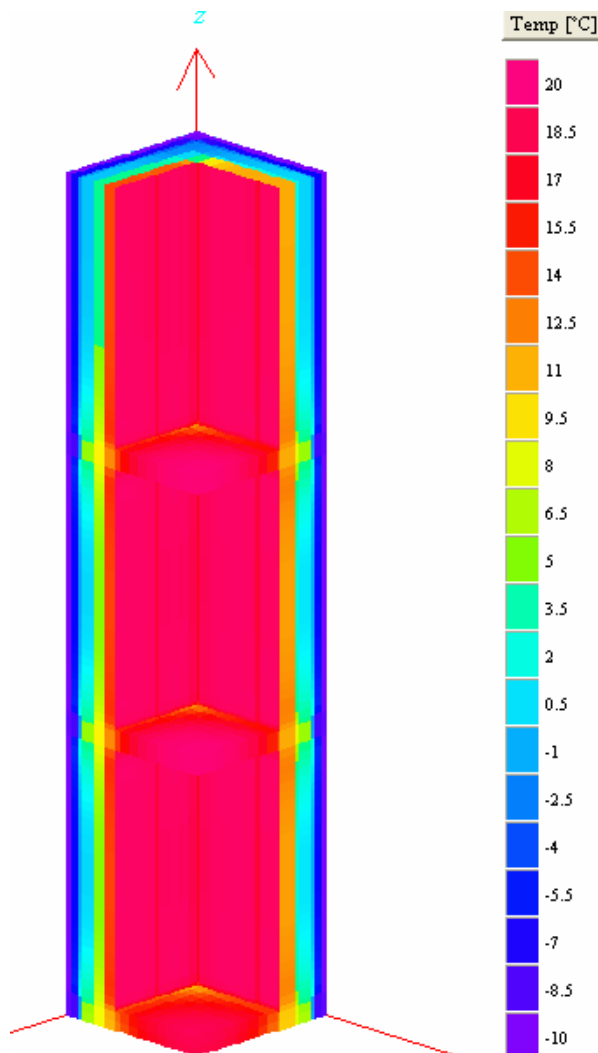
Betongelement Skarnesystem med 195 mm isolering				
	T [°C]	v [kg/m ³]	v _s [kg/m ³]	RF _{Regel} [%]
Jan	0,5759	0,0028	0,0050452	55,5
Feb	0,4304	0,0026	0,0049948	52,1
Mar	3,5586	0,0036	0,0061808	58,2
Apr	8,2146	0,0050	0,0083946	59,6
Maj	11,9980	0,0065	0,0106687	60,9
Jun	14,1070	0,0082	0,0121536	67,5
Jul	15,7080	0,0096	0,0133970	71,7
Aug	16,0720	0,0094	0,0136945	68,6
Sep	12,7250	0,0080	0,0111617	71,7
Okt	10,0330	0,0068	0,0094289	72,1
Nov	6,6141	0,0051	0,0075669	67,4
Dec	2,2492	0,0033	0,0056577	58,3

Tabell 15: Relativ fuktighet i bakom mineralull som angränsar mot hörn (punktmarkering i figur 42) med 120 mm tilläggsisolering samt diffusionsspärr.

Betongelement Skarnesystem med 195 mm isolering				
	T [°C]	v [kg/m ³]	v _s [kg/m ³]	RF _{Min.ull} [%]
Jan	-0,4998	0,0028	0,0046692	60,0
Feb	-0,6534	0,0026	0,0046125	56,4
Mar	2,6481	0,0036	0,0058129	61,9
Apr	7,5619	0,0050	0,0080481	62,1
Maj	11,5540	0,0065	0,0103769	62,6
Jun	13,7810	0,0082	0,0119130	68,8
Jul	15,4700	0,0096	0,0132054	72,7
Aug	15,8540	0,0094	0,0135156	69,5
Sep	12,3220	0,0080	0,0108860	73,5
Okt	9,4814	0,0068	0,0091041	74,7
Nov	5,8728	0,0051	0,0072081	70,8
Dec	1,2661	0,0033	0,0052905	62,4

8.2.1.1 Ytkondensation

En ökad invändig tilläggsisolering leder till en kallare yttemperatur på exempelvis bjälklagsinfästningar. I kommande avsnitt undersöks risken för ytkondensation på betongelement Skarnesystem med 195 mm invändig tilläggsisolering.



Figur 43: Betongelement Skarnesystem med 195 mm tilläggsisolering. Figuren föreställer ett hörn med tre bjälklagsinfästningar.

Liksom gasbetong Kungsmarken uppstår den kallaste yttemperaturen på ytterväggens hörn vid bjälklagsinfästningarna. Resultatet från HEAT 3-simuleringen visas i figur 43. Risken för ytkondensation undersöks i programmet *Klimatdata för fuktberäkningar*. Metodiken för indata beskrivs i avsnitt *Gasbetonghus Kungsmarken*. Beräkning av byggnadens gränstemperatur framgår i ekvation 16-19.

$$T_{gr\ddot{a}ns} = T_{inne} - \frac{P_{gratis}}{Q_{tot}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (16)$$

Byggnadens energiegenskaper beräknade i programmet *ISOVER ENERGI* redovisas i appendix - F.

$$W_{utm} = 103\,074 \text{ kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

$$W_{tot} = 347\,776 \text{ kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

$$P_{gratis} = \frac{W_{utm}}{8760} = \frac{103074 \cdot 10^3}{8760} = 11766 \text{ W} \quad (17)$$

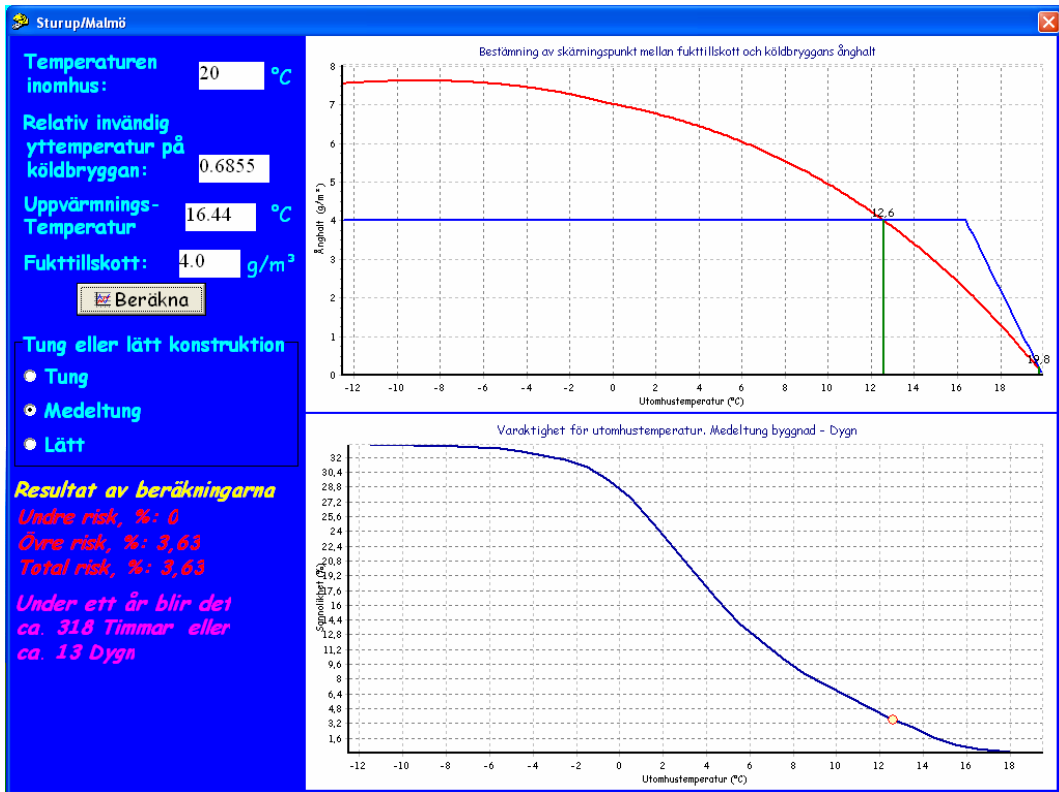
$$Q_{tot} = \frac{W_{tot}}{8760} / 12 = \frac{347776 \cdot 10^3}{8760} / 12 = 3308 \text{ W / K} \quad (18)$$

$$T_{gr\ddot{a}ns} = T_{inne} - \frac{P_{gratis}}{Q_{tot}} = 20 - \frac{11766}{3308} = 16,44^{\circ}\text{C} \quad (19)$$

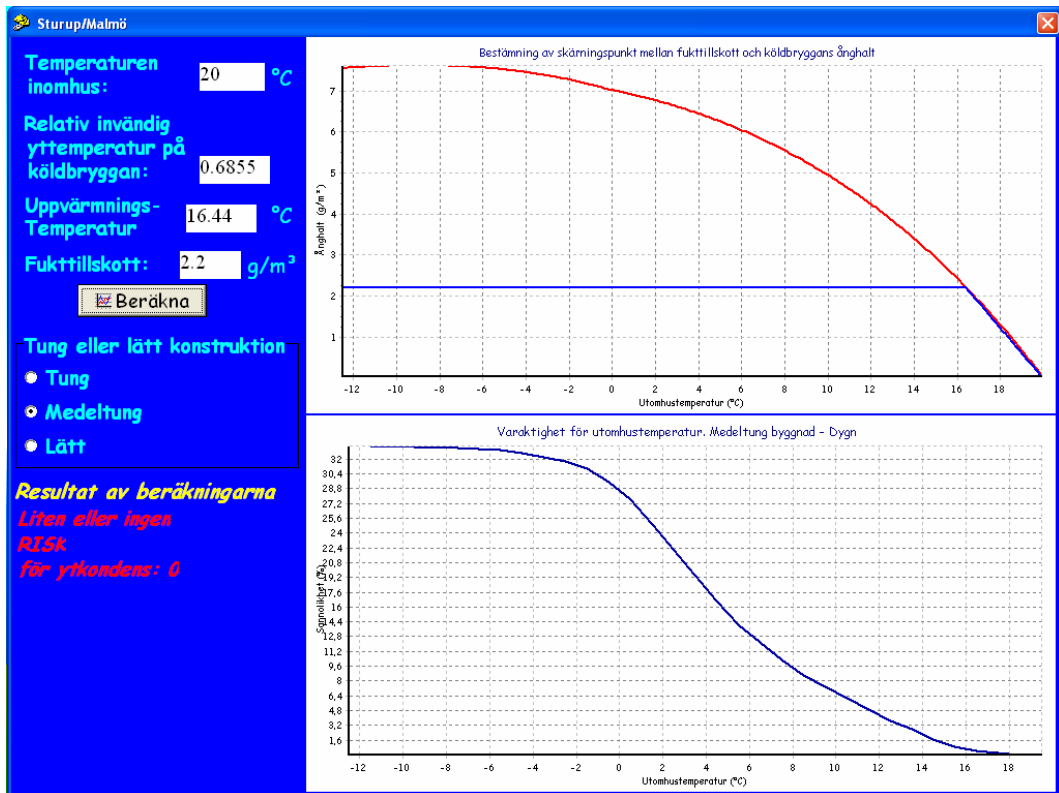
Simulering i programmet *HEAT 3* ger att den relativa ytemperaturen på köldbryggan är 0,6855 °C. I beräkningen huruvida det finns en risk för ytkondensation antas byggnaden vara en medeltung konstruktion. Figur 44 och 45 visar resultatet från *Klimatdata för fuktberäkningar*.

I Figur 44 kan det avläsas att ytkondensation sker med 1,17 % sannolikhet när det invändiga fukttillskottet är satt till 4 g/m³. Detta motsvarar ca 4 dygn/år. Sannolikheten för ytkondens är därmed mindre än vid gasbetonghus Kungsmarken där risken ligger på 3,85 %. Förklaringen till detta är främst att den relativa ytemperaturen är lägre på gasbetonghuset. Gasbetonghuset är dessutom simulerad som en medeltung byggnad. Detta innebär att byggnaden är känsligare för klimatändringar, d.v.s. sjunker utomhustemperaturen sjunker också köldbryggans ytemperatur relativt snabbt.

Sänks fukttillskottet till 2,2 g/m³ kommer ingen ytkondensation på köldbryggan att ske, se figur 45.



Figur 44: Beräkning av risken för ytkondensation i ytterväggens hörn mot bjälklaget. Fukttillskott 4 g/m³.



Figur 45: Beräkning av risken för ytkondensation i ytterväggens hörn mot bjälklaget. Fukttillskott 2.2 g/m³.

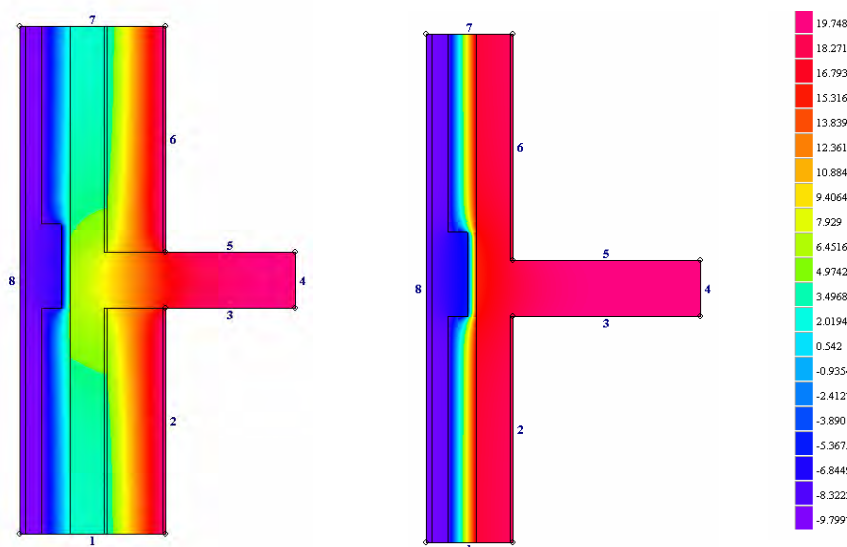
8.2.2 Energianvändning efter tilläggsisolering

Undersökningen av denna väggkonstruktion är nästintill identisk med gasbetonghus Kungsmarken, varpå diskussionerna framförallt kommer att behandla skillnaden mellan dessa.

Energiflödet genom köldbryggan som uppstår vid bjälklagsinfästningen visar likartade tendenser som motsvarande köldbrygga i gasbetongkonstruktionen, se tabell 16. Den stora skillnaden är att värdena för energiflödet är mer än dubbelt så stora för Skarnesystem. Detta beror på att gasbetonghusets isolerförmåga vid anslutningen reduceras till halva ursprungsvärdet då bjälklaget tränger in 150 mm in i ytterväggen som totalt är 300 mm. Bjälklagsanslutningen för Skarnesystem är utformad så att cellplasten reduceras från 100 mm till 30 mm, vilket innebär en större förlust av värmemotståndet och därmed en kraftigare köldbrygga, se figur 46.

Tabell 16: Energiflödet genom bjälklagsinfästningen med olika isoleringstjocklekar

Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Köldbryggans storlek [W/(m·K)]
0	0,1735
20	0,1644
45	0,1762
70	0,1846
95	0,1941
120	0,1984
145	0,2025
170	0,2044
195	0,2048
345	0,1948
495	0,1793

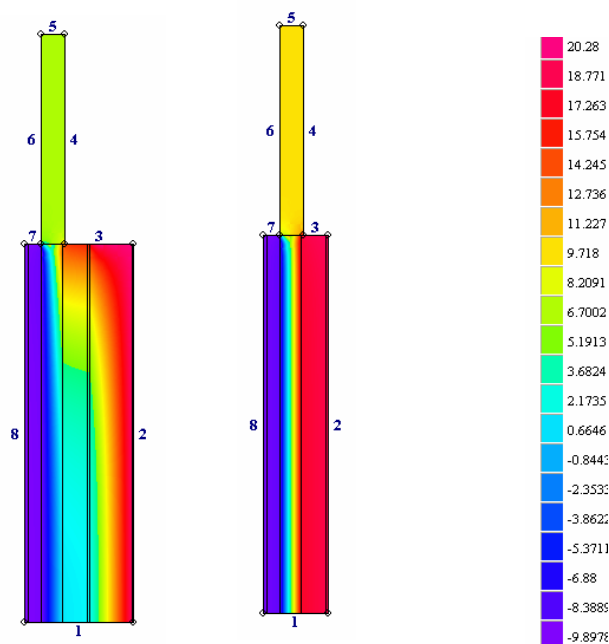


Figur 46: Temperaturfördelning genom bjälklagsinfästningen med 195 mm tilläggsisolering (t.v.) samt utan tilläggsisolering (t.h.).

Energiflödet genom köldbryggan som bildas vid fönstersmygen ökar kontinuerligt på samma sätt som för gasbetongkonstruktionen. Värdena på energianvändningen är i samma storleksordning för båda konstruktionerna., se tabell 17. Värmefördelningen genom fönstersmygen redovisas i figur 47.

Tabell 17: Energiflödet genom fönstersmygen med olika isoleringstjocklekar

Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Köldbryggans storlek [W/(m·K)]
0	0,0030
20	0,0178
45	0,0393
70	0,0519
95	0,0681
120	0,0773
145	0,0863
170	0,0957
195	0,1043
345	0,1332
495	0,1537

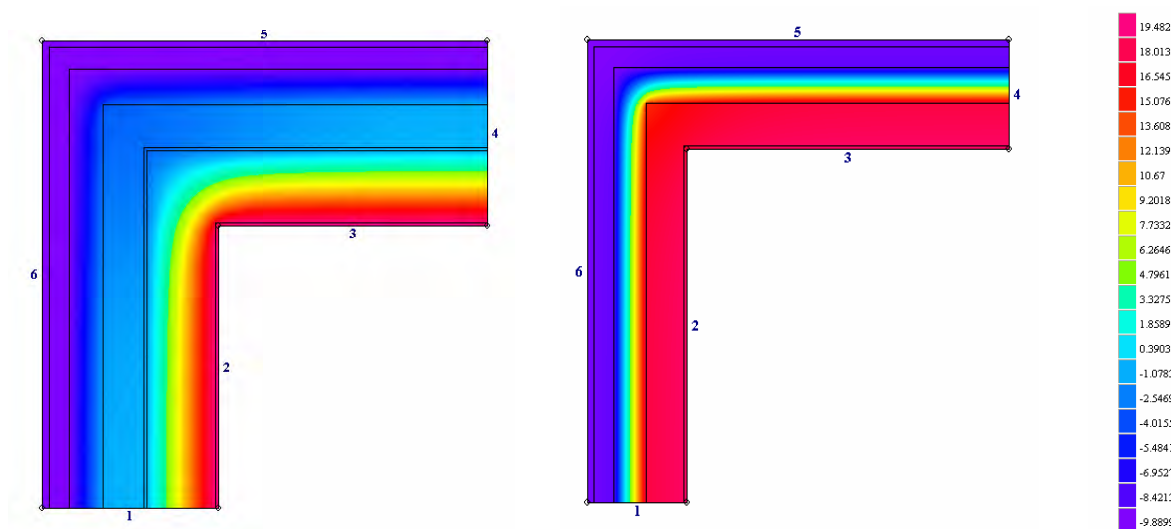


Figur 47: Temperaturfördelning genom fönstersmygen med 195 mm tilläggsisolering (t.v.) samt utan tilläggsisolering (t.h.).

Energiflödet genom hörnet för Skarnesystem skiljer sig väsentligt mot gasbetongkonstruktionen. Energiflödet sjunker kontinuerligt med ökad tilläggsisolering, se tabell 18. Förklaringen till detta antas vara att U-värdet för väggen i Skarnesystem är $0,339 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, medan gasbetonghusets väggkonstruktion uppgår till $0,461 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Det lägre U-värdet medför att värmeflödet genom hörnan sjunker omedelbart. På samma sätt sjunker energiflödet genom hörnet i gasbetongkonstruktionen när isoleringen antagit en viss tjocklek, och U-värdet därmed har reducerats. Värmefördelningen genom hörnet redovisas i figur 48.

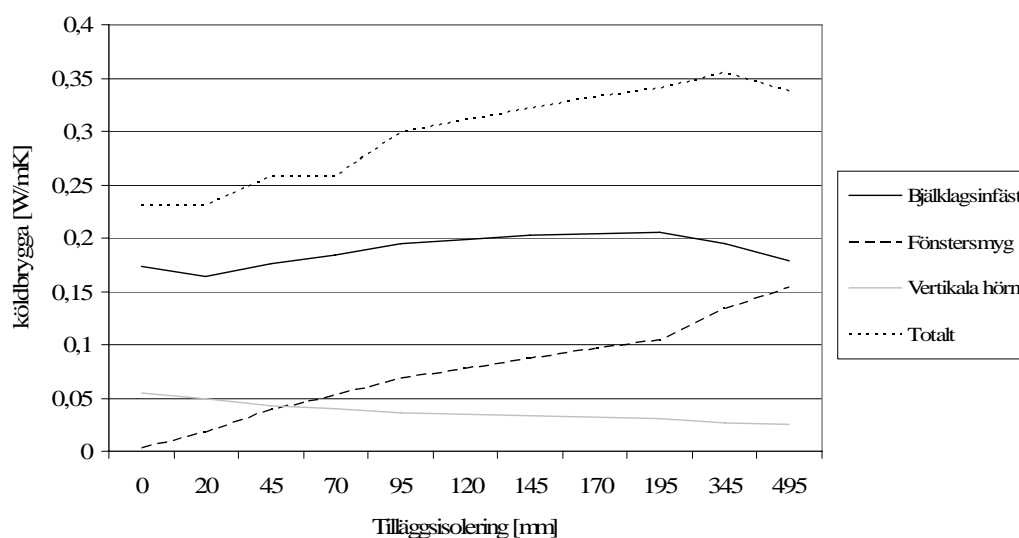
Tabell 18: Energiflödet genom vertikala hörn med olika isoleringstjocklekar.

Köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Köldbryggans storlek [W/(m·K)]
0	0,0542
20	0,0490
45	0,0425
70	0,0396
95	0,0365
120	0,0348
145	0,0329
170	0,0320
195	0,0306
345	0,0270
495	0,0252



Figur 48: Temperaturfördelning genom hörnet med 120 mm tilläggsisolering (t.v.) samt utan tilläggsisolering (t.h.).

Figur 49 visar en sammanställning över de analyserade köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering.



Figur 49: Sammanställning över de analyserade köldbryggorna i betongelementkonstruktionen med ökad tilläggsisolering.

Resultatet visar även för denna typ av väggkonstruktion att det är av stor vikt att medräkna köldbryggornas inverkan vid beräkning av energianvändningen. Även här ökar köldbryggornas inverkan med ökad tilläggsisolering, se tabell 19. Variationerna i energianvändningen med ökad isolering kan till viss del bero på att HEAT inte möjliggör inmatningar av isolertjocklekar på 45, 95, 145 o.s.v. (se kapitel 6, Beräkningsprogram). Detta medför att ISOVER ENERGI och HEAT inte konvergerar fullt ut i energiberäkningen. Tabellen nedan visar dock en trend där köldbryggornas inverkan tilltar med ökad tilläggsisolering.

Tabell 19: Energianvändning p.g.a. köldbryggorna vid olika isoleringstjocklekar.

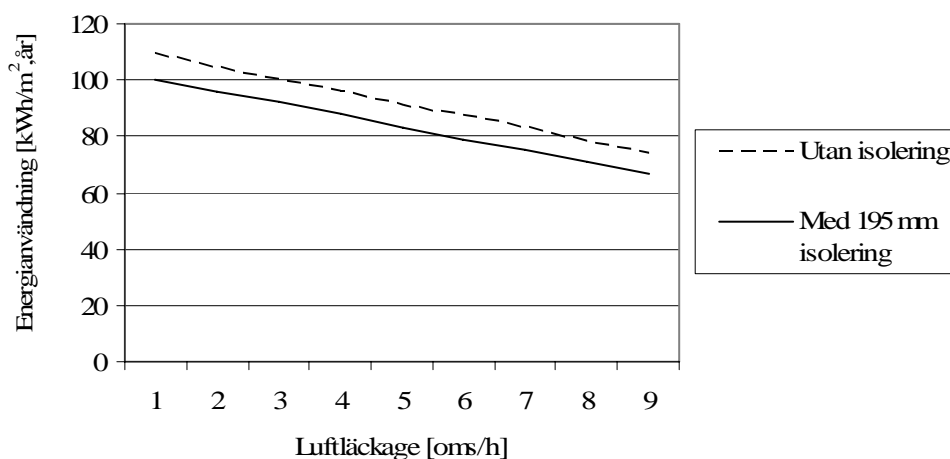
Köldbryggornas totala inverkan med ökad tilläggsisolering	
Tilläggsisolering [mm]	Energianvändning [kWh/m ² , år]
0	4
20	3
45	4
70	5
95	6
120	6
145	6
170	7
195	7
345	8
495	7

Genom att tilläggsisolera med 195 mm mineralull och samtidigt minska läckageflödet från 0,4 oms/h till 0,3 oms/h minskar energianvändningen med 13 kWh/(m², år). Detta motsvarar ca 13 % i relativ energibesparing, se tabell 20. Den något lägre besparingen, jämfört med gasbetongkonstruktionen, beror på att Skarnesystem har en bättre befintlig vägg med ett lägre U-värde.

Tabell 20: *Energianvändning med ökad tilläggsisolering samt total besparing relativt oisolerat.*

Energianvändning med ökad tilläggsisolering inkl. köldbryggor		
Tilläggsisolering [mm]	Energianvändning [kWh/m ² , år]	Besparing [%]
0	97	0
20	86	11
45	85	12
70	85	12
95	85	12
120	84	13
145	84	13
170	84	13
195	84	13
345	83	14
495	81	16

Även för Skarnesystem visar sig lufttäteten spela en väsentlig roll när det gäller energianvändning. En sänkning av läckageflödet från 0,4 oms/h till 0,3 oms/h reducerar energianvändningen med ca 9 kWh/(m², år), se figur 50. Detta kan anses betydande då en tilläggsisolering på 195 mm medför en sänkning av energianvändningen med endast 4 kWh/(m², år).



Figur 50: *Luftläckagets inverkan på energianvändning.*

8.3 Frostsprängning

En invändig tilläggsisolering leder till en kallare yttre konstruktion. En kapillärt vattenmättad fasad kan tillsammans med låga temperaturer innebära att det finns en risk för frostsprängning. I södra och västra Sverige händer vanligtvis att fasader mot söder samt väster blir vattenmättade någon gång under höst/vinter/vår. Om samtidig frysning sker av en vattenmättad fasad utsätts väggen för hårda påfrestningar. Hur ofta en vattenmättad fasad samtidigt utsätts för minusgrader är svårt att uttala sig om. Det är därför viktigt att de ingående materialen klarar dessa påfrestningar.

I en rapport från Lunds Tekniska Högskola⁴⁰ utreds skalmurskonstruktions fukt- och temperaturbetingelser. I rapporten studeras hur olika typer av väggkonstruktioner påverkas av olika klimatpåfrestningar. Undersökningen sker i fält under en 3-årsperiod i ett för ändamålet byggt provhus. Slutsatsen för undersökningen visar att det inte kan påvisas något samband mellan frostkänslighet och den bakomliggande konstruktionen. Den enda byggnadstekniska åtgärd som kan förbättra väggen väsentligt är en vattenavvisande fasadimpregnering. En sådan impregnering är diffusionsöppen, vilket medför att ingen ansamling sker från eventuellt tillförd fukt inifrån.

Genom resultatet från undersökningarna kan följande resonemang konstateras för gasbetonghus Kungsmarken samt betongelement Skarnesystem: Om den ursprungliga befintliga väggen inte har tidigare skador som tyder på frostsprängning så kommer det sannolikt inte heller att uppstå efter invändig tilläggsisolering. Den utvändiga putsen har en finare porstruktur än den bakomliggande gasbetongen. Detta leder till att putsen suger kapillärt från betongen, och därmed sänker det maximala fuktillståndet i väggen. Det är dock vanskligt att enbart förlita sig på putsen.

Under ogynnsamma förutsättningar föreligger dock en risk för sommarkondens. Detta kan uppstå om en vattenmättad fasad värms upp genom solbestrålning. Sommarkondens innebär en omvänd ångdiffusion, d.v.s. en ångtransport som går utifrån och in i konstruktionen och där kondenserar på material med höga ångmotstånd, vanligtvis ångspärren. För att undvika problematiken kan en vattenavvisande impregnering läggas på fasadens utsida. Denna impregnering motverkar att fasaden blir vattenmättad, och därmed undviks både sommarkondens samt risken för eventuella frostsador.

40 Sandin K, *Skalmurskonstruktionens fukt- och temperaturbetingelser*

9 Slutsats

En tilläggsisolering leder till minskade transmissionsförluster genom byggnadens klimatskal, vilket medför en minskad energianvändning. Resultatet visar dock entydigt att även en väldigt tunn invändig tilläggsisolering leder till förhöjda fuktnivåer i konstruktionen då diffusionsspärr inte används. Genom att använda en diffusionsspärr i form av en polyetenfolie kan fuktillstånden sänkas till acceptabla nivåer. Detta förutsätter dock att stor omsorg iakttas vid det praktiska utförandet. En diffusionsspärr medför dessutom ett reducerat läckageflöde, vilket gynnar energianvändningen samt minskar risken för skadlig fuktkonvektion. Mängden isolering som kan användas beror till stor del av hur den befintliga konstruktionen är utformad samt vilka ingående material som förekommer.

Köldbryggor leder till ett relativt ökat värmefflöde genom konstruktionen. Detta innebär oftast en kallare invändig ytemperatur samt en varmare utvändig ytemperatur relativt övrig väggtemperatur, d.v.s. temperaturgradienten är mindre över köldbryggan. Det ökade värmefflödet medför att på ett visst djup i konstruktionen kommer uppvärmning av omkringliggande material att ske. Innanför detta djup kommer motsatta förhållanden att gälla, d.v.s. köldbryggan kyler omkringliggande material. På grund av ovanstående resonemang är det därför viktigt att kontrollberäkna den relativa fuktigheten i ett flertal punkter för att på detta sätt identifiera att någon punkt i konstruktionen inte överskrider kritiska värden. Det bör observeras att köldbryggan i vertikala hörn inte bidrar till någon uppvärmning av konstruktionen.

Gasbetongkonstruktionen kan isoleras med maximalt 120 mm invändig tilläggsisolering då diffusionsspärr används. Beräkningar visar att träregeln placerad mot vertikala hörn först uppnår nivåer för kritiska fuktillstånd. Att isolera ovanstående konstruktion med 120 mm tilläggsisolering skapar en viss risk för ytkondensation där bjälklaget ansluter mot ytterväggens vertikala hörn. Beräkningen visar en total risk för ytkondensation på under cirka 14 dygn/år. I beräkningen har fuktillskottet satts till 4 g/m^3 , vilket är ett övre värde för flerbostadshus. För att helt eliminera risken för ytkondensation måste fuktillskottet sänkas till hälften, d.v.s. 2 g/m^3 . Isoleringen ger en total energibesparing på $16 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{ år})$. Köldbryggornas inverkan ökar från $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{ år})$ till $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{ år})$.

Betongelement Skarnesystem kan enligt beräkning isoleras med 195 mm invändig tilläggsisolering. Även för denna konstruktion är förutsättningen att en diffusionsspärr används. Till skillnad mot gasbetongkonstruktionen kan ingen nämnvärd höjning av den relativa fuktigheten noteras invid regeln i ytterväggens vertikala hörn. Detta beror på materialkombinationer med andra egenskaper. Undersökning visar att lägsta ytemperaturen uppkommer vid bjälklagsinfästningen mot ytterväggens vertikala hörn. Ytemperaturen är dock något högre än för gasbetongkonstruktionen, vilket innebär en lägre risk för ytkondensation (4 dygn). Ingen risk för ytkondensation föreligger då fuktillskottet understiger $2,2 \text{ g/m}^3$. Den totala energibesparingen uppgår till $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{ år})$. Köldbryggornas inverkan ökar från $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{ år})$ till $7 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{ år})$ då åtgärden genomförs.

Nedan följer för projektören nödvändiga punkter att bearbeta för att undvika fuktproblem med invändig tilläggsisolering. Fuktproblemen kan delas in i tre olika grupper: Invändiga, utvändiga samt de problem som kan uppstå i konstruktionen.

Invändig undersökning

- Identifiera den kallaste köldbryggan på insidan av konstruktionen och beräkna ytkondensationsrisken. Tredimensionell beräkning är oftast nödvändig.

Undersökning i konstruktionen

- Identifiera de ingående materialens kritiska fuktillstånd.
- Undersök temperatur och ånghaltsfördelningen genom väggen. Detta måste i regel göras i minst två dimensioner. Endimensionell beräkning kan endast accepteras då ingen del av konstruktionen består av parallella materialskikt. Beräkna relativ fuktighet.
- Undersök temperatur- och ånghaltsfördelningen i köldbryggorna. Detta måste i vissa fall t.ex. i bjälklagsinfästning i ett vertikalt hörn genomföras i tre dimensioner.
- Undersök om kondensation förekommer i väggen. Då kondensation kan accepteras, kontrollera att ingen fuktackumulering sker över året.

De ovannämnda undersökningarna genomförs förslagsvis initiiellt med en stationär beräkning. Klarar konstruktionen inte denna kan den mer avancerade ickestationära beräkningen som vanligtvis ger ett gynnsammare utslag genomföras. En ickestationär beräkning tar hänsyn till klimatsvängningar samt materialens fuktkapacitet.

Utvändig Undersökning

- Fasadens ytskikt måste beaktas angående risk för frostsprängning. En vattenavvisande fasadimpregnering kan vara nödvändig.

10 Diskussion

I rapporten presenteras en undersökning av två olika konstruktioner. Båda dessa är i sitt ursprung relativt toleranta mot höga fuktillstånd. En invändig tilläggsisolering på konstruktionerna medför olägenheter med kritiska fuktillstånd, först och främst i träregelkonstruktionen tillhörande tilläggsisoleringen. Det bör observeras att stora delar av Sveriges befintliga fastighetsbestånd består av konstruktioner med lägre fukttoleranser. Den befintliga konstruktionens ingående material är av avgörande betydelse för hur tjock invändig tilläggsisolering som kan användas.

Invändig tilläggsisolering kan utformas på olika sätt. I denna rapport används en traditionell träregelvägg med mellanliggande mineralull. Trä är ett fukt känsligt material som lätt kan angripas av mögel och röta. Om det som i rapporten visar sig att problem först uppstår i den utförda tilläggsisoleringen, kan exempelvis stålreglar vara att föredra. Nackdelen med dessa reglar är dock en hög värmekonduktivitet, vilket medför ett ökat värme flöde och därmed energianvändning. Detta torde dock vara nästintill obetydligt.

Avgörande för om en invändig tilläggsisolering kan accepteras eller inte är valet av inparametrar. I beräkningarna har inomhustemperaturen satts till 20 °C konstant över året. Vanligtvis önskas en högre inomhustemperatur i dagens bostäder. Den högre inomhustemperaturen verkar positiv för fuktillståndet i väggen. Fukttillskottet i en bostad är svårt att uppskatta utan en mätning. Även om en temperatur- och Rf-mätning utförs så kan förhållanden ändras p.g.a. nya hyresgäster eller förändrad verksamhet etc. Statistik visar att fuktillskottet normalt varierar mellan 1,5-4 g/m³ i flerbostadshus under uppvärmningssäsongen. I rapportens samtliga beräkningar har fuktillskottet satts till 4 g/m³. Beräkningar måste kopplas mot de klimatdata som gäller för den aktuella orten. Klimatdata för relativa fuktigheter och temperaturer under årets månader presenteras vanligtvis i sannolikhetsfördelningar. Fuktberäkningar måste utföras vid dimensionerande fall, vilket motiverar att en lägre inomhustemperatur samt ett högre fuktillskott används. Vid val av klimatdata kan det ses som rimligt att anta ett extremvärde samt ett medianvärde för varje månad. Resultatet medför således att långt ifrån alla kritiska teoretiska beräkningar överensstämmer med verkligt utfall.

Lufttätheten för en byggnad är viktig för en god energihushållning. Genom att enbart minska läckageflödet på gasbetongkonstruktionen med en tiondels omsättning erhålls en energibesparing motsvarande 120 mm tilläggsisolering. Att minska läckageflödet på en befintlig konstruktion är dock besvärligt och tidskrävande. En invändig tilläggsisolering medför enklare möjligheter att reducera läckaget genom den slutliga konstruktionen. En invändig polyetenfolie fungerar både som en diffusionsspärr samt läckagetätning. Köldbryggornas inverkan på energianvändningen är av väsentlig grad och deras inverkan måste beaktas för att få en korrekt bedömning av den slutliga energianvändningen.

Då den befintliga konstruktionen innehåller en invändig eller utvändigt ångspärr bör denna avlägsnas i samband med en tilläggsisolering med ny ångspärr. Detta kan ses som en säkerhet för att undvika att eventuell fukt som kan tränga in genom t.ex. otätheter inte ska skapa problem. Enbart en befintlig ångspärr medför högre ånghalt i den eftermonterade invändiga tilläggsisoleringen. Det kan dock vara svårt att uppskatta den befintliga ångspärrens egenskaper, varför en ny ångspärr på insidan av konstruktionen alltid måste rekommenderas.

En invändig tilläggsisolering medför en lägre utvändig ytemperatur. Risken för frostsprängning anses dock vara liten om inga tecken uppmärksammas tidigare på den befintliga fasadens yta. Solstrålning i kombination med invändig tilläggsisolering kan ibland leda till högre temperaturer i den ursprungliga väggen än före tilläggsisoleringen, eftersom värmeflödet inåt reduceras. Detta kan innebära en ökad risk för sommarkondens samt påverka uttorkningen utåt. En komplettering till den invändiga tilläggsisolerade väggen kan möjligen vara en vattenavvisande fasadimpregnering.

För att genomföra en fullständig fuktsäkerhetsbedömning av en konstruktion krävs det ett program som kan simulera temperaturfördelningen i tre dimensioner samt ett som kan simulera fuktfördelningen i två dimensioner. Den tredimensionella beräkningen beaktar ytemperaturer i exempelvis bjälklagsinfästningar i hörn. Det hade varit önskvärt med ett program som kan beräkna både fukt- och temperaturfördelningen i tre dimensioner samt att indata till respektive simulering kan anges parallellt. Detta hade underlättat för projektören då den relativa fuktigheten direkt skulle kunna erhållas i alla punkter i konstruktionen. Vidare borde programmet innehålla klimatdatafiler och tillåta en ickestationär beräkning. För att reducera den tid en fuktsäkerhetsbedömning kräver borde programmet vara utformat så att ritningar från exempelvis Autocad kan direktimporteras till programmet.

Då energikraven skärps, samtidigt som krav ställs på att den beräknade energianvändningen ska överensstämma med det uppmätta värdet efter färdigställandet, ökar kraven på projektören. Det är mycket viktigt att fuktsäkerhetsprojekteringen genomförs med samma noggrannhet, då konsekvenserna av en felaktig fuktsäkerhetsprojektering kan bli mycket dyrbara. Det är även av stor betydelse att energirådgivare har en god kunskap om vilka fuktproblem som kan uppkomma i samband med olika energieffektiviseringsåtgärder.

Referenser

Elektroniska källor

<http://energiradgivarna.com>

http://energiradgivarna.com/siteadmin/upload/pdfarkiv/delrapport_klimatskarm.pdf, 2007-01-15

Boverket (2001), *Nyckeltal för energianvändning i byggnader*.

http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2001/nyckeltal_for_energianvandningen_i_byggnader.pdf, 2007-01-16

Statens energimyndighet (2004), *Energiläget 2004*.

[http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET17_04w.pdf/\\$FILE/ET17_04w.pdf?OpenElement](http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET17_04w.pdf/$FILE/ET17_04w.pdf?OpenElement), 2007-01-15

<http://www.jornmark.se>

http://www.jornmark.se/places_intro.aspx?placeid=29&lang, 2007-01-16

Naturvårdverket (2006), *Regeringsuppdrag - Återrapportering av effekten av investeringsprogrammen (LIP och Klimp)*.

http://www.naturvardsverket.se/dokument/omverket/yttrande/yttrandok/lipochklimp/RU_06_aterrapportering.pdf, 2007-01-15

<http://www.ne.se>

http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=256085&i_word=miljonprogrammet, 2007-02-04

Statens provnings- och forskningsinstitut (2007), *Fakta om fukt*.

<http://www.sp.se/Energy/ffi/fukt.asp>, 2007-01-21

Statens energimyndighet (2007), *EG-direktivet, utredningar och rapporter*.

http://www.stem.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=830FFC18CEC6C575C1256DB2004C7166, 2007-01-15

<http://www.tft.lth.se>

<http://www.tft.lth.se/artists/om1.asp>, 2007-02-04

Tryckta källor

- Bjerking S E, 1987. *Ytterväggar och fönster*. Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Björk C, Kallstenius P och Reppen L, 2003. *Så byggdes husen 1880-2000*. Formans, Stockholm.
- Burström P G, 2001. *Byggnadsmaterial. Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Lund.
- Elmroth A, 2006. Föreläsningmaterial, *Utformning av komplexa byggnader*. Lunds Tekniska Högskola (2006-02-20)
- Harderup E, 2000. *Klimatdata för fuktberäkningar*. Avdelning för Byggnadsfysik LTH, Lund
- Jensen L, Warfvinge C 2001, *Värmebehovsberäkning. Kursmaterial Installations teknik FK. Avdelning för Installationsteknik LTH, Lund*.
- Johansson P, Samuelsson I, Ekstrand-Tobin A, Mjönell K, Sandberg P I, Sikander E, 2005. *Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggnadsmaterial – Kunskapssammanfattning*. SP Energiteknik, Borås
- Nevander L E och Elmarsson B, 1994. *Fukthandbok. Praktik och teori*. Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Pettersson B och Dalenbäck J O, 2005. *Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen*. Chalmers EnergiCentrum – CEC, Göteborg.
- Sandin K, 1991. *Skalmurskonstruktionens fukt- och temperaturbetingelser*. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.
- Sandin K, 1996. *Värme och fukt*. KFS i Lund AB, Lund
- Schmittz-Günther T, 2000. *Ekologiskt byggande och boende*. Mladinska Knjiga tiskarna d.d., Ljubljana

Appendix

Appendix A – Handberäkning Gasbetonghus innan åtgärd

Månad: Januari											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,49	-6,21	0,00294		300	1,08E-05	0,00257	91,0
Puts	0	1	0,02	0,24	-5,97	0,00300	0	6667	2,41E-04	0,00282	94,1
Lättbetong	0,3	0,15	2	24,27	18,30	0,01564	0	75000	2,71E-03	0,00553	35,4
Puts	0	1	0,01	0,12	18,42	0,01576	0	3333	1,21E-04	0,00565	35,9
Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,42	0,01576		25000	9,04E-04	0,00656	41,6
Inne			0,13	1,58	20,00	0,01729		300	1,08E-05	0,00657	38,0
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: Mars											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,41	-2,80	0,00395		300	1,08E-05	0,00337	85,0
Puts	0	1	0,02	0,21	-1,98	0,00415	0	6667	2,41E-04	0,00361	87,0
Lättbetong	0,3	0,15	2	20,55	18,56	0,01589	0	75000	2,71E-03	0,00632	39,8
Puts	0	1	0,01	0,10	18,66	0,01598	0	3333	1,21E-04	0,00644	40,3
Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,66	0,01598		25000	9,04E-04	0,00734	45,9
Inne			0,13	1,34	20,00	0,01729		300	1,08E-05	0,00736	42,5
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: Maj											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,20	9,00	0,00883		300	1,08E-05	0,00627	71,0
Puts	0	1	0,02	0,10	9,20	0,00894	0	6667	2,41E-04	0,00628	70,2
Lättbetong	0,3	0,15	2	10,00	9,30	0,00900	0	75000	2,71E-03	0,00652	72,5
Puts	0	1	0,01	0,05	19,30	0,01659	0	3333	1,21E-04	0,00923	55,6
Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,35	0,01664		25000	9,04E-04	0,00935	56,2
Inne			0,13	0,65	19,35	0,01664		300	1,08E-05	0,01026	61,6
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: Juli											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,11	14,10	0,01215		300	1,08E-05	0,00935	77,0
Puts	0	1	0,02	0,05	14,21	0,01223	0	6667	2,41E-04	0,00937	76,6
Lättbetong	0,3	0,15	2	5,36	14,26	0,01227	0	75000	2,71E-03	0,00961	78,3
Puts	0	1	0,01	0,03	19,62	0,01691	0	3333	1,21E-04	0,01232	72,8
Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,65	0,01694		25000	9,04E-04	0,01244	73,4
Inne			0,13	0,35	19,65	0,01694		300	1,08E-05	0,01334	78,8
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: Februari											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,49	-6,90	0,00278		300	1,08E-05	0,00257	91,0
Puts	0	1	0,02	0,24	-6,41	0,00289	0,000003	6667	2,41E-04	0,0025	87,8
Lättbetong	0,3	0,15	2	24,45	-6,17	0,00295	0,000004	75000	2,71E-03	0,0028	94,2
Puts	0	1	0,01	0,12	18,29	0,01563	0,000003	3333	1,21E-04	0,0055	35,1
Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,41	0,01575		25000	9,04E-04	0,0056	35,6
Inne			0,13	1,59	18,41	0,01575		300	1,08E-05	0,0065	41,4
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: April											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,29	3,80	0,00628		300	1,08E-05	0,0048	77,0
Puts	0	1	0,02	0,15	4,09	0,00641	0,000003	6667	2,41E-04	0,0048	75,7
Lättbetong	0,3	0,15	2	14,73	4,24	0,00647	0,000004	75000	2,71E-03	0,0051	78,7
Puts	0	1	0,01	0,07	18,97	0,01627	0,000003	3333	1,21E-04	0,0078	47,9
Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,04	0,01634		25000	9,04E-04	0,0079	48,5
Inne			0,13	0,96	19,04	0,01634		300	1,08E-05	0,0088	54,0
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: Juni											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,15	11,90	0,01060		300	1,08E-05	0,008	75,0
Puts	0	1	0,02	0,07	12,05	0,01070	0,000003	6667	2,41E-04	0,008	74,4
Lättbetong	0,3	0,15	2	7,36	12,12	0,01075	0,000004	75000	2,71E-03	0,0082	76,3
Puts	0	1	0,01	0,04	19,48	0,01677	0,000003	3333	1,21E-04	0,0109	65,1
Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,52	0,01681		25000	9,04E-04	0,011	65,7
Inne			0,13	0,48	19,52	0,01681		300	1,08E-05	0,0119	71,0
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad: Augusti											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s·m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,10	14,60	0,01253		300	1,08E-05	0,0098	78,0
Puts	0	1	0,02	0,05	14,70	0,01260	0,000003	6667	2,41E-04	0,0098	77,6
Lättbetong	0,3	0,15	2	4,91	14,75	0,01264	0,000004	75000	2,71E-03	0,01	79,3
Puts	0	1	0,01	0,02	19,66	0,01694	0,000003	3333	1,21E-04	0,0127	75,2
Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,68	0,01697		25000	9,04E-04	0,0129	75,8
Inne			0,13	0,32	19,68	0,01697		300	1,08E-05	0,0138	81,1
		Σ	2,2					Σ	110600		

Månad : September												Månad : Oktober											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ	Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%		m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,18	10,00	0,00941		300	1,08E-05	0,00781	83,0	Uteluft			0,04	0,25	6,30	0,00741		300	1,08E-05	0,0066	89,0
Puts	0	1	0,02	0,09	10,18	0,00952	0	6667	2,41E-04	0,00782	82,2	Puts	0	1	0,02	0,12	6,55	0,00753	0,000003	6667	2,41E-04	0,0066	87,7
Lättbetong	0,3	0,15	2	9,09	10,27	0,00957	0	75000	2,71E-03	0,00806	84,2	Lättbetong	0,3	0,15	2	12,45	6,67	0,00760	0,000004	75000	2,71E-03	0,0068	90,2
Puts	0	1	0,01	0,05	19,36	0,01665	0	3333	1,21E-04	0,01077	64,7	Puts	0	1	0,01	0,06	19,13	0,01643	0,000003	3333	1,21E-04	0,0096	58,2
Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,41	0,01670				0,01089	65,2	Ytskikt (Akryllatexfärg)					19,19	0,01649			0,0097	58,7	
Inne			0,13	0,59	19,41	0,01670		300	1,08E-05	0,0118	70,7	Inne			0,13	0,81	19,19	0,01649		300	1,08E-05	0,0106	64,2
					20,00	0,01729				0,01181	68,3						20,00	0,01729			0,0106	61,3	
			Σ	2,2				Σ	110600						Σ	2,2			Σ	110600			
Månad : November												Månad : December											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ	Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%		m	W(m·K)	m ² ·K·W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,33	1,60	0,00541		300	1,08E-05	0,00487	90,0	Uteluft			0,04	0,44	-4,40	0,00341		300	1,08E-05	0,0031	91,0
Puts	0	1	0,02	0,17	1,93	0,00554	0	6667	2,41E-04	0,00512	91,5	Puts	0	1	0,02	0,22	-3,96	0,00354	0,000003	6667	2,41E-04	0,0034	88,1
Lättbetong	0,3	0,15	2	16,73	2,10	0,00560	0	75000	2,71E-03	0,00512	91,5	Lättbetong	0,3	0,15	2	22,18	-3,73	0,00360	0,000004	75000	2,71E-03	0,0034	93,2
Puts	0	1	0,01	0,08	18,83	0,01614	0	3333	1,21E-04	0,00784	48,6	Puts	0	1	0,01	0,11	18,45	0,01578	0,000003	3333	1,21E-04	0,0061	38,5
Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,91	0,01622				0,00796	49,1	Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,56	0,01588			0,0062	39,0	
Inne			0,13	1,09	18,91	0,01622		300	1,08E-05	0,00886	54,6	Inne			0,13	1,44	18,56	0,01588		300	1,08E-05	0,0071	44,7
					20,00	0,01729				0,00887	51,3						20,00	0,01729			0,0071	41,1	
			Σ	2,2				Σ	110600						Σ	2,2			Σ	110600			

Appendix B – Handberäkning Gasbetonghus med 95 mm invändig tilläggsisolering

Månad: Januari (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,36	-6,34	0,00291		300	5,46E-06	2,57E-03	88,5
Puts	0,02	1	0,02	0,18	-6,15	0,00295	0,000003	6667	1,21E-04	0,0027	91,3
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	18,18	12,02	0,01069	0,000004	75000	1,36E-03	0,00406	38,0
Puts	0,01	1	0,010	0,09	12,11	0,01075	0,000003	3333	6,06E-05	0,00412	38,4
Ytskikt (Akryllatexfärg)					12,11	0,01075		25000	4,55E-04	0,00458	42,6
Trärege	0,095	0,14	0,68	6,17	18,26	0,01563	9E-07	105556	1,92E-03	0,0065	41,6
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,54	18,82	0,01613	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,00656	40,7
Ytskikt (Tapet)					18,82	0,01613				0,00656	40,7
Inne			0,13	1,18	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,00657	38,0
			Σ 2,93766					Σ 219870			

Månad: Januari (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,22	-6,70	0,00282					
Puts	0,02	1	0,02	0,11	-6,48	0,00288					
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	11,22	4,86	0,00674					
Puts	0,01	1	0,010	0,06	4,91	0,00677					
Ytskikt (Akryllatexfärg)					4,91	0,00677					
Mineralull	0,095	0,038	2,50	14,03	18,94	0,01624					
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,33	19,27	0,01656					
Ytskikt (Tapet)					19,27	0,01656					
Inne					20,00	0,01729					
			Σ 4,7591					Σ 119064			

Månad: Februari (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,37	-6,90	0,00278		300	5,46E-06	0,00244	88,0
Puts	0,02	1	0,02	0,18	-6,53	0,00286	0,000003	6667	1,21E-04	0,00245	85,6
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	18,31	-6,35	0,00291	0,000004	75000	1,36E-03	0,00257	88,4
Puts	0,01	1	0,010	0,09	11,96	0,01065	0,000003	3333	6,06E-05	0,00393	37,0
Ytskikt (Akryllatexfärg)					12,05	0,01071		25000	4,55E-04	0,004	37,3
Trärege	0,095	0,14	0,68	6,21	12,05	0,01071	9E-07	105556	1,92E-03	0,00445	41,6
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,54	18,27	0,01561	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,00637	40,8
Ytskikt (Tapet)					18,81	0,01612				0,00644	39,9
Inne			0,13	1,19	18,81	0,01612		300	5,46E-06	0,00644	39,9
			Σ 2,93766					Σ 219870			

Månad: Februari (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,23	-6,67	0,00283					
Puts	0,02	1	0,02	0,11	-6,56	0,00286					
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	11,30	4,74	0,00689					
Puts	0,01	1	0,010	0,06	4,80	0,00672					
Ytskikt (Akryllatexfärg)					4,80	0,00672					
Mineralull	0,095	0,038	2,50	14,13	18,93	0,01624					
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,33	19,27	0,01656					
Ytskikt (Tapet)					19,27	0,01656					
Inne					20,00	0,01729					
			Σ 4,7591					Σ 119064			

Månad: Mars (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,31	-2,29	0,00405		300	5,46E-06	0,00336	83,1
Puts	0,02	1	0,02	0,15	-2,14	0,00410	0,000003	6667	1,21E-04	0,00348	85,0
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	15,39	13,25	0,01153	0,000004	75000	1,36E-03	0,00485	42,0
Puts	0,01	1	0,010	0,08	13,32	0,01158	0,000003	3333	6,06E-05	0,00491	42,4
Ytskikt (Akryllatexfärg)					13,32	0,01158		25000	4,55E-04	0,00536	46,3
Trärege	0,095	0,14	0,68	5,22	16,55	0,01587	9E-07	105556	1,92E-03	0,00728	45,9
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,45	19,00	0,01630	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,00735	45,1
Ytskikt (Tapet)					19,00	0,01630				0,00735	45,1
Inne			0,13	1,00	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,00736	42,5
			Σ 2,93766					Σ 219870			

Månad: Mars (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,19	-2,60	0,00395					
Puts	0,02	1	0,02	0,09	-2,41	0,00401					
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	9,50	7,18	0,00785					
Puts	0,01	1	0,010	0,05	7,23	0,00788					
Ytskikt (Akryllatexfärg)					7,23	0,00788					
Mineralull	0,095	0,038	2,50	11,87	19,10	0,01640					
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,28	19,38	0,01667					
Ytskikt (Tapet)					19,38	0,01667					
Inne					20,00	0,01729					
			Σ 4,7591					Σ 119064			

Månad: April (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,22	3,80	0,00628		300	5,46E-06	0,00484	77,0
Puts	0,02	1	0,02	0,11	4,02	0,00638	0,000003	6667	1,21E-04	0,00496	77,3
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	11,03	4,13	0,00642	0,000004	75000	1,36E-03	0,00633	48,8
Puts	0,01	1	0,010	0,06	15,16	0,01296	0,000003	3333	6,06E-05	0,00639	49,1
Ytskikt (Akryllatexfärg)					15,22	0,01300		25000	4,55E-04	0,00684	52,6
Trärege	0,095	0,14	0,68	3,74	15,22	0,01300	9E-07	105556	1,92E-03	0,00876	53,9
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,33	18,96	0,01626	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,00883	53,3
Ytskikt (Tapet)					19,28	0,01658				0,00883	53,3
Inne			0,13	0,72	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,00884	51,1
			Σ 2,93766					Σ 219870			

Månad: April (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,14	3,84	0,00634					
Puts	0,02	1	0,02	0,07	4,00	0,00637					
Lätthetong	0,3	0,15	2,00	6,81	10,81	0,00990					
Puts	0,01	1	0,010	0,03	10,85	0,00993					
Ytskikt (Akryllatexfärg)					10,85	0,00993					
Mineralull	0,095	0,038	2,50	8,51	19,36	0,01685					
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,20	19,56	0,01685					
Ytskikt (Tapet)					19,56	0,01685					
Inne					20,00	0,01729					
			Σ 4,7591					Σ 119064			

Appendix

Månad: Maj (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,15	9,00	0,00883		300	5,46E-06	0,00627	71,0
Put	0,02	1	0,02	0,07	9,15	0,00891				0,00627	70,4
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	7,49	9,22	0,00896	0,000003	6667	1,21E-04	0,0064	71,4
Put	0,01	1	0,010	0,04	16,71	0,01423	0,000003	3333	6,06E-05	0,00776	54,5
Ytskikt (Akryllatexfärg)					16,75	0,01426				0,00782	54,8
Trärege	0,095	0,14	0,68	2,54	16,75	0,01426		25000	4,55E-04	0,00827	58,0
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,22	19,29	0,01859	9E-07	105556	1,92E-03	0,0102	61,5
Ytskikt (Tapet)					19,51	0,01680				0,01026	61,1
Inne			0,13	0,49	19,51	0,01680		300	5,46E-06	0,01027	59,4
					20,00	0,01729					
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: Maj (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,09	9,00	0,00883				0,00627	71,0
Put	0,02	1	0,02	0,05	9,09	0,00888				0,00627	70,7
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	4,62	9,14	0,00891				0,00650	73,0
Put	0,01	1	0,010	0,02	13,76	0,01190				0,00902	75,8
Ytskikt (Akryllatexfärg)					13,78	0,01192				0,00913	76,7
Mineralull	0,095	0,038	2,50	5,78	13,78	0,01192		25000	8,40E-04	0,00974	83,7
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,14	19,56	0,01685	0,000002	4750	1,60E-04	0,01033	60,1
Ytskikt (Tapet)					19,70	0,01699				0,010258	60,4
Inne			0,13	0,30	19,70	0,01699		300	1,01E-05	0,010268	60,4
					20,00	0,01729				0,010268	59,4
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Månad: Juni (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,11	11,90	0,01060		300	5,46E-06	0,00795	75,0
Put	0,02	1	0,02	0,06	12,01	0,01068				0,00796	74,5
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	5,51	12,07	0,01071	0,000004	75000	1,36E-03	0,00808	75,4
Put	0,01	1	0,010	0,03	17,58	0,01499	0,000003	3333	6,06E-05	0,00944	63,0
Ytskikt (Akryllatexfärg)					17,61	0,01501				0,0095	63,3
Trärege	0,095	0,14	0,68	1,87	17,61	0,01501	9E-07	105556	1,92E-03	0,00996	66,3
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,16	19,48	0,01877	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,01188	70,8
Ytskikt (Tapet)					19,64	0,01893				0,01195	70,6
Inne			0,13	0,36	19,64	0,01893		300	5,46E-06	0,01195	70,6
					20,00	0,01729				0,01195	69,1
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: Juni (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,07	11,90	0,01060				0,00795	75,0
Put	0,02	1	0,02	0,03	11,97	0,01065				0,00796	74,8
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	3,40	12,00	0,01067				0,00817	76,7
Put	0,01	1	0,010	0,02	15,41	0,01315				0,010706	81,4
Ytskikt (Akryllatexfärg)					15,42	0,01317				0,010818	82,2
Mineralull	0,095	0,038	2,50	4,26	15,42	0,01317		25000	8,40E-04	0,011658	88,5
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,10	19,68	0,01696	0,000002	4750	1,60E-04	0,011818	69,7
Ytskikt (Tapet)					19,78	0,01706				0,011943	70,0
Inne			0,13	0,22	19,78	0,01706		300	1,01E-05	0,011943	70,0
					20,00	0,01729				0,011953	69,1
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Månad: Juli (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,08	14,10	0,01215		300	5,46E-06	0,00935	77,0
Put	0,02	1	0,02	0,04	14,18	0,01221				0,00936	76,7
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	4,02	14,22	0,01224	0,000004	75000	1,36E-03	0,00948	77,5
Put	0,01	1	0,010	0,02	18,24	0,01559	0,000003	3333	6,06E-05	0,01085	69,6
Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,26	0,01560				0,01091	69,9
Trärege	0,095	0,14	0,68	1,36	18,26	0,01560	9E-07	105556	1,92E-03	0,01136	72,8
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,12	19,62	0,01891	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,01328	78,6
Ytskikt (Tapet)					19,74	0,01703				0,01335	78,4
Inne			0,13	0,26	19,74	0,01703		300	5,46E-06	0,01335	78,4
					20,00	0,01729				0,01335	77,3
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: Juli (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,05	14,10	0,01215				0,00935	77,0
Put	0,02	1	0,02	0,02	14,15	0,01219				0,00936	76,8
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	2,48	14,17	0,01220				0,009588	78,6
Put	0,01	1	0,010	0,01	16,65	0,01418				0,012108	85,4
Ytskikt (Akryllatexfärg)					16,67	0,01419				0,01222	86,1
Mineralull	0,095	0,038	2,50	3,10	16,67	0,01419		25000	8,40E-04	0,01306	92,0
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,07	19,77	0,01705	0,000002	4750	1,60E-04	0,013219	77,5
Ytskikt (Tapet)					19,84	0,01712				0,013344	77,9
Inne			0,13	0,16	19,84	0,01712		300	1,01E-05	0,013344	77,9
					20,00	0,01729				0,013354	77,3
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Månad: Augusti (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,07	14,60	0,01253		300	5,46E-06	0,00977	78,0
Put	0,02	1	0,02	0,04	14,67	0,01258				0,00978	77,7
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	3,68	14,71	0,01261	0,000004	6667	1,21E-04	0,0099	78,5
Put	0,01	1	0,010	0,02	18,39	0,01572	0,000003	3333	6,06E-05	0,01126	71,6
Ytskikt (Akryllatexfärg)					18,41	0,01574				0,01132	71,9
Trärege	0,095	0,14	0,68	1,25	18,41	0,01574	9E-07	105556	1,92E-03	0,01178	74,8
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,11	19,65	0,01894	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,0137	80,9
Ytskikt (Tapet)					19,76	0,01705				0,01376	80,7
Inne			0,13	0,24	19,76	0,01705		300	5,46E-06	0,01376	80,7
					20,00	0,01729				0,01377	79,7
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: Augusti (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,05	14,60	0,01253				0,00977	78,0
Put	0,02	1	0,02	0,02	14,65	0,01256				0,00978	77,9
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	2,27	14,67	0,01258				0,010004	79,5
Put	0,01	1	0,010	0,01	16,94	0,01442				0,012523	86,8
Ytskikt (Akryllatexfärg)					16,95	0,01443				0,012635	87,5
Mineralull	0,095	0,038	2,50	2,84	16,95	0,01443		25000	8,40E-04	0,013475	93,4
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,07	19,79	0,01707	0,000002	4750	1,60E-04	0,013635	79,9
Ytskikt (Tapet)					19,85	0,01714				0,01376	80,3
Inne			0,13	0,15	19,85	0,01714		300	1,01E-05	0,01376	80,3
					20,00	0,01729				0,01377	79,7
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Appendix

Månad: September (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,14	10,00	0,00941		300	5,46E-06	0,00781	83,0
Puts	0,02	1	0,02	0,07	10,14	0,00949	0,000003	6667	1,21E-04	0,00782	82,3
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	6,81	10,20	0,00953	0,000004	75000	1,36E-03	0,00794	83,3
Puts	0,01	1	0,010	0,03	17,01	0,01449	0,000003	3333	6,06E-05	0,00936	64,2
Ytskikt (Akryllatexfärg)					17,05	0,01452			4,55E-04	0,00936	64,5
Träregele	0,095	0,14	0,68	2,31	17,05	0,01452	9E-07	105556	1,92E-03	0,00982	67,6
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,20	19,36	0,01685	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,01174	70,5
Ytskikt (Tapet)					19,56	0,01685				0,0118	70,1
Inne			0,13	0,44	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,01181	68,3
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: September (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,08	10,00	0,00941		300	1,01E-05	0,00781	83,0
Puts	0,02	1	0,02	0,04	10,08	0,00946	0,000002	6667	2,24E-04	0,00782	82,7
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	4,20	10,13	0,00948	0,000004	75000	2,52E-03	0,00804	84,8
Puts	0,01	1	0,010	0,02	14,33	0,01232	0,000003	3333	1,12E-04	0,01056	85,7
Ytskikt (Akryllatexfärg)					14,35	0,01234			8,40E-04	0,010675	86,5
Mineralull	0,095	0,038	2,50	5,25	14,35	0,01234	0,000002	4750	1,60E-04	0,011515	93,4
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,12	19,60	0,01689	3,5E-06	3714	1,25E-04	0,011675	69,1
Ytskikt (Tapet)					19,73	0,01701				0,0118	69,4
Inne			0,13	0,27	20,00	0,01729		300	1,01E-05	0,01181	68,3
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Månad: Oktober (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,19	6,30	0,00741		300	5,46E-06	0,0066	89,0
Puts	0,02	1	0,02	0,09	6,49	0,00750	0,000003	6667	1,21E-04	0,0066	88,0
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	9,33	6,58	0,00755	0,000004	75000	1,36E-03	0,00672	89,1
Puts	0,01	1	0,010	0,05	15,91	0,01356	0,000003	3333	6,06E-05	0,00809	59,7
Ytskikt (Akryllatexfärg)					15,95	0,01360			4,55E-04	0,00815	59,9
Träregele	0,095	0,14	0,68	3,16	15,95	0,01360	9E-07	105556	1,92E-03	0,0086	63,3
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,28	19,12	0,01642	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,01052	64,1
Ytskikt (Tapet)					19,39	0,01668				0,01059	63,5
Inne			0,13	0,61	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,01059	63,5
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: Oktober (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,12	6,30	0,00741		300	1,01E-05	0,006598	89,0
Puts	0,02	1	0,02	0,06	6,42	0,00747	0,000002	6667	2,24E-04	0,006608	88,5
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	5,76	6,47	0,00750	0,000004	75000	2,52E-03	0,006832	91,1
Puts	0,01	1	0,010	0,03	12,23	0,01082	0,000003	3333	1,12E-04	0,009351	86,4
Ytskikt (Akryllatexfärg)					12,26	0,01084			8,40E-04	0,009463	87,3
Mineralull	0,095	0,038	2,50	7,20	12,26	0,01084	0,000002	4750	1,60E-04	0,010303	95,0
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,17	19,46	0,01675	3,5E-06	3714	1,25E-04	0,010463	62,5
Ytskikt (Tapet)					19,63	0,01691				0,010588	62,6
Inne			0,13	0,37	20,00	0,01729		300	1,01E-05	0,010588	62,6
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Månad: November (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,25	1,60	0,00541		300	5,46E-06	0,00487	90,0
Puts	0,02	1	0,02	0,13	1,85	0,00551	0,000003	6667	1,21E-04	0,00488	88,6
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	12,53	1,98	0,00555	0,000004	75000	1,36E-03	0,005	90,0
Puts	0,01	1	0,010	0,06	14,50	0,01245	0,000003	3333	6,06E-05	0,00636	51,1
Ytskikt (Akryllatexfärg)					14,57	0,01250			4,55E-04	0,00642	51,4
Träregele	0,095	0,14	0,68	4,25	14,57	0,01250	9E-07	105556	1,92E-03	0,00688	55,0
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,37	18,82	0,01613	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,00887	53,8
Ytskikt (Tapet)					19,19	0,01648				0,00887	53,8
Inne			0,13	0,81	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,00887	51,3
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: November (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,15	1,60	0,00541		300	1,01E-05	0,004872	90,0
Puts	0,02	1	0,02	0,08	1,75	0,00547	0,000002	6667	2,24E-04	0,004882	89,2
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	7,73	1,83	0,00550	0,000004	75000	2,52E-03	0,005106	92,8
Puts	0,01	1	0,010	0,04	9,58	0,00915	0,000003	3333	1,12E-04	0,007625	83,3
Ytskikt (Akryllatexfärg)					9,60	0,00918			8,40E-04	0,007737	84,3
Mineralull	0,095	0,038	2,50	9,67	9,60	0,00918	0,000002	4750	1,60E-04	0,008577	93,5
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,23	19,27	0,01656	3,5E-06	3714	1,25E-04	0,008737	52,7
Ytskikt (Tapet)					19,50	0,01679				0,008862	52,8
Inne			0,13	0,50	20,00	0,01729		300	1,01E-05	0,008862	52,8
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Månad: December (Regelsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,33	-4,40	0,00341		300	5,46E-06	0,0031	91,0
Puts	0,02	1	0,02	0,17	-4,40	0,00355	0,000003	6667	1,21E-04	0,00311	88,7
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	16,81	-4,40	0,00355	0,000004	75000	1,36E-03	0,00323	90,9
Puts	0,01	1	0,010	0,08	12,71	0,01115	0,000003	3333	6,06E-05	0,0046	41,2
Ytskikt (Akryllatexfärg)					12,79	0,01121			4,55E-04	0,00466	41,5
Träregele	0,095	0,14	0,68	5,64	12,79	0,01121	9E-07	105556	1,92E-03	0,00511	45,6
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,49	18,43	0,01576	3,5E-06	3714	6,76E-05	0,00703	44,6
Ytskikt (Tapet)					18,92	0,01623				0,0071	43,7
Inne			0,13	1,08	20,00	0,01729		300	5,46E-06	0,0071	43,7
			Σ	2,93766				Σ	219870		

Månad: December (Mineralullsnitt)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ	R	ΔT	T	vs	δ	Z	Δv	v	φ
	m	W/(m·K)	m ² ·K/W	°C	°C	kg/m ³	m ² /s	s/m	kg/m ³	kg/m ³	%
Uteluft			0,04	0,21	-4,40	0,00341		300	1,01E-05	0,003104	91,0
Puts	0,02	1	0,02	0,10	-4,19	0,00347	0,000002	6667	2,24E-04	0,003114	89,8
Lättbetong	0,3	0,15	2,00	10,25	-4,09	0,00350	0,000004	75000	2,52E-03	0,003338	95,4
Puts	0,01	1	0,010	0,05	6,18	0,00735	0,000003	3333	1,12E-04	0,005958	79,7
Ytskikt (Akryllatexfärg)					6,21	0,00737			8,40E-04	0,00597	81,0
Mineralull	0,095	0,038	2,50	12,82	6,21	0,00737	0,000002	4750	1,60E-04	0,00681	92,4
Gipsskiva	0,013	0,22	0,06	0,30	19,03	0,01633	3,5E-06	3714	1,25E-04	0,00697	42,7
Ytskikt (Tapet)					19,33	0,01663				0,007094	42,7
Inne			0,13	0,67	20,00	0,01729		300	1,01E-05	0,007094	42,7
			Σ	4,7591				Σ	119064		

Appendix D – Programmerad källkod för MATLAB

Källkoden nedan är ett utdrag från den programmerade koden i *MATLAB*. Programmet beräknar den relativa fuktigheten för en konstruktion med 95 mm invändig tilläggsisolering. Beräkningen avser här gasbetongkonstruktionen i januari månad. Metodiken är densamma för årets övriga månader med olika tjocklekar på invändig tilläggsisolering med och utan diffusionsspärr.

```

.....

disp(' ')
disp('*****GASBETONG MED 95 mm TILLÄGGSISOLERING*****')
disp(' ')
disp('JANUARI MÅNAD')
load gasjan.z;
T=gasjan;

load gasvjan.z;
a=gasvjan;

kolonn=91;
rad=24;

% Mättnadsånghalt
M=[]; %Mättnadsånghalt
for i=1:rad;
    for j=1:kolonn;
        T(i,j);
        if T(i,j)>=0
M(i,j)=(288.68*(1.098+T(i,j)/100)^8.02)*18.02/(8314.3*(273.15+T(i,j))); %
positiv temp

        else

M(i,j)=(4.689*(1.486+T(i,j)/100)^12.3)*18.02/(8314.3*(273.15+T(i,j))); %
Negativ temp

        end

    end

end

T; %Temperatur
M; %Mättnadsånghalt
a; % Ångahlt
RFtotal=a./M*100; %RF

%RF bakom regeln
RFregel=RFtotal(12,41:51);
RF=[];
for k=1:11
    if RFregel(1,k)>=75
        RF(1,k)=RFregel(1,k);
    end
end

```

```

end

if sum(RF)==0
    disp(['Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal
RF=', num2str(max(RFregel)), ' %'])
else
    disp(['Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%).
Maximal RF=', num2str(max(RF)), ' %'])

end

%RF bakom mineralull
RFminull=RFtotal(12,21:41);
RF=[];
for k=1:21
    if RFminull(1,k)>=90
        RF(1,k)=RFminull(1,k);
    end

end

if sum(RF)==0
    disp(['Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%).
Maximal RF=', num2str(max(RFminull)), ' %'])
else
    disp(['Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrids! (RF>90%).
Maximal RF=', num2str(max(RF)), ' %'])

end

%Kondensbildning
RFmax=max(max(RFtotal));
if RFmax>=100
    disp(['Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i
konstruktionen=', num2str(RFmax), ' %'])
else
    disp(['Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i
konstruktionen=', num2str(RFmax), ' %'])

end

%-----Feb
disp('.....
.....')
disp(' ')

.....

```

Appendix E – Resultat datorberäkning

Nedan visas det totala resultatet från programmen *Heat2* och *MATLAB*.

*****GASBETONG MED 45 mm TILLÄGGSISOLERING*****

JANUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=64.7539 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=71.3918 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=96.3954%

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=63.3836 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=69.9618 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=92.4351%

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=66.2074 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=71.9125 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.0742%

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=69.557 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=73.8788 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=79.1802%

MAJ MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=72.5493 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=75.7418 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=75.7418%

JUNI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=79.6906 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=82.3669 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=82.3669%

JULI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=85.1986 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=87.4201 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=87.4201%

AUGUSTI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=87.0182 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=89.137 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.137%

SEPTEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=82.019 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=85.2399 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=85.2399%

OKTOBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=79.4988 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=83.6106 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.6879%

NOVEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=73.2778 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=78.3368 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=92.1532%

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=66.3868 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=72.5591 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=94.2468%

*******GASBETONG MED 70 mm TILLÄGGSISOLERING*********JANUARI MÅNAD**

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=73.1109 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=80.7221 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=96.8389%

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=71.633 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=79.1836 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=92.8644%

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=73.6854 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=80.1088 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.3928%

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=74.33 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=78.9958 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=78.9958%

MAJ MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=76.075 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=79.4431 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=79.4431%

JUNI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=82.4977 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=85.2808 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=85.2808%

JULI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=87.3588 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=89.6443 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.6443%

AUGUSTI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=89.0321 %
Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrids! (RF>90%). Maximal RF=91.2067 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=91.2067%

SEPTEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=85.622 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=89.0035 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.0037%

OKTOBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=84.382 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=88.7805 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.857%

NOVEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=79.4854 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=85.0309 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=92.3941%

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=74.1085 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=81.0961 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=94.6369%

*******GASBETONG MED 95 mm TILLÄGGSISOLERING + PLASTFOLIE*********JANUARI MÅNAD**

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=36.9623 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=39.9409 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.3153%

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=35.0388 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=37.8909 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=86.1609%

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=41.1878 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=43.9213 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=83.7724%

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=47.5917 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=49.7687 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=76.3188%

MAJ MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=51.9459 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=53.5163 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=70.5817%

JUNI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=59.8949 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=61.209 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=74.6424%

JULI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=65.6525 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=66.6939 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=79.3549%

AUGUSTI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=67.5153 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=68.4942 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=81.6614%

SEPTEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln ($RF < 75\%$). Maximal $RF = 62.439\%$
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen ($RF < 90\%$). Maximal $RF = 64.14\%$
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen = 82.5432%

OKTOBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln ($RF < 75\%$). Maximal $RF = 59.4718\%$
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen ($RF < 90\%$). Maximal $RF = 61.7321\%$
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen = 88.334%

NOVEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln ($RF < 75\%$). Maximal $RF = 51.3928\%$
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen ($RF < 90\%$). Maximal $RF = 54.0907\%$
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen = 88.9835%

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln ($RF < 75\%$). Maximal $RF = 40.4695\%$
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen ($RF < 90\%$). Maximal $RF = 43.4018\%$
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen = 89.2985%

*******GASBETONG MED 95 mm TILLÄGGSISOLERING*********JANUARI MÅNAD**

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=83.5259 %
Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrids! (RF>90%). Maximal RF=92.027 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=97.2351%

FEBRUARI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=81.9156 %
Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrids! (RF>90%). Maximal RF=90.3608 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=93.2427%

MARS MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=81.8109 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=88.7821 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.7821%

APRIL MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=80.5839 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=85.5132 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=85.5132%

MAJ MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=79.9243 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=83.3856 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=83.3856%

JUNI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=85.4563 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=88.2827 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.2827%

JULI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=89.5381 %
Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrids! (RF>90%). Maximal RF=91.8445 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=91.8445%

AUGUSTI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=91.0376 %
Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrids! (RF>90%). Maximal RF=93.2297 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=93.2297%

SEPTEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrider! (RF>75%). Maximal RF=89.5553 %

Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrider! (RF>90%). Maximal RF=93.0094 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=93.0097%

OKTOBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrider! (RF>75%). Maximal RF=89.9355 %

Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrider! (RF>90%). Maximal RF=94.5016 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=94.502%

NOVEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrider! (RF>75%). Maximal RF=86.8068 %

Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrider! (RF>90%). Maximal RF=92.7069 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=92.7074%

DECEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrider! (RF>75%). Maximal RF=83.5862 %

Kritisk Relativ Fuktighet vid mineralullen överskrider! (RF>90%). Maximal RF=91.2829 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=94.9899%

*******GASBETONG MED 120 mm TILLÄGGSISOLERING + PLASTFOLIE*********JANUARI MÅNAD**

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=39.8525 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=42.9202 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.4737%

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=37.8033 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=40.7431 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=86.3135%

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=43.8472 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=46.6226 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=83.8934%

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=49.7091 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=51.8734 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=76.3845%

MAJ MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=53.4677 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=55.004 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=70.6211%

JUNI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=61.1654 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=62.44 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=74.6723%

JULI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=66.6543 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=67.6581 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=79.1853%

AUGUSTI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=68.4554 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=69.3978 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=81.5016%

SEPTEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=64.092 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=65.7509 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=82.5847%

OKTOBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=61.6761 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=63.9053 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.3969%

NOVEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=54.0245 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=56.7253 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.0722%

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=43.3215 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=46.3172 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.4394%

*******GASBETONG MED 195 mm TILLÄGGSISOLERING + PLASTFOLIE*********JANUARI MÅNAD**

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=49.0473 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=52.1341 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.8982%

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=46.6069 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=49.5916 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=86.722%

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=52.0656 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=54.7489 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=84.2169%

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=55.989 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=57.9756 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=76.56%

MAJ MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=57.8395 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=59.1928 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=70.7263%

JUNI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=64.7541 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=65.8526 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=74.7522%

JULI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=69.4477 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=70.2938 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=78.6986%

AUGUSTI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=71.0696 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=71.8615 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=81.0431%

SEPTEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=68.8148 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=70.261 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=82.6955%

OKTOBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=68.116 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=70.1148 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.5648%

NOVEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=61.9415 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=64.4638 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.3094%

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=52.2462 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=55.2091 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.8166%

*******SKARNESYSTEM MED 45 mm TILLÄGGSISOLERING*********JANUARI MÅNAD**

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=61.2776 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=63.2808 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=115.398 %

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=59.988 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=61.9766 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=111.8347 %

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=63.3368 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=65.1065 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=101.7524 %

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=67.6564 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=69.0672 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.0834%

MAJ MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=71.5318 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=72.6379 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=79.2036%

JUNI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=79.073 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=80.0349 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=81.9237%

JULI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=84.9676 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=85.8012 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=85.8012%

AUGUSTI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=86.876 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=87.6804 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=87.6804%

SEPTEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=80.9087 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=82.0206 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.5487%

OKTOBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=77.6508 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=79.0039 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=98.1983%

NOVEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=70.7479 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=72.3509 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=102.2978 %

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=63.1808 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=65.0681 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=109.9801 %

*******SKARNESYSTEM MED 95 mm TILLÄGGSISOLERING*********JANUARI MÅNAD**

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=77.076 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=78.1651 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=116.5528 %

FEBRUARI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=75.5101 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=76.5969 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=112.9535 %

MARS MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=76.4205 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=77.35 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=102.5901 %

APRIL MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=76.6424 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=77.3547 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=88.491%

MAJ MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=77.0562 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=77.6047 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=79.6764%

JUNI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=83.0583 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=83.5351 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=85.5816%

JULI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=87.5324 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=87.9507 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.0168%

AUGUSTI MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=89.119 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=89.5244 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=91.5957%

SEPTEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=86.6915 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=87.2348 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.7844%

OKTOBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=86.2588 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=86.9219 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=98.5831%

NOVEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=82.1706 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=82.9794 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=102.8701 %

DECEMBER MÅNAD

Kritisk Relativ Fuktighet vid regeln överskrids! (RF>75%). Maximal RF=77.6943 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=78.6999 %
Kondensbildning sker i konstruktionen! Maximal RF i konstruktionen=110.9761 %

*****SKARNESYSTEM MED 195 mm TILLÄGGSISOLERING+PLASTFOLIE*******JANUARI MÅNAD**

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=47.3561 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=48.3212 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=94.0366%

FEBRUARI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=45.1449 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=46.08 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.0054%

MARS MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=50.4466 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=51.2906 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=86.3987%

APRIL MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=54.8307 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=55.4672 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=78.0665%

MAJ MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=57.311 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=57.7621 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=71.887%

JUNI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=64.4592 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=64.8332 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=75.7537%

JULI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=69.4413 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=69.7414 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=78.5573%

AUGUSTI MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=70.8895 %
Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=71.1654 %
Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=78.6455%

SEPTEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=68.0504 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=68.5259 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=83.7361 %

OKTOBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=66.7049 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=67.34 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=89.7674 %

NOVEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=60.1123 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=60.8986 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=90.9148 %

DECEMBER MÅNAD

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid regeln (RF<75%). Maximal RF=50.4425 %

Inga kritiska Relativa Fuktigheter vid mineralullen (RF<90%). Maximal RF=51.3615 %

Ingen kondensbildning sker i konstruktionen. Maximal RF i konstruktionen=92.3206 %

Appendix F – Resultat energiberäkning i ISOVER ENERGI

ISOVER

Resultat från energiberäkning

2007-01-14 01:51

gasbetong utan isolering

Ort: Lund

Energiflöden, bostad

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m ²
Jan	26503	33019	59522	3035	2180	5201	54321	19,1
Feb	24653	30713	55366	5433	1969	7105	48261	17,1
Mar	23385	29384	52969	9850	2180	11125	41844	14,1
Apr	18464	23003	41467	19173	2109	17585	23902	8,1
Maj	11817	14722	26539	23962	2180	14744	11795	4,1
Jun	7327	9128	16455	22941	2109	10219	6236	2,1
Jul	4835	6087	10922	25782	2180	7364	3608	1,1
Aug	5507	6861	12368	20179	2180	7800	4568	2,1
Sep	9279	11560	20839	13611	2109	9591	11248	4,1
Okt	15503	19315	34818	8343	2180	8787	36031	9,1
Nov	20010	24929	44939	5378	2109	7346	37593	13,1
Dec	25043	31200	56243	2726	2180	4889	51344	18,1
Totalt	192576	239921	432497	160415	23655	111746	320751	109,1

Wtrans: Transmissionsförluster
Wvent: Ventilationsförluster pga infiltration och ventilation
Wtot: Wtrans + Wvent
Wsol: Infällande solenergi
Wint: Tillgänglig internvärme (personer, belysning etc)
Wutn: Utnyttjad del av Wsol-Wint
Wvärme: Energitillskott från värmesystemer

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,8	11,1	14,4
Globalstrålning (kWh/m ²)	14	26	57	114	152	155

	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
Utetemperatur (°C)	16,7	16,1	12,6	8,3	4,4	1,1	11
Globalstrålning (kWh/m ²)	166	129	78	43	21	10	965



Resultat från energiberäkning

2007-01-14 01:37

gasbetong med 120mm isolering

Ort: Lund

Energiflöden, bostad

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m ²
Jan	23123	29134	52257	3035	2180	5174	47083	16,1
Feb	21509	27100	48609	5433	1969	6938	41621	14,1
Mar	20578	25927	46505	9850	2180	10891	35614	12,1
Apr	16109	20297	36406	19173	2109	16935	19471	7,1
Maj	10310	12990	23300	23962	2180	13685	9615	3,1
Jun	6593	8054	14447	22941	2109	9395	5052	2,1
Jul	4262	5370	9632	25782	2180	6687	2945	1,1
Aug	4805	6054	10859	20179	2180	7144	3715	1,1
Sep	8095	10200	18295	13611	2109	9087	9208	3,1
Okt	13526	17042	30568	8343	2180	8543	22025	8,1
Nov	17458	21996	39454	5378	2109	7226	32228	11,1
Dec	21849	27529	49378	2728	2180	4882	44496	15,1
Totalt	168017	211693	379710	160415	25665	105637	273073	93,1

Wtrans Transmissionsförluster

Wvent Ventilationsförluster pga infiltration och ventilation

Wtot Wtrans + Wvent

Wsol Infällande solenergi

Wint Tillgänglig internvärme (personer, belysning etc)

Wutn Utnyttjad del av Wsol - Wint

Wvärme Energitillskott från värmesystemet

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	
Utemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,3	5,6	11,1	14,4	
Globalstrålning (kWh/m ²)	14	26	57	114	152	155	
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
Utemperatur (°C)	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1	7,7
Globalstrålning (kWh/m ²)	166	129	78	43	21	10	965



Resultat från energiberäkning

2007-01-14 02:03

Skarne utan tillägsisolering

Ort: Lund

Energiflöden, bostad

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m ²
Jan	24637	39134	53771	3035	2180	3182	48589	17,1
Feb	22916	27100	50016	5433	1969	7015	43001	15,1
Mar	21924	25927	47851	9850	2180	10944	36907	13,1
Apr	17163	20297	37460	19173	2109	17082	20378	7,1
Maj	10984	12990	23974	23962	2180	13920	10054	3,1
Jun	8811	8054	14865	22941	2109	9572	5293	1,1
Jul	4541	5570	9911	25782	2180	6833	3078	1,1
Aug	5120	6054	11174	20179	2180	7292	3882	1,1
Sep	8625	10200	18825	13611	2109	9195	9650	3,1
Oktr	14411	17042	31453	8343	2180	8596	22857	8,1
Nov	18600	21996	40596	5378	2109	7257	33339	11,1
Dec	33279	27529	50808	2728	2180	4887	45921	16,1
Totalt	179011	211693	390704	160415	25665	107775	382929	97,1

Wtrans Transmissionsförluster

Wvent Ventilationsförluster pga infiltration och ventilation

Wtot Wtrans + Wvent

Wsol Infallande solenergi

Wint Tillgänglig internvärme (personer, belysning etc)

Wutn Utnyttjad del av Wsol+Wint

Wvärme Energiförlust från värmesystemet

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	
Globalstrålning (kWh/m ²)	14	26	57	114	152	155	
	Jul	Aug	Sep	Oktr	Nov	Dec	År
Utetemperatur (°C)	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1	7,7
Globalstrålning (kWh/m ²)	166	129	78	43	21	10	965



Resultat från energiberäkning

2007-01-14 01:58

Skarne med 195mm isolering

Ort: Lund

Energiflöden, bostad

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m ²
Jan	22613	25250	47863	3035	2180	5148	42715	15,1
Feb	21034	23487	44521	5433	1969	6897	37624	13,1
Mar	20123	22470	42593	9850	2180	10726	31867	11,1
Apr	15754	17591	33345	19173	2109	16383	16962	6,1
Maj	10082	11258	21340	23962	2180	12963	8377	3,1
Jun	6251	6980	13231	22941	2109	8870	4361	1,1
Jul	4168	4654	8822	25782	2180	6260	2562	1,1
Aug	4699	5247	9946	20179	2180	6695	3251	1,1
Sep	7917	8840	16757	13611	2109	8761	7996	3,1
Okt	13227	14770	27997	8343	2180	8378	19619	7,1
Nov	17072	19063	36135	5978	2109	7124	29011	10,1
Dec	21367	23859	45226	2728	2180	4869	40357	14,1
Totalt	164307	183469	347776	160413	25665	103074	344702	84,1

Wtrans Transmissionsförluster
 Wvent Ventilationsförluster pga infiltration och ventilation
 Wtot Wtrans + Wvent
 Wsol Infallande sole energi
 Wint Tillgänglig interntvärme (personer, belysning etc)
 Wutn Utnyttjad del av Wsol-Wint
 Wvärme Energitillskott från värmesystemet

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	
Globalstrålning (kWh/m ²)	14	26	57	114	152	155	
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
Utetemperatur (°C)	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1	7,7
Globalstrålning (kWh/m ²)	166	129	78	43	21	10	965