

Energiushållning och köldbryggor i flerbostadshus

**– en fallstudie i hur dagens byggteknik möter
BBR:s framtida krav**



**LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA**
Lunds universitet

Examensarbete:
Morgan Malmö

© Copyright Morgan Malmlöv

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds Universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds Universitet
Lund 2005

Sammanfattning

Detta examensarbete har till uppgift att kartlägga och redovisa de konsekvenser som de nya kraven i BBR ställer angående köldbryggor och energihushållning. I de krav som nuvarande ställs i BBR 2002 (Boverkets byggregler) finns det inga direkta direktiv att man ska räkna med köldbryggor vid uppförandet av en byggnad. Det ställs inte heller några krav på energihushållning utan det enda som ska tas med i beräkningarna är värmeflödet per ytenhet, dvs. U-värdesberäkningar med dess korrigeringar.

I en remiss som Boverket har gett ut ges ett antal förslag på förändringar av BBR. Dessa är ännu inte lagfästa, men det är en fingervisning om vad som komma skall. Förslagen i remissen kan sammanfattas i två huvuddelar. Det första är att man i framtiden ska räkna med de värmeförluster som uppkommer vid köldbryggor och att man i U-värdet inte ska ta med korrigeringsvärdena. Det andra är att man också måste räkna på den energianvändning som byggnaden kommer att ha.

I rapporten testas ett antal hus av varierande storlekar mot de nuvarande kraven och sedan jämföra de mot de nya. Ett antal konstruktionsdetaljer som innehåller köldbryggor är framtagna och ett värde på köldbryggan är beräknat. Dessa konstruktionsdetaljer är sedan omgjorda så att ett nytt och lägre värde kan tas fram.

Vad rapporten i stora drag har kommit fram till är att de framtida kraven kommer att bli något strängare mot mindre fastigheter i förhållande till stora. Synpunkter på BBR:s remiss är också framlagt angående de energiparametrar som är framförda där. När det kommer till förbättringar av köldbryggor konstateras det att en hel del går att göra för att sänka värmeflödet genom klimatskalet. I stora drag kan det röra som runt 14 % som går strypa bort.

Nyckelord: köldbryggor, energihushållning, värmeflöde per ytenhet, värmeförluster, korrigeringsvärden.

Abstract

This final year project has the purpose of examine and show the consequences of the new demands that BBR is placing do to thermal transmittance of thermal bridges and thermal performance of buildings. In the present demands of BBR 2002 (Boverkets byggregler) there are no specific directive that thermal transmittance of thermal bridges should be calculated while rising a building. There are no futher demands do to calculating thermal performance of buildings, the only thing that has to be calculated is the thermal transmittance of element whit it's correction coefficient.

In a remiss that Boverket has published there are a number of suggested changes in BBR. These are not obtained by the law yet, but gives a hint of what to expect. The suggestion in the remiss is to be summed in two mainparts. The first is that in the future one have to include the heatloss do to thermal transmittance of thermal bridges and that the correction coefficient should be excluded while calculating thermal transmittance of element. The other thing to include in the calculation is the result of the thermal performance of the building.

In the report there are a number of buildings whit numerus sizes that are tested against the present demands and then compared whit the new. A number of construction details have been sorted out and a value of the thermal transmittance of the thermal bridge has been calculated. These construction details are then redesign in order to decrees the value.

What the report has established in wast terms is that smaller buildings will have a bit more difficulty in passing the new demands than larger buildings. Oppinions regarding the BBR remiss is also in the report and it concerns the transmission heat transfer coefficient. When it comes to improvement of the thermal transmittance of thermal bridges it is clear that there is a lot one can do to increes the thermal transmittance through the elements of the house. In wast terms it can be around 14 % that is possible to strain.

Keywords: thermal transmittance of thermal bridges, thermal performance of buildings, thermal transmittance of element, heatloss, correction coefficient.

Förord

Föreliggande examensarbete är gjort inom Lunds Tekniska Högskola vid Campus i Helsingborg. Institutionen är byggnadsteknik och programmet jag går är byggt teknik med arkitektur.

Jag vill främst tacka min handledare Bertil Fredlund, professor i byggnadskonstruktion som har varit behjälplig under arbetets gång och kommit med goda uppslag och konstruktiv kritik.

Jag vill också tacka Gösta Lindström på Strängbetong som har varit generös med material och ritningar. Gunnar Anderlind på Isover har också varit till hjälp då han har bistått med både handledning och en fullversion av programvaran David32.

Innehållsförteckning:

1 Inledning	sid 1
1.1 Bakgrund	sid 1
1.2 Syfte	sid 2
1.3 Metoder och genomförande	sid 2
2 Konstruktionsdetaljer	sid 3
2.1 Beräkningsgång	sid 3
2.2 Konstruktionsdetaljer	sid 4
2.2.1 Vagg-bjälklag 1	sid 4
2.2.2 Vagg-bjälklag 2	sid 5
2.2.3 Balkong-vagg-bjälklag 1	sid 6
2.2.4 Balkong-vagg-bjälklag 2	sid 7
2.2.5 Balkong-vagg-bjälklag 11	sid 8
2.2.6 Balkong-vagg-bjälklag 22	sid 9
2.2.7 Fönster	sid 10
2.2.8 Vagg-tak	sid 11
2.2.9 Vagg-grund	sid 12
2.2.10 Vagg-hörn	sid 13
3 Principhus för beräkningsunderlag	sid 14
3.1 Beskrivning av principhusen	sid 14
3.2 Klimatskal	sid 16
4 U_m-beräkningar med avseende på BBR 2002	sid 17
4.1 Indata till IsoverEnergi (BBR 2002)	sid 17
4.2 Resultat från IsoverEnergi (BBR 2002)	sid 18
5 U_m och energiberäkningar med avseende på BBR Remiss	sid 19
5.1 U_m -indata till IsoverEnergi (BBR Remiss)	sid 19
5.2 Energiindata till IsoverEnergi	sid 20
5.3 Resultat från IsoverEnergi (BBR Remiss)	sid 22

6 Förbättringar av köldbryggor	sid 24
6.1 Vägg-bjälklag 1	sid 24
6.2 Vägg-bjälklag 2	sid 28
6.3 Balkong-vägg-bjälklag 1	sid 28
6.4 Balkong-vägg-bjälklag 22	sid 29
6.5 Fönster	sid 30
6.6 Grund	sid 31
6.7 Vägg-hörn	sid 31
6.8 Principhus med förbättrade köldbryggor	sid 33
7 Kommentarer och slutsatser	sid 34
7.1 BBR 2002 och BBR Remiss	
7.1.1 Svar på fråga ett	sid 35
7.2 Köldbryggor	sid 35
7.2.1 Svar på fråga två	sid 37
Referenser	sid 38
Bilaga	sid 39

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Bakgrunden för detta arbete är att byggbranschen kommer att möta allt hårdare krav i framtiden när det gäller energihushållning. Boverket har tillsammans med SCB tagit fram statistik över energianvändningen för olika hus typer. Det har visat sig att energianvändningen för nybyggda småhus och lokaler har minskat medan för flerbostadshus är nivån oförändrad sedan 80-talet. Därför har Boverket lagt fram en remiss [1] med förslag till förändringar i BBR 2002 [1]. Dessa förändringar är tänkta att träda i kraft 2006.

De lagändringar som är i fokus i detta arbete berör kap.9 i BBR 2002. De mest övergripande förändringar som beskrivs i remissen är att i framtiden är det inte byggnadens energiförluster som ska vara normgivande utan byggnadens energibehov/användning. Nedanstående punkter är en sammanfattning av de förändringar i BBR som ute på remiss (se bilaga):

- Kravet på byggnadens energiförluster har ersatts med krav på byggnadens energibehov/användning redovisat som kWh/m² och år.
- Krav på hänsynstagande angående köldbryggor vid beräkningar av energiförluster.
- Råd om hur kraven bör verifieras, att byggnaden uppfyller kravet på maximalt energibehov/användning. Verifiering sker genom beräkning och mätning.
- Nytt avsnitt med ett alternativt förfarande för mindre byggnader att uppfylla och verifiera kravet på byggnaders energibehov/användning.
- Högre krav på energibehov/användning för byggnader som värms upp med direktverkande el.
- Krav på att byggnadens energianvändning kontinuerligt ska följas upp genom mätning.
- Enklare beräkningsmetodik för att bestämma byggnadens värmeisolering.
- Undantaget från krav på värmeåtervinning eller motsvarande åtgärd har tagits bort för byggnader som i huvudsak värms med förnyelsebar energi, t.ex. biobränsle.

1.2 Syfte

Syftet är att med denna rapport analysera befintliga konstruktionslösningar som används ute på marknaden och se hur de kommer att stå sig emot de nya kraven som ställs av Boverket. Fokus ligger på de punkter i Boverkets remiss som ställer krav på att det är en fastighets totala energihushållning som ska vara normgivande och att man måste beakta inverkan av köldbryggor.

Det är främst flerbostadshus som är intressantast att titta på då det som tidigare nämnts är de som kommer att beröras mest av förändringarna. Det valda ämnet är också något som i högsta grad ligger i tiden då lagförslagen är tänkta att träda i kraft redan nästa år.

Många byggföretag jobbar med just dessa frågor, men en hel del arbete kvarstår innan branschen har tagit fram fungerande lösningar som klarar Boverkets nya krav. Resultaten i denna rapport kan fungera som ett uppslag för de byggföretag som ännu inte har tagit fram ett underlag eller hittat lämpliga beräkningsmetoder för köldbryggor och energianvändning.

Ett par frågor som är relevanta att ställa sig när det gäller denna rapport kan vara följande:

1. Har Boverket med denna remiss för avsikt att ställa högre krav på energihushållning i framtiden?
2. Kommer kraven på att man måste räkna med köldbryggor spela någon större roll? Och om det skulle vara fallet, är det då möjligt att ändra en konstruktionsdetalj så att köldbryggan minskas?

1.3 Metoder och genomförande

För att beräkna ett värde på en köldbrygga, ett s.k. psi-värde används programmet David32 som är baserat på ett par olika itereringsmetoder. Med programmet kan man räkna på både 2-dimensionella fall (köldbrygger per löpmeter) och 3-dimensionella fall (punktköldbryggor). Det är bara 2-dimensionella fall som redovisas i rapporten. Det är för att det är de som har störst inverkan på en byggnad. Sammanlagt är tio stycken konstruktionsdetaljer behandlade. I samma program kan man även se hur värmeflödet ser ut i konstruktionen och den svaga punkten kan identifieras. Genom att förändra konstruktionen kan dessa punkter minskas i betydelse och ett nytt och lägre psi-värde kan räknas fram.

Dessa värden används sedan i programmet IsoverEnergi där man kan placera in köldbryggor i ett simulerat hus. Två beräkningsfall av ett och samma hus finns med rapporten. Det första fallet redovisar hur bostaden klarar nuvarande krav från BBR 2002. Där är inte köldbryggorna medräknade och här görs heller ingen

energiberäkning. I det andra fallet testas samma hus mot de nya kraven, dvs. köldbryggor är medräknade och det görs även en energiberäkning.

En annan förändring i BBR är att U-värdeskraven inte är kopplade till hur stor bostaden är utan det är ett fast värde. Detta tillsammans med de nya kraven på att behöva räkna på energianvändning kan ge upphov till att det blir svårare resp. lättare att uppfylla kraven för olika storlekar på bostäder. Därför finns också en analys med där den simulerade bostaden varierar i både antal lägenheter och storleken på lägenheterna. Sammanlagt är det fyra st. bostäder som jämförs både mot de gamla kraven och de nya, alltså åtta simuleringar totalt.

2 Konstruktionsdetaljer

2.1 Beräkningsgång

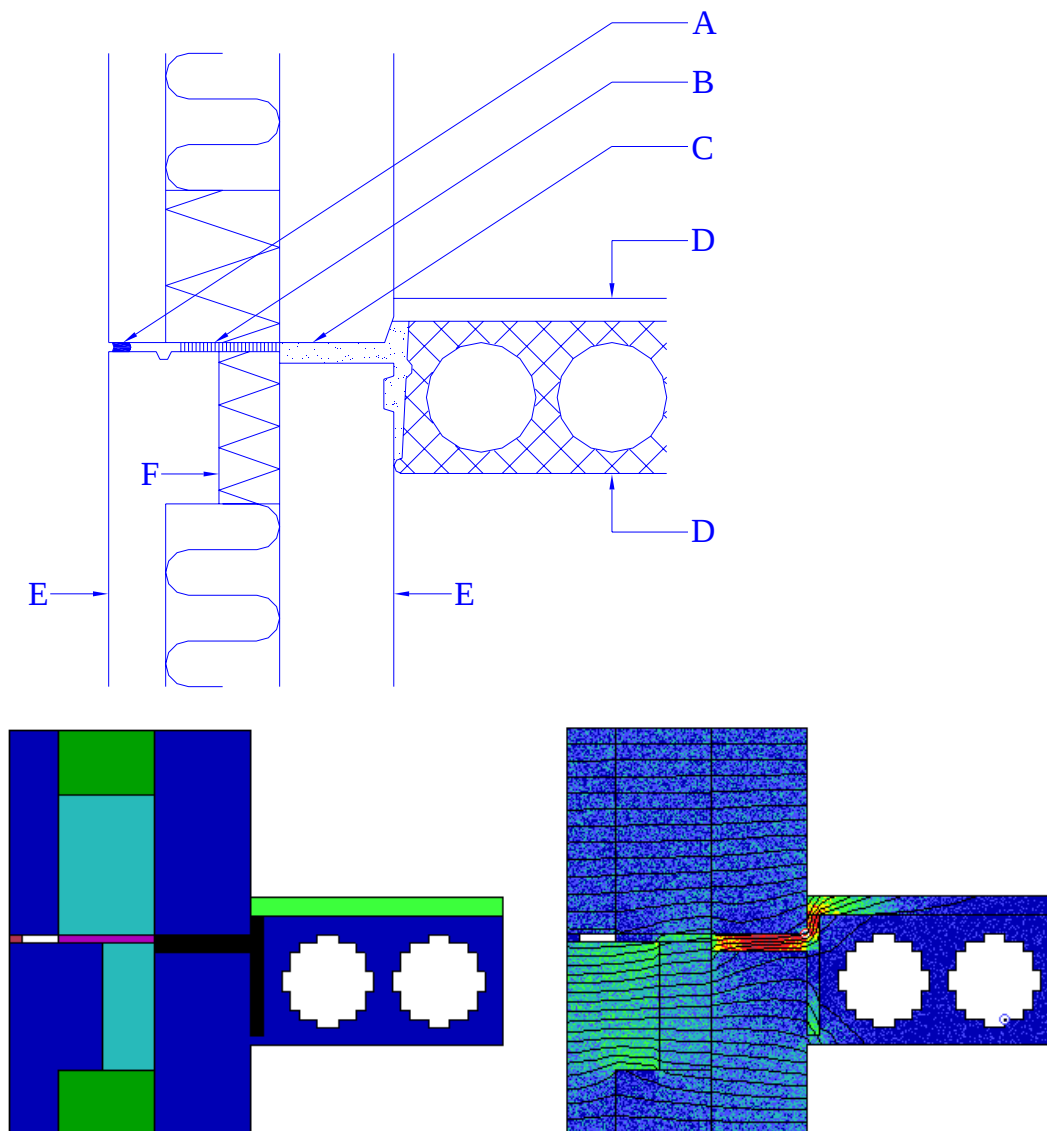
Här följer de tio konstruktionsdetaljer som är behandlade i rapporten. De är ritade i AutoCad och de parametrar som ingår i beräkningarna är material, dess lambda-värden (λ) och mått. Bilder från David32 där värmeflödet genom konstruktionsdetaljen är illustrerat finns också med. Färgskalan som går från blått till rött indikerar värmeflödet, där rött är det största flödet. Isofloderna genom konstruktionen är illustrerade med linjer. Till varje konstruktionsdetalj finns en referens vars värmeflöde inte innehåller en köldbrygga. Bilder av referenserna redovisas inte i denna rapport.

Mellanskillnaden mellan dessa två värmeflöden blir köldbryggans psi-värde (ψ). I de 2-dimensionella fallen är det alltid en meters bredd som David32 räknar på i Z-led. Skillnaden i temperaturer inne och ute är satt till 1 °C för att förenkla beräkningarna. Vad som också bör tilläggas är att i Sverige tillämpas standarden [2] att det är innermått i en byggnad som ska ligga till grund för beräkningarna.

Även en 3-dimensionell simulering är gjord angående armeringsjärn. Eftersom det i det 2-dimensionella fallet inte går att rita i Z-led får cirkulära armeringsjärnen göras om till en tunn skiva med samma area. Mellanskillnaden i värmeflöden utgör felkällan i approximationen. Som synes i tabellen som följer är felkällan marginell och man kan på goda grunder godta approximationen.

2.2 Konstruktionsdetaljer

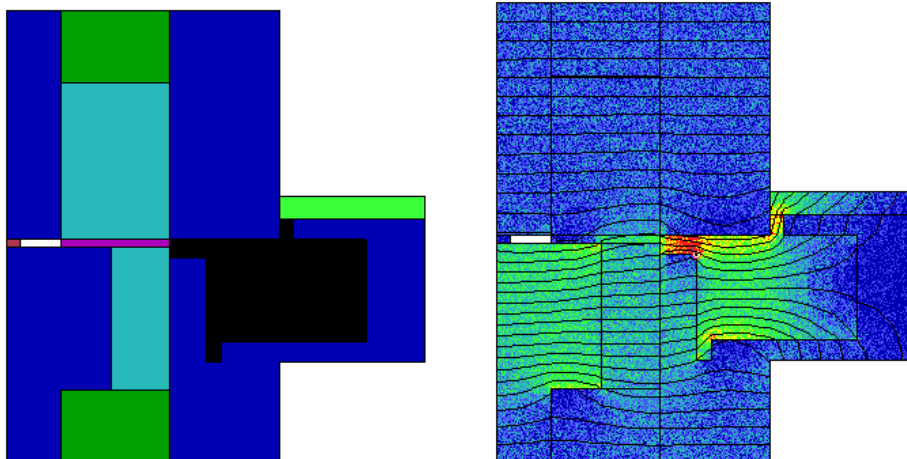
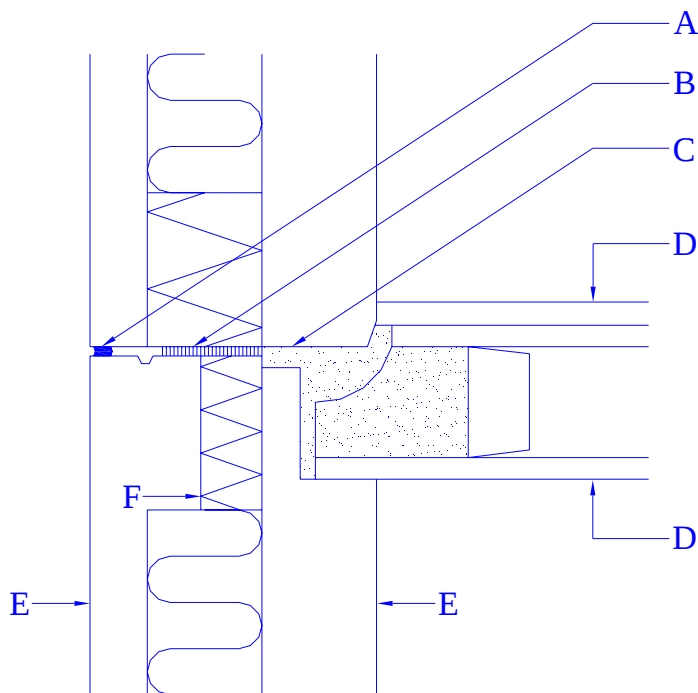
2.2.1 Vägg-bjälklag 1 [3]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B	12	Drevningsremsa	0,05
C	27	Fogingjutning (betong)	1,70
D-D	30	Pågjutning (betong)	1,70
	200	Lättbetong	0,24
E-E	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24
F	80	Expanderande cellplast	0,036

Köldbrygga (ψ) = 0,067 W/m,°C

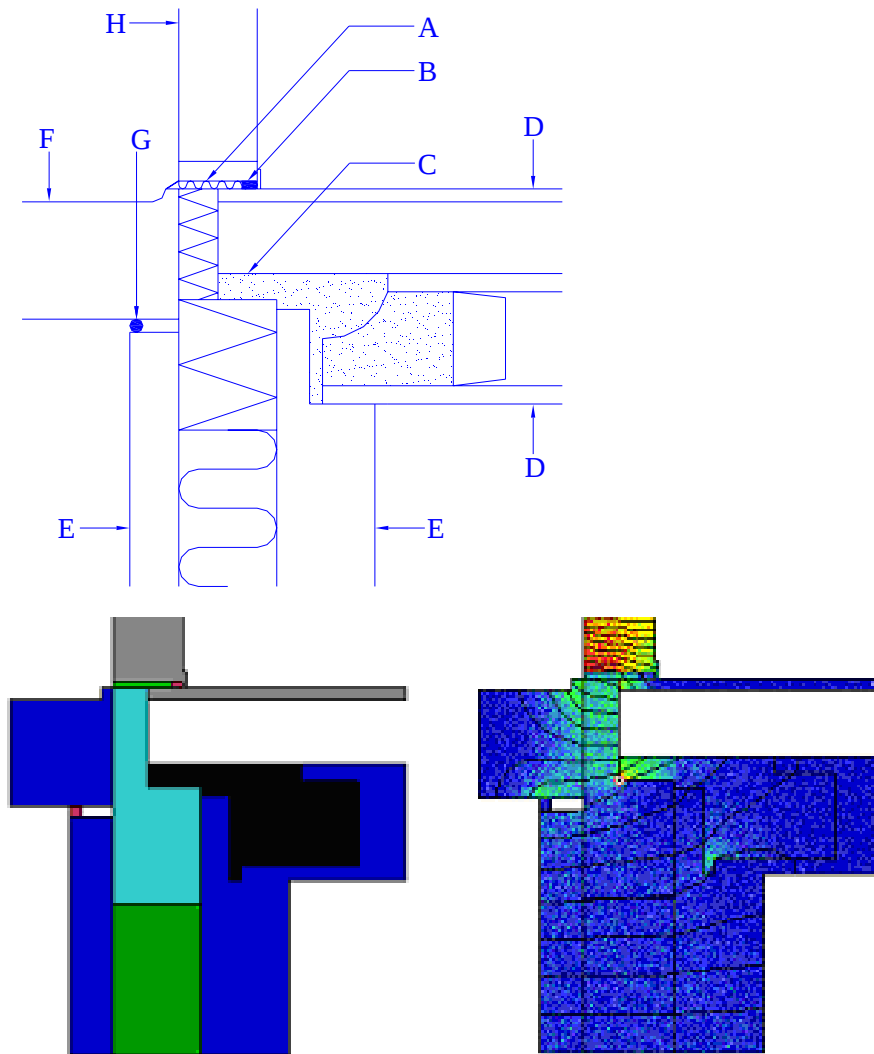
2.2.2 Vegg-bjälklag 2 [3]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B	12	Drevningsremsa	0,05
C	27	Fogingjutning (betong)	1,70
D-D	30	Pågjutning (betong)	1,70
	200	Lättbetong	0,24
E-E	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24
F	80	Expanderande cellplast	0,036

Köldbrygga (ψ) = 0,071 W/m,°C

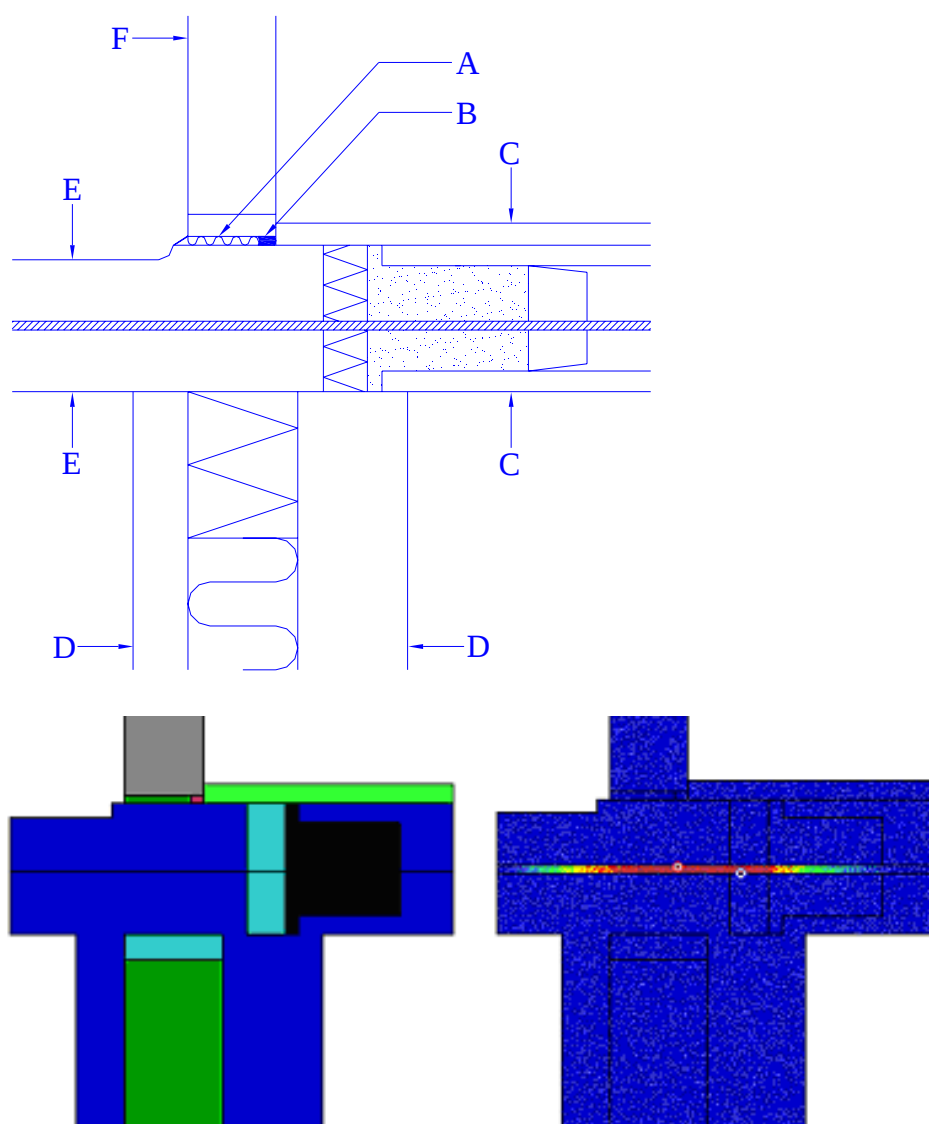
2.2.3 Balkong-vägg-bjälklag 1 [3]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B	12	Drevningsremsa	0,05
C	27	Fogingjutning (betong)	1,70
D-D	20	Träggolv	0,14
	100	Luft (ventilation)	
	200	Lättbetong	0,24
E-E	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24
F	180	Lättbetong (balkong)	0,24
G	12	Mjukfog	0,05
H	120	Trä (balkongdörr)	0,14

Köldbrygga (ψ) = 0,156 W/m,°C

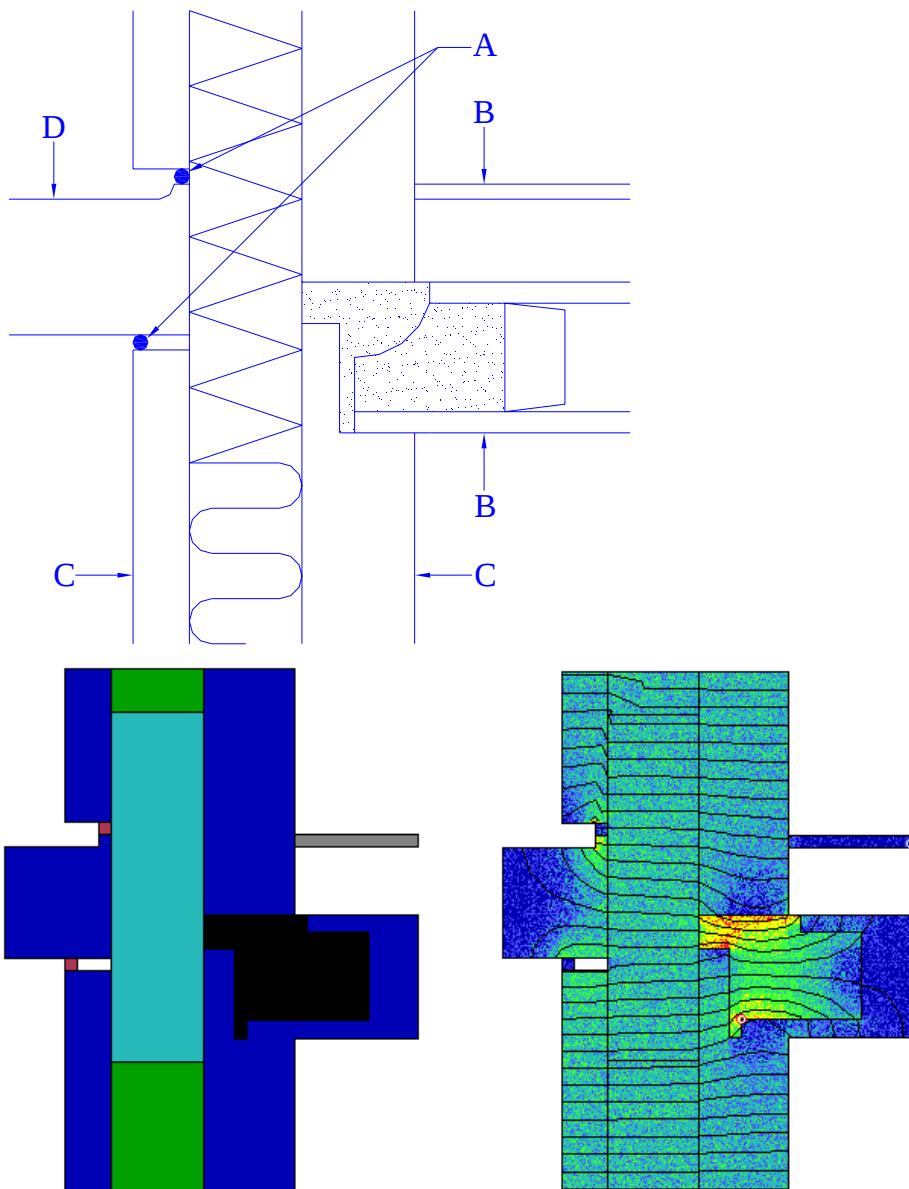
2.2.4 Balkong-vägg-bjälklag 2 [4]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B	12	Drevningsremsa	0,05
C-C	30	Pågjutning (betong)	1,70
	200	Lättbetong	0,24
	12	Armering	70,0
D-D	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24
E-E	180	Lättbetong	0,24
	12	Armering	70,0
F	120	Trä (balkongdörr)	0,14

Köldbrygga (ψ) = 0,285 W/m,°C

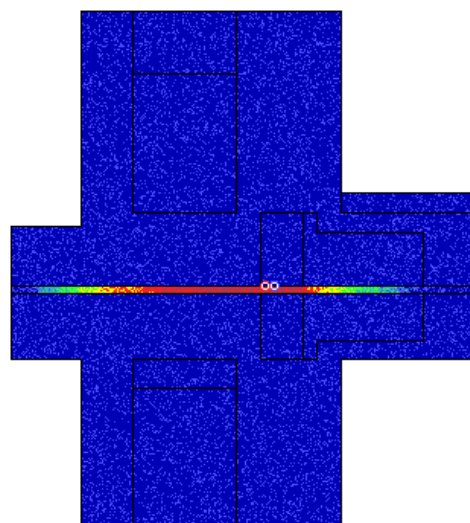
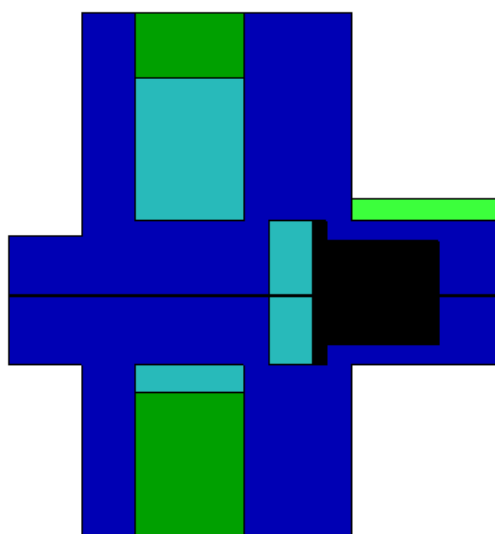
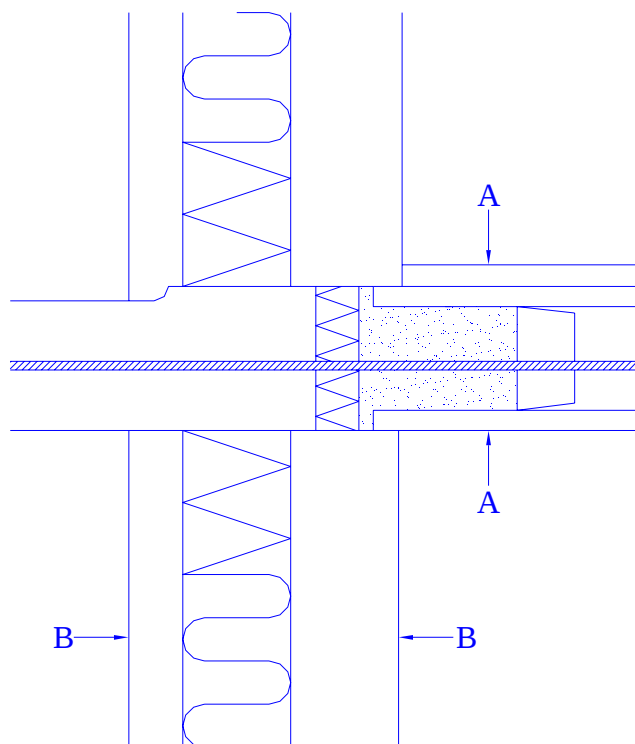
2.2.5 Balkong-vägg-bjälklag 11 [3]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B-B	20	Trägol	0,14
	100	Luft (ventilation)	
	200	Lättbetong	0,24
C-C	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24
D	180	Lättbetong (balkong)	0,24

Köldbrygga (ψ) = 0,070 W/m,°C

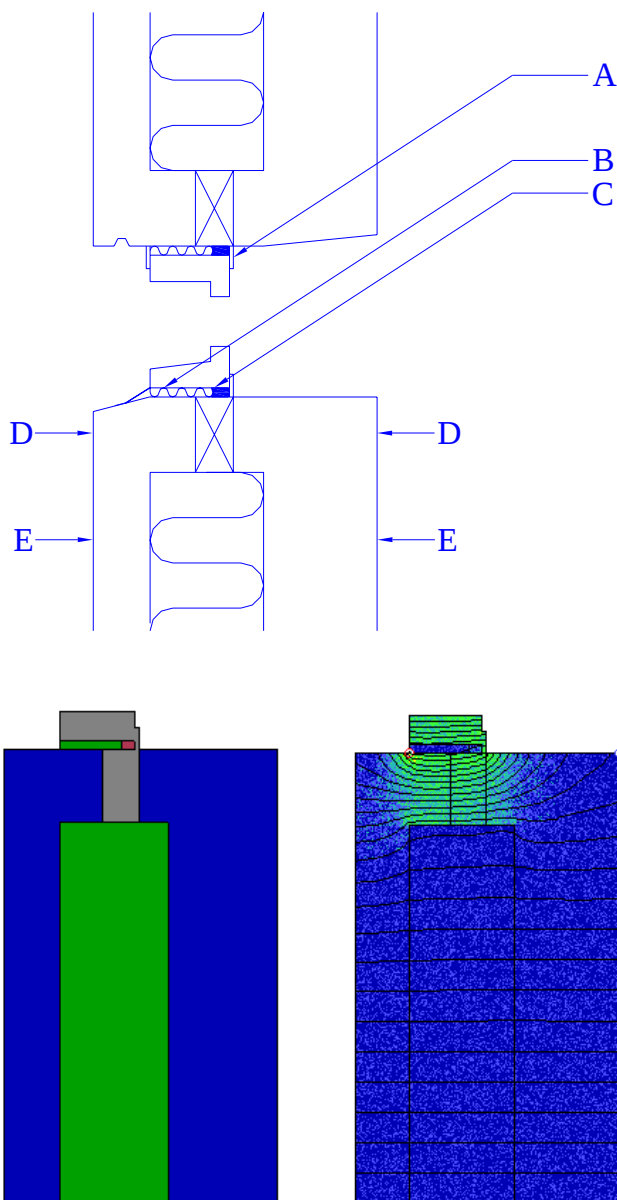
2.2.6 Balkong-vägg-bjälklag 22 [4]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A-A	30	Pågjutning (betong)	1,70
	200	Lättbetong	0,24
	12	Armering	70,0
B-B	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24

Köldbrygga (ψ) = 0,216 W/m,°C

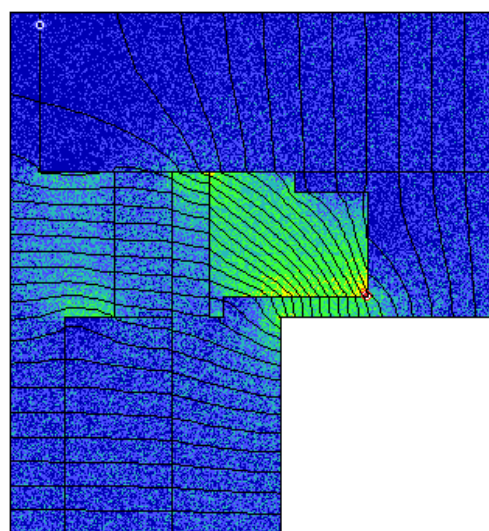
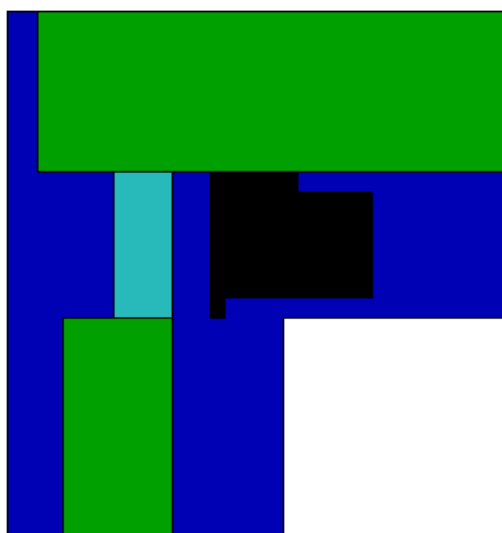
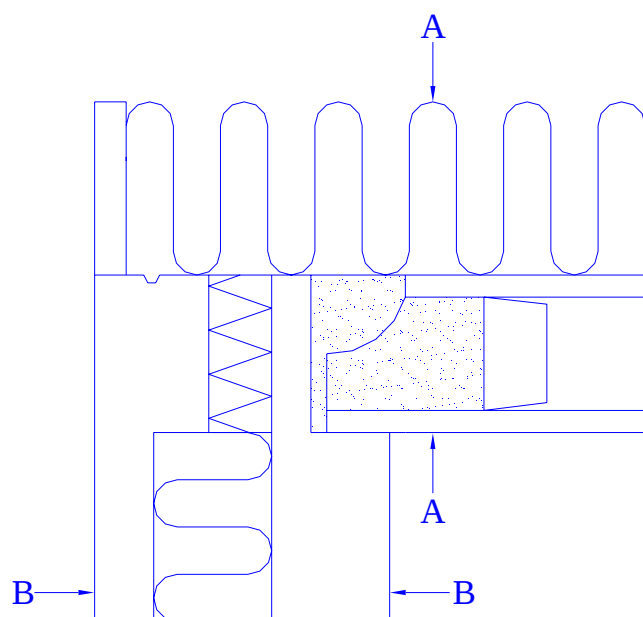
2.2.7 Fönster [4]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	30x5	Trä (list)	0,14
B	12	Drevningsremsa	0,05
C	12	Mjukfog	0,05
D-D	190	Lättbetong	0,24
	100x50	Trä (regel)	0,14
	135	Lättbetong	0,24
E-E	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24

Köldbrygga (ψ) = 0,123 W/m,°C

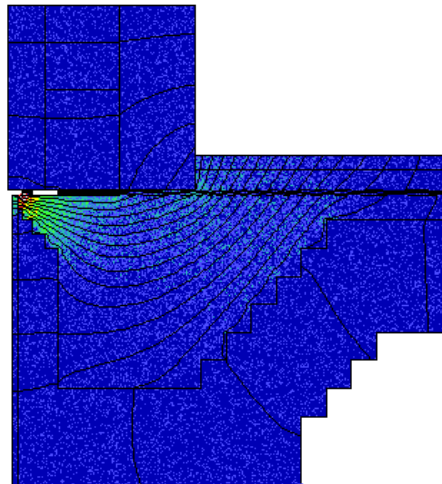
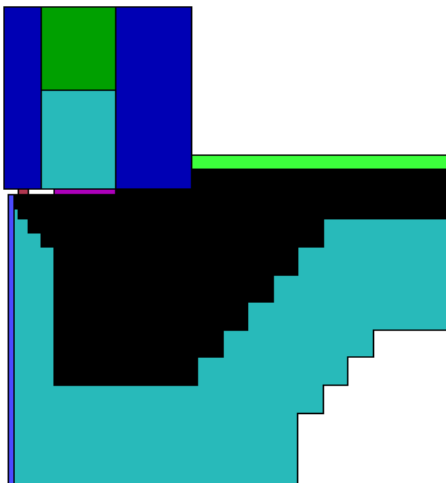
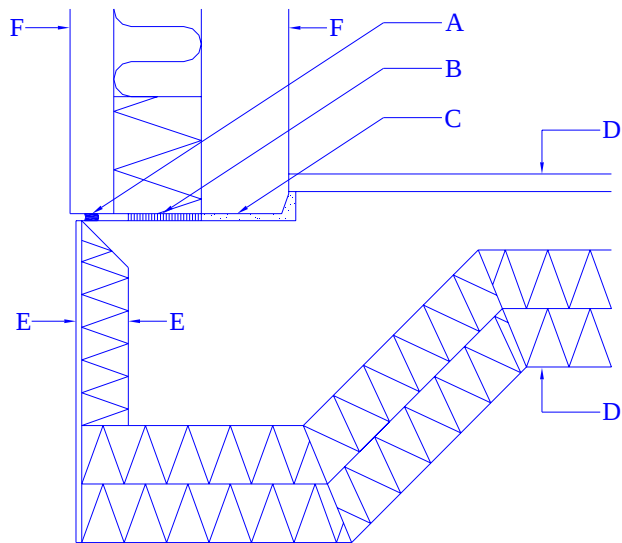
2.2.8 Vegg-tak [3]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A-A	220	Mineralull	0,036
	200	Lättbetong	0,24
B-B	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24

Köldbrygga (ψ) = 0,086 W/m,°C

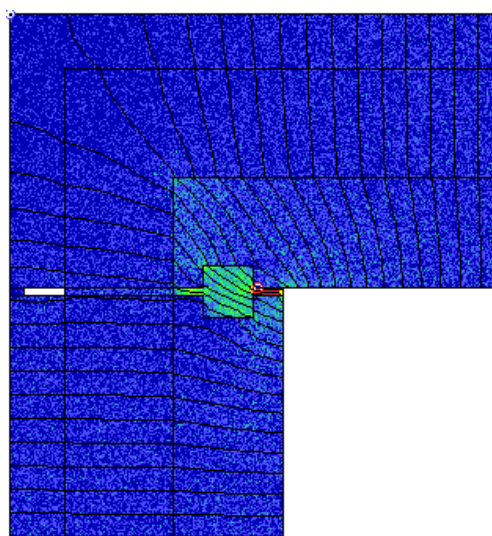
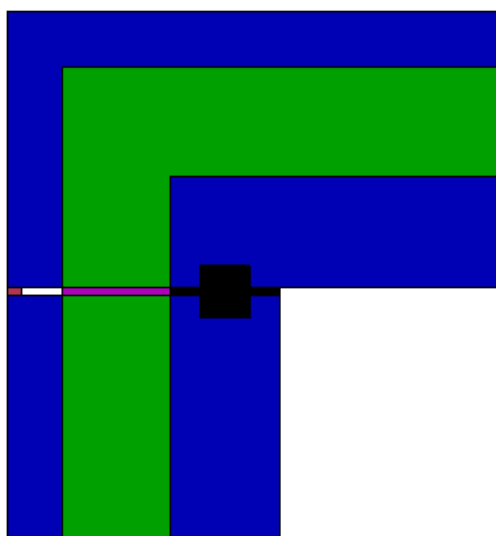
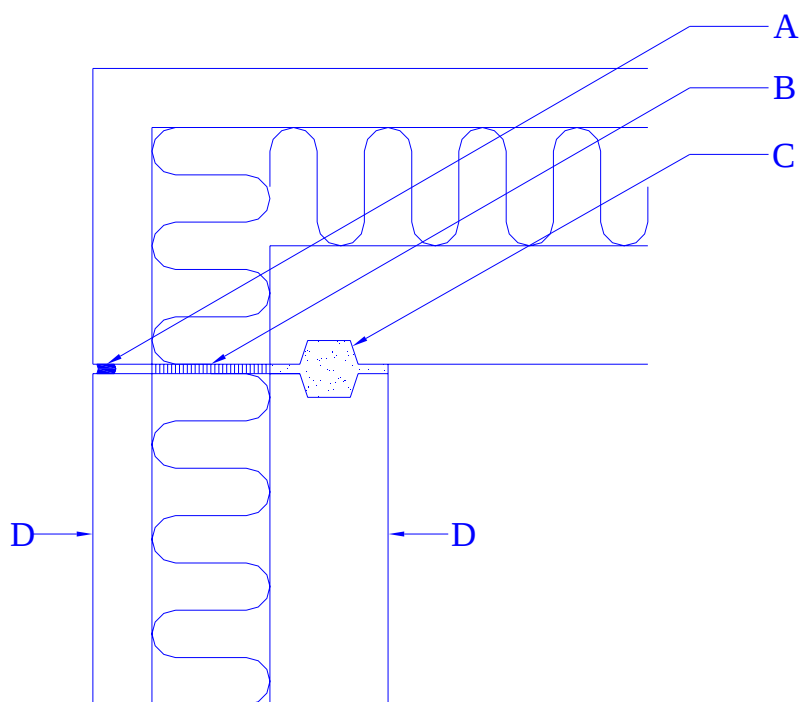
2.2.9 Vagg-grund [4]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B	12	Drevningsremsa	0,05
C	12	Fogingjutning (betong)	1,70
D-D	30	Pågjutning (betong)	1,70
	100	Lättbetong	0,24
	200	Expanderande cellplast	0,036
E-E	80	Expanderande cellplast	0,036
	10	Gips	0,22
F-F	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24

Köldbrygga (ψ) = 0,086 W/m,°C

2.2.10 Vägg-hörn [5]



Snitt	Tjocklek (mm)	Material	Lambdavärde (W/m,°C)
A	12	Mjukfog	0,05
B	12	Drevningsremsa	0,05
C	70x70	Fogingjutning (betong)	1,70
D-D	150	Lättbetong	0,24
	150	Mineralull	0,036
	75	Lättbetong	0,24

Köldbrygga (ψ) = 0,068 W/m,°C

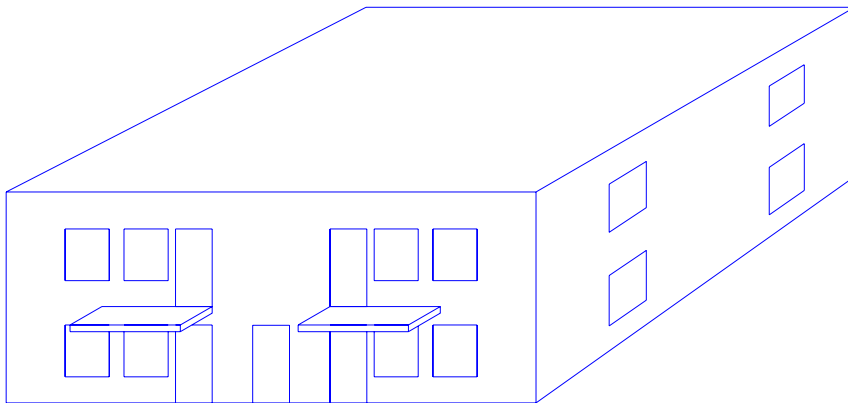
3 Principhus för beräkningsunderlag

3.1 Beskrivning av principhusen

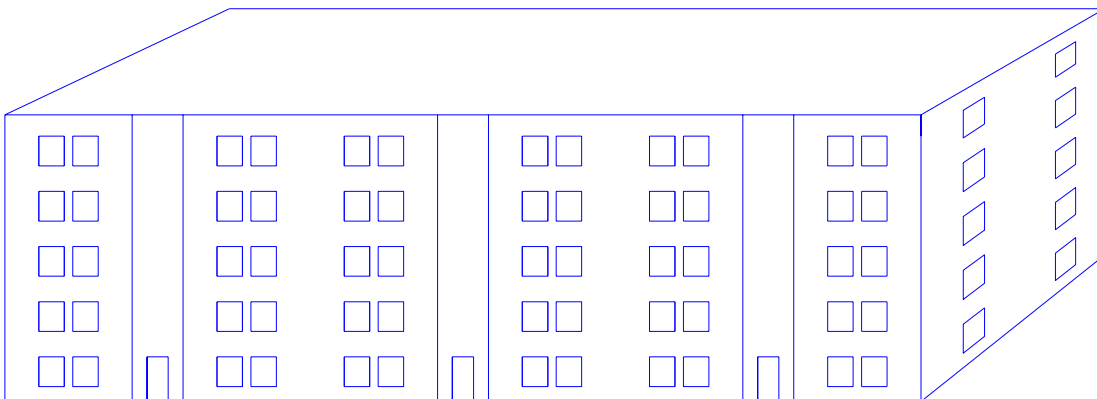
Som nämnts tidigare är det flerbostadshus som ligger till grund för denna rapport. Samtliga hus har samma klimatskal. Hustyperna är följande:

Små lägenheter (36m² och 2,5m i takhöjd):

Hus 1: 2-våningar, 8 st. lägenheter med 3m balkong, ett genomgående trapphus. 24 st. fönster och 10 st. dörrar

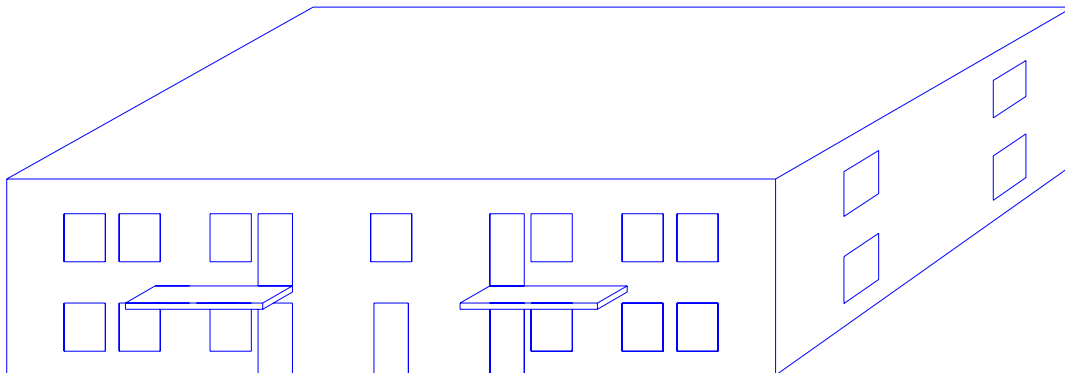


Hus 2: 5-våningar, 60 st.lägenheter utan balkong, tre genomgående trapphus. 140 st. fönster och 6 st. dörrar



Stora lägenheter (100m² och 2,5m i takhöjd):

Hus 3: 2-våningar, 8 st. lägenheter med 4m balkong, ett genomgående trapphus. 34 st. fönster och 10 st. dörrar



Hus 4: 5-våningar, 60 st.lägenheter med 4m balkong, tre genomgående trapphus. 224 st. fönster och 66 st. dörrar



3.2 Klimatskal

Klimatskalet är valt på så sätt att de konstruktionsdetaljer som tidigare är redovisade går att applicera på samtliga hus. Variationer är gjorda när det gäller tjocklekar på mineralull i tak och grund (Obs: endast 2-vån, 36m² fastigheten är beskriven nedan).

Grund (Platta på mark Floormate):

1. Betong 100
 2. Floormate 200
 3. Dränerande markskikt 150
- Σ U-värde = 0,108 W/m²,°C

Väggar:

1. Lättbetong 150
 2. Isolering 150
 3. Lättbetong 75
- Σ U-värde = 0,140 W/m²,°C

Fönster:

3-glas. 1400x1200mm. U-värde = 1,3 W/m²,°C

Dörrar:

2100x1000mm. U-värde = 1,1 W/m²,°C

Tak:

1. Lättbetong 200
 2. Minerall 200
- Σ U-värde = 0,135 W/m²,°C

4 U_m -beräkningar med avseende på BBR 2002

4.1 Indata till IsoverEnergi (BBR 2002)

Dessa beräkningar har till uppgift att stämma av berörda konstruktioner och principhus med nu gällande krav i BBR, dvs. BBR 2002. De U -värden som matas in i IsoverEnergi-programmet ska alla vara korrigerade värden. Alltså korrektionsvärden som ΔU_f , ΔU_g , ΔU_k och ΔU_w . Även randzoner för grunden och korrigering för dräneringsskikt måste matas in.

Använder man färdiga konstruktioner i programmet är där inlagt värden för korrekationer förutom randzonerna som man själv får fylla i. Dessa värden går att ändra manuellt, vilket måste göras vid beräkningarna i nästa omgång då det är de framtida kraven som ska beräknas. De korrektionspåslag som används vid dessa beräkningar är:

- **Grund:** $U = 0,20 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ (Dränengingsskikt av stenmaterial med tjocklek av lägst 150mm). Hänsyn har också tagits till randzoner
- **Väggar:** Inget påslag
- **Tak:** $R_u = 0,30 \text{ m}^2, ^\circ\text{C/W}$ (Ventilerat yttertak av takpannor på undertak).
 $U = 0,01 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ (Vindsbjälklag med isolering i ett skikt mellan underramar)

Enl. BBR 2002 ska man räkna med dessa temperaturdifferenser och Värmeövergångsmotstånd:

Temperaturdifferenser:

$T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_u = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Detta gäller också mot mark)

Värmeövergångsmotstånd:

	Tak	Vägg	Golv
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

4.2 Resultat från IsoverEnergi (BBR 2002)

Nedan redovisas de U-värden för husen som uppfyller nuvarande krav i BBR. Husen är justerade i IsoverEnergi så att de precis ska uppfylla kraven. Det är antalet fönster och dörrar som har varierats. Det är för att man ska kunna jämföra med de kommande kraven och se vad skillnaderna blir. Kraven som gäller för BBR 2002 är följande:

$$U_{m, \text{krav}} \text{ för bostäder} = 0,16 + 0,81 \cdot A_f / A_{om}$$

$$U_m = (\sum U_{\text{just}} \cdot A) / A_{om}$$

$$U_{m, \text{krav}} > U_m \Rightarrow \text{Godkänt}$$

Resultat från IsoverEnergi:

Hus	$U_{m, \text{krav}}$ (W/m ² , °C)	U_m (W/m ² , °C)	Godkänt
2-vån, 36m ²	0,201	0,198	Ja
2-vån, 100m ²	0,207	0,205	Ja
5-vån, 36m ²	0,190	0,188	Ja
5-vån, 100m ²	0,199	0,197	Ja

5 U_m och energiberäkningar med avseende på BBR Remiss

5.1 U_m -indata till IsoverEnergi (BBR Remiss)

De beräkningar och resultat som följer belyser hur samma principer som tidigare klarade BBR 2002:s krav matchar de framtida kraven Boverket ställer.

Nu ska inte de korrektionsvärden som tidigare beaktades vara med. Dessa schablonvärden är ersatta med värden på köldbryggor som måste räknas fram för varje unik konstruktion. Det är psi-värdet (ψ) som tidigare redovisats i rapporten som ska användas.

Temperaturdifferenser och värmeövergångsmotstånd är samma som tidigare. När det gäller köldbryggornas psi-värde är de räknade per löpmeter. Indata till IsoverEnergi är följande (Obs: endast 2-vån, 36m² fastigheten är beskriven här och med enbart stagförakrade balkonger, se sid.8):

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga (W/m, °C)	Längd per fastighet (m)
Vägg-bjälklag 1	0,067	24,0
Vägg-bjälklag 2	0,071	16,8
Balkong-vägg-bjälklag 1	0,156	4,0
Balkong-vägg-bjälklag 11	0,070	8,0
Fönster + 3st. karmlängder för balkongdörrarna och 4st. för ytterdörrarna	0,124	182,4
Vägg-tak	0,086	52,8
Vägg-grund	0,374	46,8
Vägg-hörn	0,067	20,8

5.2 Energiindata till IsoverEnergi

Den beräkningsgång för energihushållning som Boverkets remiss innehåller är uttryckt som ”normalårsbaserat årsenergibehov (kWh/år) vid normalt brukande” och har följande parametrar (det fetstilta är direkt citerat ur remissen, texten undertill beskriver schablonvärden). De värden som inte har en beskrivning av hur de matas in i IsoverEnergi korrigeras manuellt till det resultat programmet redovisar.

$$Q_{\text{energi}} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{\text{rvv}} + Q_{\text{dr}} + Q_{\text{el}} - Q_{\text{vå}} - Q_{\text{tillskott}}$$

Q_t : Värmeförlust p.g.a. transmission (inkl. köldbryggor)

- Detta är de värdena som är beskrivna i kap. 5.1 och avläses i IsoverEnergi.

Q_v : Värmeförlust p.g.a. ventilation

- 0,35 l/s,m² golvarea [6]. (Vid inmatning i IsoverEnergi • 0,5 oms/h. Resultatet avläses också i IsoverEnergi. Detta värde inkluderar även kommande Q_l -värde).

Q_l : Värmeförlust p.g.a. luftläckning (otätheter i klimatskärmen, vädring)

- Vid inmatning i IsoverEnergi • 0,1 oms/h [7].

Q_{rvv} : Värmebehov för tappvarmvatten

- 1800 kWh/lgh,år + 18 kWh/m²,år [8].

Q_{dr} : Distributions- och reglerförluster

- Distributionsförluster: vvc (varmvattencirkulation) = 40 W/lgh [9]. (Omräkning till rätt enhet är som följer: W/lgh * 1/m²,lgh * 8,76 = kWh/m²,år).
- Reglerförluster: lägg till +1,5 °C till T_i [9]. (Vid inmatning i IsoverEnergi: ändra värdet på T_i).

Q_{el} : Elenergibehov för att driva motorer till pumpar och fläktar, drivel till frånluftsvärmepumpar (FVP) och kylmaskiner för klimatkyla och övrig fastighetsel.

- Fläktar: 2,0 kW/(m³/s) [9]. (Omräkning till rätt enhet är som följer: 2,0 kW/(m³/s) * 0,5/3600 * rumshöjd (2,5m) * driftstid (8760 h) = kWh/m²).
- Pumpar: 0,07 W/m²,BRA(bruksarea) [9]. (Omräkning till rätt enhet är som följer: W/m²,BRA * 8,76 = kWh/m²,år).

$Q_{\text{vå}}$: Energi som kan tillgodogöras från i byggnaden installerade ventilationsvärmexlare (FTX), frånluftsvärmepumpar (FVP), solfångare, solceller eller dylikt.

- Ventilationsvärmexlare (FTX): 50% av värmeförlust p.g.a. ventilation (vid inmatning i IsoverEnergi = 50% värmeväxling. Resultatet är reducerat i Q_v -värdet).

$Q_{\text{tillskott}}$: Värmetillskott som kan tillgodogöras för uppvärmning från personer, belysning, hushållsapparater, tappvarmvatten och eventuella övriga tillskott inom byggnaden.

- 20 % av Q_{tvv} .
- 80 % av Hushållsel: (Hushållsel = 2200 kWh/lgh,år + 22 kWh/m² golvarea,år) [8].
- Personer: 8,76 kWh/m² golvarea,år [8].
- 60 % av Spillvärme från pumpenergin: (Spillvärme = 15 % av pumpenergin) [9].
- Solinstrålning: (Avläses i IsoverEnergi).

5.3 Resultat från IsoverEnergi (BBR Remiss)

Här redovisas hur de energi- och U-värden som tidigare precis klarade BBR 2002:s krav står sig emot Boverkets remiss. Kraven i remissen är följande:

$$Q_{krav} = 110 \text{ kWh/m}^2$$

$$Q_{energi} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{tvv} + Q_{dr} + Q_{el} - Q_{vå} - Q_{tillskott}$$

$$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt}$$

$$U_{m, krav} \text{ för bostäder} = 0,50 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$$

$$U_m = (\Sigma U \cdot A + \Sigma l \cdot \psi) / A_{om}$$

$$U_{m, krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt}$$

2-vån, 36m²:

Energivärden (kWh/m ²)						
Q_{energi}	Q_t	Q_v	Q_{tvv}	Q_{dr}	Q_{el}	$Q_{tillskott}$
79,25	75,89	37,62	68,00	9,73	6,69	188,68
Q_{krav}						
110						
$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt med 28\% marginal}$						
U-värden (W/m ² , °C)						
U_m						
0,293						
$U_{m, krav}$						
0,50						
$U_{m, krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt med 41\% marginal}$						

2-vån, 100m²:

Energivärden (kWh/m ²)						
Q_{energi}	Q_t	Q_v	Q_{tvv}	Q_{dr}	Q_{el}	$Q_{tillskott}$
82,29	70,04	37,62	36,00	3,50	6,69	71,56
Q_{krav}						
110						
$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt med 25\% marginal}$						
U-värden (W/m ² , °C)						
U_m						
0,314						
$U_{m, krav}$						
0,50						
$U_{m, krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt med 37\% marginal}$						

5-vån, 36m²:

Energivärden (kWh/m ²)						
Q _{energi}	Q _t	Q _v	Q _{tvv}	Q _{dr}	Q _{cl}	Q _{tillskott}
47,59	34,75	38,48	68,00	9,73	6,69	110,06
Q _{krav}						
110						
Q _{krav} > Q _{energi} => godkänt med 57% marginal						
U-värden (W/m ² , °C)						
U _m						
0,258						
U _{m, krav}						
0,50						
U _{m, krav} > U _m => godkänt med 48% marginal						

5-vån, 100m²:

Energivärden (kWh/m ²)						
Q _{energi}	Q _t	Q _v	Q _{tvv}	Q _{dr}	Q _{cl}	Q _{tillskott}
47,35	29,65	38,48	36,00	3,50	6,69	66,97
Q _{krav}						
110						
Q _{krav} > Q _{energi} => godkänt med 57% marginal						
U-värden (W/m ² , °C)						
U _m						
0,274						
U _{m, krav}						
0,50						
U _{m, krav} > U _m => godkänt med 45% marginal						

6 Förbättringar av köldbryggor

I detta kapitel redovisas ett antal förändringar i konstruktionsdetaljerna. De parametrar som avses är dimensioner och materialval i konstruktionen. I vissa fall är även enskilda detaljer helt omgjorda. Syftet är att värmeflödet genom konstruktionen ska minska och köldbryggans psi-värde ska bli så lågt som möjligt.

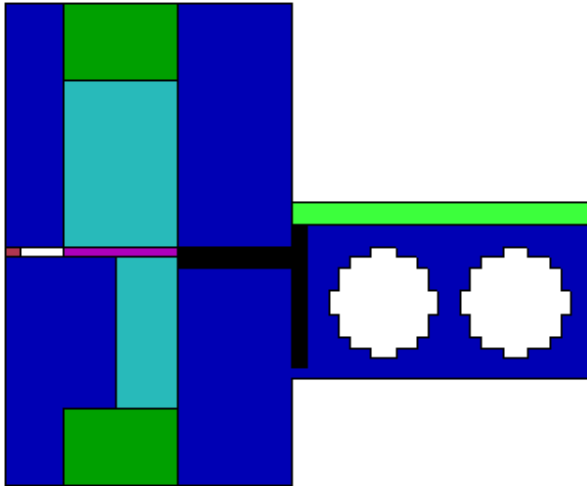
Resultaten redovisas antingen som psi-värdet som funktion av någon av de förändrade parametrarna beskrivet med ett diagram. Eller så redovisas enbart ett nytt och förändrat psi-värde.

6.1 Vägg-bjälklag 1

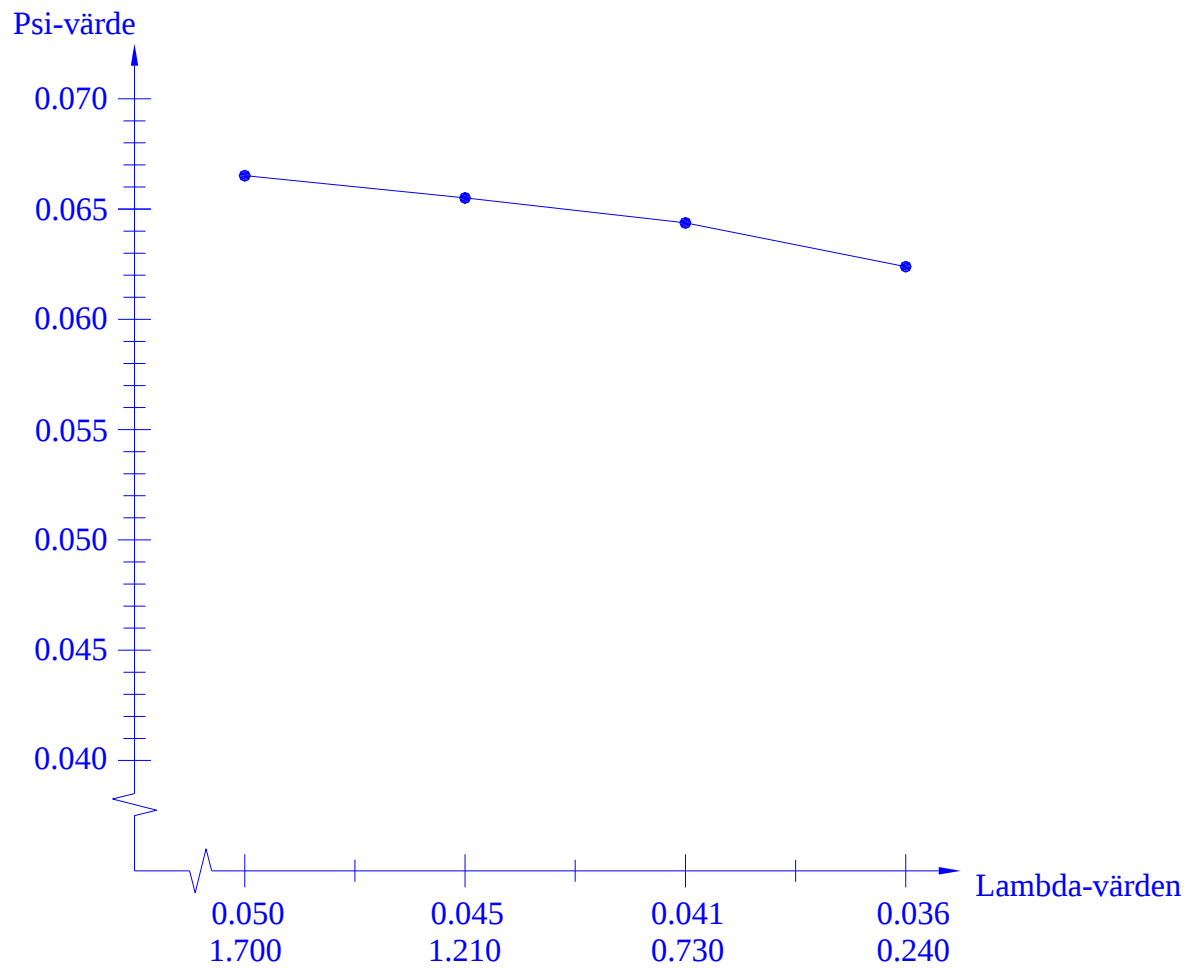
Den första förändringen i denna detalj är ändringar av material i de skikt som ligger horisontellt mellan väggarna, dvs. mjukfog, drevningsremsa och fogingjutning. Lambdavärdena (λ) är stegvis förbättrade vilket leder till ett lägre värmeflöde. Lambdavärdena för de fyra olika fallen är följande:

Fall	Mjukfog och drevningsremsa (W/m, °C)	Fogingjutning (betong) (W/m, °C)	Psi-värde (W/m, °C)
1	0,050	1,700	0,067
2	0,045	1,210	0,066
3	0,041	0,730	0,065
4	0,036	0,240	0,063

Fall 1- 4:

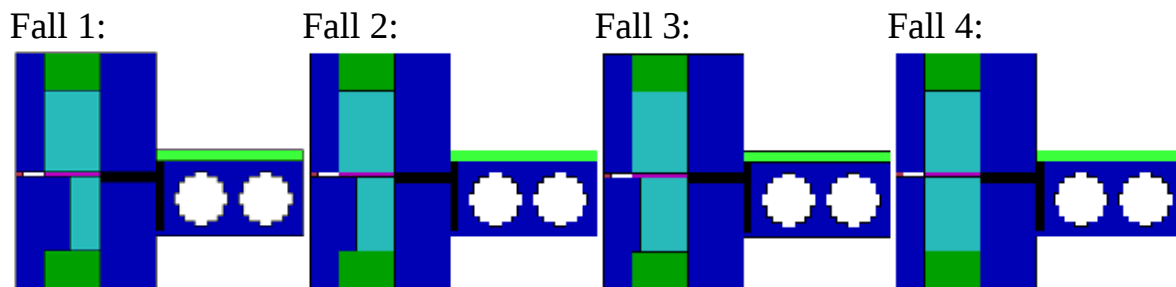


Psi-värdet som funktion av de olika lambda-värdena:

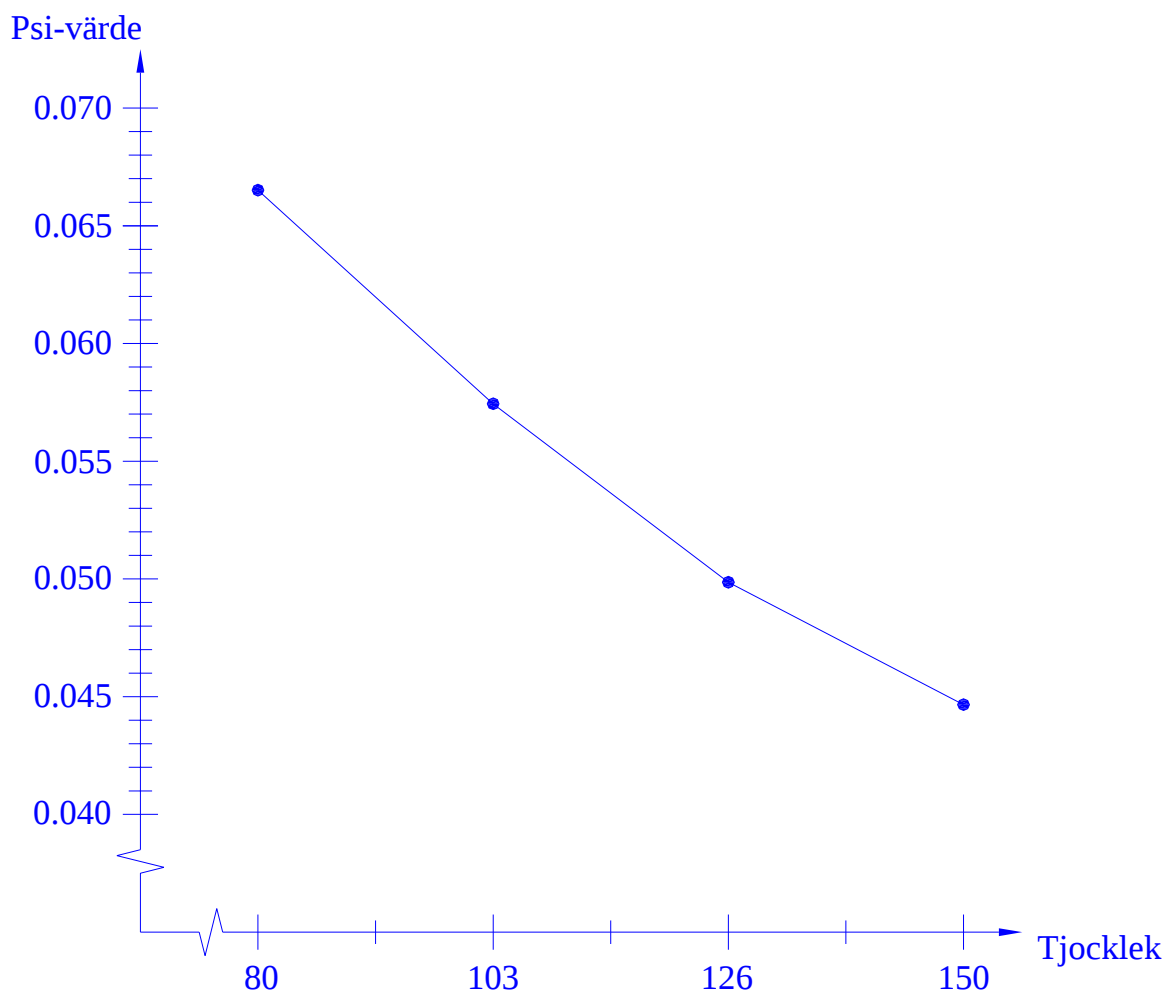


Den andra förändringen är en tjockleksändring av ett parti av expanderande cellplast i väggen. Tjocklekarna är följande:

Fall	Tjocklek (mm)	Psi-värde (W/m,°C)
1	80	0,067
2	103	0,057
3	126	0,050
4	150	0,045



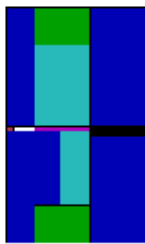
Psi-värdet som funktion av de olika tjocklekarna:



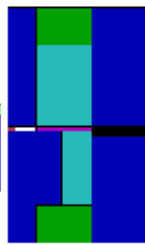
Den sista förändringen är att ett isoleringskikt på både ovan och undersidan på bjälklaget är pålagt. De fyra variationerna i tjocklek är följande:

Fall	Tjocklek (mm)	Psi-värde ($\text{W/m}^2\text{K}$)
1	0	0,067
2	60	0,062
3	120	0,058
4	180	0,053

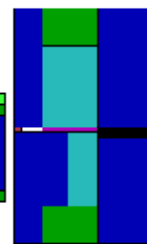
Fall 1:



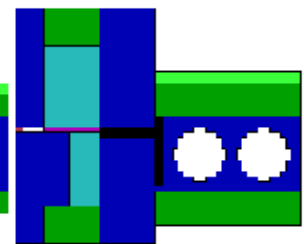
Fall 2:



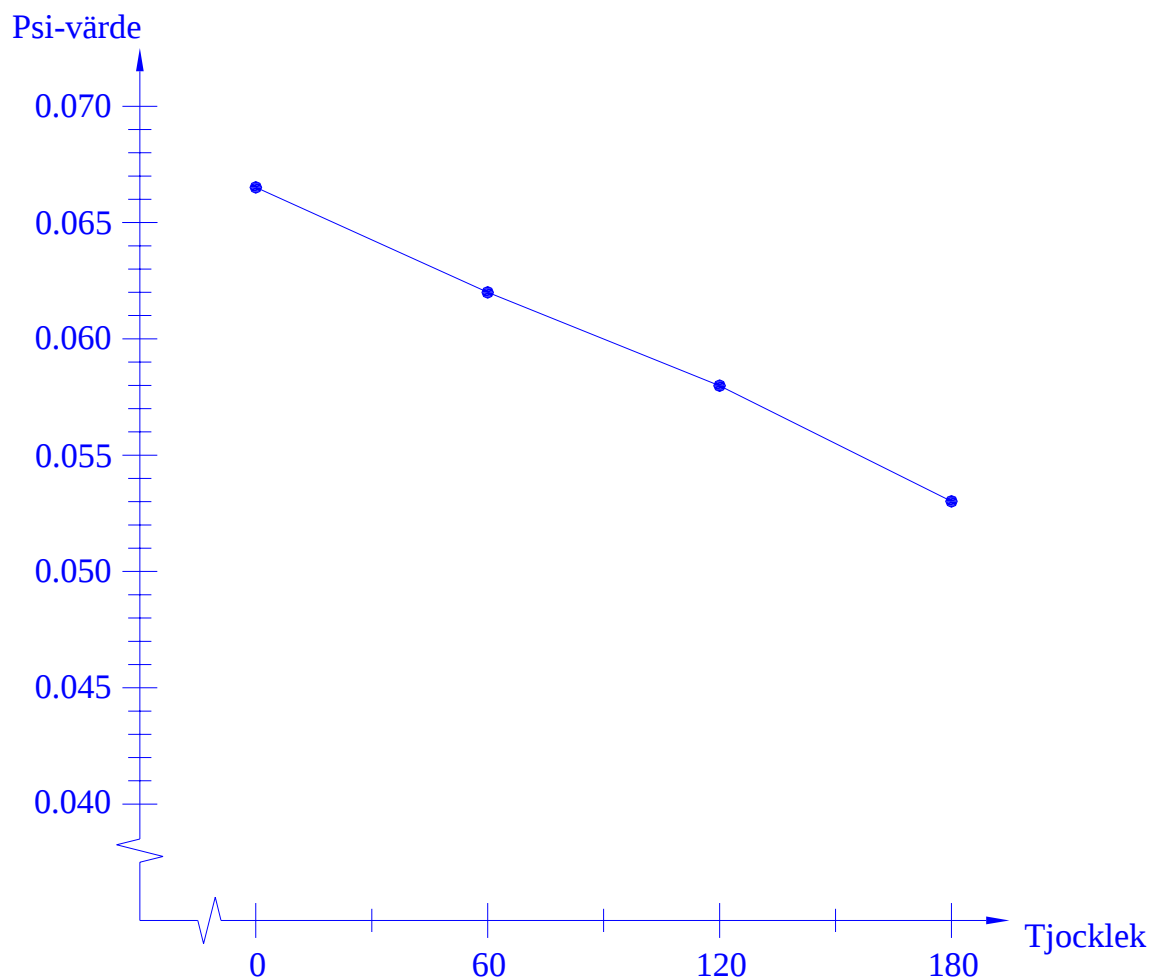
Fall 3:



Fall 4:



Psi-värdet som funktion av de olika tjocklekarna:

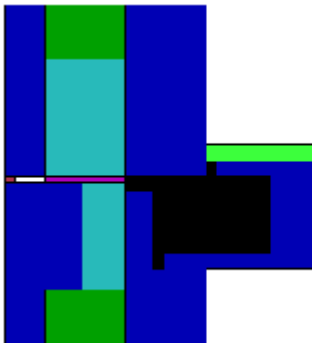


6.2 Vägg-bjälklag 2:

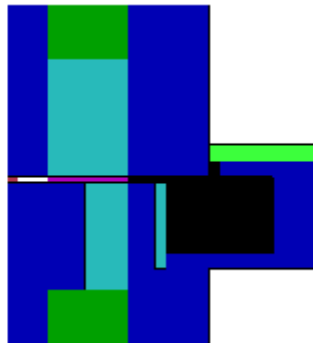
Den åtgärd som är gjord i denna konstruktion är att en isoleringsskiva är inlagd mellan yttervägg och bjälklag. Följande Psi-värden är:

Fall 1: Utan mineralull (W/m,°C)	Fall 2: Mineralull 20 mm (W/m,°C)	Fall 3: Mineralull 20 mm och 27 mm (W/m,°C)
0,071	0,066	0,064

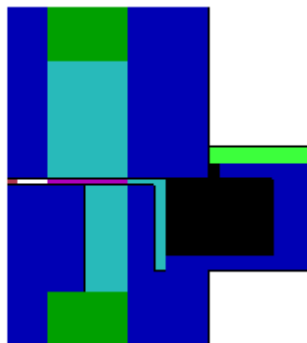
Fall 1:



Fall 2:



Fall 3:

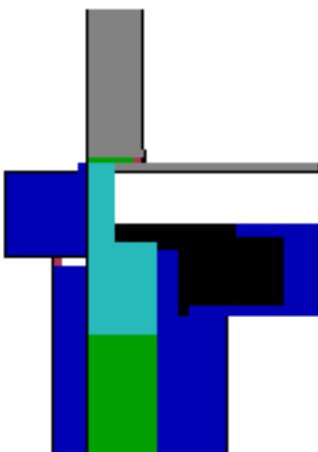


6.3 Balkong-vägg-bjälklag 1:

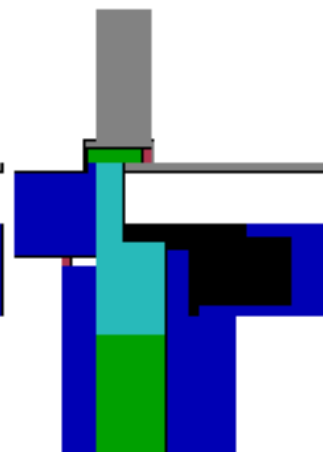
De två förändringar som är gjorda här är tilläggsisolering under golvtröskel och tilläggsisolering mellan bjälklag och golv. Psi-värden är följande:

Fall 1: Utan tilläggsisolering (W/m,°C)	Fall 2: Tilläggsisolering under golvtröskel (W/m,°C)	Fall 3: Tilläggsisolering mellan bjälklag och golv (W/m,°C)
0,156	0,136	0,115

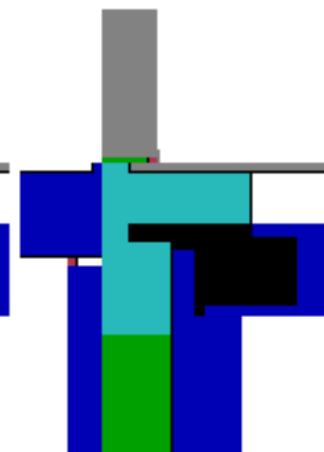
Fall 1:



Fall 2:



Fall 3:

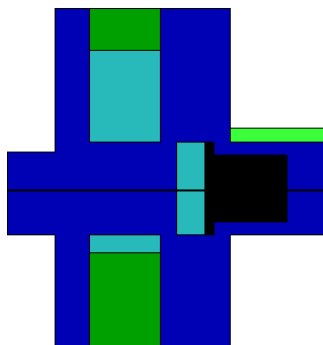


6.4 Balkong-vägg-bjälklag 22:

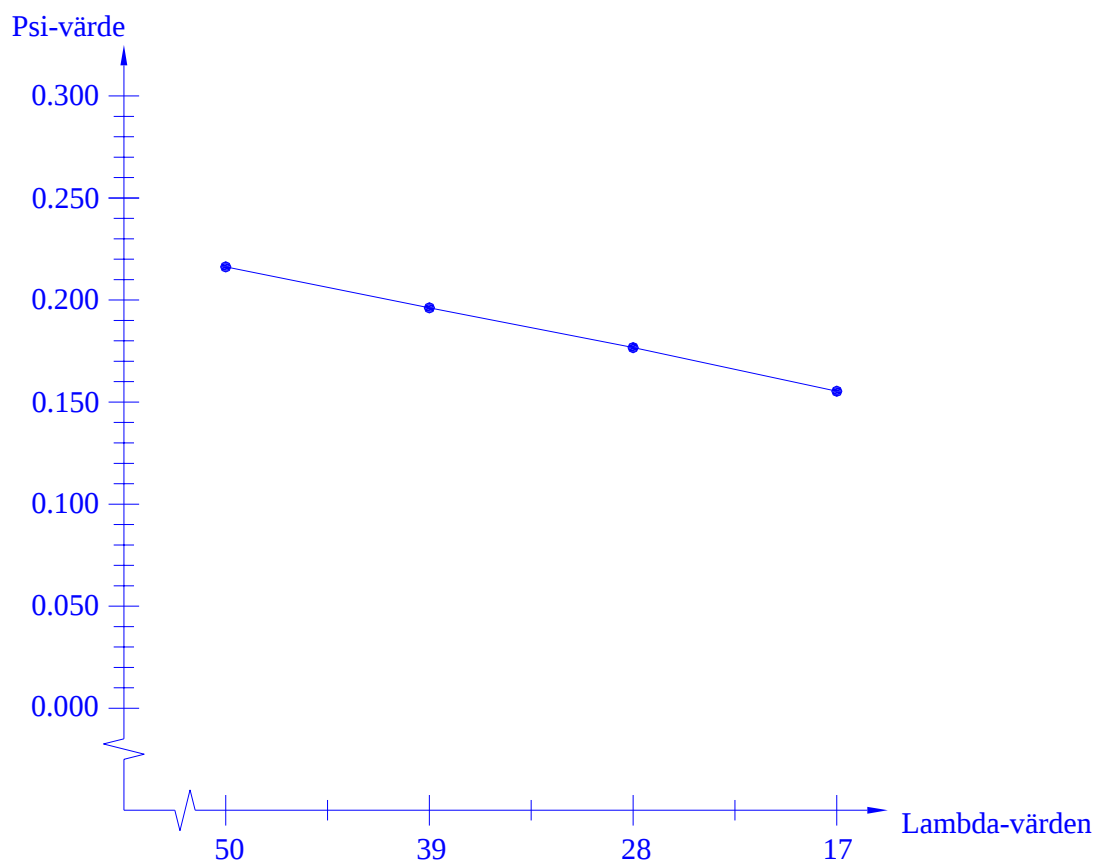
Det som är gjort här är att materialet i armeringsjärnen är ändrat. Det är en stegvis ändring från vanligt stål till rostfritt stål. Psi-värden är följande:

Fall	Material	Lambdavärde i armering (W/m,°C)	Psi-värde (W/m,°C)
1	Stål	50	0,216
2	Stål	39	0,198
3	Stål	28	0,178
4	Rostfritt stål	17	0,155

Fall 1- 4:



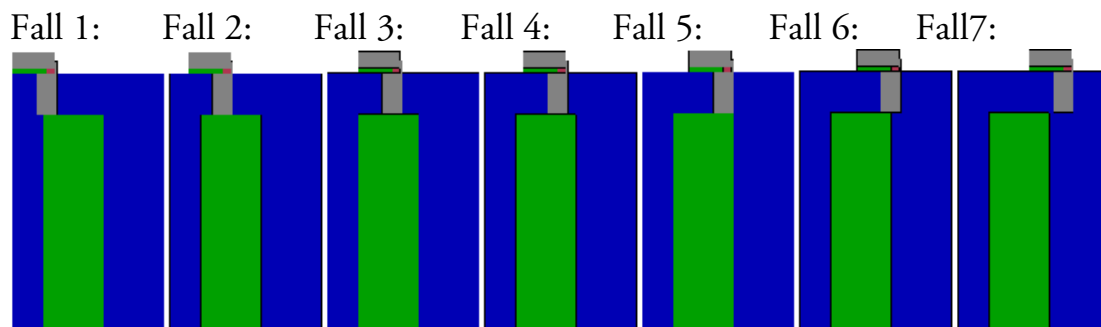
Psi-värdet som funktion av de olika lambda-värdena:



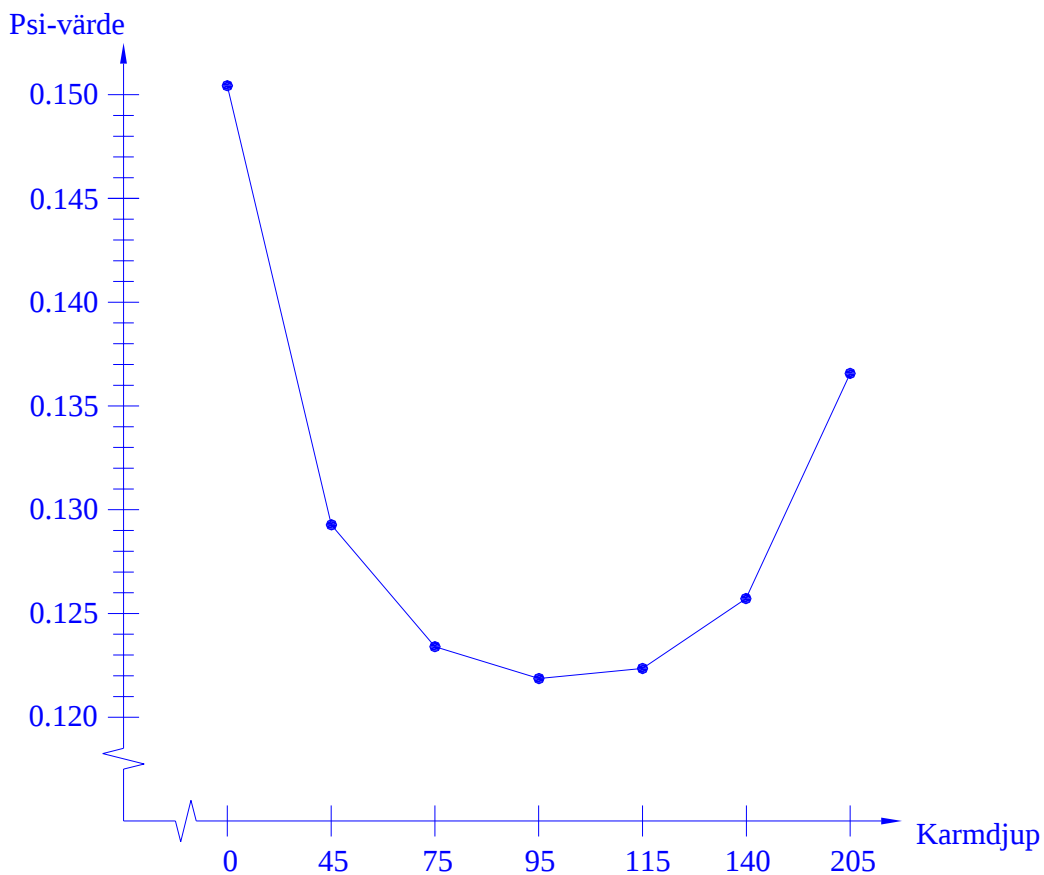
6.5 Fönster

De förändringar som redovisas här är att karmdjupet är ändrat. Karmen är stegvis flyttat inåt med följande psi-värden som resultat:

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6	Fall 7
Karmdjup (mm)	0	45	75	95	115	140	205
Psi-värde (W/m,°C)	0,1504	0,1293	0,1234	0,1219	0,1222	0,1258	0,1367



Psi-värdet som funktion av karmdjupet:

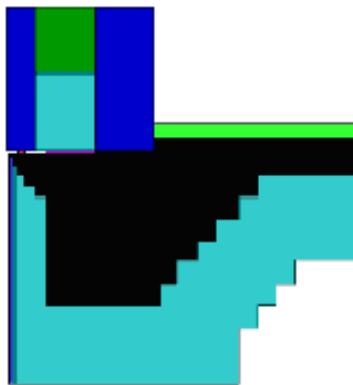


6.6 Grund

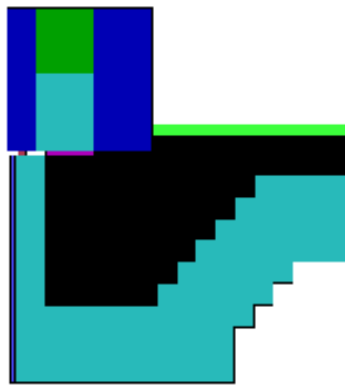
Förbättringar i grunden består i att den klack som den yttre lättbetongdelen av väggen står på tas bort. Två fall är redovisade. Ett där bara klacken är borttagen och sedan ett konstruktionsförslag. Psi-värden är följande:

Fall 1: Grundutförande (W/m,°C)	Fall 2: Utan klack (W/m,°C)	Fall 3: Konstruktionsförslag (W/m,°C)
0,374	0,202	0,232

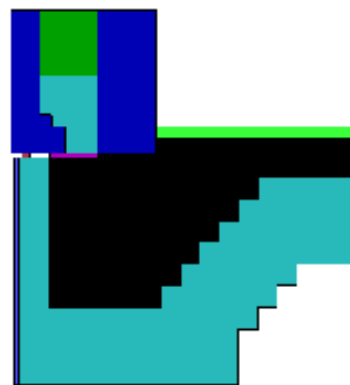
Fall 1:



Fall 2:



Fall 3:



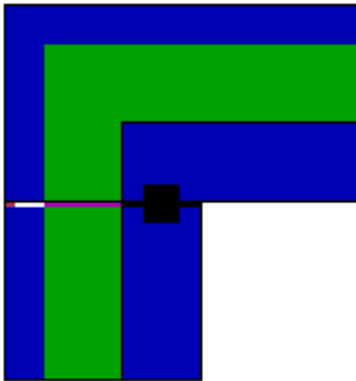
6.7 Vägg-hörn

Här har två förändringar gjorts. Den först beskrivna är att den fog som skiljer väggarna åt är flyttad så att den inte ligger precis i hörnet. Som framgår på sid.13 är ett hörn mer värmeledningskänsligt än en rak vägg. Fogen är flyttad 30 mm åt gången. Psi-värden är följande:

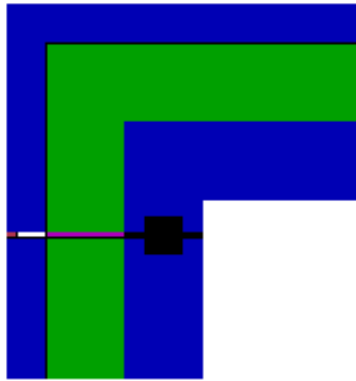
Fall	Fogdjup från hörn (mm)	Psi-värde (W/m,°C)
1	0	0,0680
2	30	0,0677
3	60	0,0673
4	90	0,0669
5	120	0,0666
6	150	0,0664

Obs: endast tre av fallen är redovisade med bilder från David32.

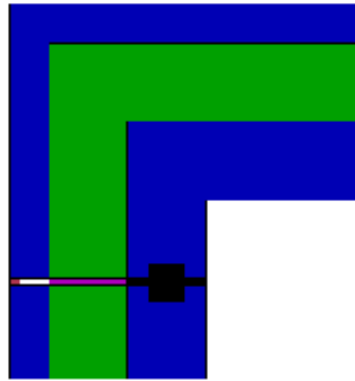
Fall 1:



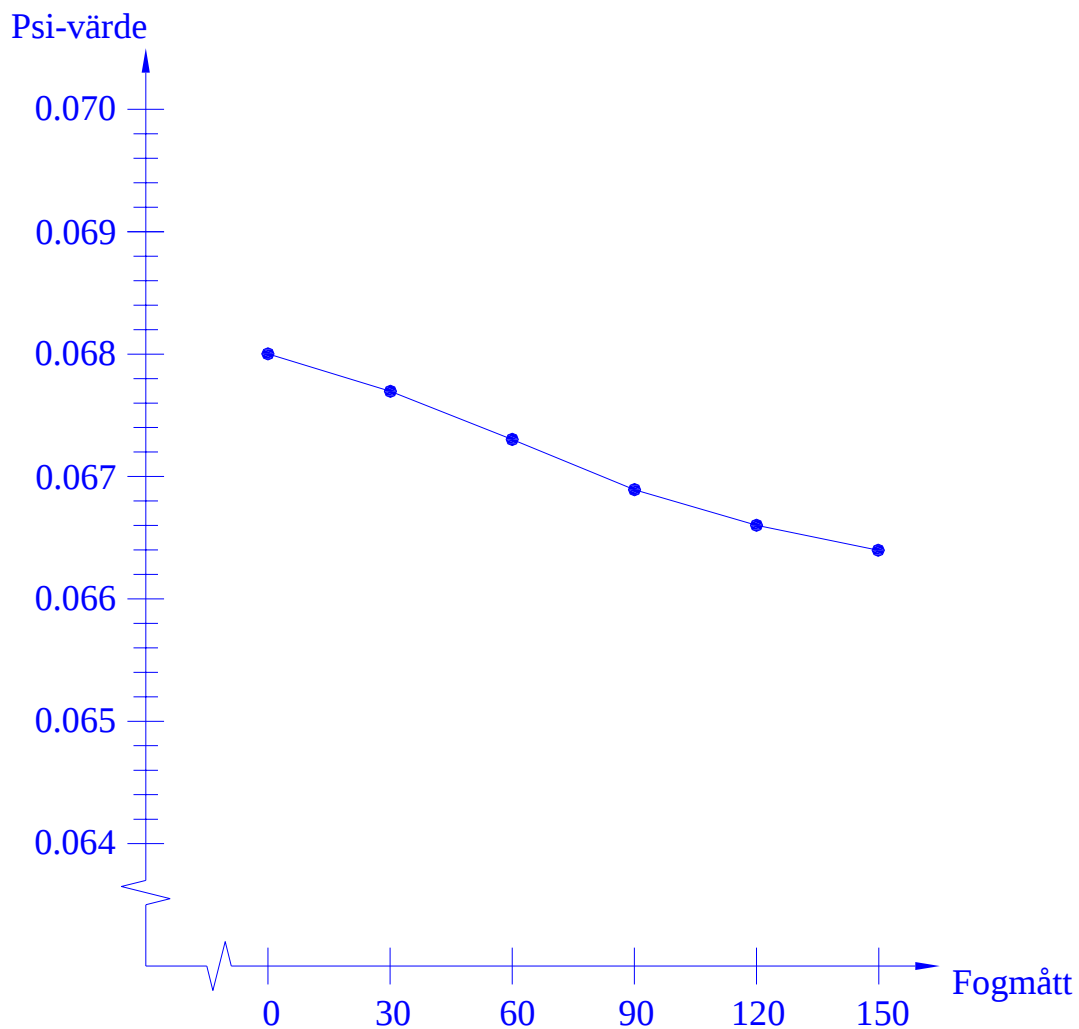
Fall 3:



Fall 6:



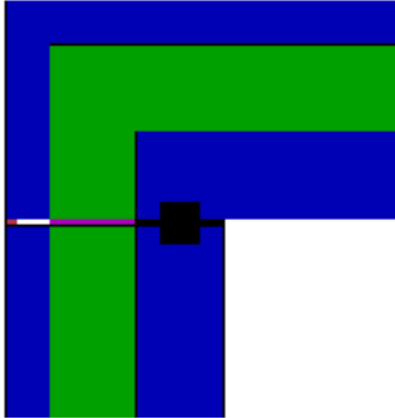
Psi-värdet som funktion av fogmåttet:



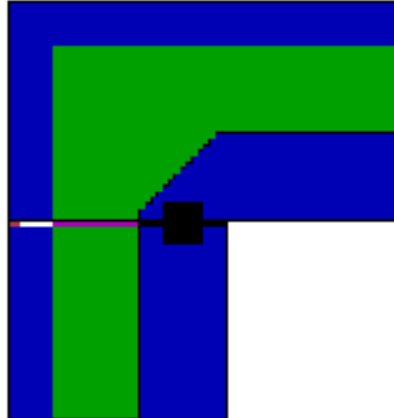
Den andra ändringen är en tilläggsisolering i hörnet. Psi-värdet blir följande:

Fall 1. Utan tilläggsisolering (W/m, °C)	Fall 2. Med tilläggsisolering (W/m, °C)
0,068	0,058

Fall 1:



Fall 2:



6.8 Principhus med förbättrade köldbryggor

Här har två av principhusen som tidigare använts i rapporten fått nya indata för psi-värden och en ny energiberäkning är gjord. De psi-värden som är valda är de lägsta av de redovisade värdena.

2-vån, 36m²

Ursprungliga psi-värden (sid.22):

$$U_{m,krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt med 41\% marginal}$$

$$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt med 31\% marginal}$$

Resultat med nya psi-värden:

$$U_{m,krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt med 45\% marginal}$$

$$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt med 37\% marginal}$$

5-vån, 100m²

Ursprungliga psi-värden (sid.23):

$$U_{m,krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt med 45\% marginal}$$

$$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt med 26\% marginal}$$

Resultat med nya psi-värden:

$$U_{m,krav} > U_m \Rightarrow \text{godkänt med 48\% marginal}$$

$$Q_{krav} > Q_{energi} \Rightarrow \text{godkänt med 29\% marginal}$$

7 Kommentarer och slutsatser

7.1 BBR 2002 och BBR Remiss

I denna rapport har ett antal flerbostadshus med varierande storlekar på lägenheter och i antal testats mot de nya kraven i BBR. Vad man kan konstatera är att i BBR:s remissversion ställs det högre krav på små fastigheter än stora, dvs. fastigheter med litet antal lägenheter kommer att få svårare att uppfylla kraven.

Resultaten i denna rapport visar att de nya kraven är betydligt lägre än tidigare. Framförallt är de nya U_m -kraven väldigt generösa. När det kommer till energikraven (Q_{krav}) klarar de stora fastigheterna det med i genomsnitt 57 % marginal och de små med 27 % marginal. Det bör poängteras att det är en remissversion som ligger till grund för dessa beräkningar. En del synpunkter kan framföras angående Boverkets förslag till de olika parametrarna som ligger till grund för energiförluster och energitillskott.

- En förlust som inte alls är med är hushållsel, den finns bara med som tillskott. Detta är en i sammanhanget stor siffra och gör en avsevärd skillnad om den även ska räknas med som förlust.
- En andra otydlighet i remissen är att det inte är specificerat att man ska räkna med solinstrålning som tillskott, detta bör givetvis göras och det är lämpligt att det framgår med större tydlighet.
- En tredje anmärkning är att om man ska följa remissen blir det en del beräkningar angående drivel till pumpar. Detta värde är så litet i sammanhanget att det mycket väl kan approximeras till ett enklare schablonvärde.
- En fjärde notering är att om man inte använder sig av ett värmeväxlingssystem (i denna rapport används FTX) är det på marginalen att man klarar kraven för små fastigheter. Frågan är om man inte i framtiden ska ställa krav på just värmeväxling för att minska energiförbrukningen. Då är det lämpligt att höja kraven med precis den faktor som en värmeväxlare åstadkommer.

7.1.1 Svar på fråga ett

Fråga (se kapitel 1.2):

Har Boverket med denna remiss för avsikt att ställa högre krav på energihushållning i framtiden?

Svar:

Det blir onekligen ett nej som svar. Som framgår av resultaten i kap.6 är kraven i Boverkets remiss lägre än nuvarande krav. Detta kan te sig en aning märkligt eftersom kostnaderna för energin bara ökar och att påfrestningarna på miljön kräver en mindre energiproducering. Det återstår att se hur pass stora förändringar som Boverket kommer att göra i den slutgiltiga versionen av BBR som ska ges ut 2006 i förhållande till den remiss som här har behandlats.

7.2 Köldbryggor

Som tidigare påpekats kommer krav på att köldbryggor ska vara med i beräkningarna att ställas i framtiden. Vad som framgår nedan spelar köldbryggorna en större roll för mindre fastigheter och för mindre lägenhetsytor. Detta beror på att antalet löpmeter köldbrygga per lägenhet blir som regel större vid små fastigheter resp. små lägenheter. Skillnaden i Q_{energi} med eller utan köldbryggor är för en lättbetongstomme resp. betongstomme följande:

Hus	Skillnad i Q_{energi} med eller utan köldbrygga (%)	
	Lättbetongstomme	Betongstomme
2-vån, 36m ²	17	23
2-vån, 100m ²	9	13
5-vån, 36m ²	8	11
5-vån, 100m ²	5	8

Om man sedan tar en titt på vad förbättringar av köldbryggor kan åstadkomma så vid samma beräkning som ovan fast med de förbättrade psi-värdena (se kap.6) blir tabellen enl. följande:

Hus	Skillnad i Q_{energi} med eller utan köldbrygga (%)	
	Lättbetongstomme	Betongstomme
2-vån, 36m ²	12	19
2-vån, 100m ²	7	10
5-vån, 36m ²	6	9
5-vån, 100m ²	4	7

Detta kan ge intrycket att man kanske inte behöver bry sig så mycket om att förbättra köldbryggor, men när man ligger precis på marginalen för att klara kraven kan de betyda mycket. Det bör också påpekas att det är energi det handlar om och energi kostar pengar, för varje procentenhet som pressas ner sparas mycket i utgifter.

Vad som också bör beaktas med dessa siffror är att utgångspunkten i förbättringarna har varit att bibehålla i stort sätt samma byggnadsteknik som nu används ute på marknaden, vilket leder till relativt snäva energibesparingar. Om man lämnar detta perspektiv och försöker få fram ett optimalt sätt att eliminera köldbryggor kan några genomgripande förändringar vara att:

- använda balkongkonstruktioner vars bärförmåga inte är förlagd till fasaden på huset utan att istället använda pelarbalkonger. Detta gör att köldbryggan kan reduceras helt och hållet.
- tillämpa samma princip för ett bjälklag. Det kan vara att låta bärande innerväggar ta hela lasten, vilket gör att det bara behövs en mindre fästanordning mot ytterväggen.
- Vid en fönsterinstallation undvika den traditionella ”spika fast fönsterkarmen i en ingjuten träregel”-metoden. Ett annat koncept för detta kan göra att det bara blir själva glastrutan som räknas som köldbrygga.
- vid husgrunden ha ett utförande som bygger på att fasaden vilar längre in på grunden vilket gör att den traditionella ”grundklacken” i betong helt kan ersättas med isolering.

Vid en överslagsberäkning av dessa ytterligare förbättringar kan man pressa ner de tidigare redovisade värdena till följande:

Hus	Skillnad i Q_{energi} med eller utan köldbrygga (%)	
	Lättbetongstomme	Betongstomme
2-vån, 36m ²	6	9
2-vån, 100m ²	3	5
5-vån, 36m ²	2	3
5-vån, 100m ²	2	3

7.2.1 Svar på fråga två

Fråga (se kapitel 1.2):

Kommer kraven på att man måste räkna med köldbryggor spela någon större roll? Och om det skulle vara fallet, är det då möjligt att ändra en konstruktionsdetalj så att köldbryggan minskas?

Svar:

Det är av stor betydelse att man i framtiden måste räkna med köldbryggor. Vad som framgår av rapporten kan det vara enda upp till 23 % av det totala energibehovet som läcker ut genom köldbryggorna.

När det gäller att förbättra ett traditionellt byggande för att minimera köldbryggor är det i högsta grad möjligt. Vad som är möjligt är kanske inte alltid det mest primära eftersom ordspråket "ingenting är omöjligt" gäller även här. Det är också en fråga om vad som är lönt eller inte. En del av de förbättringar som är beskrivna i rapporten är kanske mindre kostnadseffektiva, medan andra är det desto mera.

Om samtliga förbättringar görs kan den ovanstående siffran på 23 % sänkas till 9 %. Detta är absolut något som de stora aktörerna i byggbranschen bör ta till sig och beakta för framtida byggprojekt.

Referenser

- [1] www.boverket.se
- [2] ISO/DIS 13789. ISO. (2005)
- [3] Häften från Strängbetong
- [4] Bygga med prefab. Betongelementföreningen. (1999)
- [5] Monteringsbyggda flerbostadshus. Peter Adler. ISBN 91-7283-064-6. (2001)
- [6] Boverkets Byggregler. BFS 1993:57. (2002)
- [7] Avd. för installationsteknik vid LTH
- [8] Termiska Beräkningar. Boverket. ISBN 91-7147-770-5. (2003)
- [9] Kravspecifikation gällande energiberäknings- och verifieringsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). (2002)

Bilaga

9 Energihushållning

Detta avsnitt innehåller föreskrifter och allmänna råd till 2 § första stycket 6 BVL samt 8 § och 10 § första stycket BVE. (*BFS 1995:17*)

9:1 Allmänt

Byggnader skall vara utformade så att energibehovet begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning.

Allmänt råd

Regler om ventilation finns i avsnitt 6:27, om termisk komfort i avsnitt 6:42 och om fuktsäkerhet i avsnitt 6:53.

9:12 Tillämpningsområde

Dessa regler gäller för alla byggnader med undantag för

- växthus eller motsvarande byggnader som inte skulle kunna användas om dessa krav behövde uppfyllas,
- byggnader eller de delar av byggnader som endast används kortare perioder eller
- byggnader där inget uppvärmnings- eller kylbehov finns under större delen av året.

Kraven i avsnitten 9:2, 9:3 och 9:4 behöver inte uppfyllas för byggnader där värmetillskottet från industriella processer inom byggnaden täcker större delen av uppvärmningsbehovet. Detta skall visas genom särskild utredning.

9:13 Definitioner

Byggnadens energibehov

(Q_{energi}): Beräknat normalårsbaserat årsenergibehov (kWh/år) vid normalt brukande av byggnaden, enligt

$$Q_{\text{energi}} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{\text{tvv}} + Q_{\text{dr}} + Q_d - Q_{\text{vä}} - Q_{\text{tillskott}}$$

där

Q_t Värmeförlust p.g.a. transmission (inkl. köldbryggor)

Q_v Värmeförlust p.g.a. ventilation

Q_l Värmeförlust p.g.a. luftläckning (otätheter i klimatskärmen, vädring)

Q_{tvv} Värmebehov för tappvarmvatten

Q_{dr} Distributions- och reglerförluster

Q_{el} Elenergibehov för att driva motorer till pumpar och fläktar, drivel till frånluftsvärmepumpar (FVP) och kylmaskiner för klimatkyla och övrig fastighetsel.

$Q_{\text{vä}}$	Energi som kan tillgodogöras från i byggnaden installerade ventilationsvärmewäxlare (FTX), frånluftsvärmepumpar (FVP), solfångare, solceller eller dylikt.
$Q_{\text{tillskott}}$	Värmetillskott som kan tillgodogöras för uppvärmning från personer, belysning, hushållsapparater, tappvarmvatten och eventuella övriga tillskott inom byggnaden.
U_m	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (W/m ² K) beräknad enligt
	$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \psi_k + \sum_{j=1}^p X_j)}{A_{om}}$
där	
U_i	Värmegenomgångskoefficient (W/m ² K) för byggnadsdel i, bestämd enligt SS-EN ISO 6946 (1), SS-EN ISO 10077-1, SS-EN ISO 10077-2, SS-EN 673, SS-EN 14683, SS-EN ISO 10211-1 och SS-EN ISO 10211-2.
A_i	Arean (m ²) för byggnadsdelens yta mot uppvärmd inneluft. För fönster, dörrar, portar och dylikt beräknas A_i med karmyttermått.
ψ_k	Värmegenomgångskoefficienten för den linjära köldbryggan k, W/mK.
l_k	Längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan k, m.
X_j	Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j, W/K.
A_{om}	Sammanlagd area (m ²) för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft. Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.
A_f	Sammanlagd area (m ²) för fönster, dörrar, portar och dylikt, beräknad med karmyttermått.
A_{temp}	Golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedd att värmas till mer än 10 °C och begränsade av klimatskärmens insida. Garage ingår inte i golvarean.
<i>Byggnadens energianvändning:</i>	Det uppmätta normalårskorrigerade värdet av byggnadens energibehov (Q_{energi}).
<i>Innetemperatur:</i>	Den temperatur som avses hållas när byggnaden brukas.
<i>Klimatzon norr:</i>	Norrbottens län, Västerbottens län, Jämtlands län, Västernorrlands län, Gävleborgs län, Dalarnas län och Värmlands län.
<i>Klimatzon söder:</i>	Övriga län.

<i>Normalårskorrigerig:</i>	Korrigerig av byggnadens energianvändning utifrån skillnaden mellan klimatet på orten under ett normalår och det verkliga klimatet under det år då byggnadens energianvändning verifieras.
<i>Utetemperatur:</i>	Den temperatur som råder på orten där byggnaden uppförs.

9:2 Bostäder

Bostäder skall vara utformade så att byggnadens energibehov/användning högst uppgår till 110 kWh per m² (A_{temp}) i klimatzon söder och 130 kWh per m² i klimatzon norr.

För en- och tvåbostadshus med direktverkande elvärme som huvudsaklig uppvärmningskälla får byggnadens energibehov/användning högst uppgå till 75 kWh per m² (A_{temp}) i klimatzon söder och 95 kWh per m² i klimatzon norr.

Den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m) får för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) inte överskrida 0,50 W/m²K.

För byggnader som innehåller både bostäder och lokaler viktas kraven i proportion till golvarean (A_{temp}).

Allmänt råd

Kraven i avsnitt 9:2 bör verifieras dels genom beräkning av byggnadens energibehov och genomsnittliga värmegenomgångskoefficient vid projekteringen, dels genom mätning av energianvändningen i den färdiga byggnaden.

Beräkningar av byggnadens energibehov bör utföras med utgångspunkt i aktuell inne- och utetemperatur, normalt brukande av tappvarmvatten och vädring.

Mätningar av byggnadens energianvändning bör utföras enligt avsnitt 9:6. Byggnadens energianvändning kan mätas under en sammanhängande 12-månadersperiod, avslutad senast 24 månader efter det att byggnaden tagits i bruk.

Normalårskorrigerig och korrigerig för onormal tappvarmvattenanvändning och vädring bör redovisas i en särskild utredning.

Vid skillnad i resultat mellan beräkning och mätning bör verifiering genom mätning gälla före beräkningar.

9:3 Lokaler

Lokaler skall vara utformade så att byggnadens energibehov/användning högst uppgår till 80 kWh per m² (A_{temp}) i klimatzon söder och 100 kWh per m² (A_{temp}) i klimatzon norr. För lokaler med höga ventilationsflöden får ett tillägg göras motsvarande 70(q-0,35) kWh per m² (A_{temp}) i klimatzon söder och 90(q-0,35) kWh per m² (A_{temp}) i klimatzon norr, där q är det genomsnittliga ventilationsflödet under hela uppvärmningssäsongen (l/s,m²).

Den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m) får för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) inte överskrida 0,70 W/m²K.

För byggnader som innehåller både bostäder och lokaler viktas kraven i proportion till golvarean (A_{temp}).

Allmänt råd

Kraven i avsnitt 9:3 bör verifieras dels genom beräkning av byggnadens energibehov och genomsnittliga värmegenomgångskoefficient vid projekteringen, dels genom mätning av energianvändningen i den färdiga byggnaden.

Beräkningar av byggnadens energibehov bör utföras med utgångspunkt i aktuell inne- och utetemperatur, normalt brukande av tappvarmvatten, vädring och värmetillskott från processer i byggnaden.

Mätningar av byggnadens energianvändning bör utföras enligt avsnitt 9:6. Byggnadens energianvändning kan mätas under en sammanhängande 12-månadersperiod, avslutad senast 24 månader efter det att byggnaden tagits i bruk.

Normalårskorrigerings och korrigerings för onormal tappvarmvattenanvändning, vädring och värmetillskott från processer i byggnaden bör redovisas i en särskild utredning.

Vid skillnad i resultat mellan beräkning och mätning bör verifiering genom mätning gälla före beräkningar.

9:4 Alternativt krav på energibehov

Som alternativ till kraven i avsnitt 9:2 och 9:3 kan, för byggnader där golvarean A_{temp} uppgår till högst 150 m², fönster- och dörrarean A_f uppgår till högst 0,20 A_{temp} och inget kylbehov finns, i stället följande krav på byggnadens värmeisolering, klimatskärmens täthet och värmeåtervinning uppfyllas.

Den högsta värmegenomgångskoefficienten (U_i) får, för omslutande byggnadsdelar (A_{om}), inte överskrida följande värden:

	U_i , W/m ² K
U_{tak}	0,13
$U_{vägg}$	0,18
U_{golv}	0,15
$U_{fönster}$	1,3
$U_{ytterdör}$	1,0

I de fall direktverkande elvärme installeras som huvudsaklig värmekälla i en och tvåbostadshus skall följande värdena inte överskridas.

	U_i , W/m ² K
U_{tak}	0,08
$U_{vägg}$	0,10
U_{golv}	0,10
$U_{fönster}$	1,1
$U_{ytterdör}$	0,8

Byggnadens klimatskärm skall vara så tät att det genomsnittliga luftläckaget vid ± 50 Pa tryckskillnad inte överstiger 0,6 l/s m². Därvid skall arean A_{om} användas.

Allmänt råd

Metod för bestämning av luftläckage finns i SS-EN 13 829.