

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

Betong kombinerat med stål jämfört
med KL-trä

Philip Gunnarsson
Jennie Henningsson



LUNDS
UNIVERSITET

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus Betong kombinerat med stål jämfört med KL-trä

Philip Gunnarsson
Jennie Henningsson

Examensarbete

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Philip Gunnarsson och Jennie Henningsson

ISRN LUTVDG/TVBH—21/5109—SE(119)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Omslag: Anslutning yttervägg möter yttervägg i HEAT2. Författarnas egen bild.

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Lund, 2021

Sammanfattning

Titel:	Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus <i>Betong kombinerat med stål jämfört med KL-trä.</i>
Författare:	Philip Gunnarsson och Jennie Henningsson
Handledare:	Vahid Nik, Docent, Institutionen för Bygg- och miljöteknologi, avdelningen för Byggnadsfysik
Examinator:	Lars-Erik Harderup, universitetslektor och avdelningsföreståndare för avdelningen för Byggnadsfysik

Då klimatfrågan blir större och viktigare än någonsin är det viktigt att alla olika aktörer tar sitt ansvar och aktivt arbetar för ett bättre klimat. Byggsektorn har ett stort ansvar i denna fråga och något som kan minska utsläppen är just att minska energibehovet i byggnader. Genom att reducera köldbryggorna minskas även andelen energi som behövs för att värma upp en byggnad. Det är dock inte endast för klimatet det är viktigt att förbättra köldbryggorna utan även för ekonomin och boendekvaliteten. Ett annat viktigt ställningstagande byggbranschen har i framtiden är i vilket material som byggnaderna skall tillverkas då konstruktioner av betong och stål har betydligt större klimatpåverkan vid tillverkning än konstruktioner av trä har.

Syftet är att undersöka om det är mer lönsamt ur energisynpunkt att bygga flerbostadshus i KL-trä än med betong och stål vid kontroll av köldbryggor. Denna undersökning görs med hjälp av beräkningar och modellering. Syftet är även att undersöka om det finns alternativa konstruktionsdetaljer som ger lägre värmeförluster i referensbyggnaden Solkatten.

Arbetet har utförts tillsammans med AFRY, ett konsultföretag, där två olika flerbostadshus valdes som referenshus. Beräkningar av värmeflödet i köldbryggorna görs i HEAT2. Sedan jämförs dessa med andra typer av konstruktionsdetaljer för att se vilka som resulterar i lägst påverkan av köldbryggor. Värdena som beräknas i HEAT2 förs in i IDA ICE för att beräkna byggnadernas totala energianvändning.

Resultatet visar att köldbryggorna generellt sätt är större i byggnader byggda av stål- och betongstommar jämfört med byggnader byggda med KL-trä. De byggnadsdetaljer som gav betydligt bättre resultat var fönsteranslutningar och anslutningar vid mellanbjälklag. Detta är även de anslutningarna som byggnaden består mest av. Här kan en liten reduktion i byggnadsdetaljernas köldbryggor göra stor skillnad för byggnadens totala energiförluster.

Nyckelord: Köldbryggor, värmeförlust, KL – trä, HEAT2, IDA ICE.

Abstract

Title: Analysis of thermal bridges in apartment buildings
Concrete combined with steel compared to cross-laminated timber.

Author: Philip Gunnarsson and Jennie Henningsson

Supervisor: Vahid Nik, Associate Professor, Department of Building and Environmental Technology, Division of Building Physics

Examiner: Lars-Erik Harderup, Senior Lecturer and Head of Division of Building Physics

As the climate issue becomes more significant and critical than ever, it is essential that all different actors assume their responsibilities and actively work for a better climate. The construction sector has a great responsibility on this issue, and something that can reduce emissions is to reduce energy consumption in buildings. By reducing the thermal bridges, the proportion of energy needed to heat a building is also reduced. However, it is not only for the climate that it is essential to reduce the thermal bridges but also for the economy and the indoor quality. Another important position of developers in the future is in what material the buildings will be manufactured in as concrete and steel structures have a much more significant climate impact in manufacturing than wooden structures have.

The aim is to investigate whether it is more profitable to build apartment buildings in cross-laminated timber than concrete and steel regarding thermal bridges. This study is done by using calculations and modellings. The aim is also to investigate whether alternative design details cause lower heat losses in the reference building Solkatten.

The thesis is written together with AFRY, where two different apartment buildings are chosen as reference houses. Calculations of the heat flow of the thermal bridges are made in HEAT2. These calculations are compared with other construction details to see which ones result in the lowest impact of thermal bridges. The values calculated in HEAT2 are entered into IDA ICE to calculate the total energy consumption of the buildings.

The results show that the thermal bridges are generally larger in buildings built of steel and concrete compared to buildings constructed with cross-laminated timber. The building details that gave significantly better results were window connections and connections at the intermediate floor. These are also the connections that make up the building the most. A slight improvement of the thermal bridge for these details can make a big difference to the building's total energy losses.

Keywords: Thermal bridges, heat loss, cross-laminated timber, HEAT2, IDA ICE.

Förord

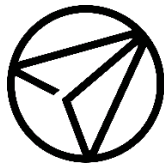
Examensarbetet omfattar 22.5 högskolepoäng och är en del av högskoleingenjörsprogrammet byggt teknik med arkitektur på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har genomförts på institutionen för Bygg och miljöteknologi, i samarbete med konsultföretaget AFRY i Malmö.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Vahid Nik, som under hela arbetets gång har varit tillgänglig för frågor och vägledning. Vi vill även tacka vår bihandledare från AFRY, David Wargert som har bistått med handlingar och för allt sitt stöd och hjälp. Vi vill även tacka JSB och Bonava för att vi har fått använda deras byggnader som referenshus och alla andra som har bidragit till att detta examensarbete har kunnat genomföras.

Med examensarbetet har vi fördjupat våra kunskaper inom köldbryggor och har fått möjlighet att lära oss programmen HEAT2 och IDA ICE, vilket är något vi hoppas få användning för även i framtiden.

Lund, juni 2021

Philip Gunnarsson och Jennie Henningsson



AFRY
Å F P Ö Y R Y

Begreppsförklaring

ψ -värde	Värmegenomgångskoefficient för linjär köldbrygga, uttalas psi-värde.	$[W/(m \cdot K)]$
χ -värde	Värmegenomgångskoefficient för punktformig köldbrygga, uttalas chi-värde.	$[W/K]$
λ -värde	Värmeledningsförmåga, eller värmekonduktivitet, för ett material, uttalas lambda-värde.	$[W/(m \cdot K)]$
U_m	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för en byggnad.	$[W/(m^2 \cdot K)]$
A_{om}	Total omslutningsarea mot uppvärmd inneluft.	$[m^2]$
R	Värmemotstånd.	$[(m^2 \cdot K)/W]$
R_{si}	Inre värmeövergångsmotstånd.	$[(m^2 \cdot K)/W]$
R_{se}	Yttre värmeövergångsmotstånd.	$[(m^2 \cdot K)/W]$
q	Värmeflöde.	$[W/m^2]$

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord	v
Begreppsförklaring	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Målformulering.....	2
1.4 Problemformulering	2
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Övergripande metod	2
2 Teori	5
2.1 Värmetransport	5
2.1.1 Värmeledning	5
2.1.2 Konvektion	5
2.1.3 Strålning	5
2.2 Värmeisoleringsförmåga och U-värde.....	5
2.3 Köldbryggor	7
2.3.1 Punktförmig köldbrygga.....	8
2.3.2 Linjär köldbrygga	8
2.3.3 Beräkningsmetoder	10
2.3.4 Mätmetod.....	10
2.4 HEAT2	11
2.5 IDA ICE.....	11
2.6 Korslimmat trä.....	12
2.7 Slitsade stålreglar.....	12
2.8 Krav från Boverkets Byggregler.....	12
2.9 Krav från Miljöbyggnad	12
3 Metod.....	15
3.1 Inhämtning av data	15
3.2 Val av byggnader.....	15
3.2.1 Klimat.....	15
3.2.2 Solkatten	15
3.2.3 Kilströms Kaj.....	16
3.3 Val av beräkningsmetod för köldbryggor.....	17
3.3.1 HEAT2	17
3.3.2 Material och temperaturer	20
3.4 Beräkning av linjära köldbryggor.....	21
3.5 Förbättringsförslag	21
3.6 IDA-ICE	22
4 Resultat och analys	23
4.1 HEAT2	23
4.1.1 Solkatten.....	23

4.1.2	Kilströms Kaj.....	30
4.2	Förbättringsförslag för solkatten	35
4.2.1	Yttervägg möter grund.....	35
4.2.2	Yttervägg möter mellanbjälklag	36
4.2.3	Yttervägg möter yttervägg.....	38
4.2.4	Yttervägg möter tak.....	38
4.2.5	Yttervägg möter fönster.....	39
4.2.6	Yttervägg möter balkong.....	40
4.3	IDA ICE.....	41
4.3.1	Solkatten	42
4.3.2	Förbättrade detaljer för Solkatten	43
4.4	Sammanfattning och analys av resultat	45
5	Diskussion	47
5.1	Felkällor.....	48
6	Slutsats.....	49
6.1	Framtida utvecklingsmöjligheter	49
	Referenser.....	51
	Bilagor	53

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I dagens samhälle blir klimatfrågan alltmer aktuell och detta är i högsta grad relevant för byggsektorn. I Sverige står byggnader för cirka 40% av den totala energianvändningen, detta gäller el och uppvärmning (Naturvårdsverket 2020). Byggsektorn står även för mer än en femtedel av det totala utsläppet av växthusgaser, detta ur ett livscykelperspektiv och andelen utsläpp som kommer från just uppvärmning är ungefär 30% av byggsektorns utsläpp (Boverket 2021).

Inom ramen för regeringsinitiativet ”Fossilfritt Sverige” har det inom byggbranschen tagits fram en färdplan för att uppnå nettonollutsläpp år 2045. För att nå detta är åtgärder inom uppvärmning speciellt viktiga och de kan vara exempelvis energieffektivisering och högre energikrav (Naturvårdsverket 2020).

Andelen utsläpp som kommer från uppvärmning kan minskas genom att utföra konstruktioner som bibehåller värmen i byggnaderna på ett bättre sätt (Boverket 2021). Om andelen energiförluster genom köldbryggor minskar, leder det även till att behovet av uppvärmning i byggnaden minskas. Det är viktigt att minska köldbryggorna då de inte enbart har en negativ effekt på miljön utan även på grund av konsekvenserna på ekonomin och boendekvaliteten (Naturvårdsverket 2020).

I de två byggnaderna som undersöks i denna rapport består den ena av betong och stål och den andra av KL-trä. Anledningen till att dessa typer av flerbostadshus väljs är för att se hur köldbryggorna skiljer sig åt beroende av vilket material som används. Det finns ett flertal studier som visar att betong är dåligt för klimatet då det innehåller kalkbaserad cement, som utgör en stor del av byggnadens koldioxidutsläpp (RISE u.å.). Det som orsakar koldioxidutsläppen från cement kommer från förbränningen av de bränslen som används vid tillverkningen och från kalcineringsprocessen, där den koldioxid som finns bunden i kalkstenen frigörs vid upphettningen (Svensk betong u.å.). Om det däremot byggs med trä som är ett ekologiskt byggnadsmaterial, är det inte bara bättre för miljön när det förädlas utan det binder även koldioxid under hela sin livstid (Setra Group u.å.).

Avdelningen Buildings Automation & Energy, AFRY i Malmö, vill att köldbryggor i olika typer av byggnader skall undersökas för att bedöma om något av dessa stommaterial är att föredra vid värmeförluster beroende av köldbryggor och med hur stor marginal. Arbetet görs för att bredda förståelsen inom området.

1.2 Syfte

Syftet är att undersöka med hjälp av beräkningar och modellering om det är mer lönsamt ur energisynpunkt att bygga flerbostadshus i KL-trä än med betong och stål avseende köldbryggor. Syftet är även att undersöka om det finns alternativa konstruktionsdetaljer som ger lägre värmeförluster i referensbyggnaden Solkatten. Resultatet kan

förhoppningsvis leda till att allt fler uppmantras att bygga flerbostadshus i KL-trä och med andra mer lönsamma konstruktionslösningar.

1.3 Målformulering

Målet är att nå ett resultat som visar om köldbryggorna i ett flerbostadshus uppbyggt av KL-trä har lägre påverkan på värmeförlusterna än ett med betong- och stålkonstruktion. Det är även att hitta bättre konstruktionsdetaljer för vardera byggnadstyp som ger lägre påverkan av köldbryggor.

1.4 Problemformulering

- Hur förhåller sig köldbryggors påverkan på värmeförlusten för varje enskild detalj i en stomme av stål och betong jämfört med en i KL-trä?
- Finns det konstruktionsdetaljer i betong- och stålkonstruktionen som kan ge en betydande skillnad för köldbryggornas påverkan av värmeförlusten?
- Kommer den totala andelen värmeförluster minska avsevärt vid eventuell förbättring av enskilda detaljer?

1.5 Avgränsningar

- Arbetet begränsas till beräkningar på två flerbostadshus.
- Endast linjära köldbryggor studeras.
- Beräkningarna för köldbryggorna görs endast med 2D-modeller.
- Beräkningarna görs enbart i programmet HEAT2.
- Det är endast de köldbryggor som byggnaden består av mest som undersöks.
- Det är enbart köldbryggor som angränsar till inomhusklimat på markplan och uppåt som kommer att undersökas och därmed kommer inte köldbryggor som angränsar till kallt förråd, kall vind och källare att studeras.
- Referensbyggnaden Kilströms Kaj, som har stommen i KL-trä, dimensioneras inte i IDA ICE och det kommer inte göras beräkningar på den totala energianvändningen utan det är endast de enskilda köldbryggorna som undersöks.
- Förändring av material på grund av fukt och slitage beaktas inte i denna rapport.

1.6 Övergripande metod

Arbetet utförs med hjälp av en litteraturstudie där teoretisk kunskap hämtas från läroböcker, artiklar, myndigheter och tidigare examensarbeten.

Tillsammans med AFRY väljs ett par olika flerbostadshus till referenshus, varav den ena byggnaden har en stomme i stål och betong och den andra i KL-trä. Analyser av köldbryggorna görs för att sedan jämföra med andra typer av konstruktionsdetaljer och se vilka som resulterar i lägst påverkan av köldbryggor.

Beräkningar av värmefflöde görs i HEAT2. Innan beräkningarna genomförs utförs en introduktionsutbildning i programmet som Lunds Tekniska Högskola bidragit med. Värdena som beräknas i HEAT2 för Solkatten förs in i IDA ICE för att beräkna byggnadens totala energianvändning. Detta gjordes även för de förbättrade detaljerna för Solkatten.

2 Teori

I det här kapitlet behandlas krav och grundläggande teori om energianvändning i byggnader samt hur man definierar en köldbrygga. Genom att inleda teorikapitlet med kunskap om värmetransport fås bättre insikt för kommande teorier.

2.1 Värmetransport

Det finns tre olika typer av värmetransporter som kan ske i en byggnad.

2.1.1 Värmeledning

Värmeledning innebär att värmeöverföringen sker i fasta, gasformiga eller flytande material. Med värmeledning transporteras de partiklar i ett material med högre temperatur och därmed också större kinetisk energi överförs till partiklar i närheten som har lägre temperatur och då lägre kinetisk energi. Detta leder till att temperaturen jämnas ut i slutändan (Jernkontoret u.å.).

2.1.2 Konvektion

När en vätska eller gas strömmar förbi en yta sker ett värmeutbyte som kallas för konvektion. Detta värmeutbyte sker mellan olika typer av material. Konvektion brukar delas upp i två olika typer, egenkonvektion och påtvingad konvektion. Egenkonvektion innebär att luften eller vätskan strömmar av sig själv vilket då leder till att värmen stiger uppåt. Påtvingad konvektion innebär att luften eller vätskan transporteras av exempelvis en fläkt eller pump som då ökar strömningshastigheten (Jernkontoret u.å.).

2.1.3 Strålning

Strålning innebär att värme transporteras utan någon hjälp från något medium och detta beskrivs som en partikelström eller en vågrörelse. Värmestrålning avges från alla kroppar och förklaras som en elektromagnetisk strålning som överför energi med ljusets hastighet över ett specifikt våglängdsintervall (Jernkontoret u.å.).

2.2 Värmeisoleringsförmåga och U-värde

Värmeisoleringsförmåga anges för ett materialskikt med ett R-värde. R-värdet beskriver materialskiktets värmemotstånd vilket anges i $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$. Isoleringsförmågan blir bättre desto högre R-värdet är. R-värdet räknas ut genom följande formler:

R-värde vid ytan:

$$R = \frac{1}{\alpha_s + \alpha_k} \quad (2.1)$$

Där α_s är värmeöverföringskoefficienten på grund av strålning.

Där α_k är värmeöverföringskoefficienten på grund av konvektion (Sandin 2010).

R-värde för ett materialskikt:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2.2)$$

Där d är materialets tjocklek i meter.

Där λ är värmeledningskoefficienten i $[W/m \cdot K]$ (Sandin 2010).

En byggnads värmegenomgångskoefficient, U-värdet, beräknas som inversen av det totala R-värdet:

$$U = \frac{1}{R} \quad (2.3)$$

U-värdet anges som $[W/m^2K]$ och beskriver en byggnadsdels transmissionsförluster. Ju lägre U-värde, desto bättre isoleringsförmåga har byggnadsdelen (Sandin 2010).

När det kommer till sammansatta skikt, exempelvis träreglar med isolering finns det två olika metoder att beräkna U-värdet på. Det ena är U-värdesmetoden och den andra är γ -värdesmetoden (Sandin 2010).

U-värdesmetoden innebär att allt värmeflöde beräknas som att det sker vinkelrät mot skiktet. Det sker således ingen värmetransport åt sidan. Formeln ser ut som följande:

$$U_U = \alpha \cdot U_{isol} + \beta \cdot U_{regel} \quad (2.4)$$

Där α = Andel isolering.

Där β = Andel regel.

Där U_{isol} = U-värde för isolering.

Där U_{regel} = U-värde för regel (Sandin 2010).

Vid λ -värdesmetoden antas det att materialens värmekonduktivitet är oändlig i tvärlädd. Det innebär att flödet genom skiktet kommer att vara identiskt överallt. Först beräknades ett medelvärde för λ genom följande formel:

$$\lambda_{skikt} = \alpha \cdot \lambda_{isol} + \beta \cdot \lambda_{regel} \quad (2.5)$$

Där α = Andel isolering.

Där β = Andel regel.

Där λ_{isol} = λ -värde för isolering.

Där λ_{regel} = λ -värde för regel (Sandin 2010).

Med värdet från λ_{skikt} räknas sedan U-värdet ut genom ekvation 2.2 och 2.3.

För att få ut det mest troliga U-värdet användes ett medeltal från båda genom formeln:

$$U_{med} = \frac{2 \cdot U_{\lambda} \cdot U_U}{U_{\lambda} + U_U} \quad (2.6)$$

För att räkna ut byggnadens totala U-värde användes formeln:

$$U_m = \frac{\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j}{A_{om}} \quad (2.7)$$

Där U_m = Genomsnittlig värmeegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor [W/m^2K].

Där U_i = Värmeegenomgångskoefficient för byggnadsdel i [W/m^2K].

Där χ_j = Värmeegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j [W/K].

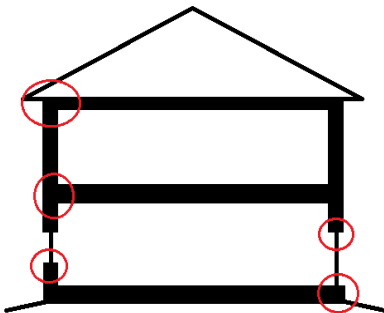
Där ψ_k = Värmeegenomgångskoefficienten för den linjära köldbryggan k [W/mK].

Där l = Längden av den linjära köldbryggan k [m].

När byggnadens totala U-värde beräknas sammanställs varje byggnadsdels U-värde och multipliceras med dess area. Detta adderas med ψ -värdet som multipliceras med längden för respektive köldbrygga och slutligen divideras med byggnadens omslutande area (Boverket byggregler 2016). Punktköldbryggorna försummas i denna beräkning.

2.3 Köldbryggor

En köldbrygga är ur en fysikalisk mening inte helt rätt då den egentligen beskriver hur värmen transporteras ut från byggnader. Det är då bättre att använda den engelska termen thermal bridge som på svenska betyder värmebrygga. Det som definierar en köldbrygga är att det sker ett avbrott i de homogena skikten eller geometriska avvikelser såsom vid vägghörn. Detta innebär att ett material med bra värmeisolering möter ett material med dålig värmeisolering. Material med bra värmeisolering släpper inte igenom lika mycket värme som ett material med bra värmeledningsförmåga gör. Detta skapar då en köldbrygga (Sandin 2010). Det kan uppstå i samband med genomföringar där materialet har högre värmeledningsförmåga än övriga material, vid ändrade tjocklekar av delar i byggnadsskalet samt när ytor mot den kallare sidan ökar, exempelvis utåtgående hörn och vägg-, tak- och golvanslutningar enligt figur 2.1. Vid köldbryggor ökar även byggnadsdelens U-värde (Pettersson 2009).



Figur 2.1: Möjliga köldbryggor.

Köldbryggor skapar inte enbart ökade värmeförluster utan kan även bidra till:

- Ökad nedsmutsning kring köldbryggan, då det på en kall yta fästes mer smuts än vid varma ytor.
- Ökad risk för kondensation, som kan bildas vid kalla ytor.

- Felaktig temperaturreglering, om en termostat placeras vid en köldbrygga kan temperaturregleringen bli fel då klimatet uppfattas som kallare än vad det egentligen är (Petersson 2009).

Om det bildas kondensation finns det risk att ett material uppnår kritiskt fuktillstånd, RF-kritiskt. När detta uppstår kan ett materials egenskaper drastiskt förändras och materialytan kan angripas av mikrobiell tillväxt (Boverket 2014).

2.3.1 Punktformig köldbrygga

Vid genomföringar såsom vid en spik uppkommer ett tredimensionellt värmefflöde som kallas punktformiga köldbryggor. Värmeegenomgångskoefficienten för en punktformig köldbrygga kallas χ [W/K] (Petersson 2009).

2.3.2 Linjär köldbrygga

Linjära köldbryggor är ett tvådimensionellt stationärt värmefflöde med ökade värmeförluster. Exempel på dessa köldbryggor är anslutningar mellan vägg-tak, vägg-bjälklag, vägg-grundplatta, vägg-fönster, vägg-dörr och vägg-vägg. Linjära köldbryggor bestäms med värmeegenomgångskoefficienten ψ [W/mK], som anger värmefflödet per meter. Detta innebär att ett lägre ψ -värde resulterar i mindre värmetransport genom köldbryggan. Rimliga ψ -värden för olika material och anslutningar redovisas i tabell 2.1 (Petersson 2009).

Tabell 2.1: Rimliga ψ_k -värden (Petersson 2009).

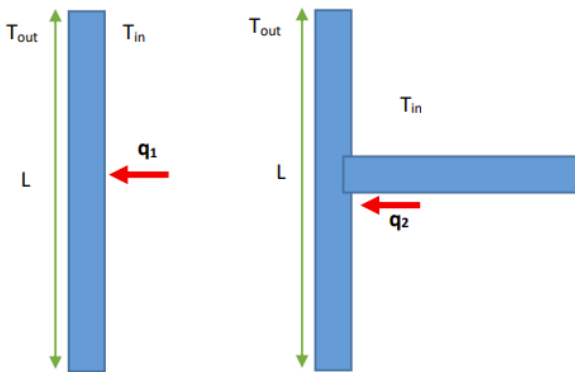
Material	Anslutning	ψ_k [W/mK]
Träregelvägg eller lättbetong	Yttertak-yttervägg	0,02–0,06
Träregelvägg eller lättbetong	Yttervägg-Yttervägg	0,03–0,06
Träregelvägg eller lättbetong	Yttervägg-Innervägg	0,01–0,04
Träregelvägg eller lättbetong	Yttervägg-Fönster	0,01–0,05
Träregelvägg eller lättbetong & betong	Yttervägg-Grund	0,02–0,04
Träregelvägg eller lättbetong & betong	Yttervägg-Utdragande betongplatta	0,040–0,200

2.3.2.1 Beräkning av linjära köldbryggor

För att beräkna köldbryggan jämförs värmefflödet från byggnadsdetaljen med värmefflödet från referensfallet utan köldbrygga. För olika byggnadsdetaljer används olika formler för att bestämma köldbryggan. Nedan listas formler för olika fall.

$$\psi = \frac{(q_2 - q_1) \cdot L}{\Delta T} \quad (2.8)$$

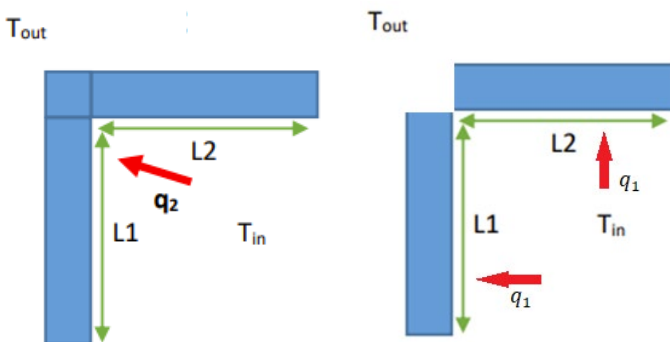
- Ekvation 2.8 används för beräkning av bjälklag och balkong där q_2 = värmeflöde från byggnadsdetalj, q_1 = värmeflöde från referensfall, L = längden för totala invändiga ytan samt ΔT = temperaturskillnad mellan inomhus och utomhus.



Figur 2.2 Illustrerar hur bjälklag samt balkong beräknas enligt ekvation 2.8.

$$\psi = \frac{(q_2 - q_1) \cdot (L_1 + L_2)}{\Delta T} \quad (2.9)$$

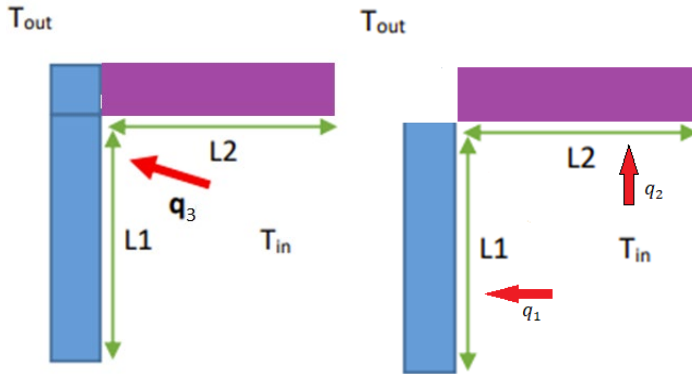
- Ekvation 2.9 används för beräkning av ytterväggshörn där q_2 = värmeflöde från byggnadsdetalj, q_1 = värmeflöde från referensfall, L_1 = Längden för insida av vägg 1, L_2 = Längden för insida av vägg 2 samt ΔT = temperaturskillnad mellan inomhus och utomhus.



Figur 2.3 Illustrerar hur ytterväggshörn beräknas enligt ekvation 2.9.

$$\psi = \frac{q_3 \cdot (L_1 + L_2) - (q_1 \cdot L_1 + q_2 \cdot L_2)}{\Delta T} \quad (2.10)$$

- Ekvation 2.10 används för beräkning av tak, kantbalk och fönster där q_3 = värmeflöde från byggnadsdetalj, q_1 = värmeflöde från referensfall 1, q_2 = värmeflöde från referensfall 2, L_1 = Längden för insida av vägg, L_2 = Längden för insida av tak, grund eller fönster samt ΔT = temperaturskillnad mellan inomhus och utomhus.



Figur 2.4 Illustrerar hur tak, kantbalk och fönster beräknas enligt ekvation 2.10.

2.3.3 Beräkningsmetoder

Det finns tre huvudsakliga sätt att beräkna köldbryggor för byggnader. Det kan göras genom att använda schablonpåslag, katalogvärden eller simuleringsprogram.

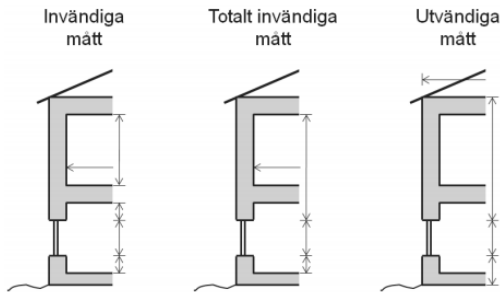
Schablonpåslag innebär att en procentuell andel av byggnadens totala U-värde adderas. Detta tillvägagångssätt kan vara bra för att få en inblick av hur mycket energiförluster som kommer ske i byggnaden i ett tidigt stadiet. Dock kan det ge ett missvisande resultat då andelen energiförluster från köldbryggor ökar om byggnadens totala U-värde minskar (Larsson & Berggren 2015).

Katalogvärden är värden från en katalog där ψ -och χ -värden listas för olika konstruktionsdetaljer. Detta är ett säkrare sätt att beakta köldbryggor än schablonvärden. Dock finns det en risk att detaljerna inte överensstämmer helt mot den aktuella detaljen och att U-värdets skikt inte är detsamma (Larsson & Berggren 2015).

Simuleringsprogram används för att ta reda på ett mer exakt värde på köldbryggorna. Även med simuleringsprogram är detta komplicerat då många parametrar ska tas hänsyn till (Larsson & Berggren 2015).

2.3.4 Mätmetod

Det finns tre olika sätt att definiera mått på enligt standarden SS-EN ISO 13789. Antingen med invändiga (i), totalt invändiga (oi) eller utvändiga mått (e). Se figur 2.2 för förklaring.



Figur 2.5: invändig (i), total invändig (oi) och utvändig (e) dimension. Figur från Berggren & Wall (2011).

När invändiga mått definieras ingår inte tjockleken för mellanbjälklaget eller för innerväggarna som ansluter till ytterväggen. I definitionen av totalt invändiga mått inkluderas däremot både tjocklek för mellanbjälklag och innerväggar. Vid definitionen av utvändiga mått räknas hela byggnadens längder med, detta inklusive mellanbjälklag och innerväggar sett utifrån (Larsson & Berggren 2015).

I BBR definieras inte vilken metod som skall användas men inget alternativ är fel utan det beror på hur areaberäkningen utförs vid beräkning av U-värdet. Hur kvantiteten av längder och ytor fastställas har en stor påverkan på köldbryggornas värden och hur den totala värmetransmissionsförlusten påverkas. Samma köldbrygga kan alltså ha olika värden beroende på vilken måttdefinition som väljs. Vid beräkningar är det betydelsefullt att välja en mätmetod och sedan vara konsekvent med den genom hela beräkningen (Larsson & Berggren 2015).

2.4 HEAT2

HEAT2 är ett program som används för tvådimensionell stationär värmeöverföring. Det används för allmänna värmeledningsproblem, köldbryggor och beräkning av U-värden för olika byggnadsdelar. Det används även för uppskattning av yttemperaturer, beräkning av värmeförluster till marken från huset, optimering av isolerings montering och analys av golvvärmesystem samt fönsterramar (Blomberg 2000).

2.5 IDA ICE

IDA-ICE, IDA Indoor Climate and Energy, är ett simuleringsverktyg för dynamiska flerzons- och helårberäkningar. Programmet används för analysering av inomhusklimatet samt energianvändningen i en byggnad. Modeller i IDA ICE är öppna och har validerats. Det som utmärker IDA ICE från andra simuleringsverktyg för beräkning av inomhusklimat och energianvändning är att byggnaden modelleras relativt komplett med byggnadssystem, VVS-system och styr-och reglersystem. (EQUA u.å.)

2.6 Korslimmat trä

Korslimmat trä, även kallat KL-trä, är skivor, plattor, pelare eller balkar som består av limmade korslagda brädor eller plankor. KL-trä som planelement används främst till väggar och bjälklag (Träguiden 2017).

KL-trä är lämpligt att använda som stabilisering av byggnader, detta för att tillverkning av stora tvärsnitt leder till att de har hög bärförmåga och styvhet. KL-träskivorna har även en hög prefabriceringsgrad som ger ett flertal fördelar, bland annat inom grundläggning, transport och montage. Isolerskikten i en yttervägg byggd med KL-trä kan i princip verkställas utan köldbryggor enligt (Träguiden 2017).

KL-trä har en flexibilitet som är viktig för utvecklingen av byggandet. Det har en god formstabilitet och dessutom kan krökta ytor produceras. Utöver det har element av KL-trä både en bra bärförmåga vid brand och en bra värmeisoleringsförmåga. KL-trä är lönsamt vid hållbart byggande då det är ett miljövänligt och kretsloppsanpassat byggmaterial och om det byggs på rätt sätt har KL-trä en lång livslängd (Träguiden 2017).

2.7 Slitsade stålreglar

Vid byggnation av ytterväggar kan slitsade stålreglar användas. Slitsar i regeln förbättrar värme genomgångsmotståndet, fler slitsar leder till bättre värme genomgångsmotstånd (Europaprofil u.å.). Anledningen till att det leder till ett förbättrat U-värde med slitsade stålreglar i stället för träreglar är att det är avsevärt mindre volym och dessutom en väldigt genomtänkt geometri (Thörnqvist & Olson 2018).

Stålreglar har en komplex form vilket försvårar modelleringsarbetet betydligt. Det leder till att det idag krävs tidskrävande tredimensionella simuleringar för att genomföra U-värdeberäkningar och förenklade standardiserade metoder saknas. Studien *Energiutvärdering av slitsade stålreglar i utfackningsväggar* visar att de förenklade metoder som idag används kan leda till en förhållandevis stor felmarginal. Vidare visar resultatet av studien att slitsens geometri har en stor betydelse för värme flödet. Då tillverkningsprocessen av slitsade stålreglar medför att stål avlägsnas gav det cirka 6 % lägre värme flöde än den metod där stålmängden inte förändrades överhuvudtaget (Thörnqvist & Olson 2018).

2.8 Krav från Boverkets Byggregler

Enligt Boverket i BFS 2017:6, BEN2, kap 2, §4, finns det angivet att köldbryggor skall beaktas vid beräkning av byggnadens energianvändning.

2.9 Krav från Miljöbyggnad

Enligt Miljöbyggnad 3.1, indikator 1 – värmeeffektbehov, är kravet för indikatorbetygen silver och brons att det minst adderas ett schablonpåslag om 30% på

transmissionsförlusterna om de inte beräknas. Vid indikatorbetyg Guld krävs det att geometriska köldbryggor skall beräknas och redovisas med hjälp av exempelvis HEAT2 (SGBC 2020).

3 Metod

Det här kapitlet förklarar vilka metoder som använts för att genomföra arbetet. Det förklarar hur beräkningarna har utförts och hur data har inhämtats och använts.

3.1 Inhämtning av data

Den data som samlades in för att utföra beräkningarna hämtades in från ritningar och en IDA ICE-fil, som AFRY bidrog med. Både detaljritningar och planritningar studerades. I detaljritningarna hämtades data i form av material, dimensioner och detaljmått och genom planritningarna kunde data i form av längd för respektive detaljer bestämmas.

IDA ICE-filen användes för att erhålla data angående byggnaden Solkattens totala Energiförluster där byggnaden solkatten redan var uppbyggd och energikälla redan var vald.

Den fakta som inhämtats för att utföra arbetet hämtades från böcker lånade från Universitetsbiblioteket. Fakta hämtades även från artiklar samt manualer som noggrant källkritiserades och från olika myndigheter.

3.2 Val av byggnader

3.2.1 Klimat

Byggnaden Solkatten är belägen i stadsdelen Brunnsög i staden Lund.

Medeltemperaturen i detta område ligger på 8.7 °C (Climate data u.å.).

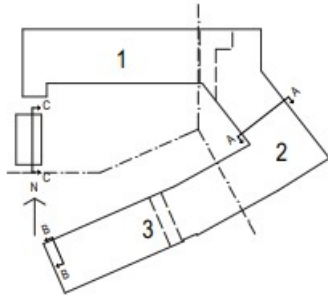
Byggnaden Kilströms Kaj är belägen på ön Lilla Holm i staden Karlskrona.

Medeltemperaturen i detta område ligger på 8.5°C (Climate data u.å.). För beräkningarna valdes utomhustemperaturen till 8°C och inomhustemperatur till 22°C.

3.2.2 Solkatten

3.2.2.1 Konstruktion

Solkattens stomme består av både betong och stål. Delar av bygganden har källare och andra delar inte, likaså är takhöjden olika, vissa tak är plana och andra har en lutning på 20 till 45 grader. Som figur 3.1 visar är huskroppen indelad i 3 delar. Denna byggnad valdes för att ta reda på hur stor inverkan köldbryggor har på en byggnad av stål och betong och även för att undersöka hur stor skillnaden blev när den jämfördes med en byggnad av KL-trä.



Figur 3.1: Orienteringsplan för Solkatten.

3.2.2.2 Antaganden

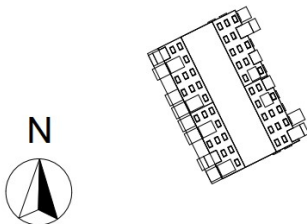
Konstruktionsdetaljer av Solkatten undersöktes och de detaljer som ansågs ge de största köldbryggorna valdes ut. En lista på dessa köldbryggor finns under kap. 4.1.1.

- Vid lutning görs antagandet att använda 90° lutning i stället, detta görs för att förenkla beräkningen i HEAT2 och detta sker exempelvis vid lutande tak.
- I HEAT2 modellerades sammansatta skikt endast som isolering då reglarna utgör en låg procent av det totala. Det hade endast påverkat resultatet marginellt eftersom skikten i detaljen med köldbryggan är detsamma som skikten i referensdelarna.
- Slitsade stålreglar antas ha ett lambda-värde på 20 W/mK (Isover 2021).

3.2.3 Kilströms Kaj

3.2.3.1 Konstruktion

Kilströms Kaj består av tre olika byggnader. Den byggnad som valdes i detta projekt var hus A som visas i figur 3.2 nedan. Detta är ett flerbostadshus som är uppbyggt av KL-trä. Formen på huset är rektangulärt men taket har 60° lutning med inbyggda balkonger och fönster.



Figur 3.2: Orienteringsplan för Kilströms Kaj.

3.2.3.2 Antaganden

- Vid >45° lutande tak görs beräkningarna som om taken haft 90° lutning.
- Vid <45° lutning görs beräkningarna som om taken haft 0° lutning.

Detta beräkningssätt används för att förenkla modelleringen i HEAT2.

3.3 Val av beräkningsmetod för köldbryggor

I denna rapport valdes det att beräkna köldbryggorna med hjälp av beräkningsprogrammet, HEAT2 och därmed studerades endast köldbryggor med tvådimensionell modellering. Enligt Danebjer & Ekström (2012) var det marginell skillnad på resultaten i HEAT2 och HEAT3 och med HEAT2 går modelleringen både fortare och är enklare.

3.3.1 HEAT2

För att beräkna köldbryggor i HEAT2 modellerades en detalj genom att använda ritningsunderlaget som tillhandahållits av AFRY. Genom att modellera och beräkna värmetransporten genom detaljen gjordes sedan en jämförelse mot referensfallen. Referensfallen bestod av detaljen utan köldbryggan.

Nedan listas de R-värden som användes vid beräkningar i HEAT2.

$$R_{si, \text{väggar}} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si, \text{tak}} = 0.10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Den mätmetod som användes vid beräkning av köldbryggor var totalt invändiga mått, oi, detta förklaras mer under kapitel 2.3.4. Nedan förtydligas beräkningsmodeller som användes.

3.3.1.1 Yttervägg möter bjälklag



Figur 3.3: Förenklad illustration av yttervägg möter mellanbjälklag och referensfall.

Vid modellering av bjälklag ritades detaljen upp enligt ritningsunderlaget där måtten av insida yttervägg valdes genom att kontrollera avståndet mellan mellanbjälklag och mellanbjälklag. Temperaturfördelning sattes till inomhustemperatur och utomhustemperatur vilket redovisas i kap. 3.6.1. Värmeflödet genom byggdelen inklusive köldbryggan jämfördes sedan med värmeflödet från referensfallet som i detta fall bestod av ytterväggen. En förenklad illustration av detaljen visas enligt figur 3.3.

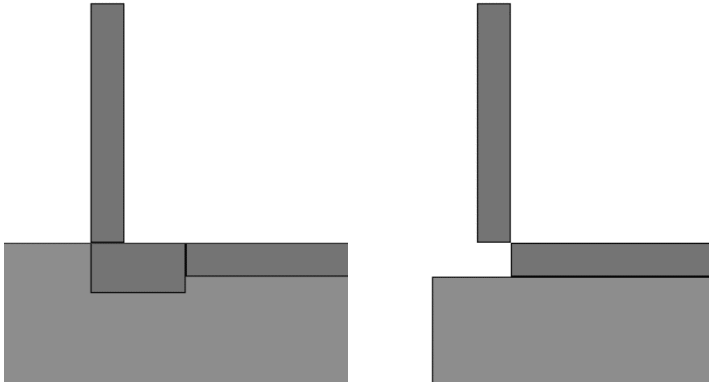
3.3.1.2 Yttervägg möter yttervägg



Figur 3.4: Förenklad illustration av yttervägg möter yttervägg och referensfall.

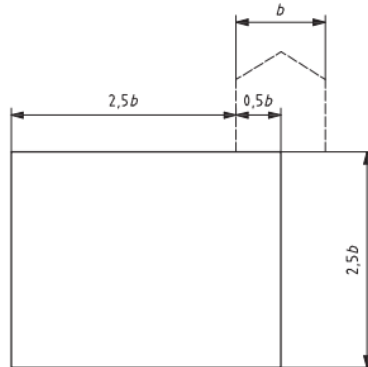
Vid modellering av ytterväggshörn ritades detaljen upp enligt ritningsunderlaget där måtten av insida yttervägg valdes genom att kontrollera hur stort avstånd det var från kortsida till kortsida och långsida till långsida. Temperaturfördelning sattes till inomhustemperatur och utomhustemperatur vilket redovisas i kap. 3.6.1. Värmeflödet genom byggdelen inklusive köldbryggan jämfördes sedan med värmeflödet från referensfallet som i detta fall bestod av ytterväggarna. En förenklad illustration av detaljen visas enligt figur 3.4.

3.3.1.3 Yttervägg möter grund



Figur 3.5: Förenklad illustration av yttervägg möter grund och referensfall.

Vid modellering av kantbalk ritades detaljen upp enligt ritningsunderlaget, där måtten av insida vägg valdes till halva avståndet från grund till mellanbjälklag och måtten för insida grund valdes till halva avståndet från kortsida till kortsida och långsida till långsida. Måtten för marken sattes till cirka 40m djup i vertikalled och i horisontalled fortsatte marken cirka 40m förbi ytterväggsanslutningen samt slutade längs med grundplattan. Dessa mått är framtagna genom ISO standarden SS-EN ISO 10211:2017 enligt figur 3.6. Temperaturfördelning sattes till inomhustemperatur och utomhustemperatur vilket redovisas i kap 3.6.1. En förenklad illustration av detaljen visas enligt figur 3.5.

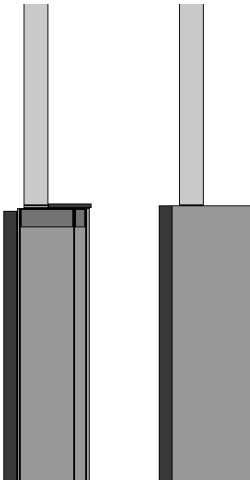


Key
 b width of floor

Figur 3.6: Illustration av ISO standard för beräkning av yttervägg möter grund (SS-EN ISO 10211:2017).

Värmeflödet genom byggdelen inklusive köldbryggan jämfördes sedan mot värmeflödet från referensfallet som i detta fall bestod av både yttervägg och grund.

3.3.1.4 Yttervägg möter fönster

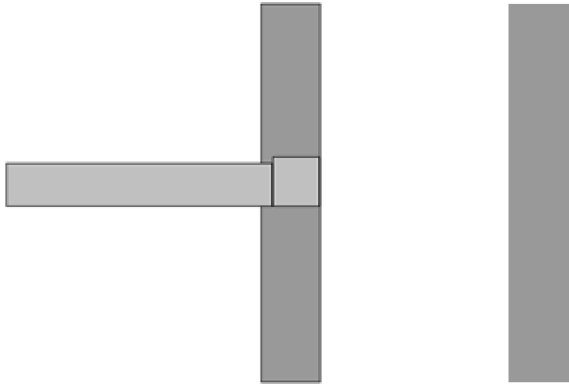


Figur 3.7: Förenklad illustration av yttervägg möter fönsterkarm och referensfall.

Vid modellering av fönstermöte ritades detaljen upp enligt ritningsunderlaget där måtten som valdes från insida vägg var halva avståndet från fönster till golv.

Temperaturfördelning sattes till inomhustemperatur och utomhustemperatur vilket redovisas i kap 3.6.1. När värmeflödet beräknades jämfördes värmen som går igenom anslutningen med referensfallet som i detta fall var ytterväggen. En förenklad illustration av detaljen visas enligt figur 3.7.

3.3.1.5 Balkong



Figur 3.8: Förenklad illustration av yttervägg möter balkong och referensfall.

Vid modellering av balkongmöte ritades detaljen upp enligt ritningsunderlaget där måtten av insida vägg valdes genom att kontrollera hur stort avståndet var från mellanbjälklag till mellanbjälklag. Temperaturfördelning sattes till inomhustemperatur och utomhustemperatur vilket redovisas i kap 3.6.1. En förenklad illustration av detaljen visas enligt figur 3.8.

Värmeflödet genom byggnadsdetaljen inklusive köldbrygga jämfördes sedan med värmeflödet från referensfallet som i detta fall var ytterväggen.

3.3.2 Material och temperaturer

I detta delkapitel redovisas de material som använts vid beräkningar i HEAT2. Värdena är hämtade från ritningsunderlaget och IDA ICE – filen. Temperaturfördelningen hämtades från HEAT2.

3.3.2.1 Solkatten

Tabell 3.1: Visar vilka material och temperaturer som beräknats med i HEAT2.

Material	Värmeledning [W/mK]	Specifik värmekapacitet [MJ/m³K]	Färgkoder i HEAT2	Temp [°C]
Gips	0,25	0,72		21.918
Mineralull	0,037	0,044		21.22
Västkustskiva	0,033	0,06		20.523
Träregel	0,14	1,65		19.826
Betong	1,7	2,07		19.129
Sylltätning	0,0259	0,052		18.431
Cellplast	0,037	1		17.734
Lecablock	0,205	1		17.037
Kalksten, fönsterbänk	1,67	2,3		16.339
Slitsade stålreglar	20	1		15.642
Stål-profil	50	1		14.945
Balkonginfästning	0,6	0,85		14.248
Fönster + karm	0,081	1,8677		13.55
PIR-isolering	0,023	0,051		12.853

3.3.2.2 Kilströms kaj

Tabell 3.2: Visar vilka material och temperaturer som beräknats med i HEAT2.

Material	Värmeledning [W/mK]	Specifik värmekapacitet [MJ/m³K]	Färgkoder i HEAT2	Temp [°C]
Sylltätning	0,0347	0,1084		21.918
Spånskiva	0,13	1		21.22
KL-trä	0,14	1,36		20.523
Mineralull	0,037	0,044		19.826
Gips	0,22	0,72		19.129
Plywood	0,14	1,65		18.431
Betong	1,70	2,07		17.734
Cellplast	0,04	1		17.037
Brandgipsskiva	0,25	1		16.339
Träregel	0,14	1		15.642
Kalksten, fönsterbänk	1,67	2,3		14.945
Fönster + karm	0,081	1,8677		14.248

3.4 Beräkning av linjära köldbryggor

Efter att de olika värmeflödena beräknades med hjälp av HEAT2 jämfördes dessa för att sedan få ut värdet av köldbryggan. Beroende på vilken konstruktionsdetalj som beräknades användes ekvation 2.8-2.10.

3.5 Förbättringsförslag

För att förbättra grundens värde för köldbrygga valdes den grunddetalj som hade högst värde för köldbryggan. Genom att addera tjälisolering som skyddar mot tjäle genom att temperaturen i marken höjs omkring grunden kunde vidare beräkningar utföras för att undersöka eventuell förbättring.

För att reducera köldbryggans påverkan för mellanbjälklag användes en högpresterande isolering, PIR-isolering, i stället för en fasadskiva av mineralull. Då värmekonduktiviteten är lägre på PIR-isoleringen utfördes vidare beräkningar för att undersöka eventuell förbättring.

Ett annat alternativ som undersöktes för att reducera inverkan av köldbryggan för mellanbjälklag var att addera ytterligare ett lager av fasadskiva. Denna förbättring gjordes då ett extra lager isolering sänker temperaturen mot de material som leder värme mer och att U-värdet för hela byggnadsdelen sänks.

För att reducera köldbryggans påverkan vid fönsteranslutningar konstruerades en fönsteranslutning där stålreglarna inte kommer i direkt kontakt med uteluften. Fönstret flyttades ut och placerades i ytterkant med den bärande regelväggen, även västkustskivan fästes vid samma nivå. Detta gjordes för att minska temperaturen som angränsar mot materialen med hög värmekonduktivitet. Ståregeln i västkustskivan togs bort och på så sätt kan köldbryggan eventuellt reduceras ännu mer.

Det finns ett antal olika sätt att bygga balkonger på (Weland Aluminium u.å.). För att minska de stora köldbryggorna som balkonger normalt medför valdes att använda fasadkonsoler. Det är ett bra alternativ för att bygga balkonger på ett mer energivänligt sätt (HILTI u.å.). Med hjälp av fasadkonsoler bildas endast punktformiga köldbryggor som har betydligt mindre påverkan på byggandens energianvändning.

3.6 IDA-ICE

De värden för köldbryggorna som sattes in i IDA-filen är de värden för respektive detalj som beräknades i HEAT2. Då det finns många olika detaljer för båda byggnaderna behövdes ett medelvärde beräknas för varje enskild detalj. Detta gjordes genom att analysera ritningarna och beräkna hur stor andel varje detalj hade. Efter det sattes dessa värden in och simuleringen genomfördes. Detta resultat jämfördes sedan med en simulering av byggnaden utan köldbryggorna, detta för att undersöka skillnaden i värmeförluster.

4 Resultat och analys

Detta kapitel visar de resultat som blivit beräknade med hjälp av HEAT2 och IDA ICE. Tydliga tabeller visar vilka material som använts, hur värmeflödet går genom detaljen, hur referensfallet ser ut och vilket resultat varje detalj fått. Resultaten från HEAT2 används sedan i IDA ICE för att beräkna energiförlusterna i byggnaden.

4.1 HEAT2

I detta kapitel redovisas resultat för beräkningarna som gjordes i HEAT2. För fullständiga beräkningar se Bilaga A-C.

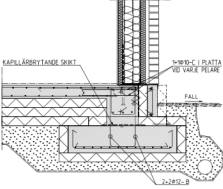
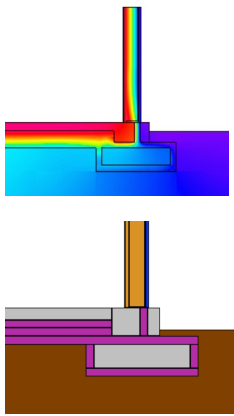
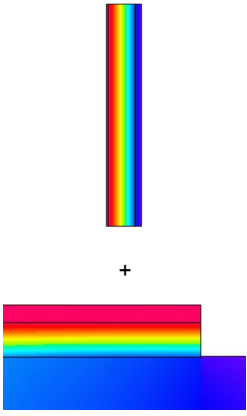
4.1.1 Solkatten

I kolumn 1 redovisas materialen och deras värmekonduktivitet i konstruktionsdetaljen, varpå kolumn 2 följer med en detaljritning för den aktuella konstruktionsdetaljen. I kolumn 3 redovisas köldbryggan med dess uppbyggnad och värmefördelning och i kolumn 4 redovisas referensfallen med deras värmefördelningen. I rad 3 redovisas ψ -värdet för den beräknade köldbryggan.

4.1.1.1 Yttervägg möter grund

Här redovisas resultatet för köldbryggor vid kantbalkar för tre olika detaljutformningar. Det redovisas genom tabellerna 4.1 – 4.3 och anger hur konstruktionsdetaljerna är uppbyggda, detaljritningar, köldbryggor och referensfallen. Tabellerna visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallen och vilket ψ -värde detaljen får.

Tabell 4.3: Redovisning av principdetalj 4 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga A.3.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>Principdetalj 4 enligt ritning K-15-6-001</p> <p>Värmekonduktivitet för materialskikt[W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Gips: 0,22 -Mineralull: 0,037 -Slitsade stålreglar: 20 -Sylltätning: 0,045 -Västkustskiva: 0,033 -Betongplatta: 1,7 -Cellplast: 0,037 -Mark: 2,3 			 <p style="text-align: center;">+</p>
$\psi = 0.120 \text{ W/mK}$			

Eftersom tre olika detaljer beräknades för kantsmöten beräknades ett medelvärde för köldbryggan för att kunna sätta in ett så korrekt värde som möjligt i IDA ICE-filen. Medelvärdet redovisas enligt beräkning nedan.

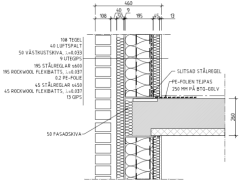
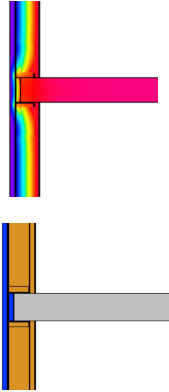

$$\frac{0.118+0.095+0.12}{3} = 0.110 \text{ W/mK}$$

4.1.1.2 Yttervägg möter mellanbjälklag

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid yttervägg möter mellanbjälklag. Det redovisas genom tabell 4.4 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

Tabell 4.4: Redovisning av yttervägg 1 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga A.6.

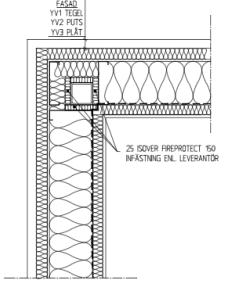
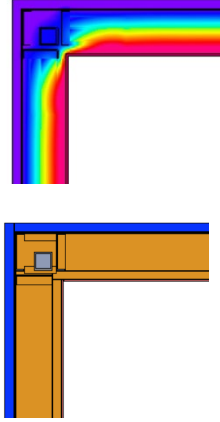
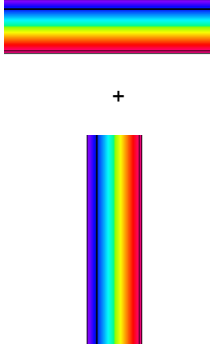
Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>YV1 enligt ritning K-20-6-001</p> <p>Värmeledningsförmåga för materialskikt [W/m, K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Västkustskiva 50mm: 0,033 - Betongbjälklag: 1,7 			
$\psi = 0.109 \text{ W/mK}$			

4.1.1.3 Yttervägg möter yttervägg

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid ytterväggshörn. Det redovisas genom tabell 4.5 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

Tabell 4.5: Redovisning av detaljen yttervägg-yttervägg med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga A.7.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p><i>Detalj YV-YV enligt ritning K-20-6-002</i></p> <p>Värmeledningsförmåga för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Västskustskiva 50mm: 0,033 - VKR-profil (100x100x6): 50 - Luft: 0,0251 			
$\psi = 0.040 \text{ W/mK}$			

4.1.1.4 Yttervägg möter tak

Här redovisas resultatet för köldbryggor vid yttervägg möter tak för två olika detaljutformningar. Det redovisas genom tabellerna 4.6 – 4.7 och anger hur konstruktionsdetaljerna är uppbyggda, detaljritningar, köldbryggor och referensfallen. Tabellerna visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallen och vilket ψ -värde detaljen får.

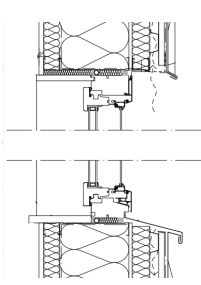
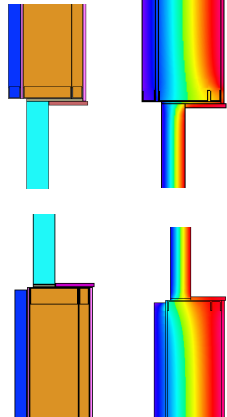

För detalj 101 och 102 skiljer sig ψ -värdet åt med 0.010 W/mK och detta beror på att detalj 102 innehåller en extra träregeln, som ökar värmeflödet i detaljen. Det beräknades ett medelvärde av de två olika detaljerna för yttervägg möter tak. Medelvärdet redovisas enligt beräkning nedan.

$$\frac{0.023+0.033}{2} = 0.028 \text{ W/mK}$$

4.1.1.5 Yttervägg möter fönster

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid fönsteranslutning. Det redovisas genom tabell 4.8 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

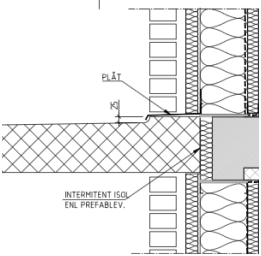
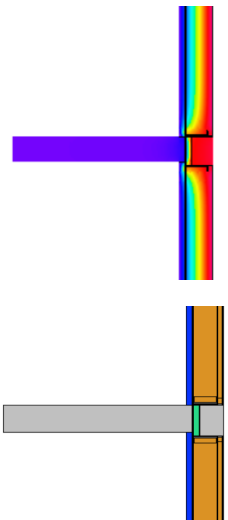

Tabell 4.8: Redovisning av detalj 117 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga A.9.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>Detalj 117 enligt ritning A-42-6-004</p> <p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull:0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Västkustskiva 50mm: 0,033 - Fönsterbänk i kalksten: 1,7 - Drevning/fogning: 0,04 - Fönster inklusive karm: 0,082 			
$\psi = 0.207 \text{ W/mK}$			

4.1.1.6 Yttervägg möter balkong

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid balkonganslutning. Det redovisas genom tabell 4.9 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Tabell 4.9: Redovisning av detalj 102 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga A.8.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>Detalj 102 enligt ritning K-20-6-002</p> <p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Sylltätning: 0,045 - Västkustskiva 50mm: 0,033 - Betongbjälklag: 1,7 			
$\psi = 0.545 \text{ W/mK}$			

4.1.1.7 Sammanfattning

Nedan sammanställs resultaten från beräkningarna för Solkatten hämtade från tabell 4.1–4.9.

Tabell 4.10: Sammanfattning av samtliga resultat för Solkatten.

Detalj	ψ -värde [W/mK]
Yttervägg möter grund - principdetalj 1	0.095
Yttervägg möter grund - grunddetalj 2	0.118
Yttervägg möter grund – principdetalj 4	0.120
Yttervägg möter mellanbjälklag	0.109
Yttervägg möter yttervägg	0.040
Yttervägg möter tak - detalj 101	0.023
Yttervägg möter tak - detalj 102	0.033
Yttervägg möter fönster	0.207
Yttervägg möter balkong	0.545

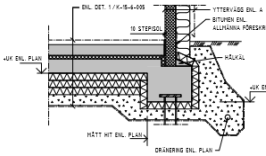
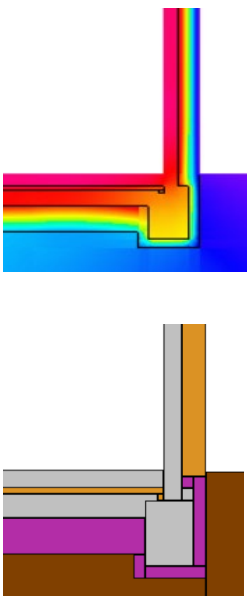
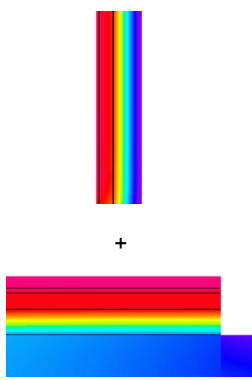
4.1.2 Kilströms Kaj

I kolumn 1 redovisas materialen och deras värmekonduktivitet i konstruktionsdetaljen, varpå kolumn 2 följer med en detaljritning för den aktuella konstruktionsdetaljen. I kolumn 3 redovisas köldbryggan med dess uppbyggnad och värmefördelning och i kolumn 4 redovisas referensfallen med deras värmefördelning. I rad 3 redovisas ψ -värdet för den beräknade köldbryggan.

4.1.2.1 Yttervägg möter grund

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid kantbalken. Det redovisas genom tabell 4.11 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

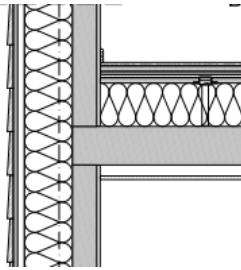
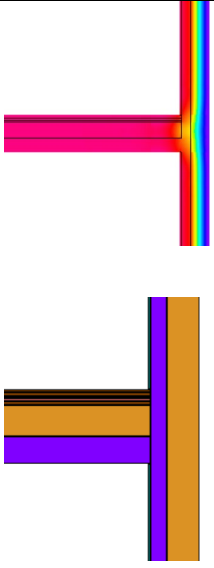

Tabell 4.11 Redovisning av detalj grundbotten 5 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga B.1.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>Detalj GB5 enligt ritning K-15-6-005</p> <p>Värmeledningskoefficient för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mineralull: 0,037 - Sylltätning: 0,045 - Cellplast: 0,04 - Betong: 1,7 			
$\psi = 0.167 \text{ W/mK}$			

4.1.2.2 Yttervägg möter mellanbjälklag

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid yttervägg möter mellanbjälklag. Det redovisas genom tabell 4.12 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

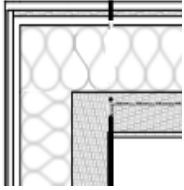
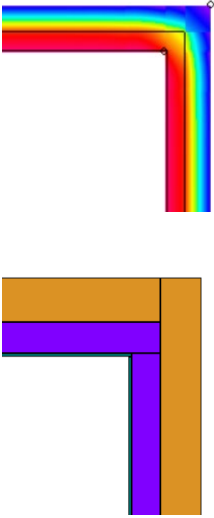
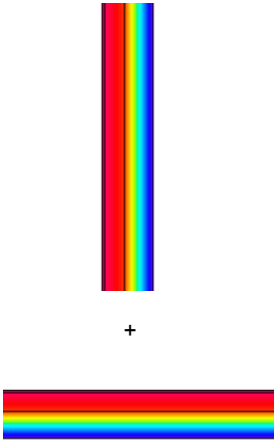
Tabell 4.12 Redovisning av bjälklag 12 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga B.3.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>BJ12 enligt ritning A-42.2-114</p> <p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brandgips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - KL-trä: 0,14 - Spånskiva: 0,14 			
$\psi = 0 \text{ W/mK}$			

4.1.2.3 Yttervägg möter yttervägg

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid ytterväggshörn. Det redovisas genom tabell 4.13 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

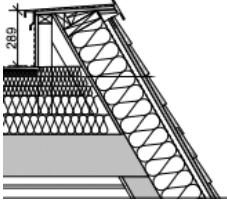
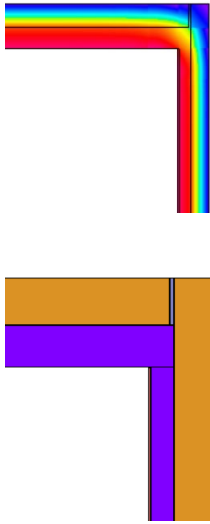
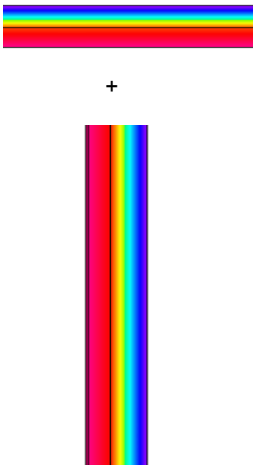
Tabell 4.13: Redovisning av yttervägg möter yttervägg med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga B.4.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>Då det inte fanns en specifik ritning av "yttervägg möter yttervägg" granskades ritning A-40-1-1150.</p> <p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brandgips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - KL-trä: 0,14 			
$\psi = 0.038 \text{ W/mK}$			

4.1.2.4 Yttervägg möter tak

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid yttervägg möter tak. Det redovisas genom tabell 4.14 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

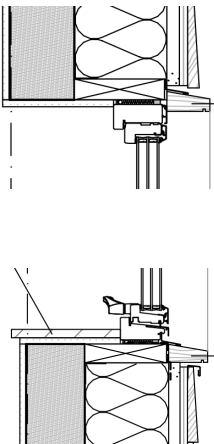
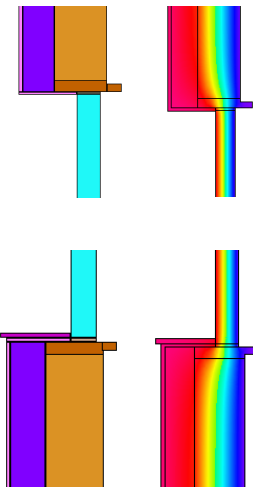
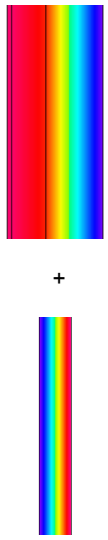
Tabell 4.14: Redovisning av detalj UVD03 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga B.2.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>UVD03 enligt ritning A-42.2-102</p> <p>Värmeledningsförmåga för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brandgips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - KL-trä: 0,14 - Träreger: 0,14 			
$\psi = 0.039 \text{ W/mK}$			

4.1.2.5 Yttervägg möter fönster

Här redovisas resultatet för köldbryggan vid fönsteranslutning. Det redovisas genom tabell 4.15 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, detaljritning, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Tabell 4.15: Redovisning av detalj UD15 med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga B.5.

Konstruktionsdetalj	Detaljritning	Köldbrygga	Referensfall
<p>UD14 & UD15 enligt ritning A-42.2-110</p> <p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brandgips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - KL-trä: 0,14 - Sylltätning: 0,045 - Träregel: 0,14 - Kalksten, fönsterbänk: 1,67 - Fönster + karm: 0,082 			
$\psi = 0.034 \text{ W/mK}$			

4.1.2.6 Sammanfattning

Nedan sammanställs resultaten från beräkningarna för Kilströms Kaj hämtade från tabell 4.10– 4.14.

Tabell 4.16: Sammanfattning av samtliga resultat för Kilströms Kaj.

Detalj	ψ -värde [W/mK]
Yttervägg möter grund	0.167
Yttervägg möter mellanbjälklag	0
Yttervägg möter yttervägg	0.038
Yttervägg möter tak	0.039
Yttervägg möter fönster	0.034

4.2 Förbättringsförslag för solkatten

I kolumn 1 redovisas materialen och deras värmekonduktivitet i konstruktionsdetaljen. I kolumn 2 redovisas köldbryggan med dess uppbyggnad och värmefördelning och i kolumn 3 redovisas referensfallen med deras värmefördelningen. I rad 3 redovisas ψ -värdet för den beräknade köldbryggan.

4.2.1 Yttervägg möter grund

Här redovisas resultatet för förbättrade konstruktionsdetaljen vid kantbalken enligt kapitel 3.4. Det redovisas genom tabell 4.17 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Tabell 4.17: Redovisning av förbättringsförslag för grunddetalj med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga C.1.

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga	Referensfall
Värmeledningsförmåga för skikt [W/m.K]: -Gips: 0,22 -Mineralull: 0,037 -Slitsade stålreglar: 20 -Sylltätning: 0,045 -Västkustskiva: 0,033 -Betongplatta: 1,7 -Cellplast: 0,037 -Mark: 2,3		
$\psi = 0.110 \text{ W/mK}$		

Eftersom endast den detalj som gav störst ψ -värde beräknades beräknas ett medelvärde för den förbättrade detaljen och de oförändrade detaljerna som hittas i tabell 4.1 och tabell 4.2 för att kunna sätta in ett så korrekt värde som möjligt i IDA ICE-filen. Medelvärdet redovisas enligt beräkning nedan.

$$\frac{0.11+0.095+0.12}{3} = 0.108 \text{ W/mK}$$

4.2.2 Yttervägg möter mellanbjälklag

Här redovisas resultatet för förbättrade konstruktionsdetaljerna vid yttervägg möter mellanbjälklag för två olika förslag på detaljutformningar enligt kapitel 3.4. Det redovisas genom tabellerna 4.18 – 4.19 och anger hur konstruktionsdetaljerna är uppbyggda, köldbryggor och referensfallen. Tabellerna visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallen och vilket ψ -värde detaljen får.

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

Tabell 4.18: Redovisning av förbättringsförslag 1 för yttervägg möter mellanbjälklag med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga C.3.

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga	Referensfall
<p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Västskustskiva 50mm: 0,033 - PiR-isolering: 0.023 - Betongbjälklag: 1,7 		
$\psi = 0.100 \text{ W/mK}$		

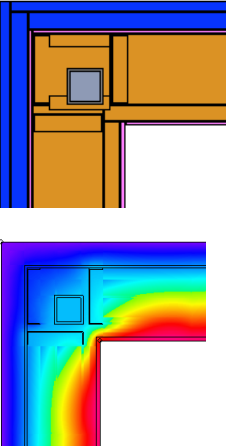
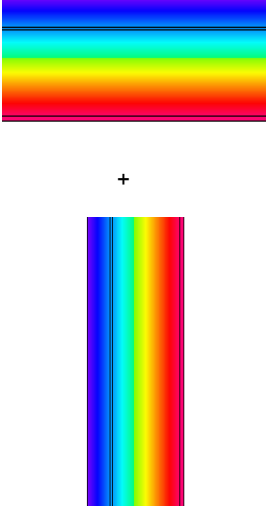
Tabell 4.19: Redovisning av förbättringsförslag 2 för yttervägg möter mellanbjälklag med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga C.4.

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga	Referensfall
<p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Västskustskiva 50mm: 0,033 - Betongbjälklag: 1,7 		
$\psi = 0.077 \text{ W/mK}$		

4.2.3 Yttervägg möter yttervägg

Här redovisas resultatet för förbättrade konstruktionsdetaljen vid ytterväggshörn enligt kapitel 3.4. Det redovisas genom tabell 4.20 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

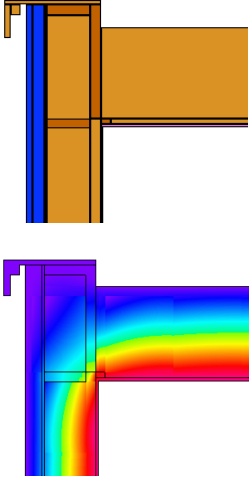
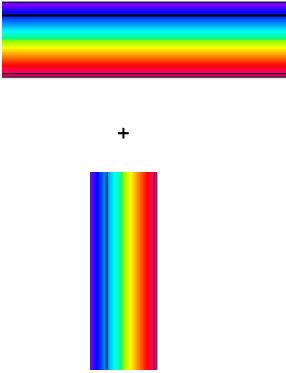
Tabell 4.20: Redovisning av förbättringsförslag för yttervägg möter yttervägg med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga C.5.

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga	Referensfall
<p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Västkustskiva 50mm: 0,033 - VKR-profil (100x100x6): 50 - Luft: 0,0251 		
$\psi = 0.039 \text{ W/mK}$		

4.2.4 Yttervägg möter tak

Här redovisas resultatet för förbättrade konstruktionsdetaljen vid yttervägg möter tak. Det redovisas genom tabell 4.21 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Tabell 4.21: Redovisning av förbättringsförslag för yttervägg möter tak med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga C.2.

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga	Referensfall
<p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Västkustskiva 50mm: 0,033 - Träläkt: 0,14 		
$\psi = 0.023 \text{ W/mK}$		

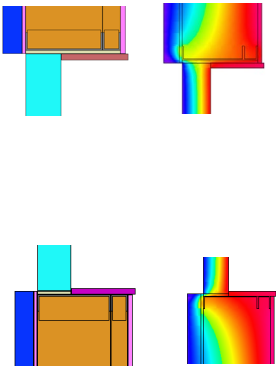

Eftersom endast den detalj som gav störst ψ -värde förbättrades för yttervägg möter tak beräknas ett medelvärde för den förbättrade detaljen och den oförändrade detaljen som hittas i tabell 4.6 för att kunna sätta in ett så korrekt värde som möjligt i IDA ICE-filen. Medelvärdet redovisas enligt beräkning nedan.

$$\frac{0.023+0.026}{2} = 0.025 \text{ W/mK}$$

4.2.5 Yttervägg möter fönster

Här redovisas resultatet för förbättrade konstruktionsdetaljen vid fönsteranslutning. Det redovisas genom tabell 4.22 och anger hur konstruktionsdetaljen är uppbyggd, köldbrygga och referensfall. Tabellen visar även hur värmeöverföringen fördelas i byggnadsdelen respektive referensfallet och vilket ψ -värde detaljen får.

Tabell 4.22: Redovisning av förbättringsförslag för yttervägg möter fönster med köldbrygga och referensfall. ψ -värdet är beräknat enligt bilaga C.6.

Konstruktionsdetalj	Köldbrygga	Referensfall
<p>Värmekonduktivitet för skikt [W/m,K]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gips 13mm: 0,25 - Mineralull: 0,037 - Slitsade stålskenor: 20 - Väst kustskiva 50mm: 0,033 - Fönsterbänk i kalksten: 1,7 - Drevning/fogning: 0,04 - Fönster inklusive karm: 0,082 		
$\psi = 0.096 \text{ W/mK}$		

4.2.6 Yttervägg möter balkong

Med fasadkonsol bildades endast punktformiga köldbryggor som har en ytterst liten påverkan. Eftersom punktformiga köldbryggor inte är något som kontrollerades i detta arbete sattes $\psi = 0 \text{ W/mK}$.

4.2.6.1 Sammanfattning

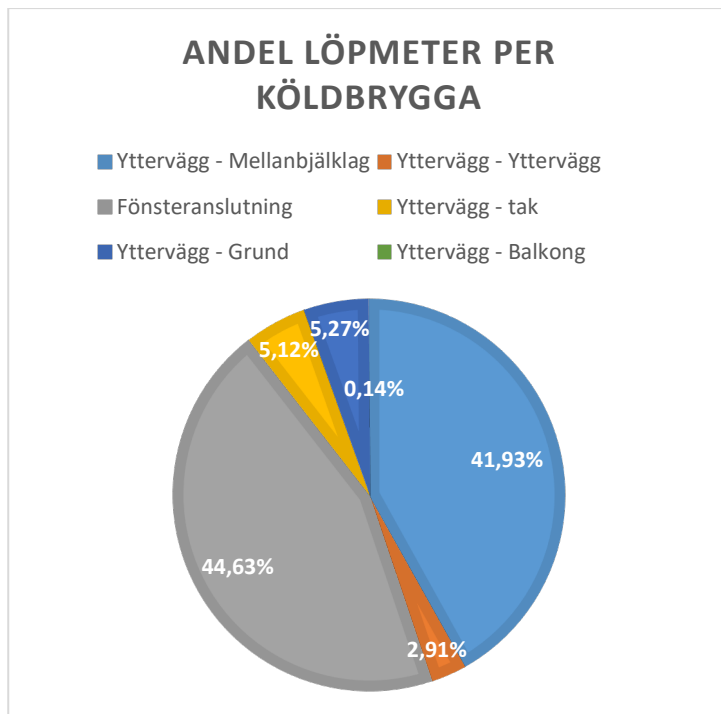
Nedan sammanställs resultaten från beräkningarna för de förbättrade konstruktionsdetaljerna hämtade från tabell 4.15– 4.20.

Tabell 4.23: Sammanfattning av samtliga resultat för de förbättrade konstruktionsdetaljerna för Solkatten

Detalj	ψ -värde [W/mK]
Yttervägg möter grund	0.110
Yttervägg möter mellanbjälklag- förslag 1	0.100
Yttervägg möter mellanbjälklag- förslag 2	0.077
Yttervägg möter yttervägg	0.039
Yttervägg möter tak	0.023
Yttervägg möter fönster	0.096
Yttervägg möter balkong	0.000

4.3 IDA ICE

Figur 4.1 visar att fönster utgör 44.63% andel löpmeter, mellanbjälklag utgör 41.93% andel löpmeter, platta på mark utgör 5.27% andel löpmeter, taket utgör 5.12% andel löpmeter, ytterväggshörn utgör 2.91% andel löpmeter och balkonganslutning utgör 0.14% andel löpmeter av köldbryggorna i byggnaden Solkatten.



Figur 4.1: Andel löpmeter per byggnadsdetalj i byggnaden Solkatten.

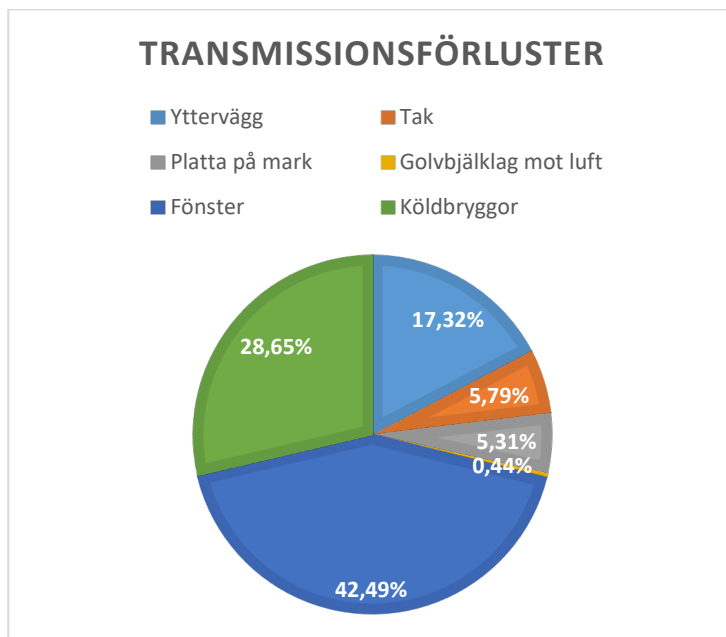
4.3.1 Solkatten

De värden som applicerades för köldbryggor i IDA ICE-filen finns i tabell 4.24.

Tabell 4.24: Indata för IDA ICE-beräkningar enligt kap.4.1.1.1 - 4.1.1.6.

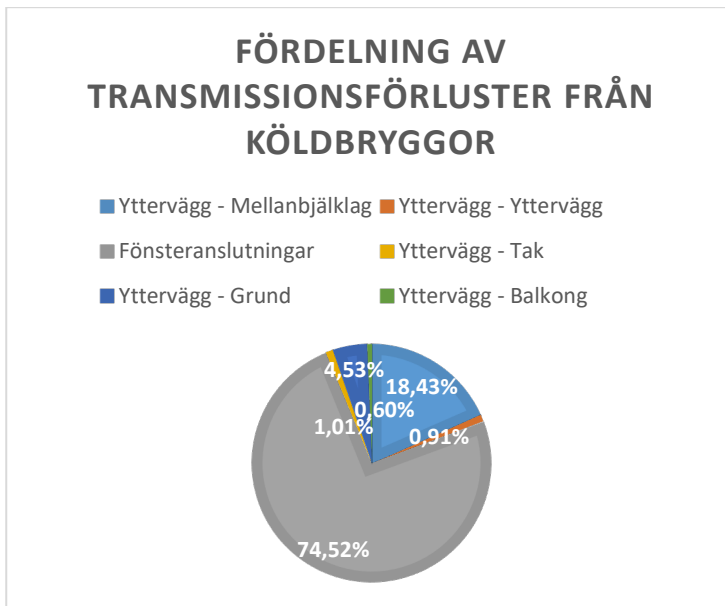
Byggnadsdetalj	ψ – värde [W/mK]
Yttervägg möter grund	0.110
Yttervägg möter tak	0.028
Yttervägg möter yttervägg	0.040
Yttervägg möter fönster	0.207
Yttervägg möter mellanbjälklag	0.109
Yttervägg möter balkong	0.545

Figur 4.2 visar att fönster utgör 42.49% av transmissionsförlusterna, köldbryggor utgör 28.65% av transmissionsförlusterna, ytterväggarna utgör 17.32% av transmissionsförlusterna, taket utgör 5.79% av transmissionsförlusterna, platta på mark utgör 5.31% av transmissionsförlusterna och golvbjälklag mot luft utgör 0.44% av transmissionsförlusterna i byggnaden.



Figur 4.2: Fördelningen av transmissionsförluster genom konstruktionsdelarna i byggnaden Solkatten.

Figur 4.3 visar att fönsteranslutningar utgör 74.52% av köldbryggorna, mellanbjälklagsanslutningar utgör 18.43% av köldbryggorna, grundanslutningar utgör 4.53% av köldbryggorna, takanslutningar utgör 1.01% av köldbryggorna, ytterväggshörn utgör 0.91% av köldbryggorna, och balkonganslutningar utgör 0.60% av köldbryggorna i byggnaden.



Figur 4.3: Fördelningen av transmissionsförluster från köldbryggor för byggnaden Solkatten.

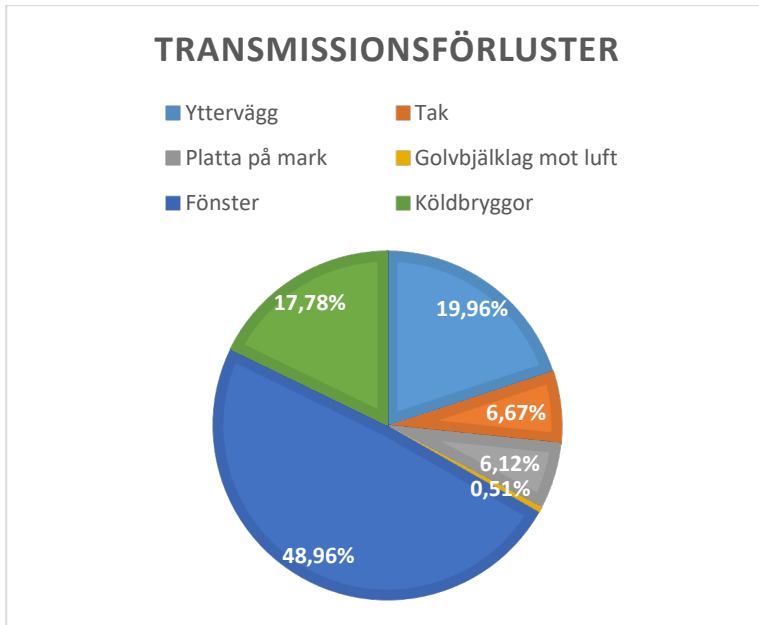
4.3.2 Förbättrade detaljer för Solkatten

De värden som applicerades för köldbryggor i IDA ICE-filen finns i tabell 4.25.

Tabell 4.25: Indata för IDA ICE-beräkningar enligt kap 4.1.2.1 - 4.1.2.5.

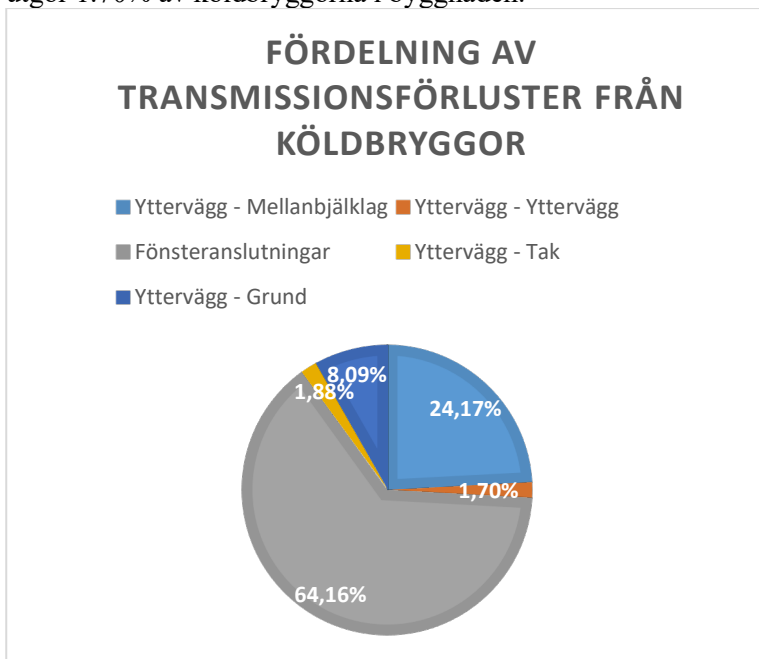
Byggnadsdetalj	ψ - värde [W/mK]
Yttervägg möter grund	0.108
Yttervägg möter tak	0.025
Yttervägg möter yttervägg	0.039
Yttervägg möter fönster	0.096
Yttervägg möter mellanbjälklag	0.077
Yttervägg möter balkong	0

Figur 4.4 visar att fönster utgör 48.96% av transmissionsförlusterna, köldbryggor utgör 17.78% av transmissionsförlusterna, ytterväggarna utgör 19.96% av transmissionsförlusterna, taket utgör 6.67% av transmissionsförlusterna, platta på mark utgör 6.12% av transmissionsförlusterna och golvbjälklag mot luft utgör 0.51% av transmissionsförlusterna i byggnaden.



Figur 4.4: Fördelningen av transmissionsförluster genom konstruktionsdelarna i den förbättrade byggnaden Solkatten.

Figur 4.5 visar att fönsteranslutningar utgör 64.16% av köldbryggorna, mellanbjälklagsanslutningar utgör 24.17% av köldbryggorna, grundanslutningar utgör 8.09% av köldbryggorna, takanslutningar utgör 1.88% av köldbryggorna och ytterväggshörn utgör 1.70% av köldbryggorna i byggnaden.



Figur 4.5: Fördelningen av transmissionsförluster från köldbryggor för den förbättrade byggnaden Solkatten.

4.4 Sammanfattning och analys av resultat

Nedan sammanställs de resultat som är mest intressanta. Solkattens resultat jämfördes med både resultaten från förbättringsförslagen och resultaten från Kilströms Kaj i tabell 4.26 för att få en bättre överblick.

Tabell 4.26 Jämförelse emellan ψ -värdena för byggnadsdetaljerna för Solkatten och Kilströms Kaj samt förbättringsförslagen.

Byggnadsdetalj	Solkatten [W/mK]	Förbättringsförslag Solkatten [W/mK]	Kilströms Kaj [W/mK]
Yttervägg möter grund	0.110	0.108	0.167
Yttervägg möter mellanbjälklag förslag 1	0.109	0.100	0
Yttervägg möter mellanbjälklag förslag 2		0.077	
Yttervägg möter yttervägg	0.040	0.039	0.038
Yttervägg möter tak	0.028	0.025	0.041
Yttervägg möter fönster	0.207	0.096	0.034
Yttervägg möter balkong	0.545	0.000	-

I tabell 4.27 jämförs de resultat som beräknats, förbättringsförslagen för Solkatten och Kilströms Kaj redovisas med den procentuella skillnaden utifrån Solkatten. Detta för att tydliggöra skillnaden mellan de olika fallen. Det visar att byggnadsdetaljerna för yttervägg möter grund var betydligt bättre i Solkatten och förbättringsförslagen än vad de var i Kilströms Kaj. Yttervägg möter tak visade liknande resultat. För möten med mellanbjälklag och fönsteranslutningar visade däremot resultaten att byggnadsdetaljerna för Kilströms Kaj hade betydligt lägre ψ -värden än vad Solkatten hade. Förbättringsförslagen för dessa två byggnadsdetaljer gav bättre resultat, fönsteranslutningar sänktes med hela 53.6% och för yttervägg möter mellanbjälklag resulterade det i en minskning med 8.26% respektive 29.4%.

Tabell 4.27 Procentuell skillnad mellan Solkatten, förbättringsförslagen och Kilströms Kaj.

Byggnadsdetalj	Solkatten [W/mK]	Förbättringsförslag Solkatten [%]	Kilströms Kaj [%]
Yttervägg möter grund	0.0963	-1.82	+51.8
Yttervägg möter mellanbjälklag förslag 1	0.109	-8.26	-100
Yttervägg möter mellanbjälklag förslag 2		-29.4	
Yttervägg möter yttervägg	0.039	0	-2.6
Yttervägg möter tak	0.026	-10.7	+57.7
Yttervägg möter fönster	0.207	-53.6	-83.6
Yttervägg möter balkong	0.545	-	-

5 Diskussion

I det här kapitlet diskuteras resultatet, andra intressanta tankar som har uppstått under arbetets gång och eventuella osäkerheter i beräkningarna.

De köldbryggor vars förbättring gör störst skillnad är de köldbryggor som utgör en stor andel av byggnaden. För solkatten bestod den största andelen av fönster och mellanbjälklag, se figur 4.1. När dessa detaljer förbättras gör även en liten skillnad av ψ -värdet stora förbättringar för byggnadens totala energianvändning. Vid förbättring av resterande detaljer såsom yttervägg möter tak krävs en större minskning av ψ -värdet för att energiförlusterna för hela byggnaden skall minskas märkbart.

Fönsteranslutningarna ger väldigt stora köldbryggor. Förbättringsdetaljen för fönsteranslutningar på Solkatten ändrades endast lite grann. Ett fåtal relativt enkla lösningar användes och någon av dessa åtgärder görs eventuellt redan på byggarbetsplatsen. Den förbättrade fönsteranslutning för Solkatten innebar bland annat att stålreglarna inte exponeras för uteluften, vilket förbättrade resultatet avsevärt. I kapitel 3.4 förklaras åtgärden mer detaljerat. Anledningen till att det resulterade i mycket bättre resultat när stålregeln inte exponeras för uteluften är för att stål har en väldigt hög värmeledningsförmåga jämfört med de andra materialen, vilket då även ger större värmeförluster. Det är intressant att en sådan enkel lösning gör väldigt stor skillnad, att det minskar ψ -värdet med över 50%. En lösning som alla som bygger på detta sätt borde använda sig av för att enkelt minska köldbryggor i byggnader och minska energiförlusterna.

För förbättringsförslag av balkonganslutningar, som har ett högt ψ -värde, valdes en konstruktion med fasadkonsoler. Andel löpmeterbalkong är däremot liten och därför gör inte förbättringsförslaget stor skillnad. Trots ett högt ψ -värde blir det alltså ingen stor värmeförlust för hela bygganden. Även om förbättringen inte gav stor skillnad för hela byggnadens energiförluster ger denna lösning dock ett bättre inomhusklimat för de lägenheter med balkong vilket är något som bör beaktas. Med fasadkonsoler uppkommer endast punktformiga köldbryggor och dessa har vi valt att bortse ifrån. Punktformiga köldbryggor är relativt små och eftersom andel löpmeterbalkong är liten hade de inte bidragit till några större förluster och inte haft en stor påverkan på den totala energianvändningen för byggnaden. Det som kan göras för att hamna på den säkra sidan är att lägga till ett procentuellt påslag för punktköldbryggorna. Hur stort påslaget skall vara är något som vi inte gått igenom i detta arbete.

Vid jämförelse av de olika detaljerna för mellanbjälklag märktes stora differenser. För förbättringsförslag två lades det till ytterligare 30 mm isolering på utsidan av väggen vilket medför en lägre köldbrygga. Denna lösning var effektiv då det resulterade i en minskning av köldbryggan med nästan 30 % och detta i samband med att mellanbjälklag står för nästintill hälften av byggnadens köldbryggor är detta en bra förbättringsåtgärd. Anmärkningsvärt är att denna åtgärd medför att detta i så fall behöver göras på alla väggar men det var enbart denna köldbrygga som gav en tillräckligt stor minskning för att det ska vara lönsamt. Detta eftersom det resulterar i högre kostnader vid produktion och det är osäkert hur många år det tar innan det lönar sig.

Vid jämförelse mellan Solkatten och Kilströms kaj är differensen vid mellanbjälklag desto större än med förbättringsförslag två, detta då det inte finns någon köldbrygga i denna konstruktionsdetalj. Ett nollvärde fås på grund av att det vid utförande av byggnader med KL-trä placeras ett isoleringsskikt på utsidan av den bärande stommen. Detta medför att det inte blir avbrott i isoleringen vid infästningen av mellanbjälklaget, vilket resulterar i minskade köldbryggor.

Den stora skillnaden vid köldbryggor för de olika byggnadstyperna är att stålet har en mycket högre värmeledningsförmåga än vad trä har. När ritningarna studeras märks det att det just är i anslutningar där stålreglarna möts som risken för köldbryggor är stora jämfört med träkonstruktioner. För att minska köldbryggorna vid stålkonstruktioner är det därför viktigt att inte låta stålet exponeras direkt mot utetemperaturen. I förbättringsförslagen har vi tänkt på just detta och det visade sig ge goda resultat. Desto mer skydd mot utetemperaturen desto mindre blir köldbryggan.

Vissa materials egenskaper förändras under tidens gång, exempelvis att ett material suger åt sig fukt, vilket kan påverka materialets värmeledningsförmåga som i sin tur kan påverka köldbryggan. Detta är något som vi har avgränsat oss ifrån men som med stor sannolikhet sker i verkligheten.

Med de förbättrade konstruktionsdetaljerna fick Solkatten ett värde på 17.78 % av de totala transmissionsförlusterna jämfört med 28.65 % som den ursprungliga byggnaden hade. Vid jämförelse av kravet för indikator 1 - värmeeffektbehov från Miljöbyggnad 3.1, där ett påslag om 30 % skall göras, lönar det sig att göra beräkningarna. Enligt författarna är det värt den tid som läggs ned på beräkningarna eftersom det lönar sig på lång sikt. Dessutom erhålls kunskap om de olika detaljerna, vilket kan komma till användning vid utförande av framtida projekt för att minska köldbryggorna, skapa ett bättre inomhusklimat och minska framtida kostnader.

5.1 Felkällor

I beräkningarna har 3 decimaler använts vilket gör att resultaten blir representativa för byggnaderna. Eftersom punktköldbryggor ej beräknats är detta en marginell felkälla.

Analyserna som har gjorts i HEAT2 kan även bidra till en del felkällor. Det är svårt att uppskatta hur stor skillnad antaganden har gjort när det gäller modellering i HEAT2, när det kommer till att vid $>45^\circ$ lutande tak gjordes beräkningarna som om taken haft 90° lutning och vid $<45^\circ$ lutning gjordes beräkningarna som om taken haft 0° lutning. Detta kan komma att påverka köldbryggorna något men troligtvis inget som gör någon större skillnad.

6 Slutsats

I det här kapitlet dras slutsatser från arbetet och problemformuleringarna besvaras.

Efter beräkningarna blev slutsatsen att köldbryggorna generellt sätt är större i byggnader byggda av stål och betongstommar jämfört med byggnader byggda med KL-trä. Detta beror till stor del av att i anslutningar avslutas stålreglar vilket påverkar just köldbryggorna. Detta resultat är intressant då det skapar ytterligare anledningar att bygga med trä. De stora skillnader som vi kom fram till var att fönsteranslutningar och anslutningar vid mellanbjälklag blev betydligt bättre i byggnader av KL-trä. Detta är även de köldbryggor som byggnaden vanligtvis har störst andel löpmetrar av.

De förbättringsförslag som vi beräknade gav goda resultat. De beräkningar som gjorde störst skillnad var detaljer vid fönsteranslutningar och anslutningar vid mellanbjälklag. Detta är som ovan skrivet de köldbryggor som påverkar byggnaden mest då andelen av dessa är störst. Vår lösning för balkongen innebar att vi tog bort de linjära köldbryggorna och det bildades i stället fler punktköldbryggor då vi ansluter balkongen med fasadkonsoler i stället för betongklackar in i mellanbjälklaget. Denna lösning hade varit effektiv om byggnaden hade bestått av fler balkonger men då Solkatten endast har några få gav det inte jättestor skillnad för energiförlusterna för hela byggnaden.

För att påverka byggnadens energiförluster är det mer lönsamt att förbättra de detaljer som byggnaden består mest av, vilket som tidigare nämnt är fönsteranslutningar (44.63%) och anslutningar vid mellanbjälklag (41.93%). Här kan en liten förbättring göra stor skillnad. För att det skall ge någon betydlig skillnad för de resterande detaljerna krävs en betydlig förbättring av de specifika detaljerna vilket var svårt i vårt fall då de redan var låga.

6.1 Framtida utvecklingsmöjligheter

- Beräkna hela byggnaden med KL-trä i IDA ICE för att undersöka hur stor del köldbryggorna utgör.
- Studera samma byggnader och använda HEAT3 för att se hur resultaten skiljer sig åt.
- Beräkna punktformiga köldbryggor och se hur stor procent de bidrar med till byggnadens totala energianvändning.

Referenser

Berggren, B. & Wall, M. (2011). *The importance of a common method and correct calculation of thermal bridges*. Proceedings from Nordic Symposium on Building Physics. Tampere, Finland.

Blomberg, T. (2000). *HEAT2. A PC-program for heat transfer in two dimensions. Manual with brief theory and examples*.

http://www.buildingphysics.com/manuals/HEAT2_5.pdf [2021-04-15]

Boverket (2012). *Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler – utgåva två*. Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler - utgåva två [2021-04-26]

Boverket (2014). *Kritiskt fuktillstånd*. Kritiskt fuktillstånd - Boverket [2021-06-03]

Boverket (2017). *Boverkets författningssamling*. Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2017:6 [2021-04-28]

Boverket (2021). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [2021-04-15]

Climate data (u.å.). *Karlskrona klimat*.

Klimat Karlskrona: Temperatur, Klimat graf, Klimat bord och vattentemperatur Karlskrona - Climate-Data.org (climate-data.org) [2021-04-20]

Climate data (u.å.). *Skåne län klimat*.

Klimat Skåne län: Temperaturer, klimat grafer, klimat tabeller för Skåne län - Climate-Data.org (climate-data.org) [2021-04-20]

Danebjer, M., Ekström, T. (2012). *Köldbryggor i lågenergihus: Byggnadssystemens inverkan på transmissionsförluster* (Examensarbete, Lunds universitet, Institutionen för bygg- och miljöteknologi).

<https://lup.lub.lu.se/studentpapers/search/publication/3159976> [2021-04-20]

Europrofil (u.å.). *Stålprofiler och komponenter. Produktblad*.

Produktblad_Stalprofiler_Komponenter.pdf (europrofil.se) [2021-04-20]

EQUA (u.å.). *IDA Indoor Climate and Energy*. IDA_ICE_brochure.pdf (equa.se) [2021-04-15]

HILTI (u.å.). *Konsol MFT-FOX VTR 300 L 11*. MFT-FOX VTR L - Konsoler - Hilti Sweden [2021-04-27]

ISO. *SS-EN ISO 10211:2017*. [2021-05-21]

Isover (2021). *U-värdesberäknaren*. IsoverEnergiWeb (u-vardesberaknaren.se) [2021-04-27]

Jernkontoret (u.å.). *Värmeöverföring*.
<https://www.energihandbok.se/varmeoverforing> [2021-04-15]

Larsson, T. & Berggren, B. (2015). *Undvik fel och fällor med köldbryggor*.
Undvik fel och fällor med köldbryggor (sbuf.se) [2021-04-20]

Naturvårdsverket (2020). *Bygg- och fastighetssektorns klimatpåverkan*.
Bygg- och fastighetssektorns klimatpåverkan - Naturvårdsverket (naturvardsverket.se) [2021-04-20]

Petersson, B-E. (2009) *Tillämpad byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.

RISE (u.å.). *Betong som byggmaterial – både hållbart och miljövänligt*. Betong som byggmaterial – både hållbart och miljövänligt | RISE [2021-04-27]

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

Setra Group (u.å.). *KL-trä för klimatsmart & effektivt byggande*. Setra KL-trä för klimatsmart & effektivt byggande - Setra Group [2021-04-27]

SGBC (2020). *Miljöbyggnad 3.1*. Miljöbyggnad, Metodik och Manual ny byggnad (sgbc.se) [2021-04-28]

SIS. (2007a). *Byggnaders termiska egenskaper - värmegenomgångskoefficienter – Beräkningsmetod (ISO 13789:2007)*. Swedish Standards Institute, Stockholm.

Svensk betong (u.å.). *Koldioxidutsläpp*. Koldioxidutsläpp - Svensk Betong [2021-06-03]

Thörnqvist, M. & Olson, K. (2018) *Energiutvärdering av slitsade stålreglar i utfackningsväggar*. download (lu.se)

Träguiden (2017). *KL-trä som konstruktionsmaterial*.
KL-trä som konstruktionsmaterial - TräGuiden (traguiden.se) [2021-04-15]

Weland Aluminium (u.å.). *Balkonginfästningar*.
Balkonginfästningar – Weland Aluminium [2021-04-15]

Bilagor

Alla tabellvärden i bilaga A-C är hämtade direkt ifrån Heat2.

Förklaring av definitioner i tabellerna:

- Bound – Sträckan i detaljen som redovisas, även kallat rand.
- q – Värmeflöden genom byggnadsdetaljen med enheten W/m^2 , alternativt W/m då för linjär köldbrygga.
- Length – Konstruktionsdelens längd.
- BC – Boundery conditions. Beskriver mellan vilka ytor som värmen flödar.

I sista raden i alla tabeller i bilaga A-C redovisas skillnaden mellan in- och utflöde.

Bilaga A: Beräkning av linjära köldbryggor – Solkatten

A1 Yttervägg – Grund: Principdetalj 1

I tabell A1.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

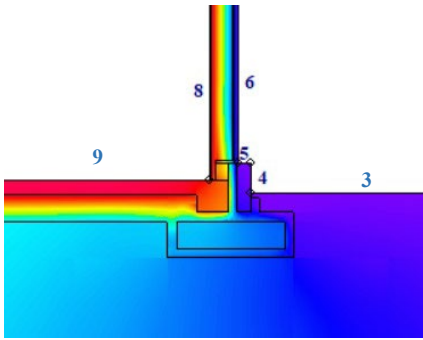
Tabell A1.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	-19.735 (T=8 R=0.04)
[3]	19.739 (T=22 R=0.13)
Σ :	0.0036

I figur A1.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - grund. Med hjälp av värdena för rand 8 och 9 från tabell A1.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A1.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.7671	-14.956	19.497	[2] T=8 R=0.04
4	-4.1705	-1.3763	0.33	[2] T=8 R=0.04
5	-2.5423	-0.3381	0.133	[2] T=8 R=0.04
6	-1.7026	-3.0647	1.8	[2] T=8 R=0.04
8	1.7417	3.4834	2	[3] T=22 R=0.13
9	1.0725	16.255	15.156	[3] T=22 R=0.13
Σ :	0.0036			



Figur A1.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A1.2.

Grund

I tabell A1.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A1.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	-15.021 (T=8 R=0.04)
[3]	15.019 (T=22 R=0.13)
Σ:	-0.0017

I tabell A1.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för grunden. Numrering enligt figur A1.2.

Tabell A1.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.7477	-15.021	20.09	[2] T=8 R=0.04
5	0.991	15.019	15.156	[3] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0017			



Figur A1.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A1.4.

Yttervägg

I tabell A1.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A1.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.3871 (T=22 R=0.13)

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

[3]	-3.3871 (T=8 R=0.04)
Σ:	2E-005

I tabell A1.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A1.3.

Tabell A1.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6935	3.3871	2	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6935	-3.3871	2	[3] T=8 R=0.04
Σ:	2E-005			



Figur A1.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A1.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 5 i tabell A1.4 och rand 2 i tabell A1.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{19.739 - (15.019 + 3.3871)}{22 - 8} = 0.095$$

A2 Yttervägg – Grund: Grunddetalj 2

I tabell A2.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

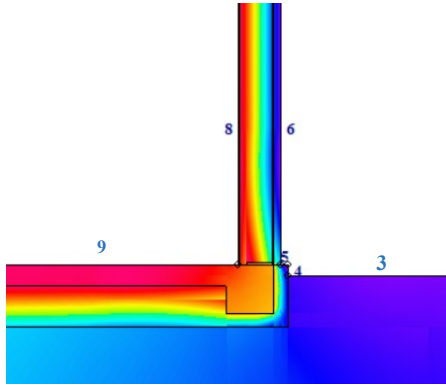
Tabell A2.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	20.114 (T=22 R=0.13)
[3]	-20.111 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0032

I figur A2.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - grund. Med hjälp av värdena för rand 8 och 9 från tabell A2.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A2.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.8307	-16.246	19.558	[3] T=8 R=0.04
4	-2.8609	-0.2146	0.075	[3] T=8 R=0.04
5	-1.9435	-0.0972	0.05	[3] T=8 R=0.04
6	-1.7764	-3.5528	2	[3] T=8 R=0.04
8	1.7687	3.5374	2	[2] T=22 R=0.13
9	1.0849	16.577	15.28	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.0032			



Figur A2.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A2.2.

Grund

I tabell A2.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

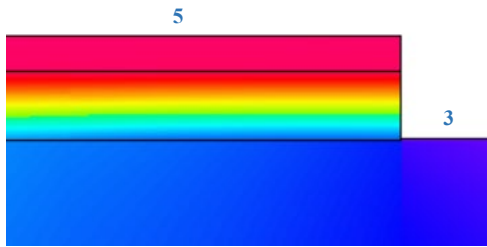
Tabell A2.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	15.037 (T=22 R=0.13)
[3]	-15.039 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0014

I tabell A2.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för grunden. Numrering enligt figur A2.2.

Tabell A2.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.8397	-15.039	17.91	[3] T=8 R=0.04
5	0.9841	15.037	15.28	[2] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0014			



Figur A2.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A2.4.

Yttervägg

I tabell A2.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

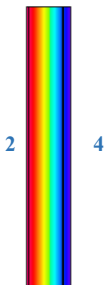
Tabell A2.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.1883 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.1883 (T=8 R=0.04)
Σ:	3.7E-005

I tabell A2.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A2.3.

Tabell A2.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.5941	3.1883	2	[2] T=22 R=0.13
4	-1.5941	-3.1883	2	[3] T=8 R=0.04
Σ:	3.7E-005			



Figur A2.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A2.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 5 i tabell A2.4 och rand 2 i tabell A2.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{20.114 - (15.037 + 3.1883)}{22 - 8} = 0.118$$

A3. Yttervägg – Grund: Principdetalj 4

I tabell A3.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

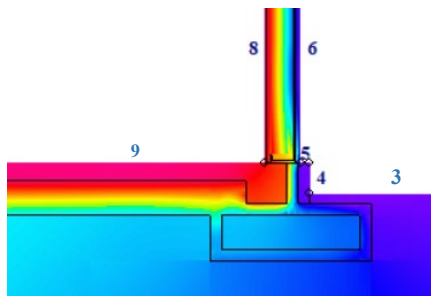
Tabell A3.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	19.559 (T=22 R=0.13)
[3]	-19.555 (T=8 R=0.04)
Σ :	0.0037

I figur A3.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - grund. Med hjälp av värdena för rand 8 och 9 från tabell A3.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A3.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.8137	-14.547	17.877	[3] T=8 R=0.04
4	-4.149	-1.1202	0.27	[3] T=8 R=0.04
5	-2.7309	-0.2267	0.083	[3] T=8 R=0.04
6	-1.8306	-3.6612	2	[3] T=8 R=0.04
8	1.7841	3.5683	2	[2] T=22 R=0.13
9	1.0604	15.991	15.08	[2] T=22 R=0.13
Σ :	0.0037			



Figur A3.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A3.2.

Grund

I tabell A3.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A3.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	14.499 (T=22 R=0.13)
[3]	-14.499 (T=8 R=0.04)
Σ :	-0.0003

I tabell A3.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för grunden. Numrering enligt figur A3.2.

Tabell A3.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q[W/m]	Length [m]	BC
3	-0.9703	-14.499	14.942	[3] T=8 R=0.04
5	0.9614	14.499	15.08	[2] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0003			



Figur A3.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A3.4.

Yttervägg

I tabell A3.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A3.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.3851 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.3851 (T=8 R=0.04)
Σ:	-1.9E-006

I tabell A3.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A3.3.

Tabell A3.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	3.3851	2	[3] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-3.3851	2	[2] T=8 R=0.04
Σ:	-1.9E-006			



Figur A3.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A3.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 5 i tabell A3.4 och rand 2 i tabell A3.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{19.559 - (14.499 + 3.3851)}{22 - 8} = 0.120$$

A4. Yttervägg – Tak: Detalj 101

I tabell A4.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

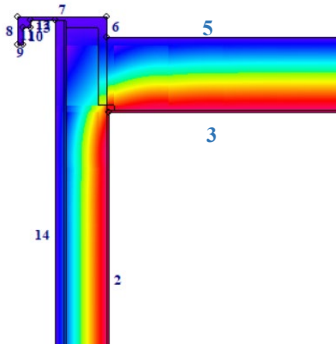
Tabell A4.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	21.419 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.6237 (T=8 R=0.04)
[4]	-17.795 (T=8 R=0.1)
Σ:	0.0002

I figur A4.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - tak. Med hjälp av värdena för rand 2 och 3 från tabell A4.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A4.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.7331	3.4663	2	[2] T=22 R=0.13
3	1.1969	17.953	15	[2] T=22 R=0.13
5	-1.1762	-17.659	15.013	[4] T=8 R=0.1
6	-0.6021	-0.0735	0.122	[4] T=8 R=0.1
7	-0.12	-0.063	0.525	[4] T=8 R=0.1
8	-1E-005	-1.7E-006	0.167	[3] T=8 R=0.04
9	-1.3E-005	0	0.033	[3] T=8 R=0.04
10	-4.7E-006	0	0.1	[3] T=8 R=0.04
11	1.7E-005	0	0.045	[3] T=8 R=0.04
12	1.6E-005	0	0.045	[3] T=8 R=0.04
13	-0.0013	-0.0002	0.148	[3] T=8 R=0.04
14	-1.426	-3.6235	2.541	[3] T=8 R=0.04
Σ:	0.0002			



Figur A4.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A4.2.

Tak

I tabell A4.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

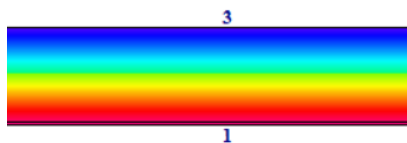
Tabell A4.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	17.712 (T=22 R=0.13)
[3]	-17.712 (T=8 R=0.1)
Σ :	0.0003

I tabell A4.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för taket. Numrering enligt figur A4.2.

Tabell A4.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
1	1.1808	17.712	15	[2] T=22 R=0.13
3	-1.1808	-17.712	15	[3] T=8 R=0.1
Σ :	0.0003			



Figur A4.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A4.4.

Yttervägg

I tabell A4.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

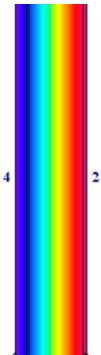
Tabell A4.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.3851 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.3851 (T=8 R=0.04)
Σ :	1.2E-005

I tabell A4.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A4.3.

Tabell A4.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	3.3851	2	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-3.3851	2	[3] T=8 R=0.04
Σ:	1.2E-005			



Figur A4.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A4.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 1 i tabell A4.4 och rand 2 i tabell A4.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{21.419 - (17.712 + 3.3851)}{22 - 8} = 0.023$$

A5. Yttervägg – Tak: Detalj 102

I tabell A5.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A5.1: Värmeflöde för varje BC typ.

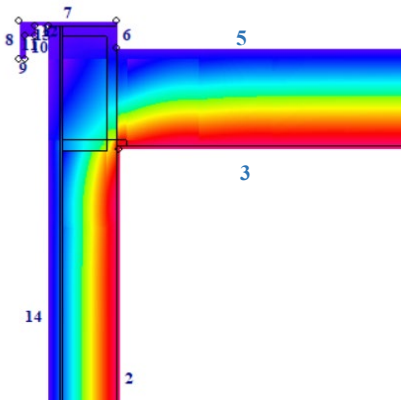
BC	q [W/m]
[2]	22.341 (T=22 R=0.13)
[3]	-22.341 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0005

I figur A5.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - tak. Med hjälp av värdena för rand 2 och 3 från tabell A5.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

Tabell A5.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.7527	3.5054	2	[2] T=22 R=0.13
3	1.2103	18.836	15.563	[2] T=22 R=0.13
5	-1.1896	-18.53	15.576	[3] T=8 R=0.04
6	-0.6673	-0.0814	0.122	[3] T=8 R=0.04
7	-0.12	-0.0512	0.427	[3] T=8 R=0.04
8	-1.8E-006	0	0.167	[3] T=8 R=0.04
9	7.7E-006	0	0.028	[3] T=8 R=0.04
10	3.9E-006	0	0.1	[3] T=8 R=0.04
11	-2.6E-005	-1.2E-006	0.045	[3] T=8 R=0.04
12	-2.6E-005	-1.2E-006	0.045	[3] T=8 R=0.04
13	-0.0023	-0.0001	0.055	[3] T=8 R=0.04
14	-1.4481	-3.6781	2.54	[3] T=8 R=0.04
Σ:	0.0005			



Figur A5.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell 5.2.

Tak

I tabell A5.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

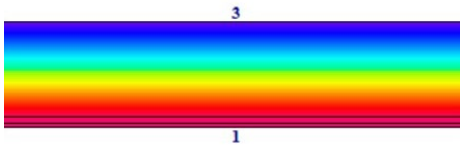
Tabell A5.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	18.489 (T=22 R=0.13)
[3]	-18.489 (T=8 R=0.1)
Σ:	0.0001

I tabell A5.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för taket. Numrering enligt figur A5.2.

Tabell A5.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
1	1.188	18.489	15.563	[2] T=22 R=0.13
3	-1.188	-18.489	15.563	[3] T=8 R=0.1
Σ:	0.0001			



Figur A5.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A5.4.

Yttervägg

I tabell A5.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

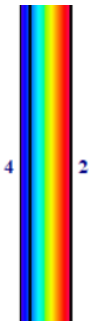
Tabell A5.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.3851 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.3851 (T=8 R=0.04)
Σ:	1.2E-005

I tabell A5.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A5.3.

Tabell A5.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	3.3851	2	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-3.3851	2	[3] T=8 R=0.04
Σ:	1.2E-005			



Figur A5.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A5.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 1 i tabell A5.4 och rand 2 i tabell A5.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{22.341 - (18.489 + 3.3851)}{22 - 8} = 0.033$$

A6. Yttervägg – Mellanbjälklag: YV1

I tabell A6.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

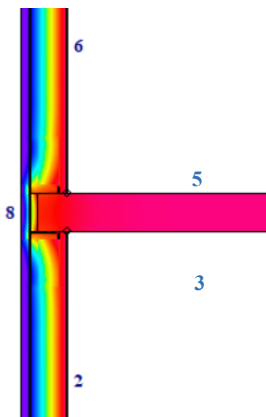
Tabell A6.1: Värmefflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.7397 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.74 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0003

I figur A6.1 redovisas värmefflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - mellanbjälklag. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell A6.2. kan det totala värmefflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A6.2: Värmefflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6785	3.357	2	[2] T=22 R=0.13
3	0.0684	1.0126	14.797	[2] T=22 R=0.13
4	-5.9E-006	-1.5E-006	0.26	[2] T=22 R=0.13
5	0.0684	1.0126	14.797	[2] T=22 R=0.13
6	1.6787	3.3574	2	[2] T=22 R=0.13
8	-2.0516	-8.74	4.26	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-0.0003			



Figur A6.1: Illustrerar värmefförlusten som sker samt visar vart värmefflödet är som beskrivs i tabell A6.2.

Yttervägg

I tabell A6.3 redovisas värmefflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A6.3: Värmefflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
----	---------

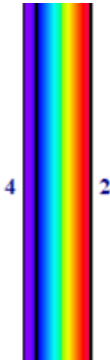
Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

[2]	7.2101 (T=22 R=0.13)
[3]	-7.2102 (T=8 R=0.04)
Σ :	-3.9E-005

I tabell A6.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A6.2.

Tabell A6.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	7.2101	4.26	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-7.2102	4.26	[3] T=8 R=0.04
Σ :	-3.9E-005			



Figur A6.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A6.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell A6.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{8.7397 - 7.2101}{22 - 8} = 0.109$$

A7. Yttervägg – Yttervägg: Detalj YV-YV

I tabell A7.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

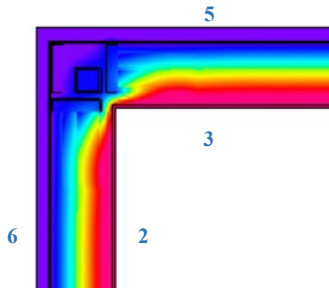
Tabell A7.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	51.357 (T=22 R=0.13)
[3]	-51.364 (T=8 R=0.04)
Σ :	-0.0073

I figur A7.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - yttervägg. Med hjälp av värdena för rand 2 och 3 från tabell A7.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A7.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.7137	25.706	15	[2] T=22 R=0.13
3	1.7101	25.651	15	[2] T=22 R=0.13
5	-1.6779	-25.692	15.312	[3] T=8 R=0.04
6	-1.6766	-25.671	15.312	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-0.0073			



Figur A7.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A7.2.

Yttervägg

I tabell A7.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A7.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	25.402 (T=22 R=0.13)
[3]	-25.403 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0006

I tabell A7.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A7.2.

Tabell A7.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6935	25.402	15	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6935	-25.403	15	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-0.0006			



Figur A7.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A7.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 1 i tabell A7.4 multiplicerat med 2 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{51.357 - (25.402 \cdot 2)}{22 - 8} = 0.040$$

A8. Yttervägg – Balkong: Detalj 102

I tabell A8.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

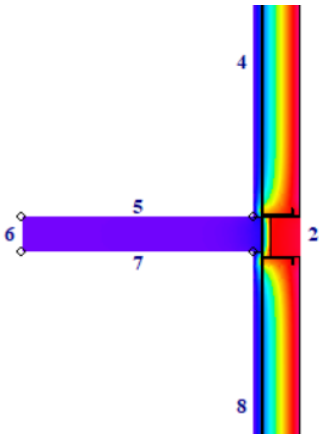
Tabell A8.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	14.79 (T=22 R=0.13)
[3]	-14.79 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0001

I figur A8.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - balkong. Med hjälp av värdet för rand 2 från tabell A8.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A8.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	3.4965	14.79	4.23	[2] T=22 R=0.13
4	-1.8453	-3.6907	2	[3] T=8 R=0.04
5	-2.4437	-3.6679	1.501	[3] T=8 R=0.04
6	-0.0002	-5.3E-005	0.23	[3] T=8 R=0.04
7	-2.4128	-3.6216	1.501	[3] T=8 R=0.04
8	-1.905	-3.81	2	[3] T=8 R=0.04
Σ:	0.0001			



Figur A8.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell 8.2.

Yttervägg

I tabell A8.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A8.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	7.1595 (T=22 R=0.13)
[3]	-7.1594 (T=8 R=0.04)
Σ:	4.6E-005

I tabell A8.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A8.2.

Tabell A8.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	7.1595	4.23	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-7.1594	4.23	[3] T=8 R=0.04
Σ:	4.6E-005			



Figur A8.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A8.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell A8.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta

värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{14.79 - 7.1595}{22 - 8} = 0.545$$

A9. Yttervägg – Fönster

Bottendelsanslutning

I tabell A9.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

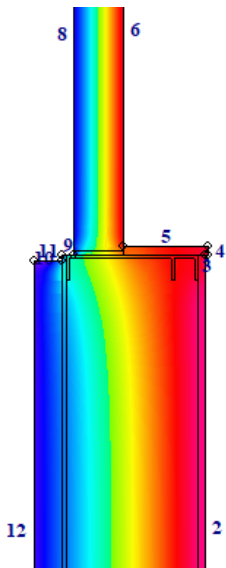
Tabell A9.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	13.813 (T=22 R=0.13)
[3]	-13.813 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0003

I figur A9.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - fönster. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell A9.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A9.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	2.0401	2.0401	1	[2] T=22 R=0.13
3	10.029	0.0702	0.007	[2] T=22 R=0.13
4	10.026	0.1604	0.016	[2] T=22 R=0.13
5	17.831	2.7995	0.157	[2] T=22 R=0.13
6	10.956	8.7428	0.798	[2] T=22 R=0.13
8	-11.059	-9.0023	0.814	[3] T=8 R=0.04
9	-107.17	-2.3578	0.022	[3] T=8 R=0.04
10	-51.824	-0.5701	0.011	[3] T=8 R=0.04
11	-2.4806	-0.124	0.05	[3] T=8 R=0.04
12	-1.778	-1.7584	0.989	[3] T=8 R=0.04
Σ:	0.0003			



Figur A9.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A9.2.

Yttervägg

I tabell A9.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

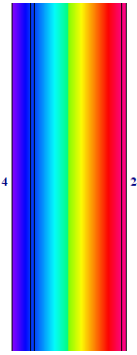
Tabell A9.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	1.6926 (T=22 R=0.13)
[3]	-1.6925 (T=8 R=0.04)
Σ:	1.9E-005

I tabell A9.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A9.2.

Tabell A9.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6926	1.6926	1	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-1.6925	1	[3] T=8 R=0.04
Σ:	1.9E-005			



Figur A9.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A9.4.

Fönster

I tabell A9.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A9.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.8954 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.8954 (T=8 R=0.04)
Σ:	-1.3E-005

I tabell A9.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för fönstret. Numrering enligt figur A9.3.

Tabell A9.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	10.928	8.8954	0.814	[2] T=22 R=0.13
4	-10.928	-8.8954	0.814	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-1.3E-005			



Figur A9.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A9.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell A9.4 och rand 2 i tabell A9.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i

enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{13.813 - 1.6926 - 8.8954}{22 - 8} = 0.23$$

Toppdelsanslutning

I tabell A9.7 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

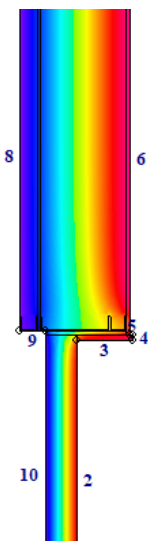
Tabell A9.7: Värmefflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	13.154 (T=22 R=0.13)
[3]	-13.154 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0004

I figur A9.4 redovisas värmefflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - fönster. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell A9.8. kan det totala värmefflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell A9.8: Värmefflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	11.076	8.7388	0.789	[2] T=22 R=0.13
3	9.3137	1.4622	0.157	[2] T=22 R=0.13
4	3.7982	0.0608	0.016	[2] T=22 R=0.13
5	3.1458	0.022	0.007	[2] T=22 R=0.13
6	2.8703	2.8703	1	[2] T=22 R=0.13
8	-2.0981	-2.0792	0.991	[3] T=8 R=0.04
9	-31.333	-2.256	0.072	[3] T=8 R=0.04
10	-10.834	-8.8186	0.814	[3] T=8 R=0.04
Σ:		0.0004		



Figur A9.4: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A9.8.

Yttervägg

I tabell A9.9 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

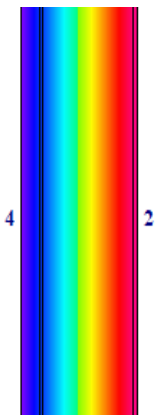
Tabell A9.9: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	1.6773 (T=22 R=0.13)
[3]	-1.6773 (T=8 R=0.04)
Σ:	-2E-005

I tabell A9.10 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur A9.5.

Tabell A9.10: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	1.6773	0.991	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-1.6773	0.991	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-2E-005			



Figur A9.5: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A9.10.

Fönster

I tabell A9.11 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell A9.11: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.8954 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.8954 (T=8 R=0.04)
Σ:	-1.3E-005

I tabell A9.12 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för fönstret. Numrering enligt figur A9.6.

Tabell A9.12: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	10.928	8.8954	0.814	[2] T=22 R=0.13
4	-10.928	-8.8954	0.814	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-1.3E-005			



Figur A9.6: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell A9.12.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell 9.10 och rand 2 i tabell 9.12 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{13.154 - 1.6773 - 8.8954}{22 - 8} = 0.184$$

Medelvärde för yttervägg möter fönster

$$\psi_{\text{Fönster,medel}} = \frac{0.23 + 0.184}{2} = 0.207$$

Bilaga B: Beräkning av linjära köldbryggor- Kilströms Kaj

B1. Yttervägg – Grund: Detalj GB 5

I tabell B1.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

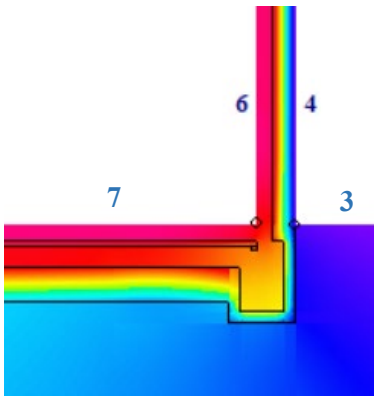
Tabell B1.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	21.05 (T=22 R=0.13)
[3]	-21.049 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0007

I figur B1.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - grund. Med hjälp av värdena för rand 6 och 7 från tabell B1.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell B1.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.793	-15.654	19.74	[3] T=8 R=0.04
4	-2.4635	-5.395	2.19	[3] T=8 R=0.04
6	2.772	6.0429	2.18	[2] T=22 R=0.13
7	1.0018	15.007	14.98	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.0007			



Figur B1.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B1.2.

Grund

I tabell B1.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell B1.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	13.328 (T=22 R=0.13)
[3]	-13.329 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0013

I tabell B1.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för grunden. Numrering enligt figur B1.2.

Tabell B1.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.8833	-13.329	15.09	[3] T=8 R=0.04
5	0.8897	13.328	14.98	[2] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0013			



Figur B1.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B1.4.

Yttervägg

I tabell B1.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell B1.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	5.3886 (T=22 R=0.13)
[3]	-5.3887 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0001

I tabell B1.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur B1.3.

Tabell B1.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.4719	-5.3887	2.18	[3] T=8 R=0.04
4	2.4719	5.3886	2.18	[2] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0001			



Figur B1.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B1.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 5 i tabell B1.4 och rand 4 i tabell B1.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{21.05 - (13.328 + 5.3886)}{22 - 8} = 0.167$$

B2. Yttervägg – Tak: Detalj UVD03

I tabell B2.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

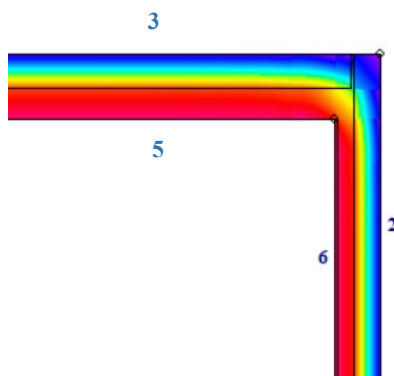
Tabell B2.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	30.828 (T=22 R=0.13)
[3]	-4.7115 (T=8 R=0.04)
[4]	-26.115 (T=8 R=0.1)
Σ:	0.0017

I figur B2.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - tak. Med hjälp av värdena för rand 5 och 6 från tabell B2.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell B2.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-1.9075	-4.7115	2.47	[3] T=8 R=0.04
3	-1.6105	-26.115	16.215	[4] T=8 R=0.1
5	1.656	26.297	15.88	[2] T=22 R=0.13
6	2.2655	4.531	2	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.0017			



Figur B2.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B2.2.

Tak

I tabell B2.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

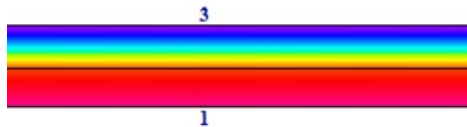
Tabell B2.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	25.978 (T=22 R=0.13)
[3]	-25.977 (T=8 R=0.1)
Σ :	0.001

I tabell B2.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för taket. Numrering enligt figur B2.2.

Tabell B2.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
1	1.6359	25.978	15.88	[2] T=22 R=0.13
3	-1.6358	-25.977	15.88	[3] T=8 R=0.1
Σ :	0.001			



Figur B2.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B2.4.

Yttervägg

I tabell B2.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell B2.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	4.3072 (T=22 R=0.13)
[3]	-4.3072 (T=8 R=0.04)
Σ :	-9.1E-006

I tabell B2.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur B2.3.

Tabell B2.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.1536	-4.3072	2	[3] T=8 R=0.04
4	2.1536	4.3072	2	[2] T=22 R=0.13
Σ :	-9.1E-006			



Figur B2.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B2.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 1 i tabell B2.4 och rand 2 i tabell B2.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{30.828 - (25.978 + 4.3072)}{22 - 8} = 0.039$$

B3. Yttervägg – Mellanbjälklag: Detalj BJ12

I tabell B3.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

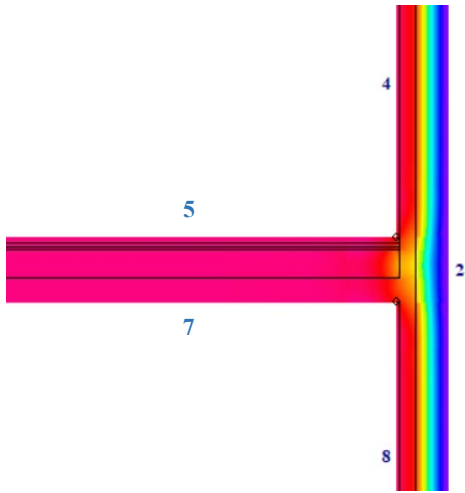
Tabell B3.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	9.5779 (T=22 R=0.13)
[3]	-9.5782 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0002

I figur B3.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - mellanbjälklag. Med hjälp av värdena för rand 4,5,6,7 och 8 från tabell B3.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell B3.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.1646	-9.5782	4.425	[3] T=8 R=0.04
4	2.2688	4.5376	2	[2] T=22 R=0.13
5	0.015	0.2255	14.985	[2] T=22 R=0.13
7	0.0191	0.2858	14.985	[2] T=22 R=0.13
8	2.2645	4.5291	2	[2] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0002			



Figur B3.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B3.2.

Yttervägg

I tabell B3.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

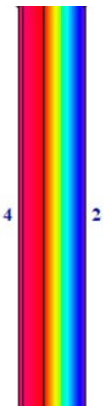
Tabell B3.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	9.7563 (T=22 R=0.13)
[3]	-9.7564 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0001

I tabell B3.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur B3.2.

Tabell B3.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.2048	-9.7564	4.425	[3] T=8 R=0.04
4	2.2048	9.7563	4.425	[2] T=22 R=0.13
Σ:	-0.0001			



Figur B3.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B3.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 4 i tabell B3.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{9.5779 - 9.7563}{22 - 8} = -0.013$$

B4. Yttervägg – Yttervägg: Detalj fr. A-40-1-1150

I tabell B4.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

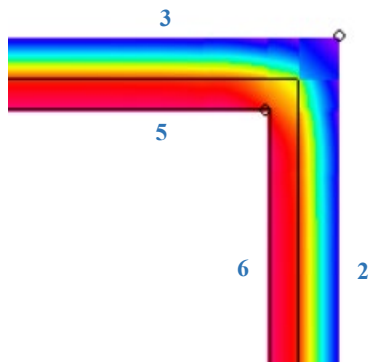
Tabell B4.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	63.826 (T=22 R=0.13)
[3]	-63.826 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0003

I figur B4.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - yttervägg. Med hjälp av värdena för rand 5 och 6 från tabell B4.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell B4.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.0783	-31.913	15.355	[3] T=8 R=0.04
3	-2.0783	-31.913	15.355	[3] T=8 R=0.04
5	2.1275	31.913	15	[2] T=22 R=0.13
6	2.1275	31.913	15	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.0003			



Figur B4.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B4.2.

Yttervägg

I tabell B4.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell B4.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	31.648 (T=22 R=0.13)
[3]	-31.648 (T=8 R=0.04)
Σ:	4.2E-005

I tabell B4.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur B4.2.

Tabell B4.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.1099	-31.648	15	[3] T=8 R=0.04
4	2.1099	31.648	15	[2] T=22 R=0.13
Σ:	4.2E-005			



Figur B4.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B4.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 4 i tabell B4.4 multiplicerat med 2 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{63.826 - (31.648 \cdot 2)}{22 - 8} = 0.038$$

B5. Yttervägg – Fönster: UD15

Bottendelsanslutning

I tabell B5.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

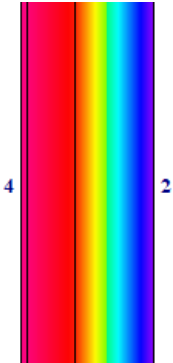
Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

Σ : -8.6E-006

I tabell B5.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur B5.2.

Tabell B5.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	2.1536	2.1536	1	[2] T=22 R=0.13
4	-2.1536	-2.1536	1	[3] T=8 R=0.04
Σ :	-8.6E-006			



Figur B5.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B5.4.

Fönster

I tabell B5.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell B5.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.9392 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.9392 (T=8 R=0.04)
Σ :	3.3E-005

I tabell B5.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för fönstret. Numrering enligt figur B5.3.

Tabell B5.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	10.928	-8.9392	0.818	[2] T=22 R=0.13
4	-10.928	8.9392	0.818	[3] T=8 R=0.04
Σ :	3.3E-005			



Figur B5.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B5.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 4 i tabell B5.6 och rand 2 i tabell B5.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{11.458 - (8.9392 + 2.1536)}{14} = 0.026$$

Toppdelsanslutning

I tabell B5.7 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

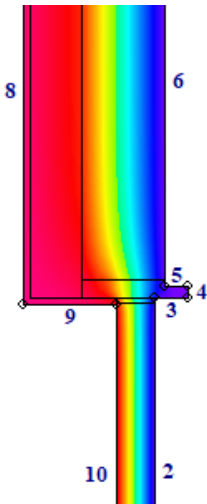
Tabell B5.7: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	11.432 (T=22 R=0.13)
[3]	-11.432 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0003

I figur B5.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - fönster. Med hjälp av värdena för rand 8,9 och 10 från tabell B5.8. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell B5.8: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-10.847	-8.8406	0.815	[3] T=8 R=0.04
3	-3.0494	-0.2439	0.08	[3] T=8 R=0.04
4	-0.3844	-0.0115	0.03	[3] T=8 R=0.04
5	-1.0729	-0.059	0.055	[3] T=8 R=0.04
6	-2.3472	-2.2767	0.97	[3] T=8 R=0.04
8	1.8963	1.921	1.013	[2] T=22 R=0.13
9	3.1864	0.701	0.22	[2] T=22 R=0.13
10	10.985	8.8102	0.802	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.0003			



Figur B5.4: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B5.8.

Yttervägg

I tabell B5.9 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

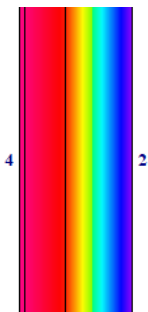
Tabell B5.9: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	2.1537 (T=22 R=0.13)
[3]	-2.1537 (T=8 R=0.04)
Σ:	7.9E-006

I tabell B5.10 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur B5.5.

Tabell B5.10: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-2.1537	-2.1537	1	[3] T=8 R=0.04
4	2.1537	2.1537	1	[2] T=22 R=0.13
Σ:	7.9E-006			



Figur B5.5: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B5.10.

Fönster

I tabell B5.11 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell B5.11: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.9064 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.9063 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0001

I tabell B5.12 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för fönstret. Numrering enligt figur B5.6.

Tabell B5.12: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	-10.928	-8.9063	0.815	[3] T=8 R=0.04
4	10.928	8.9064	0.815	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.0001			



Figur B5.6: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell B5.12.

Genom att subtrahera värdet för rand 4 i tabell B5.12 och rand 2 i tabell B5.10 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{11.432 - (8.9064 + 2.1537)}{14} = 0.0265$$

Medelvärde för yttervägg möter fönster

$$\psi_{\text{Fönster,medel}} = \frac{0.026 + 0.0265}{2} = 0.0263$$

Bilaga C: Beräkning av förbättrade konstruktionsdetaljer för Solkatten

C1. Yttervägg – Grund

I tabell C1.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

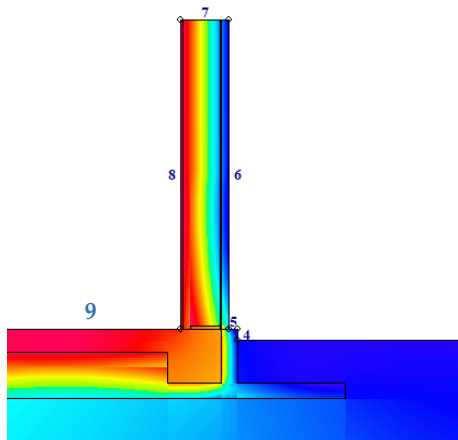
Tabell C1.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	19.768 (T=22 R=0.13)
[3]	-19.766 (T=8 R=0.04)

I figur C1.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - grund. Med hjälp av värdena för rand 8 och 9 från tabell C1.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C1.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.8131	-15.903	19.558	[3] T=8 R=0.04
4	-2.8368	-0.2128	0.075	[3] T=8 R=0.04
5	-1.9271	-0.0964	0.05	[3] T=8 R=0.04
6	-1.7769	-3.5537	2	[3] T=8 R=0.04
8	1.7669	3.5338	2	[2] T=22 R=0.13
9	1.0624	16.234	15.28	[2] T=22 R=0.13
Σ:	0.002			



Figur C1.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C1.2.

Grund

I tabell C1.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C1.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
----	---------

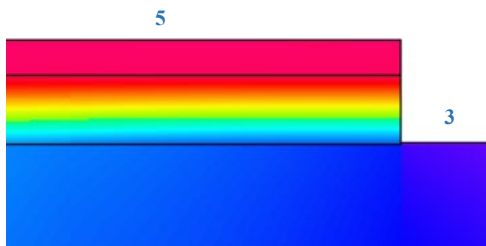
Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

[2]	15.037 (T=22 R=0.13)
[3]	-15.039 (T=8 R=0.04)
Σ :	-0.0014

I tabell C1.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för grunden. Numrering enligt figur C1.2.

Tabell C1.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
3	-0.8397	-15.039	17.91	[3] T=8 R=0.04
5	0.9841	15.037	15.28	[2] T=22 R=0.13
Σ :	-0.0014			



Figur C1.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C1.4.

Yttervägg

I tabell C1.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C1.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.1883 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.1883 (T=8 R=0.04)
Σ :	3.7E-005

I tabell C1.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C1.3.

Tabell C1.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.5941	3.1883	2	[2] T=22 R=0.13
4	-1.5941	-3.1883	2	[3] T=8 R=0.04
Σ :	3.7E-005			



Figur C1.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C1.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell C1.6 och rand 5 i tabell C1.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{19.768 - (15.037 + 3.1883)}{22 - 8} = 0.110$$

C2. Yttervägg – Tak

I tabell C2.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C2.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	21.903 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.3101 (T=8 R=0.04)
[4]	-18.592 (T=8 R=0.1)
Σ:	0.0007

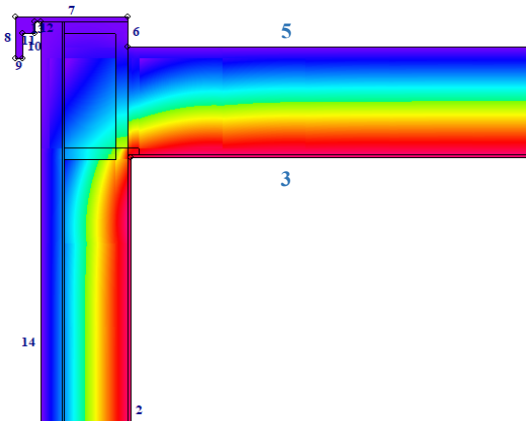
I figur C2.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - tak. Med hjälp av värdena för rand 2 och 3 från tabell C2.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C2.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.587	3.1741	2	[2] T=22 R=0.13
3	1.2034	18.729	15.563	[2] T=22 R=0.13
5	-1.184	-18.442	15.576	[3] T=8 R=0.04
6	-0.6956	-0.0849	0.122	[3] T=8 R=0.04
7	-0.1527	-0.0652	0.427	[3] T=8 R=0.04
8	-1.3E-005	0.167	0.167	[3] T=8 R=0.04
9	1.2E-005	0	0.028	[3] T=8 R=0.04
10	1.6E-005	1.6E-006	0.1	[3] T=8 R=0.04
11	-8.6E-005	-3.9E-006	0.045	[3] T=8 R=0.04
12	-8.6E-005	-3.9E-006	0.045	[3] T=8 R=0.04

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

13	-0.0058	-0.0001	0.025	[3] T=8 R=0.04
14	-1.3031	-3.3099	2.54	[3] T=8 R=0.04
Σ :	0.0007			



Figur C2.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C2.2.

Tak

I tabell C2.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

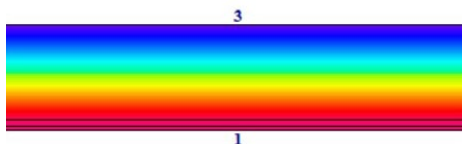
Tabell C2.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	18.489 (T=22 R=0.13)
[3]	-18.489 (T=8 R=0.1)
Σ :	0.0001

I tabell C2.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för taket. Numrering enligt figur C2.2.

Tabell C2.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
1	1.188	18.489	15.563	[2] T=22 R=0.13
3	-1.188	-18.489	15.563	[3] T=8 R=0.1
Σ :	0.0001			



Figur C2.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C2.4.

Yttervägg

I tabell C2.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

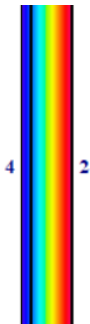
Tabell C2.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	3.0499 (T=22 R=0.13)
[3]	-3.0499 (T=8 R=0.04)
Σ:	7.6E-006

I tabell C2.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C2.3.

Tabell C2.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.5249	3.0499	2	[2] T=22 R=0.13
4	-1.5249	-3.0499	2	[3] T=8 R=0.04
Σ:	7.6E-006			



Figur C2.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C2.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 1 i tabell C2.4 och rand 2 i tabell C2.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{21.903 - (18.489 + 3.0499)}{22 - 8} = 0.026$$

C3. Yttervägg – Mellanbjälklag: Förslag 1

I tabell C3.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

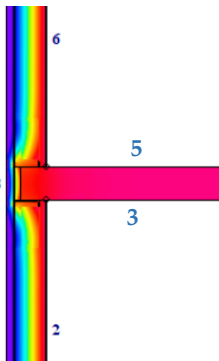
Tabell C3.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.6126 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.6128 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.0001

I figur C3.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - mellanbjälklag. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell C3.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C3.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6742	3.3485	2	[2] T=22 R=0.13
3	0.0647	0.9579	14.797	[2] T=22 R=0.13
4	0	0	0.26	[2] T=22 R=0.13
5	0.0647	0.9579	14.797	[2] T=22 R=0.13
6	1.6742	3.3484	2	[2] T=22 R=0.13
8	-2.0218	-8.6128	4.26	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-0.0001			



Figur C3.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C3.2.

Yttervägg

I tabell C3.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C3.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	7.2101 (T=22 R=0.13)
[3]	-7.2102 (T=8 R=0.04)
Σ:	-3.9E-005

I tabell C3.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C3.2.

Tabell C3.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	7.2101	4.26	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-7.2102	4.26	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-3.9E-005			



Figur C3.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C3.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell C3.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{8.6126 - 7.2101}{22 - 8} = 0.100$$

C4. Yttervägg – Mellanbjälklag: Förslag 2

I tabell C4.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

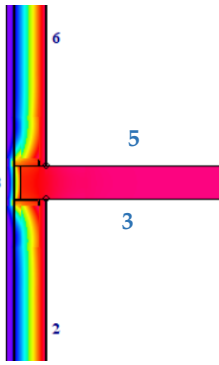
Tabell C4.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	7.5727 (T=22 R=0.13)
[3]	-7.5727 (T=8 R=0.04)
Σ:	-8E-005

I figur C4.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - mellanbjälklag. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell C4.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C4.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.4948	2.9897	2	[2] T=22 R=0.13
3	0.0538	0.7968	14.797	[2] T=22 R=0.13
4	2.2E-006	0	0.26	[2] T=22 R=0.13
5	0.0538	0.7968	14.797	[2] T=22 R=0.13
6	1.4947	2.9893	2	[2] T=22 R=0.13
8	-1.7776	-7.5727	4.26	[3] T=8 R=0.04
Σ:		-8E-005		



Figur C4.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C4.2.

Yttervägg

I tabell C4.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

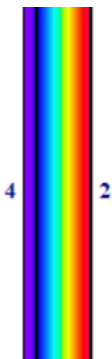
Tabell C4.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	6.4963 (T=22 R=0.13)
[3]	-6.4962 (T=8 R=0.04)
Σ :	0.0001

I tabell C4.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C4.2.

Tabell C4.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.525	6.4963	4.26	[2] T=22 R=0.13
4	-1.5249	-6.4962	4.26	[3] T=8 R=0.04
Σ :	0.0001			



Figur C4.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C4.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell C4.4 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{7.5727 - 6.4963}{22 - 8} = 0.077$$

C5. Yttervägg – Yttervägg

I tabell C5.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

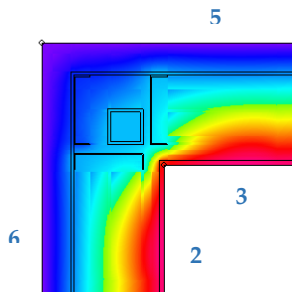
Tabell C5.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	46.296 (T=22 R=0.13)
[3]	-46.297 (T=8 R=0.04)
Σ:	-0.001

I figur C5.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - yttervägg. Med hjälp av värdena för rand 2 och 3 från tabell C5.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C5.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.5449	23.174	15	[2] T=22 R=0.13
3	1.5415	23.122	15	[2] T=22 R=0.13
5	-1.5095	-23.158	15.342	[3] T=8 R=0.04
6	-1.5082	-23.139	15.342	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-0.001			



Figur C5.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C5.2.

Yttervägg

I tabell C5.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

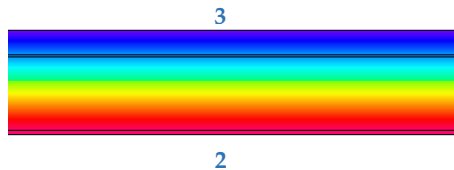
Tabell C5.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	22.874 (T=22 R=0.13)
[3]	-22.874 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0002

I tabell C5.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C5.2.

Tabell C5.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
1	1.5249	22.874	15	[2] T=22 R=0.13
3	-1.5249	-22.874	15	[3] T=8 R=0.04
Σ:	0.0002			



Figur C5.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C5.4.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell C5.4 två gånger från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{46.296 - (22.874 \cdot 2)}{22 - 8} = 0.039$$

C6. Yttervägg – Fönster

Bottendelsanslutning

I tabell C6.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C6.1: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	12.087 (T=22 R=0.13)
[3]	-12.087 (T=8 R=0.04)
Σ:	1.9E-005

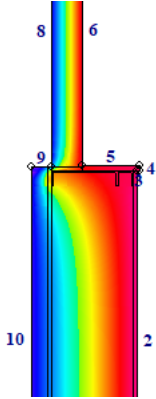
I figur C6.1 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - fönster. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell C6.2. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C6.2: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.7306	1.7306	1	[2] T=22 R=0.13
3	5.0764	0.0355	0.007	[2] T=22 R=0.13
4	5.075	0.0812	0.016	[2] T=22 R=0.13

Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus

5	9.5563	1.6246	0.17	[2] T=22 R=0.13
6	10.796	8.6152	0.798	[2] T=22 R=0.13
8	-11.334	-9.1235	0.805	[3] T=8 R=0.04
9	-15.444	-0.9112	0.059	[3] T=8 R=0.04
10	-2.0339	-2.0522	1.009	[3] T=8 R=0.04
Σ :	1.9E-005			



Figur C6.1: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C6.2.

Yttervägg

I tabell C6.3 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

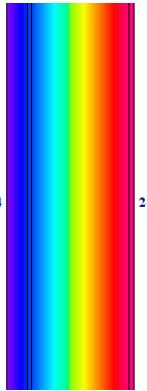
Tabell C6.3: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	1.6926 (T=22 R=0.13)
[3]	-1.6925 (T=8 R=0.04)
Σ :	1.9E-005

I tabell C6.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C6.2.

Tabell C6.4: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6926	1.6926	1	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-1.6925	1	[3] T=8 R=0.04
Σ :	1.9E-005			



Figur C6.2: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C6.4.

Fönster

I tabell C6.5 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C6.5: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.8954 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.8954 (T=8 R=0.04)
Σ:	-1.3E-005

I tabell C6.6 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för fönstret. Numrering enligt figur C6.3.

Tabell C6.6: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	10.928	8.8954	0.814	[2] T=22 R=0.13
4	-10.928	-8.8954	0.814	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-1.3E-005			



Figur C6.3: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C6.6.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell C6.4 och rand 2 i tabell C6.6 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i

enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{12.087 - 1.6926 - 8.8954}{22 - 8} = 0.107$$

Toppdelsanslutning

I tabell C6.7 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

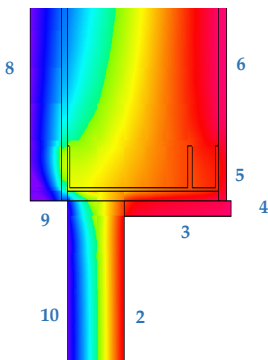
Tabell C6.7: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	11.745 (T=22 R=0.13)
[3]	-11.745 (T=8 R=0.04)
Σ:	0.0001

I figur C6.4 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för anslutning mellan yttervägg - fönster. Med hjälp av värdena för rand 2,3,4,5 och 6 från tabell C6.8. kan det totala värmeflödet genom konstruktionsdelen beräknas genom att addera dessa med varandra.

Tabell C6.8: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	10.897	8.5975	0.789	[2] T=22 R=0.13
3	5.3377	0.9074	0.17	[2] T=22 R=0.13
4	2.0565	0.0329	0.016	[2] T=22 R=0.13
5	1.7033	0.0119	0.007	[2] T=22 R=0.13
6	2.1956	2.1956	1	[2] T=22 R=0.13
8	-1.9466	-1.9466	1	[3] T=8 R=0.04
9	-13.179	-0.7776	0.059	[3] T=8 R=0.04
10	-11.206	-9.021	0.805	[3] T=8 R=0.04
Σ:	0.0001			



Figur C6.4: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C6.8.

Yttervägg

I tabell C6.9 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

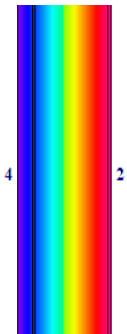
Tabell C6.9: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	1.6773 (T=22 R=0.13)
[3]	-1.6773 (T=8 R=0.04)
Σ:	-2E-005

I tabell C6.10 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för ytterväggen. Numrering enligt figur C6.10.

Tabell C6.10: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	1.6925	1.6773	0.991	[2] T=22 R=0.13
4	-1.6925	-1.6773	0.991	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-2E-005			



Figur C6.5: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C6.10.

Fönster

I tabell C6.11 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen.

Tabell C6.11: Värmeflöde för varje BC typ.

BC	q [W/m]
[2]	8.8954 (T=22 R=0.13)
[3]	-8.8954 (T=8 R=0.04)
Σ:	-1.3E-005

I tabell C6.12 redovisas värmeflödet genom hela konstruktionen för fönstret. Numrering enligt figur C6.6.

Tabell C6.12: Värmeflödet genom varje enskild sträcka och dess längd.

Bound	q [W/m ²]	q [W/m]	Length [m]	BC
2	10.928	8.8954	0.814	[2] T=22 R=0.13
4	-10.928	-8.8954	0.814	[3] T=8 R=0.04
Σ:	-1.3E-005			



Figur C6.6: Illustrerar värmeförlusten som sker samt visar vart värmeflödet är som beskrivs i tabell C6.12.

Genom att subtrahera värdet för rand 2 i tabell C6.10 och rand 2 i tabell C6.12 från totala värmeflödet genom konstruktionsdelen fås andelen värmeförluster från köldbryggan i enheten W/mK. Detta värde skall sedan divideras med temperaturskillnaden som är mellan utomhus och inomhus.

$$\psi = \frac{11.745 - 1.6773 - 8.8954}{22 - 8} = 0.084$$

Medelvärde för yttervägg möter fönster

$$\psi_{Fönster,medel} = \frac{0.107 + 0.084}{2} = 0.096$$