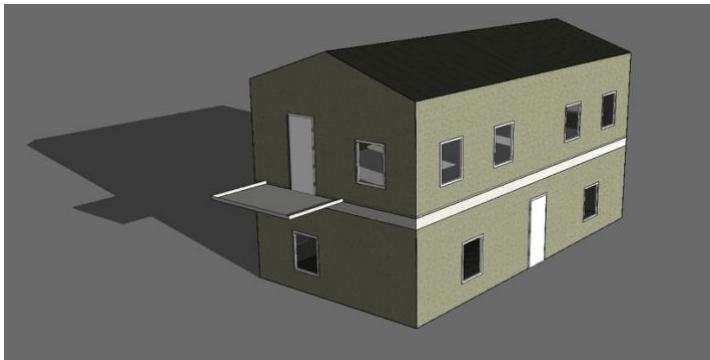


# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

- En fallstudie av småhus uppförda i KL-trä, lättbetong och med träreglar.



Stenaphine Björklund  
Agnes Wirgén



**LUNDS**  
UNIVERSITET



# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

En fallstudie av småhus uppförda i KL-trä, lättbetong och med träreglar.

Stenaphine Björklund  
Agnes Wirgén

Examensarbete Väg och Vatten Civilingenjör 30p

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

© Stenaphine Björklund och Agnes Wirgén

ISRN LUTVDG/TVBH—5128—SE (140)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Omslag: Modellerat hus i IDA ICE. Författarnas egen bild.

Institution för bygg- och miljöteknik

Lund 2023

# Sammanfattning

**Titel: Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggorna vid anslutningar** - En fallstudie av småhus uppförda i KL-trä, lättbetong och med träreglar

**Författare:** Stenaphine Björklund, Agnes Wirgén

**Handledare:** Petter Wallentén, Avdelningen för byggnadsfysik

**Examinator:** Stephen Burke, Avdelningen för byggnadsfysik

I den rådande energi- och klimatkrisen, har det blivit av allt större vikt att spara och effektivisera användandet av energi och se över klimatpåverkan från byggnader. En av de stora energiposterna i samhället är byggsektorn som enligt Boverket står för ca 34 % av Sveriges totala energianvändning, där den största delen kan härledas till driften av byggnaden. Det är därav av stort intresse att projektera energisnåla hus genom att lägga fokus på att minimera transmissionsförlusterna i klimatskalet. Detta genom att ta fram hus med låga U-värden och med minimerade köldbryggor. När det gäller klimataspekten, ansvarar bygg- och fastighetssektorn enligt Boverket för ungefär 21 % av den inhemska växthusgasutsläppen och därmed har ett krav om att genomföra klimatdeklarationer för nybyggnationer ställts för att synliggöra detta.

Syftet med detta arbete var dels att undersöka hur energianvändningen i ett småhus påverkas av valet av stomsystem genom att undersöka de olika köldbryggor som uppstår i anslutningarna hos de olika stomvalen, dels undersöka hur stora klimatpåverkningar bli beroende på valet av stomsystem.

Arbetet har utgått utifrån en fallstudie där tre olika hus uppförda, med stomme i lättbetong, träregelvägg samt i korslimmat trä, förkortat KL-trä, har jämförts. Husen har projekterats utifrån premissen att de olika delarna av klimatskalet; tak, vägg samt grunden, har likvärdiga U-värden. Fokuset i rapporten ligger på att undersöka de olika köldbryggorna som uppstår i anslutningsdetaljerna för de olika stomsystemen. Anslutningslösningarna har modellerats i programmet HEAT2 där de linjära köldbryggorna har beräknas. För att vidare beräkna husens totala energianvändning har de olika husen modellerats upp i programmet IDA ICE där de simulerade värdena från HEAT2 matats in. För att få en klarare bild av hur valet av stomsystem har för påverkan på klimatet har slutligen Boverkets klimatsdatabas används för att ta fram klimatpåverkan för de ingående materialen för de olika stomsystemen enligt modul A1-A5.

Studien visar att de beräknade köldbryggorna för anslutningarna för de olika stomsystemen var lägst för huset uppfört i KL-trä, där alla de undersökta anslutningsdetaljerna hade de lägsta  $\Psi$ - värdena jämfört med de andra två husen. Detta beror på att detaljerna i KL-trähuset i stort sett kan uppföras utan att behöva bryta isoleringen i väggen. För husen uppfört i lättbetong respektive det med träregelstomme var det beroende på den detalj som undersöktes vilken av de två stomsystemen som genererade de största köldbryggorna. Huset med lättbetongstomme var bättre vid anslutningarna vid mellanbjälklag samt balkonginfästningen medan träregelväggen genererade lägre köldbryggor för de resterade detaljerna. Detta antogs bero på den gjutna betongramen som återfanns i takkonstruktionen samt vid fönster och dörranslutningen för huset i lättbetong vilken leder till ökade transmissionsförluster och större köldbryggor för dessa anslutningar. För grunden beror skillnaden mellan lättbetong och träregelstommen på att med lättbetong kommer grundplattan i direktkontakt med den yttre delen av väggen i lättbetong vilket leder till större transmissionsförluster än med träregelstommen då kontakten med uteluften bryts av med ett isolerandeskikt.

Köldbryggorna står för en stor del av husens totala värmeförlust vilket även påverkar energianvändningen. Ur resultatet kan det utläsas att det är lättbetongstommen som har den högsta energianvändningen vilket kan kopplas till att lättbetongstommen hade de största beräknade värdena för de köldbryggor som stod för den största andelen av de totala köldbryggorna. Den totala energianvändningen var lägst för huset i huset i KL-trä där primärenergitalet landade på 77 kWh/m<sup>2</sup>, för träregelstommen landade primärenergitalet på 84,9 kWh/m<sup>2</sup> samt 87,1 kWh/m<sup>2</sup> för lättbetongstommen. Alla husen klarar kravet enligt Boverket om ett primärenergital mindre än 90 kWh/m<sup>2</sup>.

Den genomförda klimatberäkningen visar att KL-trähuset har den lägsta påverkan på klimatet när det kommer till utsläpp av CO<sub>2</sub>-ekv med 179 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA. Båda lättbetongstommen och träregelstommen har en mycket högre påverkan, 317 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA och 283 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA respektive, vilket till stor del kan kopplas till andelen betong i de två stomsystemen. Husen har båda ett mellanbjälklag och balkong i betong vilket genererar stora CO<sub>2</sub>-ekv. Totalt sett hade lättbetongstommen den högsta påverkan vilket kan kopplas till en hög materialanvändning av lättklinkerblocken, isoleringsmaterial och putsen som genererar stora utsläpp av CO<sub>2</sub>-ekv.

**Nyckelord:** Köldbryggor, Anslutningar, Småhus, Energianvändning, Klimatpåverkan, Lättbetong, KL-trä, Träregelstomme HEAT2, IDA ICE.

## Abstract

Considering the current energy and climate crisis, it is important to examine how the impact on these can be managed and reduced within the building sector. One of the objectives of this study is to analyze the impact of several typical thermal bridges for a single-family house on the energy use and show how these vary depending on the choice of framing system. The framing systems studied are CLT, lightweight concrete and wooden stud walls. The other objective is to calculate the climate impact of these three different framing systems and compare it to the energy use. The results showed that the CLT house had the lowest energy use as the designed connections have the least thermal bridge percentages and therefore the lowest energy losses. The climate impact of CLT was also the smallest as the chosen materials have the least impact compared to the other two framing systems. The framing choice with the highest energy use and climate impact was lightweight concrete house.

**Keywords:** Thermal bridges, Connections, Energy use, Climate impact, CLT-frame, Lightweight concrete frame, Wooden stud frame, HEAT2, IDA ICE.





## Förord

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och ingår i högskoleprogrammet Väg- och vattenbyggnad på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet genomfördes på institutionen för Bygg- och miljöteknik, på avdelning för Byggnadsfysik i samarbete med konsultföretaget Structor Bygg Malmö.

Vi vill rikta ett stort tack till handledaren Petter Wallentén, vid avdelningen Byggnadsfysik, som har varit tillgänglig för frågor och vägledning. Ett stort tack ska även riktas till handledaren Eric Bengtsson från Structor som har bistått med ritningar, handlingar och för allt stöd och hjälp under projektets gång. Sist, vill vi tacka examination Stephen Burke, även han vid avdelningen Byggnadsfysik, för all hjälp längs med vägen.

Med detta examensarbete, har vi fördjupat våra kunskaper om köldbryggor och klimatdeklarationer samt fått möjligheten att utvecklas i programmen Revit, HEAT2 och IDA ICE.

*Lund i maj 2023*

*Stenaphine Björklund och Agnes Wirgén*



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	i
Abstract .....	iii
Förord.....	v
Innehållsförteckning.....	vii
1 Inledning .....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Mål och syfte.....	1
1.3 Frågeställning.....	2
1.4 Metod .....	2
1.5 Avgränsningar.....	2
2 Teori.....	5
2.1 Olika typer av värmetransport.....	5
2.1.1 Värmeledning.....	5
2.1.2 Konvektion.....	5
2.1.3 Strålning .....	5
2.2 Köldbryggor.....	6
2.2.1 Punktformiga köldbryggor.....	6
2.2.2 Linjära köldbryggor .....	7
2.2.3 Köldbryggor för byggnadsdelar i klimatskärmen .....	7
2.2.4 Uppkomsten av köldbryggor.....	7
2.3 Standarder och Certifieringar.....	7
2.3.1 ISO-standard .....	7
2.3.2 Miljöbyggnad .....	8
2.3.3 Måttdefinitioner vid beräkning av köldbryggor.....	8
2.4 Klimatberäkningar .....	9
2.5 Några relevanta byggnadsmaterial.....	10
2.5.1 KL-trä.....	10
2.5.2 Lättbetong .....	11
2.5.3 Uppreglade träväggar .....	11
2.6 Fuktsäkerhet.....	12
2.6.1 Fuktkällor och fuktproblem .....	12
2.6.2 Fukt och energi.....	14
2.6.3 Fukt och ingående material .....	15
2.7 Litteraturstudie .....	16
2.7.1 Köldbryggor i byggnader .....	17
2.7.2 Anslutningsdetaljer .....	18
2.7.3 Klimatberäkningar .....	23
3 Metod.....	27
3.1 Beräkningar .....	27
3.1.1 U-värdes beräkningar .....	27
3.1.2 Köldbryggeberäkning.....	29

3.1.3	Klimatberäkningar .....	29
3.2	Datorprogram .....	31
3.2.1	HEAT2 .....	31
3.2.2	IDA ICE .....	31
3.3	Standarder och certifieringar .....	31
3.3.1	ISO-certifiering .....	31
3.3.2	Miljöbyggnad .....	31
3.4	Klimatberäkning .....	32
4	Uppbyggnad av husen .....	33
4.1.1	Vägguppbyggnad .....	33
4.1.2	Ytterväggens anslutning till grunden .....	35
4.1.3	Mellanbjälklagets anslutning till ytterväggen .....	38
4.1.4	Takanslutning .....	40
4.1.5	Balkonganslutning .....	42
4.1.6	Fönster och dörrar .....	44
4.1.7	Yttervägg till yttervägganslutning .....	46
4.2	Simuleringar .....	48
4.2.1	HEAT2 .....	48
4.2.2	IDA ICE .....	50
5	Resultat och analys .....	53
5.1	U-värdeberäkningar .....	53
5.2	Köldbryggeberäkning .....	54
5.2.1	KL-trävägg .....	54
5.2.2	Lättbetongvägg .....	59
5.2.3	Träregelvägg .....	64
5.2.4	Sammanfattning av köldbryggor .....	69
5.3	Energiberäkning .....	70
5.4	Klimatberäkning .....	73
6	Diskussion och slutsats .....	75
6.1	Köldbryggor .....	75
6.2	Energi .....	76
6.3	Klimatpåverkan .....	77
6.4	Felkällor och förbättringar .....	78
7	Förslag på framtida studier .....	81
	Referenser .....	83
	Bilagor .....	89





# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Enligt Boverket (2023a) ansvarade byggsektorn för cirka 34 procent av den totala energianvändningen i landet under 2020. Vidare redovisar organisationen (ibid.) att av dessa 34 procent, går 73 procent till uppvärmning av byggnader, 7 procent används till nybyggnation och resterande 20 procent till fastighetsförvaltning av befintliga byggnader. Det betyder att då majoriteten av energianvändningen görs under driften av den färdiga byggnaden, är det av mycket stort intresse att bygga hus som är energisnåla genom att lägga stor fokus på klimatskalet.

Ett sätt, av många, att kunna energieffektivisera ett hus är som tidigare nämnts att se över husets klimatskal och Bokalders och Block (2014, s. 199) beskriver att detta kan göras genom att använda mycket isolering i väggarna, välja fönster och dörrar med bra U-värde samt att bygga hus med ett klimatskal som är tätt och med minimala köldbryggor.

Ett annat problem som byggbranschen bidrar till är klimatpåverkan. Boverket (2023b) skriver att för mätningar utförda 2020, stod bygg- och fastighetssektorn för ungefär 21 procent för den inhemska växthusgasutsläppen. För att synliggöra denna påverkan, är det sedan den 1 januari 2022 ett krav på att nyuppförda byggnader ska ha en genomförd klimatdeklaration (Boverket 2021a). Detta för att kunna kartlägga vilka poster som har störst bidrag till klimatpåverkan i huset samt att, i den mån det går, försöka bygga så klimatsnålt det går med avseende på materialvalen.

Med bakgrund i den rådande energi- och klimatkrisen, med ökade elpriser (Krisinformation från svenska myndigheter 2023) samt ökade utsläpp av växthusgaser från byggindustrin, är det av mycket stort intresse att undersöka energianvändningen vid olika stomval med hänsyn till de köldbryggor som uppkommer i byggnader samt se över hur stor klimatpåverkan blir. Det har blivit allt vanligare att beställare vill bygga i trä, och användandet av KL-trä har ökat de senaste åren (Svenskt trä 2017). Det är därför intressant att undersöka detta stomval med andra alternativ ur aspekterna energianvändning och klimatpåverkan. De olika typer av bärande konstruktion som kommer att undersökas i denna studie är prefabricerad KL – trästomme, uppreglade träväggar samt en stomme i lättbetong.

## 1.2 Mål och syfte

Syftet med arbetet är att undersöka hur köldbryggorna som uppstår vid olika typer av stomval påverkar den totala energianvändningen i de olika byggnaderna och hur stor klimatpåverkan blir för de olika stomvalen.

### 1.3 Frågeställning

Examensarbetet kommer att utgå från följande frågeställningar:

- Hur stora blir de köldbryggor som uppkommer vid anslutningar kopplat till stomval?
- Hur påverkar dessa köldbryggor energianvändningen i de olika husen?
- Motsvarar de framtagna köldbryggorna de schablonvärden som kan hämtas från certifieringsverktyget Miljöbyggnad och de typiska värdena för köldbryggor i programmet IDA ICE?
- Hur stora kan klimatpåverkningarna bli för de olika stomalternativen?

### 1.4 Metod

Tillsammans med företaget Structor Bygg Malmö, ska ett 2-våningssmåhus tas fram för 3 olika stomsystem: KL-trä, träregelvägg och lättbetong. De enskilda elementen i byggnaden så som väggarna, grunden, taket, fönster och dörrar skall ha likvärdiga U-värden för de olika stomvalen. Detta görs genom att välja liknande material samt justeringar av tjocklekar, i den mån det går, för de olika stomvalen. De olika köldbryggorna som uppkommer i byggnaden ska tas fram med hjälp av datorprogrammet HEAT2 och användas vid projekteringen av huset i programmet IDA ICE för att ta fram energianvändningen. Slutligen kommer Boverkets klimatsdatabas att användas för att ta fram klimatpåverkan från de ingående materialen för de olika stomsystemen.

Ett referensprojekt kommer användas vid framtagningen av huset som ligger till grund för studien samt vid framtagningen av detaljlösningarna. Referensbyggnaden är ett radhus i två våningar med ett stomsystem uppbyggt av träregelväggar se bilaga A. Utifrån de tillhandahållna ritningarna har likvärdiga modeller för de två övriga stomsystemen, KL-trä respektive lättbetong, skapats utifrån förutsättningen att byggnadsdelarna för de olika stomsystemen ska ha likvärdiga U-värden. Uppbygganden av dessa baseras på detaljritningar från tillverkare och har tagits fram i samråd med handledare på LTH och på Structor.

### 1.5 Avgränsningar

Då denna rapport fokuserar på energi- och klimatberäkningar kopplade till stommens materialval, och de köldbryggor som uppkommer, är det mycket viktigt att alla andra aspekter av de byggnader som granskas antas vara likadana, till exempel: inneklimateanpassning, husets arkitektur, husets skal vad det gäller U-värde för de ingående byggdelar, elanvändning och eleffektivitet. Denna avgränsning görs då arbetets omfattning annars hade varit stort men för en mer omfattande energianalys är det av intresse att dessa punkter granskas och anpassas för att ge ytterligare bättre energieffektivisering.



## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Det finns många andra materialkombinationer än vad som kommer att presenteras i denna rapport. I denna rapport har valet av byggmaterial gjorts för att kunna avgränsa och bättre jämföra de tre materialen samt för att kunna se hur de skulle kunna påverka energianvändningen och klimatet.

En annan begränsning som gjordes var att enbart studera de olika konstruktionerna under svenska förhållanden med svenska standarder. Detta eftersom det är av stort intresse för studien att se hur mycket byggnader bidrar till den svenska utsläppen och hur de förhåller sig till svenska standarder och certifieringar.

Klimatberäkningarna kommer enbart att utgå utifrån produktionsskede, A1-A5, enligt Boverket. De andra modulerna så som användningsskedet, B1-B7, och sluthanteringsskede, C1-C4, tas inte med vilket innebär att en fullständig livscykelanalys (LCA) inte kommer att kunna presenteras. Denna begränsning görs dels för att minimera omfattningen, dels eftersom Boverkets klimatdatabas för närvarande enbart lägger fokus på produktionsskede.

Att enbart studera småbostadshus är också en begränsning som gjordes för att minska omfattningen av rapporten då det skulle kräva mer tid att granska flera bostadssituationer.

I köldbryggeberäkningarna har små ståldetaljer som skruvfästningar samt plåt såsom dropp och fönsterbleck valts att bortses ifrån. Detta då dessa detaljer antas ha en liten påverkan på den totala köldbryggan. Dessa detaljer bortses ifrån även när vid klimatberäkningarna som en förenkling. Då stål genererar stora CO<sub>2</sub>-ekv är det dock av intresse att vid vidare studier i ämnet redovisa denna post.

I detta arbete är det enbart köldbryggorna i klimatskalet som valts att undersökas och som en förenkling har därför innerväggens anslutning till tak, yttervägg samt grund valts att bortses ifrån. Anledningen till detta är att de tillhandahållna ritningarna inte hade med den inre rumsindelningen med innerväggar och dylikt. Även vid klimatpåverkan, ligger fokuset enbart på klimatskalet, detta eftersom de andra delar av husen tas inte hänsyn till i andra delar av rapporten samt för att minimera omfattningen av rapporten.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## 2 Teori

I teoridelen av rapporten, kommer bakgrundsinformation att presenteras för olika delområden som behövs för att utföra studien.

### 2.1 Olika typer av värmetransport

I alla fall där det finns en temperaturskillnad mellan olika delar i en konstruktion kommer det finnas en värmetransport för att jämna ut denna skillnad. Värme kan transporteras genom ett material huvudsakligen på tre olika sätt, genom ledning, konvektion eller strålning.

#### 2.1.1 Värmeledning

I fasta och icke porösa material sker värmetransporterna enbart genom värmeledning. Vid värmeledning sker värmetransporten genom energiförflyttning från en molekyl med högre kinetisk energi det vill säga med en högre temperatur, till angränsande molekyler med en lägre energimängd och lägre temperatur (Sandin 2010, s. 24).

#### 2.1.2 Konvektion

I vätskor eller gaser kan värmetransporten ske genom konvektion även kallat medbringande (Sandin 2010, s. 32). Vid konvektion sker värmeöverföringen till eller från en yta genom att en vätska eller gas strömmar förbi ytan och det sker ett värmeutbyte mellan mediet och ytan (ibid.). Det vanligaste värmeöverförande mediet inom byggnadsfysiken är luft. Luftrörelser kan uppstå genom termiska drivkrafter som beror på temperaturbetingade densitetsskillnader där den varma luften är lättare vilket gör att den stiger. Denna typ av konvektion kallas för normalkonvektion. Luftrörelser kan även bero på yttre faktorer som vind eller inverkan av fläktar, vilket kallas påtvingad konvektion.

#### 2.1.3 Strålning

Alla kroppar avger värmestrålning. Strålning är en transport av energi som sker utan något medium. Värmestrålning kan beskrivas som elektromagnetisk energistrålning som sker inom en specifikt vågintervall eller frekvensområde (Sandin 2010, s. 32).

Genom strålning kan värmen överföras från en varmare yta till en kallare. Detta är något som påverkar hur människor upplever inneklimatet. Även om lufttemperaturen är behaglig kan strålningsutbytet mellan kroppen och kallare ytor i rummet göra att rummet upplevs kallare än lufttemperaturen (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.1:4). Därav är det även av relevans att undersöka köldbryggor i en byggnad utifrån inneklimatet.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## 2.2 Köldbryggor

Köldbryggor definieras av Sandin (2010, s. 56) som en del i konstruktionen där ett material med bra värmeisoleringsförmåga bryts av en annan med mycket sämre värmeisolering och kan beräknas med hjälp av ekvation 1 nedan till

$$\psi_i = L_{2D} - (U_{ref} \cdot l_{ref}) \quad [\text{W/mK}] \quad (1)$$

Där  $L_{2D}$ , är effektförlusten över den modellerade köldbryggan,  $U_{ref}$  är U-värdet för referensfallet och  $l_{ref}$  är den använda referenslängden enligt måttdefinitionen.

Konsekvenser av en köldbrygga blir att värmetransmission genom klimatskalet, ökar (Berggren 2019). Att det finns köldbryggor i konstruktionen kan också leda till andra olika oönskade effekter så som kondens på den kalla ytan och nedsmutsning av ytor (Bokalders & Block 2014, s. 207). Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten,  $U_m$ , för hela byggnaden kan tas fram med hjälp av ekvationen

$$U_m = \frac{\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j}{A_{om}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Där  $U_i$ , är U-värdet för byggnadsdelen,  $A_i$  är Arean för byggnadsdelen,  $l_k$ , längden av de linjära köldbryggorna,  $\psi_k$ , är den linjära köldbryggan och slutligen  $\chi_j$  är värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan.  $A_{om}$  är den omslutande arean.

Berggren (2019) beskriver att det kan förekomma tre olika typer av köldbryggor i en konstruktion, nämligen punktköldbryggor, linjära köldbryggor och köldbryggor för de olika byggnadsdelar, se illustration i ekvationen ovan. Dessa tre presenteras kortfattat nedan

### 2.2.1 Punktformiga köldbryggor

Punktformiga köldbryggor har sin uppkomst vid genomföringar genom klimatskalet samt även vid de tre-dimensionella anslutningar som kan tillkomma i en byggnad, till exempel anslutningar mellan taket och ett hörn i ytterväggen (Hansson & Rundberg 2017). Denna köldbrygga brukar dock försummas vid beräkningar då värmeflödet här är mindre jämfört med de andra köldbryggorna (Nordmark 2017).

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## 2.2.2 Linjära köldbryggor

De linjära köldbryggorna syftar till de kontinuerliga konstruktionsdelar som transmitterar mer värme än de byggnadsdelar som befinner sig omkring (Hansson & Rundberg 2017). Några exempel på dessa köldbryggor som kan uppkomma i en byggnad är mellanbjälklagets anslutning till ytterväggen, takets anslutning till ytterväggen samt ytterväggens anslutning till grunden. Dessa köldbryggor kan således behandlas med tvådimensionella beräkningsmodeller (Karlsson & Mani 2015).

## 2.2.3 Köldbryggor för byggnadsdelar i klimatskärmen

Klimatskärmen syftar till de byggnadsdelar som omsluter byggnaden så som taket, väggarna, golvet, fönster och dörrar. Dessa köldbryggor uppkommer som genomföringar genom skärmen av material som har högre värmeledningsförmåga än materialet i skärmen (Nordmark 2017). Till exempel balkar, regler och kramlor. Dessa köldbryggor brukar hanteras som en justering av U-värdet för konstruktionen (Sandin 2010). Justeringen av u-värdet kan genomföras genom att ett procentuellt påslag adderas till husets totala transmissionsförluster.

## 2.2.4 Uppkomsten av köldbryggor

Med bakgrund i de ovannämnda konsekvenserna och typerna av köldbryggor, presenteras några vanligt förekommande köldbryggor som kan hittas i en konstruktion nedan

- Mötet mellan yttervägg och grund
- Mötet mellan yttervägg och taket
- Mellanbjälklagets infästning till ytterväggen
- Fönster och dörrarnas koppling till ytterväggen
- Balkonginfästningen
- Pelare i ytterväggen
- Infästningar i konstruktionen (elnätet, infästningar i väggen och emellan och sådant)

## 2.3 Standarder och Certifieringar

### 2.3.1 ISO-standard

International Organization for Standardization, ISO, är ett icke-statligt, oberoende organisation som har över 160 nationella standardiseringsorgan i sitt medlemskap (Svenska Institutet för Standarder u.å.). Den svenska Institutet för Standarder, SIS, är då den svenska standardiseringsorgan vilket ger möjligheten att kunna bevaka och vara delaktig i det nationella arbetet (ibid.). ISO har standarder inom område som tillverkning, kvalitet, beräkningsmetoder, socialt ansvarstagande med mera (ibid.).

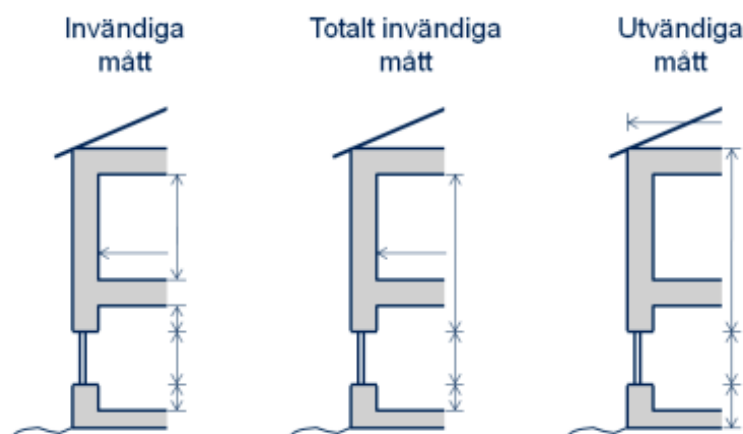
## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### 2.3.2 Miljöbyggnad

Miljöbyggnad är en certifiering som används för att säkerställa en bra inomhusmiljö i svenska byggnader under de svenska förhållande som råder (Sweden Green Building Council 2022a). Certifieringen tar hänsyn till 16 indikatorer för att kunna bedöma energianvändningen, material och inomhusmiljö och därefter kan byggnaden klassificeras i en av 3 nivåer: Brons, Silver eller Guld, där Guld är den bästa nivån (ibid.). De 3 indikatorerna som är av intresse för rapporten är värmeeffektbehovet, energianvändningen och klimatpåverkan.

### 2.3.3 Måttdefinitioner vid beräkning av köldbryggor

I ekvation 1 beskrivs beräkningsmetoden för köldbryggor, vilken baseras på ISO standarden över termiska egenskaper. Enligt SS-EN ISO 13789:2017, standarden för beräkningsmetoder för byggnaders termiska egenskaper, finns det tre olika måttdefinitioner som kan användas vid beräkning av köldbryggor. *Invändiga mått (i)*, *totalt invändiga (oi)* samt *utvändiga mått (u)* (Berggren & Larsson 2015). Dessa mått redovisas i figur 2.1 nedan



Figur 2.1 - Måttdefinitioner enligt ISO standard (Berggren & Larsson 2015)

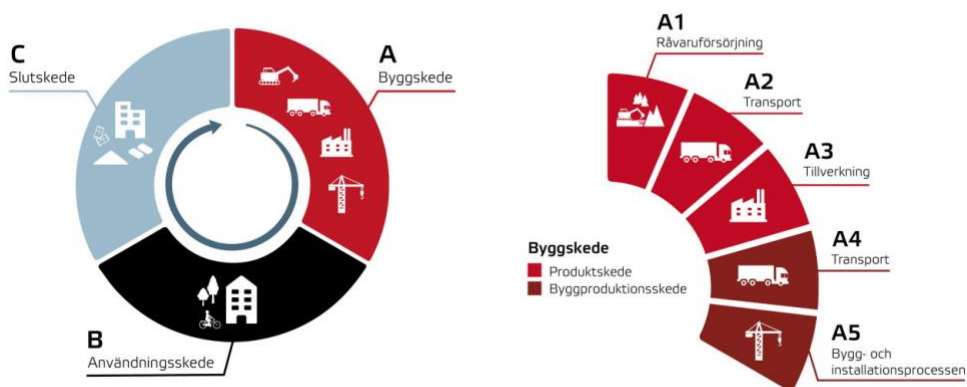
Vilken måttdefinition som användas påverkar köldbryggans värde vilket innebär att det är viktigt att vara konsekvent med vilken definition som används. Detta gäller även vid insättning av de beräknade köldbryggorna i energiberäkningsprogram.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## 2.4 Klimatberäkningar

Enligt boverket finns sedan den 1 januari 2022 krav på att nyuppförda byggnader ska redovisa en genomförd klimatdeklaration. Bakgrunden till kravet är att redovisa vilken klimatpåverkanbyggnaden har och detta kommer att göras med hjälp av Boverkets klimatdatabas. Deklarationen innefattar enbart byggnadsskedet och de delar av byggnadens livscykel som räkas till byggskedet avser modul A1-A5 enligt den europeiska standarden EN 15978 (Boverket 2021a), se figur 2.2 nedan.

Beräkningsverktyget tar inte hänsyn till materialets upptag av växthusgaser varvid biogen kolinlagring i exempelvis byggmaterial av trä inte räknas in i klimatpåverkan. Detta då upptag av kol i material inte anses tillräckligt utträtt (ibid).



Figur 2.2 De olika skede som kan ingå i en fullständig klimatdeklarationen (vänster) samt Boverkets klimatdeklaration omfattning (höger) (Boverket 2021b)

Även om det inte finns lagkrav på att deklarerera hela byggnadens livscykel så kan en livscykelanalys, LCA, ge en mer ingående kunskap om vilken miljöpåverkan som byggnaden har under hela sin livstid (Boverket 2019). En LCA beräkning visar miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv där de ingående resurserna i projekt beräknas från vaggan till graven. En analys kan utgå från olika miljöindikatorer, varav en är klimatpåverkan från växthusgaser, där de ingående delarnas påverkan kan beräknas om till CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (ibid). En LCA-beräkning kan variera i omfattning och kan bygga på generiska värden alternativt på produktspecifika miljövarudeklarationer, EPDer (ibid).

## 2.5 Några relevanta byggnadsmaterial

### 2.5.1 KL-trä

Under de senaste åren har både forskningen och utvecklingen av korslimmat trä kraftigt ökat vilket har lett till att allt fler har fått upp ögonen för detta mångsidiga byggmaterial. Efterfrågan från beställare och entreprenörer har lett till en upptrappning av tillverkningen och även användandet av korslimmat trä, en trend som antas fortgå (Borgström & Fröbel 2017, s.11).

Korslimmat trä, förkortningen KL-trä vilken kommer användas vidare i arbetet, består av virke som sammanfogas i korslagda skikt till skivor eller balkar. Genom sammanfogning, kan materialet utnyttjas samt erhålla hållfastheten av den styva riktningen hos träet (Borgström & Fröbel 2017, s.13). Detta genererar en ökad stabilitet och möjliggör användningen av materialet som stomsystem i större och högre byggnader. Elementen kan tillverkas och bearbetas utefter nästintill vilken storlek och form som efterfrågas. Anslutningsdetaljer och installationer form-anpassas i tillverknings skeendet vilket möjliggör en snabb resning av stomsystemet (ibid).

De termiska egenskaperna hos KL-trä påminner om de för massivträ med små temperaturörelser (Bokalders & Block 2014, s. 219–220). Värmekonduktiviteten brukar i praktiken sättas till värdet 0,12–0,13 W/ m °C (Borgström & Fröbel 2017, s.12). En tyngre stomme kan verka utjämnade vid klimatvariationer vilket både har en positiv påverkan på både energianvändningen samt inneklimatet. Detta då tunga material har en förmåga att lagra värme vilket kan ge en kylande effekt då den lagrade värmemängden i stommen är lägre än i den omgivande luften.

Att bygga med trä har många positiva miljöaspekter i relation till andra likvärdiga stommaterial. Materialet tillhör ett naturligt kretslopp där skogen under sin tillväxtperiod tar upp koldioxid från atmosfären. Träet binder sedan koldioxiden under den del av livscykeln då det används i byggnaden. I slutet av livslängden kan materialet förbrännas och användas som bioenergi, ett förnybart sätt att producera el och värme (Borgström & Fröbel 2017, s.12), eller återbrukas. Då elementen är lätta i förhållande till sin bärande förmåga samt vid jämförelse med vikten hos likvärdiga stommaterial, som stål och trä, bidrar materialtransporterna inte med lika stora utsläpp. Det finns även möjligheten att projektera byggnader utan att använda plaster för tätning mot bland annat fukt och vind då elementen i sig är täta.

Det är dock viktigt att tillägga att produktionen av trämaterial endast kan ses som förnybart om livslängden för trämaterial är längre än skördetiden. Detta skapar frågor om hur hållbar den svenska skogsindustrin egentligen är, vilket är ett ämne som inte kommer att behandlas i detta arbete men är en viktig aspekt i jämförelser mellan trä och andra byggmaterial.



## 2.5.2 Lättbetong

Materialet lättbetong kan delas in i 2 olika typer nämligen Autoklaverad lättbetong och lättballastbetong (Niklasson & Jansson 2014). Den förstnämnda tillverkas med finmalen sand, bindemedel, aluminiumpulver och vatten under högt tryck (autoklivering) medan den andra framställs på liknande sätt med den skillnaden att den grövre ballasten byts ut till lättklinkerkorn (Sandin 2019, s. 20) och att produktionen inte sker under tryck.

Då lättbetong är ett mycket poröst material med mycket luftporer, bidrar detta till att ge materialet goda värmeisoleringsförmåga. Materialet har bra lufttäthet och bra hållfasthet (Sandin 2019, s. 20). Några andra fördelar med materialet lättbetong är den höga fuktsäkerheten och bra brandbeständighet (Sundemo & Sörensson 2010). Eftersom materialet har en god värmekapacitet, leder detta till mindre temperatursvängningar då det blir enklare att behålla en jämnare innetemperatur (Hackfelt 2010).

Nackdelen med att bygga med lättbetong är att de vid leverans innehåller mycket byggfukt (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 195–196). Denna byggfukt kommer, i och med utformningen av elementen med mellanliggande isolering, ta en lång tid att torka ut (ibid.). Det är därför viktigt att inte under den första tiden av byggnadens livslängd placera trämaterial i direktkontakt med lättbetongväggen (ibid.).

## 2.5.3 Uppreglade träväggar

En träregelvägg utformas vanligtvis med tre lager värmeisolering utifrån och in: en isolerskiva, isolering mellan stående bärande träreglar samt mellanliggande isolering vid de korsande träreglar (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 190–192). I övrigt består väggen utifrån av en fasadbeklädnad, luftspalt samt utvändigt vindskydd och inifrån av en invändig beklädnad där ångspärren placeras mellan de två regelsystem (ibid.).

Denna typ av konstruktion är mycket vanlig när det handlar om småhus men träregelväggar kan även utnyttjas som utfackningsväggar i större byggnader utförda med annat material (Sandin 2019). Fördelar med denna typ av konstruktioner är att eftersom träet har låg vikt i förhållande till sin bärande förmåga, leder det till att materialet blir lätthanterlig vid utförandet (Åberg 2010). Konstruktionen har även bra U-värde och är flexibel vid ändringar (ibid.). Några nackdelar med denna typ av konstruktion är att trä som material är organisk och kan, om det utsätts för fukt, drabbas av mögel och röta. Dessutom kan sprickor och spänningar uppstå i materialet om det är stora fuktvariationerna i träet (ibid.). Trä som material i den uppreglade träväggar kommer har samma egenskaper vad det gäller miljöaspekten, som tidigare presenterats ovan under avsnittet om KL-trä.

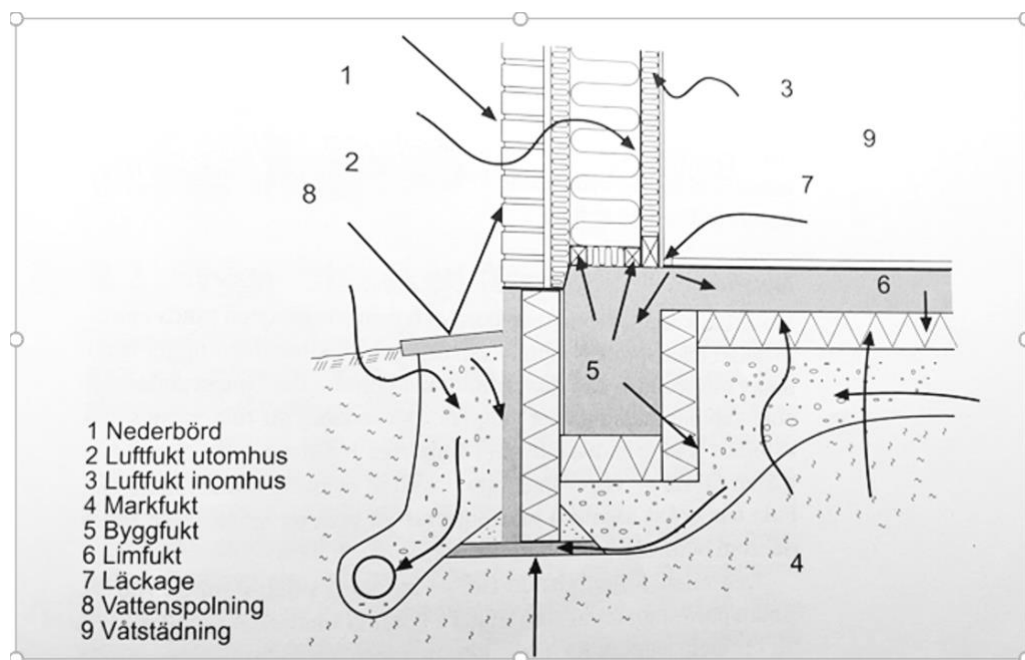
## 2.6 Fuktsäkerhet

Det är av stort intresse att bygga ett hus som är fuktsäkert då det i sin tur har en påverkan på klimatet. Att materialet förstörs och kommer behöva bytas ut genererar ökade utsläpp, samt att fukt på olika sätt kan leda till ökad energianvändning. Nedan kommer en kort redovisning av de olika fuktkällor som kan hittas i och kring en byggnad samt de fuktproblem som kan uppkomma. Slutligen kommer fuktaspekten kopplas ihop med energi och klimat för att undersöka varför detta är en viktig aspekt att ta hänsyn till.

### 2.6.1 Fuktkällor och fuktproblem

I figur 2.3 nedan presenteras de olika fuktkällor som kan hittas i och kring en byggnad så som nederbörd, luftfukt, markfukt, byggfukt, limfukt, läckage, vattenspolning och våtstädning (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 25). Konstruktionen bör därför utföras på ett sätt där dessa källor kan identifieras och hanteras på ett fuktsäkert sätt.

Ur energisynpunkt är det av stor betydelse att hålla materialen i en konstruktion så torr som möjligt. Detta eftersom värmeledningsförmågan för ett material kommer att öka med ett ökat fukttinnehåll, vilket i vissa fall kan innebära att värmeförluster genom ett blött material kan vara dubbel så mycket som genom en torr (Sandin 2010, s. 121).



Figur 2.3 - Fuktkällor i en byggnad (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 25)

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

När det gäller risk för fuktproblem är det mest organiska material som löper risk för de konsekvenser som kan påkomma, nämligen mögel- och rötangrepp. Mögelangreppet uppmärks oftast genom missfärgningar på materialet och inredningen och leder ofta till dålig lukt vilket påverkar inneklimatet. Rötangrepp underminerar materialen och förstör dem så småningom (Kanebjörk & Sandström 2018).

Vattnet som kommer i kontakt med byggnaden kan ske på flera olika sätt. Det skadligaste för byggnaden är markfukt, den relativa luftfuktigheten som finns naturlig i luft och vattnet som tränger sig in genom otätheter (Kanebjörk & Sandström 2018). Det är därför viktigt att kunna förhindra ogynnsamma fukttransport, ventiler bort inträngande fukt samt se till att fukten kan torkas ut (ibid.).

Att bygga fuktsäkert är en process som måste följas genom hela byggnadens livstid, från planeringen ända fram till att huset rivs ner. I figur 2.4 nedan presenteras de olika aktörer som är inblandade i ett byggprojekt och hur varje roll kan påverka fuktsäkerheten under hela processen. Detta är en metod som används för en fuktsäker byggprocess och är en branschstandard, så kallad ByggaF (Boverket 2022). Tanken med branschstandarden är att bättre inkorporera fuktsäkra åtgärder redan under programhandlingar och försöka hålla bra fuktsäkerhet under resten av processen som projekteringsskede, produktionsskede samt drift och förvaltningsskede (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 27).



Figur 2.4 - Metod för systematisk fuktsäkerhet (Boverket 2022)

Ökad fukthalt i ett material har, som tidigare nämnt, många nackdelar. Sammanfattningsvis kan detta leda till biologisk, fysikalisk och kemisk nedbrytning av materialet samt emissioner och hälsobesvär, fuktbelastade rörelser och estetiska problem i materialet (Rezaie & Yousuf 2017). Den biologiska nedbrytningen handlar om att organiska materialet bryts ner, den fysikaliska handlar om frostsador som kan inträffa om luftporerna i ett material fylls med vatten medan den kemiska nedbrytningen syftar till korrosion som kan leda till nedsatt hållfasthet för konstruktioner med armering (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 40–41). När materialet bryts ner, kan de avge emissioner som i sin tur kan leda hälsorisker

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

(Rezaie & Yousuf 2017) som till exempel astma, allergier och luftvägsinfektioner (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 42). Genom att materialet fuktas upp och torkas ut, leder detta ofta till svällning och krympning av materialet vilket i sin tur leder till skevhet, välvning och sprickbildning som konsekvenser (Razaie & Yousuf 2017). Till de estetiska problemen hör bland annat salt- och kalkutfällning på tegelmurar och mögelangrepp (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 45).

### 2.6.2 Fukt och energi

Det finns tre olika konsekvenser som ökad fukthalt kan ge i ett poröst material vilket senare leder till ökad energianvändning (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 46) nämligen:

1. Den ökade värmeledningsförmågan i ett material kopplat till mängden vatten den innehåller.
2. När vattnet ändrar fas i en konstruktion kan detta leda till transport av energi.
3. Det kräver energi för att kunna torka ut regnfukt eller byggfukt och denna energi kan tas från insidan av konstruktionen.

Värmeledningen i ett material ökar med vatteninnehållet eftersom luftporerna i materialet fylls med vatten som har en högre värmeledningsförmåga än luft och ännu högre som is om vattnet fryser (Johansson 2012). Det sker även en intern transport av energi mellan porväggarna eftersom vattnet kommer att avdunsta från den varma sidan och kondenseras på den kalla sidan (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 47). Vattnet som kondenseras kan då återföras till den varma sidan via kapillär transport (ibid.).

När vatten omvandlas från faserna is-vatten-ånga upptar den omvandlingsenergi medan vandringen åt andra hållet; ånga-vatten-is, i stället avger energi (Johansson 2012). Arfvidsson, Harderup & Samuelson (2017, s. 49) förklarar vidare att det finns två huvudfall som kan uppmärksammas med omvandlingarna, nämligen:

- Instängt fukt mellan två vatten- och ångtäta skikt inne i en värmeisolerande konstruktion.
- När fukten från inneluften kondenseras inuti en konstruktion.

I det första fallet, förutsätts det att materialen i konstruktionen har hög ånggenomsläpplighet annars kan inverkan försummas (Johansson 2012). Värmetransporten här är mycket beroende av randvillkoren, konstruktionen och arbetsutförandet (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 49). I andra fallet kommer energin att frigöras när det sker en kondensation inuti konstruktionen vilket medför att värmeflödet genom konstruktionen kommer att minska (ibid.).

I examensarbetet "Byggfuktens inverkan på energibehovet: Ett arbete om betongs uttorkning i brukarskedet" av Tornberg & Ståhl (2013), undersöktes 3 nyproducerade

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

bostadshus i betong med fokus på byggfukten och det visade sig att uttorkningen ökade energibehovet för uppvärmningen med ca. 8% under året 2012.

Med de ovannämnda kopplingar som fukt har med energi, är det viktigt att de material och konstruktion som väljs för de olika byggnader utförs på ett fuktsäkert sätt trots att största fokuset ligger på köldbryggors koppling till energianvändningen.

### 2.6.3 Fukt och ingående material

#### 2.6.3.1 KL-trä

Att bygga fuktsäkert med KL-trä innebär att undvika höga fukthalter. Vanligtvis beställs de sammanfogade elementen från tillverkningen med en fukthalt på 12 % vilket innebär att de kan byggas in direkt (Alsmarker & Werner 2021). Det är därför viktigt att försöka bibehålla denna låga fukthalt genom att undvika stillastående vatten någonstans i konstruktionen. Genom att uppföra takkonstruktionen först kan denna användas som skydd för de underliggande våningarna varvid ett heltäckande väderskydd förhoppningsvis inte är nödvändigt (ibid.). Vid en eventuell uppfuktning av materialet måste elementen få torka innan de byggs in, detta medför ofta en ökad energianvändning då byggfläktar behöver användas vid uttorkningen. Ur publikationen av Alsmarker och Werner (2021) redovisas kritiska detaljer ut fuktsynpunkt, däribland elementskarvar, anslutningen mellan väggar/golv samt fönster och dörröppningar.

För att undvika att vatten kan ta sig i skarvarna mellan elementen är det viktigt att skarven är tät, vilket kan uppnås med hjälp av tejp. Att konstruktionsdetaljer görs täta är även viktigt för att undvika att fuktproblem som kan uppstå under bruksskedet om varm fuktig inomhusluft tar sig ut i väggarna genom håligheter där den sedan svalnar av och kondenserar. Detta gäller för alla typer av hus men extra viktigt vid byggnation av organiska material.

#### 2.6.3.2 Lättbetong

Materialet lättbetong är intressant att beakta när det gäller fuktsäkerhet eftersom materialet efter tillverkning, transport och uppbyggnad kan innehålla mycket byggfukt men eftersom lättbetong är ett oorganiskt material, är risken för mikrobiella tillväxt därmed minimalt (Niklasson & Jansson 2014). Trots att lättbetongen i sig är mer säker från fuktproblem, är det ändå viktigt att bygga fuktsäkert då isolervärdet av konstruktion kommer att minskas vilket i sin tur kommer leda högre energianvändning (ibid.) om materialet är fuktigt.

En annan fördel med lättbetong är möjligheten att kunna välja densitetsklass och antal isoleringsskikt vilket i sin tur kan leda till en konstruktion som är fuktsäker där värme lagras på vintertid och inneklimatet är svalare på sommartid (Sundemo & Sörensson 2010).

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Som en avslutande del på en lättbetongvägg, kan puts appliceras på den inre och yttre sidan av väggen. Det finns många olika varianter av puts och bruk men vissa typer är bra ur fuktsynpunkten och kan användas för att minska risken för fuktproblem i byggnaden (Bokalders & Block 2014, s. 79 - 80).

Gemensamt för alla de undersökta hustyperna är vikten av fönstrets placering i väggen. Ur ett fuktsäkerhetsperspektiv är det bättre att placera fönstret så nära ytterväggens insida som möjligt. Detta då det blir bättre skydd mot nederbörd och mindre risk för invändig kondens eftersom det är högre luftförlust på insida (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 30). Ur energisynpunkt är detta även att föredra då de extra värmeflöde via smygarna minskar (ibid.).

### 2.6.3.3 Uppreglade träväggar

Trä är ett organisk anisotropisk material vilket medför att materialet kommer ha olika fukt beteende i träets olika fiberriktningar och att risken för mikrobiella tillväxt är stor. Det är längs med fiberriktningar som fukten har lättast att transporteras eftersom när det transporteras i tvärriktningen måste fukten tas sig igenom cellväggarna, där fukten kan lagras (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 53 - 54). Trä kan ha stor fukt betingande rörelse, mest i riktningen vinkelrätt mot fibrerna, vilket kan leda till svällning eller krympning (ibid.).

I en träregelvägg kan en gipsskiva användas både som innerbeklädnad och vindsydd. Som innerbeklädnad utsätts den inte för stora fuktpåverkan men som vindsydd utsätts den för mycket fukt, men skivan kan behandlas och vara vattenavvisande vilket gör att de fukt betingande rörelser som kan uppstå är mycket små (ibid.).

Högre fuktsäkerhet kan nås genom att en tjockare isoleringsskikt placeras på utsidan av en träregelstomme (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 29). Genom att placera tilläggsisoleringen på utsidan av den befintliga väggen, hamnar stommen i en varmare och torrare miljö.

Mellan syllen och plattan på marken, ska det finnas en fukttätning, vanligtvis syllisolering eller asfaltspapp för att förhindra fukttransport från betongen till träet. Det är även viktigt att ha en luftspalt mellan ytterbeklädnad och vindsyddet vilket kommer att tryckutjämna, ventileras och dränera bort regnvatten så att det inte transporteras till den inre väggen (Sandin 2019, s. 66).

## 2.7 Litteraturstudie

En litteraturstudie har genomförts där litteratur utifrån ett vetenskapligt syfte har granskats. För att erhålla den senaste forskningen inom ämnet, har vetenskapliga publikationer som artiklar och avhandlingar använts som grund för studien. Syftet med litteraturstudien är att undersöka vad som redan undersökts inom ramen av studien för

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

att dels kunna jämföra de resultat som tas fram och för att undersöka möjligheten att eventuellt bygga vidare på redan genomförda frågeställningar.

I litteraturstudien har publikationer från en sökning i Google scholar, universitets databas LUBsearch samt genom exjobb tillhandahållna av Eric Bengtsson, handledare från Structor bygg Malmö, används. De sökord som användes var ”Köldbrygga”, ”Thermal bridge”, ”KL-trä köldbrygga”, ”Energieffektivitet”, ”Energy efficiency”, ”Klimatpåverkan”. I studien har även olika detaljlösningar för de olika stomsystemen analyserats.

### 2.7.1 Köldbryggor i byggnader

Den första delen av litteraturstudien innefattade en informationssökning om köldbryggor i allmänhet för att bygga en bakgrund om varför köldbryggor är av intresse och hur köldbryggorna påverkas beroende på stomsystemet.

I slutrapporten av Berggren och Larsson ”Undvik fel och fällor med köldbryggor - I nyproduktion” beskrivs skillnaden mellan byggsystem avseende köldbryggor. Generellt är inhomogena byggsystem, där ibland regelväggar, sämre ur köldbryggesynpunkt medan en homogen stomme där det finns möjlighet att fästa utanpåliggande isolering är bättre (Berggren & Larsson 2015). I rapporten beskriver Berggren och Larsson olika tillvägagångsätt för att vid energiberäkningar ta hänsyn till köldbryggorna. De anger tre olika metoder: schablonpåslag, katalogvärden för olika typer av köldbryggor och konstruktioner samt projektspecifika simuleringar. Vilket skede som projektet befinner sig i samt projektets energiambitioner kan styra vilken metod som är lämpligast. Vid energiambitioner som ligger lägre än kraven från BBR är projektspecifika simuleringar en lämplig metod. Att använda sig av schablonpåslag kan vara missvisande då hänsyn inte tas till isolertjocklek eller byggsystemet. Vid lågenergihus kan även köldbryggornas procentuella inverkan vara mycket större än beräknade schablonvärden då husets totala transmissionsförluster är låga (ibid.). Berggren och Larsson (ibid.) beskriver även det ekonomiska intresset av att undersöka köldbryggorna i ett projekt. Där köldbryggorna undersöks för att ta fram vilka delar som bidrar med de största transmissionsförlusterna och då även intressanta att jobba vidare med utifrån en kostnadssynpunkt (ibid.). Utifrån rapporten kan slutsatsen dras att det finns både energi och kostandsvinning av att undersöka köldbryggorna i ett projekt samt att det finns skillnader i köldbryggor beroende på stomval.

I Gunnarsson och Henningsson examensarbete ”Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus” från 2021 undersöks energianvändningen i flerbostadshus vid olika stomsystem. I rapporten jämförs KL-trä med en stomme bestående av betong och stål. Studien visar att för de undersökta detaljerna genererade stommen av betong och stål större energiförluster än en likvärdig anslutning med KL-trä som stomme. I slutsatsen beskriver Gunnarsson och Henningsson att detta till största del beror på de avslutande stålreglar i anslutningsdetaljerna för byggnaden med stommen av betong och stål. I diskussionen beskriver Gunnarsson och Henningsson (ibid.) att de linjära köldbryggorna kring fönster och mellanbjälklag har störst påverkan på den totala energianvändningen.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Anledningen till detta är att de utgör de två mest förekommande köldbryggorna sett till löpmeter. En av avgränsningarna i arbetet är att energiförlusterna enbart undersöktes för detaljerna var för sig och inte genom att modellera hela byggnaden och beräkna den totala energianvändningen i IDA ICE. Detta är något som skulle haft en påverkan på resultatet och kan därav vara av intresse vid vidare forskning inom ämnet.

### 2.7.2 Anslutningsdetaljer

Vidare gjordes en litteraturstudie för olika byggnadsdelar för att få en bild av hur olika typer av anslutningar och lösningar kan utformas samt hur dessa påverkar köldbryggorna.

#### 2.7.2.1 Grundkonstruktion

En av de vanligaste grundläggningstyperna idag (om huset ej har källare) är en grund av betongplatta på mark (Sandin 2019). Utformningen av plattan har en stor påverkan på köldbryggan som uppstår vid plattans kantbalk. Kantbalken avser den del av den bärande grundkonstruktionen som stabiliserar grunden och tar upp de största lasterna från huset. En av de vanligaste utformningarna av kantbalken är klack som är gjuten i betong samt har ett skal av prefabricerade L-element av cellplast som kan användas som en kant för grundgjutningen. En sådan konstruktion ger en god hållfasthet och klarar höga laster. L-element möjliggör även flexibilitet i väggutformningen.

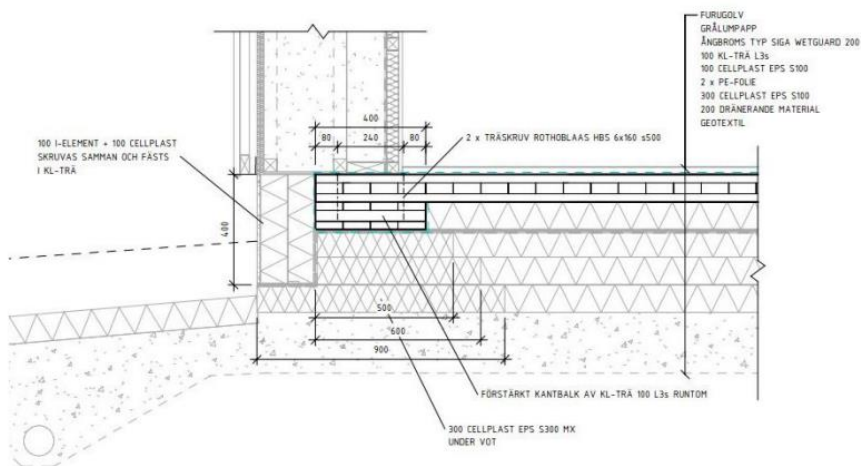
För att minska köldbryggan som uppstår vid kantbalken är det viktigt att bryta plattans direktkontakt med uteluften. En metod är att använda U-element. Ett U-element är utformat likt ett L-element med undantaget att U-elementet har ett skikt av cellplast som skiljer kantbalken från resten av grundplattan med syftet att bryta köldbryggan tidigare för och på så vis minimera värmeläckaget. I rapporten ”Platta på mark för passivhus” (2010) undersöker författarna Almqvist och Svensson olika typer av kantbalksutformningar. Författarna jämför L-element med U-element som vanligtvis används vid projektering av passivhus. Studien jämför köldbryggor som uppkommer vid de olika utformningarna. Den genomförda studien i HEAT2 visar att den linjära köldbryggan för kantbalken hos det undersökta L-elementet beräknades till  $\Psi = 0,115$  W/mK. Den linjära köldbryggan för de undersökta U-elementet beräknades till  $\Psi = 0,045$  W/mK (ibid.). Resultatet från beräkningen visar således att köldbryggan kan halveras vid användandet av ett U-element jämfört med ett L-element. Författarna nämner dock även hållfasthetsaspekten som för L-elementet är mycket högre samt att utförandet i praktiken är mycket enklare att utföra vilket gör att många, trots det högre värmeläckaget, väljer att bygga med L-element (ibid.).

Grundläggningens miljöpåverkan har under de senaste åren undersökts genom att studera möjligheten att utforma grunden i trä. I examensarbetet ”Platta på mark av KL-trä- En studie om fuktsäkerhet och klimatpåverkan” av Baric och Johansson (2022) jämförs klimatpåverkan för olika typer av platta på mark. Baric och Johansson (ibid.) jämför en platta av KL-trä med en platta av betong respektive klimatförbättrad betong. Studien utgår från Boverkets klimatdatabas där de ingående materialen i de olika



## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

konstruktionerna för modulerna A1-A5 har beräknats om till  $\text{CO}_2\text{e}/\text{m}^2$ . Jämförelsen mellan en platta på mark av KL-trä med en motsvarande platta i betong samt klimatförbättrad betong visade att plattan i KL-trä hade en 44% lägre klimatpåverkan än betongplattan samt 36% lägre än den klimatförbättrade betongen (ibid.). Studien visar således att det kan finnas en möjlighet att minska miljöpåverkan från grunden genom att använda sig av en platta på mark i KL-trä i stället för en i betong. Författarna har analyserat projektet Villazero från tillverkaren Fiskarhedenvillan se figur 2.5 nedan.

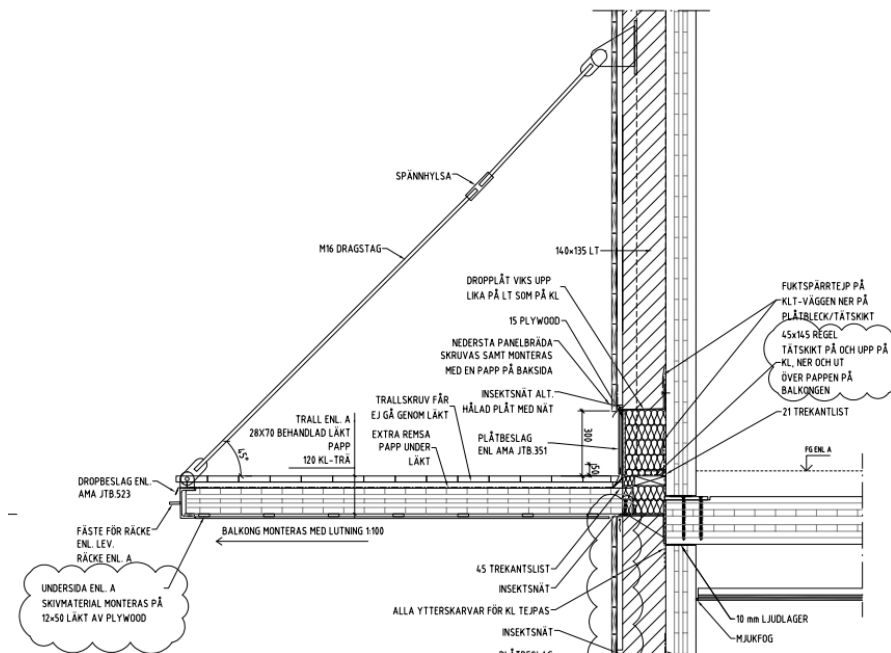


Figur 2.5 - Grundkonstruktion av platta på mark i KL-trä i Villazero (Baric & Johansson 2022, s. 18)

### 2.7.2.2 Balkong

I rapporten av Eriksson och Moberg (2022) ”Utredning och Utformning av balkonger i KL trä” diskuteras en typ av utformning av balkonginfästning i KL-trä från ett referensprojekt. Utformningen består av en balkongplatta av KL-trä som är fastmonterad i en stålram av UPE profil. Denna fästs sedan i ett mellanbjälklag med stålkonsoler samt genom dragstag som fästes i stålramen, se figur 2.6. En liknande utformning redovisas även på Svenskt trä, ”Balkong med platta av KL-trä” (2021) där en platta i KL-trä med en stålram fästs i ytterväggen med hjälp av stålprofiler.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



Figur 2.6 – Balkonginfästning för en balkong av KL-trä (Eriksson & Moberg 2022, s. 7)

I Chang & Huynhs examensarbete ”Undersökningar av köldbryggor i balkonginfästningar” (2022) undersöks olika utformningar av balkonginfästningar. I studien granskas klackmetoden, med intermittent isolering mellan de ”betongklackar” med armering som fäster balkongplattan i det gjutna mellanbjälklaget. Denna typ av lösning genererar stora köldbryggor i ”klackarna”. I studien jämförs denna lösning med en köldbryggebrytande infästningsmodul, Egcoibox från tillverkaren Max Frank. Modulerna har en heltäckande isolering med genomgående armering som fästes i mellanbjälklaget. Denna typ av lösning minimerar de köldbryggor som uppstår vid användning av ”klackmetoden” i betongklackarna (ibid.). De båda lösningarna analyseras i programmet HEAT2 där resultatet blev att för balkongerna uppförda med klackmetoden beräknades köldbryggan i anslutningen till mellan 0,4 W/mK - 1,0 W/mK medan anslutningen med en heltäckande isolering beräknades 0,023 W/mK - 0,067 W/mK (ibid.). Studiens resultat visar att utformningen med Egcoibox, en heltäckande isolermodul, kunde reducera köldbryggan avsevärt.

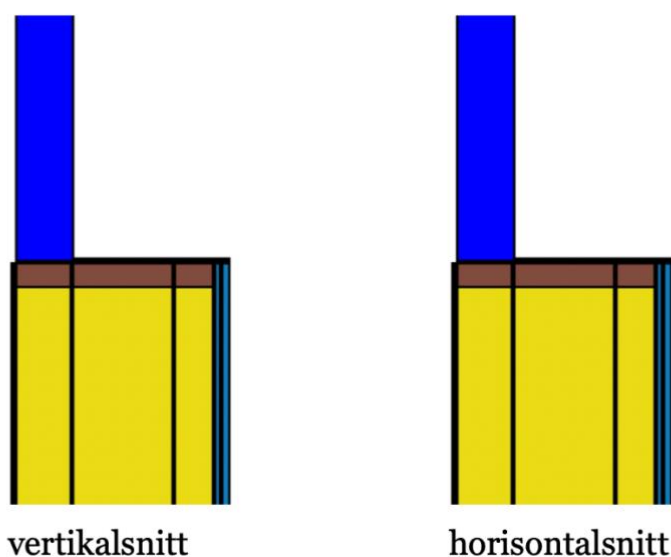
### 2.7.2.3 Fönster

I rapporten av Nordström och Fritzon ”Analys av köldbryggor, fönsterplacering och värmesystem för ett låg-/plusenergihus” (2012) analyserar författarna fönsterplaceringens påverkan på köldbryggorna för ett lågenergihus. Denna undersökning gjordes för ett referensfall av ett familjehus i Växjö med träregelstomme. I rapporten granskas en 595 mm tjock vägg där fönstret placerades 458 mm in i väggen och ytterst med en smygdjup på 22 mm i den södra fasaden av byggnaden. När fönstret placerades ytterst i väggen, resulterar det i att för mycket solinstrålning har en

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

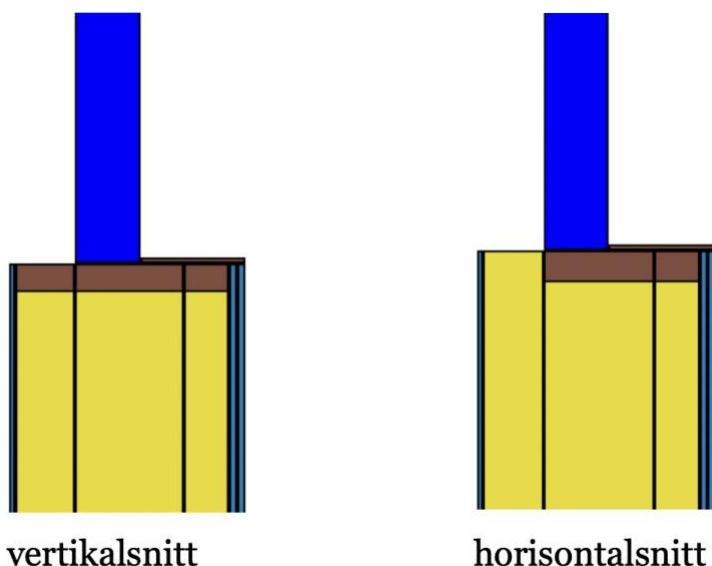
negativ påverkan på inneklimatet eftersom det ger en ökad innetemperatur under de varma månaderna på året (ibid.). När fönstret i stället placerades innerst, fungerar väggen som ett solskydd i stället under de varma månaderna vilket gav en mer behaglig innemiljö sommartid.

I en annan rapport "Passivhus, detaljutformning och dess köldbryggor" av Pettersson (2013) används datorprogrammet HEAT2 för att se hur kölbryggorna varierar beroende på fönstrets placering i en träregelvägg: ytterst och en bit in i väggen. I rapporten, granskas även hur de olika köldbryggorna i anslutningen varierar om väggen ritas upp i vertikalt eller horisontellt snitt. Författarna granskar 3 olika typer av fönsteranslutningslösningar en traditionell lösning med konstruktionsvirke, lösning två med lättreglar och konstruktionsvirke utvändig och lösning tre med lättreglar. Eftersom den första lösningen är mer traditionell och liknar det lösningsförslag som är planerat att användas i denna studie, kommer enbart denna att redovisas med fokus på köldbryggorna, se figur 2.7 och 2.8 nedan för illustration av lösningen skapade i HEAT2 (ibid.).



Figur 2.7 - Illustration av en traditionell träregelvägg med fönster i yttervägg (Pettersson 2013, s. 18)

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



Figur 2.8 - Illustration av en traditionell träregelvägg med indraget fönster (Pettersson 2013, s. 19)

Köldbryggorna för att ha fönstret i ytterväggen för både det vertikala och horisontala snittet, hamnade på 0,047 W/mK medan för det indragen alternativet, hamnade det vertikala snittet på 0,035 W/mK och den horisontala på 0,028 W/mK (Pettersson 2013). Det kan ses att när det är ett indraget fönster, minskas köldbryggorna och minskas ännu mer för det horisontala snittet, när den yttre regeln tas bort. I det vertikala snittet minskas köldbryggorna med ca 25% och i den horisontala med ca 40%. Författaren (ibid.) skriver att en annan fördel med det indragna alternativet är att anslutningen blir mer väderskyddad vilket minskar risken för fuktproblem om monteringen görs rätt.

### 2.7.2.4 Mellanbjälklag

I Gunnarsson och Henningsons examensarbete ”Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus” (2021) granskas olika anslutningsdetaljer från tre olika referensobjekt med olika stomsystem. I studien undersöks bland annat anslutningen mellan yttervägg och mellanbjälklag för en stomme i KL-trä respektive betong och stål. Köldbryggorna analyseras genom simuleringar i programmet HEAT2. Resultatet visar att anslutningen i KL-trä genererar en näst intill obefintlig köldbrygga (ibid.). Detta i och med att anslutningen kan utformas så att isoleringen placeras på utsidan av den bärande stommen varvid det inte uppstår något avbrott i isoleringsskiktet. För anslutningen i betong och stål sträcker sig mellanbjälklaget längre ut i väggkonstruktionen vilket tillsammans med de vertikala balkarna som håller upp bjälklaget bryter isoleringsskiktet och bildar en köldbrygga (ibid.).

Vilken konstruktionslösning som väljs för att ansluta mellanbjälklaget med den bärande ytterväggskonstruktionen har en stor påverkan på uppkomsten av köldbryggor.

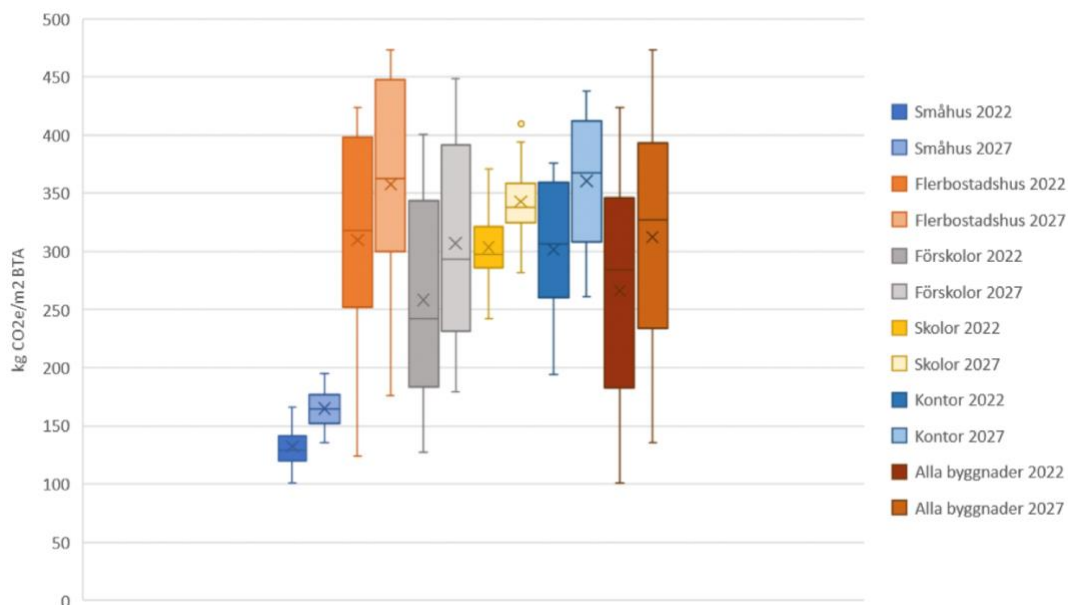
## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I examensarbetet ”Anslutning mellan bjälklag och yttervägg i lågenergihus” av Lundström (2015) analyseras olika lösningar för anslutningen mellan mellanbjälklaget och ytterväggen för ett hus med trätregelstomme. De detaljlösningar som undersöks är upplagt bjälklag samt inhängt bjälklag. För fallet med det upplagda bjälklaget går bjälklaget längre ut i väggkonstruktionen vilket genererar en större köldbrygga än för fallet med det inhängs bjälklaget vilket till stor del har att göra med att isoleringslagret inte bryts (ibid.).

### 2.7.3 Klimatberäkningar

I rapporten ”Referensvärde för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader” av Malmqvist, Borgström, Brismark och Erlandsson (2021) undersöker författarna olika referensvärden som kan appliceras på nya byggnader samt hur en utveckling kan appliceras längs med tiden kopplat till klimatpåverkan på nyproduktion. Rapporten lägger fokus på nybyggnation av flerbostadshus, småhus, skolor, förskolor och kontor. Författarna (ibid.) skriver att det mest dominerande materialet som gruppbebyggda småhus utförs av är trä, som utgör ca 70% av de småhusen byggda i Sverige. Rapporten visar utförda klimatberäkningar med fokuset enbart på byggskedet, modulerna A1-A5: Råmaterial, transport och tillverkning (för materialproduktion) samt transport och uppförande av byggnaden (för byggskedet). I figur 2.9 nedan kan medelvärdet för klimatpåverkan för modulerna A1-A5 för småhus under året 2022 avläsas till ca 130 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA. I rapporten redovisas även den förväntade medelvärdet för de olika byggnadstyperna för året 2027, vilken utförs med en ökad systemgräns för byggskedet enligt Boverkets förslag om en utveckling av regelverket. Vilket innebär att även invändiga ytskikt, fast inredning samt installationer ingår i klimatpåverkan, den förväntade klimatpåverkan för småhus för året 2027 ligger på ca 165 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA.

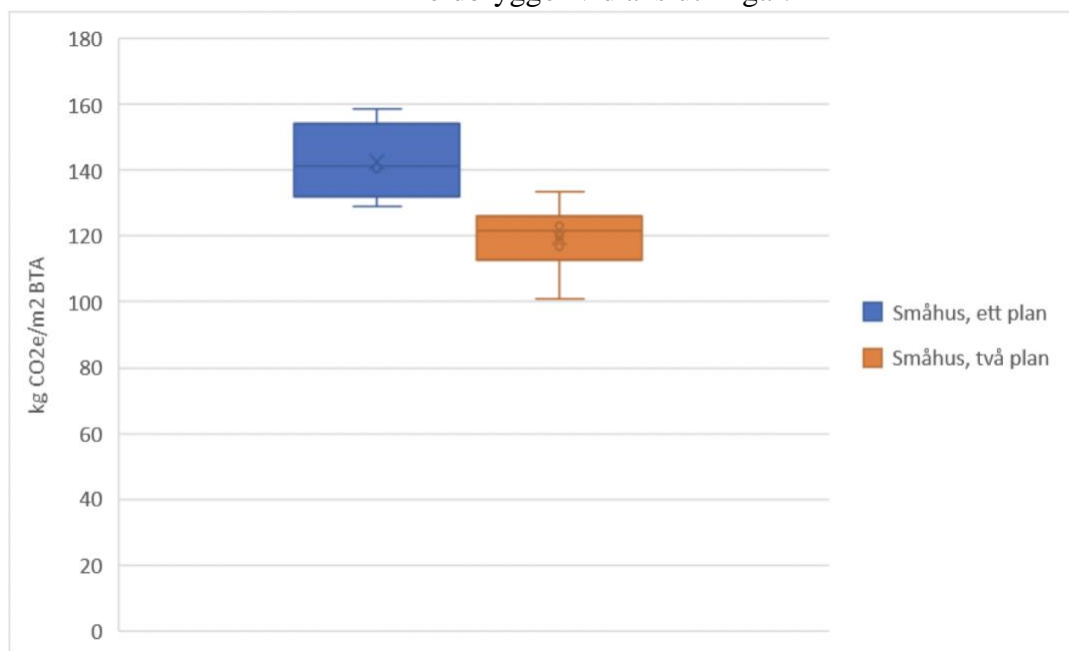
## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



Figur 2.9 - Klimatpåverkan av modulerna A1-A5 för olika byggnadstyper 2022 och 2027 (Malmqvist, Borgström, Brismark & Erlandsson 2021, s. 4)

I rapporten Malmqvist, Borgström, Brismark & Erlandsson (2021) skrivs det att betong i småhus står för ca 30% av husens totala klimatpåverkan. Isoleringen är ett material som också ha stor påverkan på klimatet och ansvarar i genomsnitt för ca 15% av den totala klimatpåverkan. Av den totala 15% av isoleringens påverkan på klimatet, bidrar isoleringen i småhus med 25%, dock är det viktigt att anmärka att några av småhusen i rapporten hade cellglasisoleringen i grunden i stället för betong vilket gör att isoleringen ansvarar för högre andel av den totala påverkan. (ibid.).

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



Figur 2.10 – (Malmqvist, Borgström, Brismark & Erlandsson 2021, s. 83)

En annan aspekt som granskades i rapporten (Malmqvist, Borgström, Brismark & Erlandsson 2021) var hur stora klimatpåverkningarna varierades om småhuset utfördes med en eller två våningar, se figur 2.10 ovan. Det kan tolkas från resultatet att klimatpåverkan bli mindre om småhuset utförs med två plan och författarna (ibid.) förklarar att detta kan beror på att eftersom klimatpåverkan räknas ut per bruttoarea, BTA, kommer betongplattan i grunden att ha större påverkan på ett enplanshus.

I en annan rapport ”Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus – LCA av fem byggsystem” av Erlandsson, Malmqvist, Francart och Kellner (2018) utförs LCA-beräkningar för ett flerbostads typhus där stomme varierar med de viktigaste variation för denna rapport till volymelement i trä och massiv stomme i KL-trä. Resultatet av rapporten, presenterades till att modulerna A1-A5, blev klimatpåverkan 223 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA för både volymelement i trä och KL-trä. De stora skillnaderna kunde hittas i de separata modulerna för volymelement och KL-trä då det för produktskede, A1-A3, låg klimatpåverkan på 176 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> och 167 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> respektive. För transporten, A4, blev det 18 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> och 19 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> respektive och för bygg och installationsprocessen, A5, låg klimatpåverkan på 29 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> och 37 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> respektive. Trots att det största fokuset i denna rapport ligger på småhus, kan det även vara av intresse att jämföra hur dess klimatpåverkan skiljer sig från eller förhåller sig till varandra.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



## 3 Metod

### 3.1 Beräkningar

Här redovisas de detaljerade metoder som använts i denna studie för modellering och beräkningar av köldbryggornas påverkan.

#### 3.1.1 U-värdes beräkningar

Med hjälp av principerna som redovisats kan U-värdet för de olika byggnadsdelarna i de tre konstruktionstyperna tas fram. Byggnadsdelarna i de tre alternativen har samma U-värde så att mer vikt kan läggas på energianvändningen som köldbryggorna genererar. Beräkningarna för U-värde görs med hjälp av ekvationen som presenteras nedan. Beräkningarna utförs i programmet Excel och resultatet kommer sedan att presenteras i avsnittet ”Resultat”. Sammanställning av de olika U-värde sammanfattas i bilaga B. De olika ekvationer nedan hämtas från ”Praktisk husbyggnadsteknik” (Sandin 2010, s. 55).

$$U\text{-värde: } U = \frac{1}{\Sigma R} \quad [W/m^2K]$$

Där  $R$  är materialets värmeövergångsmotstånd och kan ibland hittas för det enskilda materialet men kan också räknas fram med ekvationen

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2K/W]$$

Där  $d$  är materialets tjocklek i  $m$  och  $\lambda$  är materialets värmekonduktivitet mätt i  $W/mK$ .

Vid U-värdeberäkningar, är det enligt europastandard viktig att ta hänsyn till värmeövergångsmotstånden som finns både på insidan ( $R_{si}$ ) och utsidan ( $R_{se}$ ) (Sandin 2010, s. 40). Dessa presenteras nedan för olika konstruktionsdelar

$R_{se} = 0,04$	$[m^2K/W]$	ett värde för utomhusförhållanden
$R_{si} = 0,10$	$[m^2K/W]$	för takkonstruktioner
$R_{si} = 0,13$	$[m^2K/W]$	för väggkonstruktioner
$R_{si} = 0,17$	$[m^2K/W]$	för icke uppvärmda golv

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

För ytterväggar med sammansättningen träregel och isolering, kommer väggens  $U$ -värde att beräknas som en sammansättning av både  $\lambda$ -värdesmetoden och  $U$ -värdesmetoden eftersom den förstnämnda ger ett för högt  $U$ -värde och den andra ett för lågt (Sandin 2010, s. 52–54). Detta kommer att beräknas enligt formlerna nedan

$$U_{\lambda} = \frac{1}{\sum R} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$U_U = \alpha U_{isol} + \beta U_{trä} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$U_{med} = \frac{2U_{\lambda} \cdot U_U}{U_{\lambda} + U_U} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Värmeflödet i en platta på mark bli flerdimensionellt och på grund av markens värmeåtergång kommer värmeflödet från insidan att vara fasförskjutet jämfört med den temperaturdifferensen mellan inne- och uteluften (Sandin 2010). Beräkningarna för rapportens hus kommer att göras enligt ekvationerna från ISO 13307:2007 som presenteras nedan

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t}$$

$\lambda$  i denna ekvation syftar till markens värmekonduktivitet  $\text{W/mK}$ ,  $B'$  är den karakteristiska dimensionen av golvet och den sista termen,  $d_t$ , motsvarar golvets tjocklek. Ekvationerna för beräkningen av de ingående parametrar presenteras nedan

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}$$

Där  $A$  syftar på plattans area och  $P$  på omkretsen.

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$$

Termen  $w$  syftar till väggens tjocklek och  $R_f$  representerar värmeövergångsmotståndet i golvplattan.

Markegenskaperna för det område som huset är tänkt att utföras i, Malmö, består för djupet 0,0 – 4,4 m av friktionsjord som sand och block (Sveriges geologiska undersökning u.å.). För jordarten sand och block, ligger värmekonduktiviteten på  $\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$  (Sandin 2010, s. 47). Om dessutom dräneringsskiktet i grunden har en tjocklek på minst 150 mm, ska ytterligare ett tillägg på värmemotstånd på  $R = 0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  göras (Sandin 2010, s. 46).

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### 3.1.2 Köldbryggeberäkning

Beräkningen för respektive köldbrygga kommer genomföras med hjälp av Excel se bilaga C. Beräkningen kommer att utgå utifrån måttdefinitionen inre mått och beräknas enligt ekvationen nedan

$$\psi_i = L_{2D} - (U_{ref.} \cdot l_{ref.}) \quad [\text{W/mK}]$$

Där  $L_{2D}$ , är effektförlusten över den modellerade köldbryggan från programmet HEAT2,  $U_{ref.}$  är U-värdet för referensfallet och  $l_{ref.}$  är den invändiga längden enligt måttdefinitionen.

Vilket referensfall som används beror på vilken anslutning som undersöks. För anslutningarna i mellanbjälklaget såsom fönster, dörrar, balkong och mellanbjälklags anslutningen, blir det referensfall som köldbryggan kommer att jämföras med att vara en del av väggen för den aktuella hustypen samt en del av fönstret/dörren. För köldbryggeberäkningarna för grunden baseras referensfallet på en markbit med måtten 20 000 × 20 000 mm där en 4 000 mm lång betongplatta med 300 mm isolering placeras. Referensfallet för taket beräknas för en del av taket samt en del av väggen.

### 3.1.3 Klimatberäkningar

2 klimatberäkningar kommer att göras i denna rapport. En beräkning där fokuset enbart kommer att ligga på byggskedet, för stadierna A1-A5, för de olika materialen som används i de tre olika stomalternativen. Den andra klimatberäkningen kommer att likna den första men att även elens påverkan på klimatet under användningsskedet, Modul B, kommer att tilläggas. Med hjälp av Boverkets klimatdatabas (Boverket 2023a) kommer de olika materials potentiella klimatpåverkan för de olika stadierna att hittas och presenteras i sin helhet i Excelarken i bilaga D i slutet av rapporten. Från databasen hämtas även materialets densitet och tekniska livslängd som används för framtagningen av klimatpåverkan. De olika stadierna definieras enligt nedan i databasen som

A1-A3 – Byggproduktens klimatpåverkan GWP – GHG, konservativt värde

A4 – Transportens klimatpåverkan GWP – GHG

A5 – Byggspills klimatpåverkan GWP

Observera att i denna beräkning, läggs fokuset enbart på husets stomme och dessa delar presenteras i bilaga E i slutet av rapporten där byggnadsdelarna presenteras tillsammans med representerade material i databasen. Övriga detaljer som bultar, skruvar, papp, vattenavledandeplåt och insektsnät beaktas inte och detta görs som en avgränsning för att underlätta mängdning. I övrigt, hittas en lista med allt material som beaktas i bilaga E.

Den totala klimatpåverkan för varje stomme beräknas enligt formlerna nedan. Formlerna hämtas från en tidigare kurs ”Hållbart byggande” och är framtagen av föreläsaren Karin Farsäter (Lunds universitet, Canvas 2022):

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Klimatpåverkan utan hänsyn till elanvändningen

$$GWP_{tot} = \frac{GWP_A}{BTA} \quad [\text{kgCO}_2\text{e/m}^2\text{BTA}]$$

Klimatpåverkan men hänsyn till elanvändningen, under användningsskedet

$$GWP_{tot} = \frac{GWP_A + GWP_B}{BTA} \quad [\text{kgCO}_2\text{e/m}^2\text{BTA}]$$

Där:

$GWP_A$  – Den totala potentiella klimatpåverkan för samtliga material i varje byggnad

$GWP_B$  – Den totala potentiella klimatpåverkan av den köpta energin som hämtas från IDA ICE

$BTA$  – Byggnadens bruttoarea, vilket sätts till 144 m<sup>2</sup>

Den totala potentiella klimatpåverkan för samtliga material,  $GWP_A$ , beräknas i sin tur enligt nedan

$$GWP_A = \sum_{GWP} GWP_{m1} \cdot Mängd_{m1} \cdot \frac{B}{l_{m1}} + \dots + GWP_{m1} \cdot Mängd_{m1} \cdot \frac{B}{l_{mx}} \quad [\text{kgCO}_2\text{e/m}^2\text{BTA}]$$

Där:

$GWP_{m1}$  – Klimatpåverkan för material 1 för stadierna A1-A5 enligt Boverkets klimatdatabas

$Mängd_{m1}$  – Mängden av material 1 angiven i kg. Fås fram med hjälp av volymen/arean för materialen som tas fram med beräkningar och omräkningsfaktorn/densitet som fås från databasen.

$B$  – Byggnadens livslängd som sätts till 100 år för de olika byggnader i rapporten.

$l_{m1}$  – materialets antagna livslängd, antaget med hjälp av de tekniska livslängd som ges i databasen.

Den totala potentiella klimatpåverkan av den köpta energin,  $GWP_B$ , tas fram enligt

$$GWP_B = GWP_{sv,el} \cdot E_{el} \cdot B \quad [\text{kgCO}_2\text{e/m}^2\text{BTA}]$$

Där:

$GWP_{sv,el}$  – Den potentiella klimatpåverkan för elanvändningen som fås från databasen som "Elektricitet, svensk elmix".

$E_{el}$  – Summan av den köpta energin i de olika byggnaderna från IDA ICE.

$B$  – Byggnadens livslängd, 100 år.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## **3.2 Datorprogram**

### **3.2.1 HEAT2**

Heat Transfer in 2 dimensions, är ett program som beräknar transienta och stationära värmeflöden i fasta material, (Blomberg 1996). Programmet används framför allt för att beräkna linjära köldbryggor, värmeförluster från huset till grunden, värmetransporten från hörn kring fönster (ibid.).

### **3.2.2 IDA ICE**

IDA Indoor Climate and Energy är ett simuleringsprogram som tar fram en byggnads energiprestanda där byggnaden kan modelleras med hänsyn till geometrin: väggarnas värmetransport beräknas i 1D medan soltransmissionen beräknas i 3D, VVS-systemet samt styr och reglersystemet kan inkluderas i modelleringen så att huset liknar verkligheten (EQUA u.åb.). Med hjälp av en planritning till exempel från AutoCAD eller Revit, kan huset modelleras i programmet med möjlighet till olika zonindelningar där de olika material för konstruktionen kan läggas in (ibid.). Efter att huset är uppbyggt med de rätta materialen, kan huset energianvändningen tas fram.

## **3.3 Standarder och certifieringar**

### **3.3.1 ISO-certifiering**

Med hjälp av förenklade metoder från SS-EN ISO 14683:2017, kan de linjära köldbryggor som kan uppkomma i byggnaden beräknas. Som en vidare analys i denna rapport, kommer de beräknade köldbryggorna för de bestämda anslutningarna att jämföras med de som används i ISO standarden för att se hur dessa varierar i förhållande till varandra. I programmet IDA ICE används standarden ISO 10211:2017 (EQUA u.åa.) vilket kommer vara av intresse för att kunna jämföra de framtagna köldbryggorna från rapporten med de som används i programmet. Beräkningarna av köldbryggorna bygger på beräkningsmetoder som är hämtade från standarden SS-EN ISO 13789:2017, beräkningsmetoder för byggnadens termiska egenskaper. Standarden innehåller föreskrifter angående måttdefinitioner samt formler för beräkning av köldbryggor.

### **3.3.2 Miljöbyggnad**

I certifieringen skrivs det att för nivåerna Brons och Silver kan ett påslag på minst 30% av transmissionsförluster läggas på för de geometriska köldbryggorna medan för nivå Guld, ska detta påslag räknas fram med ett beräkningsverktyg (Sweden Green Building Council 2022b). De olika byggnaderna som projekteras i rapporten kommer således att projekteras, med hänsyn till köldbryggor, på nivå Guld då dessa framtas med programmet HEAT2. Detta certifieringsverktyg valdes eftersom det används av många byggföretag i Sverige och rapportens mening är att kunna vara applicerbar av byggnader under svenska förhållande.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

När det i stället gäller byggnadens årliga energianvändning i enlighet med Miljöbyggnad, ställs det som krav att för nivå Brons ska det räcka att förhålla sig till BBR:s energikrav för byggnader (Sweden Green Building Council 2022b). För nivå Silver, ska den årliga energianvändningen ligga på 80% av BBR:s energikrav medan nivå Guld sträcker sig till att upprätthålla 70% av BBR:s krav (ibid.).

För klimatpåverkan, ska det för nivå Brons räcka med att redovisa livscykelmodulerna A1-A5 för byggnadens klimatpåverkan med hjälp av klimatdeklarationen från BBR (Sweden Green Building Council 2022b). Nivå Silver görs bättre genom att försöka uppnå en 10% lägre påverkan än medianen för byggnadstypen, i detta fall småhus, och i nivån Guld ökas denna procent till 15% (ibid.). Klimatpåverkan för modulerna A1-A5 för småhus ska därmed ligga på 120 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA för Silver och 110 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA för Guld (ibid.). Det ska dessutom för nivå Guld, redovisas klimatpåverkan för byggnaden under hela livscykeln (ibid.).

### 3.4 Klimatberäkning

För rapporten, kommer Boverkets klimatdatabas (Boverket 2023c) att användas för att ta fram klimatpåverkan från de olika byggnaderna. Viktigt att anmärka här att Boverket beräkning av den totala klimatpåverkan för de olika modulerna och material enbart avser byggskedet. Hänsyn tas även inte till de ingående materialens livslängd jämfört med byggnadens planerade livslängd. Elanvändningen tas inte heller med i denna beräkning då livslängden på byggnaden inte är definierad. Dock kommer rapporten att presentera båda typer av klimatpåverkan: en som inte tar hänsyn till elanvändningen och en som tar hänsyn till elanvändningen. Den första görs för att kunna jämföra den framtagna klimatpåverkan med värde från andra rapporter och kravet från Miljöbyggnaden medan den andra görs för att kunna applicera elens påverkan på klimatet eftersom elanvändningen är ett stort fokus i rapporten.

## 4 Uppbyggnad av husen

I detta kapitel, kommer de tre olika husen som ska jämföras i projektet att presenteras. De ingående materialen och delarna av konstruktionerna ska redovisas. De delarna som kommer undersökas är delar så som vägguppbyggnad, grunden, mellanbjälklaget samt de olika anslutningar. De valda anslutningar som arbetet lägger fokus på är enligt följande

- Takets anslutning till ytterväggen
- Ytterväggens anslutning till mellanbjälklaget
- Balkongens anslutning till ytterväggen
- Fönster och dörranslutning i ytterväggen
- Hörnanslutning av ytterväggarna
- Ytterväggen sanslutning till grunden

De olika detaljerna och anslutningarna kommer utföras på ett sådant sätt att de är lufttäta och fuktsäkra. För en större upplösning, se bilaga F för alla anslutningar.

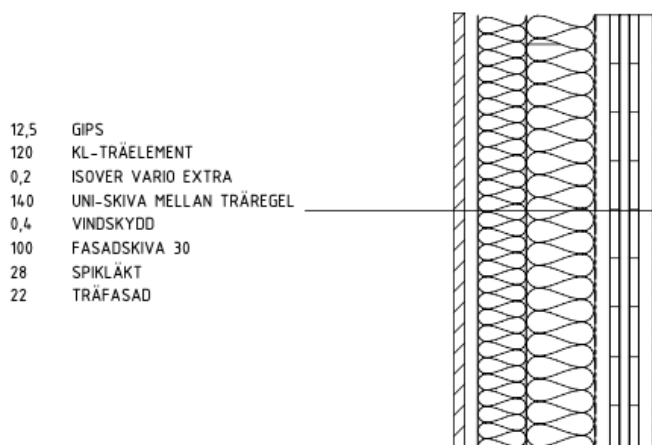
### 4.1.1 Vägguppbyggnad

Då jämförelsen mellan de olika stomsystemen enligt ovan bygger på att väggelementen har ett så likvärdigt U-värden som möjligt, utgår uppbyggnaden av väggelementen utifrån detta.

#### 4.1.1.1 KL-trävägg

Uppbyggnaden av huset i KL-trä är baserad på en liknande modell från tillverkarna Saint-Gobain (Saint-Gobain u.å.) och utförs enligt figur 4.1 nedan. Väggen består invändigt av ett lager gips på 12,5 mm vilket sedan följs av ett 5-skikt 120 mm KL-trä med följande tjocklek på lamellerna: 30-20-20-20-30 mm. Därefter läggs en 140 mm isolering med stående regler bakom. Ångspärren mellan dessa två skikt har till uppgift att lufttäta och skydda mot fukt som vill tränga igenom och ur byggnaden. Vindskivan ska i sin tur skydda mot vind men fungerar även som fuktskydd. Den 100 mm fasadskivan kommer att hjälpa till med vattenavvisningen och skydda trädetaljerna i väggen som blir torrare och varmare (Arfvidsson, Harderup & Samuelson 2017, s. 191). Luftspalten i väggen har i uppgift att bland annat tryckutjämna, ventilera och dränera. Med de ingående delarna i väggen, får ytterväggen en sammanlagd tjocklek på ca 422 mm.

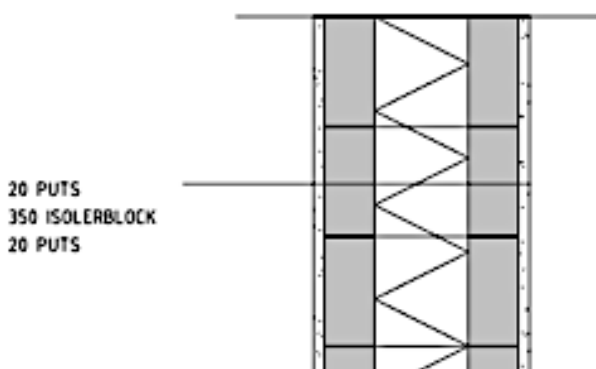
## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



Figur 4.1 - Illustration av KL-träväggens uppbyggnad

### 4.1.1.2 Lättbetongvägg

För huset som uppförs av lättbetong väljs ett isolerblock av lättklinker med inspiration från Isolerblock Exakt från tillverkaren Finja (Finja u.å.), se figur 4.2 för en illustration av uppbyggnaden. Isolerblock Exakt används i villor enligt tillverkaren med krav på energieffektivitet (ibid.). Blocket har en kärna av cellplast vilket tillsammans med lättklinkern ger låga U-värden. Den färdiga väggen byggs upp av isolerblock med bredden 350 mm som sedan putsas ut- och invändigt med en tjocklek på 20 mm vardera sida, detta enligt anvisningar från tillverkaren. Detta ger en sammanlagd vägg tjocklek på 390 mm.



Figur 4.2 – Illustration av lättbetongväggens uppbyggnad

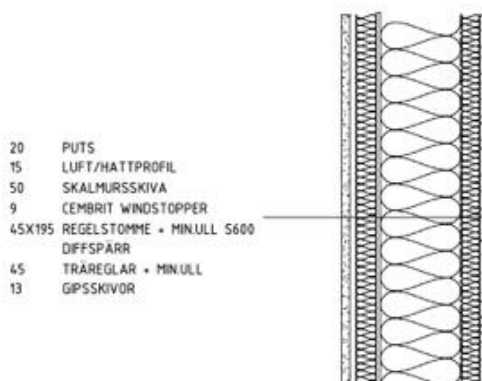
### 4.1.1.3 Träregelvägg

Uppbyggnaden för träregelväggen är baserad utifrån referensprojektet från Structor och presenteras i figur 4.3 nedan. Den totala vägg tjockleken för denna konstruktion hamnar på 347 mm. Konstruktionen utförs med 3 lager isolering som presenterat innan nämligen: 50 mm skalmursskivan, 195 mm isolering mellan de stående bärande regler



## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

och 45 mm liggande reglar med mellanliggande isolering. Luftspalten har samma funktion som KL-träväggen. Observera att i de kommande figurerna för träregelstommen, illustreras inte de liggande 45 mm reglar som finns i väggen, utan enbart isoleringen ritas ut.



Figur 4.3 - Illustrationen av träregelväggens uppbyggnad

### 4.1.2 Ytterväggens anslutning till grunden

I denna studie granskas 2 alternativa uppbyggnader för grundkonstruktionen, en platta på mark och en grund utförd med KL-trä. Det är ett vanligt koncept idag att använda platta på mark som grund för byggnader som byggs med de valda stommarna. Grunden utförd i KL-trä är en nyare metod som är av intresse att granskas för KL-trästomme och därför kommer även detta alternativ presenteras. Anslutningarna mellan väggen och platta på mark för lättbetongväggen och träregelväggen redovisas nedan. Därefter kommer KL-träanslutningen att presenteras med båda grundalternativ där en av dessa slutligen väljs.

#### 4.1.2.1 Platta på mark i anslutning till träregel-, lättbetong- och KL-trävägg

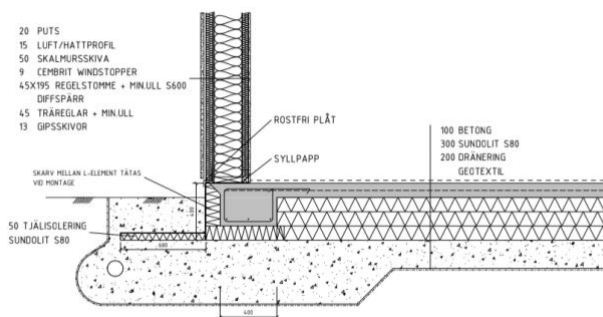
Den vanligaste grundläggningsmetoden är som tidigare nämnts platta på mark vilket är ett betonggolvet som gjuts direkt på marken med isolering antingen under eller ovanför plattan. Metoden förses även med en kantbalkisolering som har till uppgift att värmeisolera medan kantbalken ska ta ner huset laster till grunden, ett dränerande skikt och en dräneringsledning för att leda bort det fria vattnet (Sandin 2019, s. 38 – 40). Det dränerande skiktet verkar och kapillärbrytande och förhindrar uppsugning av vattnet i marken intill byggnaden (ibid.).

Isoleringen i grundkonstruktionen kan antingen läggas ovanpå eller under betongplattan innan de dränerande och kapillära skikten. I det studerade huset kommer plattan att utföras med underliggande isolering. Detta för att plattan blir varmare vilket gör att mätnadsånghalten blir högre samt att det även kommer att uppstå en temperaturgradient över isoleringen (Sandin 2010, s. 146). Grunduppbyggnaden presenteras i figurerna 4.4, 4.5 och 4.6 nedan med en 100 mm betongplatta, 300 mm isolering och 200 mm makadam. Det skiljer sig 100 mm mellan marknivån och

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

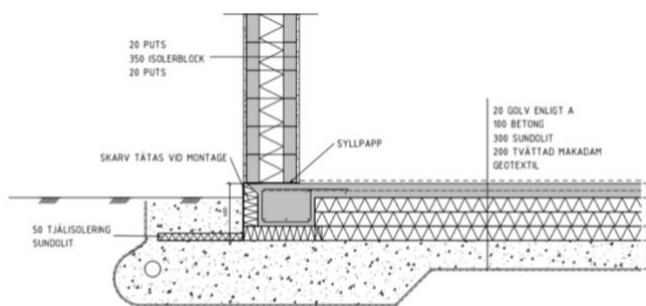
sockelhöjden för att hindra att markfukten och regnstänk kommer i kontakt med väggen.

Figur 4.4 nedan illustrerar träregelväggs anslutning mot grunden. Syllpappen används för att förhindra att det organiska materialet i väggen kommer i direkt kontakt med betongplattan och påverkas av fukt. En vattenavledande plåt sätts fast mot vindskyddet för att leda ut det vattnet som ta sig in till luftspalten och skalmursskivan.



Figur 4.4 - Platta på mark med träregelvägg anslutning

I figur 4.5 nedan, demonstreras hur anslutningen sker mellan en lättbetongvägg och platta på mark. Detta görs nästan liknande som för träregelväggen med syllpappen mellan yttreväggen och klacken. Det rostfria stålet, för vattenavvisningen, behövs inte i denna lösning eftersom putsen är tänkt att göra konstruktionen mer vattentätt samt att väggen i lättbetong inte har någon luftspalt där vattnet kan tränga in.



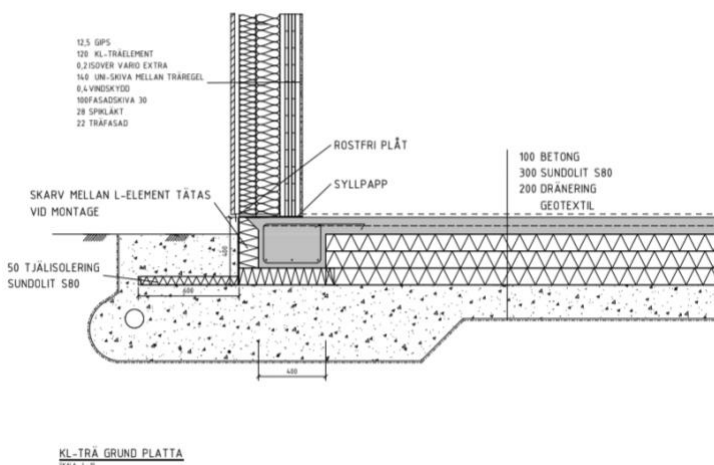
LÄTTBETONG GRUND

Figur 4.5 - Platta på mark med lättbetonganslutning

I figur 4.6 nedan, presenteras anslutningen för KL-trävvägg mot en platta på markkonstruktion. Detta utförande är mer lik anslutningsdetaljen mellan träregelväggen där syllpapp läggs mellan ändarna för att skydda mot den fuktiga

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

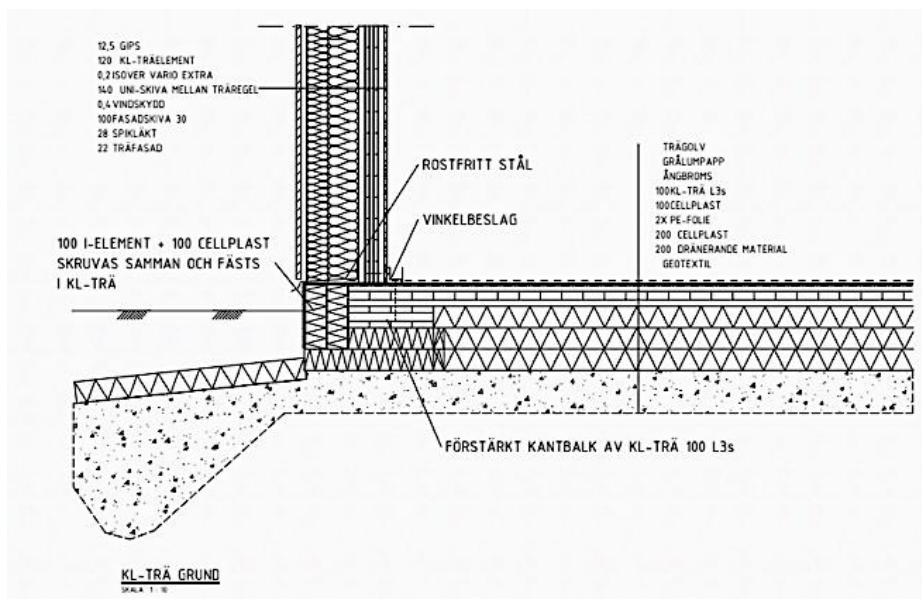
betongsulan. Avrinningsplåten läggs även här med för att ta ut det vattnet som ändå tränger sig in i konstruktionen via luftspalten.



Figur 4.6 - Platta på mark med KL-träanslutning

### 4.1.2.2 KL-trä grundanslutning

Denna uppbyggnad har tagit inspiration från projektet Villazero som presenterades under avsnitt 2.7.2.1 ”Grundkonstruktion” och presenterades i figur 2.5. För byggnaden i denna rapport, har modifieringar gjorts för anslutningen för en KL-trävägg mot grunden enligt figur 4.7 nedan.



Figur 4.7 - KL-grund i anslutning till KL-trävägg

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Denna grunddetalj byggs upp av 200 mm makadam, 200 mm isolering, dubbla lager plastfolie och ytterligare en 100 mm isolering innan ett 100 mm L3s, 3 lager, KL-trä läggs på. Kantelementet för grunden görs med ett ytterligare 100 mm tjock KL-träelement och I-elementet i sockeln förstärks med  $2 \times 100$  mm cellplast. Slutligen dras ångbromsen och pappen längs med hela golvet och väggen förses på liknande sätt med ett rostfritt stål.

Då grund idén av rapporten är att kunna undersöka de lösningar som används på de flesta byggnader i dagsläge, är metoden med KL-trägrund inte applicerbar då den är en förhållandevis ny metod med inte många exempelbyggnader. Det blir då svårt att veta hur länge en sådan grund håller och därmed väljs alternativet med platta på mark i betong för KL-trä grunden då den metoden är mer beprövad.

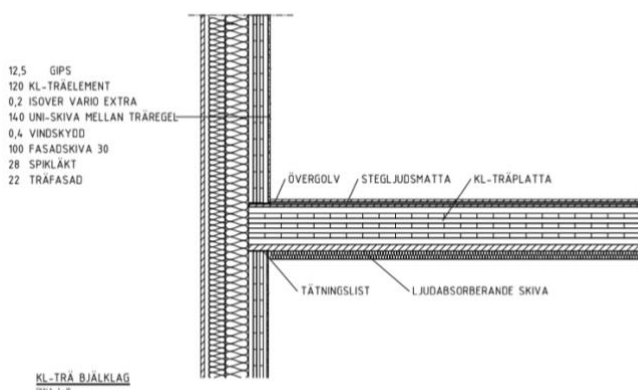
### 4.1.3 Mellanbjälklagets anslutning till ytterväggen

Nedan redovisas anslutningen för mellanbjälklaget och ytterväggen för de tre stomvalen. För stommarna i träregel och lättbetong, utgörs mellanbjälklaget av en betongplatta medan för KL-trä, är mellanbjälklaget uppbyggt av KL-trä.

Träregelstommen utförs med betongbjälklag i stället för ett träbjälklag eftersom stommen i rapporten följer referensobjektet från Structor.

#### 4.1.3.1 KL-trä

I den första anslutningen, utförs KL-träbjälklaget enligt figur 4.8 nedan där båda isoleringslager i ytterväggen fortsätter oavbruten förbi bjälklaget. Bjälklaget byggs upp av ett 7 lager KL-träplatta med tjocklek 230 mm med måtten 40 – 30 – 30 – 30 – 30 – 30 – 40 mm.



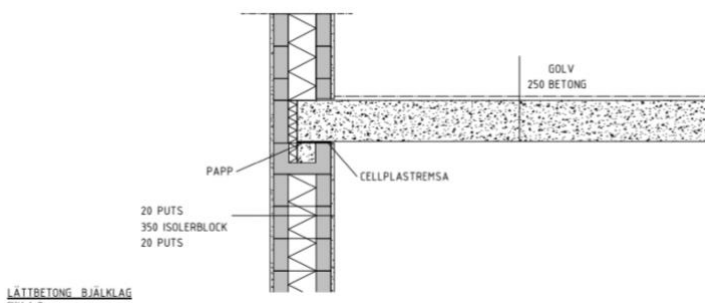
Figur 4.8 – Yttervägg av KL-trä som ansluts till en KL-trä mellanbjälklag

På undersida av KL-träplattan, finns en 50 mm ljudabsorberande skiva och över plattan en stegljudsmatta och övergolvet. Bjälklaget sätts fast i ytterväggen med hjälp av en träskruv från övre och underväggen, detta är dock inte redovisat i figuren ovan. Mellan bjälklaget och den bärande väggkonstruktionen fästes en tätningsslist för att hindra läckage.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### 4.1.3.2 Lättbetong

Lättbetongväggens anslutning mot betongbjälklaget utförs enligt figur 4.9 nedan. Det understa isoblocket byts ut mot ett U-block som fylls av 112 mm, i bredd, av betong och 50 mm isolering. Betongen läggs här för att kunna bära upp de lasterna som kommer från bjälklaget och fungerar som ett bra upplag. Detta möjliggör även att armeringen kan enkelt fästas i båda betongelementen för bättre infästning.



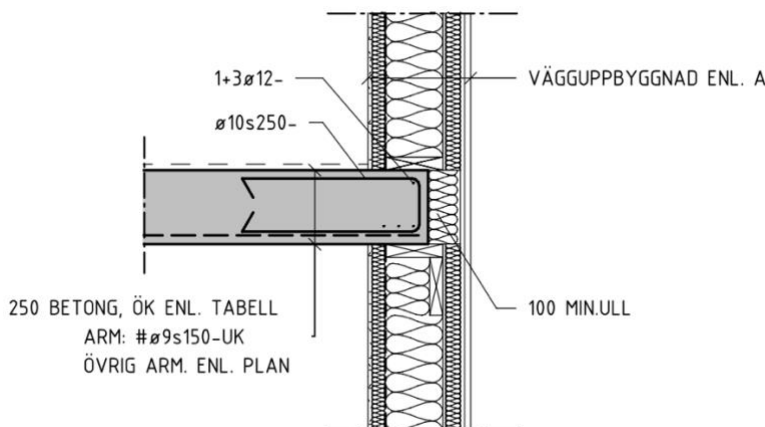
Figur 4.9 – Yttervägg av lättbetong som ansluts till ett mellanbjälklag av betong

Anledningen till att inte hela U-blocket är fyllt med betong är för att kunna få en oavbruten isolerlager bakom bjälklaget för att minimera köldbryggan. Mellan betongbjälklaget och lättbetongen, in mot huset, sätts en cellplastremsa för att hindra värmetransporten in till väggen. Mellan betongbjälklaget och betongen i U-blocket sätts papp för att täta till ytterligare.

### 4.1.3.3 Träregelvägg

Figur 4.10 nedan, hämtas från ett referensprojekt från Structor med ett mellanbjälklag av betong och stomme av träregel. Betongen vilar på en liggande träregel med mått  $45 \times 195$  mm och också vila på en  $45 \times 195$  mm liggande regel. Det är viktig att plastfolien, som ligger mellan 45 mm träregel med isolering och 195 mm trästommen, dras runt bjälklaget för att undvika att de organiska träreglarna kommer i direktkontakt med betongen. Här är uppkomsten av köldbryggan minimerad genom att lägga till ett 100 mm isolering förbi bjälklaget.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



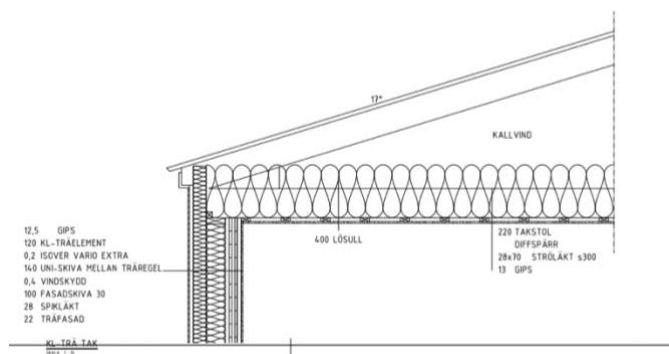
Figur 4.10 – Yttervägg av träregel som ansluts till ett betongbjälklag (ritning från Structor)

### 4.1.4 Takanslutning

Takupbyggnaden utförs utifrån referensprojektet som ett sadeltak med fackverkstakstolar. De bärande takstolarna är av W-takstol i limträ med en tjocklek på 220 mm med mellanliggande isolering av mineralull. Ovan takstolarna isoleras vinden med ovanliggande mineralull på 180 mm. Innertaket utformas invändigt med 13 mm gips, 28 × 70 mm ströläkt med cc avstånd på 300 mm samt plastfolie som fästes i takstolarna. Se figurerna 4.11-4.13 för en illustration av takupbyggnad för de olika stomsystemen. Nocken stängs av från smuts och dylikt med hjälp av träplank och insektsnät. Taktäckningen består utifrån av plåttak, papp med underliggande 22 mm råspont, dock ritas inte detta ut i figurerna. Nedan presenteras de olika stommarnas anslutning till detta tak med en kort beskrivning till varje.

#### 4.1.4.1 KL-träanslutning

I figur 4.11 nedan, presenteras ytterväggensanslutning till taket för huset uppfört i KL-trä. Bakom KL-träelement placeras en 45 × 145 mm hammarband som håller ihop reglarna i väggen. Plastfolien som ligger bakom KL-träelementet i väggen dras över hammarbandet och hålls på plats av en 45 × 45 mm regel.

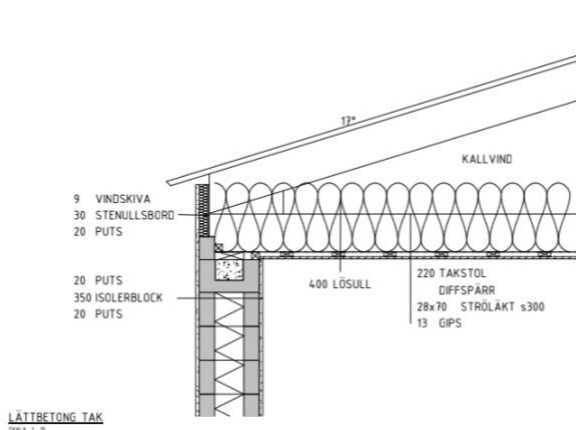


Figur 4.11 - KL-träväggens anslutning till taket

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### 4.1.4.2 Lättbetonganslutning

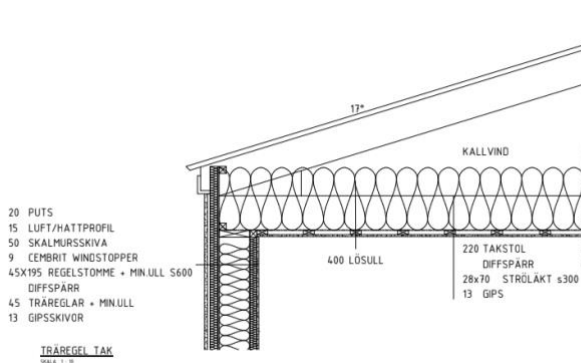
Anslutningen för lättbetongstomme utförs enligt figur 4.12 nedan med liknande princip som bjälklagsanslutning med U-blocket. I U-blocket placeras betong med armering för bättre infästning och upplag. Plastfolien läggs dels mellan blocket och hammarband för att skydda den mot fukt, dels över hammarbandet och över lecablocket för att skydda isoleringen och vindskivan.



Figur 4.12 - Lättbetongväggens anslutning till taket

### 4.1.4.3 Träregelelslutning

Anslutningen mellan träregeleväggen och taket har en liknande utformning som för KL-trävägg, se figur 4.13 nedan, med plastfolien som dras över hammarbandet och hålls på plats med en 45 × 45 mm regel. En 45 × 45 mm regel sätts fast i vindskivan för att göra skivan mer stabil.



Figur 4.13 - Träregeleväggens anslutning till taket



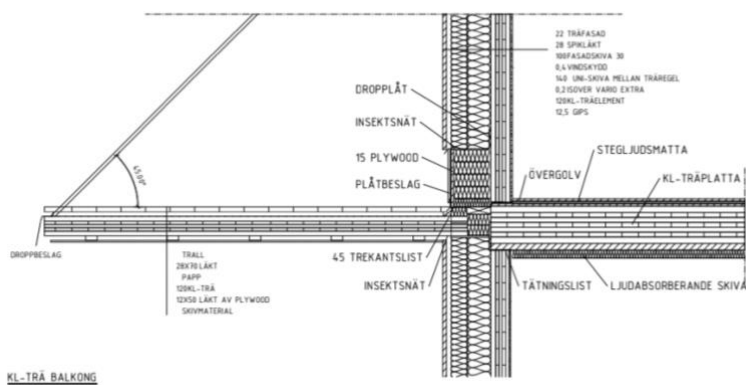
## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### 4.1.5 Balkonganslutning

Balkongen för KL-trästommen utförs av ett KL-träelement medan den för lättbetong- och träregelhusen utförs i enlighet med referensprojektet från Structor, med balkongplattan av betong.

#### 4.1.5.1 KL-träanslutning

KL-träanslutningsdetaljen utförs i enlighet med figur 4.14 nedan, med inspiration från rapporten från Eriksson och Moberg (2022), som presenterades under avsnittet ”Litteraturstudier, anslutningsdetaljer”. Balkonglösningen görs här med dragstag och KL-träplatta med en trätrall och behandlat läkt över. För att skydda anslutningen mot fukt och smuts, sätts en droppplåt mot KL-trä väggelementet, innan isolerskiktet påbörjas. Ett insektsnät används i väggen för att hindra skadedjur från att tränga in till konstruktionen. Insektsnätet sätts även under balkongen, under plattan och mot väggen. Ångspärren som finns bakom KL-trä väggelementet förlängs under de liggande isolerskivorna och ut under trallen hela vägen till kanten där ett droppbeslag finns.



Figur 4.14 – Illustration av balkonginfästningen i KL-trästommen

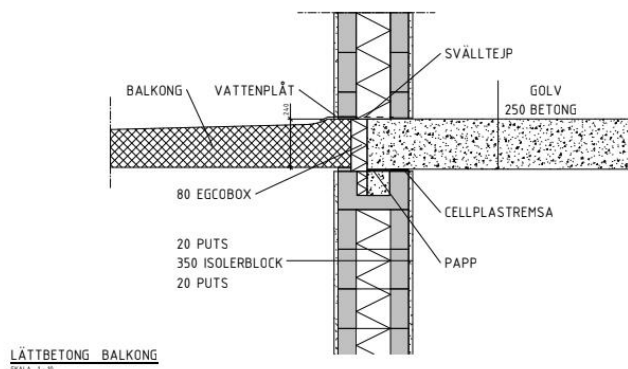
De liggande isolerskivorna stängs av mot utsidan med hjälp av en 15 mm plywoodskiva och i sin tur skyddas mot den fuktiga förhållande av plåtbeslag. Det är inte illustrerad i bilden men balkongen monteras med en lutning på 1: 100 för att undvika stillastående vatten samt att ett räcke finns omkring.

#### 4.1.5.2 Lättbetonganslutning

Lättbetongstommen utförs med en betongbalkong, vilken liknande som för KL-trä konstruktionen har en lutning på 1: 100, se figur 4.15 nedan där lutningen kan tydlig anmärkas. Svälltejp läggs längs med ovansidan i väggen, över anslutningen mellan balkongen och bjälklaget, för att hålla den delen vattentät. Anslutningen förses även med en vattenplåt i ändan, för att leda bort vattnet som träffar väggen, ner till balkongplattan.



## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

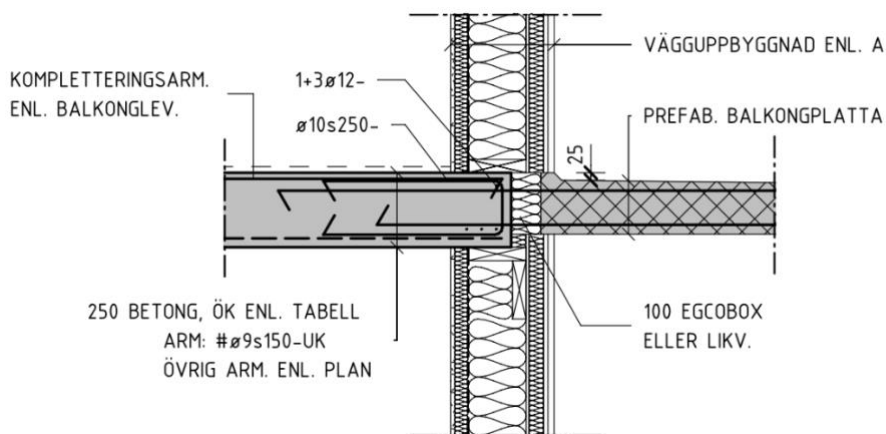


Figur 4.15 - Illustration av balkonginfästning i lättbetongstommen

För att förbättra (minska) köldbryggan i denna anslutning, kompletteras anslutningen med en 80 mm Egcobox som ligger i linje med isolering i U-blocket som ligger på undersidan. Egcoboxen görs med stenull vilket ger både en bra isoleringsförmåga och brandskydd (MAX FRANK u.å.).

### 4.1.5.3 Träregelanslutning

Den sista balkonganslutningen, för träregelstommen, illustreras i figur 4.16 nedan för anslutningen mellan betongbalkong och betongbjälklaget. Denna anslutning liknar den för lättbetong, som presenterades precis ovan, med Egcoboxen mellan plattorna och upphöjningen precis vid väggen. Dock i detta fall används 100 mm Egcobox och upphöjning från balkongen är 25 mm. Lutningen på 1: 100 illustreras inte lika tydlig i anslutningen men det ska utföras så som för de andra anslutningarna. Plastfolien dras mellan reglarna och bjälklagsplattan, både på den övre och under plattan, för att skydda träet från fukten från betongen.



Figur 4.16 – Illustration av balkonginfästning i träregelstommen (Ritning från Structor)

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

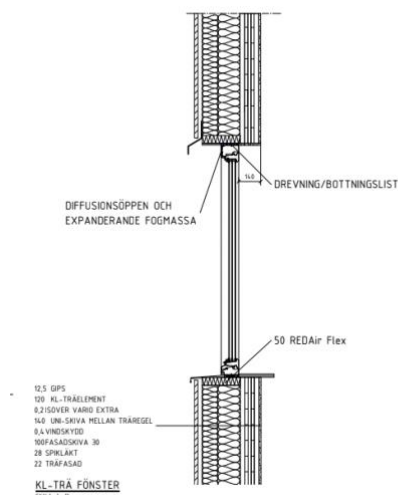
### 4.1.6 Fönster och dörrar

Alla fönster i de tre alternativa byggnaderna utförs som 3-glasfönster med den sammanlagda U-värde för glaset och ramen på  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Samma storlek används på alla fönster och placeras med en bröstningshöjd på 600 mm i bottenvåningen och 3600 mm i övervåningen. Fönsterdjupet är satt till 140 mm in i väggen, från innerväggen, på alla tre alternativ då placeringen har betydelse på köldbryggan och fuktsäkerheten. Samma principer tillämpas för dörrarna i de tre byggnaderna med skillnad i att tröskelhöjden för dörrarna sätts till 15 mm. Fönstermodellen hämtas från producenten Nordiska Fönster (u.åa.) och dörrmodellen hämtas från samma producent Nordiska Fönster (u.åb.).

Fönstrets anslutning till ytterväggen presenteras nedan för de olika stomalternativen. Notera att enbart fönstrets anslutningar presenteras då det är tänkt att utföra anslutningen mellan dörrarna och ytterväggen på liknande sätt så inga figurer kommer presenteras för de anslutningarna.

#### 4.1.6.1 KL-träanslutning

Anslutningen mellan KL-trättyttväggen och fönster presenteras i figur 4.17 nedan. Fönstret dras som tidigare nämnt i 140 mm från innerväggen och isoleras kring karmen av 50 mm REDair Flex som är isolerande, ökar brandsäkerheten och fuktavvisande (ROCKWOOL u.å.). Plastfolien som finns bakom KL-träväggelementet förlängs förbi och över, respektive under beroende på om det är över- eller underkarmen som granskas, REDair Flex fram till karmens slut, se figur 4.17 nedan. Mellan karmen och ytterväggen på både över och under delen, förses mellanrummet av drevning medan fogmassa används i övre delen enbart. Drevningens uppgift är att minimera värmetransporten från insidan och ut medan fogmassan används för att lufttäta spalten (Sandin 2019, s. 84).



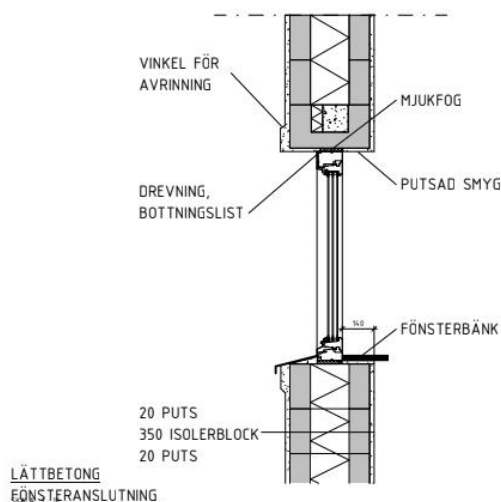
Figur 4.17 - Fönsteranslutning i en KL-trästomme

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Över fönstret sätts en vattenavvisande plåt fast i fasadskivan för att hjälpa till med att leda ut vatten som tagit sig in till i luftspalten. Det är även viktigt att fönsterblecken som finns i botten av fönstret appliceras med en lutning, inte så tydligt inritat i figuren ovan, så att regnvatten och dylikt kan ledas ifrån anslutningen.

### 4.1.6.2 Lättbetonganslutning

Fönsteranslutningen för lättbetongstommen presenteras i figur 4.18 nedan med putsad smyg och vinkel för avrinning på putsen. Anslutning förses även med drevning, mjukfog och fönsterbleck med samma funktion som för KL-trä fönsteranslutning ovan. Under fönsterblecken, läggs en del puts för att skydda drevningen och fogen.

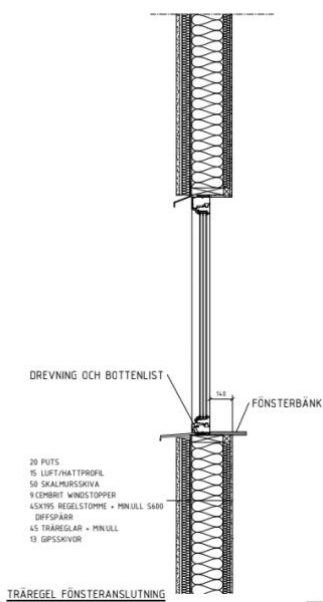


Figur 4.18 - Fönsteranslutning i en lättbetongstomme

### 4.1.6.3 Träregelvägg anslutning

Den sista fönsteranslutningen, i träregelstommen, presenteras i figur 4.19 nedan. Fönsterkarmen sätts fast både uppe och nere med hjälp av en 45 × 195 mm regel. På regeln fästs en vattenavledande plåt på ovansidan för att leda bort vattnet som kommer in i konstruktionen. Plastfolien som finns bakom 45 mm isoleringen dras över träregeln och mellanrummet mellan karmen och väggen förses med drevning och bottningslist, precis som för de andra fönster. Fönsterblecken utförs här också med en lutning.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



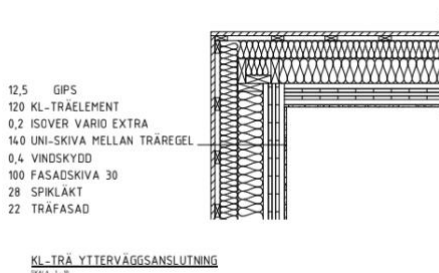
Figur 4.19 - Fönsteranslutning i en träregelstomme

### 4.1.7 Yttervägg till yttervägganslutning

Den sista anslutningsdetaljen som granskades i denna studie är anslutningen mellan ytterväggshörnen. I denna del kommer alla tre hörnanslutningarna att presenteras. Figureerna som tillkommer är ritade med vyn ovanifrån.

#### 4.1.7.1 KL-trävägg

Första hörnanslutningen presenteras nedan i figur 4.20, för ytterväggar av KL-trästommen. Viktigaste i en sådan anslutning är att se till att de liknande delarna går ihop utan avbrott.

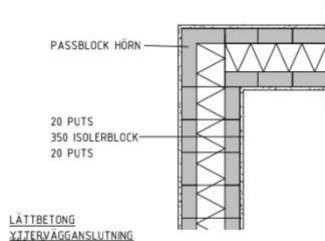


Figur 4.20 – Illustration av KL-trä ytterväggsanslutningen

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

#### 4.1.7.2 Lättbetongvägg

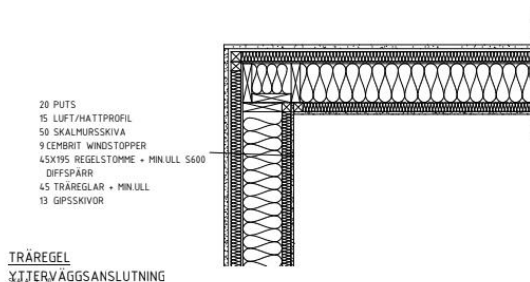
Anslutningen för hörnen för lättbetonghörnen presenteras i figur 4.21 nedan där ett hörnblock används för att säkerställa att isoleringslagret fortsätter kontinuerligt längs med väggen för att minimera köldbryggan.



Figur 4.21 - Illustration av lättbetongens ytterväggsanslutning

#### 4.1.7.3 Träregelvägg

Inspirationen för anslutningen mellan träregelväggarna hämtas från Träguiden (Träguiden 2015) och modifieras för att kunna appliceras i projektet, se figur 4.22 nedan för illustrationen. Samma princip används här som för KL-träanslutningen att se till att liknande delar går ihop och att hörnen blir styva.



Figur 4.22 - Illustration av träregelväggens ytterväggsanslutning

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## 4.2 Simuleringar

I följande delkapitel presenteras indata, antaganden och de genomförda avgränsningarna för att kunna ta fram köldbryggor i programmet HEAT2 och simulera energianvändningen i IDA ICE för de tre olika stomvalen.

### 4.2.1 HEAT2

I programmet HEAT2 modelleras anslutningsdetaljerna för de olika husen för att beräkna köldbryggorna. Från HEAT2 fås värmeflödet över den uppritade detaljen vilken tillsammans med referensfallet sedan används för att beräkna köldbryggan över anslutningen enligt ekvation 1.

#### 4.2.1.1 Randvillkor och gränsförhållanden

Köldbryggeberäkningarna är genomförda med randvillkor och gränsförhållanden enligt ISO 6946:2017 standarden för byggkomponenter och byggnadsdelar. I tabell 4.1 nedan redovisas indata för beräkningarna i HEAT2.

Tabell 4.1 Gränsförhållanden och randvillkor vid beräkningar för köldbryggor i HEAT2

Gränsförhållanden	Värmemotstånd, m <sup>2</sup> K/W	Beräkningstemperatur
Extern standard	0,04	- 10 °C
Inomhusstandard	0,13	+ 20 °C
Inomhus - Tak	0,10	+ 20 °C
Inomhus - Golv	0,17	+ 20 °C
Mark	0	- 10 °C
Symmetri/delsektion	$q = 0 \text{ W/m}^2$	-

#### 4.2.1.2 Gitterfördelning och avvikelse

Programmet beräknar temperaturer och värmeflöden i celler fördelade som ett rutnät över konstruktionen. Detta rutnät kallas för ett beräkningsgitter. Maximala antal celler har i beräkningarna satts till 200 vilka fördelas över gittret. I en noggrannhetsundersökning där gitterfördelningen ändrades till 400, utgjorde inte denna ändring någon större skillnad på det utmatade resultatet. Hörndetaljen i lättbetonghuset beräknades med en 200 respektive 400 mesh vilket resulterade i en köldbrygga på 17,210 W/mK respektive 17,213 W/mK vilket resulterar i en skillnad på 0,003 W/mK. Den valda gitterfördelningen, på 200, ansas därmed ger ett tillräckligt noggrant resultat.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### **4.2.1.3 Förenklingar och avgränsningar vid uppförandet av modeller**

Vid uppförandet av beräkningsmodellerna i HEAT2 har olika förenklingar och avgränsningar gjorts.

I köldbryggeberäkningarna har enbart klimatskalet undersökts. En av förenklingarna som genomfördes vid uppbyggnaden av HEAT2 modellerna är att endast ta med de delarna som står för den största delen av värmemotståndet. I och med detta har utanpåliggande material, uppförda bakom ventilerade luftspalter i fasaden samt innertaket, inte tagits med. Detta då den isolerande förmågan inte antagits bidra markant till anslutningens totala isolerande förmåga samt för att förenkla beräkningsmodellen. På samma sätt har även takmodellen förenklats där köldbryggan över anslutningen mellan yttervägg och taket enbart beräknades över takstolen och takisoleringen eftersom vinden är en uteluftsventilerad kallvind. Uteförhållanden har därför satts på utsidan av takisoleringen vid simuleringarna samt i det isoleringsskikt i angränsning till luftspärren.

En ytterligare förenkling är att de ståldetaljer som finns med i anslutningslösningarna, däribland fönster och droppbleck inte har tagits med i beräkningsmodellerna. Denna förenkling genomfördes utefter antagandet att dessa detaljer inte skulle ha en stor påverkan på anslutningens totala köldbrygga.

Vid uppbyggnad av beräkningsmodellen för takstolen kommer köldbryggan som uppstår i denna anslutning mellan ytterväggen och taket att beräknas för två olika tvärsnitt. Två modeller kommer uppföras, där ett tvärsnitt visar ett snitt med takbalken och ett som visar ett tvärsnitt över isoleringen. Resultatet från de två simuleringarna viktades sedan med förhållandet 95% isolering och 5% takbalk baserat på cc-avstånd från de tillhandahållna ritningarna.

För de två husen uppförda i lättbetong och med träregelstomme kommer likt avsnitt 3.3.5 att utformas med ett balkongbjälklag som sedan fästes i mellanbjälklaget med hjälp av en köldbryggebrytande Egco-box. Uppbyggnad av beräkningsmodellen vid balkongen har som en förenkling genomförts där modellen är uppförd efter klackmetoden, som traditionellt används vid anslutningen mellan balkongen och bjälklaget. Metoden utgår ifrån att 40% antas vara betong och 60% av balkonginfästningen antas vara isolering.

Då utformningen av fästanordningen är olika på undersidan, ovasidan samt sidan av fönsterdetaljen kommer köldbryggan över detaljen att beräknas för två olika fall och sedan viktas med andelen av undersidan samt andelen av ovan/sidan av fönstret. Då fästanordningen för dörrdetaljen är utformad på liknande sätt som fönsterdetaljen samt med likvärdiga U-värden, är en förenkling att köldbryggan beräknad över fönsterdetaljen används även för dörrdetaljen.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

#### 4.2.1.4 Måttdefinitioner

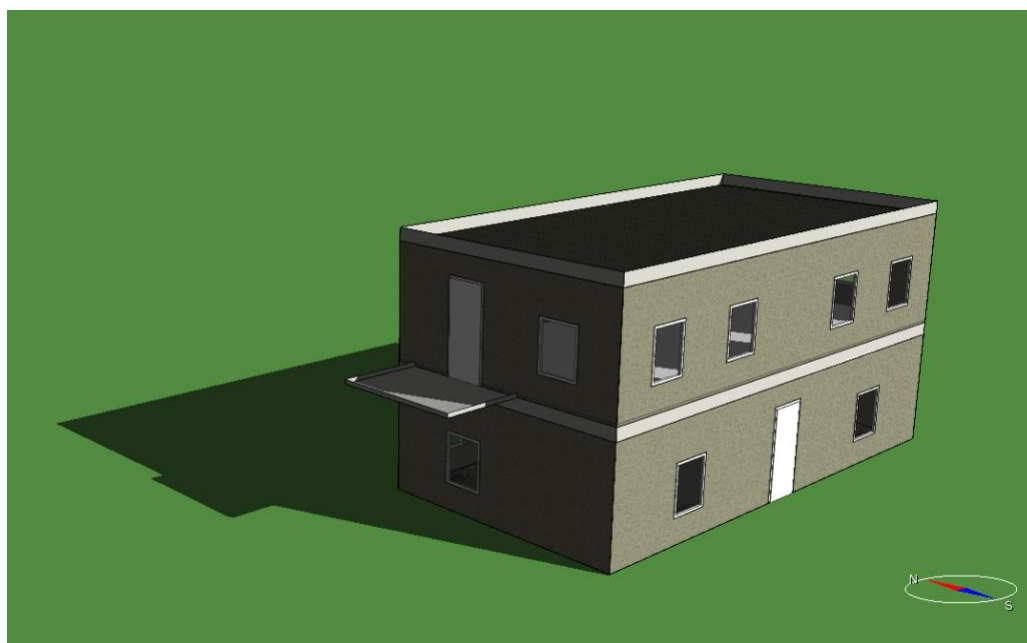
Enligt ISO standarden för byggnadens termiska egenskaper (SS-EN ISO 13789:2017) finns olika måttdefinitioner för beräkning av köldbryggor. Vidare i rapporten samt vid inmatning i IDA ICE kommer måttdefinitionen inre mått att användas. Därav ingår inte tjockleken för exempelvis mellanbjälklag i uppförande av referensfallet samt vid köldbryggeberäkningarna.

#### 4.2.1.5 Referensfall

Framtagningen av referensmodellerna i HEAT2 baseras på de framtagna U-värdena från handberäkningarna i avsnitt 3.1.1. De ingående konstruktionsdelarna vägg, fönster, tak samt grunden för de olika stomtyperna ritas upp.

#### 4.2.2 IDA ICE

För att kunna ta fram energianvändningen för de tre olika stomvalen, används programmet IDA ICE och de indata som används för simuleringar tas från BEN 2 (BFS 2017:6), BBR 29 (BFS 2020:4) och erfarenhetsvärden från handledaren från Structor. Alla indata och antagande för byggnaden med hänsyn till köldbryggorna och lufttäthetens påverkan på klimatskalen, värme och kyla, ventilationen och internlasterna samt data för fönster och dörrar presenteras i bilaga G i slutet av rapporten. Huset som modelleras i programmet utförs som en enkel rektangelbyggnad på 2 våningar med en våningsmått på  $6 \times 12 \times 3 \text{ m}^3$  och presenteras i figur 4.23 nedan.



Figur 4.23 - Illustration av IDA-modellen av huset i programmet

Som tidigare beskrivits, så är alla fönster och dörrar lika stora runt byggnaden och placeras i samma höjd på båda våningarna. Det finns sammanlagt 3 dörrar i byggnaden



## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

och 2 balkonger, den andra syns inte i figuren med tanken på den vinkel som bilden är tagen i. Vid planering av huset placering, koordinatmässig, placerades huset långsidorna mot norr och söder vilket även ledde till att de flesta fönster även hamnade i dessa lägen, och detta är för att få in bra med solljus i byggnaden.

### 4.2.2.1 BEN 2

BEN 2 är Boverkets föreskrifter och allmänna råd (BFS 2017:6) vad det gäller fastställande av husets energianvändning under normalt brukande och år. Här ges råd på vilka indata som ska beaktas vid energiberäkningar för olika typer av huskonstruktioner. Indata som värmegenomgångskoefficienten för olika byggdelar: väggar, tak, golv med mera, köldbryggor samt luftläckaget från klimatskärmen. Det är även av stort intresse att beakta tekniska byggnadssystem så som ventilation, byggnadens fastighetsenergi, varmvattenförsörjning med mera. För denna studie kommer brukarindata för nya småhus att användas och för en mer detaljerade presentation av de indata som appliceras i rapporten, se bilaga G.

### 4.2.2.2 BBR 29

Detta dokument ingår i Boverkets författningssamling (BFS 2020:4) och handlar om hur bostäder och lokaler ska utformas så att primärenergitalet, installerad effekt för uppvärmning, genomsnittliga luftläckaget för klimatskärmen och den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten inte överstiger kravet. I denna studie tillämpas kravet på primärenergitalet för småhus på  $90 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$  för med  $A_{temp} > 130 \text{ m}^2 A_{temp}$  och den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten för småhus med  $A_{temp} > 50 \text{ m}^2 A_{temp}$  ska ligga på  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . För en mer detaljerad presentation för de indata som hämtas från Boverkets författningssamling (ibid.), se bilaga G.

### 4.2.2.3 Avgränsningar och förenklingar

En avgränsning som har gjorts i programmet har varit att modellera taket som ett platt tak då det annars är ett sadeltak. Detta görs med tanken på att det är en kallvind efter den 400 mm isoleringen i taket, så den resterande delen av taket som är kall kan bortses ifrån vid modelleringen då det inte påverka energianvändningen.

En förenkling genom rapporten är att inte beakta solceller och solfångare som en del av energiposter i de olika stomval.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## 5 Resultat och analys

I detta avsnitt presenteras resultaten från de genomförda beräkningarna samt simuleringarna. Resultat som U-värden för byggdelarna från de olika stomvalen, köldbryggornas storlek vid de olika anslutningarna och stomsystemen, energiberäkningen som tas fram för de tre olika husen samt klimatpåverkan för varje hus. Kortare analyser har gjorts efter resultatpresentationerna.

### 5.1 U-värdeberäkningar

Fokuset i denna del har som sagt varit att försöka få de olika U-värdena att vara så lika som möjlig för liknande byggdelar i de olika stomvalen. Eftersom husen inte uppbyggs av lika material, vilket resulterar i att resultatet varierar något mellan de olika stomsystemen, men ett resultat som ligger så nära varandra som möjligt har försökts åstadkommas. Dock så har det vid beräkningarna används liknande konduktivitet för att försöka efterlikna de olika byggnader så gott det går.

I tabell 5.1 nedan, presenteras U-värdena för de olika stomval för både de framräknade värde och produktvärde som uppbyggnaden inspirerades av, för KL-trästommen och lättbetongstommen. Takdetaljen, fönster och dörrar har utförts med liknande material för alla tre alternative vilket resulterade i att U-värdet blev detsamma. Samma princip användes för grunden men eftersom denna beräkning även är beroende av vägg tjocklek, blev resultatet lite varierande. Väggarna för KL-trä och Lättbetong, fanns redan som färdiggjorda produkter med U-värde från producenter, men U-värdet räknades även fram för hand med de gemensamma material som användes för konstruktionerna för att se hur resultaten varierade, se tabell 5.1 nedan.

Tabell 5.1 – De beräknade och hämtade U-värde,  $W/m^2K$ , för de olika byggnadsdelar och stomval

	KL-trä (handberäkning)	KL-trä (produktvärde)	Lättbetong (handberäkning)	Lättbetong (produktvärde)	Träregel (handberäkning)
Tak	0,096	-	0,096	-	0,096
Vägg	0,142	0,150	0,151	0,148	0,144
Grund	0,098	-	0,098	-	0,099
Fönster	-	1,0	-	1,0	1,0
Dörr	-	1,0	-	1,0	1,0

Vid vidare beräkningar med HEAT2 för köldbryggorna, försöktes de olika värmegenomgångskoefficienten i programmet att efterliknas till de i tabellen ovan i den mån det gick. Senare i programmet IDA ICE, byggdes de olika komponenterna så att U-värdet efterliknade HEAT2 vilket i sin tur påverkade tjockleken på vissa delar av de olika konstruktionerna. Se bilaga B för Excel redovisning av U-värdeberäkning för de olika husen.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

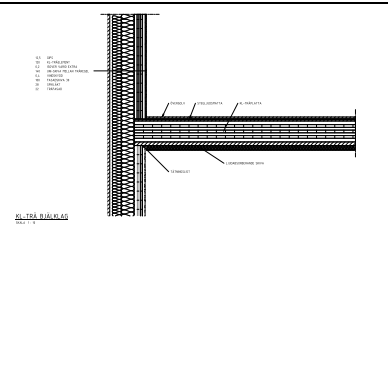
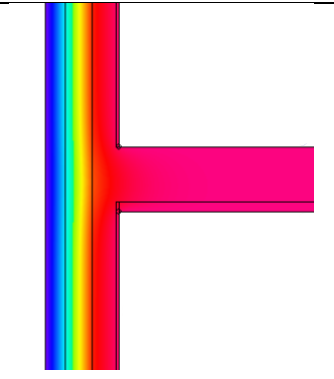
## 5.2 Köldbryggeberäkning

Köldbryggor för de olika anslutningsdetaljer i de tre stomalternativ presenteras nu i tabellerna nedan. I tabellerna, redovisas de ingående värmekonduktivitet för de olika materialen som ingick i anslutningen, anslutningsritningen och dess modellering i programmet HEAT2 samt den framtagna köldbryggan. Observera att den blåa färgen i figurerna illustrerar den kalla utsidan av byggnadsdelen,  $-10^{\circ}$ , och den röda färgen illustrerar den varma insidan med randvillkoren  $+20^{\circ}$ .

### 5.2.1 KL-trävägg

Nedan, i tabell 5.2, presenteras resultatet av köldbryggan för anslutningen mellan ytterväggen och mellanbjälklaget.

Tabell 5.2 - Resultat för anslutning mellan yttervägg och mellanbjälklaget

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Trä $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  Mineralull ink reglar $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  Fasadisolerskiva $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Gipsskiva $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,029 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.3 nedan presenteras köldbryggan för anslutningsdetaljen för ytterväggshörnen.

Tabell 5.3 - Resultatet för anslutning mellan ytterväggshörnen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Trä $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  Mineralull ink reglar $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  Fasadisolerskiva $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Gipsskiva $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,018 \text{ W/mK}$		

I tabell 5.4 nedan, presenteras resultatet av köldbryggan för anslutningen mellan ytterväggen och balkongbjälklaget.

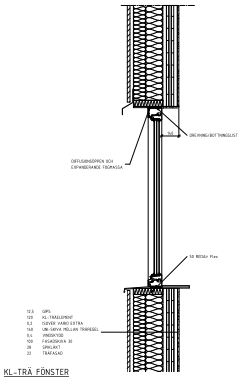

Tabell 5.4 - Resultatet för anslutning mellan ytterväggshörn och balkongbjälklag

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Trä $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  Mineralull ink reglar $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  Fasadisolerskiva/ ljudskiva $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Gipsskiva $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$  REDAir FLex $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,041 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.5 nedan presenteras resultatet av köldbryggan för anslutningen mellan ytterväggen och fönster.

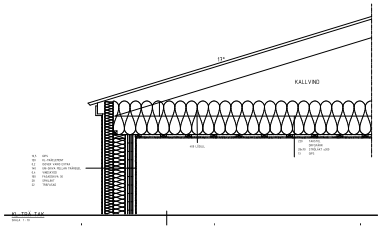
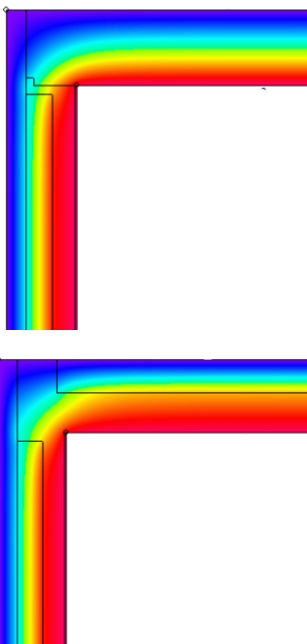
*Tabell 5.5 - Resultatet för anslutningsdetaljen mellan yttervägg och fönster*

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Trä <math>\lambda = 0,13 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull ink reglar <math>\lambda = 0,04 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fasadisolerskiva <math>\lambda = 0,037 \text{ W/mK}</math></p> <p>Gipsskiva <math>\lambda = 0,21 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fönster + Karm <math>\lambda = 0,095 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fönsterbräda i kalksten <math>\lambda = 1,7 \text{ W/mK}</math></p> <p>Drevningsisolering <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p>	 <p style="font-size: small;">ÖFFNINGSPÄS OCH FÖRHINDRANSDÄCKNING BENÄMNING: FÖNSTER GIPSSKIVA FASADISOLERSKIVA MINERALULL TRÄ KÄRM</p> <p style="font-size: x-small;">KÄRM 1. TRÄ 2. GIPSSKIVA 3. GIPSSKIVA 4. GIPSSKIVA 5. GIPSSKIVA 6. GIPSSKIVA 7. GIPSSKIVA 8. GIPSSKIVA 9. GIPSSKIVA 10. GIPSSKIVA 11. GIPSSKIVA 12. GIPSSKIVA 13. GIPSSKIVA 14. GIPSSKIVA 15. GIPSSKIVA 16. GIPSSKIVA 17. GIPSSKIVA 18. GIPSSKIVA 19. GIPSSKIVA 20. GIPSSKIVA 21. GIPSSKIVA 22. GIPSSKIVA 23. GIPSSKIVA 24. GIPSSKIVA 25. GIPSSKIVA 26. GIPSSKIVA 27. GIPSSKIVA 28. GIPSSKIVA 29. GIPSSKIVA 30. GIPSSKIVA 31. GIPSSKIVA 32. GIPSSKIVA 33. GIPSSKIVA 34. GIPSSKIVA 35. GIPSSKIVA 36. GIPSSKIVA 37. GIPSSKIVA 38. GIPSSKIVA 39. GIPSSKIVA 40. GIPSSKIVA 41. GIPSSKIVA 42. GIPSSKIVA 43. GIPSSKIVA 44. GIPSSKIVA 45. GIPSSKIVA 46. GIPSSKIVA 47. GIPSSKIVA 48. GIPSSKIVA 49. GIPSSKIVA 50. GIPSSKIVA 51. GIPSSKIVA 52. GIPSSKIVA 53. GIPSSKIVA 54. GIPSSKIVA 55. GIPSSKIVA 56. GIPSSKIVA 57. GIPSSKIVA 58. GIPSSKIVA 59. GIPSSKIVA 60. GIPSSKIVA 61. GIPSSKIVA 62. GIPSSKIVA 63. GIPSSKIVA 64. GIPSSKIVA 65. GIPSSKIVA 66. GIPSSKIVA 67. GIPSSKIVA 68. GIPSSKIVA 69. GIPSSKIVA 70. GIPSSKIVA 71. GIPSSKIVA 72. GIPSSKIVA 73. GIPSSKIVA 74. GIPSSKIVA 75. GIPSSKIVA 76. GIPSSKIVA 77. GIPSSKIVA 78. GIPSSKIVA 79. GIPSSKIVA 80. GIPSSKIVA 81. GIPSSKIVA 82. GIPSSKIVA 83. GIPSSKIVA 84. GIPSSKIVA 85. GIPSSKIVA 86. GIPSSKIVA 87. GIPSSKIVA 88. GIPSSKIVA 89. GIPSSKIVA 90. GIPSSKIVA 91. GIPSSKIVA 92. GIPSSKIVA 93. GIPSSKIVA 94. GIPSSKIVA 95. GIPSSKIVA 96. GIPSSKIVA 97. GIPSSKIVA 98. GIPSSKIVA 99. GIPSSKIVA 100. GIPSSKIVA</p>	
<p><math>\psi = 0,005 \text{ W/mK}</math></p>		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.6 nedan presenteras resultatet av köldbryggan för anslutningen mellan ytterväggen och takkonstruktionen.

*Tabell 5.6 - Resultat för anslutning mellan yttervägg och takkonstruktionen*

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Trä $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  Mineralull ink reglar $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  Fasadisolerskiva $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Mineralull tak $\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$  Gipsskiva $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,017 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.7 nedan presenteras köldbryggan för anslutningen mellan yttervägg och grundkonstruktion. En kapad bild på modellering för att passa in i tabellen.

Tabell 5.71 - Resultat för anslutning mellan yttervägg och grundkonstruktionen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Trä <math>\lambda = 0,13 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull ink reglar <math>\lambda = 0,04 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fasadisolerskiva <math>\lambda = 0,037 \text{ W/mK}</math></p> <p>Gipsskiva <math>\lambda = 0,21 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mark <math>\lambda = 2 \text{ W/mK}</math></p> <p>Cellplast Sundolit <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p>		
$\psi = 0,135 \text{ W/mK}$		



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### 5.2.2 Lättbetongvägg

I tabell 5.8 nedan presenteras resultatet för anslutning mellan mellanbjälklaget och ytterväggen för lättbetongstommen.

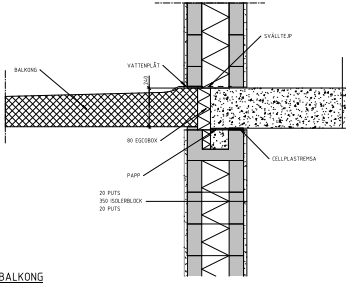
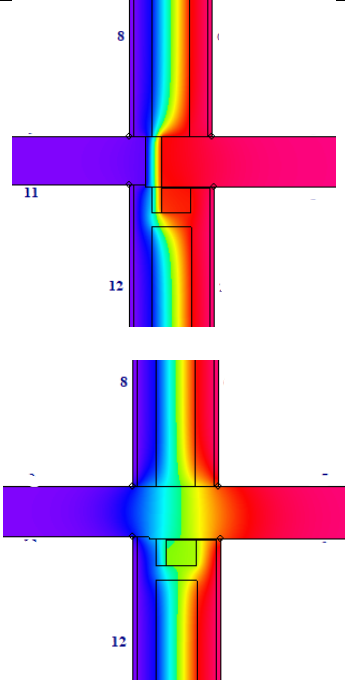
Tabell 5.8 - Resultat för anslutning mellan bjälklaget och yttervägg

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Betong armerad $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$  Lättbetong $\lambda = 0,1 \text{ W/mK}$  Cellplast (sandwichelement) $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$  Puts $\lambda = 1 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,136 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.9 nedan representerar resultatet för anslutningen mellan balkongen och ytterväggen. Observera att även här delades balkongen upp i flera snitt: där betongen är mot betongen och där isoleringen förekommer emellan, då klackmetoden användes.

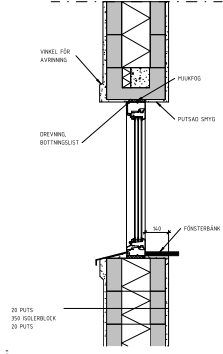

Tabell 5.9 - Resultat för anslutningen mellan betongbjälklaget och ytterväggen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Lättbetong <math>\lambda = 0,1 \text{ W/mK}</math></p> <p>Cellplast (sandwichelement) <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p> <p>Puts <math>\lambda = 1 \text{ W/mK}</math></p>		
$\psi = 0,428 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.10 nedan, presenteras de framtagna köldbryggor för anslutningen mellan ytterväggen och fönster uppdelat i övre och undre anslutning.

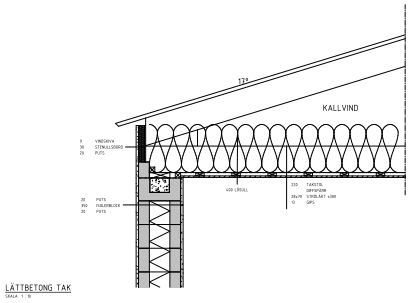
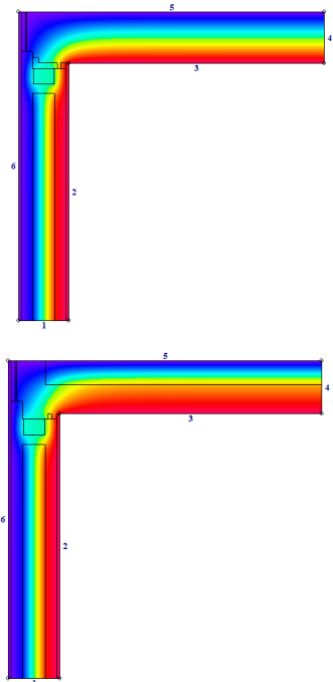
Tabell 5.10 Resultat för anslutningen mellan fönster och ytterväggen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Lättbetong <math>\lambda = 0,1 \text{ W/mK}</math></p> <p>Cellplast (sandwichelement) <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p> <p>Puts <math>\lambda = 1 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fönsterbräda i kalksten <math>\lambda = 1,7 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fönster + Karm <math>\lambda = 0,095 \text{ W/mK}</math></p> <p>Drevningsisolering <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p>		
$\psi = 0,038 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.11 nedan, presenteras resultatet för köldbryggan mellan ytterväggen och takkonstruktionen.

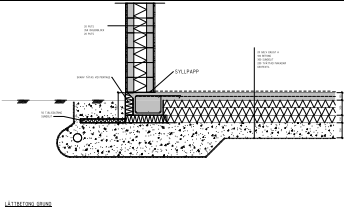
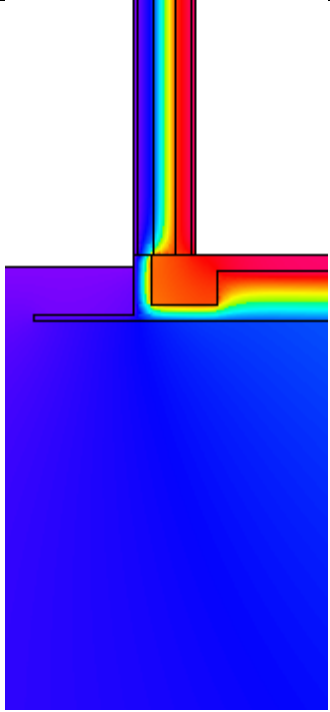
Tabell 5.11 – Resultat för anslutning mellan ytterväggen och takkonstruktionen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Lättbetong <math>\lambda = 0,1 \text{ W/mK}</math></p> <p>Cellplast (sandwichelement) <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p> <p>Puts <math>\lambda = 1 \text{ W/mK}</math></p> <p>Träregel <math>\lambda = 0,13 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull tak <math>\lambda = 0,042 \text{ W/mK}</math></p>		
<p><math>\psi = 0,090 \text{ W/mK}</math></p>		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.12 nedan presenterar det framtagna resultatet av köldbryggan för anslutningen mellan ytterväggen och grundkonstruktionen. Observera att underdelen av grundkonstruktionen i modellen nedan är kapad för att kunna få plats i tabellen.

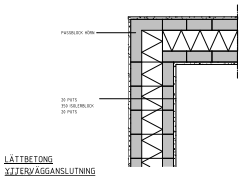
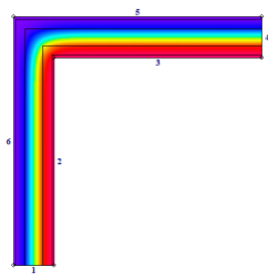
Tabell 5.12 - Resultat för anslutning mellan ytterväggen och grundkonstruktionen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Betong armerad $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$  Lättbetong $\lambda = 0,1 \text{ W/mK}$  Cellplast (sandwichelement) $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Puts $\lambda = 1 \text{ W/mK}$  Mark $\lambda = 2 \text{ W/mK}$  Cellplast Sundolit $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,211 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.13 nedan presenteras det framtagna resultatet för anslutningen mellan ytterväggshörn.

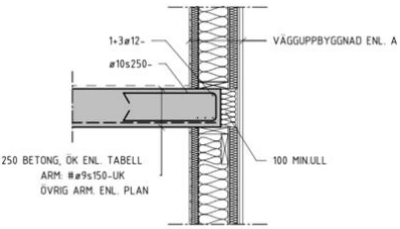
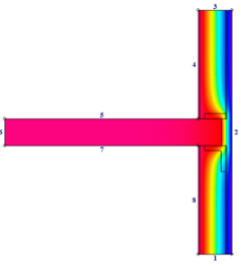
Tabell 5.13 - Resultatet för anslutningen mellan ytterväggshörn

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Lättbetong $\lambda = 0,1 \text{ W/mK}$  Cellplast (sandwichelement) $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$  Puts $\lambda = 1 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,027 \text{ W/mK}$		

### 5.2.3 Träregelvägg

I tabell 5.14 nedan, presenteras anslutningsdetaljer och den framtagna köldbryggan för anslutningen mellan betongbjälklaget och träregelväggen.

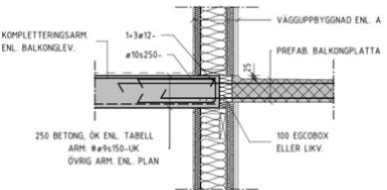
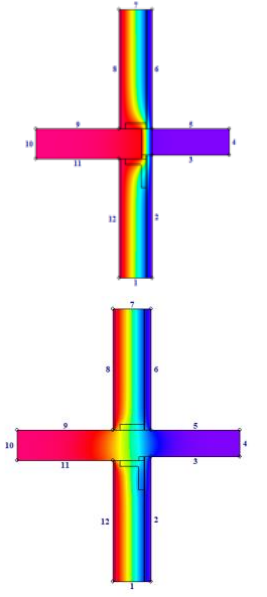
Tabell 5.2 - Resultat för anslutningsdetaljen mellan mellanbjälklag och yttervägg

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Betong armerad $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$  Mineralull ink. regler $\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$  Mineralull $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Gipsskiva/Fasadskiva a $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$  Träregel $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,160 \text{ W/mK}$		

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.15 nedan, presenterar resultatet för anslutningen mellan betongplattan i balkongen och ytterväggen samt kopplingen med mellanbjälklaget.

Tabell 5.15 - Resultat för anslutningsdetalj mellan balkongen och ytterväggen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull ink. regler <math>\lambda = 0,043 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull <math>\lambda = 0,037 \text{ W/mK}</math></p> <p>Gipsskiva/Fasadskiva <math>\lambda = 0,21 \text{ W/mK}</math></p> <p>Träregel <math>\lambda = 0,13 \text{ W/mK}</math></p> <p>Stenull <math>\lambda = 0,037 \text{ W/mK}</math></p>		
$\psi = 0,509 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.16 nedan, redovisas resultatet för anslutningen för fönster och ytterväggen. Observera att resultatet från HEAT2 presenteras som 2 separata figurer där köldbryggan viktas, som beskrivet tidigare i rapporten under avsnitt 4.2.1.3.

Tabell 25.16 - Köldbryggeberäkning för anslutningen mellan fönstret och ytterväggen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull ink. regler <math>\lambda = 0,043 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull <math>\lambda = 0,037 \text{ W/mK}</math></p> <p>Gipsskiva/Fasadskiva <math>\lambda = 0,21 \text{ W/mK}</math></p> <p>Träregel <math>\lambda = 0,13 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fönster + Karm <math>\lambda = 0,095 \text{ W/mK}</math></p> <p>Drevningsisolering <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p> <p>Fönsterbräda i kalksten <math>\lambda = 1,7 \text{ W/mK}</math></p>		
$\psi = 0,032 \text{ W/mK}$		



**Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.**

Tabell 5.17 nedan presenterar resultatet för anslutningen mellan ytterväggen och platta på mark. Observera att figuren för modelleringen i HEAT2 har blivit kapad undertill för att passa in i tabellen.

*Tabell 5.17 - Köldbryggeberäkning för anslutningen mellan ytterväggen och grunden*

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
<p>Betong armerad <math>\lambda = 2,3 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull ink. reglar <math>\lambda = 0,043 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mineralull <math>\lambda = 0,037 \text{ W/mK}</math></p> <p>Gipsskiva/Fasadskiv a <math>\lambda = 0,21 \text{ W/mK}</math></p> <p>Träregel <math>\lambda = 0,13 \text{ W/mK}</math></p> <p>Mark <math>\lambda = 2 \text{ W/mK}</math></p> <p>Cellplast Sundolit <math>\lambda = 0,035 \text{ W/mK}</math></p>		
$\psi = 0,163 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

I tabell 5.18 nedan, presenteras köldbryggan för anslutningen mellan ytterväggen och taket. Observera att vid beräkning för takanslutningen, gjordes detta i 2 modelleringar där den första gjordes enbart med takstolarna och den andra enbart med isoleringen. Båda fallen viktades och ett slutligt resultat togs fram och presenteras i tabellen nedan.

Tabell 5.18 - Köldbryggeberäkning för anslutning mellan yttervägg och takkonstruktionen

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Betong armerad $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$  Mineralull ink. regler $\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$  Mineralull $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$  Gipsskiva/Fasadskiva $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$  Träregel $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  Mineralull tak $\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,323 \text{ W/mK}$		

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.19 nedan presenterar resultatet för köldbryggan som uppkom i anslutningen mellan yttervägg och yttervägg, alltså hörnanslutningen.

Tabell 5.19 - Köldbryggeberäkning för anslutningen mellan ytterväggshörns

Konstruktionsdetalj	Anslutningsritning	Köldbrygga
Mineralull ink. regler $\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$  Gipsskiva/Fasadskiva $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$  Träregel $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  Mineralull $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$		
$\psi = 0,023 \text{ W/mK}$		

### 5.2.4 Sammanfattning av köldbryggor

I tabell 5.20 nedan visas en sammanställning av de olika köldbryggor som presenterades ovan i tabellerna 5.2-5.19. Se bilaga H för en illustration av sammanställning av köldbryggorna i stapeldiagram. Köldbryggorna för de olika stomvalen jämförs för att se de olika likheter och olikheter mellan stommarna och anslutningarna. En likhet som hittades var att ytterväggens anslutning till grunden blev en köldbrygga som var stor för alla tre alternativ. När det handlade om balkongens anslutning till ytterväggen, kunde det tydligt uppmärksammas att detta var den anslutning som hade en högre köldbrygga i alternativen träregelstommen och lättbetongstommen medan det för KL-trästommen var betydligt mindre. Detta hade att göra med att i lättbetonganslutningen till exempel, lades gjuten betong i U-blocket som ledde bort mycket värme ut från huset och isolering som fanns därefter inte var så mycket för att göra stor påverkan. Samma princip applicerades till takanslutningen, där lättbetong alternativet hade den högsta köldbryggan eftersom den ingjutna betongen ledde värme bra här.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.20 - Sammanfattning av resultat av de beräknade köldbryggorna för de olika anslutningar samt de typiska värde från IDA ICE

Anslutningsdetalj	Träregel, W/mK	Lättbetong, W/mK	KL-trä, W/mK	Typiska värden från IDA ICE, W/mK
Mellanbjälklag	0,160	0,136	0,029	0,069
Balkong	0,509	0,428	0,041	0,200
Fönster	0,033	0,038	0,005	0,100
Dörr	0,033	0,040	0,005	0,100
Tak/Yttervägg	0,027	0,090	0,017	0,178
Grund	0,163	0,211	0,135	0,500
Hörn (utåtgående)	0,023	0,027	0,018	0,080

Även presenterat i tabellen ovan, är de typiska/standard värdena för de olika anslutningarna som används i IDA ICE. För de flesta anslutningarna, låg de typiska värdena betydligt över de framtagna värdena, förutom för anslutningarna mellanbjälklaget och balkongen för alternativen träregel och lättbetong.

I allmänhet så kan det avläsas i tabell 5.20 ovan att köldbryggorna i KL-träbyggnaden var betydligt lägre än för de två andra alternativen. Detta berodde på att klimatskalet med KL-träskivan bröts sällan, förutom vid mellanbjälklaget och balkongen. En annan anledning till att KL-trästommen var bättre var även för att isoleringen som fanns på utsidan av KL-träelementet bröts aldrig.

### 5.3 Energiberäkning

Presenterat i tabell 5.21 nedan, är hur stora köldbryggornas andel blev av de totala transmissionsförlusterna i de olika husalternativen. Tabellen presenterar andelen för de framtagna köldbryggor i denna studie (från programmet HEAT2), andelen från IDA ICE när köldbryggorna sättes till ”Typiska värde” i programmet och när köldbryggorna nollställdes med ett värde på 0 W/mK i IDA ICE. Som redovisat i tabellen för de framtagna värden, hade lättbetong det högsta andelen på 25,4 % medan KL-trä låg lägst med enbart 10,3 %. I Miljöbyggnad låg schablonpålägget för köldbryggorna på ungefär 30 % av transmissionsförluster för nivåerna brons och silver. Med en jämförelse med det resultatet som togs fram i rapporten, blev det enbart lättbetongstommen som kom närmast schablonen, men alla alternativ klarade sig för kravet under 30%.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.21 Köldbryggornas andel av de totala transmissionsförlusterna för de tre olika stomval

	Framtagna köldbryggor, %	Typiska värden IDA ICE, %	Nollställda köldbryggor, %
KL-trästomme	10,3	37,2	0
Lättbetongstomme	25,4	36,8	0
Träregelstomme	22,4	37,0	0

När de typiska värden i IDA ICE ställdes mot de framtagna, märktes det tydlig hur mycket mer andelen av köldbryggorna blev för de modellerade husen. Detta tydde på att programmets värden är valda så att de överskattar köldbryggorna.

I tabell 5.22 nedan, presenteras de framtagna värde av de totala värmeförlusterna,  $W/K$ , för de olika anslutningar. Det kan avläsas i tabellen att de anslutningar med störst värmeförluster blev grundens anslutning mot ytterväggen samt mellanbjälklagets anslutning mot ytterväggen. Detta eftersom dessa poster hade störst köldbryggor samt långa längder vilket drog upp värmeförluster.

Tabell 5.22 – Presentation av det totala värmeförluster,  $W/K$ , för de olika anslutningar i de olika stomval

Byggnadsdel	KL-trästomme	Lättbetongstomme	Träregelstomme
Mellanbjälklag	1,04	4,90	5,76
Balkong	0,25	2,57	3,05
Fönster	0,37	2,84	2,47
Dörr	0,10	0,77	0,63
Tak/yttervägg	0,61	3,24	0,97
Grund	4,86	7,60	5,87
Hörn	0,39	0,58	0,50

I tabell 5.23 nedan, presenteras den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten,  $U_m$ , för de tre olika byggnaderna. Där de olika kolumner representerar de olika stommarna med de framräknade köldbryggorna i HEAT2, de typiska köldbryggevärdet från IDA ICE och slutligen värmegenomgångskoefficienten för de nollställda köldbryggorna. Kravet från BBR 29 för  $U_m$ , för småhus med ett  $A_{temp} > 50 \text{ m}^2 A_{temp}$  låg på  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  vilket alla tre alternativen klarade av för de framtagna och nollställda köldbryggorna. För de typiska värden från IDA ICE, låg alla tre alternativen över kravet men inte med för mycket marginal.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Tabell 5.23 – Den genomsnittliga värmeegenomgångskoefficienten,  $U_m$ , för de tre olika stomval

	Framtagna köldbryggor, $W/m^2K$	Typiska värden IDA ICE, $W/m^2K$	Nollställda köldbryggor, $W/m^2K$
KL-trästomme	0,22	0,31	0,20
Lättbetongstomme	0,27	0,32	0,20
Träregelstomme	0,25	0,31	0,20

I tabell 5.24 nedan redovisas primärenergitalet för de olika byggnaderna och de olika köldbryggorna. Kravet från BBR 29 för småhus med  $A_{temp} > 130 m^2 A_{temp}$  är på  $90 kWh/m^2, \text{år}$ . Den dimensionerade huset hade ett  $A_{temp} = 144 m^2$  vilket tydde på att för de framtagna köldbryggorna, klarade alla tre stomalternativen kravet. Byggnaderna klarade även detta krav för de nollställda värdena då alla låg under  $90 kWh/m^2, \text{år}$  men inte för de typiska värdena på köldbryggor.

Tabell 5.24 Redovisning av de olika byggnaders primärenergital  $EP_{Pet}$

	Framtagna köldbryggor, $kWh/m^2, \text{år}$	Typiska värden IDA ICE, $kWh/m^2, \text{år}$	Nollställda köldbryggor, $kWh/m^2, \text{år}$
KL-trästomme	77,9	97,3	73,5
Lättbetongstomme	87,1	97,5	74
Träregelstomme	84,9	97,3	73,7

I tabellen ovan kan det avläsas att KL-trästommen var det huset med minst primärenergital medan lättbetongstommen hade det högsta och detta låg i att andelen köldbryggor i KL-trästommen jämfört med lättbetong, var betydligt mindre. Detta gav en skillnad på  $9,2 kWh/m^2, \text{år}$  i primärenergitalet för de framtagna köldbryggorna för de två stomvalen. För att ytterligare se hur stor energianvändningen blev kopplat till stomval och köldbryggor, jämförde då enbart de framtagna köldbryggorna med de nollställda och skillnaden presenteras i tabell 5.25 nedan. Skillnaden i primärenergitalet delades sedan på det totala primärenergitalet som erhöles med de framtagna köldbryggorna för att se hur stor påverkan enbart köldbryggorna hade på den totala energianvändningen och presenteras också i tabell 5.25.

Tabell 5.25 - Energianvändningen kopplat till stomval och köldbryggor

	Skillnad i primärenergital, $kWh/m^2, \text{år}$	Andelen av köldbryggornas påverkan, %
KL-trästomme	4,4	5,6
Lättbetongstomme	13,1	15,0
Träregelstomme	11,2	13,2

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Det kan avläsas i tabellen ovan att den stomtypen där köldbryggorna hade störst påverkan på energianvändningen blev lättbetongstommen med 15%. Detta resultat ansågs rimligt då denna stomme hade den största andelen köldbryggor av de totala transmissionsförlusterna. Huset med minst påverkan på energianvändningen blev KL-trästommen på 5,6% som hade minst andel köldbryggor.

### 5.4 Klimatberäkning

I tabell 5.26 nedan, presenteras resultatet för klimatpåverkan av de tre olika stomsystem där elanvändningens påverkan inte togs med i beräkningar, och därmed beaktades inte materialets livslängd i förhållandet till den planerade byggnadens livslängd. Det kan avläsas i tabellen att KL-trästommen blev det huset med minst klimatpåverkan med ett värde på 179 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA medan lättbetongstommen blev huset med mest klimatpåverkan med ett värde på 317 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA.

Tabell 5.26 - Potentiella klimatpåverkan för de olika alternativ enligt Boverket beräkningar, utan hänsyn till elanvändningen

	KL-trästomme	Lättbetongstomme	Träregelstomme
GWP <sub>A</sub> kgCO <sub>2</sub> e	25 838	45 699	40 822
BTA m <sup>2</sup>	144	144	144
GWP <sub>Tot</sub> kgCO <sub>2</sub> e/ m <sup>2</sup> BTA	179	317	283

I tabell 5.27 nedan presenteras den köpte energin för de tre olika stomval som används vid beräkning av klimatpåverkan för de framtagna köldbryggorna. Det kan tolkas från tabellen att KL-trästommen blev den som krävde minst energi och följdes därefter av träregelstommen. Detta eftersom dessa var de två husen med mindre andel köldbryggor vilket resulterade i mindre uppvärmningsenergi.

Tabell 5.27 3 - Den köpta energin framtagen i programmet IDA ICE

	Specifik uppvärmningsenergi (Uppv./TVV), / år
KL-trästomme	5 544
Lättbetongstomme	6 134
Träregelstomme	5 990

Som tidigare nämnt så gjordes denna deklARATION med hjälp av Boverkets klimatdatabas. Klimatpåverkan för modulerna A1-A5: Råmaterial, transport och tillverkning (för materialproduktion) samt transport och uppförande av byggnaden (för byggskedet). Enbart dessa moduler granskas då det var de som finns involverat i klimatdeklARATIONEN hos Boverket. I tabell 5.28 nedan redovisas då den totala potentiella klimatpåverkan för samtliga material i de olika byggnader, GWP<sub>A</sub>, den köpta energin, GWP<sub>B</sub> och den slutliga klimatpåverkan, GWP<sub>Tot</sub>.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

*Tabell 5.28 4 - Potentiella klimatpåverkan för de olika alternativ, inklusive elanvändningen, för 100 år*

	KL-trärestomme	Lättbetongstomme	Träregelstomme
GWP <sub>A</sub> kgCO <sub>2</sub> e	28 684	48 415	45 675
GWP <sub>B</sub> kgCO <sub>2</sub> e	20 460	22 697	22 164
BTA m <sup>2</sup>	144	144	144
GWP <sub>Tot</sub> kgCO <sub>2</sub> e/ m <sup>2</sup> BTA	341	494	471

Enligt resultatet från tabell 5.28 ovan, hade KL-trärestommen minst potentiell klimatpåverkan medan lättbetong ansvarade för mest påverkan. I de olika posterna som alla tre stommar delade på, var det betongen i grunden, 3-glas fönstret och plåttaket som hade höga material påverkan på klimatet. För lättbetongstommen speciellt, ansvarade isoblocket för mycket påverkan eftersom på att ESP och lättklinkerblock hade den största påverkan. Betongen i U-blocket, balkongen och bjälklagsplattan samt putsen hade också stora klimatpåverkningar vilket är anledningen till att den stiger ifrån KL-trärestommen som inte ha dessa.

För träregelstommen var det material så som puts, isoleringen, betongen i balkongen och bjälklaget som gjorde att denna stomme ökade sin klimatpåverkan. Det ansågs rimligt att KL-trärestommen hade den minsta klimatpåverkan eftersom det var det huset som byggdes med minst mängd betong och hade enbart KL-trä som det material med störst påverkan, utöver de poster som alla tre husen delade, men även detta kom inte upp till betongens påverkan. Många av de material som även användes i KL-trärestommen hade en livslängd som kunde vara lika lång som husets tilltänkta livslängd vilket också medförde att klimatpåverkan för denna stomme blir mindre.



## 6 Diskussion och slutsats

### 6.1 Köldbryggor

Ur simuleringarna från HEAT2 kunde köldbryggorna för de olika anslutningarna i de tre husen avläsas. Generellt var de framräknade köldbryggorna för byggnaden uppförd i KL-trä lägre än de för husen i lättbetong och träregelstomme. Köldbryggorna var även lägre än standardvärdena, döpt till ”Typiska värde”, för köldbryggorna hämtade från programmet IDA ICE.

Det framtagna resultatet berodde troligen på att isoleringsskiktet i de undersökta anslutningarna för KL-trä inte bröts. Till skillnad från huset uppfört med träregelstomme kunde den bärande stommen uppföras med helt utanpåliggande isolering vilket minimerade köldbryggorna. För träregelstommen var de bärande träreglarna genomgående isoleringen vilket ledde till transmissionsförluster över reglarna i den bärande stommen. Detta var något som visade sig i resultatet över köldbryggan för fönster och dörr-infästningen. Då köldbryggorna för en detalj räknades som köldbryggefria om  $\Psi$  – värdet understeg  $0,01 \text{ W/mK}$ , kunde fönster- och dörranslutningsdetaljen för KL-trähuset ses som köldbryggefria. Köldbryggorna för huset i lättbetong och träregelstomme för fönsteranslutningen var av en likvärdig storleksordning. Anledningen till skillnaden mellan de olika stomtyperna kunde bero på fönsterkarmens fästansordning. För fallet med lättbetong fästes karmen i ovkant i ett U-element i lättbetong med en kärna i gjuten betong, detta hade stor påverkan på transmissionsförlusterna över detaljen vilket ledde till en ökad köldbrygga. Även i fallet med träregeln fästes karmen i en ram av liggande träreglar vilket även här ledde till transmissionsförluster över regeln och en större köldbrygga. För fallet med stommen i KL-trä fästes karmen i en isolerings skiva, vilket minimerade köldbryggorna över fönster och dörrdetaljen.

Från litteraturstudien, kunde slutsatsen dras att köldbryggorna i en detalj kunde minskas genom att undvika att isolerande skikten bryts. Utifrån detta kunde ett antagande om att anslutningsdetaljerna i både husen med en stomme i lättbetong samt KL-trä skulle ha mycket lägre köldbryggor än det huset med en träregelstomme. Eftersom majoriteten av detaljerna för de två stomsystemen kunde genomföras utan att bryta isoleringen. Ur resultatet kunde det avläsas att detta visade sig vid några av anslutningslösningarna för lättbetongstommen. Där ibland anslutningen mellan mellanbjälklag och yttervägg samt för balkonginfästningen då köldbryggan beräknades till  $\Psi = 0,136 \text{ W/mK}$  respektive  $\Psi = 0,428 \text{ W/mK}$  medan köldbryggorna för träregelväggen beräknades till  $\Psi = 0,160 \text{ W/mK}$  för mellanbjälklaget respektive  $\Psi = 0,506 \text{ W/mK}$  för balkonginfästningen. För de resterande detaljerna som undersöktes var den beräknade köldbryggorna lägre för anslutningarna för huset med träregelstomme än för det i lättbetong. Vid vidare analys av anslutningslösningarna kunde anledningen till att träregelstommen genererar en lägre köldbrygga än lättbetongstommen vara den gjutna kantbalken i betong vid takkonstruktionen. Denna lösning, med en gjuten balk i betong, återfanns även i ovkant för fönster samt

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

dörranslutningen vilket kunde vara anledningen till att köldbryggan även för dessa detaljer blev mycket högre för huset i lättbetong än för de två andra husen. För grunden kunde skillnaden bero på att grundplattan kom i kontakt med den utvändiga lättbetongen, i de två andra husen bryts köldbryggan av med isoleringsskikt mellan plattan och ytterväggen vilket kunde förklara varför de fick lägre köldbryggor.

Tidigare studier på området har dragit slutsatserna att för flerbostadshus, är det köldbryggorna i fönsteranslutningar och mellanbjälklagsanslutningen till ytterväggen som hade störst påverkan på husets totala energianvändning. Detta beror på att dessa anslutningar utgör den största delen, längdmässigt räknat. Från resultatet, togs det fram att för småhus, blev det grundanslutningen och mellanbjälklaget de anslutningarna med störst värmeförluster, se tabell 5.22. I studien av Gunnarsson & Henningsson från 2021 hade en KL-trästomme jämförts med en stomme i betong. En av slutsatserna från rapporten var att anslutningarna för KL-trä genererade lägre köldbryggor på grund av att stommen kunde uppföras utan att isoleringsskiktet bryts. Detta utmärkte sig framför allt i anslutningarna mellanbjälklaget till ytterväggen vilket hade minst värde för KL-trästommen vilket också hade minst energianvändning. Dock är det av intresse att poängtera att undersökningen i studien grundade sig på ett flerbostadshus varvid köldbryggorna vid mellanbjälklagen utgjorde en stor del av de totala köldbryggorna. En slutsats som kunde dras från detta var att för ett hus med flera våningar, förväntades skillnaden i energianvändningen mellan de olika stomtyperna bli ännu större. Detta eftersom de stora skillnaden på de beräknade  $\Psi$ -värdena för köldbryggan uppstådd vid mellanbjälklagets anslutning till ytterväggen. Om en liknade studie hade genomförts med likvärdiga anslutningslösningar men med fler våningar hade resultat troligt visat att värmeförlusterna för lättbetong varit lägre i förhållande till träregelväggen.

För nivå Silver i Miljöbyggnad, tas hänsyn till köldbryggorna genom ett tillägg till husets transmissionsförluster med ett schablonvärde på 30 %. Ur simuleringarna från IDA ICE hamnade andelen köldbryggor för alla 3 hustyperna under 30 % av husets totala transmissionsförluster vilket visar på att det är av intresse att undersöka köldbryggorna. Att undersöka köldbryggorna är framför allt av intresse vid uppförande av välisolerade hus, exempelvis Passivhus. Detta då husen i övrigt har så låga transmissionsförluster så att andelen av de transmissionsförluster som är kopplat till köldbryggor blir mycket högre är de 30 %, som hänvisas för nivå Silver i Miljöbyggnad. Därav kan husens beräknade energianvändning bli underdimensionerad.

## 6.2 Energi

Köldbryggorna står för en stor del av husens totala värmeförlust vilket även påverkar energianvändningen. Ur resultatet kunde det utläsas att det var lättbetongstommen som hade den högsta energianvändningen. Primärenergitalet för de olika inmatade köldbryggor som användes i studien resulterade i följande: 87,1 kWh/m<sup>2</sup>, år för de framtagna köldbryggorna, 97,5 kWh/m<sup>2</sup>, år för de typiska värden i IDA ICE samt 74 kWh/m<sup>2</sup>, år för de nollställda köldbryggorna. Kravet från BBR 29 säger att för de byggnadstyperna som undersöktes i rapporten, ska primärenergitalet ligga på

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

90 kWh/m<sup>2</sup>, år vilket är ett krav som klarades av för de framtagna och nollställda köldbryggorna men inte för det enligt IDA ICE typiska värdet. Alternativet med högst primärenergitalet var för lättbetongstommen med IDA ICE typiska värdet, i övrigt var det dessa värden som hade de högsta primärenergitalen för alla tre stomalternativ. Detta berodde på att andelen köldbryggor var störst för dessa värden och alla hamnade över 30%, som översteg påslaget. Lättbetongbyggnaden hade den högsta energianvändningen då anslutningarna som gjordes här var sämre jämfört med de för KL-trästomme och träregelstommen.

För att kunna svara på frågeställningen ”Hur påverkar köldbryggorna energianvändningen i de olika husen?” gjordes en skillnadsberäkning av primärenergitalet för de framräknade köldbryggorna och när köldbryggorna nollställs i programmet, resultatet presenterades i tabell 5.24 under resultat avsnittet. Där presenterades att för träregelstommen, ansvarade köldbryggorna för ungefär 13,2% av det totala primärenergitalet. För lättbetongstommen låg andelen på 15% och 5,6% för KL-trästommen. Detta resultat hade en stark koppling till hur stora köldbryggorna blev i de olika husen och det är därför lättbetongstommen har störst andel och KL-trästommen minst.

Som en förbättring av primärenergitalets samt köldbryggornas påverkan, kan anslutningar göras bättre med mindre material som har högvärmeledande egenskaper och med mer och bättre isoleringslösningar. Om köldbryggorna minskas, kommer energianvändningen också att minskas då detta är den faktorn som varierar, tillsammans med materialet i skalet, mellan de olika stomvalen.

### 6.3 Klimatpåverkan

Presenterat i resultatet, hade KL-trästommen minst potentiell klimatpåverkan på 341 kgCO<sub>2</sub>e/ m<sup>2</sup> BTA medan lättbetongen låg på 494 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA och träregelstomme på 471 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA för modulerna A1-A5 inkluderande elanvändningen. Att KL-trästommen hade den minsta klimatpåverkan utav de tre alternativen ansågs vara rimlig eftersom de flesta material som ingick i konstruktionen hade en teknisk livslängd som varade lika långt som den förväntade byggnaden. En annan anledning till att KL-trästommen hade minst påverkan kunde hittas i mindre mängd av de poster som hade höga klimatpåverkan, till exempel betong i konstruktionen jämfört med lättbetong- och träregelstomme. Elanvändningen som även användes för KL-trästommen var mindre än för de andra stomsystemen vilket också minskade den totala klimatpåverkan. Gemensamt för alla stommar var att grunden, fönster och taket hade den största påverkan, där plåttaket utgjorde den största påverkan av alla.

Lättbetongstommen var den hustypen som hade den högsta klimatpåverkan jämfört med KL-trästommen och träregelstommen, dock inte så mycket mer jämfört med träregel. Detta berodde på att de båda konstruktionerna, lättbetong och träregel, hade betong både i bjälklaget, grunden samt balkongen. Träregelstommen hade dessutom

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

vindskivan som även den drog upp stommens klimatpåverkan. Ett av de materialen som hade en stor påverkan och drev upp lättbetongstommens klimatpåverkan var de material som används i isoblocket från tillverkaren Finja, ESP och lättklinkerblock. Eftersom denna används i stora mängder i byggnaden, ökade den husets miljöpåverkan i en större utsträckning. En annan post som hade en stor påverkan på lättbetongstommen är putsen som används både invändig och utvändigt i väggen.

Från resultatet, kunde det anmärkas att elen spelade en stor roll vid undersökningen av klimatpåverkan, då det stod för ca 41,6%, 31,9% och 32,7% för KL-trästommen, lättbetong och träregelstomme respektive av den totala klimatpåverkan för husen. Att elanvändningen hade en så stor påverkan beror på hur de olika anslutningarna var utformade och hur stora köldbryggorna var eftersom detta medför hur mycket energi huset kommer behöva. Andelen för KL-trästommen är störst eftersom den har mindre materialpåverkan jämfört med de andra vilket gör att energipåverkan blir större i det hela.

När elanvändningen bortsågs ifrån och enbart materialpåverkan granskades, hamnade de olika stommarnas klimatpåverkan på 179 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA, 317 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA och 283 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA för KL-trä respektive lättbetong och träregel. Här följer resultatet samma trend som för resultatet med elanvändningen inkluderat med att KL-trä har minst påverkan och lättbetong störst. När en jämförelse gjordes mellan resultatet som fås för enbart materialet i byggskedet och för de värde som hittades under litteraturstudien, kunde det ses att alla tre stommar översteg medelvärde för småhus. För småhus låg medelvärdet, av klimatpåverkan på ca 130 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA vilket är betydligt mindre än det som togs fram i rapporten. Övre gränsen för detta resultat, från litteraturstudien, låg på ca 165 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA vilket fortfarande är för låg för alla hus med inte så långt ifrån det för KL-trästommen. I en annan litteraturstudie, konstaterades att för 2-våningssmåhus, låg medelvärdet av klimatpåverkan på ca 120 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA vilket alla tre stommar översteg. Det högsta värdet på påverkan för 2-våningshuset låg på 135 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>BTA vilket inget av stommarna klarade. En anledning till att de framräknade husen i rapporten inte låg i närheten av dessa värden från litteraturstudien, kunde hittas i hur de olika husen i rapporten utfördes. Några exempel på detta kunde hittas i utförandet av träregelstommen som hade ett mellanbjälklag i betong i stället för trä eller plåttaken som användes i rapporten. De olika husen kan utföras och utformas på olika sätt med olika kombinationer av material vilket kommer resultera i olika klimatpåverkningar så detta är enbart resultat från en lösning av många.

## 6.4 Felkällor och förbättringar

Studien av de olika anslutningsdetaljernas köldbryggor i programmet HEAT2 byggde på de ingående byggdelarnas U-värden. Vid vidare framtagning av modellen i IDA ICE modellerades väggens uppbyggnad för att eftersträva ett U-värde som stämde överens med det från modellerna i HEAT2. Framtagningen av U-värdena i IDA ICE genomfördes manuellt genom att mata in väggens uppbyggnad med de aktuella materialen samt dess egenskaper. Detta ledde till att U-värdena för väggarna, HEAT2

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

och IDA ICE inte helt stämde överens med varandra och med de framräknade U-värdena i Excel. U-värdet skiljde därför sig någon decimal mellan de olika husen. Då rapporten byggde på att de tre husen skulle ha samma U-värde, kan detta ha haft en viss påverkan på resultatet och kan därav vara en felkälla för beräkningarna. Men då skillnaden blev så pass liten, antågs detta fel inte ha avsevärt stor påverkan på resultatet.

En av de förenklingar som gjordes vid beräkningen av köldbryggorna i HEAT2 var att bortse från bultar samt plåt detaljer i anslutningslösningarna. Då metaller har en hög värmeöverförande förmåga, kunde detta ha haft en påverkan på köldbryggorna i dessa anslutningar. Detta kan ha lett till att köldbryggorna blev underdimensionerade. Ett förbättringsförslag är att även modellera upp bultar och dylikt i HEAT2 för att få en bättre beräkning av köldbryggorna. Även i klimatdeklarationen har dessa mindre ståldetaljer inte tagits hänsyn till vid beräkningen. Detta leder till att den beräknade klimatpåverkan skulle ha blivit större om dessa detaljer hade varit med i beräkningen. Då stål har en relativt hög påverkan skulle en förbättring vara att även ta med alla ingående material.

Klimatdeklarationen i denna studie involverade enbart modulerna A1-A5 samt energipåverkan och beräknades med klimatdata från Boverket. De klimatdata som används är de generiska värde hämtade från boverkets klimatdatabas. Då dessa värden ska vara så övergripande som möjligt, representerar de ett konservativt medelvärde av de olika byggprodukter som finns på den svenska marknaden. Syftet med de konservativa beräknade data, är att främja användningen av byggprodukter med så låg klimatpåverkan som möjligt samt att stimulera tillverkare av byggprodukter att ta fram produktspecifika klimatdata för sina produkter. Så för att erhålla en mer noggrann klimatberäkning som på ett bättre sätt representerar verkligheten, kan i stället produktspecifika klimatdata användas. Detta skulle innebära att vid en noggrannare undersökning med specifika data, skulle den beräknade klimatpåverkan kunna vara lägre.

För att få ett resultat som stämmer mer överens med verkligheten är det av relevans att även undersöka husens påverkan under drift samt rivning och inte enbart under byggnationen. Det är dock svårt att ta hänsyn till senare skeenden i bygganden livscykel då det svårt att avgöra vad som kommer att hända med byggnaden och dess byggmaterial när de byts ut eller rivs.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## **7 Förslag på framtida studier**

För vidare studier inom ämnet kan det vara av intresse att undersöka flerbostadshus för att se hur jämförelsen mellan de olika stomsystemen skiljer sig åt från denna studie. Det kan även vara av intresse att undersöka anslutningarna vidare ur ett fuktperspektiv då köldbryggorna kan leda till problem med fukt. Problemen med fukt kan uppstå i och med att detaljen blir kallare vid köldbryggan vilket gör att fuktig inomhusluft kan avdunsta på de kalla ytorna i väggen.

För att få en vidare bild av husens klimatpåverkan och en bättre jämförelse av husens energianvändning i relation till klimatpåverkan är det av intresse att genomföra en mer genomförlig klimatdeklaration. Detta genom att använda produktspecifika EPD-er samt genom att ta med husets alla delar och även rivningsskedet vid klimatberäkningen.

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.



## Referenser

Almquist, K. & Svensson, J. (2010) *Platta på mark för passivhus*. Division of Energy and Building design, Lund University.

Alsmarker, T. & Werner, P. (2021) *Fuktsäkert KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd*. Svenskt trä.  
<https://www.svensktra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/fuktsakert-kl-trabyggande-utan-heltackande-vaderskydd-2.pdf> [2023-01-23]

Arfvidsson, J., Harderup, L.-E. & Samuelsson, I. (2017). *Fukthandbok: Praktik och teori*. 4 uppl. Svenskbyggtjänst.

Baric, R. & Johansson, B. (2022). *Platta på mark av KL-trä – En studie om fuktsäkerhet och klimatpåverkan*. Mastersuppsats, Avdelning byggnadsfysik. Lunds tekniska högskola.

Berggren, B. (2019). *Evaluating energy efficient buildings: Energy- and moisture performance considering future climate change*. Department of Architecture and Built Environment, Lund University.

Berggren, B. & Larsson, T. (2015). *Slutrapport undvik fel och fällor med köldbryggor-I nyproduktion*. Skanska Sverige AB och Svenska byggtjänstens Utvecklingsfond.  
<https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/38a1ff38-f7a9-46d3-a87f-b5cef3151b92/FinalReport/SBUF%2012801%20Slutrapport%20Undvik%20fel%20och%20f%C3%A4llor%20med%20k%C3%B6ldbryggor.pdf> [2023-01-25]

Berggren, B. & Wall, M. (2011). *The importance of a common method and correct calculation of thermal bridges*. Division of Energy and Building design, Lund University.

BFS 2017:6. *Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår*. Boverket.

BFS 2020:4. *Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd*. Boverket.

Blomberg, T. (1996). *Heat conduction in two and three dimensions: Computer modelling of building physics applications*. Doctoral thesis, Division of Building Physics. Lunds tekniska högskola.

Bokalders, V. & Block, M. (2014). *Byggekologi – Kunskaper för ett hållbart byggande*. Svensk Byggtjänst.

Borgström, E. & Fröbel, J. (2017). *KL-trähandbok – Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner*. Svenskt trä, Stockholm.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

- Boverket (2019). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> [2023-02-22]
- Boverket (2021a). *Klimatdeklaration av byggnader*  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/> [2023-05-02]
- Boverket (2021b). *Klimatdeklarationens omfattning*  
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/> [2023-05-02]
- Boverket (2022). *Fuksamhetsprojektering*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/fuksamhet/fuksamhetsprojektering/> [2023-01-30]
- Boverket (2023a). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/> [2023-01-18]
- Boverket (2023b). *Utsläpp av växthusgaser ån bygg- och fastighetssektorn*.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [2023-01-18]
- Boverket (2023c). *Klimatdeklaration – en digital handbok från Boverket*.  
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/klimatdatabas/GetResourceByCategoryID/> [2023-04-24]
- Chung, N.-M. & Huynh, H. (2022). *Undersökning av köldbryggor i balkonginfästningar*. Kandidatuppsats, Fakulteten för teknik och samhälle. Malmö Universitet.
- Dahlblom M. & Warfvinge C. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Studentlitteratur.
- Eriksson, E. & Moberg, M. (2022). *Utredning och utformning av balkong i KL-trä som är fuksäker och går att utföra praktisk*. Kandidatuppsats, Institution för naturvetenskap och teknik. Örebro universitet.
- Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, N. & Kellner, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus – LCA av fem byggsystem*. Underlagsrapport. Sveriges Byggindustrier.
- EQUA Simulation AB (u.åa.). *Höjdpunkter i 4.8*. <https://www.equa.se/se/ida-ice/nyheter/hojdpunkter-i-4-8> [2023-02-01]

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

EQUA Simulation AB (u.åb.). *IDA Indoor Climate and Energy*.

<https://www.equa.se/se/ida-ice> [2023-02-01]

Finja (u.å.). *Isolerblock exakt*. <https://www.finja.se/produkter/block/isolerblock-exakt?id=16292060> [2023-02-14]

Gunnarsson P. & Henningsson J. (2021). *Undersökning av köldbryggor i flerbostadshus-Betong kombinerat med ståljämfört med KL-trä*. Examensarbete, Institutionen för byggnadsfysik. Lunds tekniska högskola.

Hackfelt, N. (2010). *Passivhus i lättbetong – En analys av konstruktionsdetaljer*. Kandidatuppsats, Avdelning för Byggnadsfysik. Lunds Tekniska Högskola.

Hansson, J. & Rundberg, M. (2017). *Utvärdering av köldbryggor i byggnader med dagens standard-r - En jämförelse mellan handberäkning, 2D- och 3D-beräkning*. Kandidatuppsats, Institutionen för bygg- och miljöteknik. Chalmers tekniska högskola.

ISO 13307:2007. *Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation method*. International Organization for Standardization (ISO).

ISO 6946:2017. *Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods*. International Organization for Standardization (ISO).

ISO 10211:2017. *Köldbryggor i byggnadskonstruktioner – Värmeflöden och yttemperaturer – Detaljerade beräkningar*. Svenska Institutet för Standarder (SIS).

Johansson, H. (2012). *Byggfukt och energi*. Masteruppsats, Avdelning för byggnadsteknik. Kungliga tekniska högskola.

Kanebjörk, K. P. & Sandström, H. (2018). *Energieffektivisering av historiska byggnader: Byggnadsmodellering med avseende på energibesparingar och fuktrisker*. Kandidatuppsats, Institutionen för teknikvetenskap, Byggt teknik. Uppsala universitet.

Karlsson, F. & Mani, S. (2015). *Beräkning och sammanställning av linjära köldbryggor – En jämförelse mellan HEAT2 och COMSOL Multiphysics*. Kandidatuppsats, Institutionen för Byggt teknik och design. Kungliga tekniska högskola.

Krisinformation från svenska myndigheter (2023). *Energiläget*. <https://www.krisinformation.se/energilaget> [2023-05-11]

Lundström, E. (2015). *Anslutning mellan bjälklag och yttervägg i lågenergihus*. Kandidatuppsats, Institutionen för tillämpad fysik och elektronik. Umeå universitet

Lunds universitet, Canvas (2022). *LCA – Livscykelanalys (bedömning)* [internt material].

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J. & Erlandsson, M. (2021). *Referens för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*. Slutrapport, Skola för Arkitektur och Samhällsbyggnad. Kungliga tekniska högskola.

MAX FRANK. (u.å.). *Egcobox Isolerade balkonginfästningar*.

<https://www.maxfrank.com/se-se/products/reinforcement-technologies/04-thermal-break-balcony-connector-egcobox/> [2023-03-24]

Niklasson, E. & Jansson, S. (2014). *Fuktrelaterade risker vid lågenergikonstruktion i lättbetong – En studie av ett nyproducerat passivhus*. Kandidatuppsats, Institution för Byggteknik och design. Kungliga tekniska högskola.

Nordiska Fönster (u.åa.). *Fast fönster trä 3-glas – Norrlands Plus*.

<https://www.nordiskafonster.se/fast-fonster/tra/norrland-plus/fast-fonster-tra-3-glas> [2023-03-13]

Nordiska Fönster (u.åb.). *Ytterdörr modern mörkgrå lagerförd – Ytterdörr Tempo*.

<https://www.nordiskafonster.se/malade-ytterdorrar/tempo/ytterdorr-modern-morkgra-lagerford> [2023-03-13]

Nordmark, E. (2017). *Köldbryggors inverkan på klimatskärmens värmeisolering i flerbostadshus med trästomme*. Kandidatuppsats, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser. Luleå tekniska universitet.

Nordström, L. & Fritzon, D. (2012). *Analys av köldbryggor, fönsterplacering och värmesystem för ett låg-/plusenergihus*. Kandidatuppsats, Byggnadsteknik. Högskola i Jönköping.

Pettersson, V. (2013). *Passivhus, detaljutformning och dess köldbryggor*.

Kandidatuppsats, Byggteknik. Umeå universitet.

Rezaie, H. & Yousuf, J. (2017). *Fukt i material under byggskedet*. Kandidatuppsats, Fakulteten för teknik. Linnéuniversitet.

ROCKWOOL (u.å.). *REDair Flex System*. <https://www.rockwool.com/se/produkter-och-konstruktioner/yttervagg/ventilerad-fasad/redair-flex/> [2023-03-13]

Saint-Gobain (u.å.). *Yttervägg – träfasad på träregling*. <https://www.saint-gobain.se/kl-tra/konstruktioner/yv2> [2023-03-07]

Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. 1 uppl. Studentlitteratur.

Sandin, K. (2019). *Praktisk husbyggnadsteknik*. 3 uppl. Studentlitteratur.

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

SS-EN ISO 13789:2017. *Byggnaders termiska egenskaper – Värme genomgångskoefficienter – Beräkningsmetod*. Svenska Institutet för Standarder (SIS).

SS-EN ISO 14683:2017. *Köldbryggor i byggnadskonstruktioner- Linjär värme genomgångskoefficient – Förenklade metoder och schablonvärden*. Svenska institutet för standarder (SIS).

Sundemo, M. & Sörensson, F. (2010). *Utfackningsvägg av lättbetongblock i passivhus*. Kandidatuppsats, Avdelning för byggnadsfysik. Tekniska högskola i Jönköping.

Svenska Institutet för Standarder (u.å.). *ISO, International Organization for Standardization*. <https://www.sis.se/standardutveckling/internationell-standardisering/iso/> [2023-05-12]

Svenskt trä (2015). *Anslutning mot ytterväggshörn – korsande regelverk*. <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktionsexempel/vaggar/barande-yttervagg/konstruktionsvirke-eller-lattreglar/anslutningk/> [2023-03-29]

Svenskt trä (2017). *KL-trä som konstruktionsmaterial*. <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-som-konstruktionsmaterial/1.3-kl-tra-som-konstruktionsmaterial/kl-tra-som-konstruktionsmaterial> [2023-05-11]

Svenskt trä (2021). *Balkong med platta av KL-trä*. <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktionsexempel/altaner-balkonger-och-skarmtak/balkong-for-flerbostadshus/balkong-med-platta-av-kl-tra/> [2023-02-24]

Sveriges geologiska undersökning (u.å.). *Jordlagerföljder*. <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-lagerobservationer.html> [2023-03-06]

Sweden Green Building Council (2022a). *Vad är Miljöbyggnad?* <https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad/vad-ar-miljobyggnad/> [2023-02-21]

Sweden Green Building Council (2022b). *Miljöbyggnad 4.0*. [https://www.sgbc.se/app/uploads/2022/12/Manual\\_MB\\_4.0\\_1.pdf](https://www.sgbc.se/app/uploads/2022/12/Manual_MB_4.0_1.pdf) [2023-02-21]

Tornberg, J. & Ståhl, V. (2013). *Byggfuktens inverkan på energibehovet: Ett arbete om betongs uttorkning i brukarskedet*. Kandidatuppsats, Avdelning för byggnadsfysik. Lunds tekniska högskola.

Åberg, F. (2010). *Passivhus: Jämförelse av två väggkonstruktioner*. Kandidatuppsats, Ämnesområdet byggnadsteknik. Jönköpings universitet.

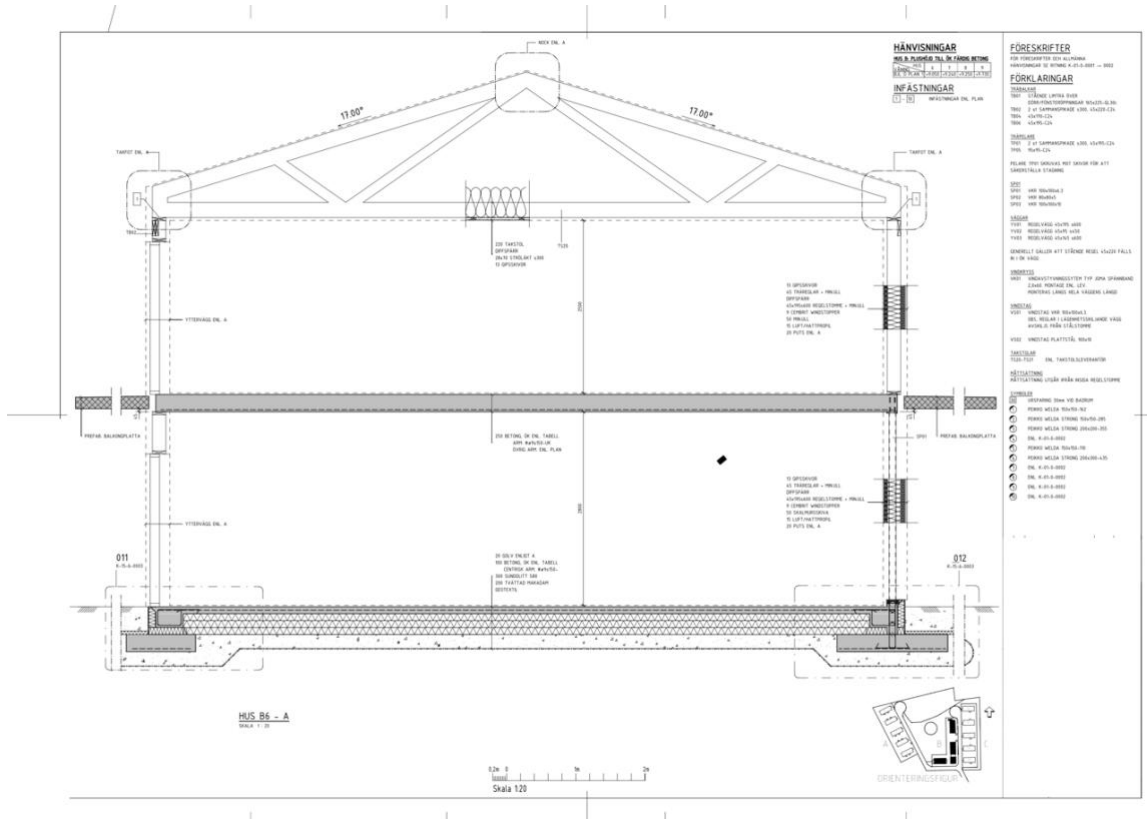
Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## Bilagor

### Bilaga A – Referensobjekt för träregelhus

I bilaga A nedan, hittas referensprojektet för träregelstommen från Structor Bygg Malmö som inspiration har tagits från vid dimensionering av anslutningar och byggnadsdelar i de olika stomalternativen.



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## Bilaga B – Resultat och delvis indata vid beräkning av värmegenomgångskoefficienten, U-värde

I bilaga B nedan, presenteras Excel beräkningar för de olika U-värde för taket, väggar och grunden för de olika byggnaderna i rapporten. Observera att taket är det samma för alla tre konstruktioner.

U-värde för takkonstruktionen:

Takkonstruktionen				
	Material	lamdda	d (m)	R
	R_se			
	Plåttak		0,005	
	takpapp		0,005	
	Råspånt	0,14	0,022	
	Isolering	0,037	0,18	4,864865
1200 cc	Takstol	0,04215	0,22	5,219454
	Ströläkt	0,14	0,028	0,2
	Gips	0,25	0,013	0,052
	R_si			0,1
Summa R				10,43632
U-värde				0,096

U-värde för KL-trävägg:

KL-trä				U-värdesmetoden				Lambdavärdesmetoden			
	d(m)	lambda	R		lambda	R_iso	R_trä		lambda	R_iso	R_trä
R_si			0,13	R_si		0,13	0,13				
gips	0,0125	0,22	0,06	gips	0,22	0,06	0,06				
KL-trä	0,12	0,14	0,857142857	KL-trä	0,14	0,857143	0,8571429				
uni skiva 35	0,14	0,0473	2,959830867	Uni skiva	0,037	3,783784					
glasull	0,1	0,037	2,702702703	träregel	0,14		1				
träfasad	0,022	0,14		glasull	0,037	2,702703	2,7027027				
R_SE			0,13	träfasad	0,14						
				R_se		0,13	0,13				
Summa			6,839676427	Summa		7,663629	4,8798456				
U-värde			0,146206	90%iso+10%trä U-värde							0,13793
U-värde från producenten											0,15
U_medel											0,142



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

U-värde för Lättbetongvägg:

Lättbetong				
	d(m)	Lambda	R	
<i>Insidan</i>				
R_si				0,13
Puts	0,02	1		0,02
lättbetong	0,09	0,1		0,9
isolering	0,17	0,037		4,594595
lättbetong	0,09	0,1		0,9
puts	0,02	1		0,02
R_se				0,04
<i>Utsidan</i>				
<i>summa</i>	0,39		6,604595	
<b>U-värde block</b>				<b>0,148</b>
<b>U-värde beräkning</b>				<b>0,1514097</b>

U-värde för träregelvägg:

Träregelvägg				
U-värdesmetoden				
	d(m)	lambda	R_sol	R_trä
<i>Insida</i>				
R_si			0,13	0,13
Gips	0,013	0,22	0,059091	0,0590909
min.ull	0,045	0,037	1,216216	
reglar	0,045	0,14		0,3214286
min.ull	0,195	0,037	5,27027	
stomme	0,195	0,14		1,3928571
stenull	0,05	0,037	1,351351	1,3513514
puts	0,02			
R_se			0,13	0,13
<i>Utsida</i>				
<b>Summa</b>	0,347		8,156929	3,384728
<b>U-värde</b>				0,140

lambdavärdesmetoden		
lambda		R
lambda-res (cc 600, 90%iso+10%trä)		0,0473
R_si		0,13
gips		0,059091
min+reglar		0,951374
stom+reglar		4,122622
stenull		1,351351
puts		
R_se		0,13
<b>Summa</b>		6,744438
<b>U-värde</b>		0,14827

	<b>U-medel</b>	<b>0,144</b>
--	----------------	--------------

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

U-värde för grunden:

Platta på mark				
	Material	lambda	d (m)	R
	R_si			0,17
	Betong	1,7	0,1	0,0588235
	Sundolit	0,037	0,3	8,1081081
	Makadam		0,2	0,2
	R_se			0,04
Summa R				<b>8,5769316</b>
Total area	72	m <sup>2</sup>		
Omkrets	36	m		
markens värmeledningstal (sand)	1,4	m <sup>2</sup>		
B´	4	m		
	d (m)	d_t	U-värde	
(lättbetong)	0,39	12,397704	0,098	
(träregel)	0,347	12,354704	0,099	
(kl-trä)	0,382	12,389704	0,098	
Medelvärde				0,099

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

**Bilaga C – Beräkning av köldbryggor hämtat från Excel**

I bilaga C nedan presenteras köldbryggeberäkning för de olika anslutningarna för de olika stomval.

KL-trästommen:

Grunddetaljer	Ytterväggsdetaljer	Takdetaljer	Fönsterdetaljer
<b>Grund</b>	<b>Yttervägg-Mellanbjälklag</b>	<b>Tak iso.</b>	<b>Fönster nedre del</b>
Temp 30	Temp 30	Temp 30	Temp 30
Flöde tot 24,717 0,8339	Flöde tot 9,4533 0,31511	Flöde tot 15,305 0,51016667	Flöde tot 34,329 1,1443
U-värde vägg 0,143 0,286	U-värde vägg 0,143 0,286	U-värde vägg 0,143 0,286	U-värde vägg 0,143 0,286
Flöde 4 m pla 12,08 0,402667		U-värde tak 0,1075 0,215	U-värde fönst 0,85 0,85
Köldbrygga 0,135233	Köldbrygga 0,02911	Längd tak/väg 2	Köldbrygga 0,0083
		Köldbrygga 0,00916667	
	<b>Balkong</b>	<b>Tak trä</b>	<b>Fönster övre del/sida</b>
	Temp 30	Temp 30	Temp 30
	Flöde tot 9,7968 0,32656	Flöde tot 20,022 0,6674	Flöde tot 34,192 1,13973333
	U-värde vägg 0,143 0,286	U-värde vägg 0,143 0,286	U-värde vägg 0,143 0,286
		U-värde tak 0,1075 0,215	Flöde fönster 0,85 0,85
	Köldbrygga 0,04056	Längd tak/väg 2	Köldbrygga 0,00373333
		Köldbrygga 0,1664	
	<b>Hörn detalj</b>	<b>Tak viktat värde</b>	<b>Viktat värde fönster</b>
	Temp 30	Isolering 95%	77% av fönstrets omkrets är övre/sida
	Flöde tot 17,71 0,59033333	Trä 0,05%	23 % av fönstrets omkrets är nedre del
	U-värde vägg 0,143 0,572		Köldbrygga fönster 0,00478367
	Köldbrygga 0,01833333	Köldbrygga 0,01702833	
			<b>Viktat värde dörr</b>
			84% av dörrens omkrets är övre/sida
			16% är neder del
			Totalt: 0,004464

# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## Lättbetongstommen:

Grunddetaljer	Ytterväggsdetaljer	Takdetaljer	Fönsterdetaljer																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Grund</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>27,291</td><td>0,9097</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>Flöde 4 m platt</td><td>12,08</td><td>0,4026667</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,21123333</td><td></td></tr> </table>	<b>Grund</b>			Temp	30		Flöde tot	27,291	0,9097	U-värde vägg	0,1479	0,2958	Flöde 4 m platt	12,08	0,4026667	Köldbrygga	0,21123333		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Yttervägg-Mellanbjälklag</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>12,963</td><td>0,4321</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>Längd vägg 2 m</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,1363</td><td></td></tr> </table>	<b>Yttervägg-Mellanbjälklag</b>			Temp	30		Flöde tot	12,963	0,4321	U-värde vägg	0,1479	0,2958	Längd vägg 2 m			Köldbrygga	0,1363		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Tak m. isolering</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>17,7832</td><td>0,59277333</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0,1075</td><td>0,215</td></tr> <tr><td>Längd tak/vägg</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,08197333</td><td></td></tr> </table>	<b>Tak m. isolering</b>			Temp	30		Flöde tot	17,7832	0,59277333	U-värde vägg	0,1479	0,2958	U-värde tak	0,1075	0,215	Längd tak/vägg	2		Köldbrygga	0,08197333		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Fönster nedre del</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>34,753</td><td>1,15843333</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>U-värde fönst</td><td>0,8547</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,01263333</td><td></td></tr> </table>	<b>Fönster nedre del</b>			Temp	30		Flöde tot	34,753	1,15843333	U-värde vägg	0,1479	0,2958	U-värde fönst	0,8547	0,85	Köldbrygga	0,01263333	
<b>Grund</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	27,291	0,9097																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
Flöde 4 m platt	12,08	0,4026667																																																																												
Köldbrygga	0,21123333																																																																													
<b>Yttervägg-Mellanbjälklag</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	12,963	0,4321																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
Längd vägg 2 m																																																																														
Köldbrygga	0,1363																																																																													
<b>Tak m. isolering</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	17,7832	0,59277333																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
U-värde tak	0,1075	0,215																																																																												
Längd tak/vägg	2																																																																													
Köldbrygga	0,08197333																																																																													
<b>Fönster nedre del</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	34,753	1,15843333																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
U-värde fönst	0,8547	0,85																																																																												
Köldbrygga	0,01263333																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Yttervägg-balkong iso.</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>13,172</td><td>0,43906667</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,14326667</td><td></td></tr> </table>	<b>Yttervägg-balkong iso.</b>			Temp	30		Flöde tot	13,172	0,43906667	U-värde vägg	0,1479	0,2958	Köldbrygga	0,14326667		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Tak m. trä</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>22,627</td><td>0,75423333</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0,1075</td><td>0,215</td></tr> <tr><td>Längd tak/vägg</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,24343333</td><td></td></tr> </table>	<b>Tak m. trä</b>			Temp	30		Flöde tot	22,627	0,75423333	U-värde vägg	0,1479	0,2958	U-värde tak	0,1075	0,215	Längd tak/vägg	2		Köldbrygga	0,24343333		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Fönster övre/sida</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>35,883</td><td>1,1961</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>Flöde fönster</td><td>0,8547</td><td>0,8547</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,0456</td><td></td></tr> </table>	<b>Fönster övre/sida</b>			Temp	30		Flöde tot	35,883	1,1961	U-värde vägg	0,1479	0,2958	Flöde fönster	0,8547	0,8547	Köldbrygga	0,0456																						
<b>Yttervägg-balkong iso.</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	13,172	0,43906667																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
Köldbrygga	0,14326667																																																																													
<b>Tak m. trä</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	22,627	0,75423333																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
U-värde tak	0,1075	0,215																																																																												
Längd tak/vägg	2																																																																													
Köldbrygga	0,24343333																																																																													
<b>Fönster övre/sida</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	35,883	1,1961																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
Flöde fönster	0,8547	0,8547																																																																												
Köldbrygga	0,0456																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Yttervägg-balkong btg.</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>34,525</td><td>1,15083333</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,2958</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,85503333</td><td></td></tr> </table>	<b>Yttervägg-balkong btg.</b>			Temp	30		Flöde tot	34,525	1,15083333	U-värde vägg	0,1479	0,2958	Köldbrygga	0,85503333		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Köldbrygga tak</b></td></tr> <tr><td>Iso 95%</td><td>0,07787467</td><td></td></tr> <tr><td>Trä 5%</td><td>0,01217167</td><td></td></tr> <tr><td>Summa:</td><td>0,09004633</td><td></td></tr> </table>	<b>Köldbrygga tak</b>			Iso 95%	0,07787467		Trä 5%	0,01217167		Summa:	0,09004633		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktat värde fönster</b></td></tr> <tr><td>77% av fönstrets omkrets är övre/sida</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23 % av fönstrets omkrets är nedre del</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga fönster</td><td></td><td>0,03801767</td></tr> </table>	<b>Viktat värde fönster</b>			77% av fönstrets omkrets är övre/sida			23 % av fönstrets omkrets är nedre del			Köldbrygga fönster		0,03801767																																				
<b>Yttervägg-balkong btg.</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	34,525	1,15083333																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,2958																																																																												
Köldbrygga	0,85503333																																																																													
<b>Köldbrygga tak</b>																																																																														
Iso 95%	0,07787467																																																																													
Trä 5%	0,01217167																																																																													
Summa:	0,09004633																																																																													
<b>Viktat värde fönster</b>																																																																														
77% av fönstrets omkrets är övre/sida																																																																														
23 % av fönstrets omkrets är nedre del																																																																														
Köldbrygga fönster		0,03801767																																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktad köldbrygga balkong</b></td></tr> <tr><td>60% ISO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40% Btg</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Summa:</td><td></td><td>0,42797333</td></tr> </table>	<b>Viktad köldbrygga balkong</b>			60% ISO			40% Btg			Summa:		0,42797333		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktat värde dörr</b></td></tr> <tr><td>84 % av dörr</td><td>0,038304</td><td></td></tr> <tr><td>16 % nedre de</td><td>0,00202133</td><td></td></tr> <tr><td>Totalt =</td><td></td><td>0,04032533</td></tr> </table>	<b>Viktat värde dörr</b>			84 % av dörr	0,038304		16 % nedre de	0,00202133		Totalt =		0,04032533																																																			
<b>Viktad köldbrygga balkong</b>																																																																														
60% ISO																																																																														
40% Btg																																																																														
Summa:		0,42797333																																																																												
<b>Viktat värde dörr</b>																																																																														
84 % av dörr	0,038304																																																																													
16 % nedre de	0,00202133																																																																													
Totalt =		0,04032533																																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Hörn detalj</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>18,553</td><td>0,61843333</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1479</td><td>0,5916</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,02683333</td><td></td></tr> </table>	<b>Hörn detalj</b>			Temp	30		Flöde tot	18,553	0,61843333	U-värde vägg	0,1479	0,5916	Köldbrygga	0,02683333																																																															
<b>Hörn detalj</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	18,553	0,61843333																																																																												
U-värde vägg	0,1479	0,5916																																																																												
Köldbrygga	0,02683333																																																																													

## Träregelestommen:

Grunddetaljer	Ytterväggsdetaljer	Takdetaljer	Fönsterdetaljer																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Grund detalj</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>25,66</td><td>0,855333</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1449</td><td>0,2898</td></tr> <tr><td>Flöde 4 m platta</td><td>12,08</td><td>0,402667</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,162867</td><td></td></tr> </table>	<b>Grund detalj</b>			Temp	30		Flöde tot	25,66	0,855333	U-värde vägg	0,1449	0,2898	Flöde 4 m platta	12,08	0,402667	Köldbrygga	0,162867		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Detalj 1 Yttervägg-Mellanbjälklag</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>13,494</td><td>0,4498</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1449</td><td>0,2898</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,16</td><td></td></tr> </table>	<b>Detalj 1 Yttervägg-Mellanbjälklag</b>			Temp	30		Flöde tot	13,494	0,4498	U-värde vägg	0,1449	0,2898	U-värde tak	0	0	Köldbrygga	0,16		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Detalj Takdel m. träregel</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>20,57</td><td>0,68566667</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1449</td><td>0,2898</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0,1075</td><td>0,215</td></tr> <tr><td>Längd tak/Vägg:</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,180867</td><td></td></tr> </table>	<b>Detalj Takdel m. träregel</b>			Temp	30		Flöde tot	20,57	0,68566667	U-värde vägg	0,1449	0,2898	U-värde tak	0,1075	0,215	Längd tak/Vägg:	2		Köldbrygga	0,180867		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Fönster, nedre del</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>31,118</td><td>1,037267</td></tr> <tr><td>U-värde vägg(1m)</td><td>0,1449</td><td></td></tr> <tr><td>U-värde fönster(1n)</td><td>0,8547</td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,03766667</td><td></td></tr> </table>	<b>Fönster, nedre del</b>			Temp	30		Flöde tot	31,118	1,037267	U-värde vägg(1m)	0,1449		U-värde fönster(1n)	0,8547		Köldbrygga	0,03766667	
<b>Grund detalj</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	25,66	0,855333																																																																												
U-värde vägg	0,1449	0,2898																																																																												
Flöde 4 m platta	12,08	0,402667																																																																												
Köldbrygga	0,162867																																																																													
<b>Detalj 1 Yttervägg-Mellanbjälklag</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	13,494	0,4498																																																																												
U-värde vägg	0,1449	0,2898																																																																												
U-värde tak	0	0																																																																												
Köldbrygga	0,16																																																																													
<b>Detalj Takdel m. träregel</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	20,57	0,68566667																																																																												
U-värde vägg	0,1449	0,2898																																																																												
U-värde tak	0,1075	0,215																																																																												
Längd tak/Vägg:	2																																																																													
Köldbrygga	0,180867																																																																													
<b>Fönster, nedre del</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	31,118	1,037267																																																																												
U-värde vägg(1m)	0,1449																																																																													
U-värde fönster(1n)	0,8547																																																																													
Köldbrygga	0,03766667																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Detalj Yttervägg-balkong iso</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>13,211</td><td>0,440367</td></tr> <tr><td>U-värde vägg (2m)</td><td>0,1449</td><td>0,2898</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,150567</td><td></td></tr> </table>	<b>Detalj Yttervägg-balkong iso</b>			Temp	30		Flöde tot	13,211	0,440367	U-värde vägg (2m)	0,1449	0,2898	U-värde tak	0	0	Köldbrygga	0,150567		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Detalj Takdel m. isolering</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>15,716</td><td>0,52386667</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1449</td><td>0,2898</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0,1075</td><td>0,215</td></tr> <tr><td>Längd tak/Vägg:</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,019067</td><td></td></tr> </table>	<b>Detalj Takdel m. isolering</b>			Temp	30		Flöde tot	15,716	0,52386667	U-värde vägg	0,1449	0,2898	U-värde tak	0,1075	0,215	Längd tak/Vägg:	2		Köldbrygga	0,019067		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Fönster, övre del/sida</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>30,938</td><td>1,031267</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1449</td><td></td></tr> <tr><td>U-värde fönster</td><td>0,8547</td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,03166667</td><td></td></tr> </table>	<b>Fönster, övre del/sida</b>			Temp	30		Flöde tot	30,938	1,031267	U-värde vägg	0,1449		U-värde fönster	0,8547		Köldbrygga	0,03166667																			
<b>Detalj Yttervägg-balkong iso</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	13,211	0,440367																																																																												
U-värde vägg (2m)	0,1449	0,2898																																																																												
U-värde tak	0	0																																																																												
Köldbrygga	0,150567																																																																													
<b>Detalj Takdel m. isolering</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	15,716	0,52386667																																																																												
U-värde vägg	0,1449	0,2898																																																																												
U-värde tak	0,1075	0,215																																																																												
Längd tak/Vägg:	2																																																																													
Köldbrygga	0,019067																																																																													
<b>Fönster, övre del/sida</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	30,938	1,031267																																																																												
U-värde vägg	0,1449																																																																													
U-värde fönster	0,8547																																																																													
Köldbrygga	0,03166667																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Detalj Yttervägg balkong btg</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>35,707</td><td>1,190233</td></tr> <tr><td>U-värde vägg (2m)</td><td>0,1449</td><td>0,2898</td></tr> <tr><td>U-värde tak</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>1,045333</td><td></td></tr> </table>	<b>Detalj Yttervägg balkong btg</b>			Temp	30		Flöde tot	35,707	1,190233	U-värde vägg (2m)	0,1449	0,2898	U-värde tak	0	0	Köldbrygga	1,045333		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktad köldbrygga för tak</b></td></tr> <tr><td>95% Isolering</td><td>0,95</td><td></td></tr> <tr><td>5 % regel</td><td>0,05</td><td></td></tr> <tr><td>summa</td><td>0,027157</td><td></td></tr> </table>	<b>Viktad köldbrygga för tak</b>			95% Isolering	0,95		5 % regel	0,05		summa	0,027157		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktat värde fönster</b></td></tr> <tr><td>77% av fönstrets omkrets är övre/sida</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23 % av fönstrets omkrets är nedre del</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Köldbrygga fönster</td><td></td><td>0,033047</td></tr> </table>	<b>Viktat värde fönster</b>			77% av fönstrets omkrets är övre/sida			23 % av fönstrets omkrets är nedre del			Köldbrygga fönster		0,033047																																	
<b>Detalj Yttervägg balkong btg</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	35,707	1,190233																																																																												
U-värde vägg (2m)	0,1449	0,2898																																																																												
U-värde tak	0	0																																																																												
Köldbrygga	1,045333																																																																													
<b>Viktad köldbrygga för tak</b>																																																																														
95% Isolering	0,95																																																																													
5 % regel	0,05																																																																													
summa	0,027157																																																																													
<b>Viktat värde fönster</b>																																																																														
77% av fönstrets omkrets är övre/sida																																																																														
23 % av fönstrets omkrets är nedre del																																																																														
Köldbrygga fönster		0,033047																																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktad köldbrygga för balkong</b></td></tr> <tr><td>60% ISO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40% Btg</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Summa:</td><td></td><td>0,508473</td></tr> </table>	<b>Viktad köldbrygga för balkong</b>			60% ISO			40% Btg			Summa:		0,508473		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Viktat värde dörr</b></td></tr> <tr><td>84% övre</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16% nedre</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Totalt</td><td></td><td>0,03262667</td></tr> </table>	<b>Viktat värde dörr</b>			84% övre			16% nedre			Totalt		0,03262667																																																			
<b>Viktad köldbrygga för balkong</b>																																																																														
60% ISO																																																																														
40% Btg																																																																														
Summa:		0,508473																																																																												
<b>Viktat värde dörr</b>																																																																														
84% övre																																																																														
16% nedre																																																																														
Totalt		0,03262667																																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>Detalj hörn</b></td></tr> <tr><td>Temp</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Flöde tot</td><td>18,065</td><td>0,602167</td></tr> <tr><td>U-värde vägg</td><td>0,1449</td><td>0,5796</td></tr> <tr><td>Köldbrygga</td><td>0,022567</td><td></td></tr> </table>	<b>Detalj hörn</b>			Temp	30		Flöde tot	18,065	0,602167	U-värde vägg	0,1449	0,5796	Köldbrygga	0,022567																																																															
<b>Detalj hörn</b>																																																																														
Temp	30																																																																													
Flöde tot	18,065	0,602167																																																																												
U-värde vägg	0,1449	0,5796																																																																												
Köldbrygga	0,022567																																																																													

# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## Bilaga D – Klimatpåverkan av de olika stomvalen

I bilaga D nedan redovisas klimatberäkningarna för de tre olika husen beräknade med hjälp av Excel. För de olika husen har de ingående materialen mängdats av författarna och de olika livslängderna för materialet antagits med hjälp av Boverkets ledning.

### De ingående material i KL-trästommen:

KL-TRÄ	Material	Volym (m <sup>3</sup> /Area (m <sup>2</sup> ))	Densitet/Omräkningsfaktor (kg/m <sup>3</sup> )	Mängd (kg)	B/I (Byggnadslivslängd/material-ets livslängd)	A1-A3 byggproduktens	A4 transporters	A5 byggspeills	Teknisk livslängd (år)	Byggnadsdelens livslängd (år)	Materialets klimatpåverkan (kg CO <sub>2</sub> e)	Materialets påverkan utan hänsyn till livslängd
						klimatpåverkan GWP-GHG, konservativt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	klimatpåverkan GWP-GHG (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	klimatpåverkan GWP-GHG, konservativt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kg)				
<b>Grund:</b>	Övergolv	1,1	940	1034	1	0,373	0,0645	0,0437 >50		100	497,5608	497,5608
	Betong (armering)	9,82	2350	23077	1	0,163	0,0039	0,00499 >50		100	3966,70553	3966,70553
	Cellplast	3,933	36	141,588	1	0,75	0,0345	0,0549 >50		100	118,8489672	118,8489672
<b>Vägg:</b>	Gips	2,7	710	1917	1	0,284	0,0232	0,0368 >50		100	659,448	659,448
	KL-trä	25,92	465	12052,8	1	0,12	0,0345	0,00773 >50		100	1955,325744	1955,325744
	Cellplast	30,24	36	1088,64	1	0,75	0,0345	0,0549 >50		100	913,804416	913,804416
	Spikläkt	0,284256	434	123,367104	1	0,133	0,0345	0,0035 >50		100	21,09577478	21,09577478
	Träfasad	4,752	455	2162,16	2	0,0919	0,0158	0,0108 >50		50	512,43192	512,43192
	Plastfolie	0,1296	900	116,64	1	2,75	0,0495	0,28 >50		100	359,19288	359,19288
<b>Fönster:</b>	3 glas fönster	20,4	39,2	799,68	2	2,63	0,042	0 >50		50	4273,48992	2136,74496
<b>Dörr:</b>	Ytterdörr	2,2	27,7	60,94	2	1,88	0,0324	0 >50		50	233,083312	116,541656
	Balkongdörr	4,4	39,2	172,48	2	2,63	0,042	0 >50		50	921,73312	460,86656
<b>Bjällkåpet:</b>	Övergolv	1,1	940	1034	1	0,373	0,0645	0,0437 >50		100	497,5608	497,5608
	Stegjuls matta	0,115	14	1,61	1	1,49	0,0345	0,107 >50		100	2,626715	1,17198749
	KL-trästolpa	13,23	465	6153,95	1	0,12	0,0345	0,00773 >50		100	998,030845	998,030845
	Cellplast	2,876	36	103,536	1	0,75	0,0345	0,0549 >50		100	86,9081184	86,9081184
<b>Balkong:</b>	Plywood	0,144	460	66,24	1	0,448	0,042	0,049 >50		100	35,70336	35,70336
	Trall	0,264	434	114,576	2	0,133	0,0345	0,0035 >50		50	39,184992	19,592496
	Likt	0,015792	434	6,853728	2	0,133	0,0345	0,0035 >50		50	2,343974976	1,17198749
	KL-trästolpa	1,44	465	669,6	2	0,12	0,0345	0,00773 >50		50	217,258416	108,629208
	Likt (plywood)	0,0119952	460	5,51792	1	0,448	0,042	0,049 >50		100	2,974089888	2,974089888
<b>Tak:</b>	Lövull	27,514	28	770,392	1	1,6	0,0345	0,0163 >50		100	1271,763114	1271,763114
	Takstol	1,286	434	558,124	1	0,133	0,0345	0,00835 >50		100	98,1461054	98,1461054
	Stroläkt (trä)	0,437	434	189,658	1	0,133	0,0345	0,00835 >50		100	33,3513593	33,3513593
	Gips	0,748	710	531,08	1	0,284	0,0232	0,0368 >50		100	182,69152	182,69152
	Plastfolie	0,1296	900	116,64	1	2,75	0,0495	0,28 >50		100	359,19288	359,19288
	Råspont	1,655	434	718,27	1	0,133	0,0345	0,00835 >50		100	126,307795	126,307795
	Täckpapp	0,3762	4	1,5048	2,5	0,85	0,0345	0,0442 <40		40	3,4937094	1,3970776
	Piltäck	0,3762	7850	2953,17	1	3,24	0,0795	0,166 >50		100	10293,27404	10293,27404

### De ingående material i Lättbetongstommen:

Grund:	Material	Volym (m <sup>3</sup> /Area (m <sup>2</sup> ))	Densitet/Omräkningsfaktor (kg/m <sup>3</sup> )	Mängd (kg)	B/I (Byggnadslivslängd/material-ets livslängd)	A1-A3 byggproduktens	A4 transporters	A5 byggspeills	Teknisk livslängd (år)	Byggnadsdelens livslängd (år)	Materialets klimatpåverkan (kg CO <sub>2</sub> e)	Materialets påverkan utan hänsyn till livslängd
						klimatpåverkan GWP-GHG, konservativt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	klimatpåverkan GWP-GHG (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	klimatpåverkan GWP-GHG, konservativt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kg)				
	Övergolv	1,1	940	1034	1	0,373	0,0645	0,0437 >50		100	497,5608	497,5608
	Betong (armering)	9,82	2350	23077	1	0,163	0,0039	0,00499 >50		100	3966,70553	3966,70553
	Cellplast	3,933	36	141,588	1	0,75	0,0345	0,0549 >50		100	118,8489672	118,8489672
<b>Vägg:</b>	Lättskinkblock	38,88	700	27216	1	0,243	0,027	0,0135 >50		100	7715,736	7715,736
	ESP	30,72	30	921,6	1	4	0,0345	0,282 >50		100	4755,0564	4755,0564
	Betong (armering)	1,2636	2350	2969,46	1	0,163	0,0039	0,00499 >50		100	510,4204794	510,4204794
	Cellplast	0,234	36	8,424	1	0,75	0,0345	0,0549 >50		100	7,0711056	7,0711056
	Putsmurbruk A	8,64	1600	13824	1	0,249	0,0345	0,0142 >50		100	4115,4048	4115,4048
<b>Fönster:</b>	3 glas fönster	20,4	39,2	799,68	2	2,63	0,042	0 >50		50	4273,48992	2136,74496
<b>Dörr:</b>	Ytterdörr	2,2	27,7	60,94	2	1,88	0,0324	0 >50		50	233,083312	116,541656
	Balkongdörr	4,4	39,2	172,48	2	2,63	0,042	0 >50		50	921,73312	460,86656
<b>Bjällkåpet:</b>	Övergolv	1,1	940	1034	1	0,373	0,0645	0,0437 >50		100	497,5608	497,5608
	Betong (armerad)	18	2350	42300	1	0,163	0,0039	0,00499 >50		100	7270,947	7270,947
<b>Balkong:</b>	Betong (armerad)	2,88	2350	6768	1	0,163	0,0039	0,00499 >50		100	1163,35152	1163,35152
<b>Tak:</b>	Lövull	27,514	28	770,392	1	1,6	0,0345	0,0163 >50		100	1271,763114	1271,763114
	Takstol	1,286	434	558,124	1	0,133	0,0345	0,00835 >50		100	98,1461054	98,1461054
	Stroläkt (trä)	0,437	434	189,658	1	0,133	0,0345	0,00835 >50		100	33,3513593	33,3513593
	Gips	0,748	710	531,08	1	0,284	0,0232	0,0368 >50		100	182,69152	182,69152
	Plastfolie	0,1296	900	116,64	1	2,75	0,0495	0,28 >50		100	359,19288	359,19288
	Råspont	1,655	434	718,27	1	0,133	0,0345	0,00835 >50		100	126,307795	126,307795
	Täckpapp	0,3762	4	1,5048	2,5	0,85	0,0345	0,0442 <40		40	3,4937094	1,3970776
	Piltäck	0,3762	7850	2953,17	1	3,24	0,0795	0,166 >50		100	10293,27404	10293,27404

# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## De ingående material i Lättregelstommen:

Grund:	Material	Volym (m <sup>3</sup> /Area (m <sup>2</sup> ))	Densitet/Omräkningsfaktor (kg/m <sup>3</sup> )	Mängd (kg)	R/I (Byggnadslivslängd/materialets livslängd)	A1- A3 byggprodukters klimatpåverkan GWP-GHG, konservativt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	A4 transporters klimatpåverkan GWP-GHG (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	A5 byggpöjls klimatpåverkan GWP-GHG, konservativt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kg)		Teknisk livslängd (år)	Byggnadsförelens livslängd (år)	Materialets klimatpåverkan (kg CO <sub>2</sub> e)	Materialets påverkan utan hänsyn till livslängd
								konserveringsvärde	konserveringsvärde				
Grund:	Övergolv	1,1	940	1034	1	0,373	0,0645	0,0437	>50	100	497,5608	497,5608	
	Betong (armerad)	9,82	2350	23077	1	0,163	0,0039	0,00499	>50	100	3966,70553	3966,70553	
	Cellplast	3,933	36	141,588	1	0,75	0,0345	0,0549	>50	100	118,8489672	118,8489672	
Vägg	Gips	2,808	710	1993,68	1	0,284	0,0232	0,0368	>50	100	685,82592	685,82592	
	Träreglar	2,592	434	1124,928	1	0,133	0,0345	0,00835	>50	100	197,8185888	197,8185888	
	Isolering	49,248	36	1772,928	1	0,75	0,0345	0,0549	>50	100	1488,195763	1488,195763	
	Vindskiva	1,944	1950	3790,8	1	2,24	0,0795	0,232	>50	100	9672,2262	9672,2262	
	Hatprofil	0,005184	7850	40,6944	1	3,24	0,0795	0,166	>50	100	141,8403312	141,8403312	
	Puts/murbruk A	4,32	1600	6912	1	0,249	0,0345	0,0142	>50	100	2057,7024	2057,7024	
Fönster:	Plastfolie	0,0432	900	38,88	1	2,75	0,0495	0,28	>50	100	119,73096	119,73096	
	3-glas fönster	20,4	39,2	799,68	2	2,63	0,042	0	>50	50	4273,48992	4273,48992	
Dörr:	Ytterdörr	2,2	27,7	60,94	2	1,88	0,0324	0	>50	50	233,083312	116,541656	
	Balkongdörr	4,4	39,2	172,48	2	2,63	0,042	0	>50	50	921,793312	460,86656	
Balkong:	Övergolv	1,1	940	1034	1	0,373	0,0645	0,0437	>50	100	497,5608	497,5608	
	Betong (armerad)	18	2350	42300	1	0,163	0,0039	0,00499	>50	100	7270,947	7270,947	
Balkong:	Betong (armerad)	2,88	2350	6768	1	0,163	0,0039	0,00499	>50	100	1163,35152	1163,35152	
	Tak:	Lövull	27,514	28	770,392	1	1,6	0,0345	0,0163	>50	100	1271,763114	1271,763114
	Takstol	1,286	434	558,124	1	0,133	0,0345	0,00835	>50	100	98,1461054	98,1461054	
	Spridått (trå)	0,437	434	189,658	1	0,133	0,0345	0,00835	>50	100	33,3513593	33,3513593	
	Gips	0,748	710	531,08	1	0,284	0,0232	0,0368	>50	100	182,69152	182,69152	
	Plastfolie	0,1296	900	116,64	1	2,75	0,0495	0,28	>50	100	359,19288	359,19288	
	Råspont	1,655	434	718,27	1	0,133	0,0345	0,00835	>50	100	126,307795	126,307795	
	Täcksp	0,3762	4	1,5048	2,5	0,85	0,0345	0,0442	>40	40	3,493104	1,3930776	
	Plåttak	0,3762	7850	2953,17	1	3,24	0,0795	0,166	>50	100	10293,27404	10293,274	

## Den totala klimatpåverkan, med och utan hänsyn till elpåverkan, för de olika stomval:

Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> , år)	KL-08	Lättbetong	Träregel	Energitäthets klimatpåverkan GWP-GHG, typiskt värde (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)
				0,037
	38,4	42,6	41,6	0,037
BTA		144 m <sup>2</sup>		
Byggnadens livslängd		100 år		
<b>Klimatpåverkan inkluderande elpåverkan</b>				
	KL-08	Lättbetong	Träregel	
GWP <sub>a</sub> (kg CO <sub>2</sub> e)	28684	48415	45675	
GWP <sub>a</sub> /BTA	199	336	317	
GWP <sub>b</sub> (kg CO <sub>2</sub> e)	20460	22697	22164	
GWP <sub>tot</sub> (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> BTA)	341	494	471	
<b>Klimatpåverkan enligt BBR (utan elpåverkan)</b>				
	KL-08	Lättbetong	Träregel	
GWP <sub>a</sub>	25838	45699	40822	
GWP <sub>a</sub> /BTA	179	317	283	

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### **Bilaga E - Indata för klimatpåverkan från Boverkets klimatdatabas**

I bilaga E nedan, presenteras de olika material som involveras i klimatpåverkan. Det har försökts, i den mån som går, att hitta liknande material i Boverkets databas och dessa material kommer nu presenteras i detta avsnitt. Observera att taket, fönster, dörrar, grunden och energislag för alla tre hustyper utförs med liknande material vilket resulterat att det inte kommer presenteras under varje del som enskilda delar utan enbart en gång precis under.

#### Takuppbyggnad:

Lösull – Stenull, lösull, vindsbjälklag  
Takbalk – Limträ, u 12%, gran  
Ströläkt – Limträ, u 12%, gran  
Gips – Gipsskiva, standardskiva  
Plastfolie – Plastfolie, ångspärr  
Råspont – Limträ, u 12%, gran  
Takpapp – Underlagspapp  
Plåttak – Tunnlåt för beklädnad, primär

#### Fönster:

3-glas fönster – Fönster, trä, vridfönster, 3-glas

#### Dörrar:

Ytterdörr – ytterdörrar utan glas, trä  
Balkongdörr – Fönster, trä, vridfönster, 3-glas

#### Grunduppbyggnad:

Övergolv – Hård skiva, HB (våt process)  
Betongplattan – Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 (armerad)  
Cellplast – Cellulosafiber, Cellulosafiber, oanvänt papper, skiva

#### Energislag:

Elektricitet, svensk elmix

### **KL-träbyggnad**

#### Yttervägg:

Gips – Gipsskiva, standardskiva  
KL-träskiva – Korslimmat trä, u 12%, barrträ  
Cellplast – Cellulosafiber, oanvänt papper, skiva  
Spikläkt - Limträ, u 12%, gran  
Träfasad – Hyvlat virke, u 16%, barrträ  
Plastfolie – Plastfolie, ångspärr

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### Mellanbjälklag:

Övergolvs – Hård skiva, HB (våt process)  
Stegljudsmatta – Glasull, ljudisolering  
KL-träplatta – Limträ, u 12%, gran  
Isolering – Cellulosafiber, oanvänt papper, skiva

### Balkong:

Plywood – Plywood  
Trall – Limträ, u 12%, gran  
Läkt - Limträ, u 12%, gran  
KL-träplatta – Korslimmat trä, u 12%, barrträ  
Läkt (plywood) – Plywood

### **Lättbetongbyggnad**

#### Yttervägg:

Finja isoblock – Lättklinkerblock, 10–14% cement (700 – 770 kg/m<sup>3</sup>) och ESP, expanderad polystyren  
Betong i U-block – Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 (armerad)  
Cellplast – Cellulosafiber, oanvänt papper, skiva  
Putsen – Murbruk A (CS IV)

### Mellanbjälklag:

Övergolvs – Hård skiva, HB (våt process)  
Armerad betong – Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 (armerad)

### Balkong:

Betongbjälklag – Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 (armerad)

### **Träregelbyggnad**

#### Yttervägg:

Gips – Gipsskiva, standardskiva  
Träreglar – Limträ, u 12%, gran  
Isolering – Cellulosafiber, oanvänt papper, skiva  
Vindskiva – Fibercementskivor, fasadskiva, ≤85 vikt-% cement  
Hatprofil – Tunnlåt för beklädnad, primär  
Puts – Murbruk A (CS IV)  
Plastfolie – Plastfolie, ångspärr

### Mellanbjälklag:

Övergolvs – Hård skiva, HB (våt process)  
Armerad betong – Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 (armerad)

### Balkong:

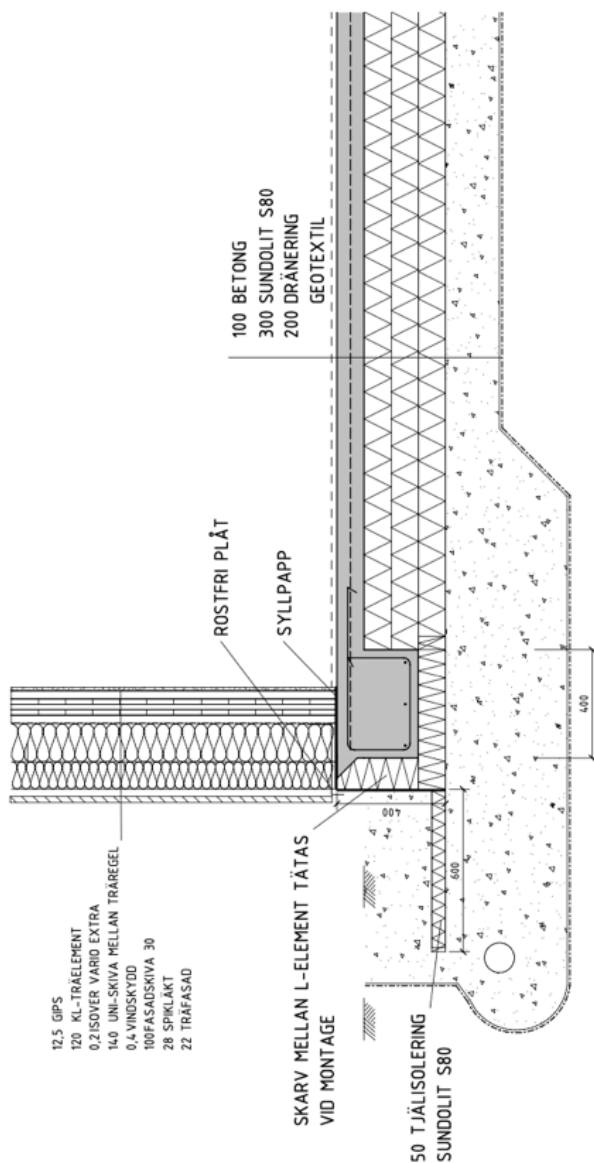
Betongbjälklag – Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 (armerad)



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

**Bilaga F – Anslutningsdetaljer från Revit**

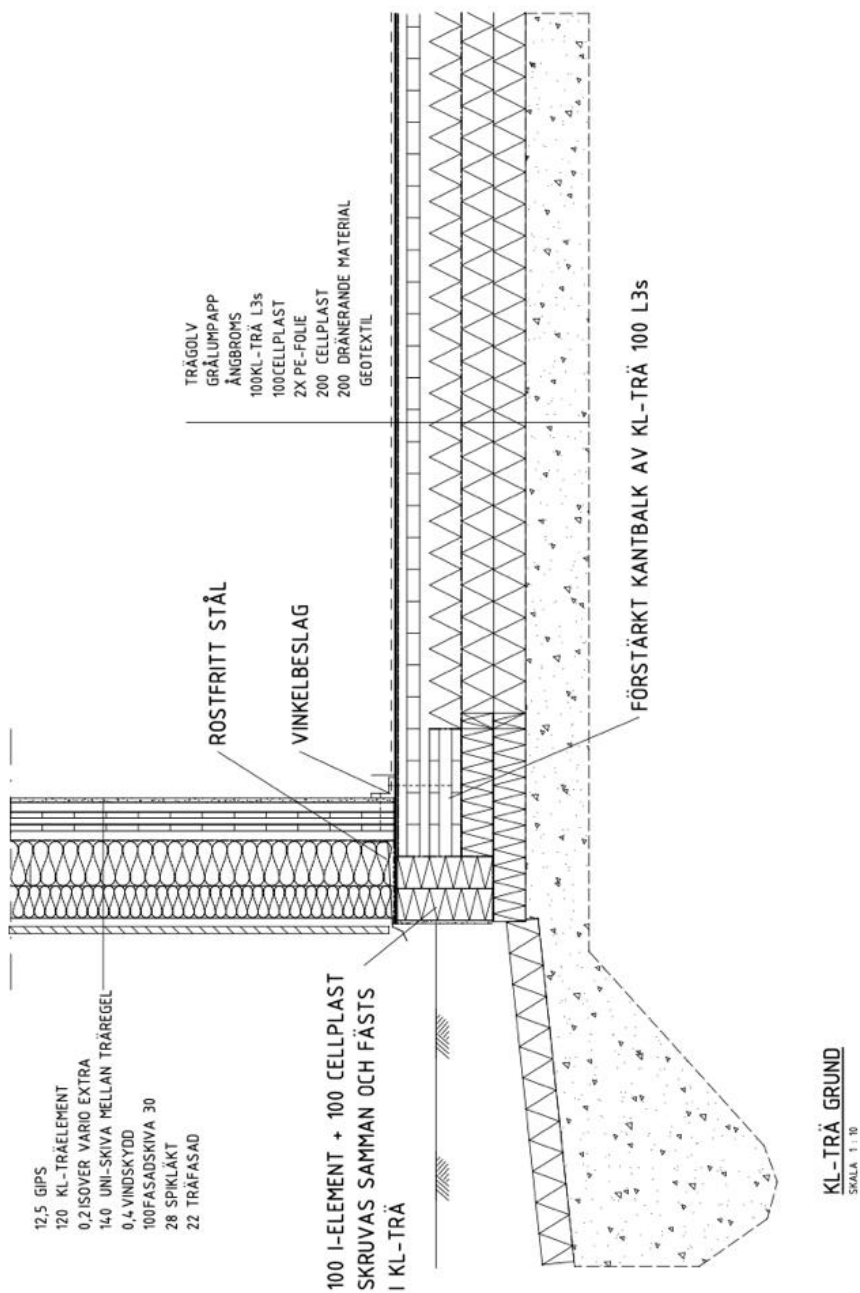
Ytterväggens anslutning mot grunden, KL-trästomme (Platta på mark)



KL-TRÄ GRUND PLATTA  
SKALA 1 : 30

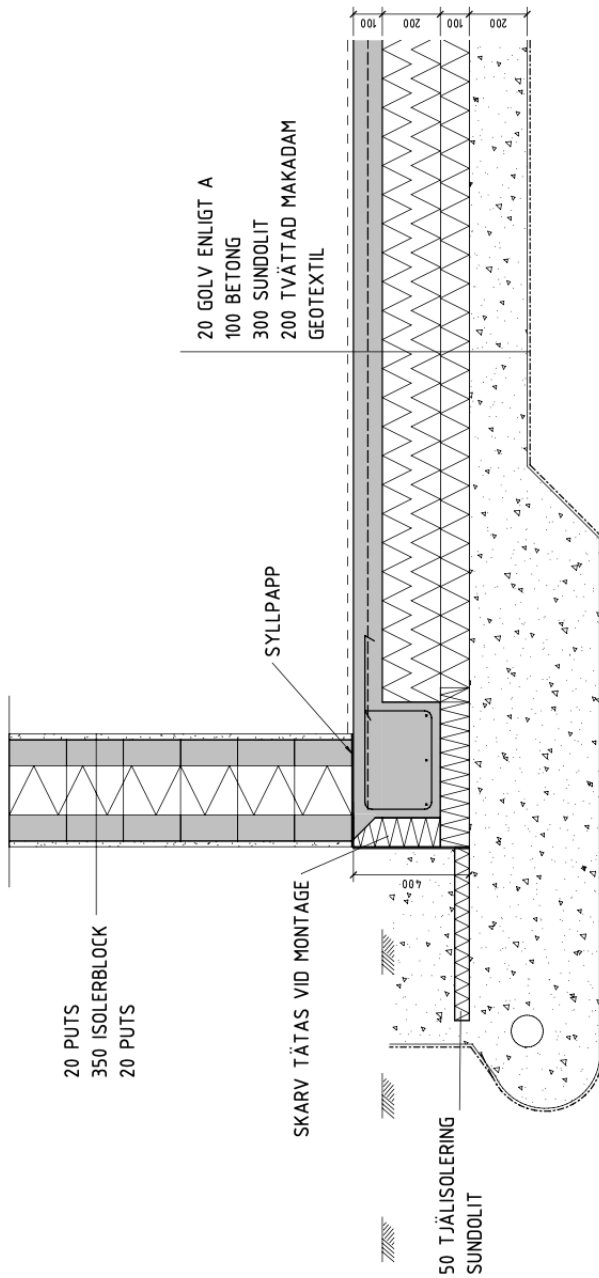
Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Ytterväggens anslutning mot grunden, KL-trästomme (KL-trä grund)



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

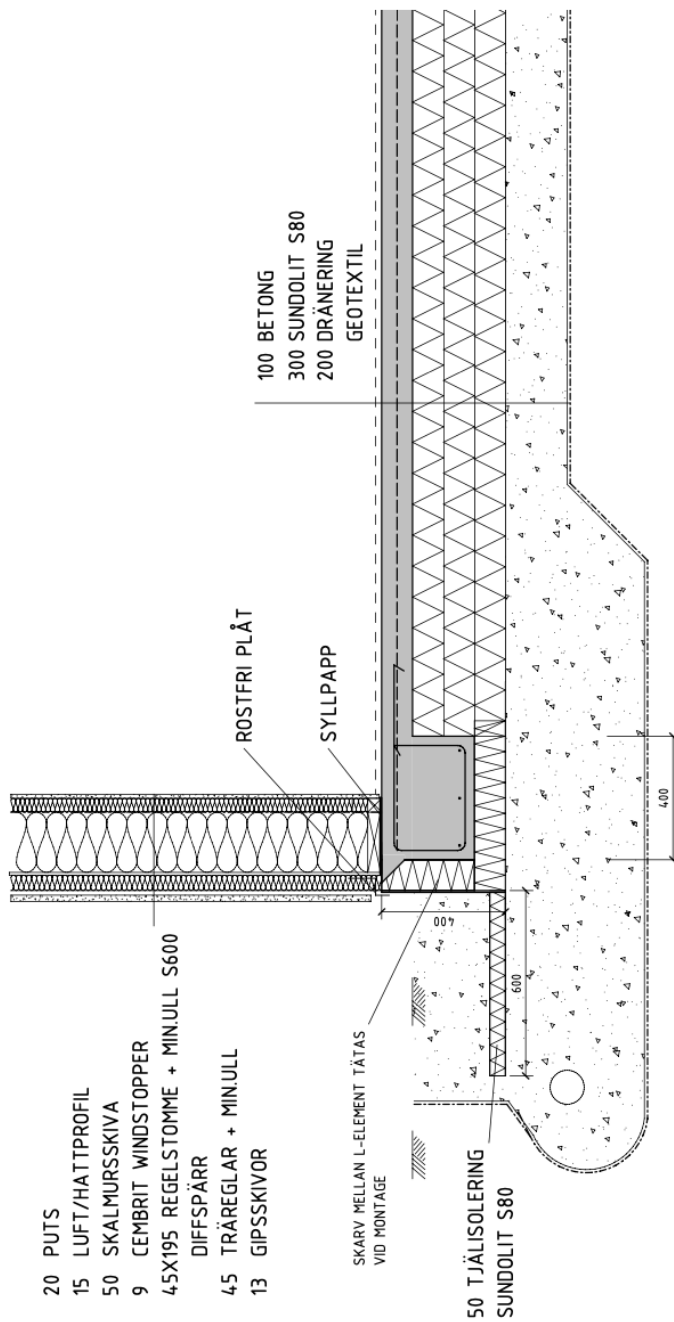
Ytterväggens anslutning mot grunden, Lättbetongstomme (Platta på mark)



LÄTTBETONG GRUND  
SKALA 1:10

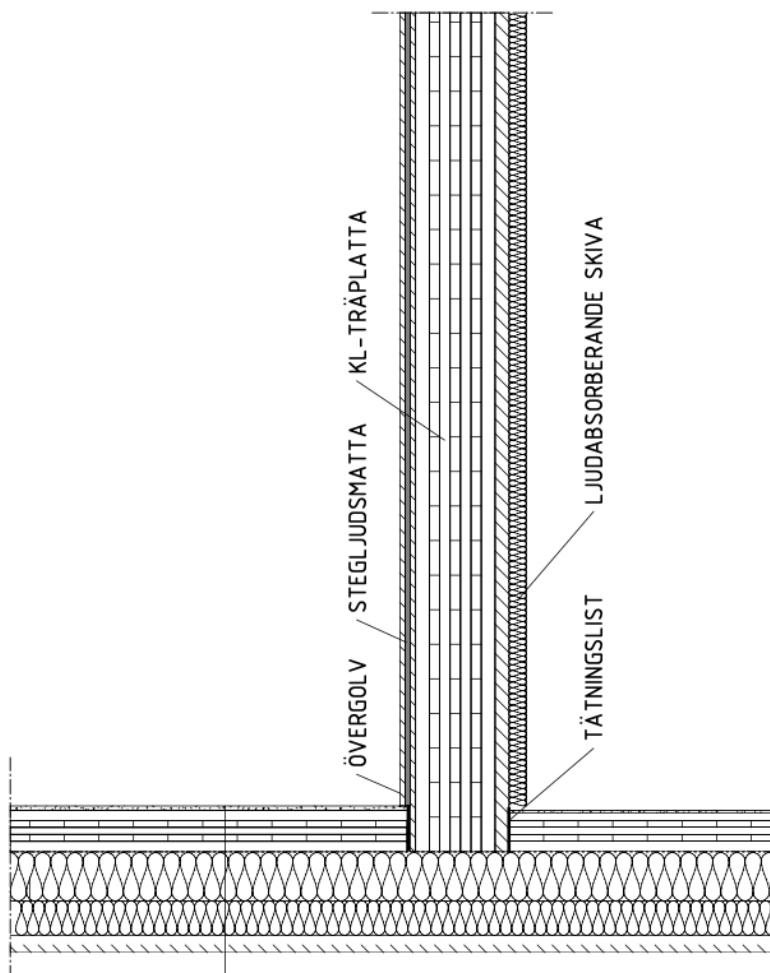
Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Ytterväggens anslutning mot grunden, Träregelstomme (Platta på mark)



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

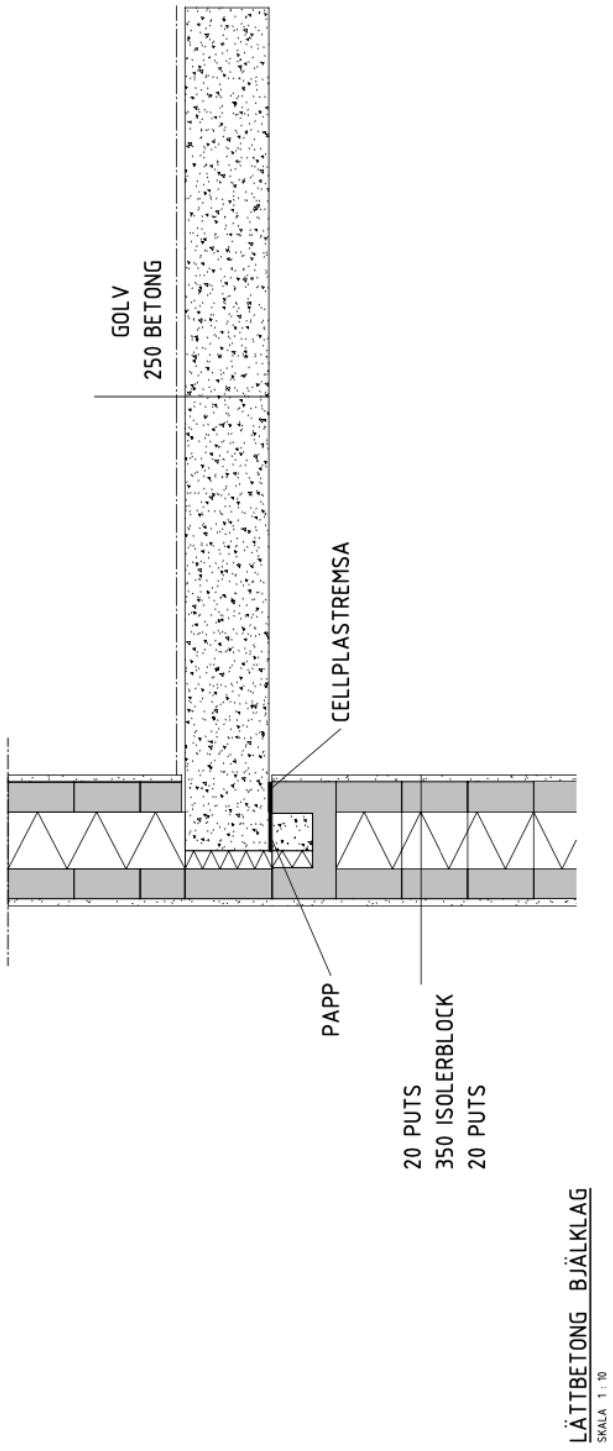
Mellanbjälklagets anslutning mot ytterväggen, KL-trästomme



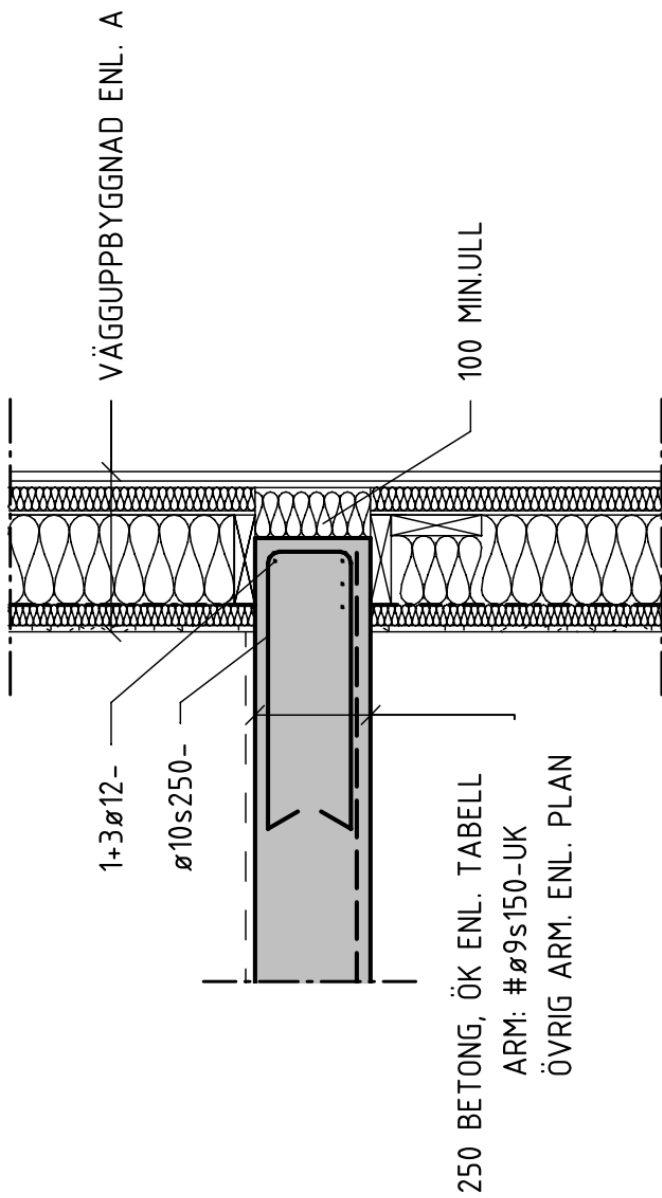
- 12,5 GIPS
- 120 KL-TRÄELEMENT
- 0,2 ISOVER VARIO EXTRA
- 140 UNI-SKIVA MELLAN TRÄREGEL
- 0,4 VINDSKYDD
- 100 FASADSKIVA 30
- 28 SPIKLÄKT
- 22 TRÄFASAD

**KL-TRÄ BJÄLKLAG**  
SKALA 1 : 10

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.  
Mellanbjälklagets anslutning mot ytterväggen, Lättbetongstomme



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.  
Mellanbjälklagets anslutning mot ytterväggen, träregelstomme

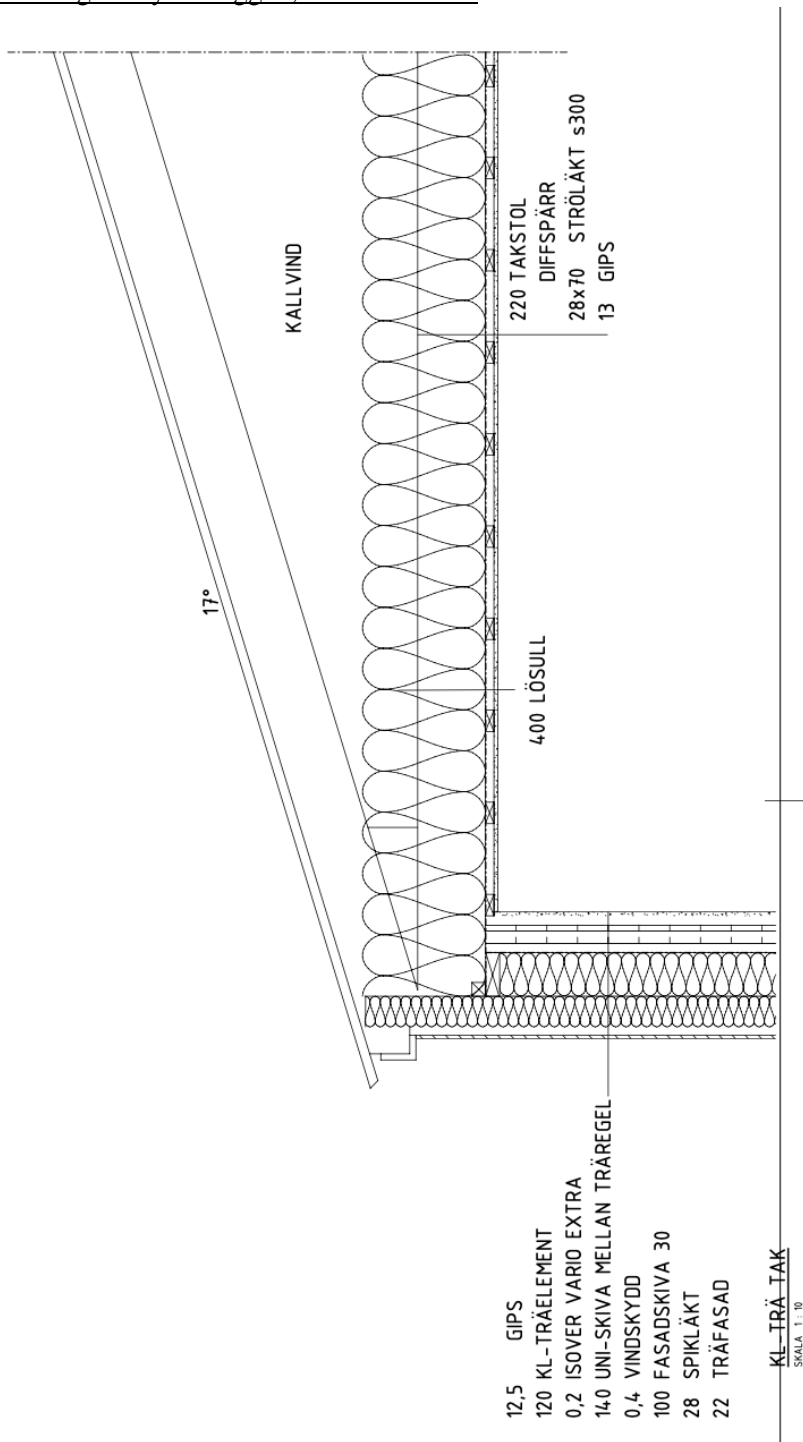


**051**

SKALA 1 : 20

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

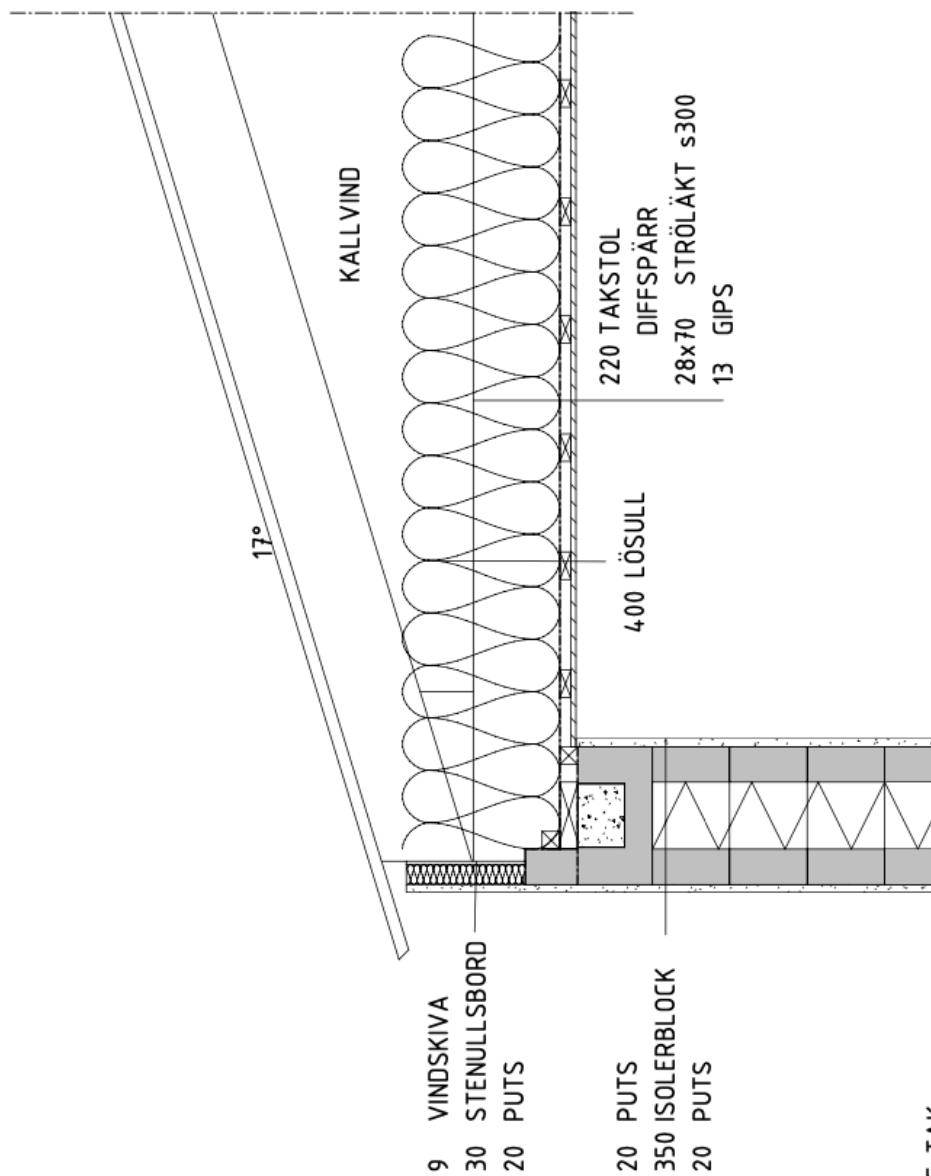
Takets anslutning mot ytterväggen, KL-trästomme





Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Takets anslutning mot ytterväggen, lättbetongstomme

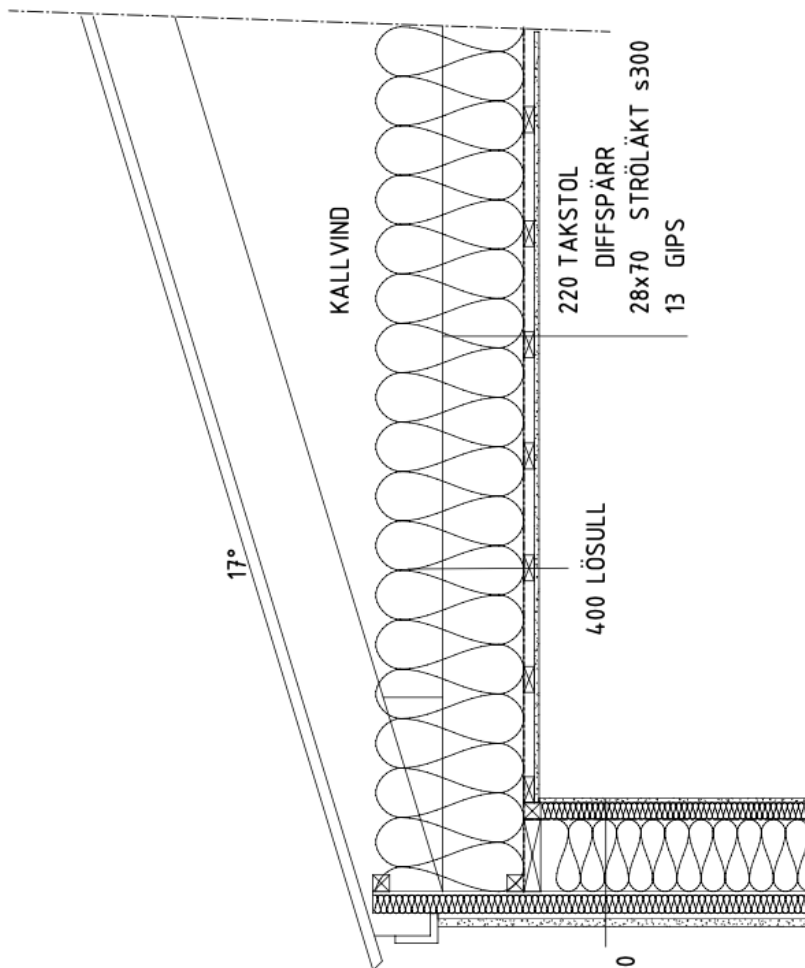


LÄTTBETONG TAK

SKALA 1 : 10

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Takets anslutning mot ytterväggen, träregelstomme

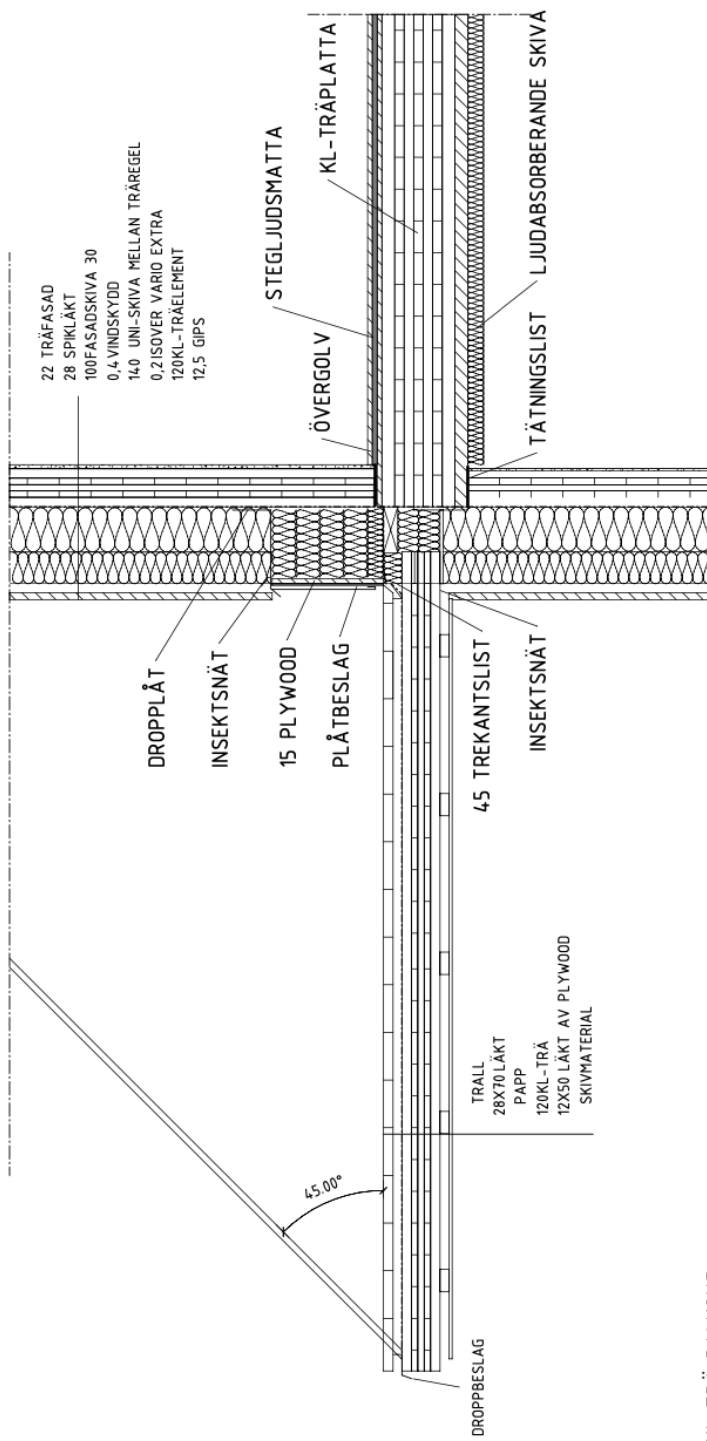


- 20 PUTS
- 15 LUFT/HATTPROFIL
- 50 SKALMURSSKIVA
- 9 CEMBRIT WINDSTOPPER
- 45X195 REGELSTOMME + MIN.ULL S600
- DIFFSPÄRR
- 45 TRÄREGLAR + MIN.ULL
- 13 GIPSSKIVOR

TRÄREGEL TAK  
SKALA 1:10

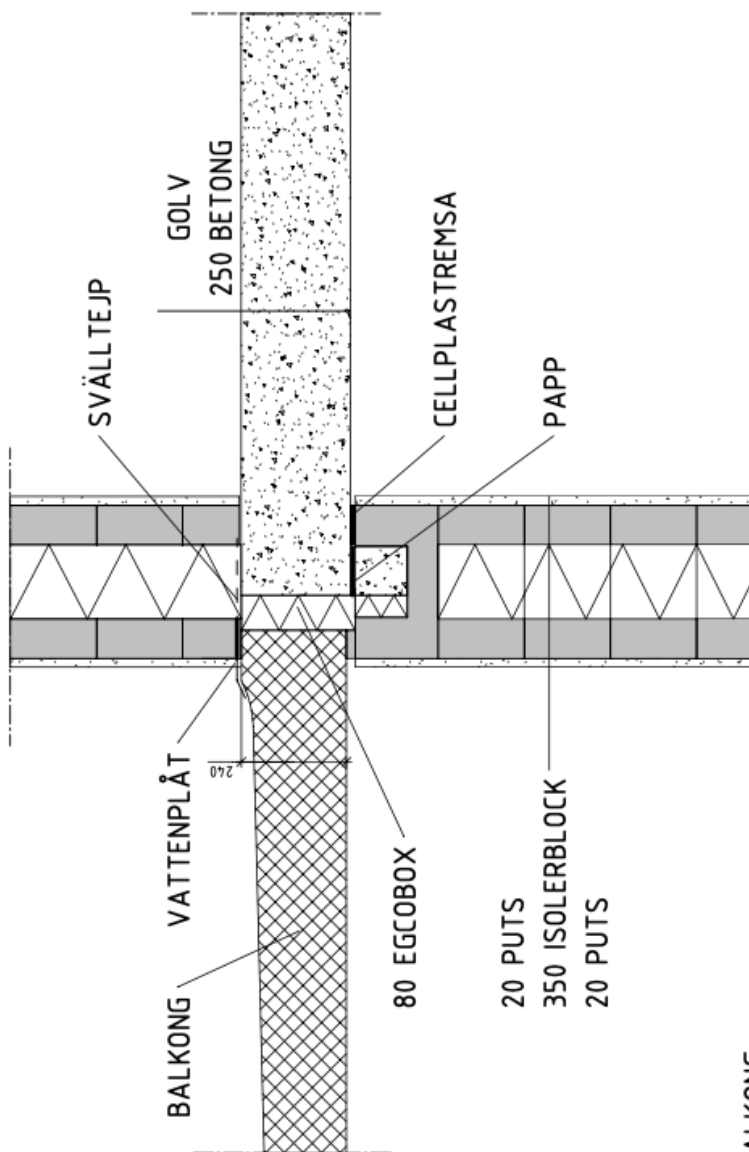
# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

## Balkongens anslutning mot ytterväggen, KL-trästomme



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Balkongens anslutning mot ytterväggen, Lättbetongstomme

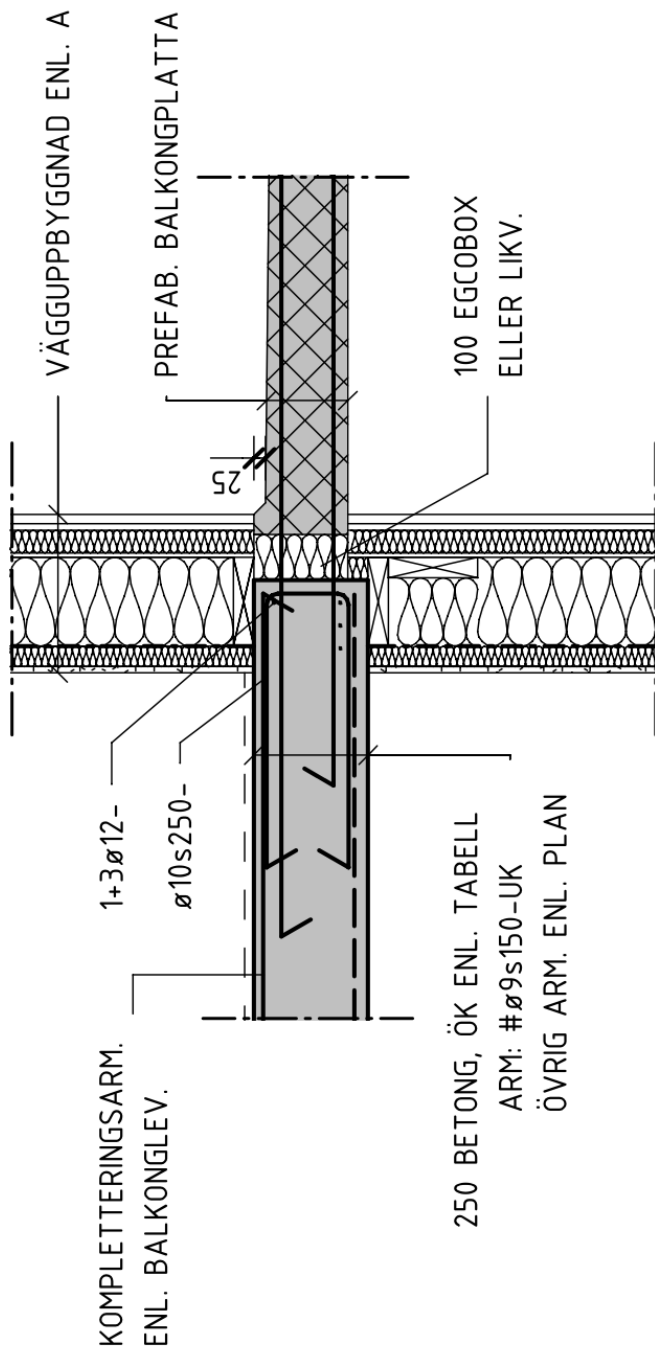


**LÄTTBETONG BALKONG**

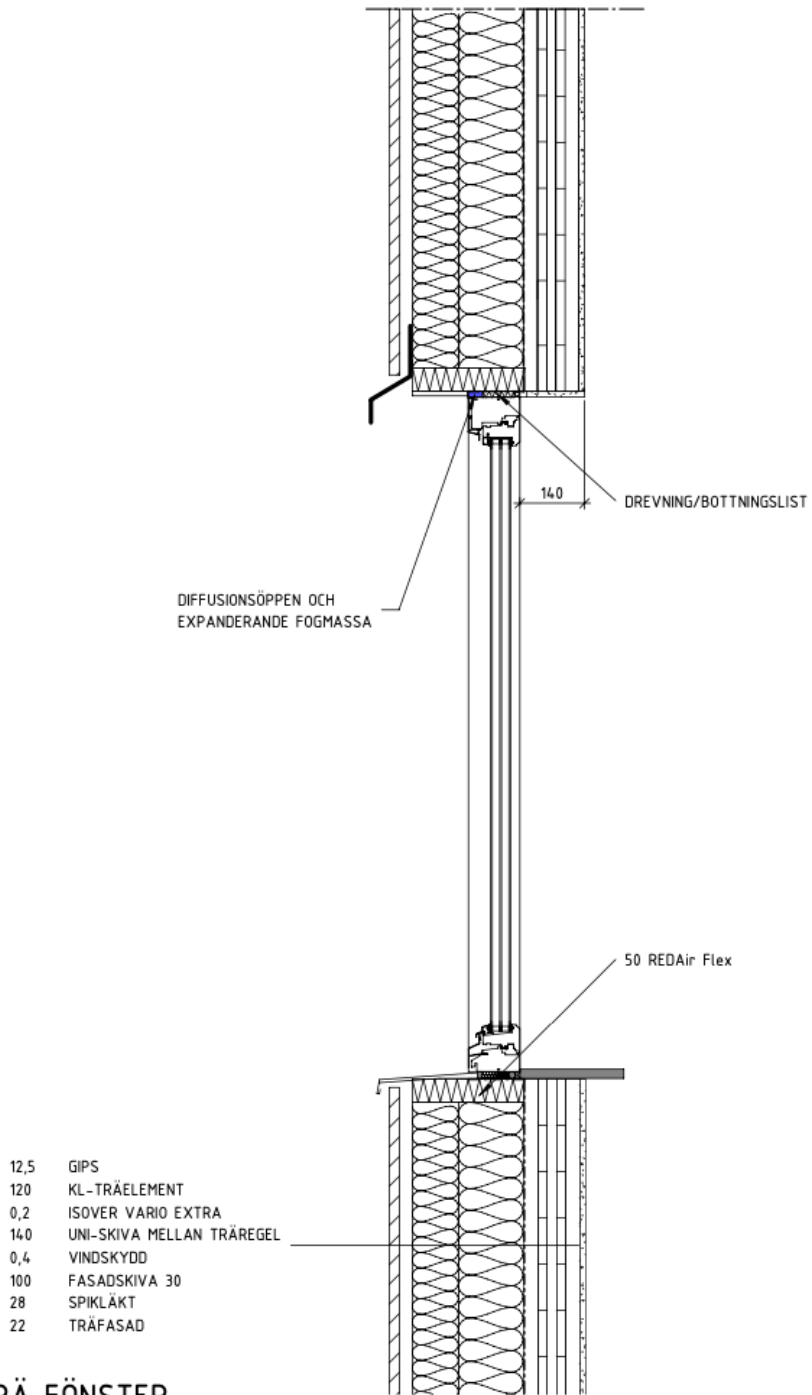
SKALA 1 : 10

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Balkongens anslutning mot ytterväggen, träregelstomme



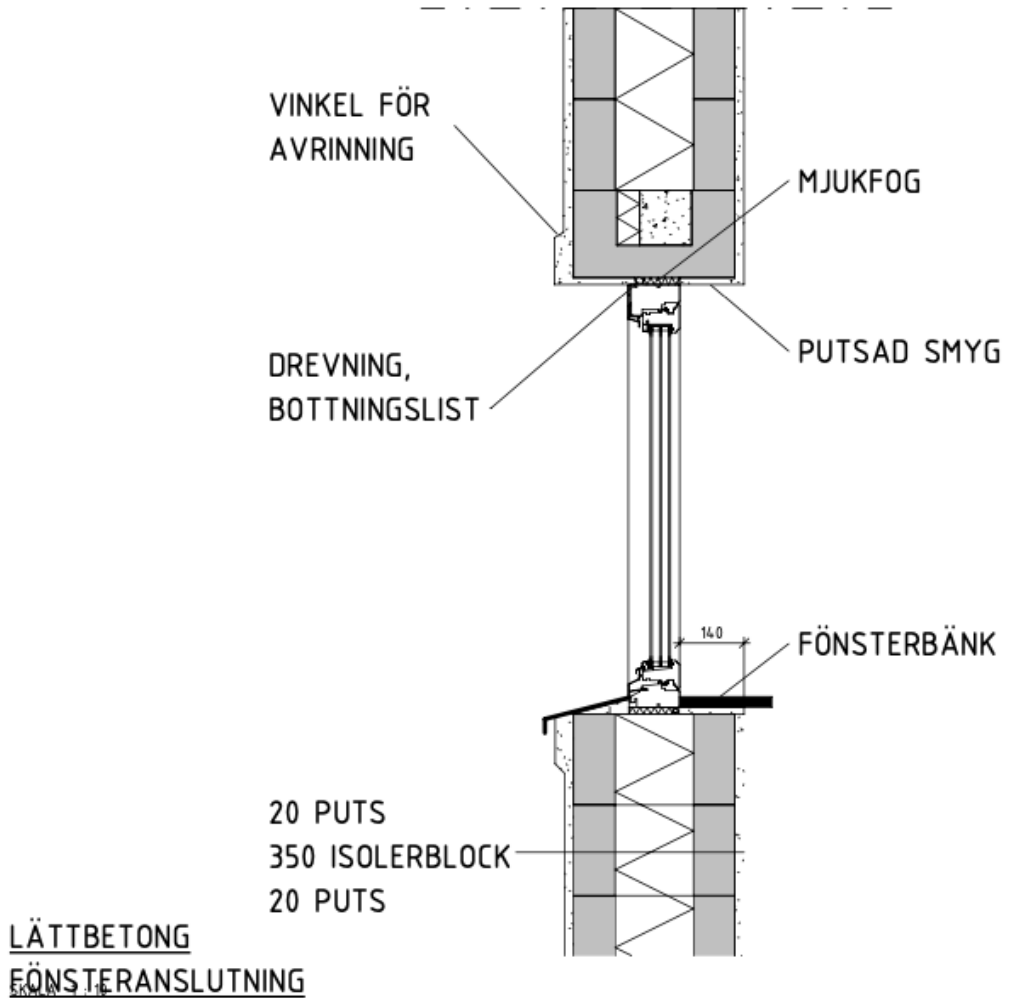
Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och  
köldbryggor vid anslutningar.  
Fönster- och dörranslutning mot ytterväggen, KL-trästomme



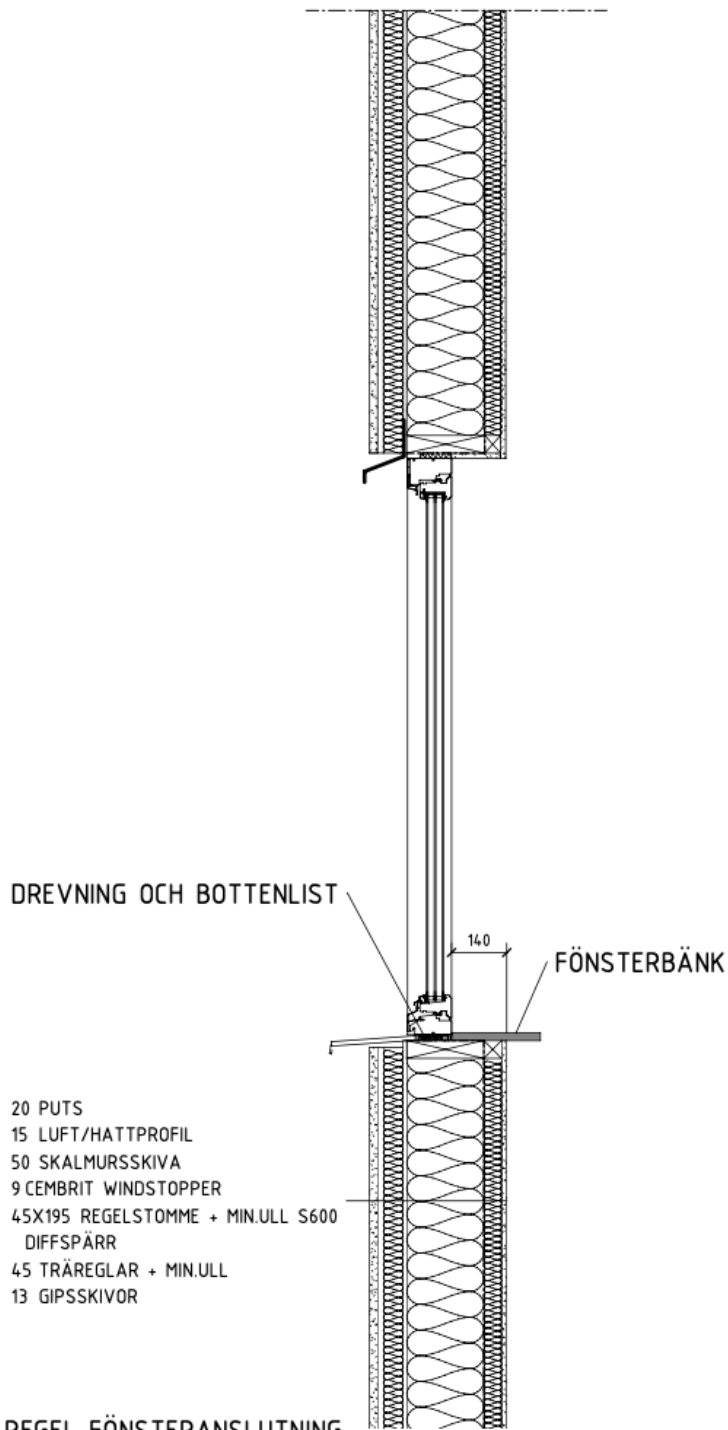
**KL-TRÄ FÖNSTER**  
SKALA 1 : 10

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Fönster- och dörranslutning mot ytterväggen, Lättbetongstomme



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.  
Fönster- och dörranslutning mot ytterväggen, träregelstomme



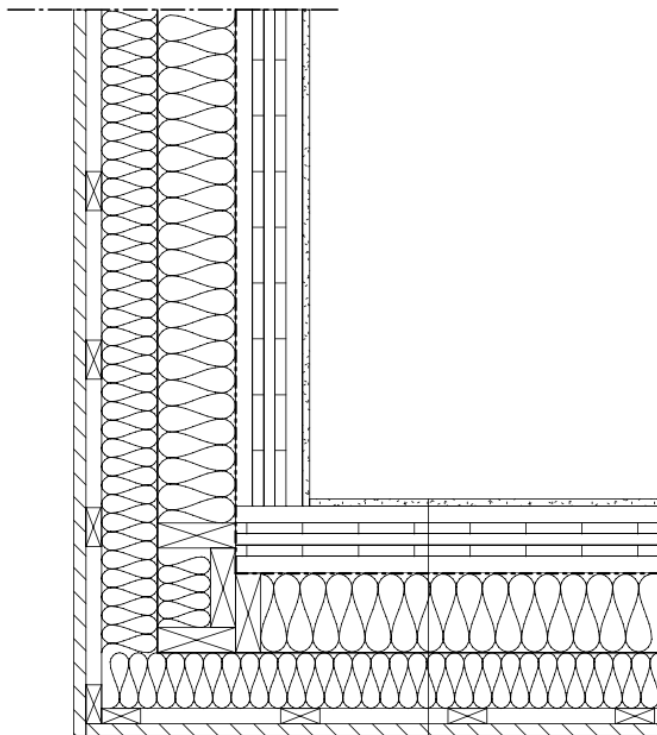
SKALA 1 : 10

BET



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Hörnanslutning, KL-trästomme

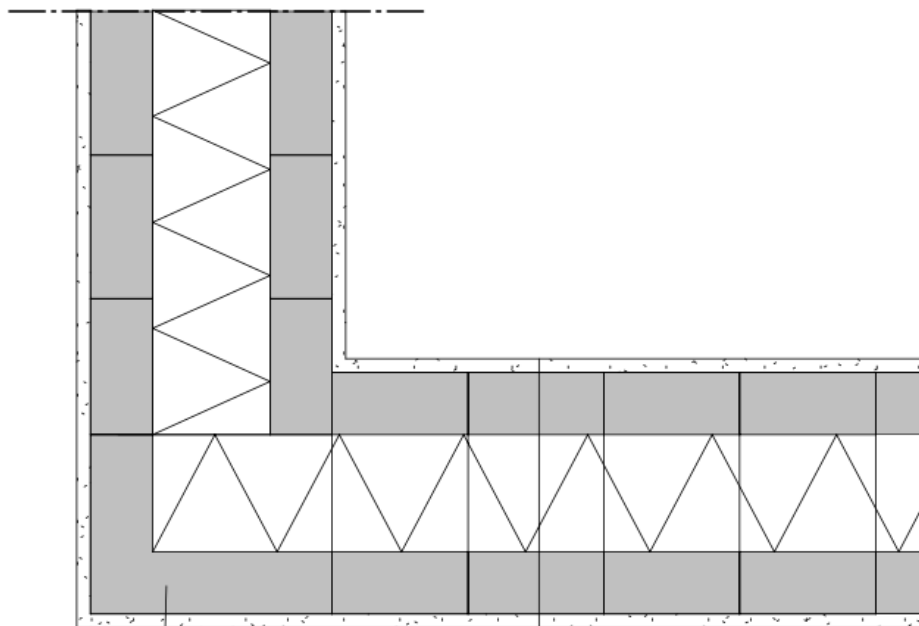


- 12,5 GIPS
- 120 KL-TRÄELEMENT
- 0,2 ISOVER VARIO EXTRA
- 140 UNI-SKIVA MELLAN TRÄREGEL
- 0,4 VINDSKYDD
- 100 FASADSKIVA 30
- 28 SPIKLÄKT
- 22 TRÄFASAD

**KL-TRÄ YTTERVÄGGANSANSLUTNING**  
SKALA 1 : 10

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Hörnanslutning, Lättbetongstomme



PASSBLOCK HÖRN

20 PUTS

350 ISOLERBLOCK

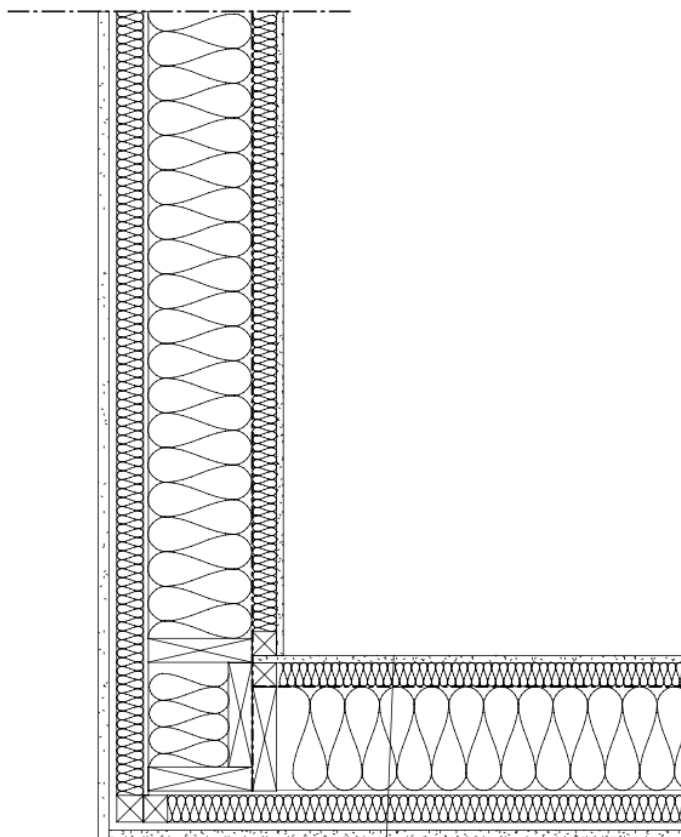
20 PUTS

LÄTTBETONG

YTTERVÄGGANSLUTNING  
SKALA 1:10

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Hörnanslutning, träregelstomme



20 PUTS  
15 LUFT/HATTPROFIL  
50 SKALMURSSKIVA  
9 CEMBRIT WINDSTOPPER  
45X195 REGELSTOMME + MIN.ULL S600  
DIFFSPÄRR  
45 TRÄREGLAR + MIN.ULL  
13 GIPSSKIVOR

TRÄREGEL  
YTTJÄRVÄGGANSANSLUTNING  
SKALA 1:10

# Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

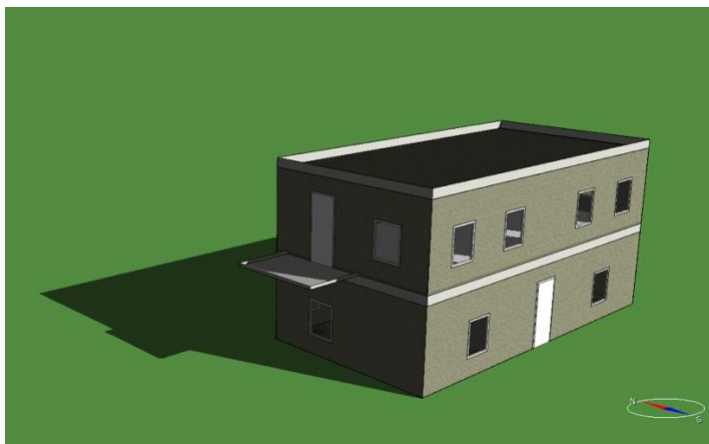
## Bilaga G – Energiberäkningen i IDA ICE

### Allmänt om byggnaden

Nedan följer en prognostiserad kommande energianvändning (uppvärmning, tappvarmvatten, och drift av pumpar & fläktar) för byggnaden i de olika stomsystem för exjobbet.

Huset är ett nybyggnadsprojekt av ett småhus med 2 våning och enkel form med en mark area på 72 kvadratmeter.

De i rapporten presenterade värdena på beräknad årsenergianvändning är enbart prognoser och flera förenklingar har gjorts för att kunna besvara frågeställningen. Om en mer noggrann årsenergianvändningen för byggnaden skulle tas fram, kommer det vara variationer från prognosen beroende på avvikelser mellan beräkningsmodell och det slutliga utförandet på bland annat VVS-konstruktion, framtida utomhusklimat och byggnadens verkliga användning som till exempel verksamhetsanvändning i form av internlast och drift.



Figur 1 - 3D-modell av huskroppen i IDA ICE

### Underlag

	Beskrivning	Datum
Övr.	BEN 2	2023-03-31
Övr.	Sveby	2023-04-03
Övr.	BBR 29	2023-03-31

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### **Byggnadsdelar**

Denna del presenterar uppbyggnaden av de olika delar av de olika stomval i IDA ICE. Märk väl att vid uppbyggnad av de olika delar, skedde viss förändring av måtten för att kunna säkerställa att U-värdet som ficks här stämmer överens med de från programmet HEAT2.

### **KL-träbyggnad**

#### Yttervägg

110 fasadskiva,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

140 regler+ isolering,  $\lambda = 0,0473 \text{ W/mK}$

120 KL-trä,  $\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$

12,5 gips,  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$

***U-värde: 0,1425 W/m<sup>2</sup>, K***

#### Fackverkstak

135 isolering,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

220 regler+ isolering,  $\lambda = 0,04215 \text{ W/mK}$

28 glespanel

13 gips,  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$

***U-värde: 0,1076 W/m<sup>2</sup>, K***

#### Platta på mark

100 betong,  $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$

320 cellplast,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

Makadam

Geotextil

***U-värde: 0,1 W/m<sup>2</sup>, K, ISO 13370.***

### **Lättbetongbyggnad**

#### Yttervägg

20 puts,  $\lambda = 1 \text{ W/mK}$

90 lättbetong,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

175 isolering,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

90 lättbetong,  $\lambda = 0,1 \text{ W/mK}$

20 puts,  $\lambda = 1 \text{ W/mK}$

***U-värde: 0,1484 W/m<sup>2</sup>, K***

#### Fackverkstak

135 isolering,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

220 regler+ isolering,  $\lambda = 0,04215 \text{ W/mK}$

28 glespanel

13 gips,  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$

***U-värde: 0,1076 W/m<sup>2</sup>, K***

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Platta på mark

100 betong,  $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$

320 cellplast,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

Makadam

Geotextil

***U-värde: 0,1 W/m<sup>2</sup>, K, ISO 13370.***

**Träregelbyggnad**

Yttervägg

63 fasadskiva,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

195 reglar + isolering,  $\lambda = 0,0473 \text{ W/mK}$

45 reglar + isolering,  $\lambda = 0,0473 \text{ W/mK}$

13 gips,  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$

***U-värde: 0,1427 W/m<sup>2</sup>, K***

Fackverkstak

135 isolering,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

220 reglar+ isolering,  $\lambda = 0,04215 \text{ W/mK}$

28 glespanel

13 gips,  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$

***U-värde: 0,1076 W/m<sup>2</sup>, K***

Platta på mark

100 betong,  $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$

320 cellplast,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$

Makadam

Geotextil

***U-värde: 0,1 W/m<sup>2</sup>, K, ISO 13370.***

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

**Indata**

Här presenteras de olika indata som sattes in i programmet IDA ICE

<b>GENERELLA INDATA</b>		
<b>Skede</b>	Exjobbssgranskning	
<b>BBR</b>	29	
<b>Verksamhet</b>	Småhus	
<b>Klimatort</b>	Malmö	Sveby
<b>Atemp</b>	144 m <sup>2</sup>	
<b>Särkrav från beställaren</b>	-	
<b>U-värdeskrav (U<sub>m</sub>)</b>	0,30	BBR, småhus > 50m <sup>2</sup>
<b>KLIMATSKAL</b>		
<b>Köldbryggor</b>	Beräknades i programmet HEAT2 för klimatskalet	
<b>Lufttäthet vid 50 Pa</b>	0,3 l/s, omslutande yta	Erfarenhetsvärde (Structor)
<b>FÖNSTER OCH DÖRRAR</b>		
<b>U-värde Fönster (inkl. karm)</b>	1,0 W/m <sup>2</sup> , K	Nordiska fönster
<b>U-värde dörrar (inkl. karm)</b>	1,09 W/m <sup>2</sup> , K	Nordiska fönster
<b>G-värde fönsterglas:</b>	0,55	Antagande
<b>Solavskärmningsfaktor</b>	G-multiplikator: 0,71 (beteendestyrd)	BEN 2
<b>Andel fönster av fasad (WWR)</b>	12,2 %	
<b>VÄRME OCH KYLA</b>		
<b>Värmekälla</b>	Frånluftsvärmepump	Enligt Referensprojektet från Structor

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

<b>Uppvärmningssystem</b>	Radiatorer	Enligt VS
<b>Komfortkyla</b>	Nej	
<b>Inomhustemperaturer</b>	21 °C – Bostäder	Sveby

**VENTILATION**

<b>Ventilationsflöde</b>	<b>Gruppboende (LB01):</b> Grundflöde: 0,35 l/s, m <sup>2</sup> + 7 l/s, pers. Forcering köksfläkt: 30 l/s, (30 min/dag)	Erfarenhetsvärde (Structor) BEN 2
<b>Ventilationsprincip</b>	FTX	
<b>Typ av värmeväxlare</b>	-	
<b>SFP</b>	1,5	BBR
<b>Tilluftstemperatur</b>	20°C	
<b>VVX-verkningsgrad</b>	80%	Erfarenhetsvärde (Structor)
<b>Vädringsförluster</b>	4 kWh/m <sup>2</sup> , år	BEN 2

**INTERNLASTER**

<b>Hushållsenergi</b>	30 kWh/m <sup>2</sup> , år	Varav 70 % kan tillgodogöras byggnaden enligt BEN 2.
<b>Pumpar</b>	1 kWh/m <sup>2</sup> , år Atemp	Erfarenhetsvärde (Structor)
<b>Personbelastning och närvarotid</b>	Lägenheter 80 W/pers. Närvarotid: 14h/7dgr/52 veckor. Antal personer enl. tabell 2:3 i BEN 2	Enligt BEN 2
<b>Varmvattenanvändning (exkl. distributionsförluster)</b>	10 kWh/m <sup>2</sup> , år	Enligt BEN 2



Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

<b>VVC</b>	-	
<b>Distributionsförlust värme</b>	4%, varav 50% bedöms komma byggnaden tillgodo.	Schablon
<b>Distributionsförluster tilluftkanal</b>	1,32 W/m <sup>2</sup> , varav 50% bedöms komma byggnaden tillgodo.	Schablon
<b>Komfortgolvvärme</b>	-	

### Resultat energi

Byggnadens specifika energianvändning och primärenergital enligt BBR 29 presenteras nedan.

Omräkningsfaktorer för omvandling av specifik energianvändning till primärenergital.

$F_{geo}$ : 0,8

$VF_{fjv}$ : 0,7

$VF_{el}$ : 1,8

### KL-träbyggnadens energiprestanda:

#### Resultat

Typ	Total energianvändning (kWh/ år)	Specifik uppvärmningsenergi (kWh/m <sup>2</sup> , år)	Byggnadens primärenergital EP <sub>pet</sub> (kWh/m <sup>2</sup> , år)
Uppvärmning (radiatorer+tilluft)	2751	19,1	43,0
Varmvatten	1694	11,8	21,2
VVC	0	0,0	0,0
El till pumpar och fläktar	1098	7,6	13,7
Övrig fastighetsel			
- Belysning	0	0,0	0,0
- Komfortgolvvärme	0	0,0	0,0
Egenproducerad energi (solfångare)	0	0,0	0,0
Egenproducerad energi (solceller)	0	0,0	0,0
<b>Totalt</b>		<b>38,5</b>	<b>77,9</b>
<b>Krav BBR</b>			90
<b>Marginal BBR</b>			13%

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och  
köldbryggor vid anslutningar.

Genomsnittligt U-värde: 0,22 W/m<sup>2</sup>,K

A<sub>temp</sub>: 144 m<sup>2</sup>

Lättbetonghusets energiprestanda

**Resultat**

Typ	Total energianvändning (kWh/ år)	Specifik energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> , år)	Byggnadens primärenergital E <sub>Ppet</sub> (kWh/m <sup>2</sup> , år)
Uppvärmning (radiatorer+tilluft)	3340	23,2	52,2
Varmvatten	1694	11,8	21,2
VVC	0	0,0	0,0
El till pumpar och fläktar	1098	7,6	13,7
Övrig fastighetsel			
- Belysning	0	0,0	0,0
- Komfortgolvvärme	0	0,0	0,0
Egenproducerad energi (solfångare)	0	0,0	0,0
Egenproducerad energi (solceller)	0	0,0	0,0
<b>Totalt</b>		<b>42,6</b>	<b>87,1</b>
<b>Krav BBR</b>			90
<b>Marginal BBR</b>			3%

Genomsnittligt U-värde: 0,27 W/m<sup>2</sup>,K

A<sub>temp</sub>: 144 m<sup>2</sup>

Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

Träregelhusets energiprestanda

**Resultat**

Typ	Total energianvändning (kWh/ år)	Specifik energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> , år)	Byggnadens primärenergital EPpet (kWh/m <sup>2</sup> , år)
Uppvärmning (radiatorer+tilluft)	3200	22,2	50,0
Varmvatten	1694	11,8	21,2
VVC	0	0,0	0,0
El till pumpar och fläktar	1098	7,6	13,7
Övrig fastighetsel			
- Belysning	0	0,0	0,0
- Komfortgolvvärme	0	0,0	0,0
Egenproducerad energi (solfångare)	0	0,0	0,0
Egenproducerad energi (solceller)	0	0,0	0,0
<b>Totalt</b>		<b>41,6</b>	<b>84,9</b>
<b>Krav BBR</b>			90
<b>Marginal BBR</b>			6%

Genomsnittligt U-värde: 0,25 W/m<sup>2</sup>, K

A<sub>temp</sub>: 144 m<sup>2</sup>

## Beräkningar av energi och klimatpåverkan kopplat till stomval och köldbryggor vid anslutningar.

### Bilaga H – Stapeldiagram som illustrerar sammanställningen av köldbryggorna i anslutningar.

Här sammanställs köldbryggorna som uppkommer i de olika anslutningar i de olika stomval.

