

# Jämförelse av ytterväggar med en förenklad LCA

En jämförelse med fokus på koldioxidutsläpp

André Forsén

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)  
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik

Vasa 2018



## EXAMENSARBETE

Författare: André Forsén  
Utbildning och ort: Byggnadsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Byggnadskonstruktion  
Handledare: Leif Östman

Titel: Jämförelse av ytterväggar med en förenklad LCA

---

Datum 01.06.2018

Sidantal 42

Bilagor 12

---

### Abstrakt

Detta examensarbete har gjorts på uppdrag och intresse av BI Klemets Ab, som är ett byggföretag i Pedersöre. I och med att det planerades nya egnahemshus i utkanten av Jakobstad funderade man också på vilket sätt man kunde bygga ur ett miljövänligt perspektiv.

Metoder som använts i examensarbetet är livscykelanalysmetodik, studier av litteratur och ISO standarder, insamling av data och SimaPros egna metod som möjliggör en jämförelse mellan olika material.

Med hjälp av en förenklad livscykelanalys undersöks tre olika ytterväggar med fokus på koldioxidavtryck. Ytterväggarna som undersöks är sandwichelement i betong, lätt träregelstomme och korslaminerat trä. Syftet med den här undersökningen är att utifrån gällande standarder och samma förutsättningar för respektive yttervägg få ett enkelt och överskådligt resultat med avseende på koldioxidutsläpp i tillverkningsfasen.

Resultatet sammanställs och presenteras som en förenklad LCA modell. Målet är att framföra och underlätta valet av stomme i planeringsskedet av nya egnahemshus.

---

Språk: svenska

Nyckelord: livscykelanalys, koldioxidutsläpp

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: André Forsén  
Degree Programme: Construction Engineering, Vaasa  
Specialization: Structural design  
Supervisor(s): Leif Östman

Title: A comparison of external walls with a simplified LCA

---

Date 01.06.2018

Number of pages 42

Appendices 12

---

### Abstract

This Bachelor's thesis has been done on the behalf of BI Klemets Ab, a construction company in Pedersöre. In the planning phase of new detached houses in the outskirts of Jakobstad, it was also considered how one could build with an environmental friendly perspective in mind.

Methods used in this thesis are Life Cycle Assessment methodology, studies of literature and ISO standards, gathering data and SimaPro's own method which makes a comparison of different materials possible.

Using a simplified Life Cycle Assessment, three different external walls are examined with focus on carbon footprint. The examined walls are a concrete sandwich panel, a light wood frame and cross laminated timber. The purpose of this survey is to provide a simple and clear result in terms of carbon dioxide emissions during the manufacturing phase, based on current standards and the same conditions for each external wall.

The result is compiled and presented as a simplified LCA model. The goal is to provide and facilitate the choice of a framework in the planning phase.

---

Language: Swedish

Key words: Life Cycle Assessment, carbon footprint

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Problembeskrivning.....	1
1.2	Uppdragsgivare.....	2
1.3	Syfte och mål .....	2
1.4	Avgränsningar .....	2
1.5	Metodik .....	3
2	Livscykelanalys .....	4
2.1	Livscykelanalysens fyra faser .....	4
2.2	Vagga-till-grind .....	7
3	Läget i Europa.....	8
	Finland.....	8
	Nederländerna .....	9
	Frankrike.....	9
4	Material .....	10
4.1	Betong.....	10
4.2	Träregelstomme .....	11
4.3	CLT .....	11
4.4	Transporter .....	13
4.5	Mjukvara.....	14
5	Beräkningar.....	15
5.1	Betong.....	15
5.2	Träregelstomme .....	17
5.3	CLT .....	19
5.4	Sammanfattning.....	20
6	Diskussion.....	21
6.1	Förslag till vidare studier .....	22
6.2	Slutord .....	22
7	Litteraturförteckning.....	23

Figur 1. Figuren visar vilken uppvärmningspotential (GWP) respektive ämne har. (egen figur) .....	3
Figur 2. Översikt av LCA-proceduren enligt ISO 14040:2006. De röda pilarna indikerar möjliga iterationer mellan de olika faserna i och med att de ursprungliga antagandena kan ändras. Till höger finns olika användningsområden listade. (TräGuiden, 2003) .....	4
Figur 3. Visuellt översikt av ett flödesschema och hur det är uppbyggt. (TräGuiden, 2003) .....	6
Figur 4. En fullständig LCA av en produkt innehåller samtliga skeden (Luke, 2016). I den här undersökningen används systemgränsen A1-A3.....	7
Figur 5. En vägkarta över hur man skall ta hänsyn till koldioxidavtryck under en byggnads livscykel i Finland. (Miljöministeriet, 2017) .....	8
Figur 6. CLT-produktionen ökade markant I Centraleuropa under 2008–2012 trots den ekonomiska nedgången. (Jauk, 2017) .....	12
Figur 7. CLT är skivor som är uppbyggd med brädor limmade ihop korsvist under högt tryck. (Gagnon, Bilek, Podesto, & Crespell, 2013) .....	13
Figur 8. Ett klipp ur processtrådet för Yttervägg Lättregel där man kan se hur mycket processerna isolering, gipsskiva och regler bidrar med. (egen bild).....	14
Figur 9. De tre ytterväggarna jämfört med varandra. Mörkgrön är betong, ljusgrön är CLT och orange är lättregel. (egen bild) .....	20

# 1 Inledning

I inledningen går idén till examensarbetet igenom. Sedan beskrivs problemet bakom undersökningen, syfte och mål samt avgränsningar.

Examensarbetet handlar om en jämförelse mellan tre olika typer av ytterväggar; betong, trä och korslimmat trä (CLT). Grundidén är att alla väggar är  $1\text{m}^2$ , uppbyggd på ett sätt som är typiskt för respektive vägg och har en värmegenomgångskoefficient (U-värde) på  $0,17\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Väggarna bryts sedan ner till alla material enskilt som man sedan gör en livscykelanalys (LCA) på.

## 1.1 Problembeskrivning

Av all energiförbrukning inom EU kommer hälften från användningen och konstruktionen av byggnader. Sektorn förknippas även med miljöbelastningar från olika skeden av en byggnads livscykel, bland annat vid tillverkningen av byggprodukter. (Europeiska kommissionen, 2014). Tidigare genomförda studier visar att tillverkningen av byggprodukter och material står för en väsentlig del av den totala påverkan och därmed blir valet av byggmaterial en allt mer viktigare aspekt.

År 2015 kom ungefär 7 miljoner ton  $\text{CO}_2$ -ekvivalenter (Tilastokeskus, 2015, a) av landets totala 60 miljoner från tillverknings- och byggindustrin. (Tilastokeskus, 2018, b). Koldioxidutsläpp inom byggindustrin beror bland annat på utvinning av råmaterial, tillverkning, transport och produktion. Tidigare har ett vanligt antagande varit att produktionen av byggnaden står för 15% av energianvändningen medan drift av byggnaden står för resterande 85% (Liljenström, o.a., 2015). Men allt eftersom husen blir energisnålare och man vill ha så täta byggnader som möjligt förskjuts energiåtgången från användningen till produktionen istället, bland annat på grund av mera materialåtgång och dess tillverkningsprocess.

## 1.2 Uppdragsgivare

Projektet är en beställning av BI Klemets Ab som är ett byggföretag från Pedersöre. I samband med att det planeras nya egnahemshus i utkanten av Jakobstad funderar man också på vilket sätt man kan bygga med tanke på miljön. Genom att framföra olika stommaterial som husen kunde byggas av så kan man med en livscykelanalys sedan visa vilket alternativ som vore lämpligast för detta projekt.

## 1.3 Syfte och mål

Målsättningen med den här undersökningen var att utifrån gällande standarder få fram ett konkret resultat med avseende på koldioxidutsläpp under tillverkningsfasen mellan olika förvalda ytterväggar. Resultatet sammanställs och presenteras som en förenklad LCA modell. Syftet var att framföra och underlätta valet av stomme vid byggandet av nya egnahemshus.

## 1.4 Avgränsningar

En fullständig LCA inkluderar alla steg från utvinning av råmaterial till sluthantering, det vill säga ”från vaggan till graven”. I den här undersökningen görs en förenklad LCA där metodiken från en fullständig LCA tillämpas men bara på modul A1-A3, det vill säga ”från vaggan till grinden”. De steg som inkluderas är utvinning av råmaterial, transport av råmaterial, tillverkning av material, eventuell transport till fabrik och eventuell tillverkning i fabrik. Det vill säga att stommens användningsfas, eventuella reparationer och underhållning samt rivningsskedet undersöks inte.

Undersökningen begränsas till Ecoinvent 3 databasen i SimaPro 8.4. Ifall det rätta materialet inte funnits har det material som författaren ansett motsvara det ursprungliga valts med god tro. Alla valda material är tillverkat från grunden, det vill säga ingen form av återanvändning har förekommit. Även om återanvändning förekommer inom olika tillverkningsprocesser vore det subjektivt att bara välja ett eller flera material.

Alla väggar är  $1\text{m}^2$  med en värmegenomgångskoefficient på  $0,17\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  och uppbyggda enligt bilagorna 10–12. Den ekonomiska delen undersöktes inte.

Undersökningen begränsas till växthusgasen koldioxid. För att få ett jämförbart resultat multipliceras alla andra utsläpp med en global uppvärmningspotential (Global Warming Potential – GWP) och görs om till koldioxidekvivalenter. Vilket betyder att metan bidrar 25 gånger så mycket till växthuseffekten jämfört med vad koldioxid gör. Ett metanutsläpp på 1 ton motsvarar 25 ton koldioxidekvivalenter. (Naturvårdsverket, u.d.) Se figur 1.

Växthusgas	Uppvärmningspotential (GWP)
CO <sub>2</sub> (koldioxid)	1
CH <sub>4</sub> (metan)	25
N <sub>2</sub> O (dikväveoxid)	298

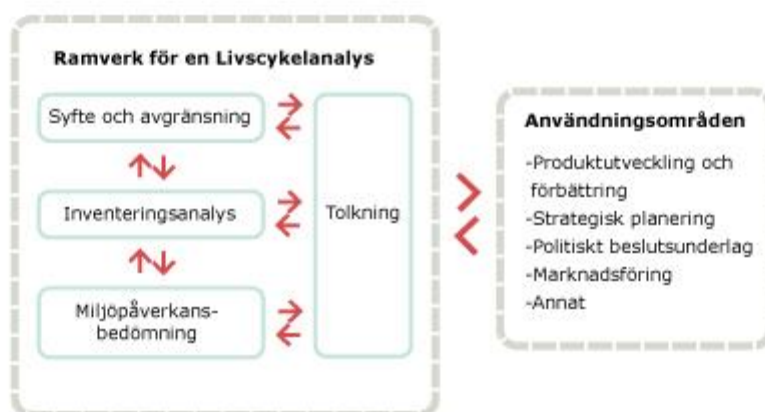
Figur 1. Tabellen visar vilken uppvärmningspotential (GWP) respektive ämne har. (egen figur)

## 1.5 Metodik

Metodiken som har använts under utförandet av denna undersökning är livscykelanalysmetodik, den internationella ISO 14040-standardserien, litteraturstudier, beräkningar, insamlande av data samt CML-IA metoden i SimaPro som finns för att möjliggöra en jämförelse mellan olika material. Enstaka samtal med mera kunniga inom området har gjorts.

## 2 Livscykelanalys

Livscykelanalysmetodik är standardiserad i SS-EN ISO14044:2006, där LCA fastställs enligt följande: "LCA berör miljöaspekter och potentiell miljöpåverkan [...] genom en produkts hela livscykel från anskaffning av råmaterial och vidare till produktion, användning, slutbehandling (end of life), återvinning och slutlig kvittblivning (d.v.s. från vaggan till graven)." För varje enskilt steg räknas användningen av alla resurser och samtliga utsläpp till luft, mark och vatten. En LCA består av fyra huvudfaser som presenteras i följande kapitel. LCA:s användningsområden är marknadsföring, produktutveckling, strategisk planering eller användas som politiskt beslutsunderlag för främjandet av miljön.



Figur 2. Översikt av LCA-proceduren enligt ISO 14040:2006. De röda pilarna indikerar möjliga iterationer mellan de olika faserna i och med att de ursprungliga antagandena kan ändras. Till höger finns olika användningsområden listade. (TräGuiden, 2003, b)

### 2.1 Livscykelanalysens fyra faser

- **Fas 1: Definition av mål och omfattning**

Ett klart mål och klara avgränsningar är det första steget i en LCA. När en LCA görs är det verkligheten som skall göras om till en modell. Det är viktigt att omvandlingen är överensstämmande med syftet och avgränsningarna. Modellen kan göras på flera olika sätt vilket ger undersökaren större frihet men det betyder inte att man kan lämna bort data utan alla beslut skall motiveras. Resultat av en undersökning gäller bara för de specifika antaganden som tidigare gjorts. (TräGuiden, 2003, b).

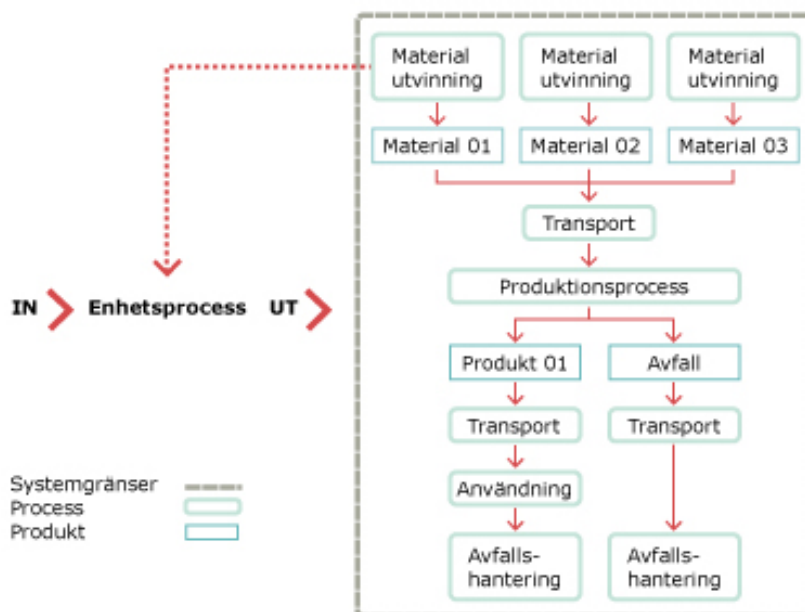
En LCA utgår alltid från en funktionell enhet. En funktionell enhet är en referensenhet där man kan jämföra input- och outputdata i undersökningen. Till exempel en yttervägg i ett egnahemshus kan vara en funktionell enhet och därmed jämföras med andra typer av ytterväggar beroende på vilka material väggen är uppbyggd av, vilket i sin tur motsvarar olika mängd miljöbelastning. Att de har samma praktiska funktion gör dem jämförbara, därav funktionell enhet.

Vilka processer som ska ingå i modellen definieras med systemgränser. Det är inte alltid lätt att veta var man skall dra de gränserna, man kan i princip gå tillbaka i en livscykelanalys hur långt som helst. Ett exempel är en produkt som har tillverkats av en maskin, som i sin tur tillverkats av en maskin och så vidare. En tumregel som används då är att processer eller produkter som påverkar resultatet mer än 2 procent skall medräknas.

Allokering i en livscykelanalys är när en process producerar många olika produkter, t.ex. producerar ett raffinaderi många olika former av bränslen samtidigt som de förbrukar resurser som ger utsläpp till luft mark och vatten. I fall där input- eller outputflöde kan fördelas på flera sätt behövs motiverade principer på hur det ska fördelas. Det har tagits fram många olika allokeringsprinciper baserade på olika enheter beroende på vad som studeras. I denna överskådliga LCA beskrivning kommer allokering inte att undersökas desto djupare. (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2018).

- **Fas 2: Inventeringsanalys**

Via en livscykel-inventeringsanalys (LCI) tar man reda på vilka flöden som finns och hur man försöker uppskatta storleken på dem (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2018). Systemet som modellerats i Fas 1 omvandlas till ett processträd eller flödesschema där alla aktiviteter delas in i enhetsprocesser, d.v.s. den minsta enheten i en LCA. Data samlas in i enlighet med vad som definierats i Definition av mål och omfattning. Den insamlade datan bearbetas och relateras till sin egen enhetsprocess och sedan till referensenheten. I princip är LCI en lista över input- och outputdata för det beskrivna systemet. Under studiens gång kan det vara att man måste ändra på systemgränserna på grund av till exempel databrist, vilket gör det till en så kallad iterativ process.



Figur 3. Visuellt översikt av ett flödesschema och hur det är uppbyggt. (TräGuiden, 2003, b)

- **Fas 3: Miljöpåverkansbedömning**

Miljöpåverkansbedömningen (LCIA) är den tredje fasen i en LCA. Här skall data från Fas 2, inventeringsanalysen, värderas för att få en bättre förståelse för den potentiella miljöpåverkan som delstegen har. Miljöpåverkan presenteras i olika påverkanskategorier t.ex. växthuseffekt (CO<sub>2</sub>-ekvivalenter). (TräGuiden, 2003, b)

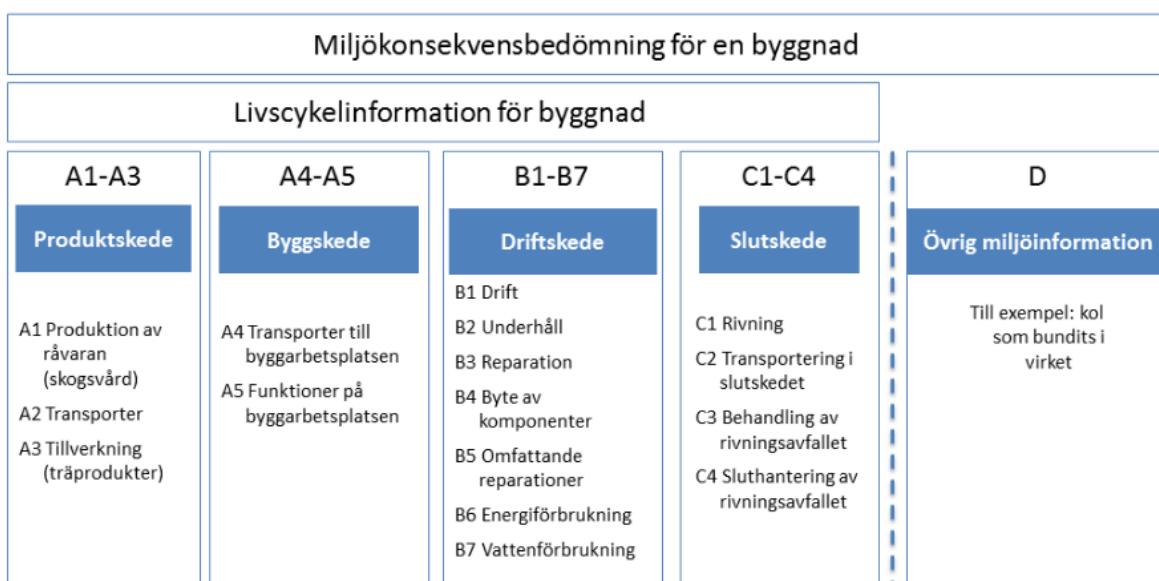
- **Fas 4: Tolkning**

Ovanstående faser resulterar i en mängd siffror och beräkningar. Resultaten sammanfattas och diskuteras angående bl.a. avgränsning, datakvalité och giltighet. En tolkning av analysen ska ge slutsatser, rekommendationer och förbättringsförslag. När en LCA görs finns det flera osäkerheter. Beroende på vilka val som har tagits kan resultatet påverkas eller styras mot ett visst håll. Exempel på osäkerheter kan vara olika beräkningsmetoder, systemgränser, osäkra indata, val av funktionell enhet samt allokeringar. Därför är det viktigt att poängtera osäkerheter i en LCA så läsaren vet hur omfattande de är.

## 2.2 Vagga-till-grind

Även fast det heter livscykelanalys görs ofta jämföranden med systemgränserna från vaggan till grinden – råvaruutvinning fram till färdig produkt. Då utesluts såväl användningsfasen som eventuella restvärden vid slutskedet (TräGuiden, 2003, b). Detta perspektiv ger inte en helhetsbild av miljöpåverkan men är ett bra verktyg om man vill jämföra olika material precis som den här undersökningen har fokus på.

Livscykelanalysen för den här undersökningen har systemgränsen vagga-till-grind, vilket också beskrivs som modul A1-A3 i figur 4.

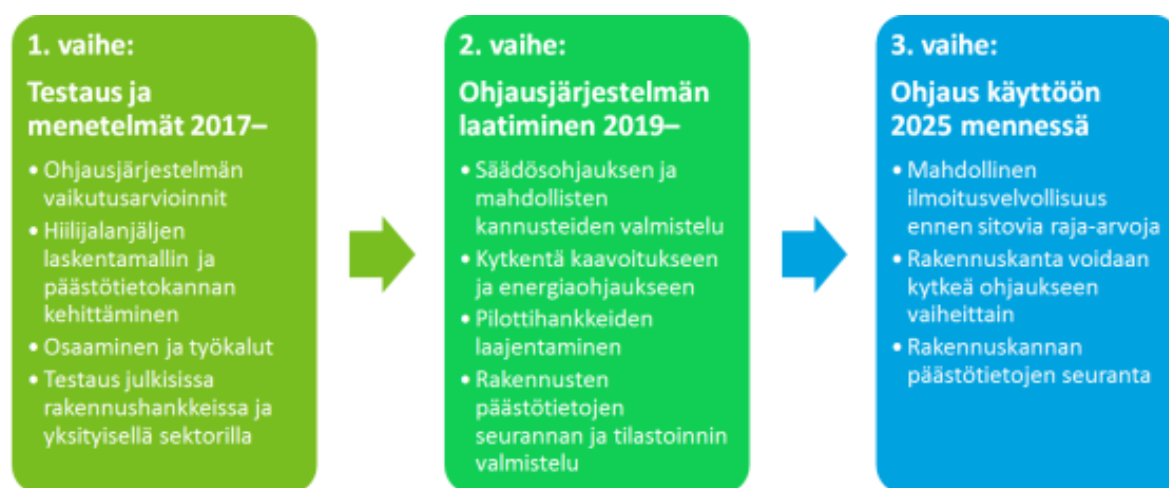


**Figur 4.** En fullständig LCA av en produkt innehåller samtliga skeden (Luke, 2016). I den här undersökningen används systemgränsen A1-A3.

## 3 Läget i Europa

### Finland

Finland står för tillfället i startgroparna vad gäller att ta hänsyn till koldioxidavtryck för en byggnads livscykel. Kunskapen är begränsad men det är möjligt att utnyttja pionjärens erfarenheter, frivilla lösningar som finns samt förbereda europeiska standarder. Information om koldioxidutsläpp på byggprodukter är tillgängliga från olika källor, men deras kvalitet varierar. Beräkningar är förenklade och produktiviteten förbättras avsevärt när datamodeller blir vanligare. Miljöministeriet har gjort upp en vägkarta där man i tre olika skeden skall styra lagstiftningen mot att minska koldioxidavtrycket. Eftersom det är en plan för framtiden så innehåller den punkter som eventuellt kunde tas med beroende på hur planen fungerar. (Miljöministeriet, 2017)



Figur 5. En vägkarta över hur man skall ta hänsyn till koldioxidavtryck under en byggnads livscykel i Finland. (Miljöministeriet, 2017)

#### Första skedet: Testning och metoder 2017-

Detta omfattar en konsekvensbedömning av styrsystemet, utveckling av beräkningsmodeller för koldioxidavtryck, en databas för utsläpp, kunskap och verktyg. Även tester i den privata sektorn men främst i den offentliga sektorn på byggprojekt, t.ex. ARA-produktion (statsstödd bostadsproduktion).

### **Andra skedet: Utarbete ett styrsystem 2019-**

Det andra skedet innehåller förberedelser av lagstiftningen och möjliga drivmedel, koppling till schemat och energistyrningen, mera fallstudier, övervakning av byggnaders utsläppsdata och framställning av statistik.

### **Tredje skedet: En kontroll före 2025**

Eventuell rapporteringsskyldighet före man väljer bindande gränsvärden, byggnaden kan anslutas och kontrolleras steg för steg samt en uppföljning av byggmaterialets utsläppsdata.

Vidare syftar miljöministeriet till att kontrollera byggmaterialet så att det leder till lösningar med låga koldioxidutsläpp med tanke på en byggnads livscykel. Lösningen bör vara tillförlitlig, ge önskad effekt, lätt att använda, kostnadseffektiv, påverka samhällsstrukturen samt förenlig med den inhemska och europeiska förordningen. (Miljöministeriet, 2017)

## **Nederländerna**

I Nederländerna är det en skyldighet att beräkna ett projekts koldioxidutsläpp och ange gränsvärdet från och med år 2018. År 2013 trädde Bouwbesluit i kraft vilket är tekniska föreskrifter för byggandet och kräver att bostadshus och kontorsbyggnader större än 100m<sup>2</sup> beräknas med syfte på koldioxidavtryck och resursförbrukning. (Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken ja Harmonisatie rekenregels materiaalgebonden milieuprestatie gebouwen) (Bionova, 2017).

## **Frankrike**

Frankrike har som skyldighet att offentliggöra miljödeklarationer och koldioxidutsläppsgränser från år 2020. Lagen kräver att alla byggprodukttillverkare som marknadsför sina produkter till konsumenter gör miljökrav för sina produkter (finns vissa specifika undantag). Lagen har producerat ett väldigt betydande antal miljödeklarationer för byggprodukter och deras användning styrs av ett marknadsbaserat HQE-system (High Quality Environmental). Frankrike har lanserat en pilotfas inför att lagstiftningen träder i kraft. Projekt i hela landet kan delta i fallstudien och kommer att minska energieffektiviteten enligt 2012 års föreskrifter, men projekten måste även beräkna livscykeln miljöpåverkan

med en godkänd mjukvara. Beräkningsresultaten samlas in till den nationella databasen och ett projekt med god miljöprestanda som deltar i studien kan i sin tur ansöka om ytterligare byggrätter i bygglov, upp till 30% av golvytan. (Bionova, 2017)

## 4 Material

Stommaterialen som undersöks är trä, betong och korslaminerat trä. I följande kapitel beskrivs stommarnas historia och materialen närmare.

### 4.1 Betong

Betong i Europa fick en ny start i början av 1900-talet samband med världsutställningen i Paris. (betoni, u.d.a) Efter andra världskriget fanns det behov att korrigera krigsskadorna och man letade efter det effektivaste och ekonomiska sättet att bygga på. På 1950-talet utvecklades betongindustrin vidare och lösningen fanns i elementtekniken. I Helsingfors utvecklades snabbt ny betongarkitektur och –teknik vilket ledde till representativa byggnader som järnvägsstationen, parlamentet, Stockmann och konsthallen. Den mest kända tidiga byggnaden är Helsingfors universitet Porthania, designad av Aarne Ervi. Betongen blev det viktigaste byggmaterialet i Finland (Finnsementti, u.d.b) 1970 publicerades ett öppet BES-system (Betonielementtistandardi) för bostadsbyggande i Finland. BES-systemet standardiserade betongelementen och deras anslutningar så att entreprenörer kunde få färdiga delar till samma hus från olika leverantörer. (Elementtisuunnittelu, u.d.)

År 1974 användes dubbelt så mycket betong i bostadshus jämfört med år 2012 (Finnsementti, u.d.a) . Det har visat sig i efterhand att kunskapen fortfarande var begränsad och baserad på mycket kortvarig erfarenhet eftersom en stor del av bostadshusen byggd på 60 och 70-talet förstördes på grund av korrosion av armeringen eller frostsprängningar. Studier har senare visat att den största orsaken till problemen var att det stålskyddande skiktet av betong var för alltför tunt. (betoni, u.d.b)

Den långsiktiga utvecklingen av betong började på 80-talet. Standardiseringen av elementsystem fortsatte och BES-informationen sammanställdes. Det fanns ett mätsystem, dimensioner och rekommendationer av konstruktionselement och anslutningar. Kvalitativa lösningar började prioriteras framför kvantitativa. (Neuvonen, 2006) Vid samma tidpunkt började också produktvaruhus bildas, där elementindustrin tog större ansvar över design, tillverkning, installation och sammangjutningen av element. Det bidrog till att

byggprocessen blir effektivare och snabbare. Från 1990-talet och framåt utvecklades hela byggnadens egenskaper, arkitekturen och livscykelkostnader. Konstruktionsförhållandena förändrades och variationsmöjligheterna för färgalternativ och hållbarhet blev flera. (Elementtisuunnittelu, u.d.)

Finnsementti är den enda tillverkaren av cement i Finland. I början av 1900-talet startades produktionen med två fabriker, Paraisten Kalkkivuori Oy i Pargas och Lohjan Kalkkitehdas Oy i Lojo. Från 1993 till 1999 var Finnsementti en del av Scancem och sedan 1999 har de hört till CRH-koncernen ett av världens största byggmaterialföretag. (Finnsementti, u.d.c)

Finnsementti har två cementfabriker, en i Villmanstrand och en i Pargas. Utöver det har de sex stycken cement- och slaggpulverterminaler varav en är beläget i Jakobstad, den enda i Österbotten. (Finnsementti, u.d.d)

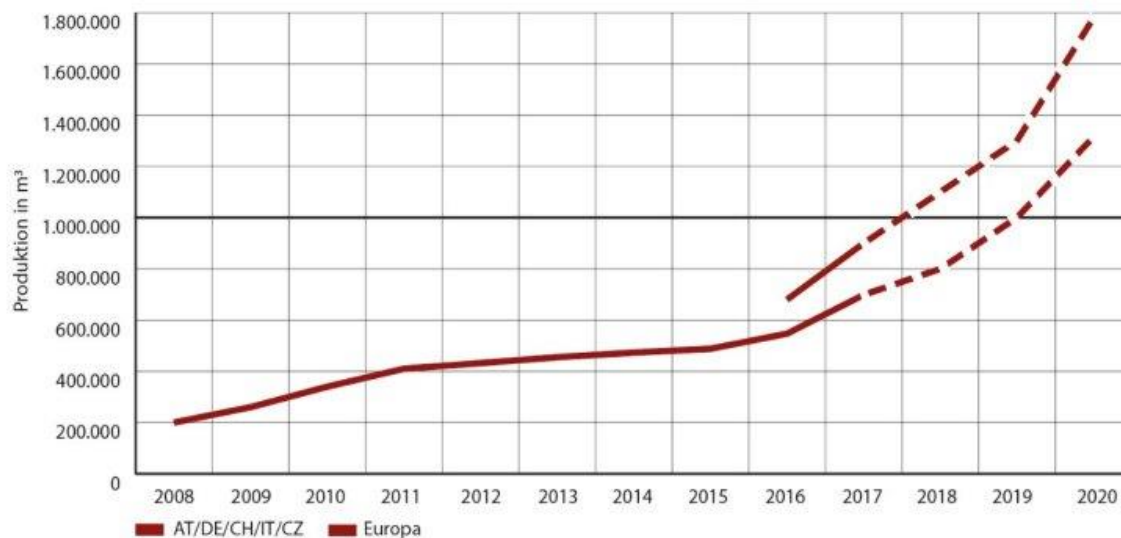
## 4.2 Träregelstomme

I egna hemshus är ytterväggar av träregelstomme det vanligaste förekommande i skogsrika Norden. Allmänt kallas lättregelhusen för trähus även om andelen trä inte är speciellt mycket, oftast bara reglarna och fasaden. Ytterväggen är uppbyggd av regler i massivträ eller lättreglar som placeras ståendes och har som uppgift att ta emot all vertikal kraft. Efter reglarna placeras andra materialskikt ut som alla fyller olika funktioner. Isolering sätts mellan reglarna för att isolera, sedan ett skikt som är vindskyddande, ett som är fuktskyddande, ett fasadmateriell och så vidare. (Bülow, u.d.)

## 4.3 CLT

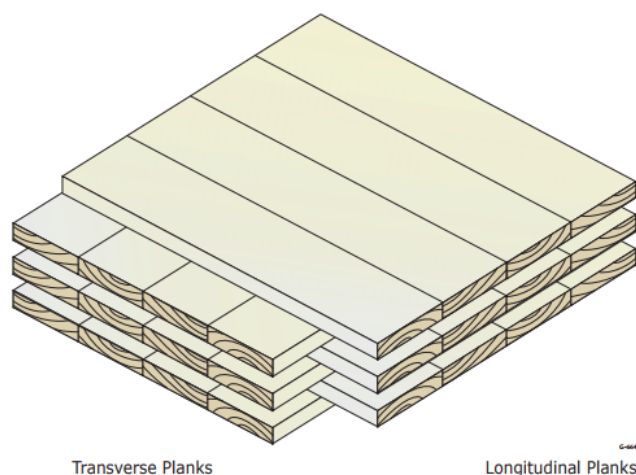
Korslaminerat trä (eng. cross laminated timber, CLT) är en produkt som började utvecklas under 1990-talet av ett timmerföretag i Österrike. Det tog flera år förrän CLT kom in på byggmarknaden på grund av okunskap om materialet och man visste inte exakt hur man applicerar CLT till bostadsbyggnader. Efter många studier om CLT med fokus på prestanda och hållbarhet med tanke på miljön fick det snabbt popularitet i Europa. Ett annat faktum är att CLT uppfattas som ett tungt material, likt betong som används i stor utsträckning runtom i hela Europa. CLT är utvecklat som ett alternativ med lågt koldioxidutsläpp jämfört med tunga material som betong, murverk och stål i byggnader där träregelstomme är uteslutet, exempelvis medelhöga och höga byggnader. (Gagnon, Bilek, Podesto, & Crespell, 2013) Från år 2008 - 2012 ökade produktionen 20–30 % årligen, se figur 6, och de senaste åren har

CLT fortsatt att växa snabbt och produktionen antas fördubblas från 2016 till 2020 (Ebner, 2017)



**Figur 6. CLT-produktionen ökade markant i Centraleuropa under 2008–2012 trots den ekonomiska nedgången. (Jauk, 2017)**

CLT är uppbyggt av minst tre lager och ända upp till tio lager av trä som är korsvist hoplimmat under högt tryck. Ett lager är mellan 20mm och 60mm tjockt. CLT-elementen är normalt mellan 60mm och 400mm tjocka och upp till 3,5m höga och 12m långa, beroende på tillverkare. Större element kan tillverkas enligt behov men det är transporten som blir problemet. (Hoisko, 2016, a) CLT används för bärande konstruktioner som ytterväggar, innertak, bjälklag och bärande innerväggar men även för icke bärande konstruktioner. (TräGuiden, 2017, a)



**Figur 7. CLT är skivor som är uppbyggd med brädor limmade ihop korsvist under högt tryck. (Gagnon, Bilek, Podesto, & Crespell, 2013)**

### **CLT i Finland**

CLT är relativt ny produkt på den finländska marknaden. I dag finns det tre företag som tillverkar CLT-skivor i Finland, två av dem i Österbotten. Första och äldsta företaget är Cross Lam Kuhmo Ltd. som grundades år 2014 i Kuhmo och har en årlig kapacitet på ca. 35 000 m<sup>3</sup>. (Virta, 2014)

HOISKO är ett varumärke från CLT Finland Ltd. som grundades 2015 i Alajärvi. Som Finlands andra CLT-tillverkare började produktionen i januari 2017 och kommer att ha en årlig kapacitet på 40 000m<sup>3</sup> första året och 70 000m<sup>3</sup> efter investeringar 2018. (Hoisko, 2016, b)

Tredje företaget är CLT Plant Oy och grundades 2015 i Kauhajoki. Produktionen kommer att startas i början av hösten 2018 (Yle, 2017). CLT Plant Oy kommer att ha en maxkapacitet på 50 000m<sup>3</sup>. (Hyvönen, 2017)

## **4.4 Transporter**

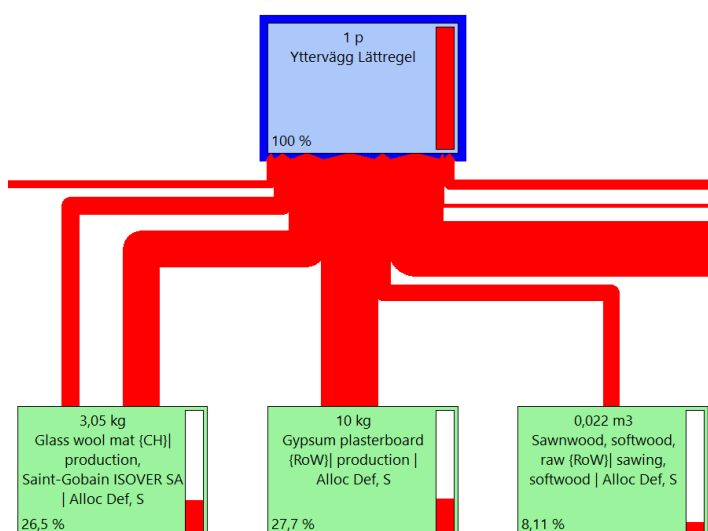
I LCA-beräkningen ingår transporter av materialen. Från utvinning till färdig produkt, interna transporter och transporter mellan tillverkare. Samtliga transporter som är medtagna är färdigt inräknade i respektive tillverkningsprocess. Inga egna beräknade transportsträckor är tillagda för materialen.

## 4.5 Mjukvara

Undersökningen är avgränsad till den information som finns i Ecoinvent 3, se bilaga 8, databasen i programmet SimaPro 8.4 versionen. SimaPro är ett program specifikt framtaget för LCA och innehåller data som är kontinuerligt uppdaterad och verifierad. För varje enskilt material finns en bilaga över den informationen. Ifall ett material inte finns har författaren valt ett motsvarande material med god tro för att få en så pålitlig undersökning som möjligt. Som exempel har Glue laminated timber valts istället för Cross laminated timber i och med att CLT inte finns i databasen men tillverkningsprocessen för GLT är motsvarande. Som metod i SimaPro har CML-IA baseline valts för där fanns valmöjligheten GWP100, kg koldioxidekvivalenter per kg utsläpp. Se bilaga 9 för noggrannare beskrivning.

I figur 8 visas SimaPros eget processträd närmare.

- Den blåa rutan högst upp är den färdiga produkten och 100% av de utsläpp som undersöks.
- De gröna rutorna är material som lagts in som processer och som bidrar till det totala utsläppet. Ner till vänster i varje ruta finns i procent utlagt hur mycket respektive process påverkar. Man kan även välja att visa i kilogram hur mycket en process påverkar.
- De röda pilarna visar vilken process de går till. Tjockleken på pilarna visar hur mycket de bidrar där tjockare pil indikerar på större påverkan.



**Figur 8. Ett klipp ur processträdet för Yttervägg Lättregel där man kan se hur mycket processerna isolering, gipsskiva och regler bidrar med. (egen bild)**

## 5 Beräkningar

I detta kapitel räknas andelen material ut för respektive vägg. Varje process består av en produkt som innehåller en tillverkningsfas. I tillverkningen ingår alla material som behövs för att framställa produkten, från råvaruutvinning fram till att produkten är klar. I SimaPro har alla material som valts en enhet i kilogram eller kubik, till exempel är ett betongskal på 100mm inlagt som 0.1 m<sup>3</sup> eftersom väggen är 1 m<sup>2</sup> stor. Alla material som är valda finns iecoinvent 3.4 databasen och en mer omfattande beskrivning av materialen finns tillgänglig på hemsidan [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org).

### 5.1 Betong

Betongväggens material finns uppräknade i bilaga 1. Mängdberäkning för betongen samt ett flödesschema finns nedan. I bilaga 1 finns motsvarande material som valts ur ecoinvent 3 databasen och i bilaga 10 finns väggen uppbyggnad.

Betongskalen:

$$100\text{mm} + 90\text{mm} = 0.19\text{m}$$

$$0.19\text{m} \cdot 1\text{m}^2 = 0.19\text{m}^3$$

Bitumen:

$$0.3\text{kg/m}^2 * 2 \text{ sidor} = 0.6\text{kg}$$

Armeringen:

B500B -> 1 nät är 13.33lm

Byglar:

8mm $\varnothing$  -> 0.395kg/lm

Estimerad till 0.2kg

$$13.33\text{m} \cdot 3 = 39.99\text{m}$$

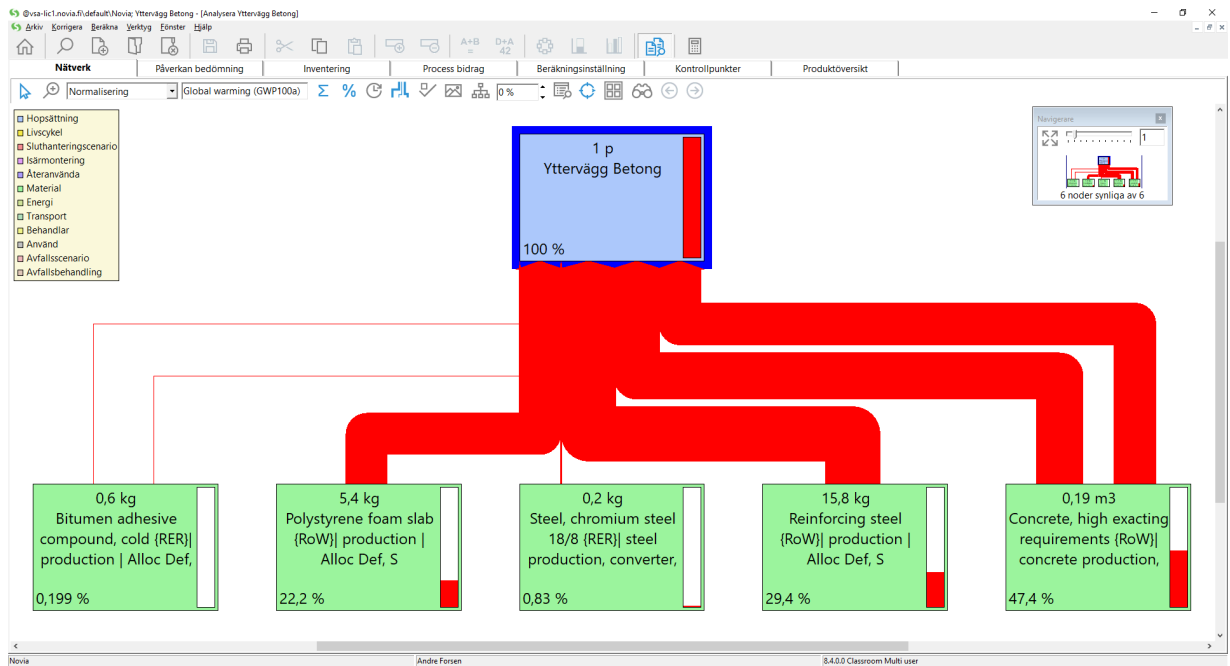
$$39.99\text{m} \cdot 0.395 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 15.796\text{kg}$$

Hårdisolering:

180mm

30kg/m<sup>3</sup>

$$180\text{mm} * \frac{30\text{kg}}{\text{m}^3} = 5.4\text{kg}$$



Processträdet för betongvägg visar hur stor påverkan respektive material har. Se bilaga 4 för tydligare beskrivning.

## 5.2 Träregelstomme

Mängdberäkning. I bilaga 2 finns motsvarande material som valts ur ecoinvent 3 databasen och i bilaga 12 finns väggens uppbyggnad.

Träpanel är 22mm tjock = 0.022m<sup>3</sup>

Skålning och stomme är estimerad till:

$$45mm * 45mm * 1000mm * 2 = 0.004m^3$$

$$45mm * 175mm * 1000mm = 0.007m^3$$

Totalt 0.11m<sup>3</sup>

Vindskyddsskiva:

$$12mm \text{ tjock} = 0.012m^3$$

Gipsskiva:

$$13mm \text{ tjock är } 10kg/m^2$$

Isolering:

$$200mm + 50mm$$

Vikt 25kg/m<sup>3</sup>

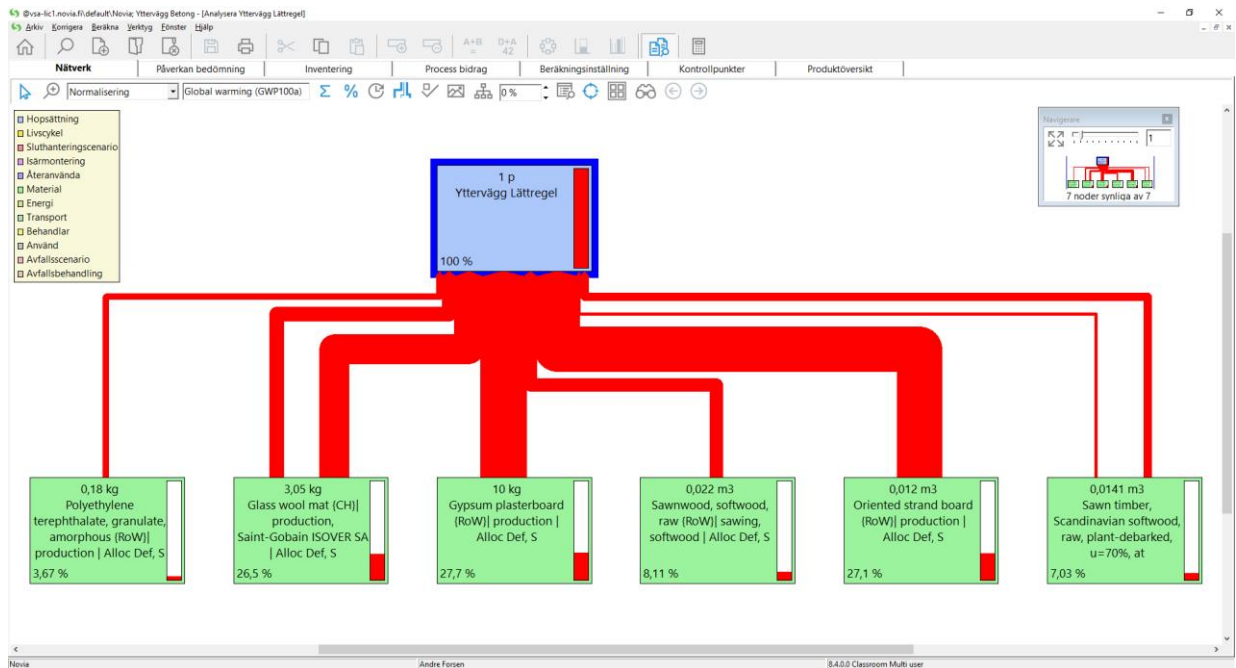
$$\frac{25kg}{m^3} * 0.25 = 6.26kg$$

Ångspärr:

$$\text{En rulle på } 2.7m * 25m = 67.5m^2$$

Rullvikt 12.5kg

$$\frac{12.5kg}{67.5m^2} = 0.18kg/m^2$$



Processträdet för lätträgelvägg visar hur stor påverkan respektive material har. Se bilaga 5 för tydligare beskrivning.

### 5.3 CLT

Mängdberäkning. I bilaga 3 finns motsvarande material som valts ur ecoinvent 3 databasen och i bilaga 11 finns väggens uppbyggnad.

Cross laminated timber (i SimaPro har Glue laminated timber använts):

CLT: 100mm = 0.1m<sup>3</sup>

Isolering:

Träpanel är 22mm tjock = 0.022m<sup>3</sup>

300mm

25kg/m<sup>3</sup>

Skålning och mellan isolering är estimerad till:

$$0,3m * \frac{25kg}{m^3} = 7.5kg/m^2$$

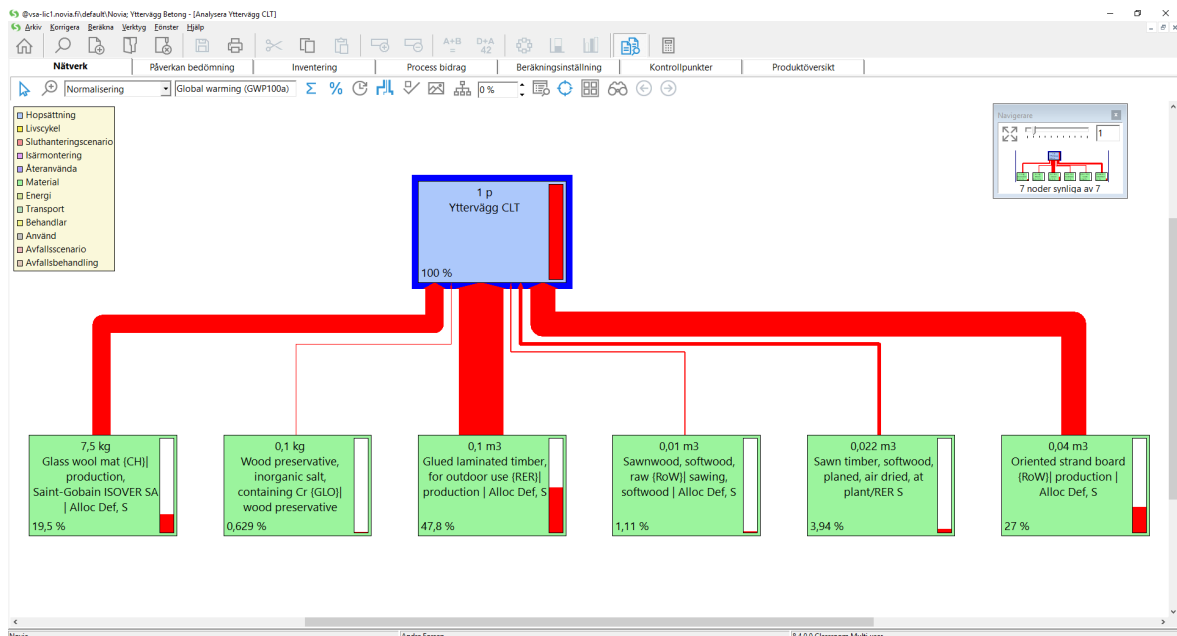
Totalt 0.01m<sup>3</sup>

Ytbehandling

Vindskyddsskiva:

Estimerad till 0.1kg

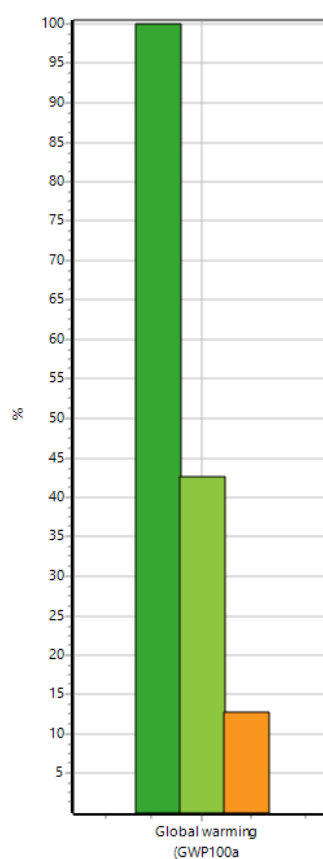
4cm tjock = 0.04m<sup>3</sup>



Processträdet för CLT visar hur stor påverkan respektive material har. Se bilaga 6 för tydligare beskrivning.

## 5.4 Sammanfattning

Examensarbetets resultat är en visualiserad jämförelse mellan en yttervägg i betong, CLT och lättträregel. I bilder framställt från beräkningarna kan man åskådliggöra miljöutsläpp uttryckt i koldioxidekvivalenter eller GWP. Som tidigare konstaterat gäller slutresultatet endast för de systemgränser, material, avgränsningar och specifika antaganden som gjorts under arbetets gång. Som man kan se i figur 9 är den yttervägg uppbyggd i betong som har störst mängd utsläpp av de tre. Näst mest i jämförelsen har CLT-ytterväggen och minst utsläpp har ytterväggen byggd i lätt träregel. Jämförelsen är normaliserad så den med mest utsläpp automatiskt har 100% i y-axeln och de andra har en procentandel utgående från den. Se bilaga 7 för större bild.



**Figur 9.** De tre ytterväggarna jämfört med varandra. Mörkgrön är betong, ljusgrön är CLT och orange är lättträregel. (egen bild)

## 6 Diskussion

Enligt resultatet i denna LCA krävs det minst koldioxidutsläpp för en 1m<sup>2</sup> lätt träregelstomme att tillverkas. En 1 m<sup>2</sup> lättträregelvägg kräver 13% av CO<sub>2</sub>-e utsläppen vid tillverkningsfasen jämfört med betongväggen. CLT kräver ca. 42% för att uppnå samma resultat. Respektive stomme kan anses vara uppbyggda på ett sätt som är realistiskt och förekommer i vanlig produktion av yttervägg.

En stor orsak till att ytterväggen i betong hade hög GWP i undersökningen är bland annat att framställningen av cement är en mycket energikrävande process. Hårdisoleringen mellan betongskalen är också energikrävande att framställa. Denna förenklade LCA tog endast tillverkningskedet i beaktande och i och med att betong har en energikrävande tillverkning medans användningsfasen är rätt underhållsfri så kan den gynnas under ett längre perspektiv. Gällande transporter så krävs det mera energi att transportera tyngre material, då betongen är tyngst per kubik krävs det också mest energi att få det flyttat.

För CLT är själva CLT-skivan den del som kräver mest energi. Det beror på att den behandlas och pressas ihop under högt tryck. I CLT-väggen saknas dessvärre en ångspärr som borde finnas med. I lättträregelväggen påverkar ångspärren med 3,67% så påverkan för CLT borde vara betydligt mindre än det och skulle inte ändra på slutresultatet.

För lättträregelväggen är vindskyddsskivan, gipsskivan och isoleringen de processer som bidrar mest. Samtliga kräver värme eller tryck för att tillverkas. Det som är fel för lättträregelväggen är mängden isolering och spikar. I SimaPro har jag lagt in 3.05kg isolering även om det borde vara 6.26kg enligt beräkningarna. Det gör att isoleringen bidrar med ca. 50% istället för nuvarande 26.5%. panelen, reglarna och skålningen är fastsatta med spikar som saknas i denna undersökning. Det gör att slutprocenten för lättträregelväggen stiger jämfört med de andra väggarna men inte så att det går om CLT.

Denna LCA har inte tagit med träets förmåga att binda koldioxid. En kubik trä binder 700–900 kg koldioxid. Det betyder att den vägg som innehåller mest trä gynnas mest, CLT i detta fall. I och med klimatförändringen och utsläpp av växthusgaser styr Europa med sin miljöpolitik medlemsländerna till att aktivt minska utsläppen och vidta åtgärder som begränsar den globala medeltemperaturen. Åtgärder kan till exempel vara användandet av förnybar energi och där är just trä en viktig källa med många fördelar. Det förklarar också

varför CLT växer stadigt då dess egenskaper påminner om betong men är fullt förnybar och miljövänligare.

Eftersom processen och användandet av en LCA var annorlunda än vi till först trodde så kan Ab Klemets Oy inte använda denna undersökning som en officiell LCA i till exempel marknadsföringssyfte eller liknande. Den ger ändå en fingervisning som företaget sedan kan använda och bygga vidare på enligt behov.

## **6.1 Förslag till vidare studier**

Eftersom den här undersökningen endast beaktade modul A1-A3 vore det intressant att se vad resultatet för en omfattande LCA skulle få för resultat. Troligen skulle det inte vara lika stor skillnad mellan de olika ytterväggarna i och med att betong inte kräver samma underhåll i användningsfasen. Vidare kunde man också undersöka ett helt hus och inkludera alla ytterväggar, tak och golv i beräkningen. Intressant vore också att göra en liknande undersökning baserat på en annan databas, programvara och metod för att se hur mycket resultatet skulle skilja sig.

## **6.2 Slutord**

Examensarbetet har varit mycket mera krävande än jag till först trodde att det skulle vara. Ordet Livscykelanalys låter enkelt och beskriver exakt vad man gör, men arbetet och litteraturen bakom är något helt annat. Att göra en livscykelanalys är mycket tidskrävande. I början av undersökningen var tanken att all data om materialen skulle hämtas från internet men desto mer data man fick desto mer insåg man att det blir en för opålitlig undersökning. Många av de värden som jag fick tag på av olika tillverkare hade inga uppgifter om vad det var baserat på och det uppstod en känsla av att alla skröt på sitt. Det var först senare i undersökningen som jag kom i kontakt med SimaPro, som var helt nytt för mig men valde att använda det ändå för att höja på trovärdigheten.

Examensarbetet var intressant ur många olika synvinklar, bland annat för att det tangerar många aktuella saker. Till exempel är klimatförändringarna mer aktuell än någonsin. En annan sak är CLT som är relativt nytt på marknaden och som är ett riktigt intressant material med många möjligheter.

## 7 Litteraturförteckning

- betoni. (u.d.a). *Betonin historia*. Hämtat från betoni.com: <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-historia/> den 15 December 2017
- betoni. (u.d.b). *Todellisia ja luultuja ongelmia*. Hämtat från betoni.fi: <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/ongelmia-ja-luuloja/> den 28 December 2017
- Bionova. (den 19 Juni 2017). *Tiekartta rakennuksen elinkaaren*. Hämtat från oneclicklca: <https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2017/11/Bionova-Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanj%C3%A4ljen-huomioimiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-FINAL.pdf> den 25 Oktober 2017
- Bülow, C. (u.d.). *Att välja konstruktion*. Hämtat från ekobyggportalen.se: <http://www.ekobyggportalen.se/huskonstruktioner/att-valja-konstruktion/#tunga-och-latta-hus> den 3 December 2017
- Ebner, G. (den 13 Juni 2017). *CLT production is expected to double until 2020*. Hämtat från timber-online.net: [https://www.timber-online.net/wood\\_products/2017/06/brettsperrholz-produktion-in-europa---20162020.html](https://www.timber-online.net/wood_products/2017/06/brettsperrholz-produktion-in-europa---20162020.html) den 5 Februari 2018
- Elementtisuunnittelu. (u.d.). *Elementtirakentamisen historia*. Hämtat från elementtisuunnittelu.fi: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia> den 18 December 2017
- Europeiska kommissionen. (den 1 Juli 2014). *Möjligheter till resurseffektivitet inom byggsektorn*. Bryssel, Belgien.
- Finnsementti. (u.d.a). *Ennätysvuosista suureen pudotukseen*. Hämtat från finnsementti.fi: <http://www.finnsementti.fi/yritys/historia/ennatysvuosista-suureen-pudotukseen> den 19 December 2017
- Finnsementti. (u.d.b). *Sota-ajan jälkeen sementti nousi pyörille*. Hämtat från finnsementti.fi: <http://www.finnsementti.fi/yritys/historia/sota-ajan-jalkeen-sementti-nousi-pyorille> den 15 December 2017
- Finnsementti. (u.d.c). *Suomalaista sementtiä 100 vuotta*. Hämtat från finnsementti.fi: <http://www.finnsementti.fi/yritys/historia> den 15 December 2017
- Finnsementti. (u.d.d). *Toimipaikat*. Hämtat från finnsementti.fi: <http://www.finnsementti.fi/yritys/toimipaikat> den 16 December 2017
- Gagnon, S., Bilek, T., Podesto, L., & Crespell, P. (2013). *CLT Handbook Cross-laminated timber*. Pointe-Claire, Quebec, Canada: FPIInnovations. Hämtat från [https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2013/fpl\\_2013\\_gagnon001.pdf](https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2013/fpl_2013_gagnon001.pdf) den 12 Januari 2018
- Hoisko. (2016, a). *Construction*. Hämtat från hoisko.fi: <http://www.hoisko.fi/en/material-library/> den 22 Oktober 2017

- Hoisko. (2016, b). *HOISKO*. Hämtat från hoisko.fi: <http://www.hoisko.fi/en/hoisko-4/> den 7 Oktober 2017
- Hyvönen, P. (den 30 November 2017). CLT production capacity. (A. Forsén, Intervjuare) Finland. Hämtat den 30 November 2017
- Jauk, G. (den 14 November 2017). *Triumph of CLT continues*. Hämtat från timber-online.net: <https://www.timber-online.net/holzprodukte/2017/11/siegeszug-von-bsp-setzt-sich-fort.html> den 23 Mars 2018
- Liljenström, C., Malmqvist, T., Erlandsson, M., Fredén, J., Adolfsson, I., Larsson, G., & Brogren, M. (2015). *Byggandets klimatpåverkan*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. Hämtat från <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76c3/1446478780572/B2217-P.pdf> den 12 December 2017
- Luke. (2016). *Träprodukternas fotspår*. Hämtat från luke.fi: <https://www.luke.fi/sv/om-naturresurser/skog/virkets-kvalitet-och-anvandning-inom-traproduktbranschen/traprodukternas-fotspår/> den 23 mars 2018
- Miljöministeriet. (den 11 September 2017). *Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa*. Hämtat från ym.fi: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Tiekartta\\_rakennuksen\\_elinkaaren\\_hiilijalanjaljen\\_huomioimiseksi](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Tiekartta_rakennuksen_elinkaaren_hiilijalanjaljen_huomioimiseksi) den 17 December 2017
- Naturvårdsverket. (u.d.). *Koldioxidekvivalenter*. Hämtat från Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-fran-exporterande-foretag/Koldioxidekvivalenter/> den 22 Mars 2018
- Neuvonen, P. (2006). *Kerrostalot 1880-2000*. Helsingfors, Finland: Rakennustieto Oy. Hämtat den 14 Mars 2018
- Sveriges Lantbruksuniversitet. (den 17 Maj 2018). *Vad är livscykelanalys?* Hämtat från sl.se: <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/> den 20 Maj 2018
- Tilastokeskus. (2015, a). *Tilastokeskus*. Hämtat från www.stat.fi: [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/sv/StatFin/StatFin\\_ymp\\_khki/statfin\\_khki\\_pxt\\_111k.px/?rxid=02db698a-21ae-424f-bd2a-df3db99f14d3](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/sv/StatFin/StatFin_ymp_khki/statfin_khki_pxt_111k.px/?rxid=02db698a-21ae-424f-bd2a-df3db99f14d3) den 23 Februari 2018
- Tilastokeskus. (den 29 Januari 2018, b). *Liitetaulukko 1. Kasvihuonekaasupäästöt*. Hämtat från www.stat.fi: [http://www.stat.fi/til/tilma/2015/tilma\\_2015\\_2017-10-05\\_tau\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/tilma/2015/tilma_2015_2017-10-05_tau_001_fi.html) den 23 Februari 2018
- TräGuiden. (den 1 September 2003, b). *LCA-metodik*. Hämtat från träGuiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/lca/lca/lca-metodik/> den 30 September 2017

- TräGuiden. (den 07 Juli 2017, a). *1.7 Var kan man använda KL-trä?* Hämtat från [traguiden.se: https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-som-konstruktionsmaterial/1.7-var-kan-man-anvanda-kl-tra/var-kan-man-anvanda-kl-tra/?previousState=1000001](https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-som-konstruktionsmaterial/1.7-var-kan-man-anvanda-kl-tra/var-kan-man-anvanda-kl-tra/?previousState=1000001) den 18 Oktober 2017
- Virta, J. (den 30 Januari 2014). Kainuulaisyrittäjä avaa clt-tehtaan Kuhmoon. (S. Niemi, Intervjuare) Finland: Maaseudun Tulevaisuus. Hämtat från <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/kainuulaisyritt%C3%A4j%C3%A4-avaa-clt-tehtaan-kuhmoon-1.55530> den 28 September 2017
- Yle. (den 16 Augusti 2017). *CLT Plant Oy:n laitetoimitukset käynnistyvät.* Hämtat från [yle.fi: https:// https://yle.fi/utiset/3-9777895](https://yle.fi/utiset/3-9777895) den 30 Oktober 2017

Bilaga 1. Betongvägg. Material som ingår i betongväggen är listat i kolumnen Kommentar. Det material som valts som motsvarande ur ecoinvent 3 databasen i SimaPro 8.4 finns listat under Material/ihopsättningar.

Arkiv Korrigera Beräkna Verktyg Fönster Hjälp

Indata/utdata Parametrar

Yttenvägg Betong

Status Slutfört

Kommentar

Material/ihopsättningar

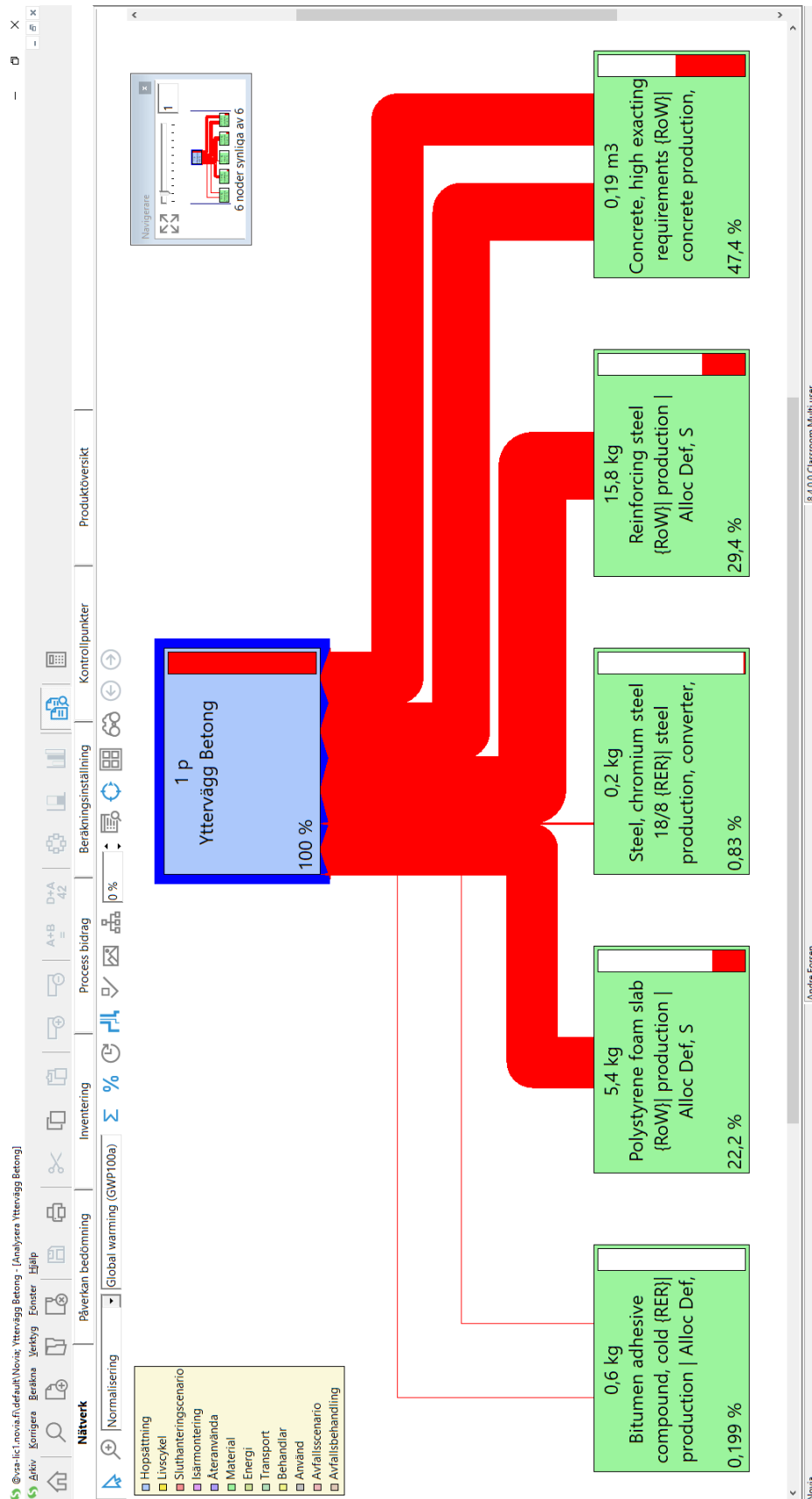
	Mängd	Enhet	Fördelning	SD^2 eller 2	Min	Max	Kommentar
Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete production, for building c	0,09	m3	Odefiniera				Betong utsida, 90mm
Bitumen adhesive compound, cold [RER] production   Alloc Def, S	0,3	kg	Odefiniera				Bitumen som lim, 0,3kg/m2
Polystyrene foam slab [RoW] production   Alloc Def, S	5,4	kg	Odefiniera				Isolering, 180mm
Bitumen adhesive compound, cold [RER] production   Alloc Def, S	0,3	kg	Odefiniera				Bitumen som lim, 0,3kg/m2
Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete production, for building c	0,1	m3	Odefiniera				Betong insida, 90mm
Steel, chromium steel 18/8 [RER] steel production, converter, chromium steel 18	0,2	kg	Odefiniera				infästningar av rostfritt stål mellan skalén, ccl200
Reinforcing steel [RoW] production   Alloc Def, S	15,8	kg	Odefiniera				Armering till betong, B500B, 13,33lm*3 nät=39,99lm, 8mm=0,395kg/lm * 39,99 = 15,8kg

Bilaga 2. Lätträregelvägg. Material som ingår i lätträregelväggen är listat i kolumnen Kommentar. Det material som valts som motsvarande ur ecoinvent 3 databasen i SimaPro 8.4 finns listat under Material/ihopsättningar.

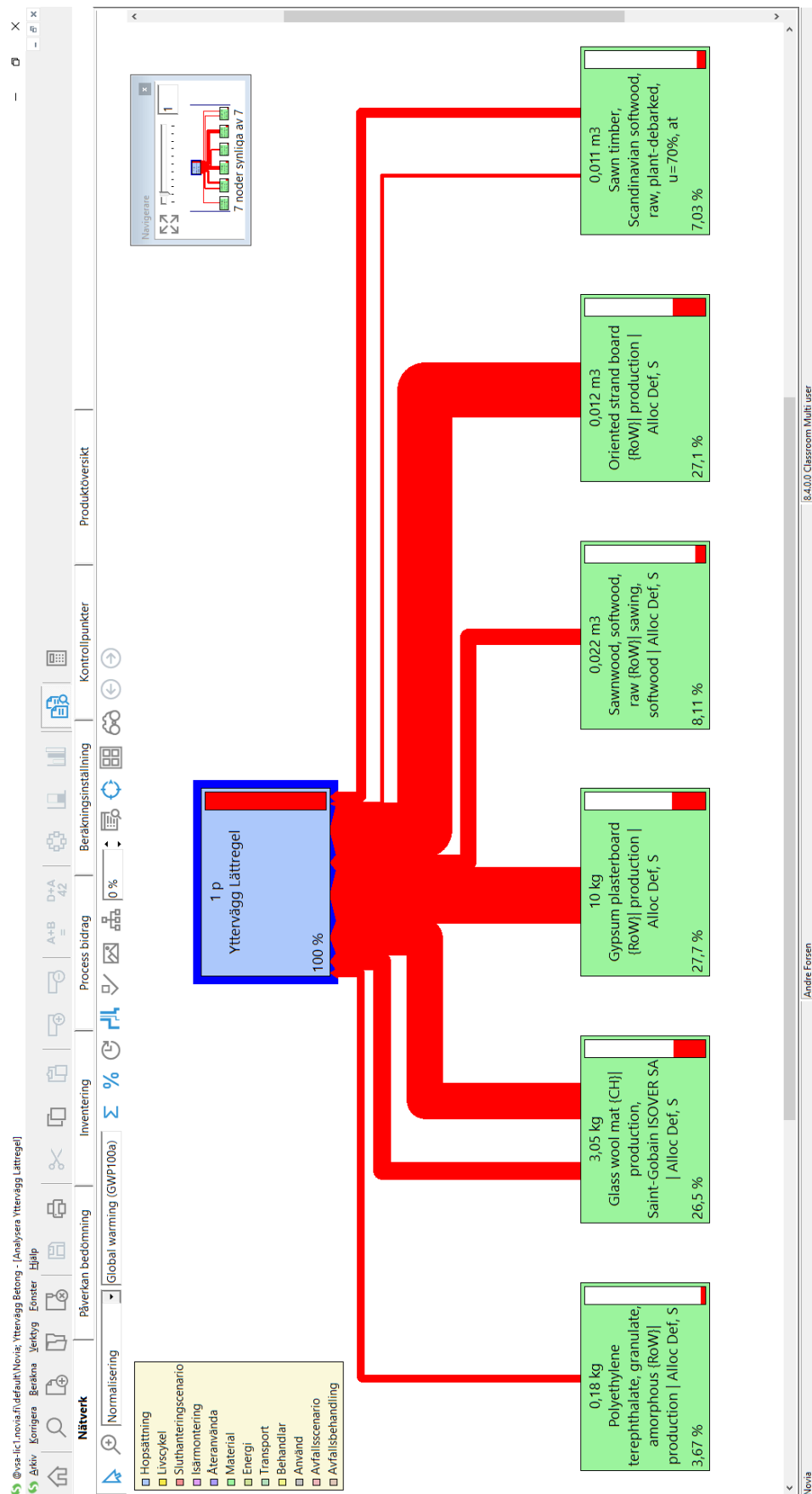
Indata/utdata		Parameter		Mängd		Fördelning SD^2 eller 2		Max		Kommentar	
Yttervägg Lätträgel	Status	Yttervägg Lätträgel	Status	Mängd	Enhet	Fördelning SD^2 eller 2	Min	Max	Kommentar		
Material/hopsättningar											
Sawwood, softwood, raw (RoW) sawing, softwood   Alloc Def, S				0,022	m3	Odefiniera					Panel
Oriented strand board (RoW) production   Alloc Def, S				0,012	m3	Odefiniera					Vindskyddsskiva
Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous (RoW) production   Alloc Def, S				0,18	kg	Odefiniera					Ångspärr
Glass wool mat (GLO) production, without cullet   Alloc Def, S				2,05	kg	Odefiniera					Isolering
Softwood, Scandinavian, standing, under bark, in forest/NORDEL S				0,01	m3	Odefiniera					Reglar mellan isolering
Glass wool mat (GLO) production, without cullet   Alloc Def, S				1	kg	Odefiniera					Isolering
Softwood, Scandinavian, standing, under bark, in forest/NORDEL S				0,001	m3	Odefiniera					Skåning
Gypsum plasterboard (GLO) market for   Alloc Def, S				10	kg	Odefiniera					Gipsskiva



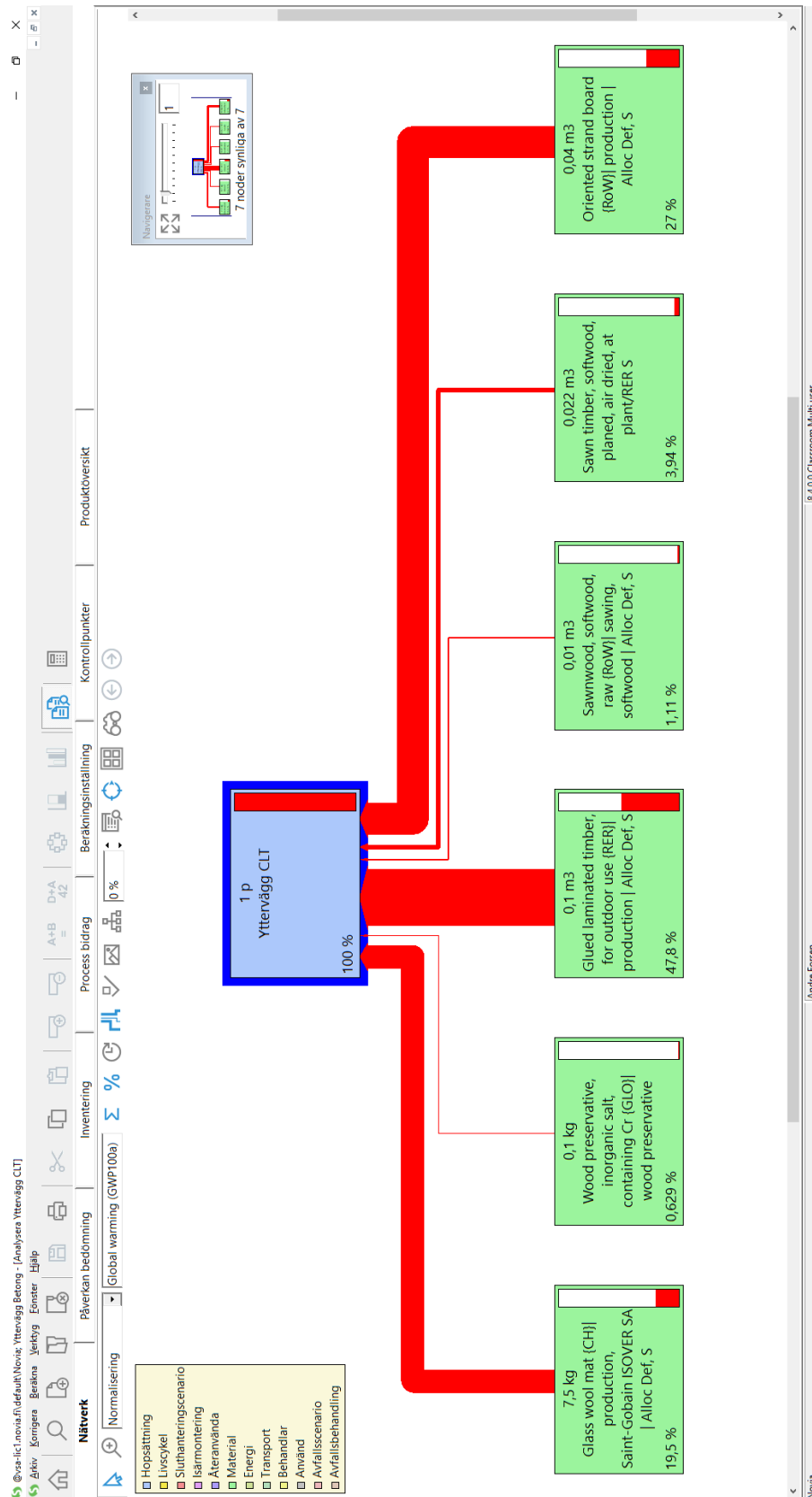
Bilaga 4. Betongvägg. Den blåa rutan är ytterväggen och är 100% av GWP, de gröna rutorna representerar processer av de material som ingår i ytterväggen. Ner till vänster finns beskrivet i procent hur stor andel de påverkar med, även tjockleken på de röda pilarna visar hur stor påverkan. Tjockare pil indikerar på större påverkan.



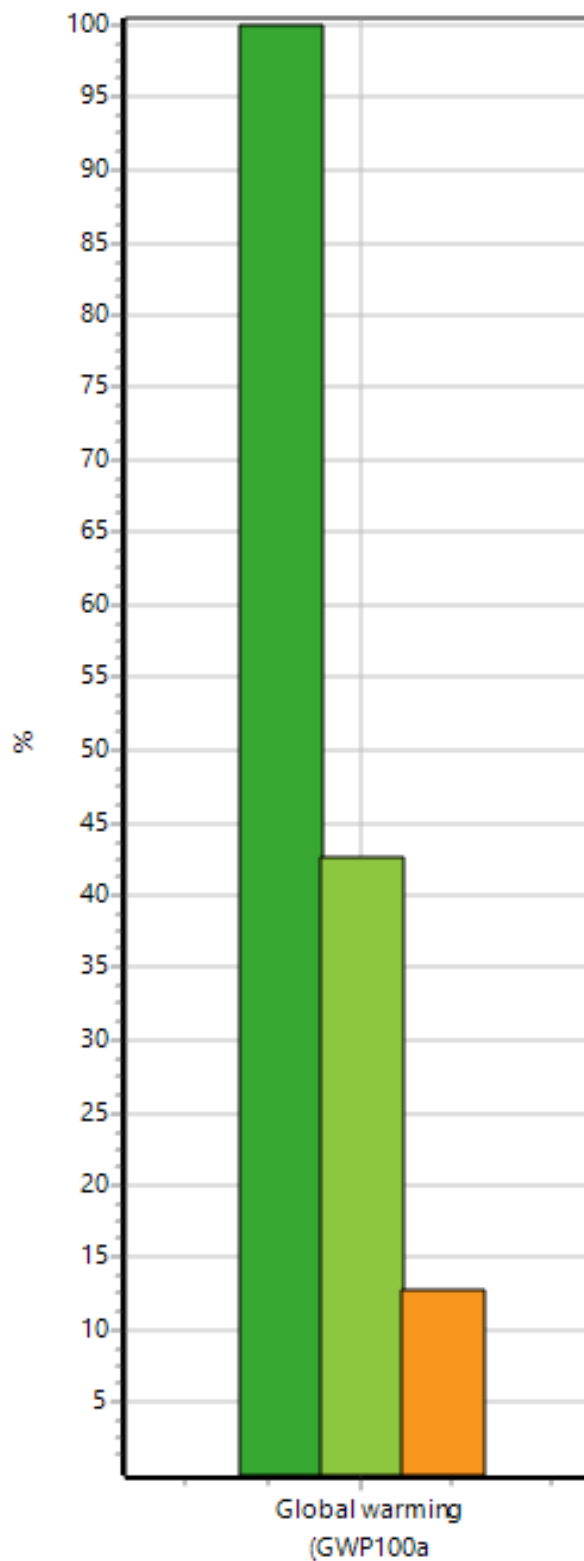
Bilaga 5. Lätträregel. Den blåa rutan är ytterväggen och är 100% av GWP, de gröna rutorna representerar processer av de material som ingår i ytterväggen. Ner till vänster finns beskrivet i procent hur stor andel de påverkar med, även tjockleken på de röda pilarna visar hur stor påverkan. Tjockare pil indikerar på större påverkan.



Bilaga 6. CLT. Den blåa rutan är ytterväggen och är 100% av GWP, de gröna rutorna representerar processer av de material som ingår i ytterväggen. Ner till vänster finns beskrivet i procent hur stor andel de påverkar med, även tjockleken på de röda pilarna visar hur stor påverkan. Tjockare pil indikerar på större påverkan.



Bilaga 7. En jämförelse av de tre väggarna med varandra, där den som har mest representerar 100% och de andra jämförs med den. I denna undersökning hade betong mest utsläpp, CLT näst mest och lättträregel minst.



## Bilaga 8. Information om ecoinvent 3 databasen ur SimaPro8.4.

<input checked="" type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, default - system	Manager
<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 2 - allocation, default - unit	Manager
	<p>Converted ecoinvent 3.3 data as system processes (results). Uncertainty data are not included. Compiled October 2016.</p> <p>The ecoinvent v3 database contains LCI data from various sectors such as energy production, transport, building materials, production of chemicals, metal production and fruit and vegetables. The entire database consists of over 10,000 interlinked datasets, each of which describes a life cycle inventory on a process level. SimaPro provides six libraries that each contain all the processes that are found in the ecoinvent database, but use different system models and contain either unit or system processes. The three ecoinvent system models are Allocation, recycled content, Allocation, default and Consequential.</p> <p>The system model 'allocation, recycled content' or 'cut-off' is based on the approach that primary production of materials is always allocated to the primary user of a material. If a material is recycled, the primary producer does not receive any credit for the provision of any recyclable materials. The consequence is that recyclable materials are available burden-free to recycling processes and secondary (recycled) materials bear only the impacts of the recycling processes. Also, producers of wastes do not receive any credit for the recycling or re-use of products resulting out of any waste treatment. This approach has also been used in ecoinvent 1 and 2.</p> <p>Ecoinvent renamed the allocation default system model to "allocation, at the point of substitution (APOS)" with the release of the 3.2 database. In SimaPro, the name of the system model remains "allocation, default".</p> <p>The system model 'allocation, default' contains two methodological choices: 1) it uses the average supply of products, as described in market activity datasets and 2) it uses partitioning (allocation) to convert multi-product datasets to single-product datasets. The flows are allocated relative to their 'true value', which is the economic revenue corrected for some market imperfections and fluctuations. The system model allocation, default uses the same attributional approach as the ecoinvent v2 database.</p> <p>The possibility of using consequential allocation gives practitioners an alternative to the attributional approach. Both the attributional (default) and consequential databases are available in SimaPro using unit and system processes. Unit processes contain links to other unit processes, from which the inventory flows can be calculated by SimaPro. System processes contain the already calculated inventory flows and do not contain links to other processes. If you use processes from the ecoinvent database as background processes, it is recommended to choose system processes to increase calculation speed. The unit processes can be used for detailed interpretation and uncertainty analysis using Monte Carlo (except for the consequential unit library). Due to their looped structure analysis of unit processes may take some time, depending on the speed of your computer. Both unit and system processes give the same result, although occasionally there is a minor difference due to rounding errors. Please note that it is possible to switch between unit and system libraries when defining a calculation setup.</p> <p>Conversion of the original ecoinvent 3.3 database in EcoSpold 2 format to SimaPro format was done by PRÉ Consultants. Note that due to differences in the two formats not all information originally in the ecoinvent data is now available in the SimaPro records. To see the complete datasets as delivered by ecoinvent, please login as a registered user on the ecoinvent website, <a href="http://www.ecoinvent.org">www.ecoinvent.org</a>.</p> <p>Original process and substance names were maintained as much as possible. Process names are extended with an S or U to distinguish between results (S) and true inventory records (U). Most of the meta data of the processes are included. All processes are assigned to a particular category and one or more subcategories within SimaPro. Please note that PRÉ Consultants uses a different (sub-)category structure than ecoinvent to make the data compatible with the SimaPro database structure and the category names already used in SimaPro.</p> <p>Please note that this data is used under your license from the ecoinvent Centre. You are not allowed to disseminate the data or documentation in any way, in full or partially, without written permission of the owner. See the terms of use on <a href="http://www.ecoinvent.org">www.ecoinvent.org</a> for details.</p>	

## Bilaga 9. Information om CML-IA baseline metoden ur SimaPro 8.4.

LCA Utkorsare

**Metoder**

- European
- North American
- Ovriga
- Single issue
- Superseded
- Water footprint

**Guiden**

Guiden

**Mål och omfattning**

Beskrivning

Bibliotek

**Inventarier**

Processer

Produktfaser

Avfallstyper

Parametrar

**Konsekvensbedömning**

**Metoder**

Beräkningsinställningar

**Tolkning**

Tolkning

Dokumentlänkar

**Allmän data**

Litteratur-referenser

Ämnen

Enheter

Mängder

Bilder

Namn  
CML-IA baseline

Version  
3.04

Project  
Methods

Normalizatiom/Weighting.se

EU25

the Netherlands, 1997

West Europe, 1995

World 2000

World, 1990

World, 1995

CML-IA is a LCA methodology developed by the Center of Environmental Science (CML) of Leiden University in The Netherlands.  
More information on: <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>

This method is an update of the CML 2 baseline 2000 and released by CML in April 2013 (version 4.2). The CML 2 baseline 2000 version can be found in the 'superseded' list. For most impact categories, substances have been added and removed and/or characterisation factors were updated, according to new scientific insight. Only the impact category Photochemical oxidation did not undergo any changes.

The CML-IA (baseline) method elaborates the problem-oriented (midpoint) approach. The CML Guide provides a list of impact assessment categories grouped into:

A. Obligatory impact categories (Category indicators used in most LCAs)  
B. Additional impact categories (Operational indicators exist, but are not often included in LCA studies)  
C. Other impact categories (no operational indicators available, therefore impossible to include quantitatively in LCA)

In case several methods are available for obligatory impact categories a baseline indicator is selected, based on the principle of best available practice. These baseline indicators are category indicators at "mid-point level" (problem oriented approach). Baseline indicators are recommended for inclusion of other methods and impact category indicators in case of detailed studies and extended studies.

Only baseline indicators are available in the CML method in SimaPro (based on CML Excel spreadsheet with characterisation and normalisation factors). In general, these indicators do not deviate from the ones in the spreadsheet. In case the spreadsheet contained synonyms of substance names already available in the substance list of the SimaPro database, the existing names are used. A distinction is made for emissions to agricultural soil and industrial soil. Emissions to agricultural soil are made clear by placing "agricultural" in the column "subcompartment" while emissions to industrial soil are blank. Emissions to seawater are indicated with "ocean", while emissions to fresh water are blank (we assume that all emissions to water in existing process records are emissions to fresh water).

Depletion of abiotic resources  
Two impact categories: Abiotic depletion (elements, ultimate reserves) and abiotic depletion (fossil fuels)  
Abiotic depletion (elements, ultimate reserves) is related to extraction of minerals due to inputs in the system. The Abiotic Depletion Factor (ADF) is determined for each extraction of minerals (kg antimony equivalents/kg extraction) based on concentration reserves and rate of deaccumulation. Abiotic depletion of fossil fuels is related to the Lower Heating Value (LHV) expressed in MJ per kg of m3 fossil fuel. The reason for taking the LHV is that fossil fuels are considered to be fully substitutable.

Global warming  
The characterisation model as developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is selected for development of characterisation factors. Factors are expressed as Global Warming Potential for time horizon 100 years (GWP100), in kg carbon dioxide equivalent/kg emission.

1 post valda

Författad: CML-IA baseline V3.04 / EU25

75 poster

Ny

Se

Kopiera

Används av

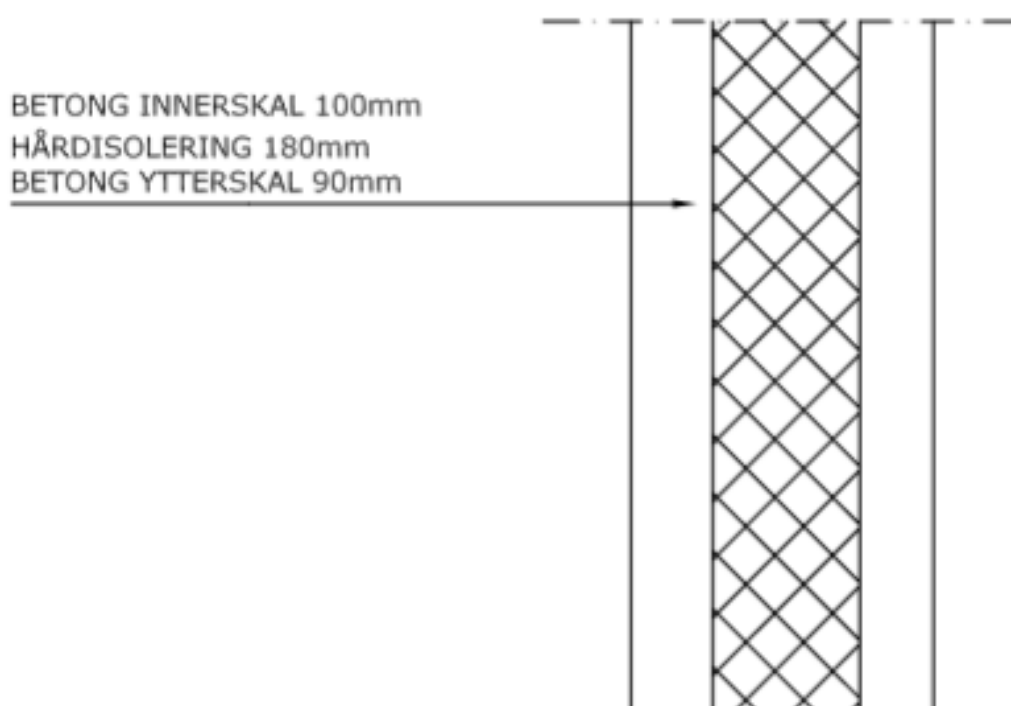
Kontrollera

Ställ in som standard

## Bilaga 10.

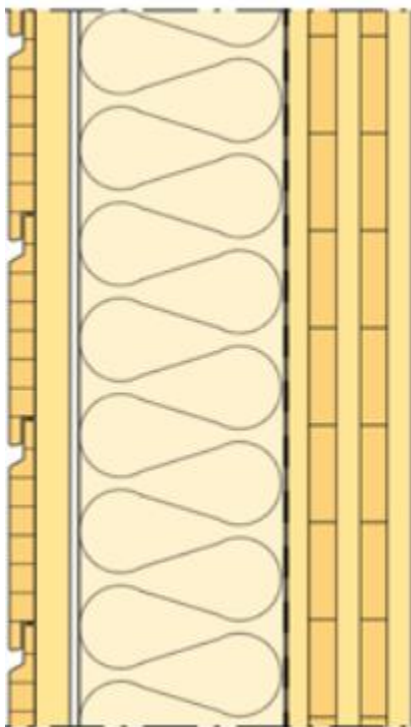
Yttervägg i betong är uppbyggd på följande sätt.

- Betong ytterskal, 90mm
- Hårdisolering, 180mm
- Betong innerskal, 100mm
- Bitumen som lim på betongskalens insida, totalt 0,6 kg / m<sup>2</sup>
- Infästningar mellan skalen, totalt 0,2 kg
- Armering i betong B500B, 3 nät, 15,8 kg



Bilaga 11. Uppbyggnad av den undersökta CLT-väggen. De olika materialskikten som ingår är:

- Träpanel, 22mm
- Vindskyddsskiva, 40mm
- Träreglar och stomme 0,011 m<sup>3</sup>
- Isolering, 7,5 kg
- Ångbroms, 1 m<sup>2</sup>
- CLT, 0,1 m<sup>3</sup>
- Ytbehandling, 0,1 kg (uppskattad)



## Bilaga 12.

Yttervägg av lättregel innehåller följande material.

- Panel, 0,022 m<sup>3</sup>
- Vindskyddsskiva, 0,012 m<sup>3</sup>
- Ångbroms, 0,18 kg
- Isolering, 6.26 kg
- Reglar, 0,01 m<sup>3</sup>
- Skålning, 0,001 m<sup>3</sup>
- Gipsskiva, 10 kg

