

**A sustainable construction for low energy buildings  
Demonstrated in an Attefallshouse**

Examensarbete vid Chalmers Arkitektur  
MSc Design for Sustainable Development  
Presentationsdatum : 2015-05-20  
Av Viktor Isaksson



**CHALMERS**





**CHALMERS**

**En hållbar konstruktion för lågenergibyggnader  
Demonstrerat i ett Attefallshus**

© Viktor Isaksson, 2015. Kontakt: vi@viktorisaksson.com

Examensarbete  
Master programme Design for Sustainable Development, MPDSD  
Chalmers tekniska högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Sweden  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Examinator : Krystyna Pietrzyk  
Handledare : Inga Malmqvist

Omslagsbild:  
Vy över det färdiga förslaget för ett hållbart Attefallshus.

Foto och illustrationer om inget annat anges:  
Viktor Isaksson, Göteborg / Sverige, 2015

## SAMMANDRAG

Sveriges byggindustri släpper årligen ut mer och mer koldioxidekvivalenter och står för 40% av allt vårt farliga avfall. Detta främst på grund av nyttjandet av särskilda material som är dels negativa för miljön att framställa, men även svåra att handskas med efter det att projektets bäst före-datum löpt ut. Med inspiration från dessa problem så blev syftet med denna tes att gå emot denna trend genom att skapa en miljövänlig beräkningsmetod som användes vid utvecklingen av tak-, vägg-, och bottenplatta i ett attefallshus av trä. Verktöget ger ett nytt och mätbart förhållningssätt till hållbarhet som kan inspirera framtida projektörer vid utvecklingen av deras projekt.

Evolutionen av konstruktionen har skett genom att låta en rad modellkombinationer tävla mot varandra i en massanalys, användandes *livscykelanalys*, även kallat *LCA*, som bedömningsgrund. Detta manifesterar sig i att samtliga 48 modellkombinationer i massanalysen kritiskt granskades utifrån 4 grundvärden som på olika sätt ser till projektets egenskaper från vagg till vagg:

### Före tillkomsten av projektet att:

- Uppnå en god kolkvot genom rätt val av material.
- Att i största möjliga mån bestå av förnyelsebara material.

### Under projektets brukstid:

- Att åstadkomma ett optimerat genomsnittligt U-värde för att spara energi i form av minskat behov för uppvärmning respektive nedkyllning.

### Efter projektets brukstid:

- Att vara så materialåtervinningsbart som möjligt.

För att utröna kolkvoten så uppfann jag en ny beräkningsmetod som estimerar hur mycket kol som genomsnittligen släppts ut i form av koldioxidekvivalenter vid produktion av mängden nyttjat material, och sedan jämför detta värde med mängden kol som är bundet i materialen. Beräkningsmetoden ser även till den viktiga frågan huruvida den inbundna kolet är av förnyelsebart ursprung eller inte. Behovet av beräkningsmetoden för kolkvoten kom då ledande miljöcertifieringssystem ej hade något verktyg för att estimerar hur stor nettotillförseln av koldioxid som materialproduktionen i ett projekt innebär.

I dagsläget materialåtervinnns för lite av allt byggmaterial enligt EU's miljöråd. Detta projektet kommer även med 2 återvinningsstrategier för att bättre göra det återvinningsbart på ett sätt som bättre passar de boendes förutsättningar.

Nyckelord: CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-balans, hållbarhet, trä, kolförråd, carbon sequestration, CFC (carbon for carbon), LCA, kol-kvot, kolbalans, CO<sub>2</sub>e-balans.

## ABSTRACT

The construction industry of Sweden today annually emits an ever increasing amount of carbon dioxide equivalents whilst being responsible for 40% of all of our hazardous waste. This is primarily due to the use of certain materials which have a negative impact on the environment during production, and are difficult to fully recycle post the project's *expiration date*. With inspiration from these problems, the purpose of this thesis is to go against this trend by creating an environmentally friendly calculation method which was used in the development of the construction in a timber attefallshouse. The calculation method brought a new and measurable approach to sustainability which is hoped to inspire future architects and project coordinators in the development of their projects.

The evolution of the construction in this building happened by letting a multitude of model combinations compete against one another in a mass analysis using *life cycle analysis* or *LCA* as a basis for judgement. This is shown in the mass analysis where all of the 48 possible model combinations were critically examined according to how well they performed in relation to 4 core values. These values relates the project to LCA in different ways.

### Before the advent of the project:

- To reach as good "carbon quotient" as possible through the right choice of materials.
- To the maximum extent possible consist of renewable materials.

### During the lifetime of the project:

- To achieve the lowest mean U-value possible in order to decrease the need for heating and cooling throughout its lifetime.

### After the lifetime of the project:

- To be as material recyclable as possible.

In order to calculate the carbon quotient I had to invent a new calculation method. This method estimates the amount of carbon dioxide equivalents that were released during production of the used materials in the project, and then compares this released amount with the amount of carbon that is chemically bound within the materials themselves. This method also takes into account the very important question if the origin of the bound carbon is of a renewable nature or not.

The need for this calculation method came as a response to the fact that leading environmental certification systems do not provide such a tool which estimates the net release of carbon dioxide during the production of the materials in a project.

As of today too little of all of the building waste is being material recycled according to EUs council of environmental issues. This project comes equipped with the suggestion of 2 recycling strategies to better suit the needs of the future individuals inhabiting this project.

Keywords: CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-balance, sustainability, timber, carbon sink, carbon sequestration, CFC (carbon for carbon), LCA, carbon quotient, CO<sub>2</sub>e-balance.



## EXTENDED ENGLISH SUMMARY

This thesis is about the development of an environmentally friendly attefallshouse. This construction is used in the design of a permanent dwelling attefallhouse, which has been developed using an LCA approach. The evolution of the project has been nourished by constantly evaluating its performance in relation to 4 key values. These values are:

### Before the advent of the project:

- To reach the best possible “*carbon quotient*” through the right choice of materials. This is possible by capturing more carbon within the materials than were released during the manufacturing of the materials in the entire project.
- To the maximum extent possible consist of renewable materials.

### During the lifetime of the project:

- To through the best construction solution achieved reach the lowest mean U-value possible in order to decrease the need for heating and cooling throughout its lifetime.

### After the lifetime of the project:

- To be as materially recyclable as possible.

An inspiring problem has been the backwards development of the building industry today,

which at an ever accelerating speed is increasing its CO<sub>2</sub> pollution by every new year. Mainly because of the use of cement. Aluminum and steel are considerable environmental villains as well, if you consider the initial release of CO<sub>2</sub> directly caused by the production of these materials.

As for the main delimitations of the project. When it comes to the greenhouse gases, this project only puts its focus on the amount of released CO<sub>2</sub> and materially captured carbon. This is because the effect of every other greenhouse gas can be translated into the effect of CO<sub>2</sub> via the established science of comparing so called “CO<sub>2</sub>-equivalents” or “CO<sub>2</sub>e”.

I will not however take finances or embodied energy into detailed account. These topics were simply too big to combine with mine in one thesis. Therefore I see it as great opportunities for future thesis students to carry on from where I left off by merging these disciplines with my method of estimating a sustainable carbon quotient.

The explorative nature of the architecture in this project has been narrowed down

in order to invest more time and energy in the research of developing an attefallshouse which performs according to the previously mentioned 4 values and the building sciences such as ventilation-, light-, and energy studies.

Today, when it comes to the expression carbon neutral, the industry has two definitions.

Firstly, “*Carbon neutral*” is mostly used to describe how well the building performs in terms of energy saving through its lifetime.

Secondly, it’s as in the forward thinking *Hi’llani Eco Eco House* where they calculated how much CO<sub>2</sub>-equivalents that were released during the production of the concrete used, and then to create a plot of forest solely dedicated to over time absorb the released amounts of CO<sub>2</sub> in the atmosphere. Just like how the aviation industry pays for emission rights which goes to plant new forests that will absorb the CO<sub>2</sub> released by the airplanes during operation.

The creators talk about it as if it is something they can balance over time. Similarly this project focus on the balance of carbon. But instead, it does so immediately by accounting for the carbon expenditure, and carbon capture prior to production. Not after. It is possible by evaluating the released amounts of CO<sub>2</sub>, just like Hi’llani, and then comparing this value with the amount of carbon that is chemically bound within the materials that have been used in the project.

This is what I would like to call the carbon quotient. The immediate balance estimation between the released and captured carbon. This method also takes in to account the very important question if the origin of the bound carbon is of a renewable nature or not.

The need for this calculation method came as a response to the fact that leading environmental certification systems do not provide such a tool which estimates the net impact of carbon dioxide during the production of the materials in a project.

How I went about creating this method was to arrange a very simple mathematical



chain of questions which all are absolutely necessary to answer in order to reach this so called “carbon quotient” value.

To test if this method could ever result in anything useful on a project scale with many different materials in larger quantities, a case study model was made containing all of the materials I considered necessary in the construction of my environmentally friendly attfallshouse.

The result was that just by building this case study model, you effectively remove 443 kiloes of CO2 from the atmosphere, even after taking the manufacturing related emissions into account. The case-study model was a success in the sense that it was carbon neutral by my own definition i.e.

*“To capture more carbon within the materials than the production of these has released”*

The architecture and materiality of the case study slice, and later on the entire project was inspired by both old and modern scandinavian wooden architecture. Especially so the traditional fishing cabins along the west coasts of Scandinavia.

For the actual architectural design of the project; I worked myself from the outside in. Chiseling out the voumetrics from a number of limitations such as the maximum footprint and height regulations in the Swedish Planning and Building Act (PBL), availability regulations from the National Board of Housing (Boverket), and also the maximum width that you are allowed to transport on the roads without having to seek a special permit from The Swedish Transport Administration. All in all different regulations which together serve as a strategy in making the house live longer though extended use.

A first complete sketch model was made in detail. It was then critically evaluated according to the 4 core values. The model was slightly lacking in the mean U-value. This was a good chance to improve its performance according to the other three core values as well. This was done in a mass analysis where 48 different model combinations between 12 different iterations of models representing the roof/wall structure was combined with 4 different types of floorslabs.

The result was two different model combinations that were performing exceptionally well compared to the rest in the test. What differed between these two winners were the floor slabs. In order to distinguish a clear dominator these two floor slabs were analyzed through a series of cold bridge simulations. The final winning model combination was then critically inspected. The now thicker walls resulted in less functional floor area, which increased the already high need for more interior wall space to use for storage, decoration and furniture layout.

Through a light study it was shown that it was possible to decrease the total glazed area, resulting in more indoor wall space whilst maintaining an attractive daylight factor. This resulted in a positive revamp in all of the 4 values of the project while increasing the possibility of vertical storage and overall furniture layout options indoors.

The model was further improved. One of the main conclusions from the mass study was that more wood is good for

the overall recyclability of the project, while also mitigating the effects of CO2 released by the other necessary building components such as metals, windows, doors and bitumen. Therefore simple ameliorations were made by re-constructing the loft to contain more solid wood and by adding a terrace on the outside.

Recycling. Inevitably, the lifespan of every project must one day come to an end. In order to stave off the offset of carbon back to the atmosphere from the building components, a material cycle is proposed.

This material cycle suggest that the constituents of this project are always reused in a new project before considering the final options of composting, material-, and/or energy recycling. Depending on if the project is planned to live on in another project, to be dug down or burnt up for energy, two different disassembly strategies are proposed at a glance.



“We’re running the most dangerous experiment in history right now, which is to see how much carbon dioxide the atmosphere can handle... before there is an environmental catastrophe.”

Elon Musk



## INDEX

	<b>SIDA</b>
<b>1. INLEDNING</b>	
1.1 Förord	
1.1.1 - Vad är detta för arbete?	<b>1</b>
1.2 Läsinstruktioner	
1.2.1 - Ordlista	<b>1</b>
1.3 Metod	
1.3.1 - Hur har arbetet vuxit fram?	<b>1</b>
1.4 Om mig	
1.4.1 - Vem är jag i detta projekt?	<b>2</b>
1.5 Schematisk överblick över arbetet	
1.5.1 - Hur står det i relation till LCA?	<b>4</b>
1.6 Hållbarhet	
1.6.1 - Hur definierar jag det i detta projekt?	<b>6</b>
1.7 Avgränsningar för detta arbete	
1.7.1 Vad har inte undersökts och varför?	<b>7</b>
1.8 Inspirerande problem	
1.8.1 - Åt vilket håll utvecklas byggindustrins CO2e-utsläpp idag?	<b>8</b>
1.8.2 - En kritik mot betong och stål	<b>10</b>
1.9 Materialval	
1.9.1 - Vanliga miljöbovar?	<b>12</b>
1.9.2 - Varför är trä ett bra val?	<b>14</b>
1.10 Mål med detta arbete	
1.10.1 - En kritik mot hur begreppet "Carbon Neutral" används idag	<b>16</b>
1.10.2 - Vill tillföra en tredje definition av "Carbon Neutral" till diskursen om hållbarhet	<b>18</b>
1.10.3 - Problemformulering	<b>20</b>
1.10.4 - Huvudsaklig frågeställning	<b>20</b>
1.11 Hur beräknades kolkvoten?	
1.11.1 - Vilka material släpper ut mest CO2e vid produktion?	<b>20</b>
1.11.2 - Kolkvoten och LCA som ett nytt sätt att förhålla sig till design?	<b>22</b>
1.11.3 - Fallstudie och test av beräkningsmodell	<b>24</b>
<b>2. UTFORMNING</b>	
2.1 Inspirerande arkitektur	
2.1.1 - Vad har nyanserat projektets karaktär?	<b>28</b>
2.2 Utveckling av första kompletta skissen	
2.2.1 - Utgångskriterier?	<b>37</b>
2.2.2 - Framtagen planlösning	<b>39</b>
2.2.3 - Snabba skisselevationer 1:100	<b>41</b>
2.3 Utveckling miljövänliga konstruktioner	
2.3.1.1 - Vägg och taktyper	<b>43</b>
2.3.1.2 - Detaljer för V/T 1:20	<b>45</b>
2.3.2.1 - Bottenplattetyper	<b>47</b>
2.3.2.2 - Detaljer för B 1:20	<b>48</b>

2.4	Massanalys av konstruktioner	
2.4.1	- Modellkombinationer	49
2.4.2	- Resultat Kolkvoter för 48 modellkombinationer	51
2.4.3	- Resultat förnyelsebarhet för 48 modellkombinationer	53
2.4.4	- Resultat U-Värden för 48 modellkombinationer	55
2.4.5	- Resultat materialåtervinningsbarhet för 48 modellkombinationer	57
2.4.6	- Sammanställning av resultat för alla de 4 värdena	59
2.4.7	- Diskussion av resultat	61
2.4.8	- Köldbryggeanalys	63
2.4.9	- Kritik mot vinnande modellkombination	65
2.5	Ljusstudier	
2.5.1	- Reduktion av fönstermängd	67
2.5.2	- Hur påverkar orienteringen av huset det årliga behovet av uppvärmning respektive nedkyllning?	69
2.6	Ventilation	
2.6.1	- Naturligt självdrag och uppvärmning	71
2.7	Ytterligare förbättringar av miljöprestation	
2.7.1	- Utveckling av konstruktion för loft	73
2.7.2	- Tillägg av altan	74
2.8	Slutgiltig modell	
2.8.1	- Presentation av slutgiltig modell	75
2.8.2	- Vyer	77
2.8.3	- Utförliga elevationer 1:100	81
2.8.4	- Byggelementens bidrag till den totala kolkvoten	83
2.8.5	- Summering av konstruktionsutvecklingen	85

### **3. ÅTERVINNING**

3.1	Återvinning	
3.1.1	- Hur återvinns projektet på bästa sätt?	87
3.1.2	- Träets materialcykel	89
3.1.3	- Den noggranna metoden	90
3.1.4	- Den snabba metoden	92

### **4. AVSLUTNING**

4.1	Diskussion	
4.1.1	- Reflektioner i relation till de huvudsakliga frågeställningarna	94
4.2	Referenser	
4.2.1	- Litterära	97
4.2.2	- Digitala bildreferenser	102

### **5. BILAGOR**

Bilaga	A - Uträkningar	
Bilaga	B - Köldbryggeanalyser	

# 1

## **1. INLEDNING**

*Detta är den första av 4 delar i arbetet. Denna teoridel kommer att utgöra grunden för nästföljande huvudkapitel, utformning. Inledningen ämnar besvara huvudfrågorna :*

- Hur definieras hållbarhet i detta arbete?*
- Hur står detta arbetet i relation till LCA?*
- Vad har inte undersökts och varför?*
- Varför gjordes detta arbete?*
- Vad är syftet/målet med detta arbete?*
- På vilket sätt vill jag bidra till diskursen om hållbarhet?*

*För att svara på ovanstående så uppfanns en simpel beräkningsmetod som tar kol i beaktning på ett nytt sätt.*



## 1. 1. FÖRORD

### -Vad är detta för sorts arbete?

Detta examensarbete är genomfört på institutionen för arkitektur på Chalmers tekniska högskola av Viktor Isaksson. Projektet omfattar 30hp och är den avslutande delen i arkitektutbildningen på 300hp inom Masterprogrammet MPDSD (Master Programme Design for Sustainable Development) på 120hp.

Ett stort tack går ut till :

Min handledare Inga Malmqvist samt examinator Krystyna Pietrzyk för utvecklande ledsagning och stöd.

Jonas Fäldt och Stefan Andersson från handkraft Timmerhus, samt arkitekturhistoriker Katrin Holmqvist Sten för att ha delat sin expertis om gamla byggmetoder och literära referenser.

Professor Geoff Hammond för att han hjälpte mig förstå hans arbete om koldioxidutsläpp så att det kunde användas i min forskning.

Petter Isaksson, storebror och arbetsledare på NCC, för sitt ideliga kontrollgranskande och kritiserande av projektets konstruktioner.

Övriga familjemedlemmar och vänner som stått ut med mig under denna termins hårda arbete.

## 1. 2. LÄSINSTRUKTIONER

### -Ordlista

För att minska den skrivna mängden text i detta arbete så har en rad begrepp beskrivits i förkortad form. För att bättre förstå arbetet så bör man ha ett känn om vad följande står för:

<b>LCA</b>	= Life Cycle Analysis
<b>CO2e</b>	= Koldioxidekvivalenter
<b>CC</b>	= centrum centrum
<b>CFD</b>	= Computational Fluid Dynamics
<b>YM</b>	= Yttermått
<b>YV</b>	= Yttervägg
<b>IV</b>	= Innervägg
<b>YK</b>	= Ytterkant
<b>V/T</b>	= Vägg/Taktyp
<b>B</b>	= Bottenplatta
<b>BYA</b>	= Byggarea
<b>BOA</b>	= Boarea
<b>FG</b>	= Färdig Golvhöjd
<b>LVP</b>	= Luftvärmepump
<b>FTX</b>	= Frånluftsvärmepump
<b>S.V.</b>	= Svartvit
<b>KLK</b>	= Klädkammare
<b>PBL</b>	= Plan- och bygglagen
<b>Attefallshus</b>	= 25m <sup>2</sup> Komplementsbyggnad på tomt med redan existerande primärbostad.

## 1. 3. METOD

### -Hur har arbetet vuxit fram?

Projektet inleddes med en vid vision om att utveckla en miljövänlig bostad som skulle vara enkel att bygga för den som plockar upp och läser denna tes.

Ur ledarskapskursen med Maja Kovacs så uppkom en starkare vilja om att utforska vad miljövänlighet i relation till småskaligt byggande kan vara, varför byggnadsfokus riktades mot att utveckla ett Attefallshus. En större drivkraft lades nu vid att skapa en tes vars innehåll kunde inspirera andra till att förhålla sig till miljövänlighet på ett metodiskt och sakligt sätt i sina arkitektoniska projekt.

Planlösningen utvecklades under hösten med utgångskriteriet att det skulle uppnå tillgänglighetskraven för permanentbostäder. Då jag läser MPDSD så lockade det mer att ta projektet i riktningen om att strikt forska kring miljövänligt byggande för att bredda min portfölj med ett tekniskt, och mätbart förhållningssätt till hållbarhet.

Jag uppfann en metod för att mäta kolbalansen mellan olika byggmaterial. Ställde senare denna metod i samband med aspekterna för förnyelsebarhet samt materialåtervinningsbarhet.

För att bredda kunskapsbasen i arbetet så har jag genom e-mailkorrespondens, telefonsamtal och personliga intervjuer

konsumerat min broder Petter Isaksson (f.d. arbetsledare på NCC numera grundare av A+Bygg), Abderisak Adham (forskarkandidat på Chalmers avdelning för construction management), Shea Hagy (projektledare på HSB living lab) för att undersöka vad det är som kostar mest i byggnadsprocessen, Jonas Fäldt & Stefan Andersson (grundare Handkraft Timmerhus) samt Katrin Holmqvist Sten (universitetslektor Umeå Unversitet) för att lära mig mer om traditionellt byggande, Jonas Lind (certifieringshandläggare på Swedish Green Building Council) med kollegor för att verifiera att de ledande miljöcertifieringssystemen ej har ett verktyg för att utvärdera ett projekts nettotillfrsel av CO2e vid produktion.

Fram till mittkritiken så växte främst rapportens tekniska undersökningar för att ge en grund som resten av arbetet sedan kunde stå och växa på. Slutresultatet blev en tes som består av 5 delar:

- Inledning - för att skapa en kunskapsbas och riktning med arbetet,
- Utformning - för att kritiskt forska och utveckla,
- Återvinning - för att förlänga respektive återvinna materialen på rätt sätt, samt
- Avslutning för att kritiskt reflektera genom diskussion,
- Bilagor - Olika undersökningar som togs ut ur de första 4 huvuddelarna av arbetet för att inte slösa med sidmängden.

#### 1.4.1. OM MIG

##### -Vem är jag i detta projekt?

Med ett livslångt intresse för framtidens hållbara utveckling och en bakgrund som fältbiolog och hobbykemist så föreföll det sig naturligt att jag som arkitekt ville jobba med framtagandet av nya byggnader sett från ett biologiskt perspektiv.

Något som drivit mig framåt under arkitektutbildningen har varit den ständiga diskussionen om morgondagen. Närvaron till framtiden har funnits med i tankarna kring alla påbörjade projekt. Hur påverkas våra efterföljares situation utifrån det som vi skapar idag?

Under tiden som jag studerade för min kandidatexamen inom hållbar arkitektur på UMA (*Umeå Arkitekt högskola*) så fostrades vi till att fästa avseende vid materialens inverkan inom och utanför byggnadsprocessen. Vad är förnyelsebart och vad är det inte? Varför är det så viktigt för vår framtid?

Har som arkitekt alltid fasinerats av interdisciplinära lösningar där olika kunskaper kommer samman som en. För att sammanfoga bitarna i min passion för hållbar arkitektur så har jag i detta arbete försökt kombinera världarna av ekologi, arkitektur och kemi för att presentera en subjektiv tolkning av vad hållbarhet kan vara.

Till höger ser ni två stycken utdrag ur min portfölj. Båda är bostadsprojekt av trä. Dessa valdes då de egentligen är samma sak, fast i olika skala. Har alltid känt att det saknats ett verktyg för att förstå träets sanna relation till koldioxid. En bedömningsmetod som gör att man lätt kan jämföra många konstruktioner.

Tillskillnad från mina tidigare projekt där hållbarhetsaspekten varit central men icke mätbar, så ville jag denna gång leda projektet framåt med en kvantifierbar syn på hållbarhet.





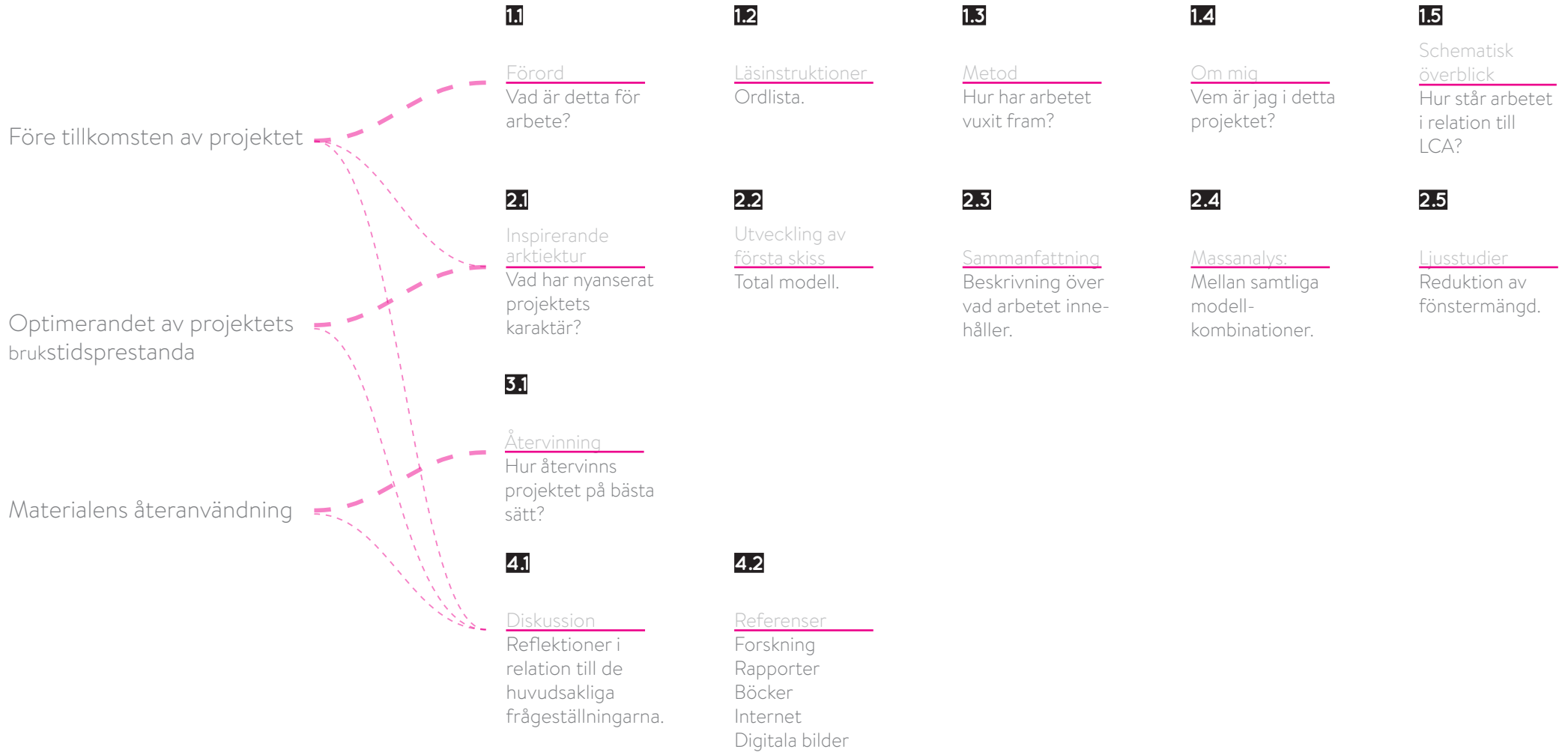
Kandidatexamen : Studentkollektiv med fokus på materiell och social hållbarhet.



Privat projekt : Tillbyggnad med fokus på materiell hållbarhet, inspirerat av gamla västkustska hus.



**1.5.1. SCHEMATISK ÖVERBLICK ÖVER ARBETET**  
**-Hur står kapitlen huvudsakligen i relation till LCA?**



**1.6**

Hållbarhet

Hur definieras det i detta arbete?

**1.7**

Avgränsningar

Vad har inte undersökts och varför?

**1.8**

Inspirerande problem

Byggindustrin och CO2 idag. Kritik mot betong och stål.

**1.9**

Materialval

Vanliga miljöbovar? Varför är trä bra?

**1.10**

Mål med detta arbete

Vad syftar det att besvara för frågor?

**1.11**

Kolkvoten

Hur beräknades den?

**2.6**

Ventilation

Naturligt självdrag och uppvärmning.

**2.7**

Förbättringar

Ytterligare förbättringar av miljöprestation.

**2.8**

Slutgiltig modell

Presentation av vart projektet landar.

**Bilaga - A**

Uträkningar

Huvudsakliga uträkningarna för samtliga kolkvoter, förnyelse-, samt återvinningsbarhet.

**Bilaga - B**

Köldbryggeanalyser

Vilken bottenplatta presterar bäst?

## 1.6.1. DEFINITIONEN AV HÅLLBARHET -Hur definierar jag det i detta projekt?

Den kändaste definitionen av detta begrepp skrevs av Lester Brown till Brundtlandrapporten(1987) som säger att det är:

**”Utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov”**<sup>31</sup>

Att vara hållbar betyder ingenting, sålänge det inte är väldefinierat. Detta i relationen till arkitektur kan tolkas på en myriad olika sätt. Definitionen av hållbarhet skiftar från projekt till projekt. Jag ser det som en mycket viktig sak att finna en tydlig nisch för mitt examensarbete.

### Fyra värden

Detta projektet handlar om att utveckla ett hållbart attefallshus. I detta arbetet har hållbarheten varit definierad utifrån ett LCA-perspektiv där 4 värden som på olika sätt ser till byggmaterialens brukstid, har genomstrukturerat varenda beslut under utvecklingen av konstruktionen.

ATTEFALLSHUS

4 VÄRDEN

LCA

FÖRE TILLKOMSTEN

BRUKSTIDEN

ÅTERVINNINGEN

1. UPPNÅ EN GOD KOLKVOT

2. GÖRA DET FÖRNYELSEBART

3. UPPNÅ LÅGT U-VÄRDE

4. GÖRA DET ÅTERVINNINGSBART

Dessa fyra värdena är att :

1. Uppnå en god kolkvot som absorberar mer kol än vad som släpps ut vid produktion (mer om det i kapitel 1.12.),
2. Att utgöras av i största möjliga mån förnyelsebara material som möjligt.
3. Att uppnå ett så lågt genomsnittligt U-värde som möjligt för att beakta morgondagens energisparkrav. Denna punkt avser strävan att med projektet närma sig lågenergihusstandard för att under sin livslängd möta morgondagens energisparkrav.
4. Att göra projektet maximalt återvinningsbart. Detta synsätt sätter materialen i ett större kretslopp bortom projektets direkta existens.

Material som plast och lim och liknande har tagits med i “kontrollsubjekten” i massanalysen som förekommer senare i kapitel 2 i detta arbete.

I övrigt så har allt giftigt i största möjliga mån valts bort ifrån forskningen. De optimerade prototypernas material har valts då de inte bara presterar under sin produktion eller levnadsstadiet, utan även är lätta att återvinna i största möjliga mån materiellt och/eller ekologiskt.

## 1.7.1. AVGRÄNSNINGAR FÖR DETTA ARBETE -Vad har inte undersökts och varför?

För att få riktning i arbetet och ett ökat djup i utforskade områden så har en rad avgränsningar gjorts för att göra detta möjligt på en termin.

### Ekonomi

Den ekonomiska aspekten har beaktats vid utformningen av mitt projekt, men ej prioriterats i detta arbete. Jag ser detta som en stor chans för framtida studenter att bygga vidare från mitt arbete och anpassa den matematiska modellen till att även ta in ekonomi i hårda siffror. Denna punkt är något som kan vara intressant för framtida forskare som vill göra min forskning mer åtråvärd för kommersiella aktörer som söker en miljöprofilering utan att tappa bort relationen till projektbudget.

### Arkitektur

Byggnadsetetiken spikades relativt tidigt då större delen av forskningen i detta arbete gjordes kring utvecklingen av en hållbar konstruktion i relation till ett i övrigt sett hållbart attefallshus. Arkitekturen är avgränsad till att hylla vikten av träets förekomst i detta projekt. Inspirerande exempel som låter trä utgöra stomme samt täcka hela byggnadsskalet har

nyttjats som ledljus för att demonstrera ett enkelt, traditionellt skandinaviskt formspråk. Vad som senare förändrades inom konstruktionen resulterade i mindre förändringar utifrån sett, medan de verkligt stora förändringarna skedde under ytan av fasaderna.

### Växthusgaser

Vad gäller växthusgaser så är mitt ställningstagande att fokusera enbart på mängden koldioxidekvivalenter som går in i / och släpps ut under byggnadsprocessen, som i nästa steg kan översättas till rent kol där de kan jämföras med materialens inbundna mängd kol.

Efter att mängden rent kol har framtagits så kan en "kol-kvot" sättas upp för att tillgodoräkna sig kolinnehållet i specifika byggmaterial. Varför koldioxid är mer intressant än alla andra växthusgaser är för att det fungerar som ett sorts origo vars effekt andra växthusgaser kan jämföras med och kan översättas till, då i ordalaget "koldioxidekvivalenter" och "CO<sub>2</sub>e".

### Embodied energy

Kommer inte fokusera på begreppet embodied energy då det är lika stort som begreppet "Embodied Carbon" som jag valt att gå vidare med i detta projekt. Det är intressant, men ett annat forskningsområde.

### Undersökta byggkomponenter

Forskningen kring att få fram en träkonstruktion med god kolkvot har bara beaktat konstruktionen för väggar, tak och bottenplattor, inkluderandes avlopp och fönstersättning. Inte miljökostnaden för installation av badrum, elcentral och vidare elektrisk utrustning.

### Utgångsort

I beräkningsmodellen som jag beskriver i kapitel 1.11 om kolkvoten så baseras ett delmoment på Professor Geoff Hammonds data för genomsnittliga transportkostnader av byggmaterial inom/till Storbritannien. Då Storbritannien inte har någon större egenproduktion av materialen i fråga så

kommer de att få ett sämre CO<sub>2</sub>e-värde, och därmed mindre positiv kolkvot än vi får här i Sverige med vår starka inhemska produktion av de huvusakliga materialen i detta projekt såsom stål och trä.

Kolkvoten blir i verkligheten bättre i Sverige och mitt projekt än vad som framställs utifrån beräkningarna. För utökad relevans för den Svenska kontexten så återstår det att vi får en Svensk motsvarighet till Geoff Hammonds index. För att detta skall ske så behöver fler Svenska företag utföra en granskning för sin produkts CO<sub>2</sub>e-utsläpp i en så kallad "EPD" eller "Environmental Product Declaration" vilket fortfarande är tämligen okänt här.

### 1.8.1. INSPIRERANDE PROBLEM

#### - Åt vilket håll utvecklas byggbranschens CO<sub>2</sub>e-utsläpp idag?

Dagens byggindustri drivs främst av monetära prioriteringar. Miljön slaktas utan direkt förståelse för konsekvenserna av olika konstruktioners krävda materialval.

De regerande byggmaterialen är glas, stål, betong, gips, aluminium, PVC och glasfiberullsbaserade lösningar i medelstora till stora byggprojekt, medan den småskaliga marknaden regeras av trä, glasfiber, ofta giftiga färger, PVC, plastdukar, bandförtäckt plåt, takpapp och betongpannor.

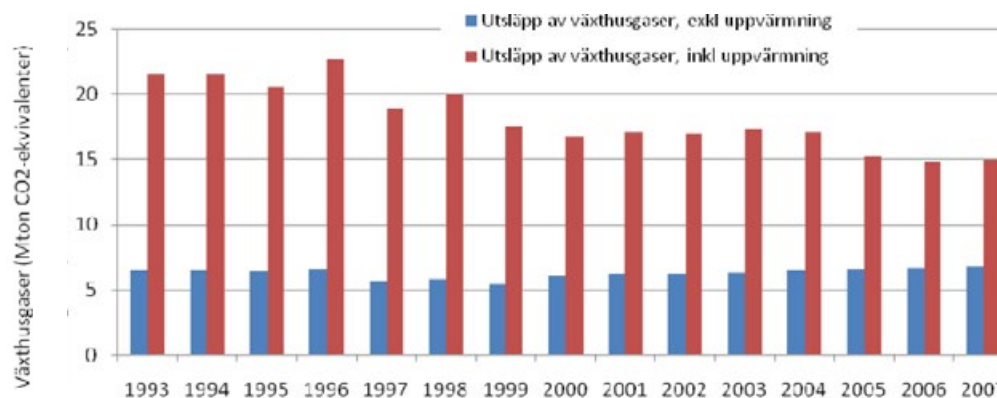
Enligt Susanna Toller, Anders Wadeskog, Göran Finnveden och Sofia Miliutenko i deras rapport "Miljöindikatorer för bygg- och fastighetssektorn 1993 - 2007" så fastslog de att nybyggnationen årligen påverkar miljön mer ur ett CO<sub>2</sub>e-perspektiv än vad uppvärmningen av hela Sveriges existerande husbestånd gör<sup>1</sup>. Med morgondagens energi-, och miljökrav så borde vi redan nu starkt prioritera lägre CO<sub>2</sub>e-utsläpp under våra byggnaders produktions och levnadsstadier. Som demonstrerat i grafen ovan så frisätts växthusgaserna (mätt som CO<sub>2</sub>e) i en allt ökande grad (blå pelare).

Tack vare människans utsläpp så är mängden atmosfäriskt CO<sub>2</sub>e det högsta sedan 66 miljoner år tillbaka<sup>49</sup>. Detta är ett hemskt, men i viss mån behandlingsbart faktum.

De två största anledningarna för varför byggindustrin gör ett sådant stort avtryck i Sveriges utsläppsprofil beror på:

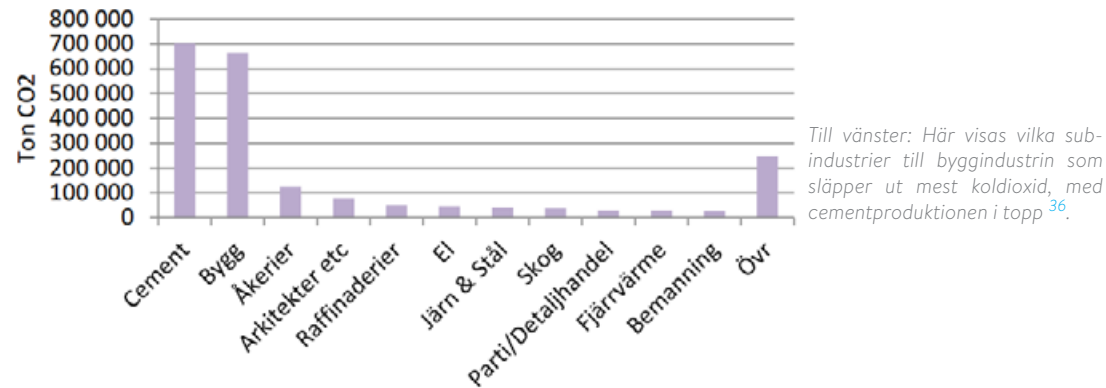
1. Produktionen av cement
2. Användandet av fossila bränslen över hela byggbranschen. Samtidigt som byggindustrins utsläpp ökar så minskar även

utsläppen som är relaterade till uppvärmningen av Sveriges alla byggnader (röda pelare). I en annan studie av Susanna Toller, Anders Wadeskog, Göran Finnveden, Tove Malmqvist och Annica Carlsson vid namn "Bygg och fastighetsbranschens miljöpåverkan" så framkom det att den svenska byggindustrin stod för 16% av alla CO<sub>2</sub>e utsläpp idag, medan uppvärmningen av alla Svenska hus stod för 4%<sup>2</sup>. När det kommer till energikonsumtionen så ser det annorlunda ut. Byggsektorn konsumerar "bara" 10% av energin, medan uppvärmning och drift av Sveriges byggnader står för 18%<sup>4</sup>.



Ovan visas utvecklingen av växthusgasutsläppen<sup>1</sup>.





Varför byggsektorn kan släppa ut mer men ändå konsumera mindre energi har att göra med att energityperna som går till att värma upp hushållen i högre grad kommer från förnyelsebara och/eller rena källor såsom bergvärme, vind och vattenkraft. Det lär minst dröja till 2030 innan vi helt drivs av förnyelsebar energi, enligt Naturskyddsföreningen<sup>33</sup>.

När det kommer till produktionen av de olika byggmaterialen så kan man här se samma variation på produktnivå som energikonsumtionen kan variera

byggnader emellan. Den mängd energi som det kostar att ta fram materialen i fråga är därmed ett icke definitivt kriterium för huruvida det skulle vara ett bra eller dåligt val för miljön att nyttja dessa. Vad som är snäppet hårdare mätbara fakta är då istället de genomsnittliga CO2e-utsläppen som de medfört. Detta är oftast direkt parallellt med energiförbrukningen, men inte alltid.

Energifrågan är ett viktigt fokus, men bör ej vara högsta styrande prioriteringen under valet av material i ett byggnadsprojekt. Det är ett annat forskningsområde. Vad som i

detta projekt känns mer intressant i relation till LCA är fyra värden som omfattar projektets tid innan montering, till dess levnadstid, till dess återvinning. I detta arbete har det inburit att värdera:

- CO2e-utsläppen vid produktion, i relation till inbundet kol. Kolkvoten. Mer om det i kap 1.11.
- Förnyelsebarheten per nyttjad viktenhet material.
- Bruktidsprestationen ur energisynpunkt genom ett lågt genomsnittligt U-värde.
- Återvinningsbarheten hos samtliga av de nyttjade materialen.

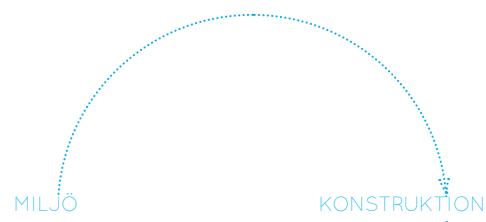
## 1.8.2. INSPIRERANDE PROBLEM - En kritik mot betong och stål

En av anledningarna för varför betong används så flitigt idag är dess konkurrenskraftiga ekonomiska prisbild.

I examensarbetet “Kostnadsjämförelse av stål-, trä- och betongstomme” av John Södergren<sup>11</sup>, så visades det att priset för stålstommar var dyrast, medan betong och trästommar var ungefär lika billiga per behövd volymenhet. Betongstommarna förekommer över hela storleksspektrat av projekt. Detta har bland annat att göra med att betongstommar bidrar till en billigare brandförsäkringspremie under husets brukstid.

Varför detta är absurt är för att försäkringsbolagen inte tar miljökostnaden vid återvinning, eller dess återvinningsbarhet i beaktning. När husets brukstid är över och det är dags att riva eventuell stomme av betong, stål eller trä så visar det sig att betongstommarna är dyrast att handskas med<sup>11</sup>. Trä kan återbrukas, grävas ned, konverteras till OSB, pappersmassa, MDF, spånskivor eller gå till energiåtervinning. Metaller kan resursåtervinnas utan att “down-

cycas” medan betong kostar mest att återanvända. För att betongkonstruktioner skall återanvändas så måste den vara fri från lim, golvmattor och järnkonstruktioner med mera<sup>37</sup>. Då betong oftast armeras så sker därmed återanvändning för sällan för att vara hållbart. När det väl återanvänds så blir det som bäst normalt till fylla vid nya vägbyggen, eller som substitut för sand vid nya gjutningar. Det verkliga resultatet blir då att uttjänta betongkonstruktioner istället oftast hamnar på deponi, vilket är en klart linjär materialprocess. Man tar från miljön för att tjäna konstruktionen.



Under mina två praktikperioder på Liljewall Arkitekter(2011) samt Semrén&Månsson (2013) så sades det många gånger att trä

och betong var ungefär lika dyrt vid större skalor på projekten. Vid underhåll av en träfasad respektive en betongfasad så är dock den förstnämnda ungefär dubbelt så dyr (förutsatt att man målar den med vanliga akrylatbaserade färger)<sup>21</sup>.

Går man dock ner i skala till nivån av en enfamiljvilla så är betongens närvaro i projektet en mycket dyr historia. I Linn Forsmans arbete “Trä- eller betongfasad - en jämförelse av kostnader” så jämförs uppförelse och underhåll av en betongvägg gentemot en trävägg utifrån investeringskostnad, initialkostnad, underhållskostnad och försäkringskostnad.

I detta examensarbete kom hon fram till att vid uppförelse så var en betongkonstruktion med betongfasad av vanlig standard ungefär 1000kr dyrare per kvadratmeter vägg än en vanlig träkonstruktion med träfasad enligt standardmodell från Svenskt Trä<sup>21</sup>. Slår man samman kostnaderna för underhåll

samt bygg-, och materialkostnader för både trä och betongväggar, så är en träkonstruktion alltid billigare<sup>21</sup>.

Enligt Petter Isaksson, arbetsledare och ansvarig för inköp av material vid större projekt på NCC, så har betongen den klara nackdelen att man först måste bygga en relativt utförlig trästomme som sedan rivs för att låta avgjutningen stå kvar. Man behöver gå omvägarna för att bygga samt riva så mycket för att få ett resultat menar han. Detta främst vid platsbyggda konstruktioner. Vanligare nuförtiden är att förproducera de flesta betongelementen i fabrik.

En sorts betongkonstruktion som inte kräver samma slöseri med trä, är p303-tekniken, där gigantiska cellplastelement fungerar som gjutformar som sedan får stå kvar och byggas in i konstruktionen, men då nyttjar man just cellplast vilket inte är ett hållbart förnyelsebart alternativ.



#### FÖRDELAR

- + Åldras med värdighet.
- + Är 100% förnyelsebart.
- + Är till 100% återvinningsbart.
- + Har goda isoleregenskaper
- + Är ett hygroskopiskt material.
- + Absorberar mer koldioxid än vad som släpps ut vid produktion (*mer om det i kapitel för kolkvot*).
- + Har goda akustiska egenskaper.
- + Billigare underhåll.
- + Billigare investeringskostnader.
- + Hög tryckttålighet.
- + Skapar hus som andas.

#### NACKDELAR

- Känsligare för exponering av kondens och fuktbildning invärtes i konstruktionerna.
- Kräver mer underhåll.
- Saknar allmän tillit hos investerare för stora projekt. Trots dess goda egenskaper så råder en missuppfattning om att det inte lämpar sig för t.ex. skyskrapor eller broar.



#### FÖRDELAR

- + Är otroligt tidsbeständigt.
- + Kräver inte samma mängd underhåll.
- + Väldigt formbart.
- + Hög tryckttålighet.
- + Fördelaktig försäkringspremie.
- + Etablerat och lätt att räkna med ekonomiskt i projekten.
- + Vackert
- + Lätt att bygga lufttätta konstruktioner med.

#### NACKDELAR

- Produktionen av cement ödelägger landskap samt släpper ut väldigt mycket koldioxid.
- Brukar i vanliga konstruktionslösningar innehålla armering som gör betongen svår att återvinna/återbruka.
- Är inte förnyelsebart.
- Sämre akustiska egenskaper.
- Sämre isoleregenskaper.
- Högre initialkostnad.

## 1.9.1 MATERIALVAL - Vanliga miljöbovar

Riksdagen har satt upp ett miljömål, vid namn "Giftfri Miljö". Giftfri Miljö syftar till att vi som nation skall minska användningen av miljöfarliga material fram till 2020. Målet syftar bland annat till att vi skall sluta bygga in dom i byggnader där dom under lång tid exponeras för både människa och miljö<sup>6</sup>, och/eller därefter är svåra att återvinna på bästa möjliga sätt. Det vill säga att undvika giftiga material som svåra att resursåtervinna istället för att bara energiåtervinna, eller i värsta fall lägga på deponi.

Byggsektorn står för totalt 27% av allt Svenskt avfall, samt 40% av allt farligt avfall<sup>4</sup>, vilket gett upphov till öknamnet den "40-procentiga-sektorn". Cirka 50% av allt byggavfall återvinns<sup>9</sup>. Majoriteten av allt brännbart byggmaterial som återvinns går till energiåtervinning<sup>8</sup>. Enligt nya EU-direktiv så skall siffran för återvinning ökas till 70% när vi möter år 2020<sup>7</sup>, fast då helst i form av materialåtervinning.

För att detta skall lyckas så behöver vi byta ut några av de kändaste miljöbovarna som

cement, plast, jungfru stål, och aluminium mot något annat. Något återvinningsbart, som gärna absorberar mer kol än vad det släpper ut vid framställning. Något koldioxidneutralt som samtidigt är återvinningsbart och förnyelsebart. Trä är det bästa byggmaterialet som uppfyller dessa behov.

Betong framställs genom olika blandningar av cement, sand och mackadam. Framställningen av cement innebär den irreparabla nedbrytningen av platsen där kalkbrottet återfinns. Skadan

omfattar skalor av landskap och efterlämnar enorma kratrar som följd. Cementen är skadlig att handskas med då den fräter på hud och slemhinnor, orsakar allergier samt kan bidra med nickelförgiftning vid direktkontakt.

I diagrammet på nästa sida så ser man hur stor del av byggbranschens nyttjande av hälsofarliga material som faktiskt utgörs av betong. Mer än hälften av allt hälsofarligt avfall inom byggbranschen kommer från betonganvändningen.



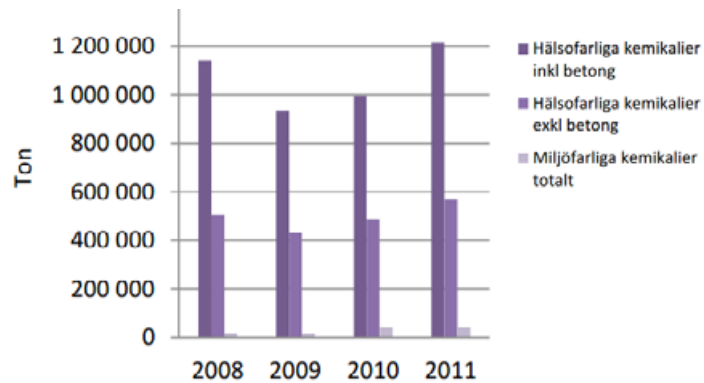
~50%

År 2010:  
Så återvinns  
cirka 50%  
av Sveriges  
byggavfall<sup>9</sup>.



70%

År 2020:  
Så bör vi som ett led  
i en hållbar strategi  
för framtidens tillväxt  
öka återvinningen av  
byggavfallet till 70%<sup>7</sup>.



Enligt EU's avfallsstrategi från 1989 så är det första och största steget mot att uttjänta material hamnar på deponi, eller energiåteranvänds, att helt enkelt minimera bruket av materialet i fråga <sup>41</sup>.

En av de enklare åtgärderna vi inom byggbranschen därmed kan vidta för att underlätta vårt forskridande mot EU's mål om 70+% materialåtervinning är att helt enkelt välja bort betong och se till träbaserade lösningar närhelst det går.

*Ovan t.v. demonstreras användning av hälsosfarliga och miljöfarliga kemiska produkter från byggverksamhet mellan 2008-2011 <sup>32</sup>.*

*Fotot t.h. visar kalkbrottet i Limhamn med omkringliggande ödeläggelse <sup>56</sup>.*





## 1.9.2 MATERIALVAL

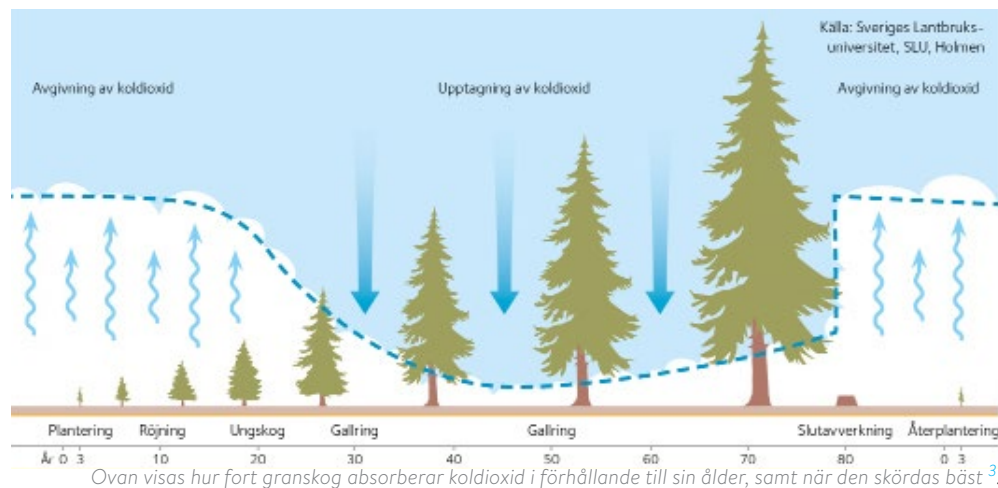
### - Varför är trä ett så bra val?

Allt vi gör påverkar miljön på ett eller annat sätt. Alla handlingar har konsekvenser. Framtagningen av byggmaterial påverkar i varierande mån initiiellt sett alltid miljön negativt. Vissa material är både bra och dåliga för miljön. Det finns en balans mellan absorberat och utsläppt kol.

Ser man till materialets livslängd så släpper dess produktion ut en viss mängd koldioxid som ibland sparas in genom energibesparingar över projektets brukstid. Tillväxten av organiska material såsom trä eller halm absorberar även anmärkningsvärda mängder kol i sig och kan rättfärdiga sin existens ur CO<sub>2</sub>e-synpunkt redan innan de använts i projektet. Material som gips, stål, aluminium och betong kan ses som vanliga materiella återvändsgränder som främst enbart släpper ut, och inte absorberar något kol alls. Trä har en rad positiva egenskaper.

### Förnyelsebarhet

Trä är den mest förnyelsebara källan till användbart byggmaterial. Sveriges alla unga till medelålders gamla barrträd är även vår särdeles största bidragande faktor till minskat



mängd fritt flödande koldioxid i atmosfären. Skogsbeståndet ökar fort. Årligen så återväxer skogsbeståndet med 120 miljoner m<sup>3</sup>, varav 90 miljoner m<sup>3</sup> skövlas<sup>3</sup>. Alltså bevaras 25% av all årlig skogstillväxt.

Det tar ca. 20 år för en gran att börja absorbera koldioxid i en högre takt än vad som frigörs naturligt på grund av nedbrytningen som sker i jordskorpan då solens strålar i kombination av syre får

jordmullens övre topskikt att brytas ned<sup>3</sup>.

Ett centralt begrepp inom diskursen för ekologisk mat är närproducerat. Strävan efter att i största möjliga mån konsumera material som ej behöver transporteras långa sträckor är lika sunt inom byggbranschen. Vi har träet väldigt nära till hands. Med världens 3:e största export av trä<sup>36</sup> så är det utan tvekan det mest logiska materialvalet i Sverige.

### Brand

Som vi läste i föregående kapitel 1.8.2. så är brandförsäkringspremien bättre för betongstommarna än för trä. Detta är konstigt då träets brandegenskaper är lika bra som alternativen av betong eller stål<sup>38</sup>.

I viss mån så är trästommarna till och med ett bättre val ur brandsynpunkt. Träkonstruktioner har den enorma fördelen att de är tämligen förutsägbara vid brand<sup>39</sup>. Initiiellt sett i brandprocessen så bildas ett skyddande lager kol på ytan av träet, vilket bibehåller den strukturella integriteten av konstruktionen. Förfallet sker därefter gradvis längst med en linjär kurva. Detta står i kontrast mot stålstommar som kollapsar mer oförutsägbart vid varierad belastning och brandrelaterad temperaturökning. När det kommer till brandsäkerhet så talar man om ett aktivt eller passivt brandskydd var för sig eller i kombination.

### Ljud

Träet har fantastiska ljudegenskaper. Mjukare träslag används i koncerthallarnas diffusorer där de både kan diffusera och absorbera ljud



70%

Av Sveriges landareal täcks av skog, varav 55% är produktiv skogsmark.<sup>3</sup>



33%

Skogsbeståndet ökar ständigt. Nyttillväxten av virkesförrådet är årligen 33% högre än skövlingen.<sup>3</sup>



Trädbeståndet utgörs i stående ordning av 42% Gran, 39% Tall, 12% Björk och 7% övriga träsorter.<sup>3</sup>

Illustration : V. Isaksson -15.

som sedan översätts till värmeenergi.

### Övriga egenskaper

Det är ett harmoniskt material som är lätt att handskas med enbart med hjälp av handkraft. Trätyperna som används för byggnation har högre hållfasthet än stål och betong i förhållande till sin egen vikt<sup>41</sup>. Med en lägre massa per volymenhet så kommer även lägre risker för sättningar i konstruktionen, vilket kan uppkomma först årtionden efter byggnationsstopp. En lägre vikt innebär

även mindre risker för byggnadssnickarna vid nybyggnation.

Träet är även ett starkt hygroskopiskt material som buffrar fukt och bidrar till en behaglig luftkvalitet inomhus.

Återvinningen av trä är som bäst när den använda elen kommer från förnyelsebara el-källor, annars är det sämre än att skövla nytt trä. Nytt virgint trä har fördelen att det i förhållande till sin skövling 1x gång även

har absorberat koldioxid 1x gång och bidrar till att minska koldioxidmängden i atmosfären.

Skulle man återvinna träet 100x gånger och därmed spendera 100x hanteringsmängder med energi på samma ursprungliga mängd trä, så måste elen komma från förnyelsebara källor för att inte väga ut den första positiva effekten av absorption av kol från atmosfären.

### 1.10.1. MÅLET MED DETTA ARBETE -En kritik mot hur begreppet "Carbon Neutral" oftast används idag.

Politiker har sedan 1990-talets början infört koldioxidskatter och utsläppsrätter som ett steg i en process där man hoppas minska Sveriges utsläpp. Målet har varit att till 2020 minska växthusgasutsläppen (CO<sub>2</sub>e) med 40% från vad det var 2009<sup>12</sup>. Detta fungerar som en sorts piska i sammanhanget om att minska vårt tillflöde av CO<sub>2</sub> till atmosfären. Istället hade det varit en välbehövad morot om man kunde få byggherarna att skapa sina egna utsläppsrätter genom att basera sina projekt utifrån en ny sorts kol-kvotbaserad miljöprofil. Alltså att byggets material vid framställning måste absorbera mer än dessa släpper ut.

#### Första och vanligaste användningen av begreppet "Carbon Neutral":

Att se till husets energiprofil under dess brukstid. Problemet med användningen av begreppet koldioxidneutrala hus idag är att det i diskursen är ett urvattnat begrepp som främst tycks beakta projektets energihanteringsprofil under dess levnadsstadium, men inte dess skapelsestadium,



Bilderna ovan visar Stamp House av Charles Wright Architects<sup>57</sup>.

eller minst lika viktigt, vad som händer med det efter dess tid är förbi.

Vanligen tar sig livscykelanalysen som så att man rättfärdigar existensen av husets alla material gentemot vilka koldioxidbesparingar som energibesparingarna gör under dess brukstid, alltså koldioxidmängden som släpps ut vid produktion "tjänar in" sig självt under husets livslängd. Detta är ett dåligt ställningstagande då det förutsätter att projektet i varierande mån nyttjar elektricitet från helt eller delvis icke miljövänliga källor vilket inte alltid är fallet.

Många så kallat koldioxidneutrala hus är i dagsläget högrepresterande vad gäller energisnålhet under sin levnadstid, men har byggts upp av material som varit suboptimala ur CO<sub>2</sub>e-balans vid produktion, och eller undermåliga ur återvinningssynpunkt samt förnyelsebarhet.

Ett exempel på detta ser vi ovan. Det hyllade projektet "Stamp House" från Charles Wright Architects. Kolossala betongkonstruktioner utgör en enkelbostad som ändå marknadsförs som något miljövänligt enbart på grund

av dess energiprofil under levnadsstadiet.

På grund av finansiella intressen så används ordval som "lågenergi" och "koldioxidneutral" som synonym till "billig i uppvärmning" vid försäljning och marknadsföring. Hade arkitekterna varit genuint måna om sin tro på verkligt koldioxidneutrala hus så hade högre intresse lagts vid kolabsorberande materialval som ej bara hamnar på deponi efter husets brukstid är över. Tillexempel genom att välja bort glasfiber, stenull, betong och aluminium. Man hade då siktat på en direkt koldioxidneutral strategi som jämnar ut sig redan innan huset är byggt.



Bild ifrån Köpenhamns koldioxidneutrala satsning <sup>58</sup>.

Köpenhamn har som kommun satt upp målet att inneha världens första koldioxidneutrala huvudstad vid 2025<sup>14</sup>. I agendan för detta så diskuteras flitigt förekomsten av förnyelsebar energi, men inte någon betoning på att nybyggnationen i staden bör beakta balansen av koldioxidutsläpp vid nybyggen.

Ben Pearson, talesman för Greenpeace-Australia har kritiserat Masdar-City, staden av stål och glas, för att bygga nytt istället för att anpassa äldre bebyggelse <sup>13</sup>. Vid marknadsföringen av denna stad så kallas den "Worlds first carbon neutral City" där återigen

fokus ligger på stadens självförsörjande energihantering under levnadsstadiet. Koldioxidutsläppen vid produktionen av all metall och allt glas tycks inte vara av intresse då det inte finns några argument för hur mycket kol staden absorberat eller liknande. Begreppet "koldioxidneutralt" bör inte vara så enkelspårigt att det bara beaktar koldioxidbesparingen sett genom energifrågan under ett projekts levnadstid, nej, utan det bör även se över projektets direkta koldioxidbalans under skapelsestadiet. Alltså vilken nettotillförsel av CO<sub>2</sub>e som gjorts till atmosfären vid produktionen av de nyttjade materialen.



Rendering över planerat kvarter i Masdar City <sup>59</sup>.

För att förstå den verkliga effekten av materialens existens i ens projekt så bör även dess inbyggda kolinnehåll tas i yttersta beaktning.

Ovan syns foton över exempel där begreppet koldioxidneutralt ej stått för koldioxidneutralitet under skapelsestadiet i marknadsförande sammanhang.

Temat är tydligt, försäljare talar om koldioxidneutralitet när de egentligen, i bästa fall bara betonar energiprofilen under brukstiden.

## 1.10.2. MÅLET MED DETTA ARBETE

-Vill tillföra en tredje definition av "Carbon Neutral" till diskursen om hållbarhet.

Summering: Inom diskursen för koldioxidneutrala hus så används uttrycket huvudsakligen på två sätt :

### Definition #1.

I det vanligaste användningsområdet för begreppet "koldioxidneutrala hus" som diskuterades på föregående sida, så betonas husets energihanteringsprofil under levnadsstadiet. Materialens produktionsutsläpp bortses från helt.

### Definition #2.

Det Innovativa projektet Hi'llani-Eco House av Studio RMA har egna aktiva utsläppsrätter som växer ikapp projektets CO<sub>2</sub>e-utsläpp med tiden. Hi'llani är ett hus i massiv platsgjuten betong som lagrar solens energi under dagen och släpper ut under natten och vice versa. Detta minskar uppvärmnings och nedkylningsbehovet (Denna del av projektet återspeglar Definition#1).

Vad gäller CO<sub>2</sub> så är idén med Hi'llani är att bygga först, och sedan reservera utsläppsrätter i form av markplättar där skog kan växa ostört. Här har de på sikt skapat sina

egna utsläppsrätter genom att anlägga 3 tunnland (1,2 hektar) mark helt dedikerad för att låta skog växa på. Detta antas under sin mest aktiva tid absorbera cirka 10,8 ton CO<sub>2</sub>e per år<sup>17</sup>. I och med att skogen växer, så absorberas denna estimerade mängd kol i stammarna på marklottens träd. Detta är Amerikas, och kanske världens första koldioxidneutrala betonghus som tar det initiala koldioxidutsläppet i beaktning på detta vis. Man talar om utsläpp och koldioxid som en sorts balans mellan tillfört och absorberat CO<sub>2</sub>-e till atmosfären, precis som flygindustrin med dess utsläppsrätter.

Nackdelen med Studio RMA's syn på rättfärdigandet av sitt projekt genom dessa skogsplättar (läs: "utsläppsrätter") är att:

1. Husets initiala koldioxidutsläpp inte är utjämnat vid byggstart. Man "lånar" från naturen i ett övergångsskede om flera årtioden innan koldioxidmängden som släppts ut vid produktion absorberats i markplättens trämassa. Som en sorts kredit. Man ser ej heller till koldioxidbördan

som orsakats av projektets övriga material.

2. Deras mark som absorberar CO<sub>2</sub>e via skognybildning är bara maximalt verksam ett par årtioden, sedan stagnerar effekten då träden mognat ur sin tillväxtspurt, dör och slutligen utsöndrar CO<sub>2</sub>e vid nedbrytningen. Naturligt skogsbruk med intervallbaserad skövling är här bättre då den totala mängden CO<sub>2</sub>e minskar stadigt och byggs in på annat håll.

3. Viktigaste kritiken mot Hi'llani är förhållningssättet som manifesteras här ej tar materialens inbundna kol i beaktning.

### Definition #3.

Jag vill tillföra en tredje definition till diskursen om "koldioxidneutrala hus som säger att

"Ett hållbart projekt bör vara koldioxid neutralt redan innan det byggs."

Vid produktionsstadiet. Redan innan materialen satts samman till ett hus så bör man se till att mängden

produktionsutsläpp är absorberade. För detta behöver vi en beräkningsmetod för att kvantitativt bedöma de ingående materialens miljöpåverkan.

Att bygga sitt hus i trä direkt har en omedelbart positiv inverkan på miljön, förutsatt att man fortsatt undviker vissa andra material som aluminium vilket vi läser mer om i nästa kapitel 1.11.1. Är man medveten om materialets ursprung så gynnar man även vår idag mest koldioxidabsorberande industri, ett hållbart skogsbruk. Fördelen med ett kontrollerat skogsbruk att träden kan sköras precis när deras CO<sub>2</sub>e-absorptionstakt saktar ned på grund av ålderdom.

Efter egenstudier, samt korrespondens med Carl-Fredrik Fridén, Jennie Bank (kommunikatörer för Swedish Green Building Council, SGBC) , samt Jonas Lind (certifieringshandläggare SGBC) så framkom det att ledande miljöcertifieringssystem LEED, BREEAM, EU-Greenbuilding eller Miljöbyggnad ej ser till mängden bundet kol i byggmaterialen.





Världens behov av att kunna estimeras projektets koldioxidutsläpp i relation till mängden bundet kol är stort då regerande miljöcertifieringssystem: Miljöbyggnad, EU-Greenbuilding, BREEAM eller LEED talar om koldioxidbesparingar enligt definition 1, men inte gör något för att jämföra utsläppen för produktion av byggmaterialen med vad som faktiskt är inbundet i materialen. Man fortsätter rättfärdiga existensen av vissa material genom att inte se dem för vad de är. Material som bidrar med mer koldioxid än de absorberar och ofta är svåra att återvinna.

Mina högst personliga spekulationer säger att hjärnorna bakom dessa certifieringssystem gör det kanske för att undvika den kommersiellt sett icke-säljande sanningen att :

*“vissa material, såsom betong, är endast material som bidrar med kol till atmosfären och inte alls hör hemma i ett projekt som marknadsförs som hållbart och miljövänligt”*

Kanske så ignoreras denna enkla syn på kol in i/ ut ur projekten avsiktligt. Om svaret vore ja så har det troligtvis att göra med att marknaden

inte är mogen för att klippa navelsträngen till våra vanligaste byggnadsingredienser ännu.

Hade dessa miljösystemen gjort det så hade de troligtvis övergetts av de som säljer husen då projekteringskostnaden för alternativet i trä ej nått normstatus ännu. Omställningen hade varit ohanterbar för byggbranschens alla parter av beställare, konstruktörer och försäljare och deras relation till existerande ekonomiska standardkalkyler för hur man utför olika sorters normala säljande byggprojekt.

*Hiʻilani house på Hawaii av Studio RMA.  
FOTO: Sarah Andersson 2013<sup>55</sup>.*



### 1.10.3. MÅLET MED DETTA ARBETE

#### -Problemformulering?

- Betong och stålkonstruktioner är mycket vanliga. Uppförelsen av dessa gynnas av försäkringsbolagen. Dessa konstruktionerna är problematiska, inte bara ur framställningssynpunkt med koldioxid, landskap och giftighet i åtanke, utan även vad gäller förnyelsebarhet samt återvinning. Stål och cementkonstruktioner i sig själva är inte värmeisolerande utan fordrar för fler tvivelaktiga material såsom ytbehandlingar med giftiga kemikalier, silikon och lim, eller isolering med glasfiber eller sprutskum som sönderfaller med tiden. Detta bidrar till en ohälsosammare miljö för både byggnadsarbetare, likväl som byggnadens användare.
- Nuvarande miljöcertifieringssystem har inte förmågan att klargöra om ett projekt släpper ut mer CO<sub>2</sub>e än det absorberar vid produktion.
- Nuvarande diskurs om “Carbon Neutrality” ser ej till den omedelbara balansen mellan koldioxid in/ut i ett projekt.

### 1.10.4. MÅLET MED DETTA ARBETE

#### -Huvudsaklig frågeställning?

Nämnt tidigare i kapitel 1.7.1. så definieras hållbarheten i detta arbete som något som formats av 4 värden, vilka är att:

1. UPPNÅ EN GOD KOLKVOT
2. GÖRA DET FÖRNYELSEBART
3. UPPNÅ LÅGT U-VÄRDE
4. GÖRA DET ÅTERVINNINGSBART

Detta i kombination med problematiken relaterad till artificiella material, betong och stålkonstruktioner, samt behovet av en tredje definition av begreppet “Carbon Neutral” väcker idén om att se till projektets hela brukstid genom LCA för att få en tydlig kedja från början av projektet till en nybörjan genom återanvändning, och sedan mer definitiva former av återvinning.

Den yttersta nischen för hållbarhet i denna tes blev att granska projektet utifrån balansen mellan kol in i, respektive kol-ut vid produktion av material. Vill inspirera andra som med detta beräkningsverktyg kan utveckla sitt projekt parallellt med en mätbar estimation av hållbarhet, vilket är ett väldigt specifikt ställnings-tagande som tidigare aldrig gjorts inom arkitekturfären. Frågeställningarna blev då:

- *Kan jag utveckla en matematisk metod för att jämföra kolbalansen mellan utsläppt och absorberat kol?*
- *Hur kan jag utveckla en hållbar träkonstruktion utifrån dessa 4 värdena och manifestera det i ett i övrigt sett tillgänglighetsanpassat och trevligt Attefallshus?*
- *Hur kan jag skapa ett hållbart Attefallshus som efter dess brukstid går att återvinna till 70+viktprocent enligt EU's framtida 2020-mål?*
- *Hur återvinner man detta Attefallshus på bästa sätt?*

### 1.11.1. BERÄKNING AV KOLKVOTEN

#### - Vilka material släpper ut mest CO<sub>2</sub>e vid produktion?

För att kunna tillföra den önskade tredje definitionen till diskursen om “Carbon Neutrality” så behöver vi kunna svara på frågan:

“Hur ser man om ett byggprojekt faktiskt har släppt ut mer koldioxid än det absorberat?”

För det behövs en ny beräkningskedja som ledande miljöcertifieringssystem inte har. Sett per kg användbar produkt, så släpper olika material ut olika mycket koldioxid under produktionsstadiet. Detta är tack vare Professor Geoff Hammond och Craig Jones nu mätbart genom världens första index av sitt slag “ICE - Inventory of Carbon & Energy”<sup>10</sup>. Deras värden är baserade på det genomsnittliga CO<sub>2</sub>e-utsläppet per kg produkt i Storbritannien. Då Storbritannien inte har någon ansevärd produktion av inhemskt trä eller stål så är det verkliga värdet i Sverige bättre på grund av att vi har en tämligen billig produktion av dessa material inom rikets gränser. Därmed kortare transportavstånd. Som exempel så är Svenska LKAB själva världens 4:e största producent av järnpellets<sup>34</sup>. Samt den Svenska skogsindustrin kommer på

3:e plats över världens största exportörer av massa, papper och sågade trävaror<sup>36</sup>.

I detta arbete så har material som inte direkt kan återanvändas efter avtjänad brukstid valts bort i största möjliga mån (*bortsett från kontrollsubjekten i kommande massanalys*). Det vill säga, "återvändsgrändsmaterial". Främst icke-förnyelsebara sådana som är svåra att återvinna. Även återanvändningsbara material med hög miljöbelastning såsom aluminium har valts bort.

Nedan ser ni en lista över vanliga byggmaterials miljöpåverkan mätt utifrån utsläppta kilo CO2e per 1kg färdig produkt. Värdena är hämtade från ICE<sup>10</sup>.

<b>Stål(rosthfritt)</b> .....	<b>6,15kg</b>
<b>Stål</b> .....	<b>2,71kg</b>
<b>Glasfiberull</b> .....	<b>1,35kg</b>
<b>Plast(PVC)</b> .....	<b>2,61kg</b>
<b>Plast(ABS)</b> .....	<b>3,05kg</b>
<b>Aluminium</b> .....	<b>11,7kg</b>
<b>Polyuretan</b> .....	<b>3,76kg</b>
<b>Granit</b> .....	<b>0,64kg</b>
<b>Trä(generellt)</b> .....	<b>0,46kg</b>
<b>Plywood</b> .....	<b>1,07kg</b>
<b>Cement/Betong</b> .....	<b>0,73kg</b>

Ovan: Tabell visandes CO2-utsläppen per kg produkt<sup>10</sup>.

Då cement undviks i detta projektet, till fördel för förnyelsebara träprodukter, så måste man beakta mer än bara materialens CO2-utsläpp vid produktion. Det var här idén kom till att utveckla ett nytt litet index för att se olika byggmaterials kolinnehåll. Att ställa mitt index om materialens kolinnehåll (t.h.) i relation till prof-Geoff Hammonds redan existerande index om genomsnittliga CO2e-utsläpp (t.v.) kunde då leda till en ny intressant möjlighet att avgöra kolkvoten innan byggstart.

Som vi ser i indexet till vänster så släpper 1kg såga trä ut 0,46kg koldioxid vid produktion. 1kg koldioxid utgörs av 27,29% rent kol<sup>22</sup>. Därmed släpper produktionen av ett kg sågat trä ut :

$$1 * 0,46 * 0,2729 = 0,1255\text{kg rent kol.}$$

Det var här som min bakgrund som fältbiolog och naturvetarkemist kittlades. Jag ställde mig frågan : "Hur mycket kol binder ett kg trä som släppt ut 125gram kol vid produktion?"

1 kg trä binder ~51viktprocent rent kol i form av cellulosa, lignin och kåda (som torkar till harts i fast form)<sup>23</sup>. Ett kg trä binder därmed :

$$1*0,51\text{kg}=510 \text{ gram rent kol per kg sågat virke.}$$

Ställer man detta i relation till utsläppet 125gram, så har vi därmed bundit mer kol än vad som släppts ut under produktionen.

Alltså 510gram bundet kol minus 125gram utsläppt kol = 385gram mer bundet kol. För att se vad denna nettovinst motsvarar i CO2e som bundits från atmosfären så ställer vi upp ekvationen i relationen till vilken mängd av allt CO2 som är rent kol, 27,29%<sup>22</sup>. Ekvationen ser då ut som följande:

$$(385 / 27,29)*100=1410\text{gram}$$

**Kortfattat: 1,41kg mindre CO2 i atmosfären än innan detta sågade kg trä producerades.** Gör man samma uträkning för aluminium så får man = **11,7kg mer koldioxid i atmosfären genom framtagandet av 1kg användbart material.**

Med denna enkla metod så såg jag nu möjligheten att jämföra kolinnehållet i

flertalet byggmaterial genom att granska deras molekylära strukturer och atommassor.

Nedan har jag påbörjat ett index över olika materials kolinnehåll. Detta index om nyttjat i beskriven relation till Prof. Geoff Hammonds index t.v. leder till en beräkningskedja jag vill kalla för "Kolkvoten". Mer om den på nästa sida.

<b>Stål(rosthfritt)</b> .....	<b>1-3%</b>
<b>Stål</b> .....	<b>0%</b>
<b>Glasfiberull</b> .....	<b>0%</b>
<b>PVC</b> .....	<b>38,7%</b>
<b>Plast(ABS)</b> .....	<b>88,54%</b>
<b>Aluminium</b> .....	<b>0%</b>
<b>Granit</b> .....	<b>0%</b>
<b>Trä(generellt)</b> .....	<b>0,51%</b>
<b>Plywood</b> .....	<b>43%</b>
<b>Polyetylen</b> .....	<b>85,6%</b>
<b>Polystyren</b> .....	<b>92%</b>

Ovan: Tabell bundet kol per kg produkt<sup>BIL-A</sup>.

Ovan synes ämnena jag hittills har undersökt för den här tesen. Jag har mer osäkra uträkningar för kolinnehållet i mer komplexa byggprodukter såsom linoleum eller takpapp.

## 1.11.2. BERÄKNING AV KOLKVOTEN

### -Kolkvoten och LCA som ett nytt sätt att förhålla sig till design?

Relationen mellan mitt och Geoff. Hammonds index kan leda till en enkel uppfattning om kolkvoten i projektet. Nu så skall vi ta en titt på hur man kombinerar denna metod med två av mina andra kärnvärden *Förnyelsebarhet* samt *Återvinningsbarhet*. På denna sida så beskrivs stegen för hur man sätter upp materialens individuella kolkvoter och sedermera hela projektets. Denna kunskap kan vara intressant för den som vill göra informerade beslut kring vilken design eller konstruktion som är mest miljövänlig ur ett CO<sub>2</sub>e-perspektiv.

I denna beräkningskedja så beskrivs kvoten för ingående och utgående kol mellan natur och projekt. Beräkningskedjan består av 5 frågor som måste besvaras för att ge informationen som är nödvändig för att få fram kolkvoten för ett av projektets alla material åt gången, och slutligen hela projektet. Illustrerat till höger synes 2 exempelkedjor för dels ett förnyelsebart material, dels ett icke-förnyelsebart material.

**1.** "Hur mycket av detta material har du i projektet?" Metoden går ut på att för varje material som ingår i projektet så tar man och beräknar hur mycket kol som släppts ut respektive hur mycket som bundits för

att estimera balansen. För att göra detta så behöver man först och främst veta mängden av varje material.

**2.** "Är materialet förnyelsebart?" För att uppnå hållbarhet ur ett biologiskt CO<sub>2</sub>e-perspektiv där man ser mängden koldioxid i atmosfären som ett "konto" som man antingen tar ifrån eller adderar till, så måste här göras en tydlig distinktion mellan materialens ursprung. Som exempel så binder PVC mer kol än det släpper ut under produktionsstadiet. Detta kan tillsynes vara positivt, men så är icke fallet om man ser till materialets LCA, eller totala livscykelanalys. Då PVC, precis som många övriga plaster och lösningsmedel baseras på fossila oljor så tillförs slutligen mer kol till atmosfären i form av CO<sub>2</sub> då materialet är uttjänt och går till energiförbränning eller bryts ned på naturlig väg (t.ex. via UV-strålning och fluktuationer i luftfuktighet och temperatur). Är istället materialet förnyelsebart ursprung så är det inbundna kolet enbart positivt då det inneburit en reduktionen av atmosfärens CO<sub>2</sub>e.

**3.** "Hur mycket CO<sub>2</sub> släpptes ut under produktionen av denna mängd material?"

Detta beräknas med hjälp av Professor Geoff Hammonds index kallat ICE som kort visades på föregående sida. Indexet i fråga ser till det genomsnittliga koldioxidutsläppet i förhållande till varje kilo producerad vara. I enstaka fall så har jag utvecklat detta index för att ta fram siffror som är mer aktuella för vissa produkter, t.ex. plywood som producerats inom landets gränser.

**4.** "Hur mycket kol motsvarar allt CO<sub>2</sub>-e i föregående steg?" För att koldioxidutsläppet skall bli relevant och jämförbart med mängden materialbundet koldioxid så måste vi veta hur mycket rent kol detta motsvarar. Multiplicera CO<sub>2</sub>e utsläppens massa med 0,27291<sup>22</sup>.

**5.** "Hur mycket CO<sub>2</sub>e absorberar materialet under produktion?" Här har jag fått stor nytta av kemikunskaperna för att kunna göra denna återkopplingen till steg-4. I flera fall så har jag granskat materialens kolinnehåll per molekylstruktur för att få fram den exakta procentsatsen inbundet kol.

Steg 5 kan utföras på två sätt beroende på om materialet i fråga är av förnyelsebart ursprung eller inte. Är materialet av ett

förnyelsebart ursprung (*diagrammatisk beräkningskedja ovan t.h.*), för till exempel trä, så subtraherar man koldioxidutsläppen vid produktion och transport från mängden kol som den givna mängden trä har inbundet i sin kemiska uppsättning. Kortfattat steg #5 minus #4.

Är materialet av icke förnyelsebart ursprung (*diagrammatisk beräkningskedja nedan t.h.*) så är även den inbundna kolmängden av negativt värde för atmosfären, och slutligen resten av vår biotop. För att bedöma material som t.ex. polystyren, så räknas både #4 och #5 som negativa värden som båda adderas till ett större negativt tal.

För att slutligen få fram den totala kolkvoten för allt ingående material i byggprocessen så bör man addera materialens individuella kolkvoter. Se bilaga-A för utförliga exempel.

Förklaring:

Skulle kol-kvoten vara +10kg i kedjan ovan t.h., samt -5kg i kedjan nedan t.h., så betyder det att vi får en balans på +5kg. Det vill säga att genom att bygga detta projekt så har du effektivt tagit 5 mer kol från atmosfären än vad som släpptes ut vid produktion.



Exempel på hur beräkningskedjan kan se ut då man vill bedöma kolkvoterna för ett förnyelsebart respektive ett icke-förnyelsebart material, samt hur man sedan kan slå samman dessa för att bilda projektets totala kolkvot.

För att avgöra hurpass stor del av projektet som är materialåtervinningsbar så frågar man sig hur mycket av allt material i steg#1 som går att återvinna. Projektets återvinningsbara andelar delas med den totala viken för att få en procentsats.

### 1.11.3. BERÄKNING AV KOLKVOTEN

#### -Fallstudie och test av beräkningsmodell.

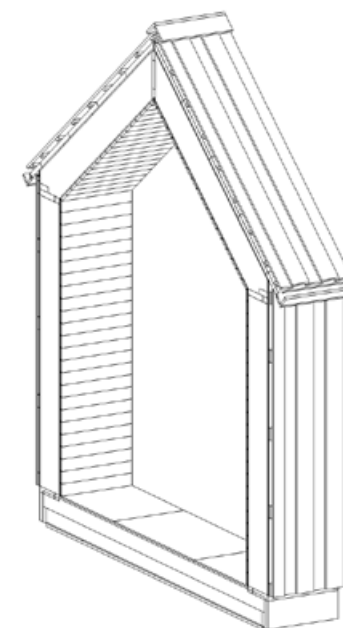
För att testa om min metod för kolkvotsbedömning faktiskt kunde ge något användbart resultat på projektskala så byggde jag en detaljerad och replikerbar konstruktionsmodul av ett Attefallshus som byggts upp efter mina krav på att i största möjliga mån bestå återvinningsbara och förnyelsebara material.

Till höger, samt på nästa 2 sidor syns två summeringstabeller för fallstudiemodellens kolkvoter från bilagan över uträkningar.

Samtliga av modulens beståndsdelar mättes upp med precisionen av 1mm<sup>3</sup>. Resultatet blev att för varje komplett modul som byggdes så absorberades det 121kg mer kol än det släpptes ut under skapelsestadiet för materialen. Detta motsvarar en netto-reduktion av 443kg CO<sub>2</sub>e från atmosfären.

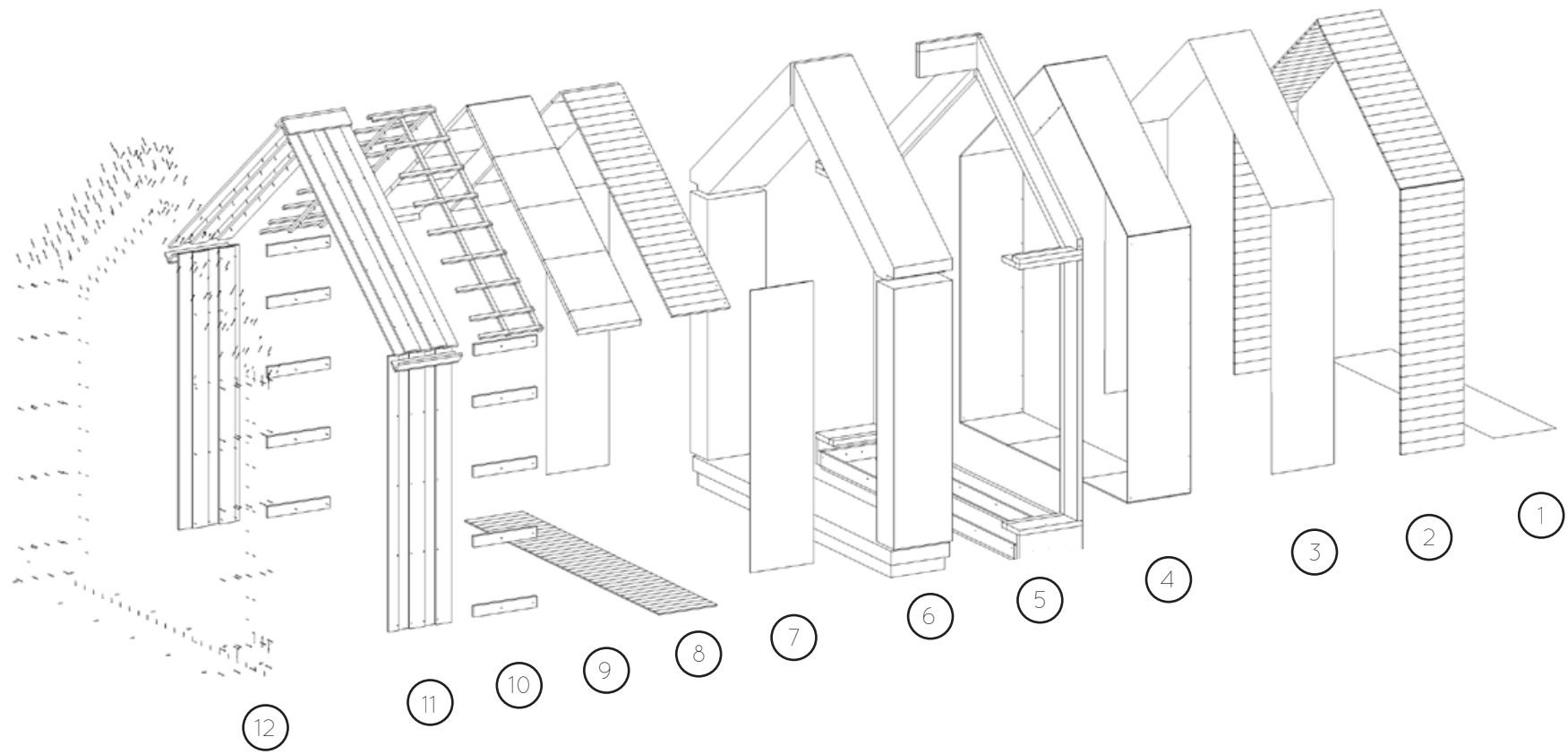
I kapitel 2.4.1 så appliceras denna metod för att utvärdera hur flertalet konstruktionstyper från 2.3.1 samt 2.3.2 presterar utifrån kolkvot, u-värde, återvinningsbarhet samt till vilken andel dessa består av förnyelsebara material.

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	LINOLEUM	-0,6238kg
2	RÅSPONTPANEL	+15,5768kg
3	ÅNGBROMS	+0,02386kg
4	PLYWOOD	+13,1336kg
5	TRÄSTOMME	+36,7454kg
6	TRÄULL	+16,6795kg
7	VINDSKIVA	+0,5038kg
8	TROSSBOTTEN	+11,8659kg
9	TAKPAPP	-0,884570kg
10	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+5,2915kg
11	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+23,5777kg
12	SPIK / SKRUV	-0,885635kg
13	SUMMERING KOMPLETT MODUL	+120,98389kg



KOMPLETT MODUL

13



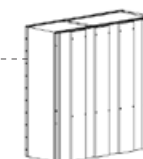


ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG		
		TAK	VÄGG	GOLV
1	LINOLEUM			- 0,4255kg
2	RÅSPONTPANEL	+3,5905kg	+3,5905kg	
3	ÅNGBROMS CELLULOSA	+0,006kg	+0,006kg	
4	PLYWOOD	+2,0393kg	+2,0393kg	+2,0393kg
5	TRÄSTOMME	+4,2536kg	+4,2536kg	+5,2804kg
6	TRÄULL	+3,0380kg		+3,0380kg
7	VINDSKIVA		+2,0767kg	
8	SPONTLUCKA TAK / TROSSBOTTEN	+3,5855kg		+3,5855kg
9	TAKPAPP	-0,2684		
10	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+0,9496kg	+0,8670kg	
11	FASAD / FALTAK	+4,0154kg	+4,0154kg	
12	SPIK / SKRUV	-0,0741kg	-0,0479kg	-0,2246 kg
13	SUMMERING M <sup>2</sup> TAK / VÄGG / GOLV	+21,2521kg	+16,8006kg	+13,7186kg

1 m<sup>2</sup> tak



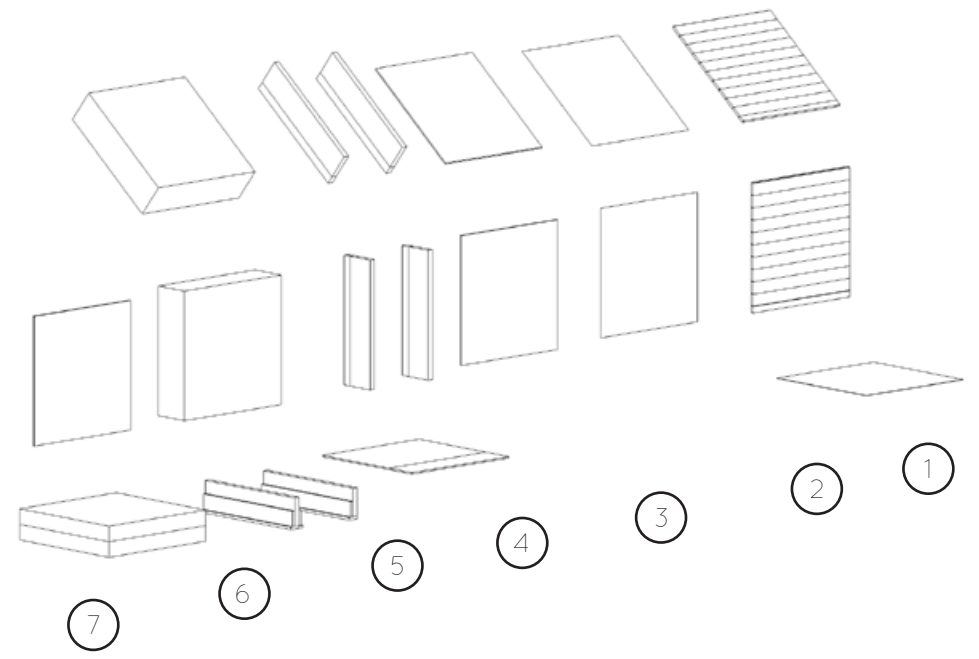
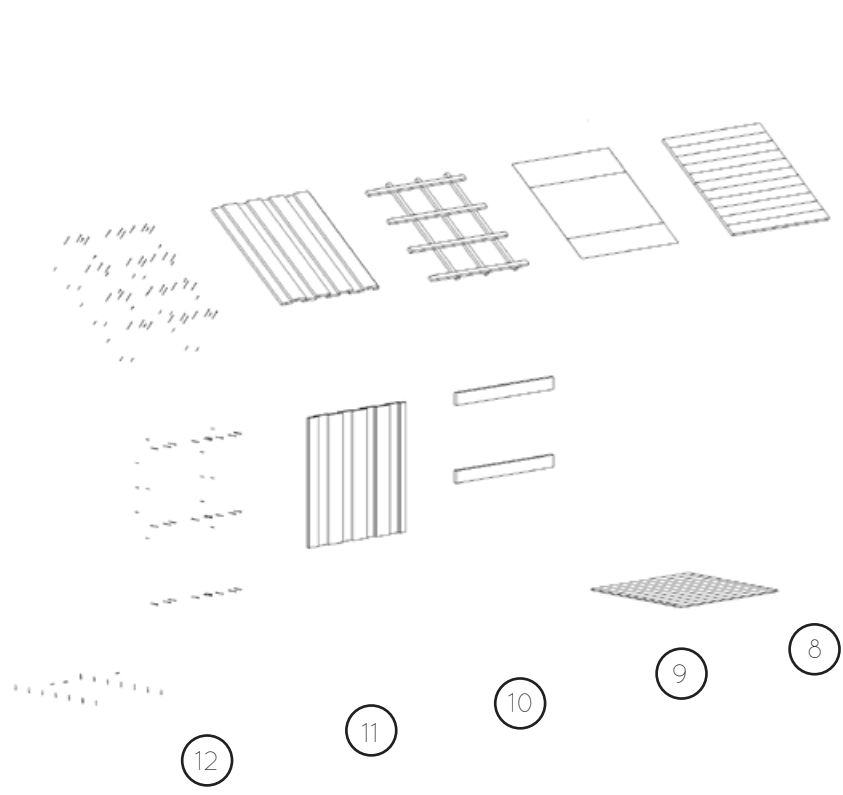
1 m<sup>2</sup> vägg



1 m<sup>2</sup> bottenplatta



13



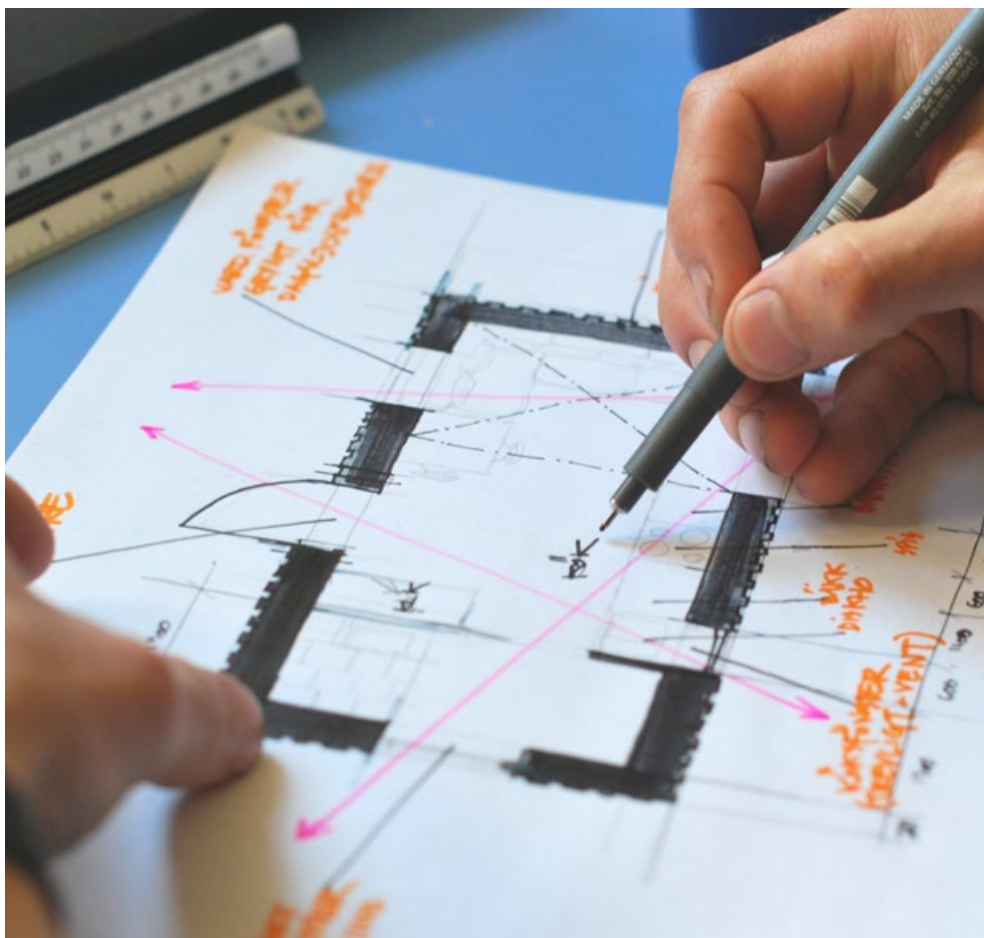
# 2

## **2. UTFORMNING**

*Detta är huvuddel 2 av 4 i arbetet. Med avstamp från föregående teoridel så kommer här en rad undersökningar att utföras som på olika sätt påverkar utformningen av projektet, invärtes som utvärtes. Denna del inleds med ett kapitel om den historiska förankringen av projektets yttre formspråk och referenser åtföljt av volymbegränsningarna som styr den tidiga utvecklingen av planen. Studier i ljus och ventilation gör projektet mer beboeligt samtidigt som det förbättras utifrån de 4 kärnvärdena. Ytterligare förbättringar av miljöprestationer sker i form av ny stomme till loft samt tillägg av altan.*

*Denna del av arbetet ämnar besvara frågorna*

- Vilka arkitektoniska exempel har inspirerat formspråket?*
- Hur skulle utvecklingen och förbättringen av ett projekt som vägletts av ambitionerna att uppnå en så god kolkvot som möjligt, ett så gott U-värde som möjligt, vara så återvinningsbart samt förnyelsebart som möjligt kunna se ut?*
- För vem görs detta projektet?*
- Vem är den tänkta målgruppen?*



Dialog med planlösningen vid utvecklingen av den första kompletta skissmodellen.

## 2.1.1. INSPIRERANDE ARKITEKTUR -Vad har nyanserat projektets karaktär?

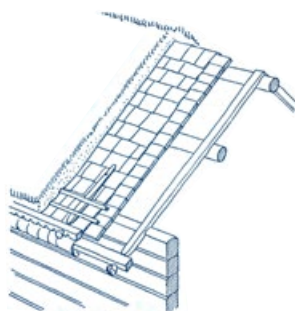
När det kommer till den arkitektoniska inspirationen av projektet så har det varit självklart att jag ville jobba med trä, enligt skandinaviska referenser. Att använda det på så många sätt som möjligt och hylla det genom synliggörande. Träet har använts i tusentals år av flera anledningar. Framst på grund av att dess goda förnyelsebarhet gjorde det till det mest tillgängliga alternativet för den stora massan av befolkningen som bara hade råd att bygga med de billigaste och vanligast förekommande materialen. Träet har alltid erbjudit lättbyggda högkvalitativa konstruktionslösningar, goda isoleregenskaper samt har ett ärligt uttryck som åldras med värdighet.

Detta tidlösa material besitter så mycket värme och kulturella anknytningar i vår del av världen att när man tänker norden, så tänker man blont trä och falu rödfärg. Traditionellt sett så vill formspråket för vår skandinaviska träbaserade arkitektur uttryckas på ett pragmatiskt sätt med raka

linjer och aningen färre rumsliga lager. Enkelhet. Varför det är så berättar Jonas Fäldt och Stefan Andersson över telefon (*grundare av Handkraft Timmerhus*) har att göra med att husen förr konstruerades med rent adderande eller subtraherande metoder (*tillexempel; yxa och kilar, senare även spik och såg*). Verktyg som harmoniskt måste lyssna till träets riktningar och temperament till skillnad från stål och betong som formas precis så som människan önskar.

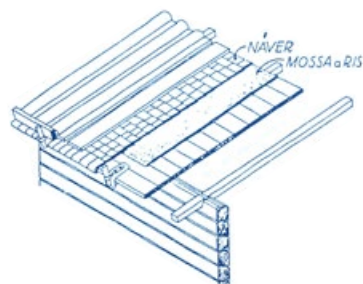
Våra forna hus, bodar och stugor byggdes på plats, för hand. De enkla konkreta byggmetoderna var populära då de många gånger var fattiga lekmän som byggde direkt åt sina familjer. Utrymme för komplexiteter förekom sällan. Dock ej på avkall av snickarglädje och stolthet.

Det är oklart exakt hur länge stående träfasader, Bräd-, eller "Faltaket" har funnits. Man vet dock att industrialiseringen av trävirkesindustrin under 1800-talets senare hälft ledde till möjligheten att såga rakare virke av mer kontrollerade dimensioner. Vad gäller tak så skedde ett trendskifte. Kluvet vedtak ersattes med brädtak som ibland bekläddes med ytterligare taklager.



De nya ångsågverken kunde finnas lite varstans i landet och var tillskillnad från de föregående vattensågverken inte beroende av forsar.

Detta raka virke möjliggjorde en frångång från de tidigare förekommande torv och vedtaken som synes närmast till höger. Brädorna klubbades på plats i förborrade hål med träplugg som spik<sup>16</sup>.



Ovan: Illustrationer för torv resp. vedtak ur boken Svenska Hus av Thomas Hall och Katharina Duner<sup>25</sup>.



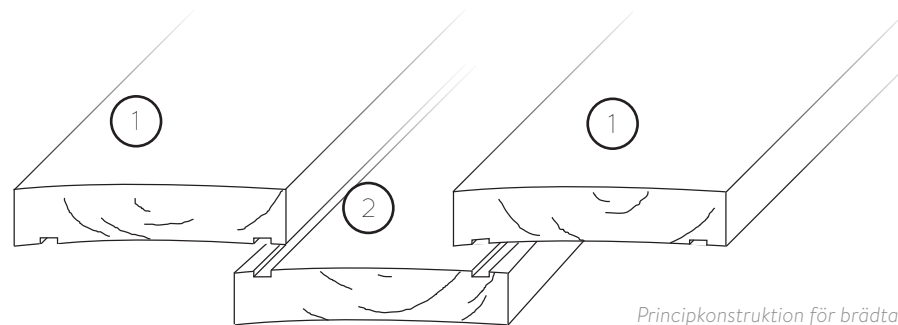
Delvis panelbeklädd timmerstuga med Torvtak ovanpå en näverbädd i Svennevad, sekelskifte, FOTO: Gustaf Ferdinand Hallberg<sup>60</sup>



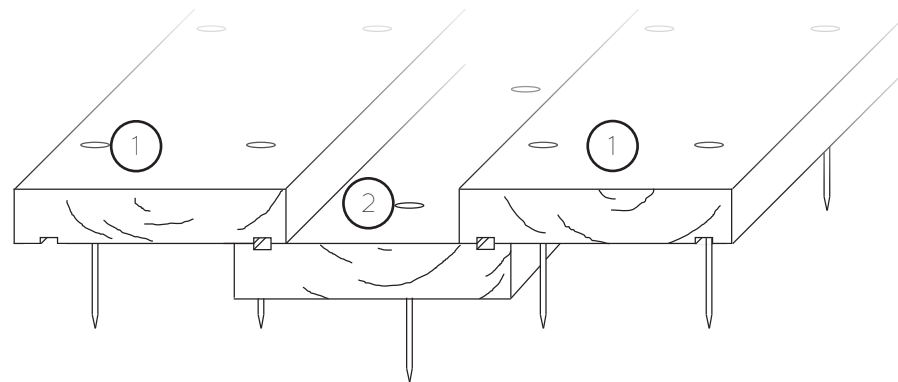
Fru Wikström vid hennes timmerstuga med vedtak ovanpå näverbädd, Torsåker. FOTO: Okänd 1880<sup>61</sup>.



218 år gammalt brädtak(undertak) av äldre vikestyp. Foto:Jonas Fäldt<sup>62</sup>.



Principkonstruktion för brädtak.  
Illustration: V.Isaksson



Det väldigt karakteristiska brädtaket kommer i flera utföranden. Vad som är historiskt sett gemensamt för alla varianter är att det oftast utgörs av furu och i enstaka fall lärk. Varje bräda möts runt en liten rektangulär skåra för att bryta fuktgenomströmningen.

Brädtypen utgörs av kärnvirke, vilket även kallas "fetved". Denna trämassa närmast stammens centriska mitt är idealisk för brädtaket då det är den delen av trädet som är rikast på vattenavvisande kåda och hartsämnen.

Kärnvirket läggs som i illustrationerna till vänster med kärnan av virket utåt <sup>30</sup>. Vissa menar att bräda #2 bör ligga med kärnan neråt. Detta för att ytterligare nyttja träets naturliga fiberriktningar till fördel för att skapa en tätare kontakt brädorna emellan. Detta på grund av att när brädorna torkar så böjer de sig bort från kärnan.



Detta tak, om anlagt korrekt, håller i ca. 30-50 år<sup>15</sup>. Att jämföras med rena takpappstak som håller i 15-30 år, tegeltaki ~100 år. Längst till höger synes brädtaket på två Gotländska fiskebodar. Här förekommer det i ett "1-2-mönster" i form av likstora brädor, troligtvis med de vanligaste profilmåtten om 22\*145mm och en överlappning av 22mm per bräda för att hålla vattnet ute. Av stilen att döma så ser det ut som något som byggdes vid det förra sekelskiftet.

Tack vare att man nu inte längre förlitade sig på lösa material som näver, jordmull och torv (som var beroende av en snäll takvinkel för att ligga på plats), så kunde även taklutningen öka på husen vid nyttjandet av ett mycket tåligare, uppspikat brädtak. På västkusten så byggdes taken med en röstning om minst en tredjedel av husets bredd<sup>24</sup>. Under 1900-talets början blev den ännu brantare.

Brädtaket och den stående träpanelen är något jag minns då jag som barn tillbringade somrarna i Grundsunds gamla snirkliga fiskebodskvarter. Brädtaket förekom här dock inte längre längst ut

i byggnadskalet som på Gotland (nästa sida), utan syntes främst inifrån. Närmast till höger ser vi "en axonometri över ett Bohusländskt dubbelhus från 1800-talets senare del" (Werne&Östnäs<sup>24</sup>). Här visas hur man täcker det ursprungliga brädtaket med tegelpannor.

Med de nya ångsågverken så började man såga fram brädor som var lämpliga att ha som extra väderskydd i form av stående panel på sina timmerhus<sup>27</sup>. Fasaderna utgörs av stående lockläktspanel, ibland utåt som i det s.v. exemplet nedan på höger sida, ibland omvänd som i det s.v. exemplet i den övre bilden på höger sida. Den stående panelen var något som fattiga ofta byggde till i etapper. Det var en investering som portionsvis växte fram i takt med att de surt förvärvade pengarna rasslade in.

På den Norska och Svenska västkusten täckte man oftast söder och västerfasaderna först då dessa är mest utsatta för slagregn och vind, i städerna så prioriterades ofta stolt den sida som vätter mot gata och folk.

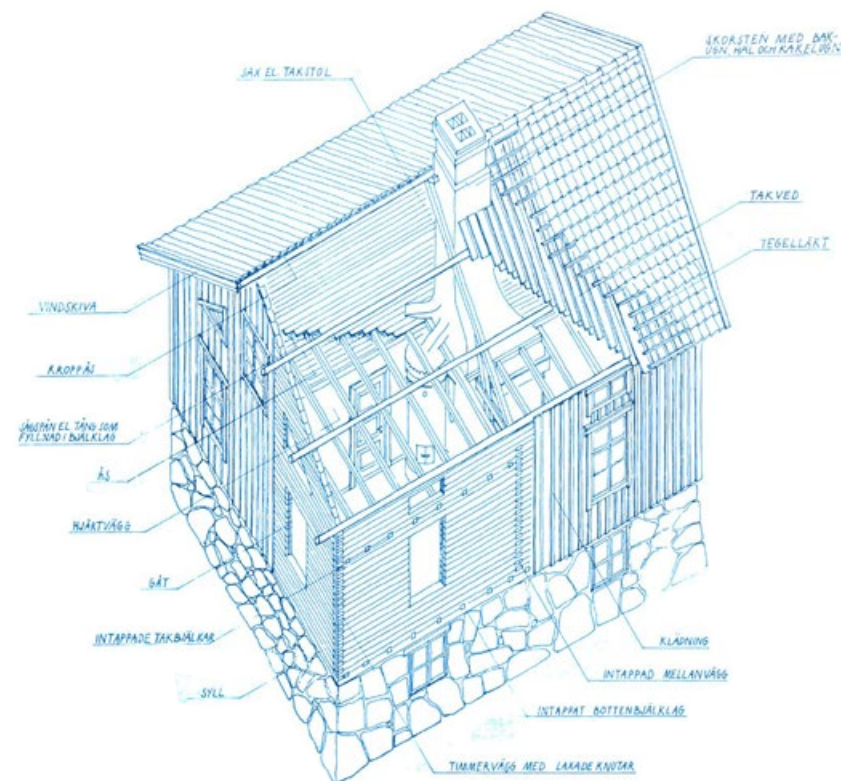


Illustration ur boken *Bygge i Bohuslän* av Finn Werne och Sara Östnäs.<sup>24</sup>



Historiska fiskebodnar i Helgumannen, ovan. FOTO: Thomas Meldert<sup>53</sup>.



Fiskebod, Fröjel. FOTO: Fiskelägesinventeringen 1973<sup>63</sup>.



Sommarstugor i Vestfold, Norge. FOTO: Reiulf Ramstad<sup>64</sup>.

En av alla intressanta detaljer som skiljer sig åt dessa fiskebodarna emellan (svartvita bilderna) är förekomsten av vindskiva i takets gavelsidor.

Frånvaron av vindskiva och takutsprång, med en ofta brant taklutning ( $27^{\circ}+$ ) ger ett sylvasst uttryck. En egenskap som ofta inte förknippas med träarkitektur. Formspråket för träbaserad arkitektur är ofta synonymt med litet grövre estetiska element.

Dessa möjligheter till ett skarpt formspråk är något som många arkitekter börjar ta tillvara på, och vill visa i moderna projekt.

Se tillexempel sommarstugan närmast till vänster av Oslo-baserade Reiulf Ramstads arkitektkontor.



Till höger har vi fiskarstugan och båthuset av TYIN tegnestue, som med sin enkla elegans refererar till äldre nordisk träarkitektur. Samma linjer, samma panel, samma bräddtak. Ett enhetligt yttre som omgärdar ett stort öppet rum.

Erhållandet av projektfilen<sup>20</sup> för huset möjliggjorde att jag kunde studera fasad och takkonstruktionen i djup detalj.

Detta båthus är, precis som Reiulf Ramstads projekt på föregående sida, byggt för rekreationellt sommarbruk.

Huset har en den väldigt fina möjligheten att öppna upp sig mot altanen vid praktiskt behov eller fest. Detta gör det möjligt att duka upp flertalet tvärgående långbord.

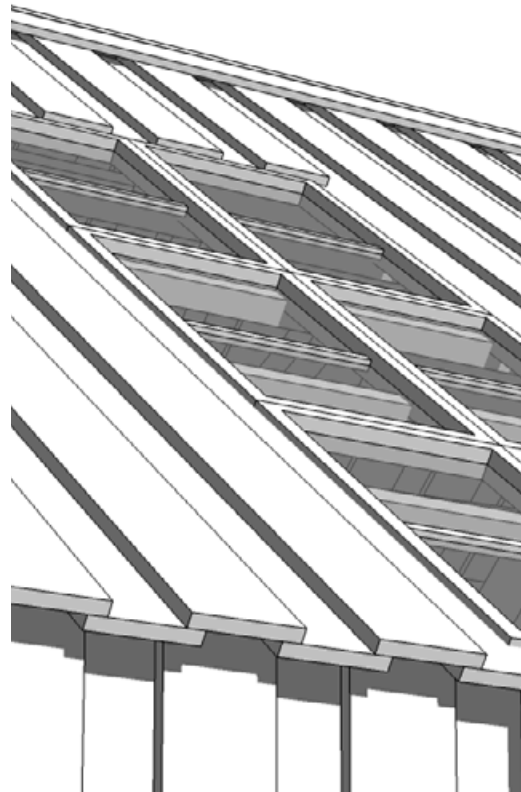
Troligtvis mycket användbart tillexempel vid midsommar, för att snabbt lyfta in allt vid eventuellt regn (Romsdal har 1640mm nederbörd per år, att jämföra med Göteborgs 670mm).



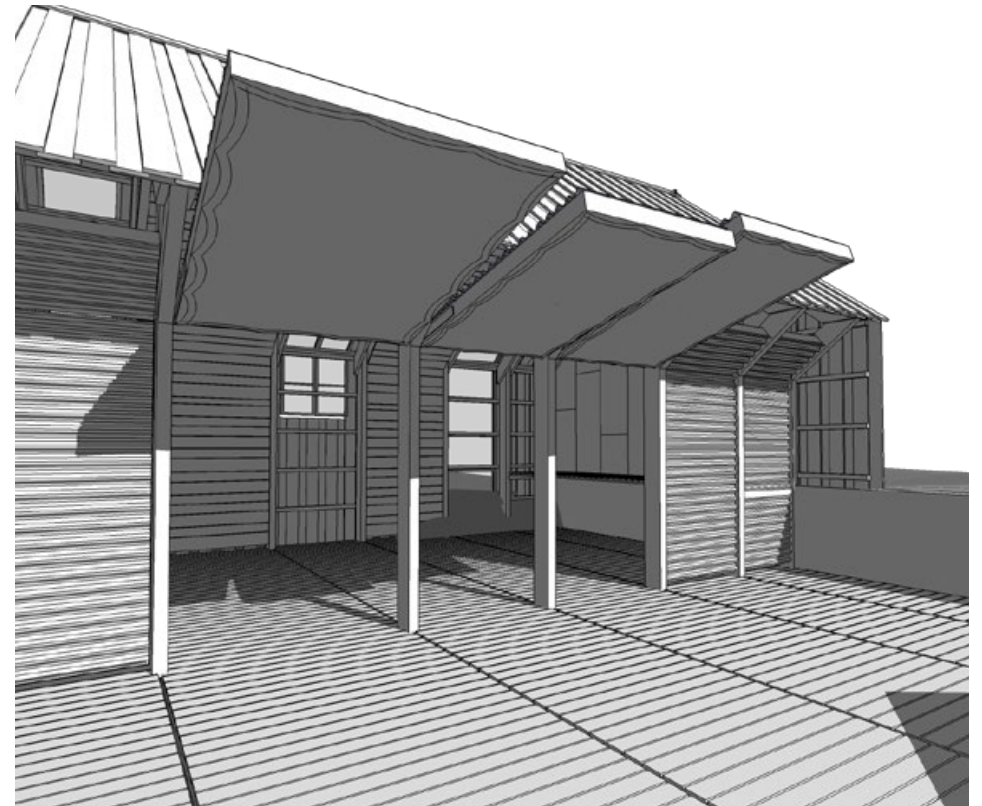
Sommarhus av TYIN Tegnestue, 2011. FOTO: Pasi Aalto<sup>54</sup>.



Vackert möte. Sommarhus av TYIN, 2011. FOTO: Pasi Aalto <sup>34</sup>



Bilder jag renderat från TYIN's projektfil för huset. Ovan t.v. visas en renderad version av en från media känd detalj som synes bredvid. T.h. visas hur det smidigt kan öppna upp sig.



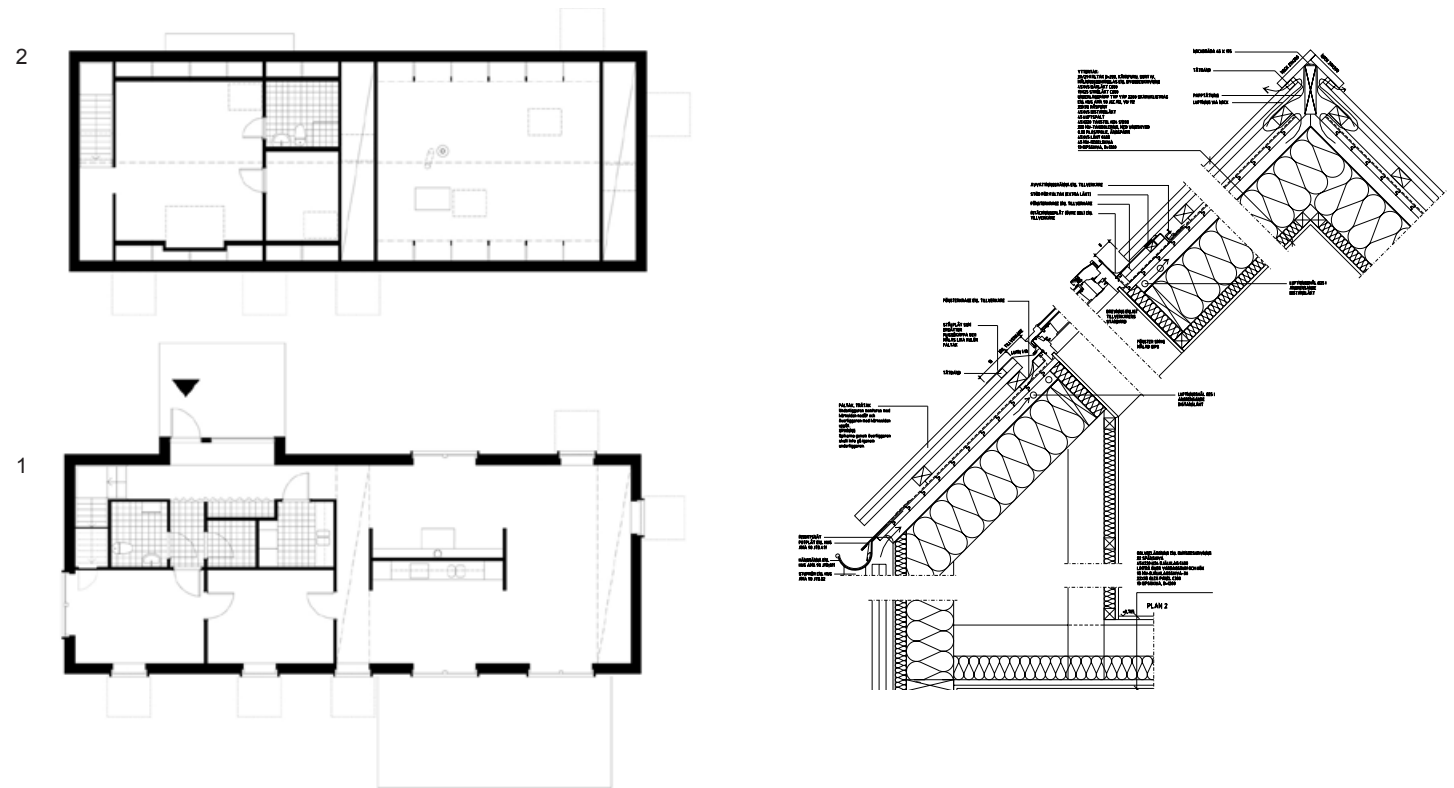
Ett annat av de mest inspirerande moderna projekten har varit villa Karlsson av Tham Videgård Hansson arkitekter, i Tidö Lindö, Västerås.

Projektet nominerades 2004 till träpriset, som istället gick till Universeum.

Villa Karlsson präglas av en lekfull fönstersättning, något som inspränger en rytmik i den annars sett symmetriska byggnadsskalet. Här utgörs brädtaket och fasaderna av omvänd lockläktpanel, som dragits isär litet. Samma proportioner på båda av husets element skapar en tydlig enhetlighet.

Som om projektet inte vore Svenskt nog, så har samtliga trätytor grundats med rödtjära som därefter toppats med falu rödfärg.

Huset är byggt som permanentbostad och kopplar väl samman till gården via dubbla dubbelglasdörrar.



Ovan t.v. synes Villa Karlsson, av Tham Videgård Hansson Arkitekter. FOTO: Åke E:son Lindman <sup>52</sup>  
Ovan: På förfrågan utskickade konstruktionsdetaljer, av Tham Videgård Hansson Arkitekter.





Villa Karlsson, av Tham Videgård Hansson Arkitekter. FOTO: Åke E:son Lindman <sup>52</sup>



Villa Karlsson, av Tham Videgård Hansson Arkitekter. FOTO: Åke E:son Lindman <sup>52</sup>



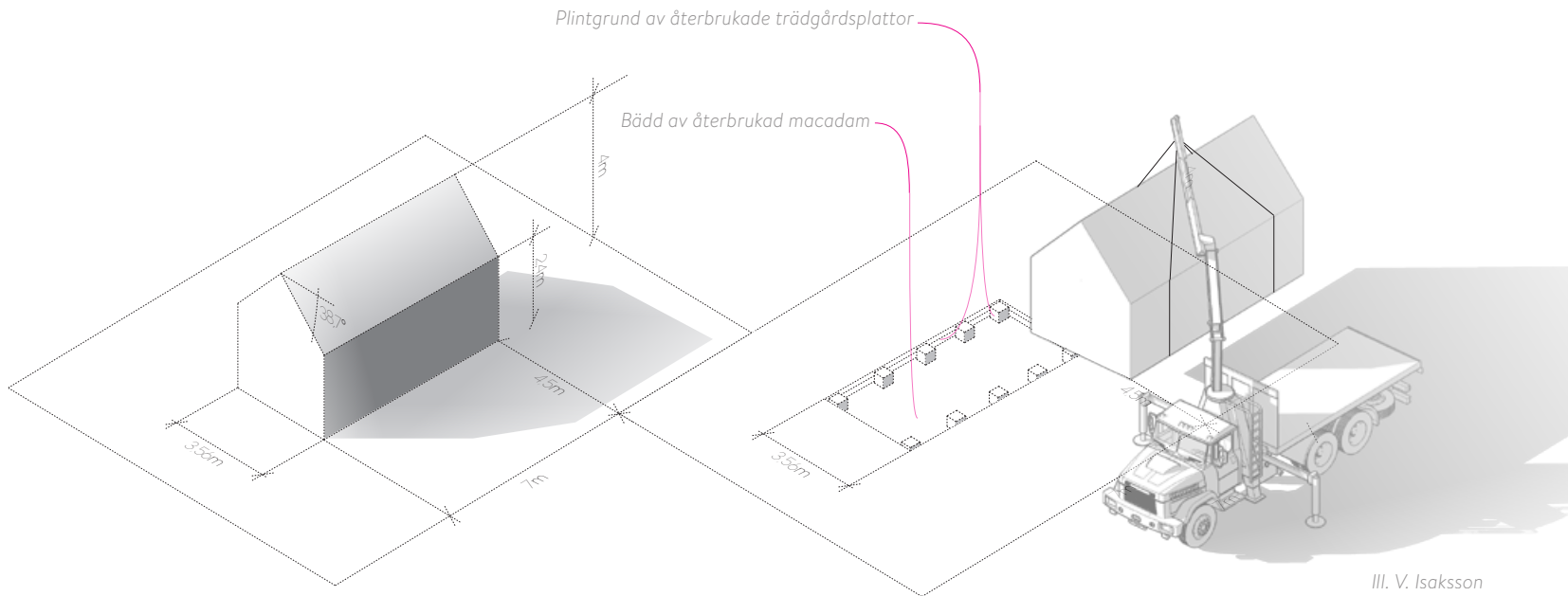
## 2.2.1. UTVECKLING AV FÖRSTA KOMPLETTA SKISSEN -Utgångskriterier?

### Volymbegränsning PBL

För att få bygga ett Attefallshus så måste man enligt PBL först ha en tomt med en permanentbostad på. 1st attefallshus tillåts per sådan tomt. Attefallshuset får stå som närmast 4,5 meter ifrån grannen om man inte kommit överens om annat. BYA'n måste understiga 25m<sup>2</sup>. Bygghöjden får heller ej överstiga 4m<sup>29</sup>.

### Egen volymbegränsning

För att minimera arbetet på plats vid bygget av attefallshuset, så har materialens grundmått vid införskaffande bevarats i största möjliga mån. Detta gav uttryck i att långsidornas fasader får en höjd på 2,4m exklusive takutsprång. Detta ger tillsammans med bygghöjden 4m en behaglig brant takvinkel på 38,6° som även är bra för snöhanteringen här i vårt Svenska klimat, samt som följer den västkustska traditionen med en röstning om minst 1/3'e del av husets bredd eller högre. Lutningen är särskilt viktig för snö/vätskehanteringen då takets mest väderpinade yttre skikt är helt gjort av trä.



Ill. V. Isaksson

Ytermåtten kommer ifrån att jag ville maximera byggarean och landa så nära 25m<sup>2</sup> BYA som möjligt. Detta skulle då helst göras med "rena" mått som är lätta för en oerfaren person att mäta upp med enkel utrustning såsom tumstock och måttband. Programmet i huset är anpassat för behoven av unga singlar eller par som inte är rädda för att klättra upp på ett loft, vill ha vissa av kvalitéerna från en villa, men inte har råd med det än.

Som en strategi för att göra attefallshuset mer långlivat så ser jag det som en fördel att man kan ta det med sig när man flyttar till ett nytt boende, annars kanske nästa ägare av huset riskerar låta riva det om det inte passar in i dennes livssituation. Volymbegränsningen 3,6m på kortsidan gynnar denna egenskap då 3,6m är maximimåttet för transport innan man måste ansöka om (dyr) färdassistent

från vägverkets personal<sup>18</sup>. Då kallat "bred transport". Alltså kan man nu ta med attefallshuset till sitt nya boende genom att hyra lastbil med lyftkran.

Vid utformning av planlösningen så var det fördelaktigt för storlekskänslan i rummet att göra den interna rumsfördelningen avlång. För att maximera BYA'an så sänktes kortsidans mått från 3,6 till 3,56m så att

långsidan kunde bli prick 7m. Detta ger en byggarea på totalt 24,92m<sup>2</sup>.

Konstruktionsmässigt sett så var det viktigt att tillgänglighetsanpassa genom att göra FG lika kringliggande marks plushöjd. Detta beslut gjorde att man undslapp ramper samt fick en större rymd inomhus. Huset har sänkts ned med bottenplattans tjocklek + 300mm för att undslippa tröskelkanter. Trösklar rekommenderas ej vara högre än 15mm för att gynna rullstolarnas framförande. Till husets ytterdörr samt altandörr så läggs en liten brygga av vackert trä för att korsa ventilationsglipan runt bottenplattan.

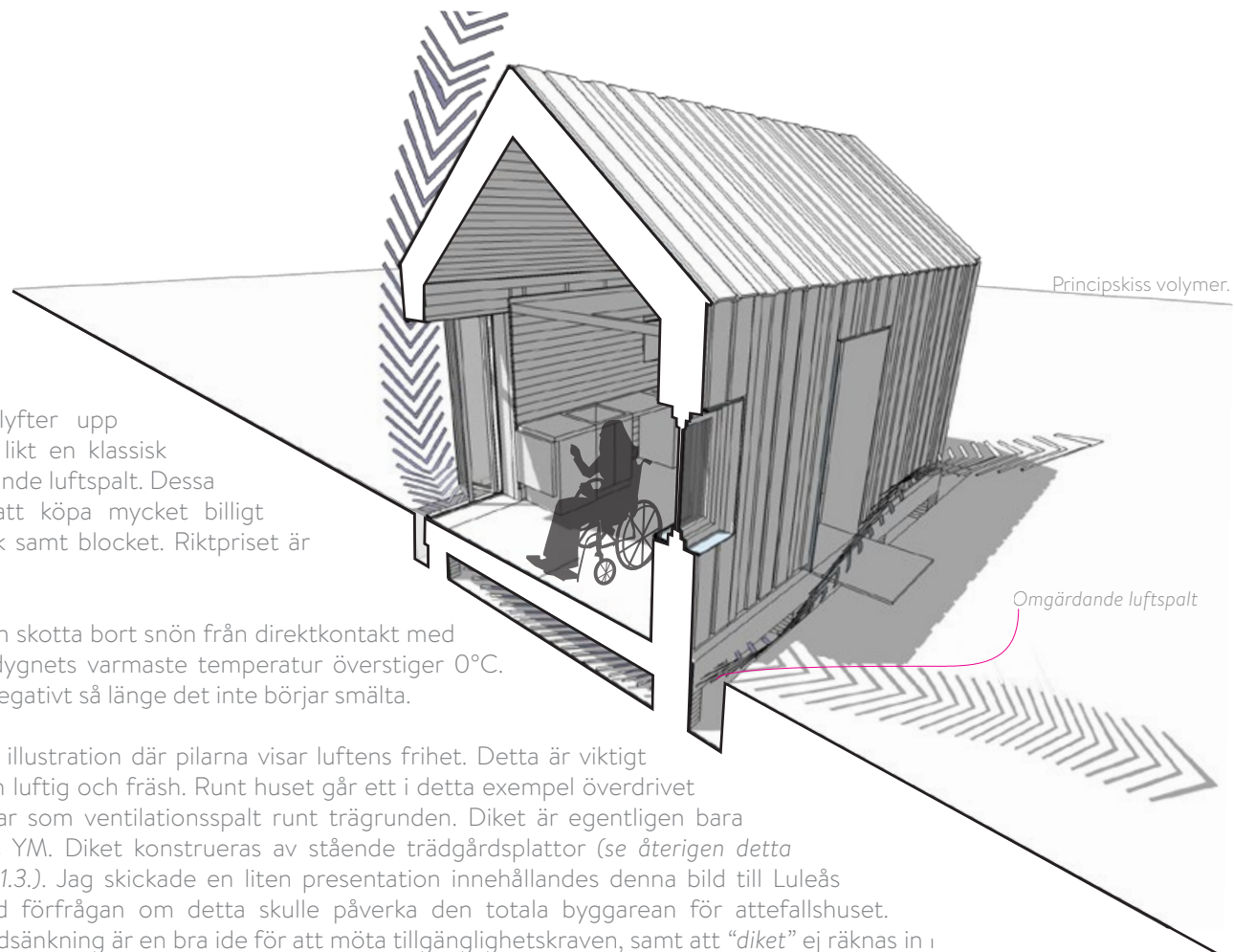
I skissen till vänster syns tanken om attefallshuset står på vanliga återbrukade trädgårdsplattor, som i sin tur står på en bädd av återbrukad macadam för att bilda en billig, luftig och väl-dränerad plintgrund

(se detta illustrerat i detaljsektionen i återvinningskapitlet 3.1.3.).

En konstruktion som lyfter upp trädelarna från marken likt en klassisk plintgrund med omgärdande luftspalt. Dessa trädgårdsplattor finns att köpa mycket billigt på Sveriges alla återbruk samt blocket. Riktpriset är några kronor styck.

Vid ev. snöfall så bör man skotta bort snön från direktkontakt med fasad samt tak så fort dygnets varmaste temperatur överstiger 0°C. Snö mot fasad är inget negativt så länge det inte börjar smälta.

Till höger synes en tidig illustration där pilarna visar luftens frihet. Detta är viktigt för att hålla plintgrunden luftig och fräsch. Runt huset går ett i detta exempel överdrivet stort "dike" som fungerar som ventilationsspalt runt trägrunden. Diket är egentligen bara 50mm större än husets YM. Diket konstrueras av stående trädgårdsplattor (se återigen detta illustrerat i sektionen i 3.1.3.). Jag skickade en liten presentation innehållandes denna bild till Luleås stadsbyggnadskontor vid förfrågan om detta skulle påverka den totala byggarean för attefallshuset. Svaret blev att denna nedsänkning är en bra ide för att möta tillgänglighetskraven, samt att "diket" ej räknas in i byggarean på 25m<sup>2</sup> vilket var suveräna nyheter för detta projekt.



## 2.2.2. UTVECKLING AV FÖRSTA KOMPLETTA SKISSEN -Framtagen planlösning

Ju högre upp i åldrarna man kommer desto högre krav ställer man på bekvämlighet. Behovet av bostäder för unga är stort. Attefallshusen inrymmer en bostadsvolym som är acceptabel och till och med önskvärd för många unga som ej samlat på sig så många ägodelar ännu och vill vara på fortsatt fri fot ett tag. Huset har inretts med en öppen social del i entréplan som balanseras med ett badrum samt ett avskilt sovloft. Tankar som influerat utformningen av planlösningen har varit viljan att utveckla ett Attefallshus som lämpar sig som permanentbostad för:

- Unga singlar eller par som allmänt söker sitt första boende hemifrån.
- Studenter som i de större universitetsstäderna faller mellan stolarna i de kommunala bostadsbolagens fleråriga köer för ett förstahandskontrakt.

Vad gäller planlösningens utformning så har den utifrån de geometriska volymbegränsningarna strävat efter att vara så öppen som möjligt. Detta ej på grund av min fanatism för underbara stora ytor, utan enbart av den anledningen att utrymmet är såpass litet som det är. Med enkla lösningar kan detta uppfattas rymligt och stort. Öppenheten yttrar sig i:

- Utsikten via fönstren som sitter på 3 av 4 fasader möjliggör en transparent med tydlig relation till utsidan.
- Flödet i rummet har lagt sig i mitten av huskroppen och dirigerat möblemang och permanenta installationer till planlösningens ytterkanter.
- Förekomsten av 2 dörrar som möjliggör en genomgång från husets ena sida till den andra.
- Att det finns en öppen kommunikation mellan loft och entréplan. Det är lätt hänt att man i jakten på förvaringsyta gör loftet för stort på bekostnad av öppenheten planen emellan.

Inspiration för planlösningarna kommer från erfarenhet av den Svenska marknadens attefallshus.

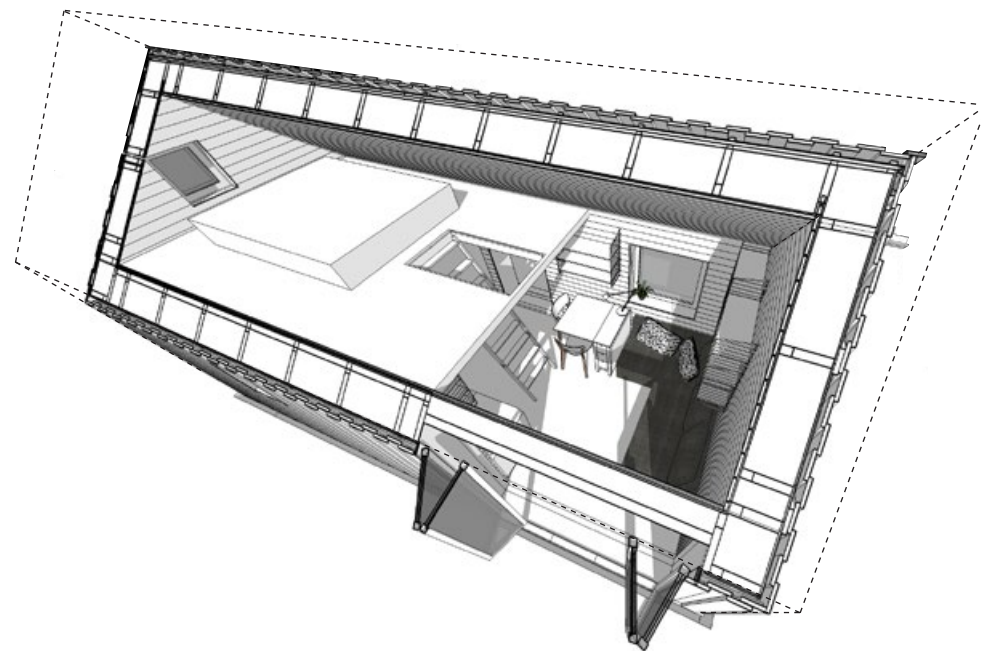
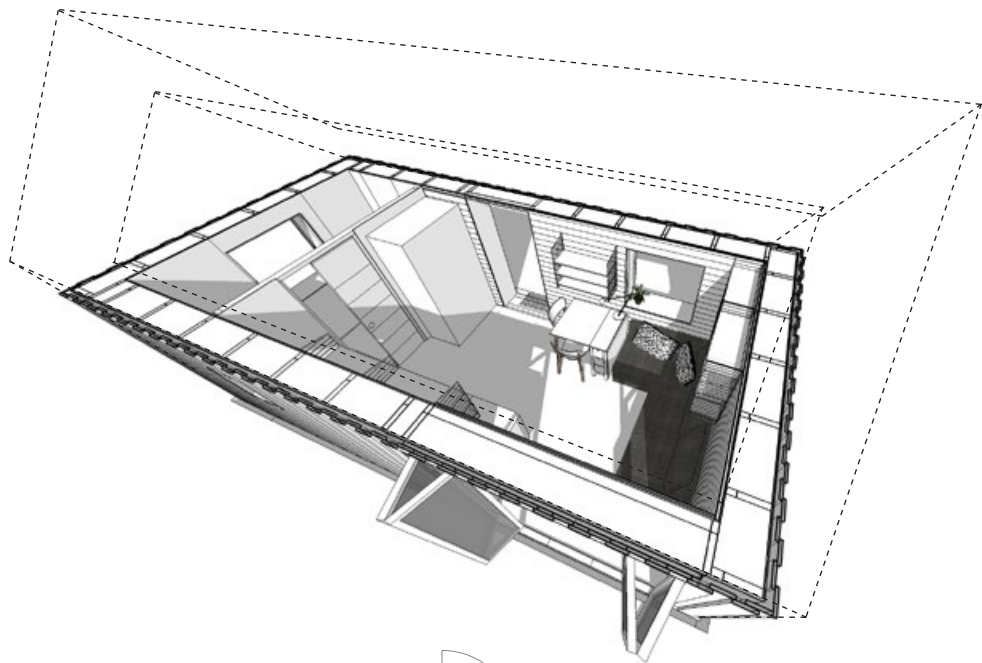
Tur genom huset:

När man ser huset från håll så slås man först av att fasaden tenderar att gå en ganska bra bit ned mot marken (*se snabb skisselevation på nästa sida*), samt att ytterdörren ligger i nivå med omkringliggande mark. Detta gjordes specifikt för att minimera tröskelhöjden till 9 mm för våra rullstolsburna medmänniskor. De rekommenderas ej behöva möta trösklar högre än 15mm.

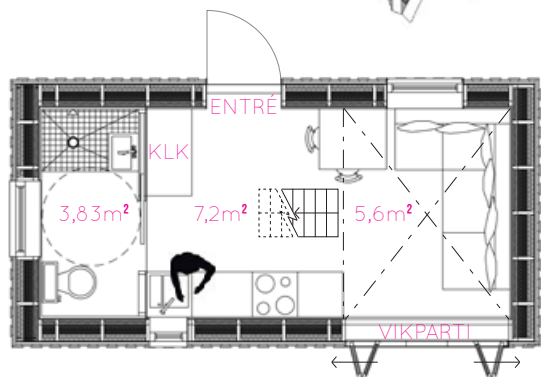
Väl inne i entrén så möts man på bottenplan av köket som breder ut sig på motsatt vägg. Väl inne i entrén så har man en 1200\*600-garderob till sitt höger. Till sitt vänster finns utrymme att ställa upp ett föreslagningsvis kombinerat fällbart köks och skrivbord beroende på om man måste plugga för en tenta

imorgon eller vill äta middag med en lycklig gäst. Till höger finns ett tillgänglighetsanpassat badrum som har möjlighet för installation av modern miniatyrtvättmaskin under handfatet, exempelvis Clatronic MW3101 med YM: h=49.6, b=39.6, d= 34.4 cm.

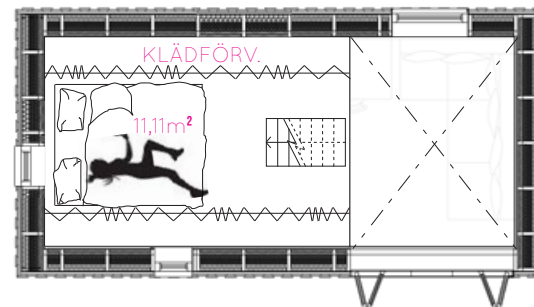
I vardagsrummet har vi en chillhörna som öppnar upp sig mot husets bakgård via ett rikligt vikparti. Vikpartiet tillsammans med ytterdörren erbjuder möjligheten att öppna upp huset i 2 riktningar. Detta för att skapa en axis med en fram och en lika åtråvärd baksida. En sorts möjlighet för de boende att få en "villakänsla" i och med sin uteplats. Vikpartiet i vardagsrummet låter livet mellan väggarna läcka ut, när säsongens temperatur medger, kanske vid fest, eller när man bara vill ta in atmosfären utifrån en stund. Denna bi-axiala lösning lämpar sig främst för större tomter samt gör även huset mer lämpat för placering i delvis eländig terräng. Inne i huset finns även ett loft som lätt nås via en loftstege som fälls ned med ett enkelt ryck i ett snöre.



ENTRÉPLAN  
1:100

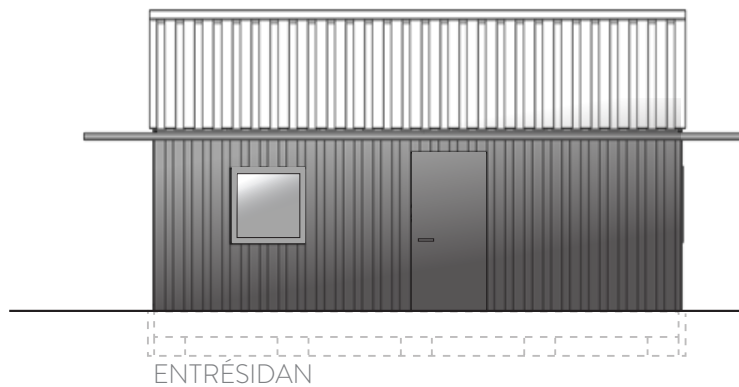
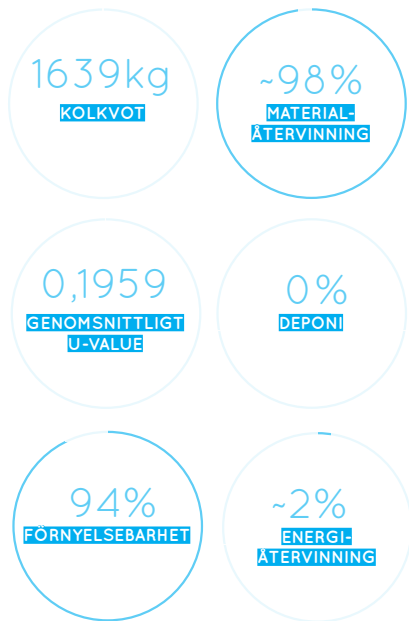


LOFT  
1:100

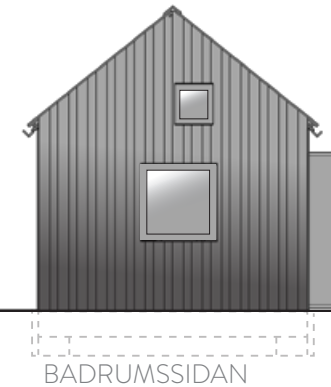


### 2.2.3. UTVECKLING AV FÖRSTA KOMPLETTA SKISSEN -Snabba skisselevationer 1:100

Här ser vi de första skisselevationerna  
ackompanjerade av projektets presta-  
tioner relaterade till de fyra grund-  
värdena just nu.

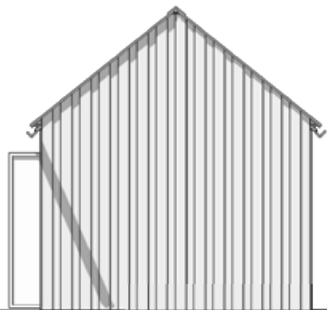


ENTRÉSIDAN

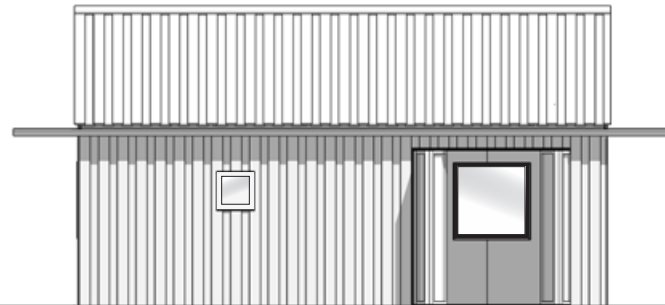


BADRUMSSIDAN





DEN STÄNGDA SIDAN



VARDAGSRUMSSIDAN





### 2.3.1.1. UTVECKLING MILJÖ-VÄNLIGA KONSTRUKTIONER - Vägg och taktyper

Den första skissen som utvecklades i samband med framtagandet av planlösningen i föregående kapitel var "ok" ur alla 4 grundvärden för kolkvot, genomsnittligt U-värde, genomsnittlig förnyelse-, samt återvinningsbarhet.

U-Värdet var dock den minst starka punkten då den ej nådde mitt första mål som var att få fram en skiss som närmar sig standarden för passivhus (det vill säga att nå ett för hela byggnadsskalet genomsnittligt U-värde på stadiga  $U=0,15$  eller lägre).

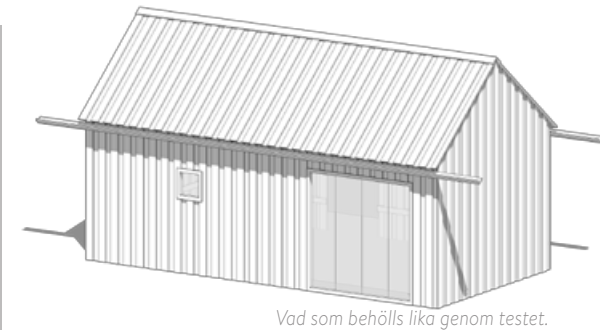
Modellen måste alltså förändras. Detta satte igång behovet av förbättring av konstruktionen utifrån projektets tidigare 4 led-värden. För att göra detta så delar jag i detta kapitel in modellen i en del för vägg/taktyper (för kortas hädanefter till V/T), samt en del som representerar bottenplattorna (B). Mer om bottenplattorna i kapitel 2.3.2.

Inför denna massanalys så behölls vissa saker tvärsigenom. Det som tilläts vara identiskt från ursprungsmodellen var fasaden, brädtaket, strö- och bärläkt, takpapp, ytterdörren, fönstermängden samt deras placering för att behålla planlösningen.

För att utveckla vägg och takkonstruktionerna så gjordes 12st nya iterationer av dessa som alla hade olika mycket trä, plywood, isolermaterial och metall i sig. Inspiration för dessa kom från konventionella passivhusdesignprinciper om köldbryggebrytningar och energi-optimering. Utgick ifrån erfarenhet av Tyska exempel samt tittade på presentationsmaterial från SWECO<sup>42</sup> och ISOVER. Dessa vägg- och taktyper delades in i 4st familjer där konstruktionen skiljde sig åt. Vägg/taktyperna 1.1, 2.1, 3.1 samt 4.1 är alla "kontrollsubjekt" i början av varje familj som fungerar som en sorts länk till verkligheten genom att framställas med mer konventionella byggmaterial såsom glasfiber, gips och diffusionsspärrar i plast.

VÄGG-TAKTYP	ISOLERING
#1.1	GLASFIBER
#1.2	TRÄULL
#1.3	LINULL
#2.1	GLASFIBER
#2.2	TRÄULL
#2.3	LINULL
#3.1	GLASFIBER
#3.2	TRÄULL
#3.3	LINULL
#4.1	GLASFIBER
#4.2	TRÄULL
#4.3	LINULL

Till varje väggtyp så gjordes en taktyp av motsvarande konstruktionsprincip då det är tämligen viktigt att de är lika varandra för optimal mekanisk hållfasthet. Varje modell har byggts upp utifrån faktiska byggprodukters dimensioner i den offentliga byggvaruhandeln. Ett av målen inom varje familj för V/T-typerna var att uppnå så låga U-värden som möjligt på minsta möjliga byggvolym för att på så sätt ge mer utrymme åt BOA'n, förutsatt att det inte hade negativa influenser på projektets 3 andra grundvärden.



#### VÄGG/TAKTYP#1

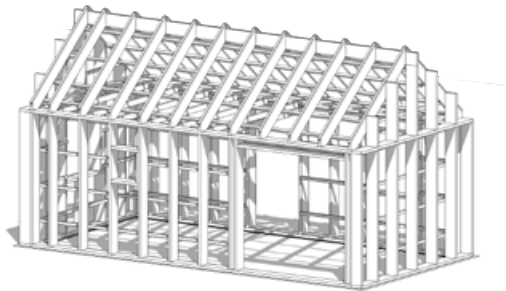
Dessa 3 vägg/taktyperna är byggda på mer traditionellt vis med "single-stud"-stomme.

#### TAK/VÄGGTYP#2

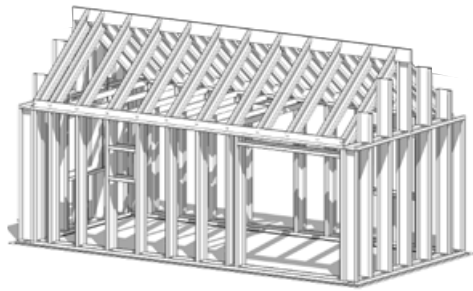
Dessa 3 V/T använder en minimaliserad "double-stud"-stomme som ges lateral styvhet tack vare plywood som minimerar köldbryggan.

#### TAK/VÄGGTYP#3

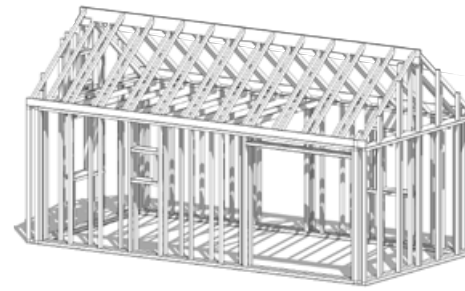
Dessa 3 använder en vanlig "double stud"-stomme med bruten köldbrygga emellan.



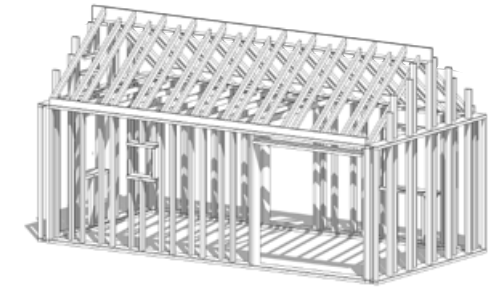
Representativ stommodell för Vagg/taktyp 1.1-->1.3.  
Måtten varierade beroende på isolermaterial.



Representativ stommodell för Vagg/taktyp 2.1-->2.3.  
Måtten varierade beroende på isolermaterial.



Representativ stommodell för Vagg/taktyp 3.1-->3.3.  
Måtten varierade beroende på isolermaterial.



Representativ stommodell för Vagg/taktyp 4.1-->4.3.  
Måtten varierade beroende på isolermaterial.

#### TAK/VÄGGTYP#4

Dessa 3 V/T använder en "double stud"-stomme med bruten köldbrygga emellan, fast med kraftigare dimensioner på både isolering och stomme.

Målen som vägledde mig genom utvecklingen av konstruktionerna var först och främst de fyra grundvärdena för projektet :

1. Att uppnå en så bra kolkvot som möjligt.
2. Att vara så förnyelsebart som möjligt
3. Att uppnå så lågt U-värde som möjligt.

4. Att vara så återvinningsbart som möjligt.

Vidare vägleddes utformningen av konstruktionerna av ytterligare värden :

5. Får inte vara giftigt.
6. Måste till 70+ volymprocent gå att materialåtervinna.
7. Bör uppnå bästa möjliga U-värde på minsta möjliga tjocklek för att spara värdefull volym och konstruktionskostnader.
8. Bör ej ha skenande materialpriser.
9. Måste vara tämligen lättbyggt.

Punkt 5 gjorde att jag valde bort populära, men även giftiga isolermaterial som

polyurethanskum som med tiden avger partiklar till inomhusmiljön.

Punkt 7 gjorde att jag valde bort isolermaterial som höbalar, trots att de kräver så extremt lite CO<sub>2</sub>e för att produceras (0.1kg CO<sub>2</sub>e /kg användbart hö<sup>10</sup>). De hade helt enkelt för svagt U-värde för att lämpa sig i ett projekt av denna lilla skala där mängden BOA är en bristvara.

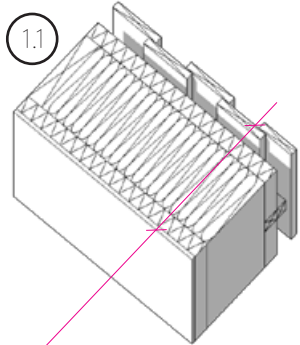
Punkt 7 till 9 har med projektets byggkostnader att göra. Ett steg för att göra något mer lättbyggt är att hålla sig till

de ursprungliga standardmått för inköpt material. Detta minimerar arbetstiden på plats samt minskar virkesspillet.

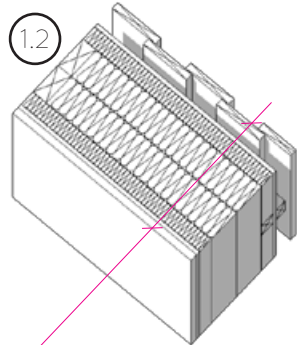
På följande 2 sidor så kommer ni se detaljsnitt för samtliga 12st V/T-, och 4st B-typer samt vilka U-värden respektive typ har. U-värdena beräknades med IDA-ICE 4.7 beta.

Detaljsnitten representerar minsta gemensamma upprepade nämnare konstruktionen igenom.

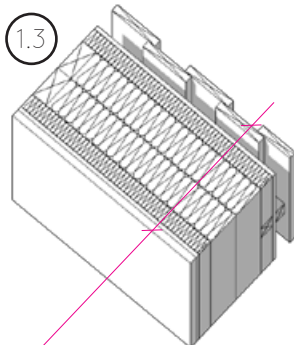
**2.3.1.2 UTVECKLING MILJÖ-  
VÄNLIGA KONSTRUKTIONER**  
-Detaljer för V/T i 1:20



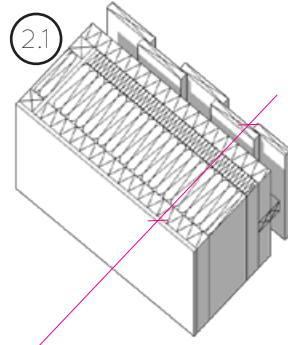
**U-VÄRDE 0,1076**  
21mm PANEL  
34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
<1mm TYVEK VINDDUK  
45mm POLYSTYRÉN  
220mm GLASFIBER  
<1mm ÅNGSPÄRR  
45mm POLYSTYRÉN  
13mm GIPS



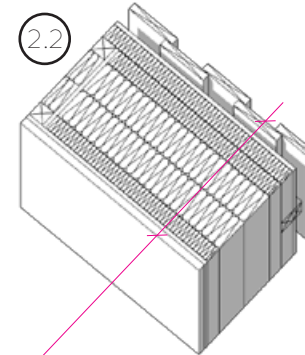
**U-VÄRDE 0,1262**  
21mm PANEL  
34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
11mm PLYWOOD  
45mm TRÄULL  
95mm TRÄULL  
95mm LINULL  
<1mm ÅNGBROMS  
45mm TRÄULL  
11mm PLYWOOD  
22mm RÅSPONT



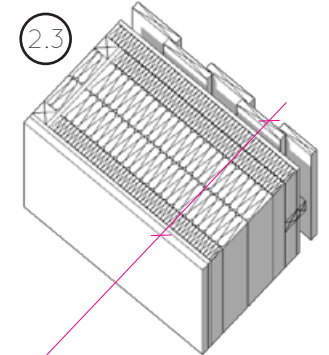
**U-VÄRDE 0,1369**  
21mm PANEL  
34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
11mm PLYWOOD  
45mm LINULL  
95mm LINULL  
95mm TRÄULL  
<1mm ÅNGBROMS  
45mm TRÄULL  
11mm PLYWOOD  
22mm RÅSPONT



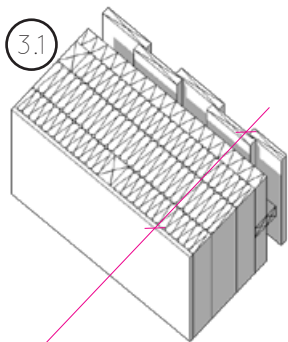
**U-VÄRDE 0,1373**  
21mm PANEL  
34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
11mm PLYWOOD  
<1mm TYVEK VINDDUK  
45mm POLYSTYRÉN  
45mm GLASFIBER  
145mm GLASFIBER  
<1mm ÅNGSPÄRR  
45mm GLASFIBER  
13mm GIPS



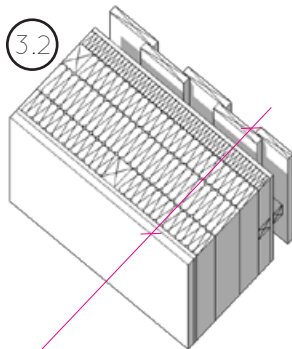
**U-VÄRDE 0,1097**  
21mm PANEL  
34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
11mm PLYWOOD  
45mm TRÄULL  
45mm TRÄULL  
95mm TRÄULL  
95mm TRÄULL  
<1mm ÅNGBROMS  
45mm TRÄULL  
11mm PLYWOOD  
21mm RÅSPONT



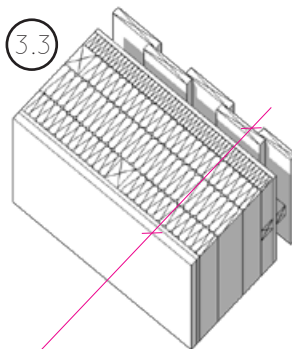
**U-VÄRDE 0,1153**  
21mm PANEL  
34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
11mm PLYWOOD  
45mm LINULL  
45mm LINULL  
95mm LINULL  
95mm LINULL  
<1mm ÅNGBROMS  
45mm LINULL  
11mm PLYWOOD  
21mm RÅSPONT



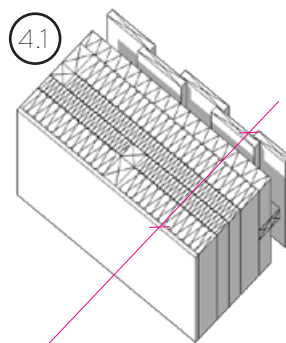
**U-VÄRDE 0,1337**  
 21mm PANEL  
 34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
 <1mm TYVEK VINDDUK  
 45mm POLYSTYRÉN  
 70mm GLASFIBER  
 95mm GLASFIBER  
 <1mm ÅNGSPÄRR  
 70mm GLASFIBER  
 13mm GIPS



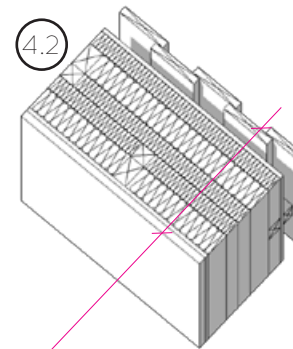
**U-VÄRDE 0,1233**  
 21mm PÄNEL  
 34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
 11mm PLYWOOD  
 45mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 95mm TRÄULL  
 <1mm ÅNGBROMS  
 70mm TRÄULL  
 11mm PLYWOOD  
 21mm RÅSPONT



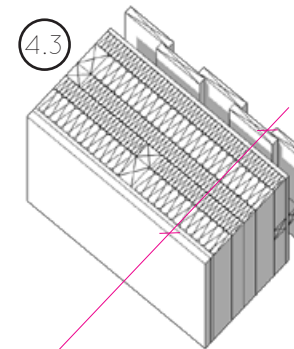
**U-VÄRDE 0,1293**  
 21mm PÄNEL  
 34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
 11mm PLYWOOD  
 45mm LINULL  
 70mm LINULL  
 95mm LINULL  
 <1mm ÅNGBROMS  
 70mm LINULL  
 11mm PLYWOOD  
 21mm RÅSPONT



**U-VÄRDE 0,1412**  
 21mm PANEL  
 34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
 <1mm TYVEK VINDDUK  
 45mm POLYSTYRÉN  
 70mm GLASFIBER  
 45mm GLASFIBER  
 <1mm ÅNGSPÄRR  
 45mm GLASFIBER  
 70mm GLASFIBER  
 13mm GIPS



**U-VÄRDE 0,1271**  
 21mm PÄNEL  
 34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
 11mm PLYWOOD  
 45mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 45mm TRÄULL  
 <1mm ÅNGBROMS  
 45mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 11mm PLYWOOD  
 21mm RÅSPONT



**U-VÄRDE 0,1332**  
 21mm PANEL  
 34mm SPIKLÄKT/LUFTSPALT  
 11mm PLYWOOD  
 45mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 45mm TRÄULL  
 <1mm ÅNGBROMS  
 45mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 11mm PLYWOOD  
 21mm RÅSPONT

### 2.3.2.1 UTVECKLING MILJÖ- VÄNLIGA KONSTRUKTIONER - Bottenplattetyper (B)

Utöver V/T-typerna så utvecklades även 4st olika bottenplattor (*förkortas som B hädanefter*) som alla synes längst till höger. Utvecklingen av V/T-typerna lärde mig att linull var en jämförbart dålig byggingrediens och involverades därmed inte i utvecklingen av bottenplattorna (*mer om det i diskussionsdelen för testresultaten*).

Utvecklingen av bottenplattorna skiljer sig åt från V/T då strävan för ett lågt genomsnittligt U-värde fortfarande var stor, men inte lika viktig. Detta har att göra med att värmen stiger uppåt i huset. Av alla byggkomponenter som ingår i ett fristående hus, så är isolerförmågan i tak och väggar litet viktigare. Det är därför som taket brukar isoleras mest i vanliga Svenska villor. Det man här bör prioritera litet högre i bottenplattorna är att man minimerar köldbryggorna, samt reducerar fuktbildning, varför

bl.a. ångspärrar/bromsar ej förekommer här. Tabellen direkt nedan visar vilka huvudsakliga isolermaterial som förekommer i bottenplattorna till höger.

BOTTENPLATTA	ISOLERING
#1.1	TRÄULL/POLYSTYREN
#1.2	TRÄULL
#1.3	TRÄULL
#1.4	GLASFIBER/POLYSTYREN

På nästföljande sidor så kommer alla potentiella modellkombinationer mellan alla V/T-typer på föregående sidor samt alla B-typer till höger demonstreras. Analyserna kommer ta avstamp projektets 4 grundvärden som relaterar till LCA:

*“Före tillkomsten”*

Till vilken andel är huset förnyelsebart?

*“Vid tillkomsten”*

Är koldioxidkvoten positiv eller negativ under produktionsstadiet?

*“Under levnadstiden”*

Hur presterar huset energimässigt under dess brukstid? U-värden.

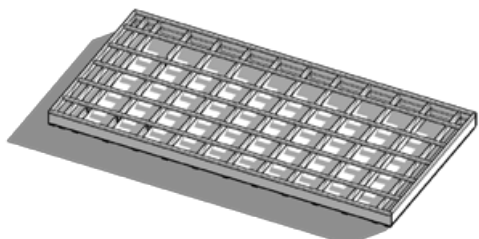
*“Efter levnadstiden”*

Till vilken andel kan huset materialåtervinnas?

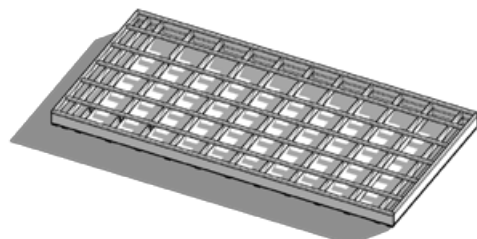
I samtliga av de kommande 4 stapel-diagrammen, förutom den för U-värdena, så betyder en hög stapel ett bättre resultat. Efteråt så summeras de upp i ett gemensamt diagram som visar på trender och riktningar av resultat där man ser till vilken nivå som varje modellkombination presterade i respektive analys.

Nivån av prestationerna uppmäts i en skala på rank 1-5, 5-10, samt övriga 38. Samtliga rankade ligger löst inom någon av ovannämnda kategorier. Bara rankade resultat mellan 1-10 markeras med en cirkel.

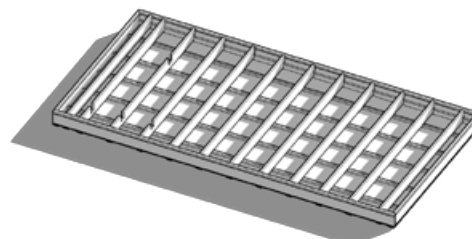
**-Bottenplattor (B) 1:150**



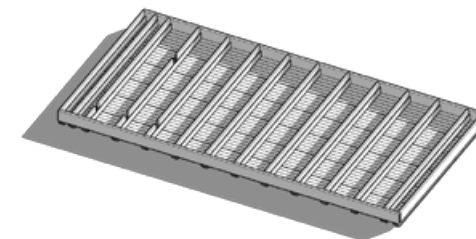
Representativ stommodel för bottenplatta 1.1



Representativ stommodel för bottenplatta 1.2.



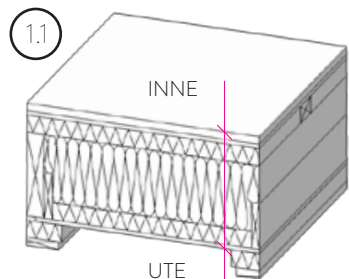
Representativ stommodel för bottenplatta 1.3.



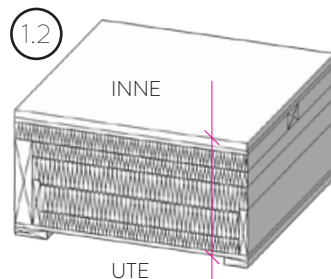
Representativ stommodel för bottenplatta 1.4.

**2.3.2.2 UTVECKLING MILJÖVÄNLIGA KONSTRUKTIONER**

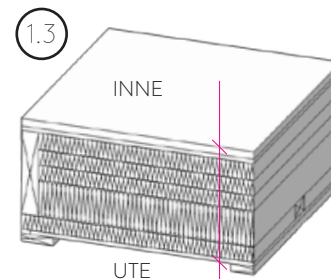
**-Detaljer för B i 1:20**



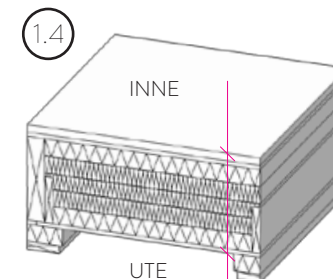
**U-VÄRDE 0,1636**  
 21mm TRÄ  
 11mm PLYWOOD  
 45mm POLYSTYRÉN  
 175mm GLASFIBER  
 45mm POLYSTYRÉN  
 11mm PLYWOOD



**U-VÄRDE 0,1161**  
 21mm TRÄ  
 11mm PLYWOOD  
 45mm TRÄULL  
 40mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 70mm TRÄULL  
 40mm TRÄULL  
 11mm PLYWOOD



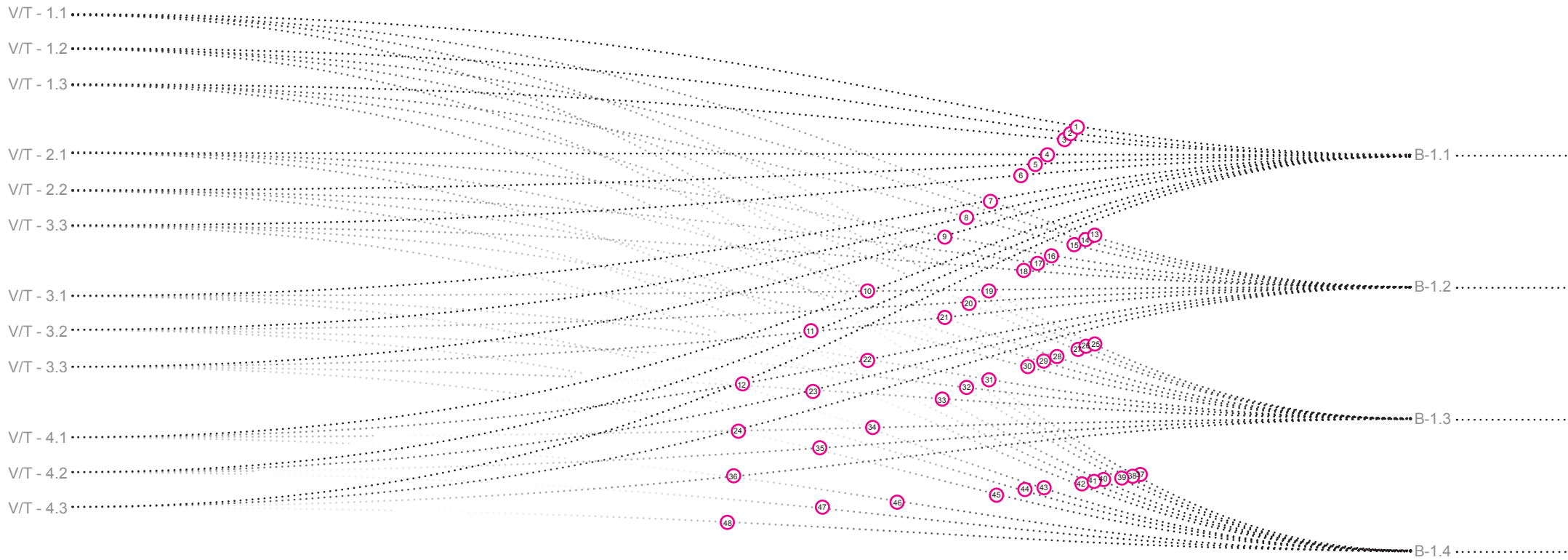
**U-VÄRDE 0,1137**  
 21mm TRÄ  
 11mm PLYWOOD  
 45mm TRÄULL  
 40mm TRÄULL  
 40mm TRÄULL  
 95mm TRÄULL  
 45mm TRÄULL  
 11mm PLYWOOD

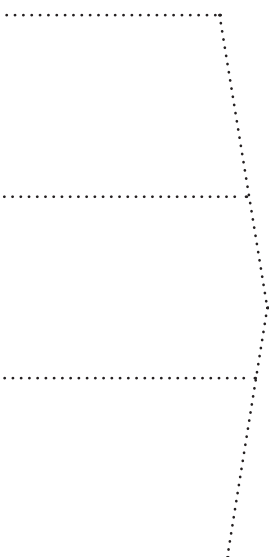


**U-VÄRDE 0,1697**  
 21mm TRÄ  
 11mm PLYWOOD  
 45mm POLYSTYRÉN  
 45mm GLASFIBER  
 40mm GLASFIBER  
 45mm GLASFIBER  
 45mm POLYSTYRÉN  
 11mm PLYWOOD



2.4.1.  
MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER  
-Modelkombinationer



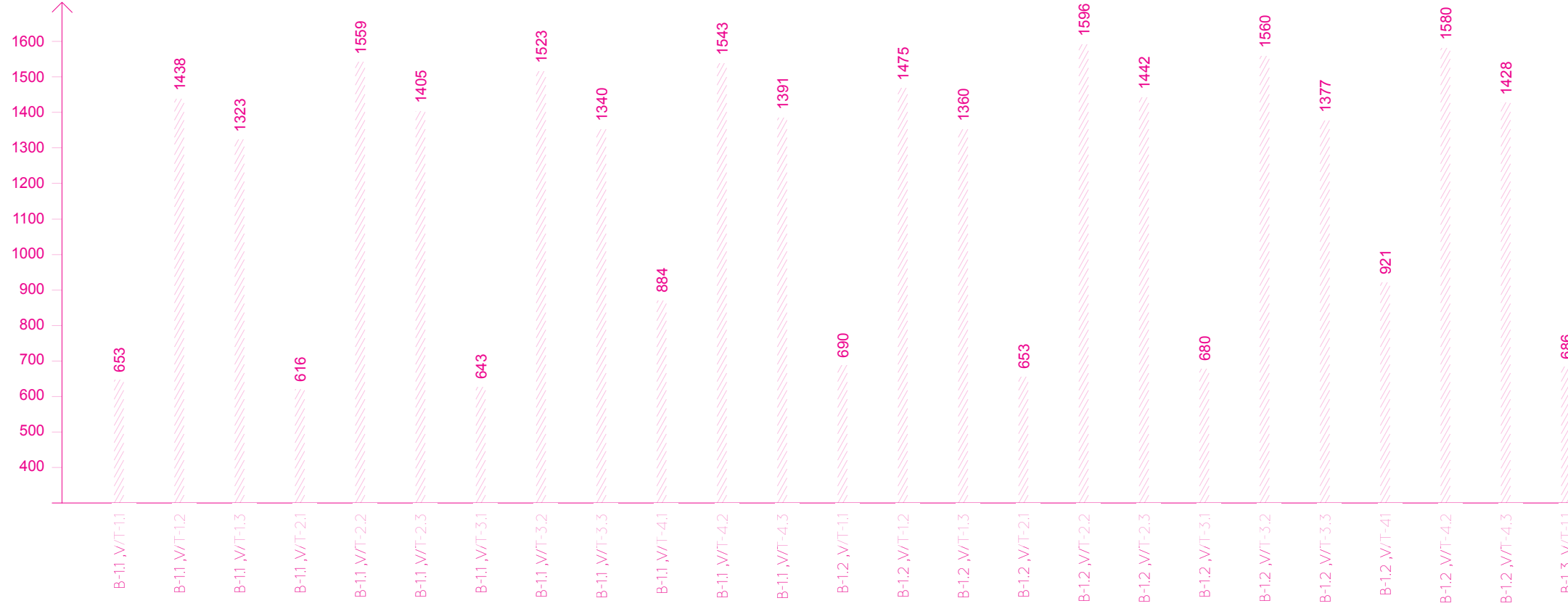


- |                  |                  |                   |                   |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| ① B-1.1 ,V/T-1.1 | ⑬ B-1.2 ,V/T-1.1 | ⑫⑤ B-1.3 ,V/T-1.1 | ⑳⑦ B-1.4 ,V/T-1.1 |
| ② B-1.1 ,V/T-1.2 | ⑭ B-1.2 ,V/T-1.2 | ⑫⑥ B-1.3 ,V/T-1.2 | ⑳⑧ B-1.4 ,V/T-1.2 |
| ③ B-1.1 ,V/T-1.3 | ⑮ B-1.2 ,V/T-1.3 | ⑫⑦ B-1.3 ,V/T-1.3 | ⑳⑨ B-1.4 ,V/T-1.3 |
| ④ B-1.1 ,V/T-2.1 | ⑯ B-1.2 ,V/T-2.1 | ⑫⑧ B-1.3 ,V/T-2.1 | ⑳⑩ B-1.4 ,V/T-2.1 |
| ⑤ B-1.1 ,V/T-2.2 | ⑰ B-1.2 ,V/T-2.2 | ⑫⑨ B-1.3 ,V/T-2.2 | ⑳⑪ B-1.4 ,V/T-2.2 |
| ⑥ B-1.1 ,V/T-2.3 | ⑱ B-1.2 ,V/T-2.3 | ⑬⑩ B-1.3 ,V/T-2.3 | ⑳⑫ B-1.4 ,V/T-2.3 |
| ⑦ B-1.1 ,V/T-3.1 | ⑲ B-1.2 ,V/T-3.1 | ⑬⑪ B-1.3 ,V/T-3.1 | ⑳⑬ B-1.4 ,V/T-3.1 |
| ⑧ B-1.1 ,V/T-3.2 | ⑳ B-1.2 ,V/T-3.2 | ⑬⑫ B-1.3 ,V/T-3.2 | ⑳⑭ B-1.4 ,V/T-3.2 |
| ⑨ B-1.1 ,V/T-3.3 | ㉑ B-1.2 ,V/T-3.3 | ⑬⑬ B-1.3 ,V/T-3.3 | ⑳⑮ B-1.4 ,V/T-3.3 |
| ⑩ B-1.1 ,V/T-4.1 | ㉒ B-1.2 ,V/T-4.1 | ⑬⑭ B-1.3 ,V/T-4.1 | ⑳⑯ B-1.4 ,V/T-4.1 |
| ⑪ B-1.1 ,V/T-4.2 | ㉓ B-1.2 ,V/T-4.2 | ⑬⑮ B-1.3 ,V/T-4.2 | ⑳⑰ B-1.4 ,V/T-4.2 |
| ⑫ B-1.1 ,V/T-4.3 | ㉔ B-1.2 ,V/T-4.3 | ⑬⑯ B-1.3 ,V/T-4.3 | ⑳⑱ B-1.4 ,V/T-4.3 |

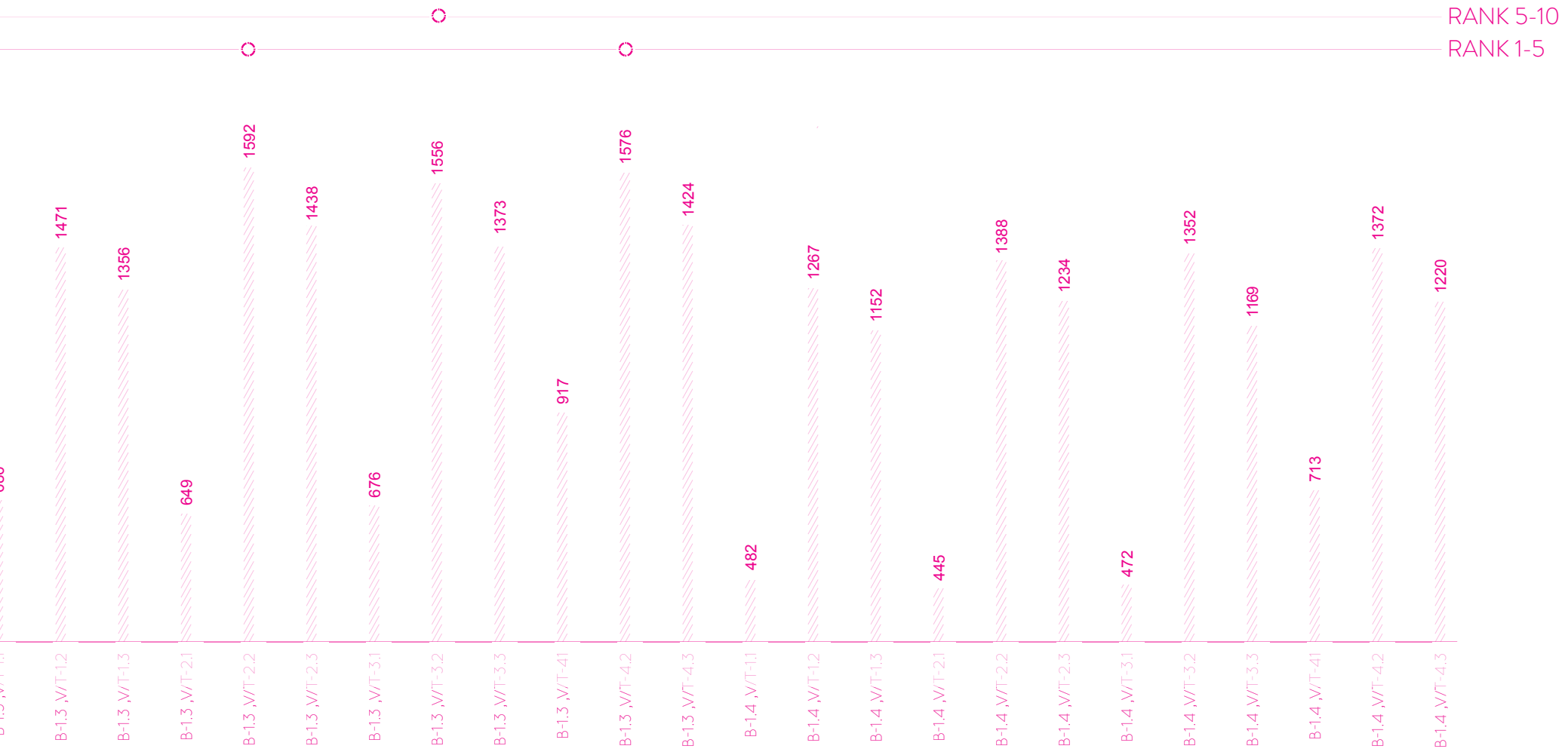
*Till vänster har vi nu alla modellkombinationer som skall testas utifrån kolkvotsaspekten, U-värde, återvinningsbarhet och förnyelsebarhet.*

2.4.2. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER  
-Resultat kolkvoter för 48 modellkombinationer

KOLKVOT (KG)

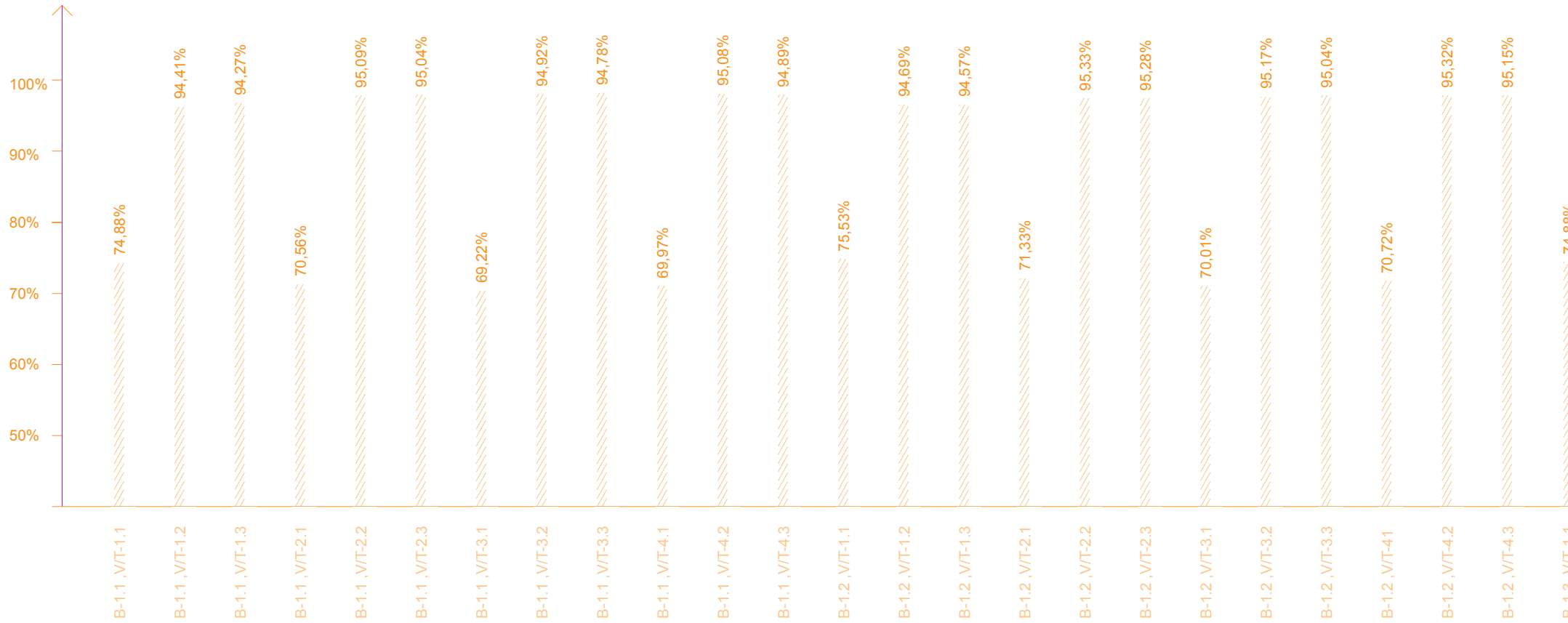


Detta diagrammet summerar kolkvoterna för samtliga modellkombinationer mellan bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3). Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 respektive 6-10.

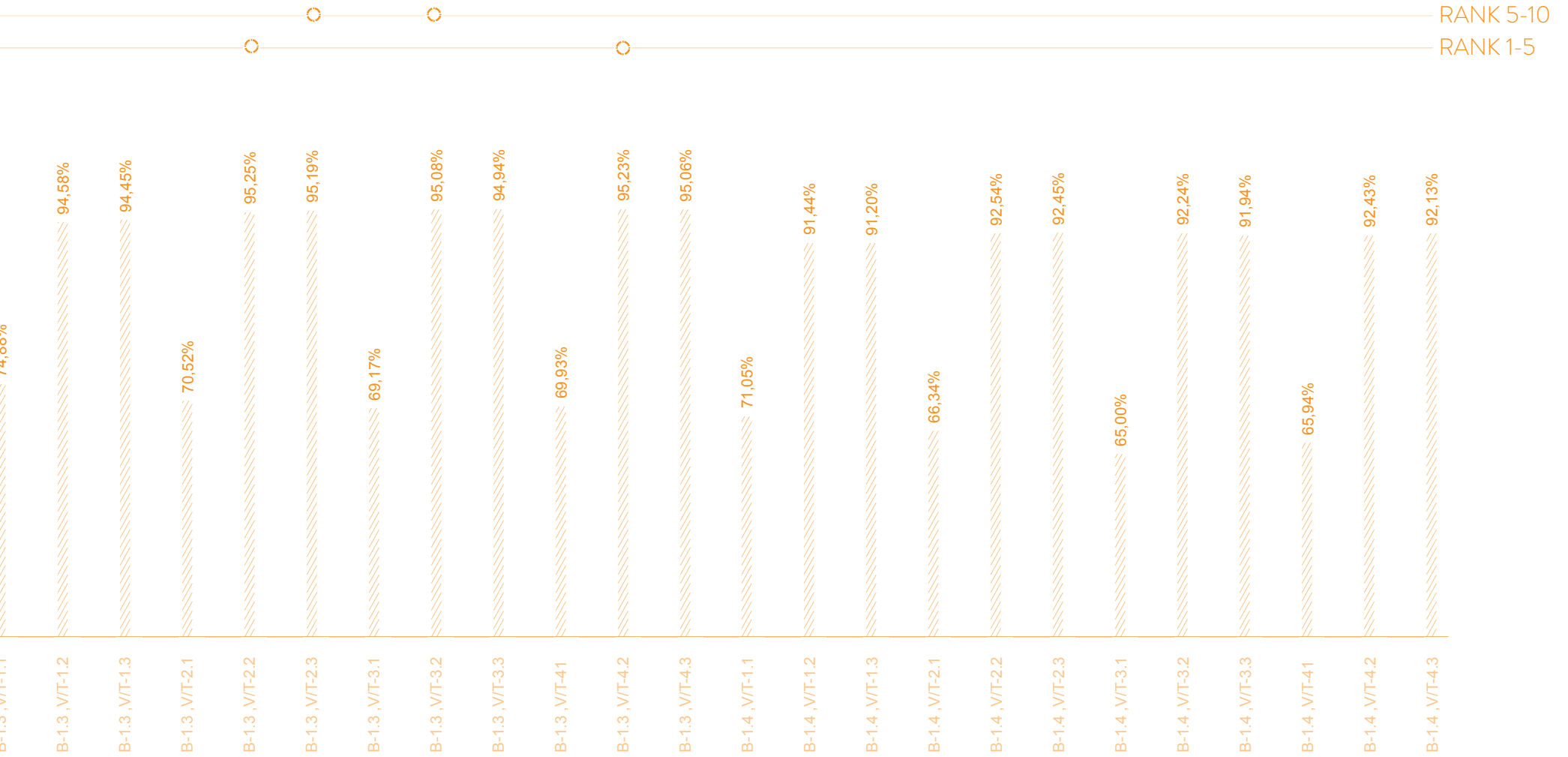


**2.4.3. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER**  
**-Resultat förnyelsebarhet för 48 modellkombinationer**

% FÖRNYELSEBARA MATERIAL

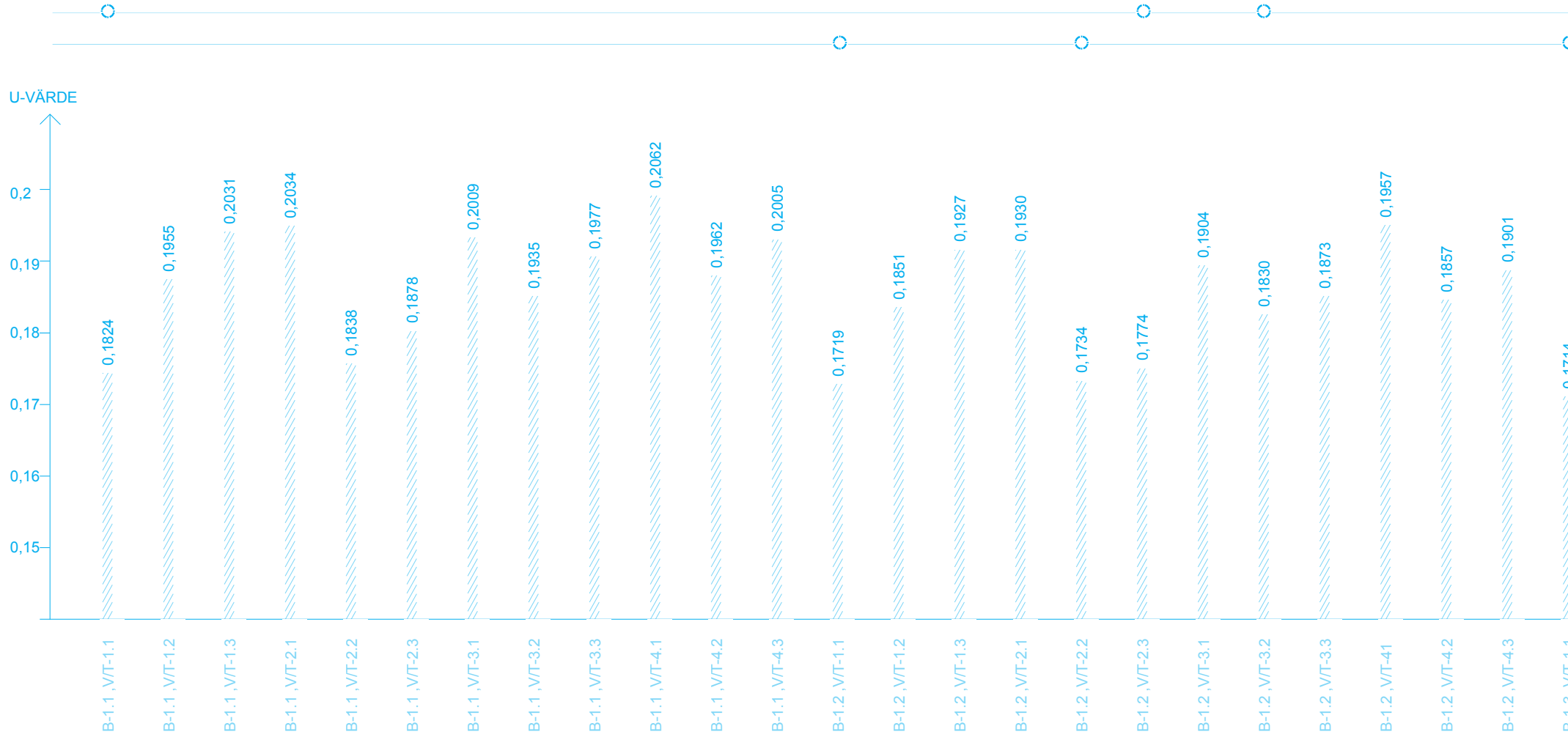


Detta diagrammet summerar andelen förnyelsebara material för samtliga modellkombinationer mellan bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3). Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 respektive 6-10.

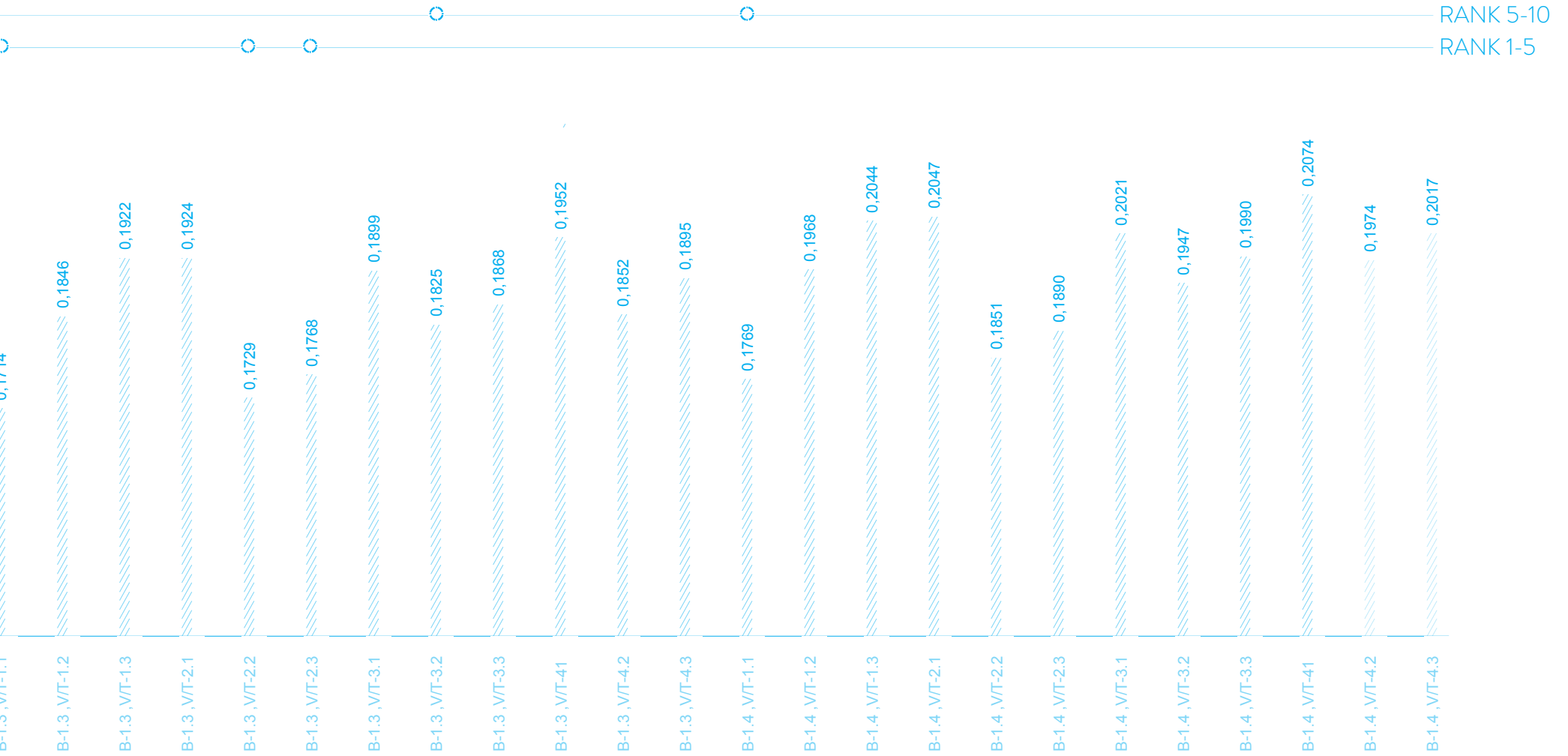




**2.4.4. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER**  
**-Resultat U-värden för 48 modellkombinationer**

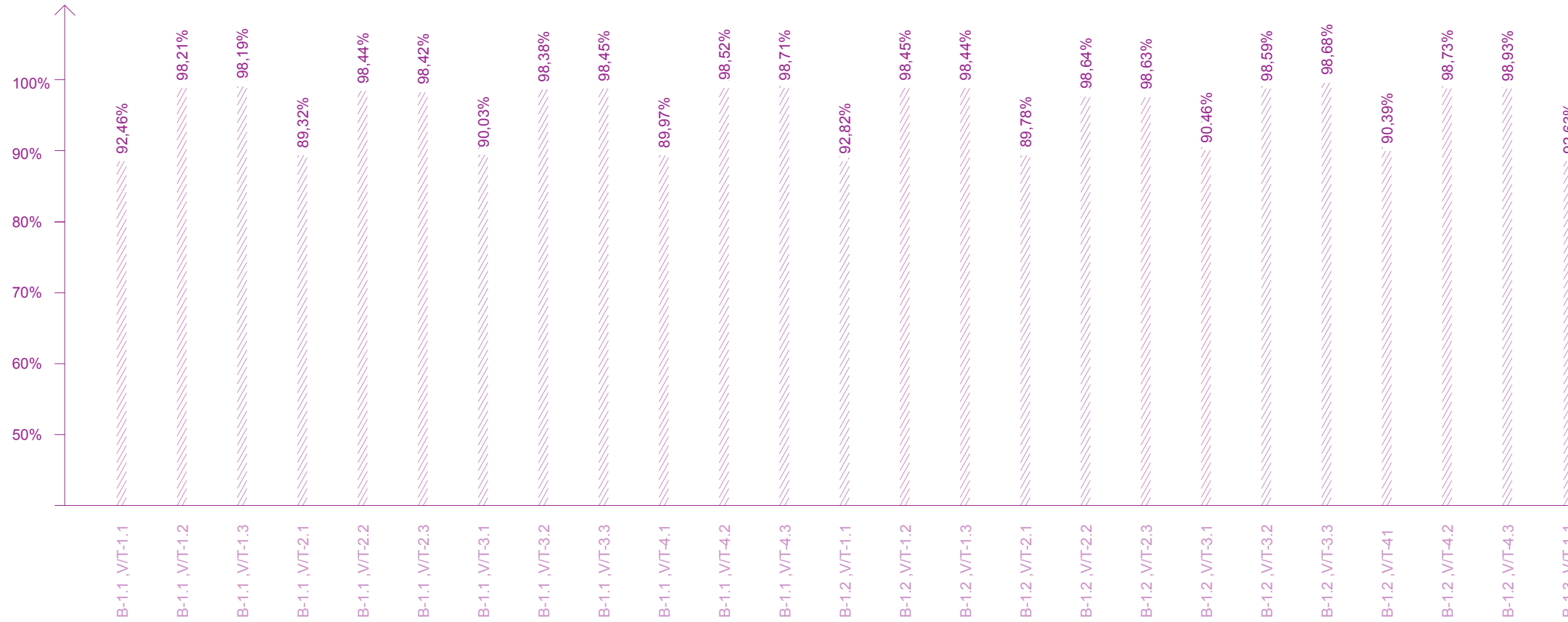


Detta diagrammet summerar det genomsnittliga U-värdet för samtliga modellkombinationer mellan bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3). Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 respektive 6-10.

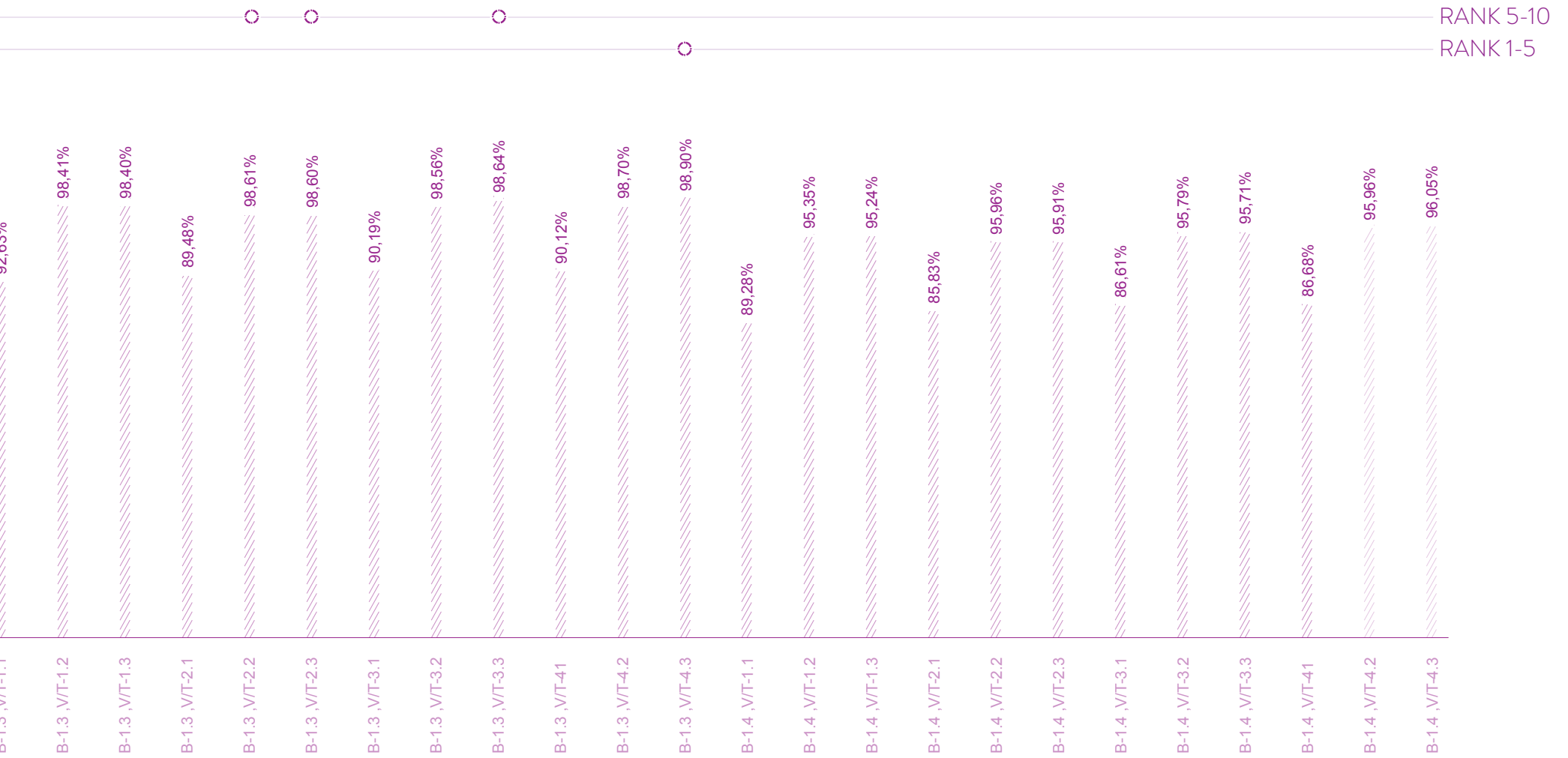


**2.4.5. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER**  
**-Resultat materialåtervinningsbarhet för 48 modellkombinationer**

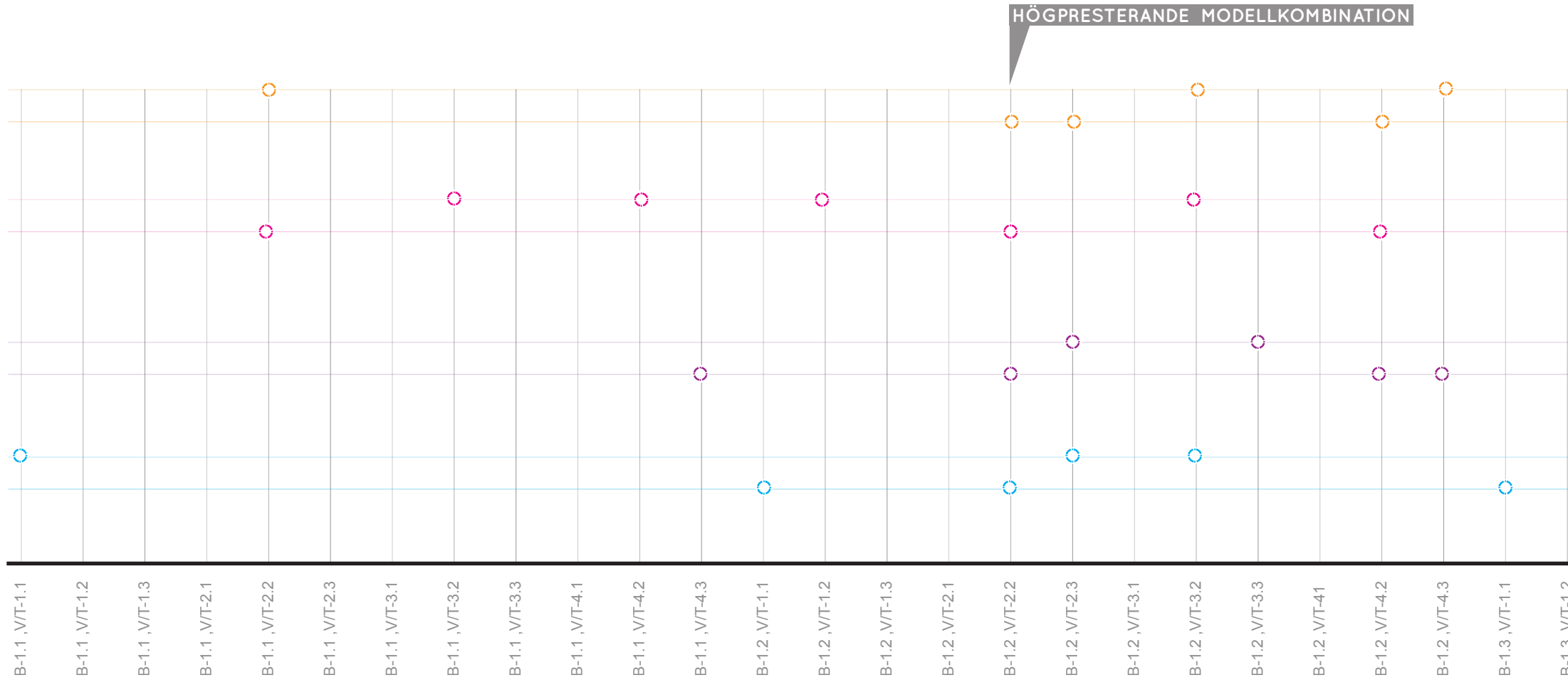
% MATERIAL-ÅTERVINNING



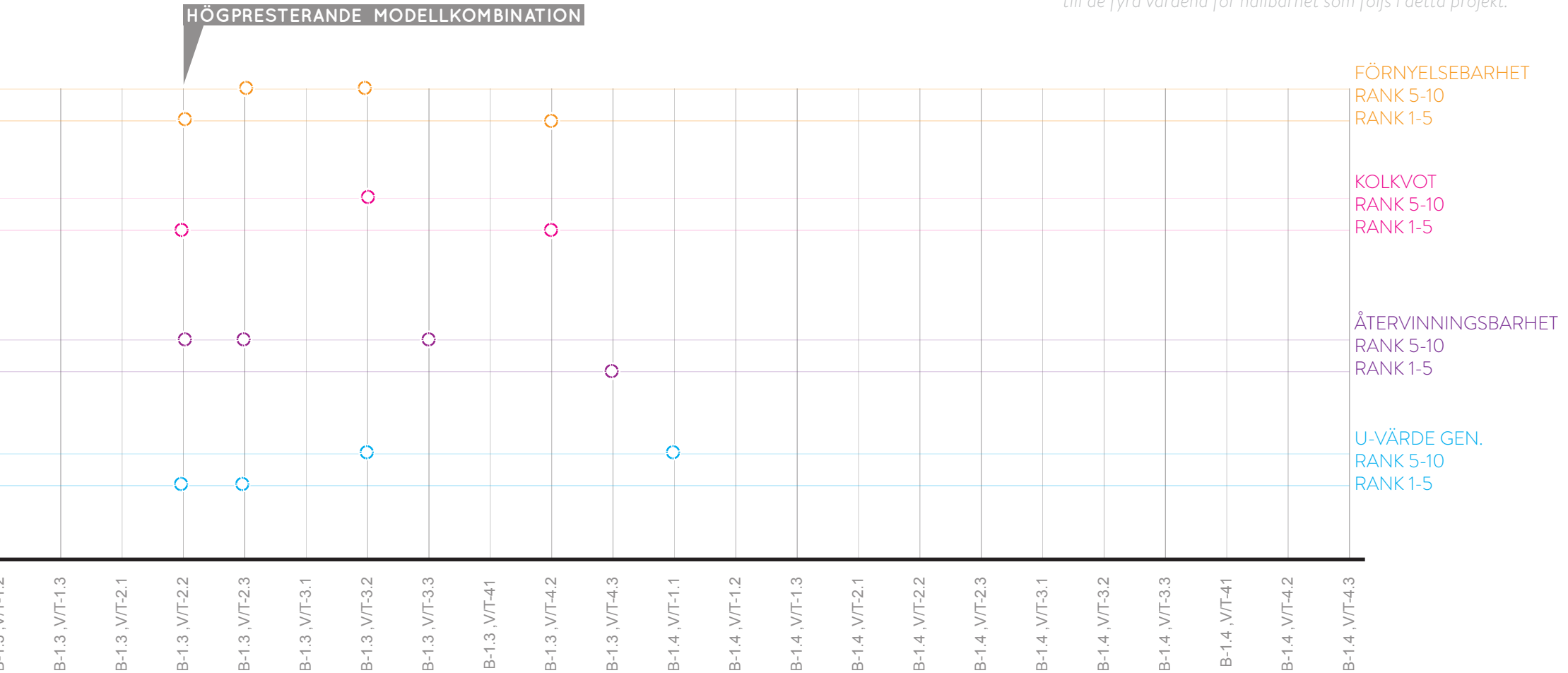
Detta diagrammet summerar den genomsnittliga materialåtervinningsbarheten för samtliga modellkombinationer mellan bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3). Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 respektive 6-10.



2.4.6. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER  
-Sammanställning av resultat för alla de 4 värdena



Detta diagrammet sammanställer resultaten för de 4 föregående massanalyserna. Syftet med denna sammanställning är att tydligare visa samtliga bottenplattors koppling till de fyra värdena för hållbarhet som följs i detta projekt.





## 2.4.7. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER -Diskussion kring resultat

### Testets upplägg

Samtliga 48st modellkombinationer har här granskats utifrån projektets 4 grundvärden. I beräkningarna så ingår jämförelser mellan 4st olika bottenplattor samt 12st olika vägg/taktyper. Till vägg/taktyperna så innefattas öppningsbara fönster av trästomme samt en ytterdörr som alla baseras på den genomsnittliga materialkompositionen för flertalet undersökta byggvarudeklarationer (se referenser till dessa i Bilaga-A). Altandörren i fråga antas bestå av samma materialkomposition som träfönstren.

För att få ett bredare spektrum på analysresultaten och lättare kunna relatera dem till verkligheten så skapades ett kontrollsubjekt (V/T-1.1, V/T-2.1, V/T-3.1, V/T-4.1) inom var och en av de 4 familjerna för vägg/taktyperna, samt 2st för bottenplattorna (B-1.1 samt B-1.4). Dessa kontrollsubjekten är snäppet mer konventionella med sitt val av glasfiber och polystyrén som isolermaterial, ångspärrar av

plast, det slösaktiga bruket av metall vid möten mellan vägg/tak och bottenplatta.

Övriga modeller skapades med målet att reducera metallmängden samt använda så lite icke-förnyelsebara-, och maximalt återvinningsbara material som möjligt.

För att snabbt kunna ta till sig resultaten från massanalysen så presenteras alla fakta först i grafiskt lättsmälta staplar där man visuellt kan skönja prestationerna och jämföra dom redan innan man börjar läsa, därefter i en sammanställningsmatrix.

I samtliga av diagrammen, förutom den för U-värdena, så betyder en hög stapel ett bättre resultat.

De bästa modellkombinationerna markerades inom varje kategori med en ring för att synliggöra trender i prestationer samt för att lättare bli varse överlappningar i diagrammet för sammanslagna resultat som förekommer på föregående sida.

Inom varje kategori så rankades från början

endast de 5 bästa modellkombinationerna, vilket gav samma 2 vinnare som nu. För att tydligare utröna bredare tendenser för vilka konstruktionstyper som hade genomslag eller inte så kom behovet av att utöka vinnarstapeln inom varje undersökt kategori till att innefatta de 10 bästa modellkombinationerna.

Vinnarna delades in i "top rank 1-5" eller "rank 5-10". Vinnarstapeln behövde även utökas till totalt 10 stycken då skillnaden mellan de som kvalade in i plats 5-10 ibland var minimal, och därmed hade förmedlat tendenser för bra konstruktionstyper på ett sämre sätt. Se t.ex. diagrammet för U-värden där skillnaden mellan det bästa resultatet  $U=0,1714$  (i B-1.3, V/T-1.1) var väldigt nära det tionde bästa resultatet på  $0,1830$  (B-1.2, V/T-3.2). Den som kom på tionde plats är därmed inte dålig bara för att den inte var bäst eller ens i rank 1-5.

### Oväntade resultat

Något mycket oväntat var att när jag ställde upp beräkningarna för mer eller mindre stereotypa konstruktionsexempel (kontrollsubjekten), så visade det sig att

dessa fortfarande presterade inom ramen för att absorbera mer koldioxid än de släppte ut under produktionsstadiet. Se de lägsta staplarna i kolkvotsdiagrammet, de är alla fortfarande positiva. Sett till den redan lilla skalan av ett Attefallshus, så absorberade den minst bra modellkombinationen (B-1.4+V/T-2.1) hela 445kg mer kol, eller 1,63 ton mer CO<sub>2</sub>e än vad som släpptes ut för att producera dess material.

Utifrån kolkvoten så absorberade den i testet bästa kombinationen (B-1.2 +V/T-2.2) hela 1592kg kol, eller 5,83 ton mer CO<sub>2</sub> än vad som släpptes ut vid produktion.

Hade man här dock byggt ett mer normalt byggnadsskal som inte absorberar något kol vid produktion, så hade värdena sett mycket sämre ut. Som exempel, man hade använt ett tak av plåt-, betongpanne eller tegel med takpapp, gjutit en bottenplatta av betong och armering eller haft eternitplattor i fasaden så hade värdena rasat. Mängden trä i förhållande till andra byggprodukter är en starkt påverkande faktor för projektets grundvärden utom

U-värdet. Det är därmed nära tillhands att dra slutsatsen att

*“mer sågat trä är nästan uteslutande bättre för ett projekts miljöprestation ur ett LCA-perspektiv”.*

Valet av isolering spelade en mindre sensationell roll för projektets energibesparingar under brukstiden. Detta då lambdavärdena är relativt lika för de jämförda isolermaterialen glasfiber, trä- och linull. Spannet för de genomsnittliga U-värdena hos modellkombinationerna blev totalt sett ganska litet ( $U = \pm 0,03$ ).

Valet av isolering spelade dock en mycket större roll för projektets kolkvot samt procentuella återvinningsbarhet och förnyelsebarhet.

Den största fluktuationen för projektets samtliga 4 grundvärden kan i detta test tillskrivas valet av isolermaterial. Det var i detta byggelement som man kunde bygga in den största mängden kol och släppa ut

minst CO<sub>2</sub>e genom att välja den produkt som framställdes på bästa sätt. Nämligen träullen. Lin- och träull är båda 100% återvinningsbara och förnyelsebara men besitter en liten skillnad i mängden förädling som måste ske vid produktion.

Glasfiber är inte förnyelsebart och återanvänds sällan på grund av hanteringsproblematiken.

#### Vad presterade inte?

Utvecklingen av bottenplattorna tillkom efter utvecklingen av V/T var färdig. I bottenplattorna så har användandet av linull helt exkluderats då jag under utvecklingen av V/T visade sig att linullen inte kan mäta sig med de medtävlande isolermaterialen glasfiber och träull.

Träull är lika återvinningsbart och förnyelsebart, fast släpper enligt professor Geoff Hammonds index<sup>10</sup> ut både mindre energi och CO<sub>2</sub>e att framställa än linull, samt glasfibern hade bättre U-värde. Modellerna innehållandes linull nådde aldrig någon extrem i testresultaten. Allt innehållandes

linull stod bara för de mediokra resultaten. De redan undersökta V/T med detta isolermaterial i behölls dock då de bidrog till en bredd hos resultaten i massanalysen.

#### Vad presterade?

Testet visade en riktning för vilka de genomsnittligt bästa modelltyperna var. Som demonstrerat i diagrammet på föregående sida så förekom oftast B-1.2, B-1.3, V/T-2.2, V/T-2.3 tätt åtföljt av V/T-3.2 i toppen bland resultaten.

I botten för förnyelsebarhet, kolkvot samt återvinningsbarhet så hamnade tydligt alla kontrollsubjekten. Det vill säga modellkombinationerna (V/T-1.1, 2.1, 3.1, 4.1 samt B-1.1, 1.4) innehållandes glasfiber, ångspärrar av plast, polystyrén, normalmycket metall och gips vilket var ett väntat resultat.

Dock, rakt igenom testet så resulterade alltid kontrollsubjekten ofta i de tunnaste konstruktionerna i relation till uppnått U-värde. Dessa V/T-typerna (V/T-1.1, 2.1, 3.1 samt 4.1) var delaktiga i att uppnå 2 av testets top 5 bästa genomsnittliga

U-värden i B-1.3+V-1.1 samt B-1.2+V-1.1. Denna skillnaden mellan vägg-tjocklekarna resulterar i en högre och därmed mer åtråvärd BOA i relation till BYAn. Då BOAn ej prioriteras över de 4 grundvärdena i projektet så bortsåg jag kallt från dessa modellkombinationernas främsta styrka.

Något intressant är att vi hittills har fått två stycken tydliga vinnare bland modellkombinationerna som båda har kommit inom top rank 1-5 i nästan samtliga 4 kategorier. De vinnande modellkombinationerna är **B-1.2+V/T-2.2**, samt **B-1.3+V/T-2.2**. Vi har en tydlig vinnare för V/T som då blev nummer 2.2.

Då båda de vinnande modellkombinationerna presterade såpass bra så behövs det därför ytterligare ett test för att avgöra skillnaden sinsemellan deras varierande faktor, bottenplattorna. Då båda bottenplattorna hade såpass likt U-värde så blir det till att granska vilken som presterar bäst utifrån värmeläckage och köldbryggeanalyser i bilaga-B som väldigt komprimerat summeras på nästa 2 sidor.

#### 2.4.8. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER -Köldbryggeanalys

Iföregående massanalys så uppstod det två intressanta modellkombinationer som presterade anmärkningsvärt bättre än de andra.

I flera av kategorierna så överlappande deras resultat varandra för mycket för att kunna utse en solklar vinnare. Den största varierande faktorn mellan de två bästa modellkombinationerna var deras bottenplattor. Bottenplattorna 1.2 och 1.3 gav upphov till de bästa genomsnittliga resultaten utifrån de 4 grundvärdena som hyllas i denna tes.

För att få en utökad förståelse för vilken av de två bottenplattorna som är den bästa så undersöktes de i Bilaga-B genom en rad sektionssnitt som granskades utifrån termiska köldbryggor, temperaturvandringar och risken för kondensbildning.

I massanalysen så var det i synnerhet modellkombinationerna som innefattade bottenplatta 1.2 samt 1.3 som stod ut. De förekom i de 2 bästa modellkombinationerna. Dessa bottenplattor var väldigt lika, men inte identiska. Den största skillnaden låg i

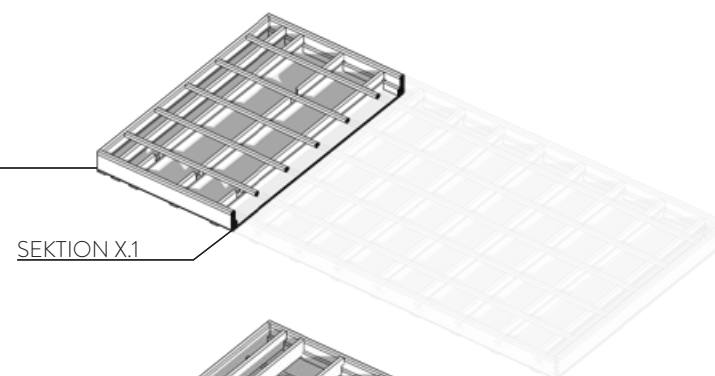
vart en nivå av tvärgående 45\*45 regler låg placerade i förhållande till bjälklaget. Längst in mot golvet som i B-1.2 t.h. ovan, eller längst ut i byggnadsskalet som i B-1.3 t.h. nedan.

För att utse vinnaren så togs de två bästa resultaten genom en massanalys för att se vilken som presterade bäst utifrån dess genomsnittliga värmetröghet. Syftet var att förstå vilken som läckte minst värme ut ur byggnaden, samt på vilket sätt de läckte värme. För att fullfölja detta experiment så var frågeställningen tvungen att bli som följande :

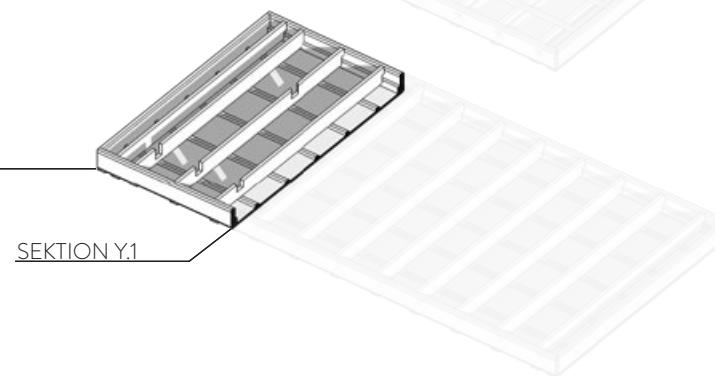
- *Vilken bottenplatta presterar bäst utifrån perspektivet av köldbryggor och reducerad temperaturvandring?*

För att utföra detta experiment så måste jag titta på dels hur temperaturen vandrar inom materialen som utgör bottenplattan (detta för att undvika drastiska temperaturvariationer som kan orsaka kondens och senare mögel och/ eller röta), dels undersöka hur djupt temperaturen vandrar genom respektive bottenplatta (detta för att se om det finns värmeläckage som påverkar uppvärmningsbehovet).

BOTTENPLATTA - 1.2



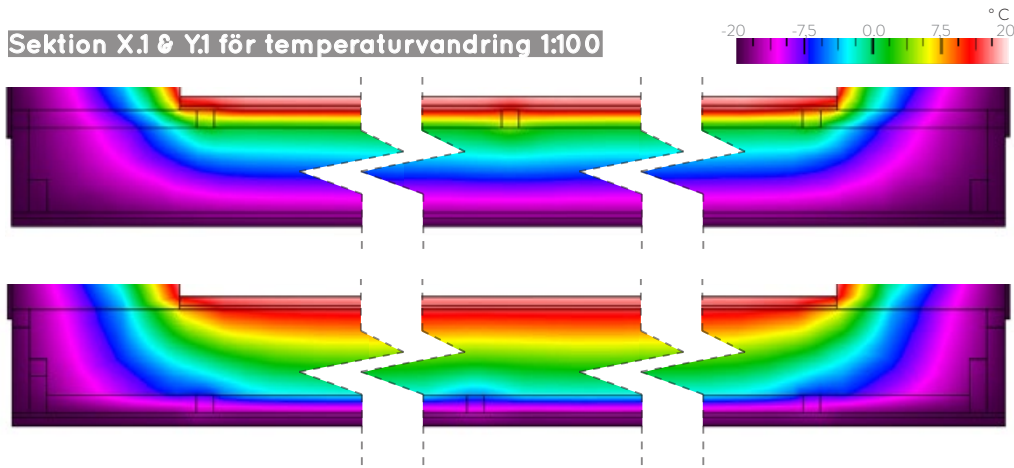
BOTTENPLATTA - 1.3



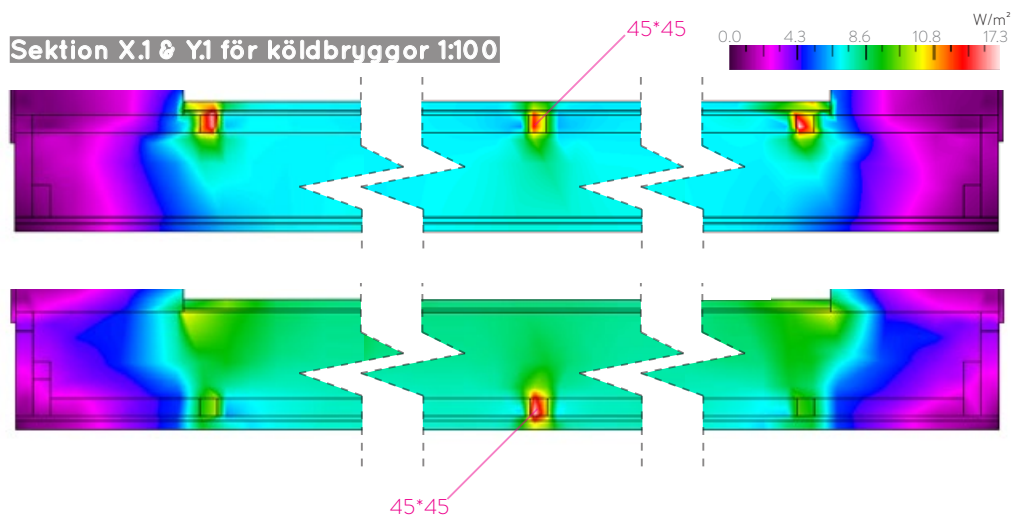
Experimentets temperaturförhållanden simulerar en tänkt extrem vad gäller Svenskt klimat med  $-20^{\circ}\text{C}$  ute samt  $+20^{\circ}\text{C}$  inomhus, ett jämförelsevis enormt spann inom världen av köldbryggeanalyser. Dramatiska skillnader i temperatur gör det lättare att exponera svagheter. På följande sida till höger så har 2st sektionssnitt dragits på strategiskt utvalda ställen i bottenplattorna.

Snittens placering är dragna där bottenplattornas svegheter och styrkor antas vara störst. De starka områdena var bitarna där det fanns mest isolering, de svagare var områdena där träet med sitt högre lambdavärde var mer genomgående sett från utsida till insida.

Sektion X.1 & Y.1 för temperaturvandring 1:100



Sektion X.1 & Y.1 för köldbryggor 1:100



## DISKUSSION OCH REFLEKTION ÖVER RESULTAT

### Väntat resultat

Som väntat så påvisade båda bottenplattorna i samtliga av bilagans snitt en tydlig tendens för att områdena med mer isolermaterial hade högre värmetröghet och därmed mindre köldbryggor och värmeläckage än områdena där sträckan från utsida till insida utgjordes mer av bärande bjälklag etc. Väntat var även att det skulle ske hastigare temperaturväxlingar där material av olika densitet möttes.

### Oväntat resultat

Att potentialen för termisk värmebrygga (köldbrygga) kunde vara såpass stor bottenplattorna emellan trots att dom har samma tjocklek och såpass lik konstruktion i övrigt. Den största skillnaden låg i en tvärgående distansgivare på 45millimeter som har placerats ovanpå resp. under bärande bjälklag. Skillnaden syns särskilt tydligt om vi ser till snitten X1 och Y1 till vänster. Något annat som var förvånande var att simuleringarna för köldbryggorna gav upphov till asymmetriska resultat. Alltså resultat som hade oväntade variationer för vart värmen skulle få för sig att vandra. Detta är särskilt påtagligt i bilagans

längre snitt. Se t.ex. sektionssnitten X4+Y4 där värmen vandrar och skapar bryggor i snäppet högre grad genom vissa 45\*45-or framför andra. Detta har troligtvis att göra med luftens skiftande riktning mot golv i simuleringarna samt att en viss asymmetri vad gäller bärande bjälklag, se t.ex. att det finns ett extra stödbjälklag till vänster i snitten X3+Y3, X4+Y4 (se bilagan för dessa snitt). Bjälksättningen ser ut så i denna del av konstruktionen då utrymme för rör har gjorts. Extra strukturellt stöd krävdes där.

### Vinnaren

Ser man till kondenspotentialen så vinner bottenplatta nummer 1.2 trots att denne hade högst U-värde av de två. Kondens bildas där temperaturen på kort sträcka förändras dramatiskt. I samtliga av bilagans sektionssnit (i synnerhet X1/Y1) så är det via diagrammen för temperaturvandring tydligt att bottenplatta-1.2 släpper in kylan måttligt djupare i konstruktionen, medan bottenplatta 1.3 mer tvärt stoppar kylans förekomst vid skalet. Bottenplatta 1.2 är därmed säkrast ur synpunkten för fuktansamling, mögel och röta.

## 2.4.9. MASSANALYS AV KONSTRUKTIONER

### -Kritik mot resultat

Vi har alltså fått fram testvinnaren B-1.2+V/T-2.2 utifrån ett perspektiv som strikt sett till de 4 grundvärdena, samt resultaten från köldbryggeanalyserna. Snabba fakta om projektet som det ser ut nu:

Total mängd utsläppt C	= -144kg
Total mängd absorberat C	= +1736kg
Kolkvot	= +1592kg
Tot. vikt	= 4856kg
BOA	= 16,34m <sup>2</sup>
BYA	= 24,94m <sup>2</sup>
Antal m <sup>2</sup> BOA per BYA	= 0,66

För att man inte skall glömma av hur en människa ser på detta optimerade resultat (planen till höger) så sammangogar vi den ursprungliga planen med denna nya väggkonstruktion och lyssnar på vad den berättar för oss.

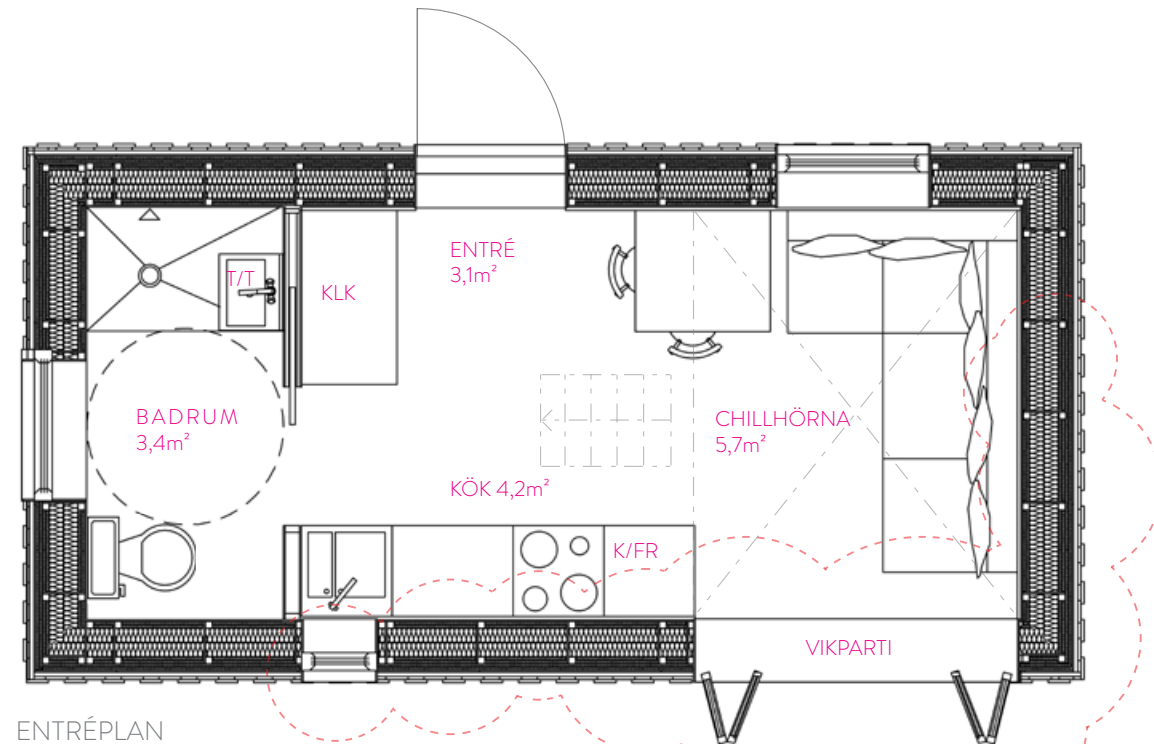
- Vid införsel av ursprunglig golvplan med de yttre volymbegränsningarna 3,56m\*7m så resulterade den nya mycket tjockare väggen (444mm) i en litet trängre planlösning med litet färre inredningsmöjligheter främst i chillhörnan.

- Ett gränsfall som brast. Planens redan existerande brist på väggyta blev värre och måste tas i tu med.

För att råda bot på detta så behövs mer väggyta på bekostnad av att reducera / eller helt ta bort vikpartiet. Genom att föra in mer yttervägg där vikpartiet stod så får vi dels fler inredningsmöjligheter, dels litet större möjlighet till väggförvaring.

Som verktyg för att undersöka hur mycket den glasade ytan kan reduceras så kommer en ljusstudie med fokus på att bevara en behaglig dagsljusfaktor att utföras.

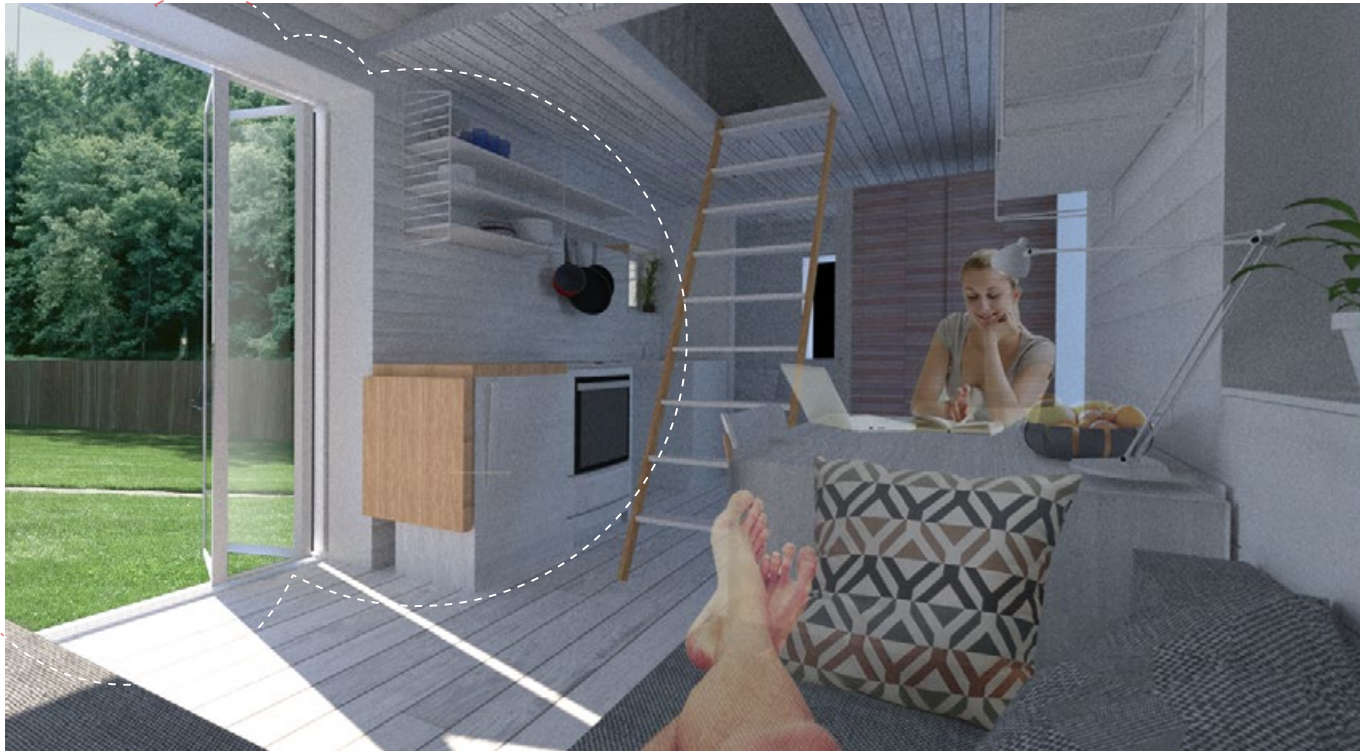
All reduktion av glas som ersätts med mer vägg av vinnande typ V/T-2.2 kommer innebära en positiv influens för husets presterande i relation till de 4 grundvärdena.



ENTRÉPLAN  
1:50

**FÖRÄNDRA, UNDERSÖK HUR  
MKT VIA LJUSSTUDIE.**







## 2.5.1 LJUSSTUDIER

### -Reduktion av fönstermängd

I denna del undersöks olika alternativ för hur den glasade ytan kan varieras med målet att finna en god avvägning mellan reducerad fönsteryta (*reducerad fönsteryta förbättrar projektets samtliga 4 grundvärden*), få fler inredningsmöjligheter, samt mer väggyta för förvaring vilket är väldigt viktigt i små boenden där man vill få upp så mycket som möjligt på väggarna. Har följt BREEAMs rekommendation om att all dagsljusfaktor över 1.5% är bra och åtråvärd i boendemiljön<sup>43</sup>. Frågeställning för detta test blev:

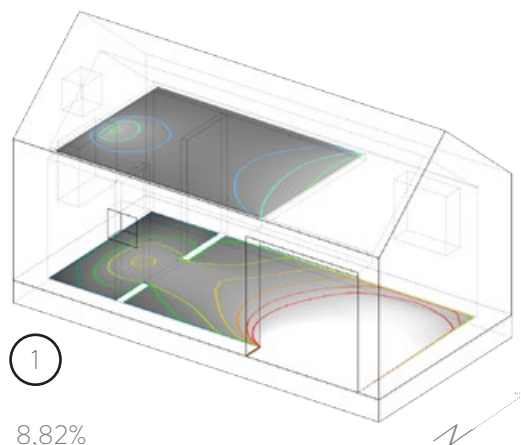
“Hur kan den inglasade ytan varieras främst till förmån för kvalitet av planlösning samt energiprestandan?”

**DAGSLJUSFAKTOR**  
**SOLENERGI PÅ GOLV MEDEL**  
**SOLENERGI PÅ GOLV MAX**  
**ÅRLIG UPPVÄRMNING I kW/h**  
**ÅRLIG NEDKYLNING I kW/h**

Testförhållanden :

- Samtliga analyser avser BOA'n på bottenplan.
- Uppvärmnings och nedkylningskostnaderna är framtagna i relation till hur huset hade presterat med en LVP.
- Mätplats för solstudierna blev Östersund då det är en bra representant för Sveriges genomsnittliga ljusförhållanden.
- Himmelsmodellen utgjordes av skiftande molnig typ.
- Vitmålade IV av miljövänlig vattenlösning typ.
- Samtliga fönster av trästomme med 74% transparens och  $U=1$ .
- Eftersträvad idealtemp inomhus satt till  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Snitthöjd för DIVA's mätresultat var 800mm över FG.

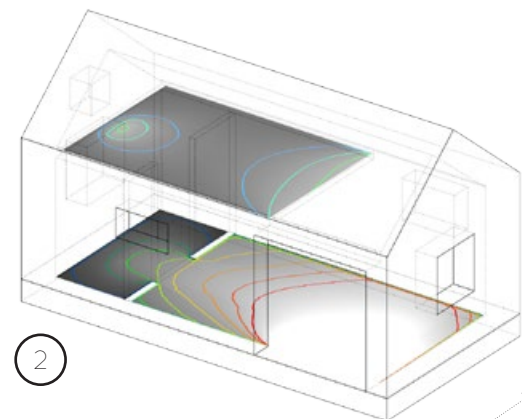
Mjukvara använd för analys : IDA-ICE, DIVA och VELUX.



1

8,82%  
71,1 W/m<sup>2</sup>  
89,1 W/m<sup>2</sup>  
1730 kW/h  
487 kW/h

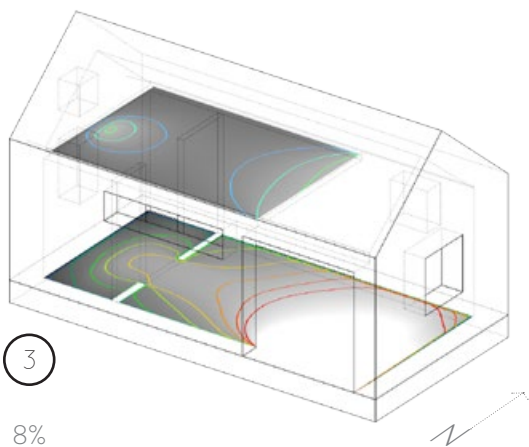
- + God kontakt till baksidan av huset. Lämpar sig mycket bra i anslutning till mervärdesalternativ som altan. Detta var testets mest genomsnittliga medtävlande på energifronten.
- Mindre area för köksbänkytan. Mindre tillgänglig attraktiv väggarea för vertikal förvaring.



2

8,76%  
82,1 W/m<sup>2</sup>  
99,3 W/m<sup>2</sup>  
1741 kW/h  
577 kW/h

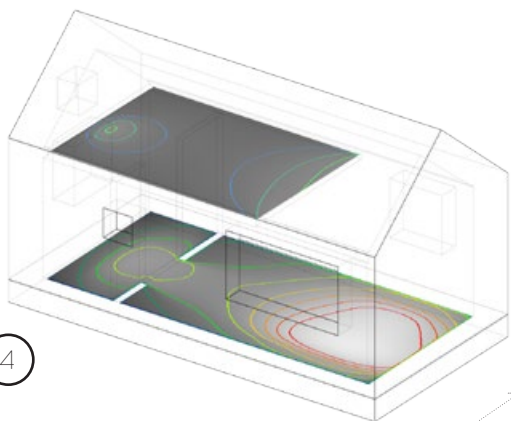
- + God kontakt med husets baksida. Lämpar sig mycket bra i anslutning till mervärdesalternativ som altan. Litet större fönster vid diskhon vilket alltid är trevligt när man står där och grejar. Störst interna kontraster vad gäller naturliga ljusförhållanden.
- Mindre area för köksbänkytan. Mindre tillgänglig attraktiv väggarea för vertikal förvaring.



3

8%  
 86,5W/m<sup>2</sup>  
 106,5 W/m<sup>2</sup>  
 2037 kW/h  
 619 kW/h

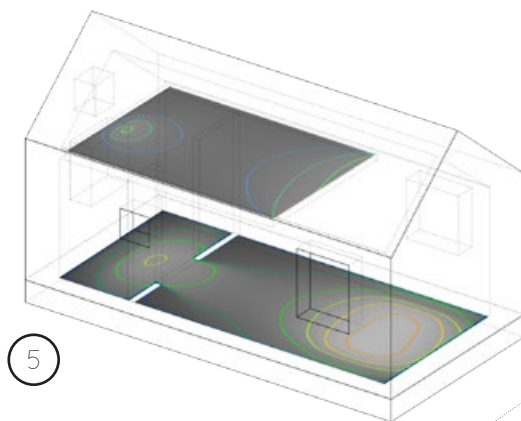
- + Testets bästa dagsljusfaktor. Stort köksfönster att ställa saker i. Bästa kontakten med baksidan till huset. Lämpar sig mycket bra i anslutning till mervärdesalternativ som altan.
- Testets sämsta tävlande ur energisynpunkt vad gäller både uppvärmningskostnad samt avkylningskostnad då de rikliga glaspartierna ökar solinstrålningen markant. Har även lägsta kolkvoten då den har det största mängden glas i förhållande till övrig konstruktion. Har störst insyn utifrån sett vilket kan vara ett problem för vissa personer.



4

6,75%  
 41,2 W/m<sup>2</sup>  
 60,2 W/m<sup>2</sup>  
 1884 kW/h  
 199 kW/h

- + Näst bäst i test ur energisynpunkt. Rikligt med utsikt ut. Bra med väggyta för inredningsmöjligheter såsom skrivbord och soffor.
- Ingen ny plats för t.ex. TV, eller hyllor jämfört med modellerna 1,2,3 till vänster. Har ingen fysisk tillgång till bakgården via altandörr. Husets huvudsida blir då endast entrésidan vilket inte alltid nödvändigtvis är en önskvärd riktning beroende på tomtens terräng och layout.



5

4,64%  
 27 W/m<sup>2</sup>  
 43 W/m<sup>2</sup>  
 1620 kW/h  
 53 kW/h

- + Bästa alternativet ur energisynpunkt. Har även mest användbar väggyta vilket är åtråvärt för vertikal förvaring i detta lilla boende. Har fortfarande en bra dagsljusfaktor på 4,64%.
- Testets sämsta dagsljusfaktor. Har ingen fysisk tillgång till bakgården via altandörr. Husets huvudsida blir då endast entrésidan vilket inte alltid nödvändigtvis är en önskvärd riktning beroende på tomtens terräng och layout.

## 2.5.2. LJUSSTUDIER

### -Hur påverkar orienteringen av huset det årliga behovet av uppvärmning och nedkyllning?

Samtliga av testdeltagarna för olika mängd glasad yta på föregående exempel nådde målet med en tillfredställande mängd kvalitativ dagsljusfaktor enligt BREEAM's rekommendationer<sup>43</sup>.

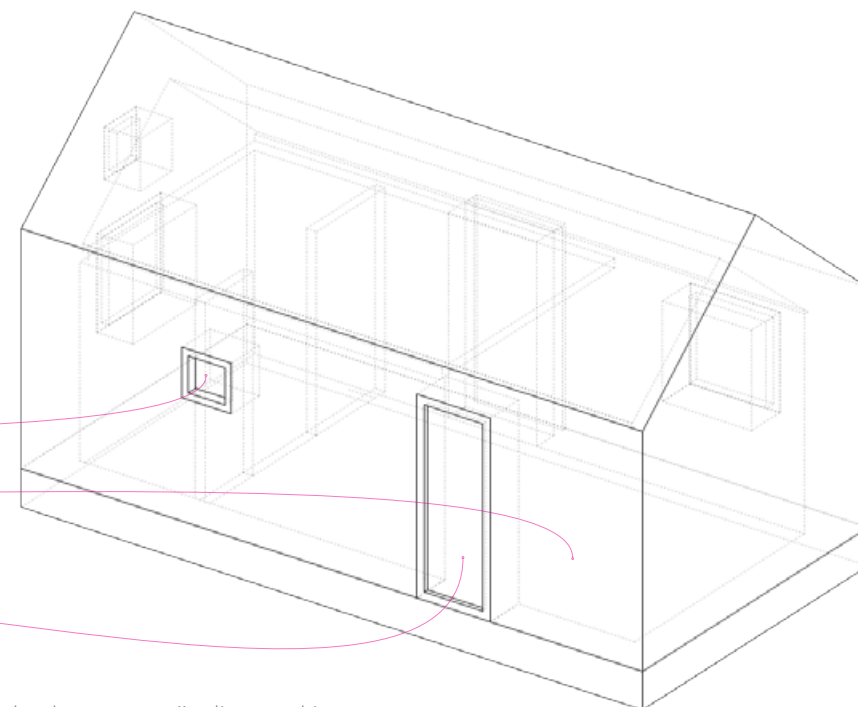
Det bästa för projektets 4 värden, samt införsel av mer inredningsbar väggyta vore därmed att välja det exemplet med minst inglasad yta - detvillsäga exempel nummer 5. Att strikt välja nummer 5 hade då inkräktat på ett av projektets mänskliga värden, förekomsten av en trevlig uteplats som låter det lilla hemmet breda ut sig när säsongen tillåter. Att välja exempel nummer 5 som endast har en ytterdörr hade då även begränsat möjligheten att välja vart det vore bäst att ha sin uteplats på till huvudenträsida. Att ha en planlösning som tillåter ett genomflöde möjliggör därmed alternativet att välja vilken sida som bäst lämpar sig att ha uteplats på beroende på tomtens terrängmässiga förutsättningar. Vi behöver därmed en ny 6'e fönstersättning som kombinerar de bästa

egenskaperna från ljusmodellerna 1-5.

Modell : ⑥

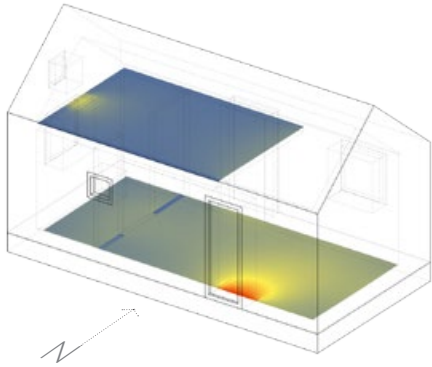
- Behåller det lilla tvärvädringsfönstret vid diskhon från modell #1.
- Behåller väggytan vid hörnet i vardagsrummet, som i modell #5.
- Utgår ifrån den totala glasade mängden från modell #4, fast i ny konstellation med en glasad altandörr.

På nästa sida synes denna förbättrade modell #6 med rotation i alla 4 väderstreck i förhållande till dagsljusfaktor och årlig energikonsumtion. Diagrammen under respektive rotationsexempel är otroligt fulla med högupplöst information. Vad man kan få ut ur dem från denna översködliga vy är att **1.**Uppvärmningskostanderna (*röd markering*) precis som avkylningskostnaderna (*blå markering*) fluktuerar som mest under sommarhalvåret om man orienterar huset så att någon av dess långsidor riktas mot norr. Detta har att göra med att anmärkningsvärt mycket mer solljus kan absorberas av och

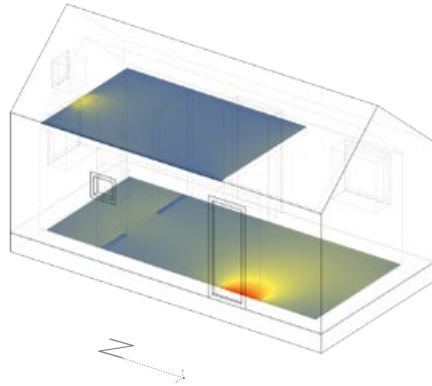


släppas in i huskroppen när ljuset skiner från intensiva branta sommarvinklar samt även fånga upp vinterns allmänt låglutande vinklar. **2.**Vi ser även att den användbara dagsljusfaktorn inte påverkades anmärkningsvärt med orienteringen. Huskroppens grunda mått gör att det direkta- och indirekta ljuset når såpass långt in i planen, alltid. **3.**Vi ser även att trots att den glasade ytan är nästan exakt densamma som i modell #4, så är så får vi här genomgående en lägre dagsljusfaktor, även när orienteringen

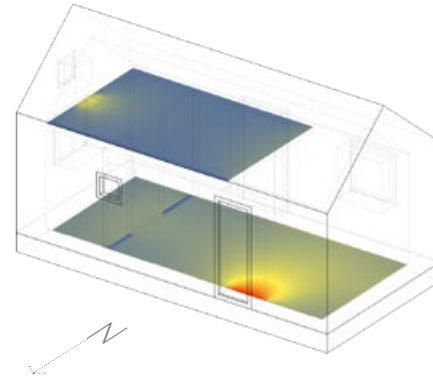
är identisk. Detta beror på att solens rotation, tillsammans med dessa väggarnas prominenta mått om 444mm gör att ljusflödet sidledes klipps av litet tidigare vid altandörrens vertikala layout, jämfört med det liggande fönstret i ex. #4. En av de största källorna till dagsljusfaktor i #6 var altandörren. Snitt i entréplan är återigen draget vid standardhöjd för ljusmätningar på 800mm.



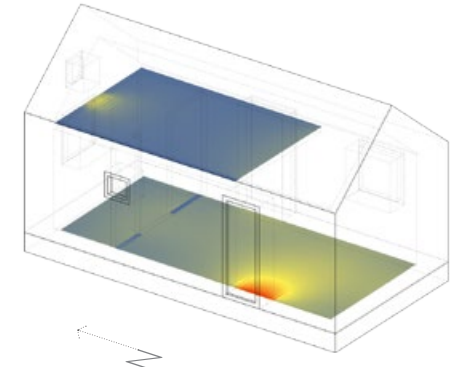
DAGSLJUSFAKTOR : 4,82%  
 AVKYLNING : 297 kW/h  
 UPPVÄRMNING : 1374 kW/h



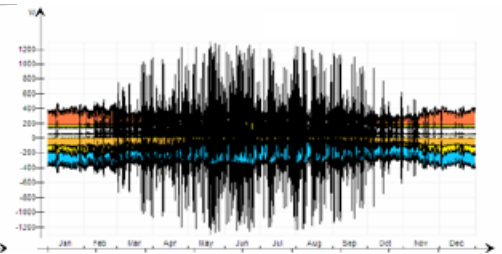
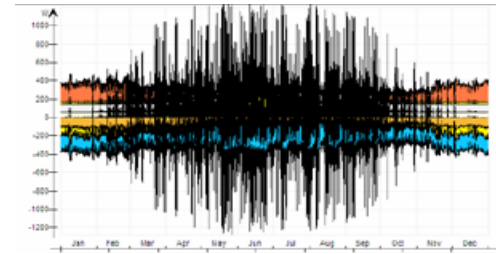
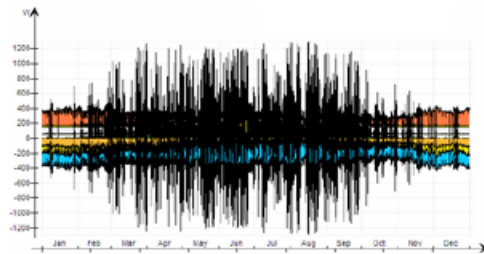
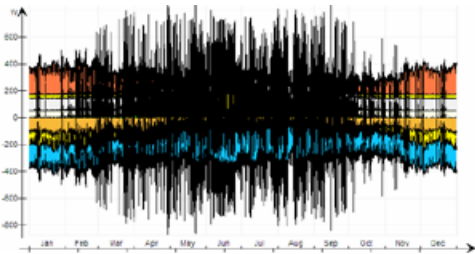
DAGSLJUSFAKTOR : 4,34%  
 AVKYLNING : 336 kW/h  
 UPPVÄRMNING : 1306 kW/h



DAGSLJUSFAKTOR : 3,82%  
 AVKYLNING : 202 kW/h  
 UPPVÄRMNING : 1375 kW/h



DAGSLJUSFAKTOR : 4,31%  
 AVKYLNING : 298 kW/h  
 UPPVÄRMNING : 1372 kW/h





## 2.6.1. VENTILATION

### -Naturligt självdrag och uppvärmning

I detta kapitlet avser vi undersöka hur ventilationen kan te sig i förhållande till Attefallshuset. Ventilationsfrågan är ett mycket komplext ämne varför undersökningarna här ej bör ses som något mer än resultatet från en övning i CFD.

### UPPVÄRMNING

Det finns två situationer som avgör hur bostaden bäst värms upp. Först måste man fatta beslutet om man vill bo där året runt eller ha det som temporär bostad. Båda alternativen fordrar för olika uppvärmningslösningar.

Kommer detta attefallshus främst användas som hobbystuga under sommaren så räcker det med ett portabelt elektriskt element för att tillgodose uppvärmningsbehovet under sommarhögtidens lite nippigare kvällar.

Skall huset användas som permanentbostad året runt så räcker visserligen fortfarande samma portabla elektriska element, men en mer energismart uppvärmningslösning rekommenderas. Till exempel en LVP eller ett FTX-aggregat.

### VENTILATION

Enligt boverket så rekommenderas bostäder ha ett tillfört uteluftflöde om  $0,35 \text{ l/m}^2/\text{s}$ , vilket på denna bostaden skulle bli 5,6 liter växling av inne/uteluft per sekund<sup>50</sup>. Socialstyrelsens allmänna råd är att minst 0,5 rumsvolymer luft byts ut per timme<sup>51</sup>. Högre luftväxling än så medför större risker med energiförluster och oönskat drag. Ett mer stagnant luftflöde

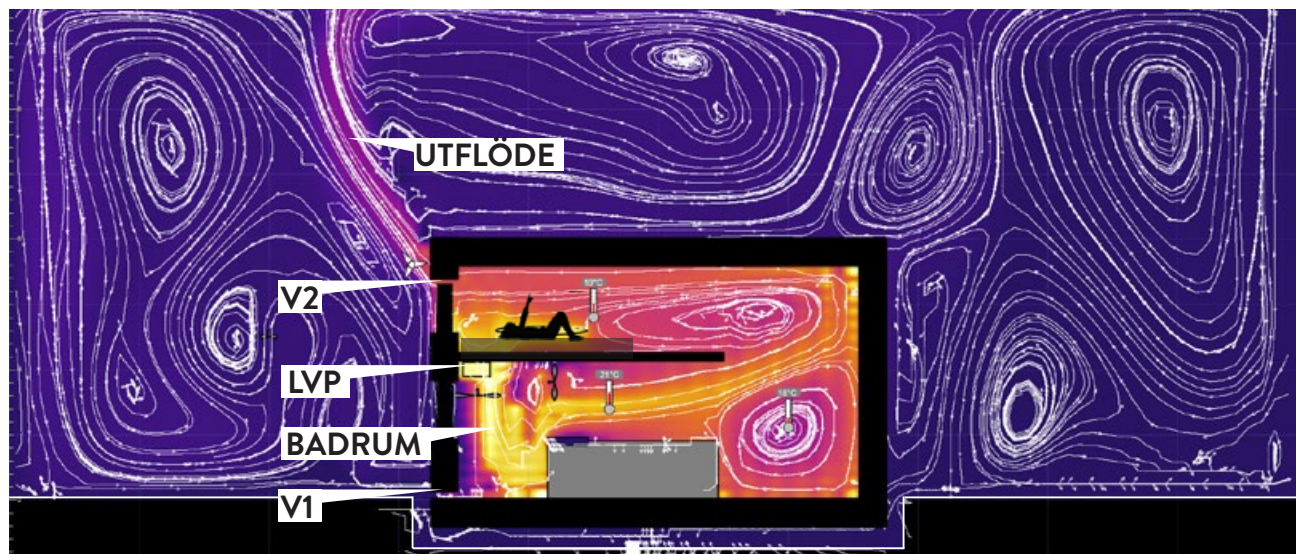


Illustration : Simulering av normaldrift av hushållet en vinterdag av Isaksson V. 2015

sparar visserligen energi, men orsakar en kvav och syrefattig inomhusmiljö med mental trötthet som följd.

Det rekommenderade luftflödet är något som i praktiken bara kan kontrolleras med mekaniska system. Byggreglerna finns till för att öka komforten i boendemiljön, samt gynna hälsan hos invånarna. Behovet av ventilation är störst i bostäder med betongytor då de ständigt avger toxiskt radon som ackumuleras i luften.

För att i detta projekt spara energi så självventileras det med naturligt självdrag, vilket var den regerande ventilationstypen i Sverige fram 1976<sup>50</sup>. Därefter

tog HVAC systemen med dess precision över på allvar. Fortfarande så är självdrag den vanligaste ventilationsformen i merparten av Sveriges lägenheter.

Självdraget beror på ett fysiskt fenomen där flytkraften i varmluft nyttjas, även kallat "stack-effect". Så länge en viss volymenhet luft är varmare än en annan med så lite som en tusendels grad Celcius, så kommer den att flyta över den kallare motparten. Sätter man ut ventiler längst upp respektive längst ned i byggnaden så skapas ett undertryck nedtill i huset som suger in luft från de undre ventilerna samt trycker ut den gamla genom de övre. Självdragsventilationen är beroende på en differens mellan ute och innetemperatur för att fungera. Det

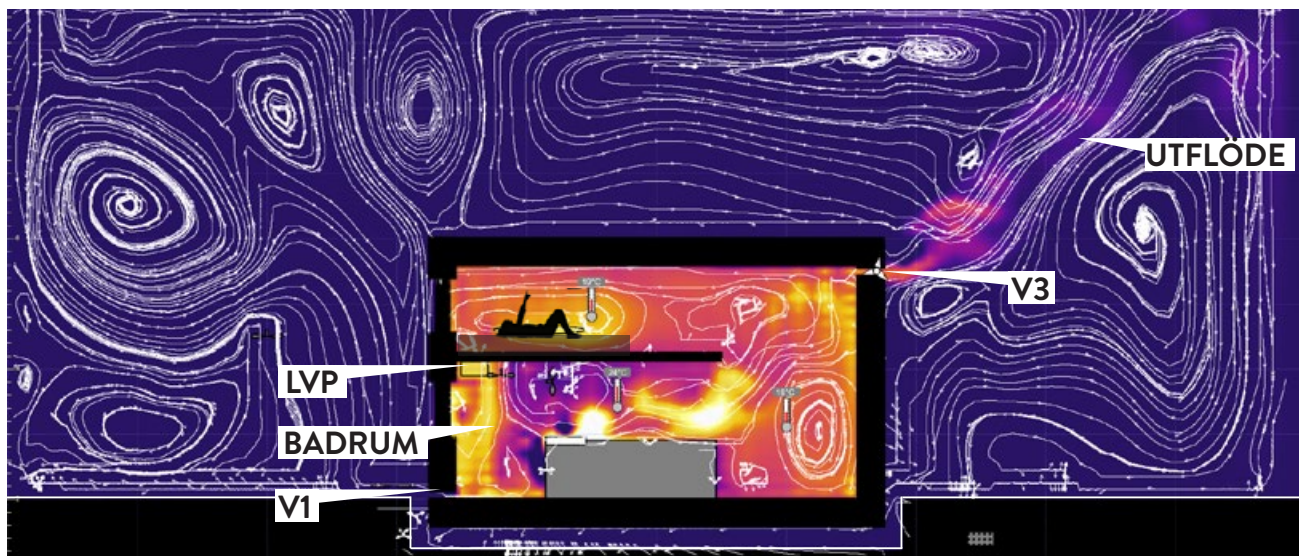


Illustration : Simulering av våldsamt stekning en vinterdag av Isaksson V. 2015

betyder att effekten minskar avsevärt sommartid. Det är dock inte något att frukta då ventilationsflödet fortfarande är gott nog. Utöver temperaturskillnaden, det som avgör hurpass väl självdraget fungerar är skillnaden i temperatur mellan inne/ute-miljön samt dimensioneringen på ventilerna.

Som referens så kan det nämnas att Byggnadsvårdsföreningen beskriver hur en 75m<sup>2</sup> lägenhet bara behöver 3 kvadratcentimeters ventilationsöppningar sommartid då Δ°C (temperaturskillnaden inne/ute) är 4°C<sup>45</sup>. På vintern så blir luftflödet 10 gånger så stort i samma öppning jämfört med på sommaren om ute-temperaturen är -20°C och innetemperaturen är 20<sup>45</sup>. Problemet är alltså inte att lyckas annordna en stark nog ventilation, utan tvärtom

att förhindra en slösaktig överventilation (*vintertid i synnerhet*). Problem som lätt åtgärdas med manuella eller digitalt styrda ventilationsöppningar.

För att testa denna princip så har jag med hjälp av mjukvaran *Energy2D-Multiphysics* samt *Boverkets handbok i Självdragsventilation*<sup>44</sup> tagit fram ett fungerande förslag på ventilplacering för självdrag. Ovan syns två grovt simplifierade modeller av Attefallshuset där snittet har dragits längs med långsidan. I båda exemplen så är inomhustemperaturen satt till +20°C samt utetemperaturen till -20 som i scenariot från byggnadsvårdföreningen. Inluftsventilen (*ventil*

nummer 1 = V1) är placerad vid badrummets golv för att skapa maximalt med lyftkraft och genomflöde genom huset. In- och utluftningsventilerna här är manuellt styrda så att de boende kan avgöra hur de vill att inomhusluften skall färdas. Till vänster synes resultatet från övningens försök att finna vilka ventiler som bör vara öppna vid 2 vanliga scenarier.

Slappnar man av och bara tar det lugnt därinne så har man föreslagsvis öppet ventilen ovanför loftfönstret (V2) tillsammans med badrumsventilen (V1) (se ex. längst t.v.). Då får man ett genomflöde som utan problem tar sig genom hela bostaden innan det finner sin väg ut i omgivningen.

I exemplet närmast till vänster så simuleras luftströmmarna vid våldsamt stekning. Då kanske man inte vill ha samma flöde av stekos ut genom bostaden. Vi ser att i båda scenarierna så ventileras hela inommiljön även om bara endera av de högt belägna ventilerna (V2/V3) är öppna i kombination med badrumsventilen (V1). Vill man fräscha upp inneluften fort så finns möjligheten att tvärvädra genom att öppna fönstret på loftet samt valfritt på entréplan.

För att skapa färgmässigt sett mer dramatiska och lättlästa exempel så är båda vyerna till vänster snapshots tagna cirka 5 minuter efter att man startat en LVP i en nollgradig bostad. Efter cirka 20 minuters körtid så är bostaden helt uppvärmd och homogent ljusgul (21 till 22°C) med samma luftströmmar som i illustrationerna, fast med högre förnyelsetakt. Vad gäller luftens färdriktning så blev den densamma under sommarförhållanden, fast med lägre velocitet.

Förekomsten av LVP är inget måste för att ventilationen skall fortgå normalt, men rekommenderas ur uppvärmningssynpunkt.

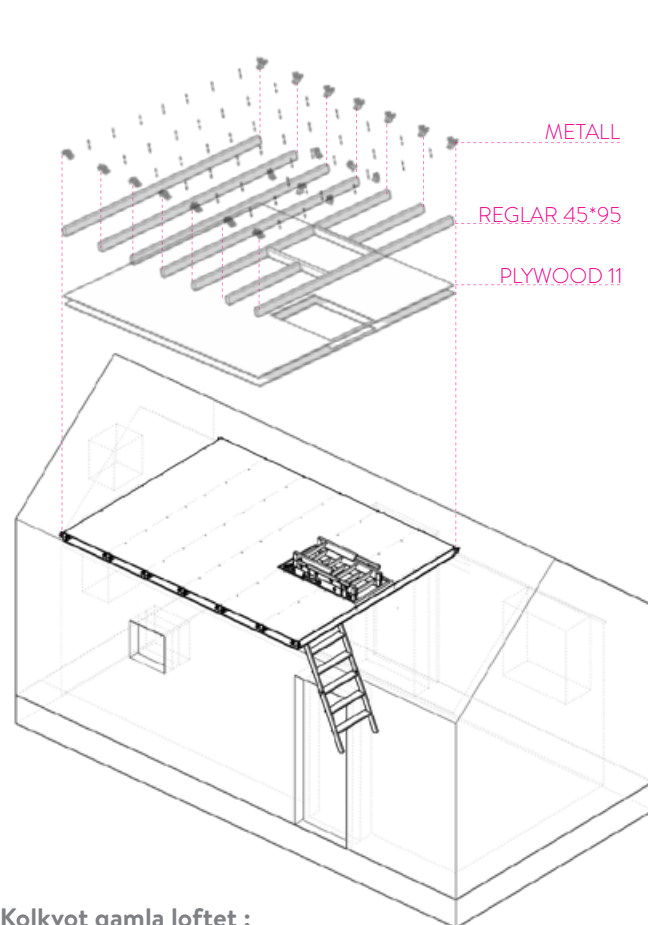


## 2.7.1. Ytterligare FÖRBÄTTRING AV MILJÖPRESTATION - Utveckling av konstruktion för loft

En slutsats som drogs under diskussionen efter massanalysen i 2.4.7. var att mer trä i konstruktionen är bra för att bättra på 3 av projektets 4 grundvärden, nämligen Kolkvoten, till vilken andel den är förnyelse- samt materialåtervinningsbar. För varje bit trä man bygger in i ett hus, så motsvarar det en mängd kol som inte längre svävar runt i atmosfären och bidrar till växthuseffekten.

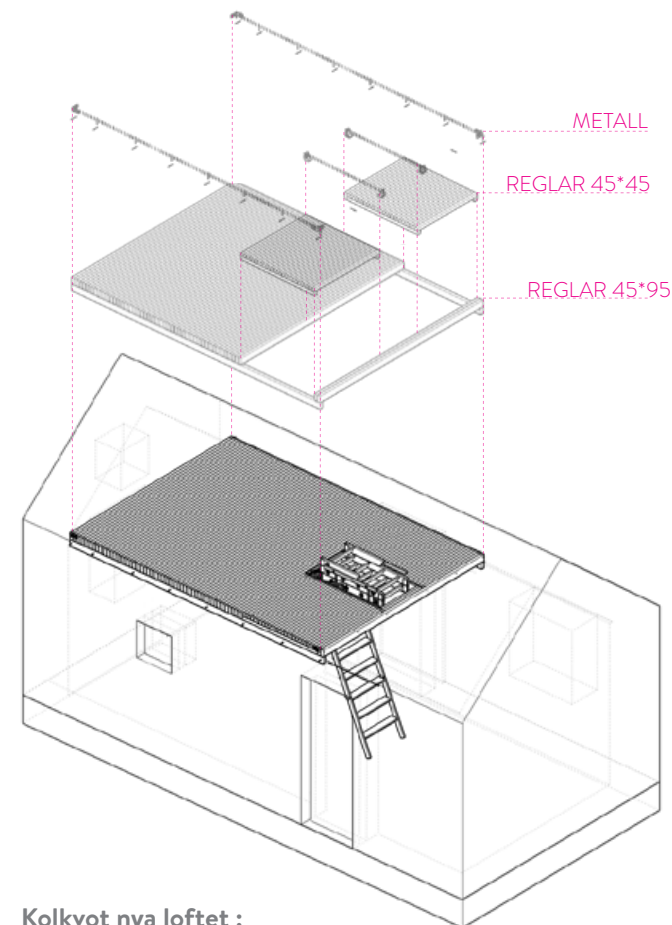
Som ett steg i att leta möjligheter för att bygga in mer trä i konstruktionen, utan att skapa köldbryggor, så gick jag till husets enda egentliga interna element som gick att förbättra. Loftet.

Det fanns en enorm möjlighet till att bygga in mer trä i denna del av konstruktionen. Närmast till höger så synes loftet så som det förekom rakt igenom massanalysen i samtliga V/T. Till höger om denne synes en förbättrad variant som används i den slutgiltiga modellen på nästföljande sidor. Cirkeldiagrammen avser enbart presentera loftens individuella prestationer. OBS. Loftstegen ingick ej i beräkningarna.



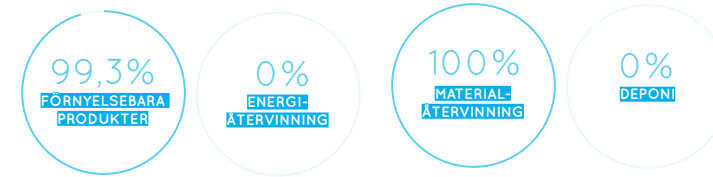
### Kolkvot gamla loftet :

Tot. 48kg kol eller 174kg mindre CO<sub>2</sub>e i atmosfären bara genom att bygga detta loft.



### Kolkvot nya loftet :

Tot. 192kg kol eller 702kg mindre CO<sub>2</sub>e i atmosfären bara genom att bygga detta loft.



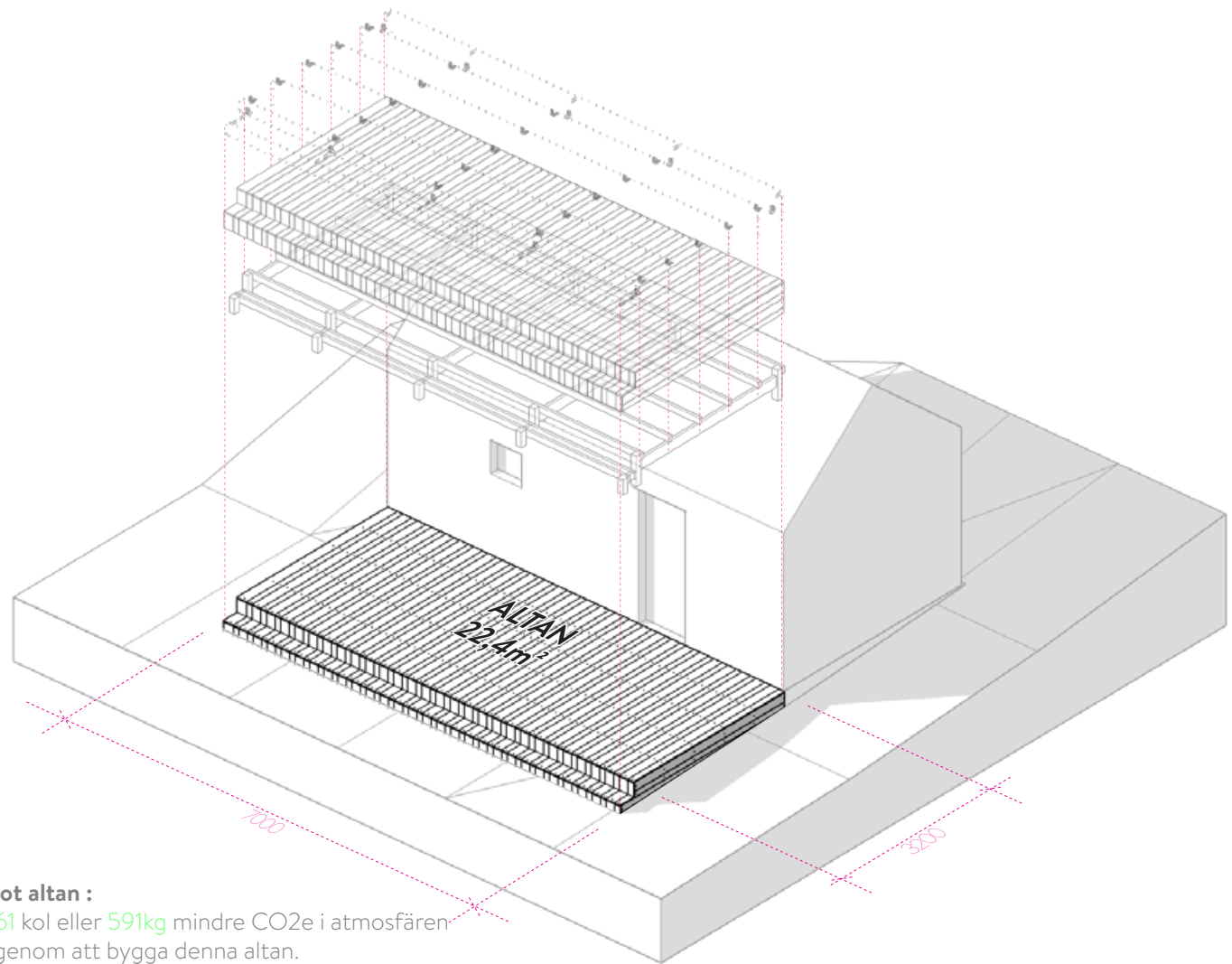
## 2.7.2. Ytterligare FÖRBÄTTRING AV MILJÖPRESTATION - Tillägg av altan

Viljan för att involvera mer trä i byggprocessen går här till utsidan.

Ett kompakt boende vill kunna växa närhelst väderleken ger chansen, likt TYIN Tegnestues båthus, eller Villa Karlsson, som båda med sina genomgångsplanlösningar har dels en fram och lika attraktiv baksida.

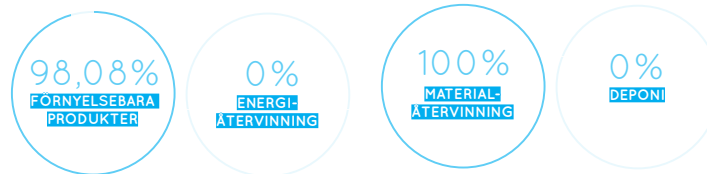
För att öka på livskvaliteten i huset så läggs en altan till som strömmar vidare husets uttryck över tomten. Införseln av altanen medför möjligheten till en vågrät tillgänglighetsanpassad uteplats, även om terrängen annars sett är kuperad. Vissa tomter kanske även bara har tillgänglighetsanpassad slänt åt en riktning som inte är optimal ur ljussynpunkt, varvid entrén måste placeras där. Att addera en altan kring ytterdörren skapar då istället en potentiellt mindre trevlig uteplats varför man nu tjänar på att ha 2 valmöjligheter. Med vår skandinaviska svältföddhet för ljus och värme så vill vi ha möjligheten att orientera altanens position till den soligaste sidan av huset så ofta vi kan.

Att utöka det redan träbeklädda yttre skalet av huset med en bygglovsbefriad altan leder till att kolkvoten för byggprojektet utökas ytterligare med 161kg rent kol, vilket innebär en nettoreduktion på 591kg CO<sub>2</sub>e från atmosfären.



### Kolkvot altan :

Tot. 161 kol eller 591kg mindre CO<sub>2</sub>e i atmosfären bara genom att bygga denna altan.



## 2.8.1 SLUTGILTIG MODELL

### -Presentation av slutgiltig modell

Det är dags för projektet att landa. Här beskrivs den slutgiltiga modellens utförande samt prestationer utifrån projektets 4 kärnvärden. Som ni ser i cirkeldiagrammen nedan så nådde projektet projektets mål om att överskrida EU's framtida krav om 70% materialåtervinning.

Kolkvoten nådde även sitt mål då den positivt absorberade 2 ton kol, eller 7,3 ton mer CO<sub>2</sub>e än vad som släpptes ut vid produktionen bara genom att producera detta Attefallshus+altan. U-värdet nådde inte klassen för passivhus, men detta kan åtgärdas genom att byta ut träfönstren med U-värde 1.1 i projektet mot lågenergifönster eller "kastenfenster" om ca 0,65. Då nås ett genomsnittligt värde på cirka 0,15.

2004kg

KOLKVOT

0,1669

GENOMSnittligt  
U-VÄRDE

97,64%

FÖRNYELSEBAR

0,8%

ENERGI-  
ÅTERVINNING

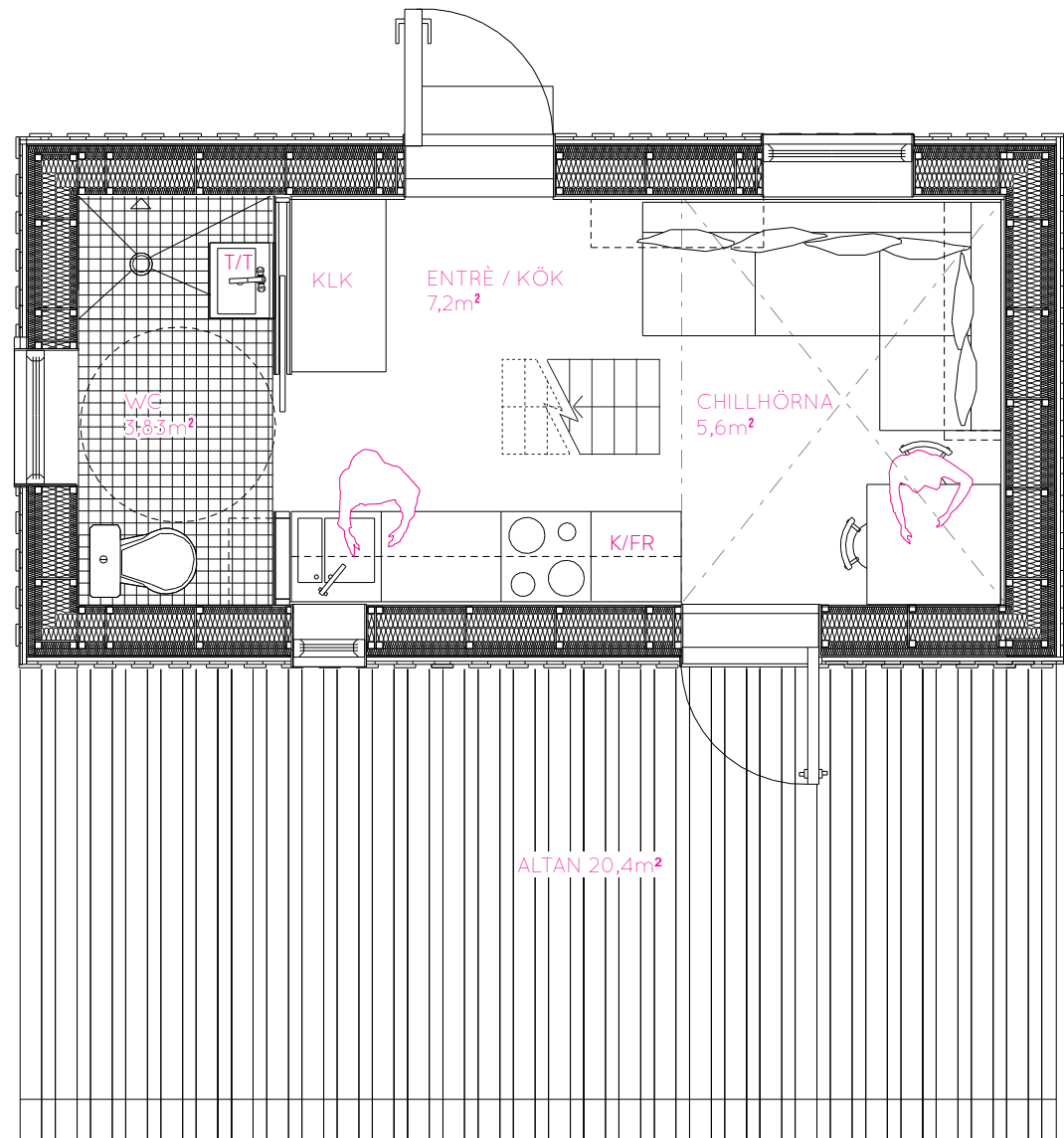
99,20%

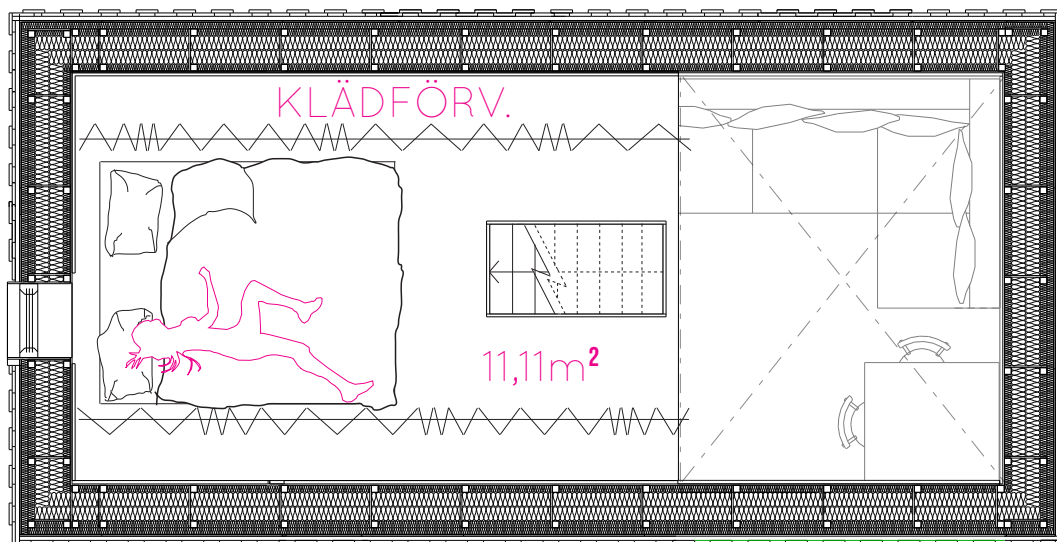
MATERIAL-  
ÅTERVINNING

0%

DEPONI

ENTRÉPLAN  
1:50





LOFTPLAN  
1:50

Loftet ger egentligen ingen officiell BOA, men det ger en mysig och användbar biarea som kan nyttjas som sovalkov eller för förvaring av kläder/böcker. Detta tillsammans med WC-utrymmet utgör hemmets mest privata zoner som är minst anslutna till utsidans fart och fläkt.

Här i plan synes hur en 1600 bred säng får plats utan problem. I 3d-vyn på en av de nästföljande sidorna så synes det hur t.o.m. en 1800-säng kan fläka ut sig med lätthet utan avkall på rumslig kvalitet.

#### TOTAL VIKTFÖRDELNING AV MATERIAL





2.8.2 SLUTGILTIG MODELL  
-Vyer



Här synes projektet i ett slätt vinterlandskap där ägaren ej önskade två steg på altanen.



2.8.2 SLUTGILTIG MODELL  
-Vy



10 år fram i tiden. Projektet har tillåtits åldras med ro i en lätt kuperad skogsmiljö.



2.8.2 SLUTGILTIG MODELL  
-Vy

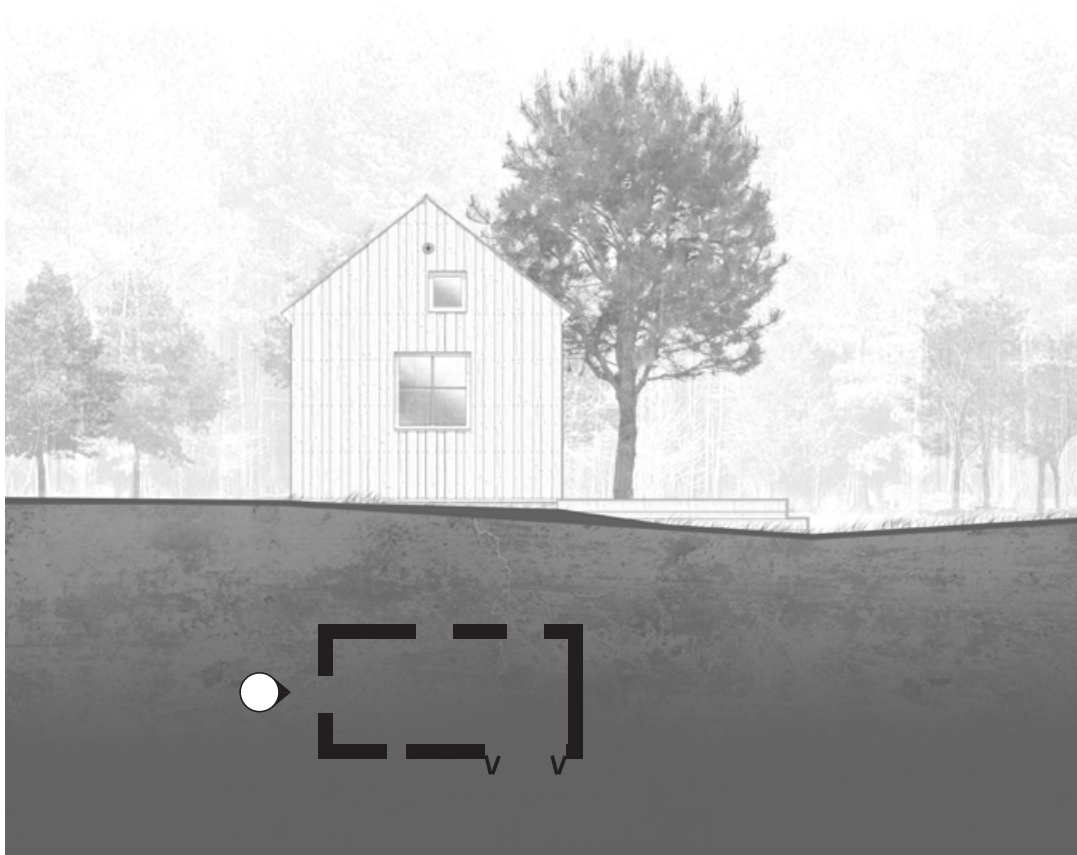


2.8.2 SLUTGILTIG MODELL  
-Vyer





2.8.3 SLUTGILTIG MODELL  
-Utförliga elevationer 1:100



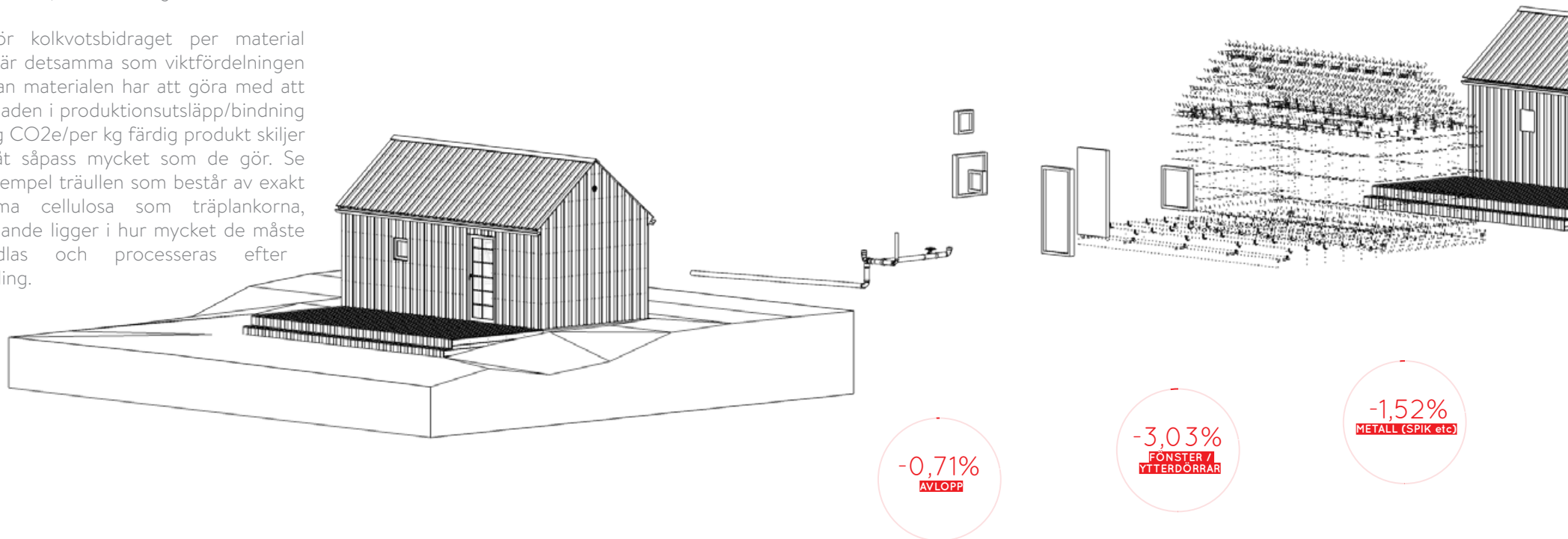


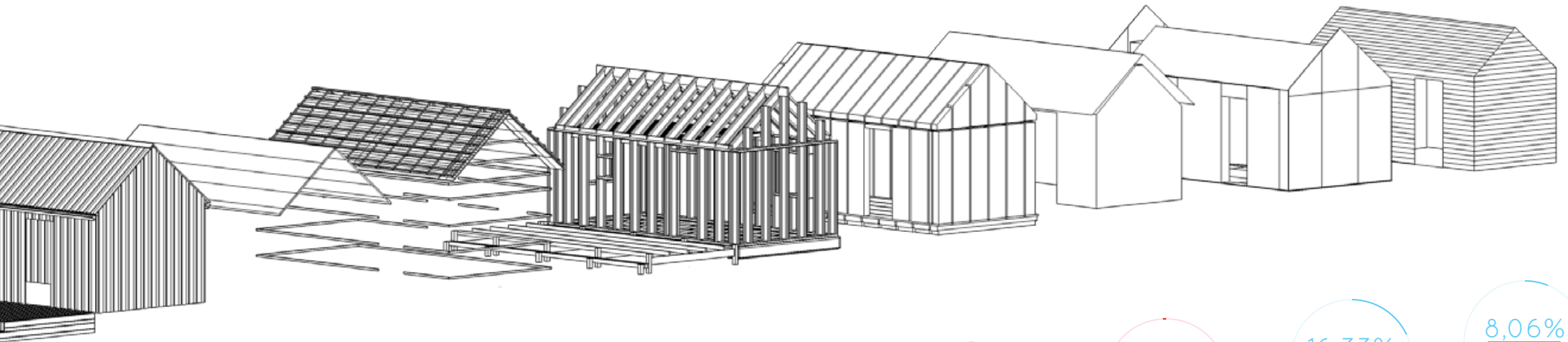
## 2.8.4. SLUTGILTIG MODELL

### -Byggelementens bidrag till den totala kolkvoten

Här ser vi en exploderad vy för alla jämförda byggkomponenterna i projektet, samt hur mycket de tillförde, eller tog ifrån den totala kolkvoten på 2004kg bundet kol, eller 7343 kg CO<sub>2</sub>e.

Varför kolkvotsbidraget per material inte är detsamma som vikt fördelningen mellan materialen har att göra med att skillnaden i produktionsutsläpp/bindning av kg CO<sub>2</sub>e/per kg färdig produkt skiljer sig åt såpass mycket som de gör. Se till exempel träullen som består av exakt samma cellulosa som träplankorna, skillnaden ligger i hur mycket de måste förädlas och processeras efter skövling.

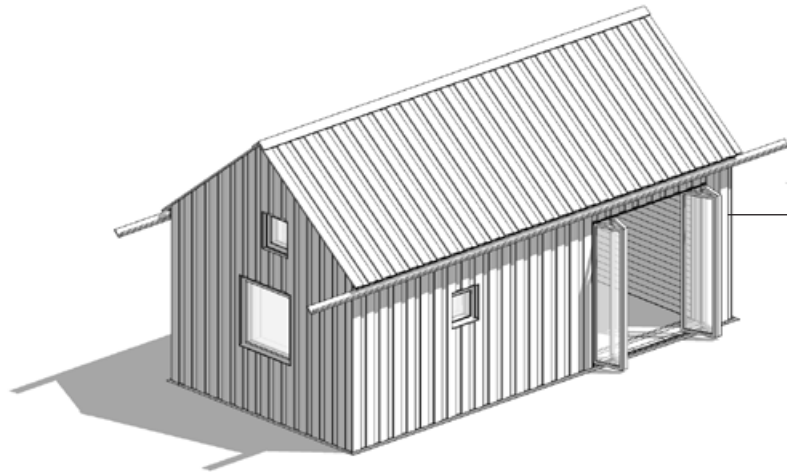




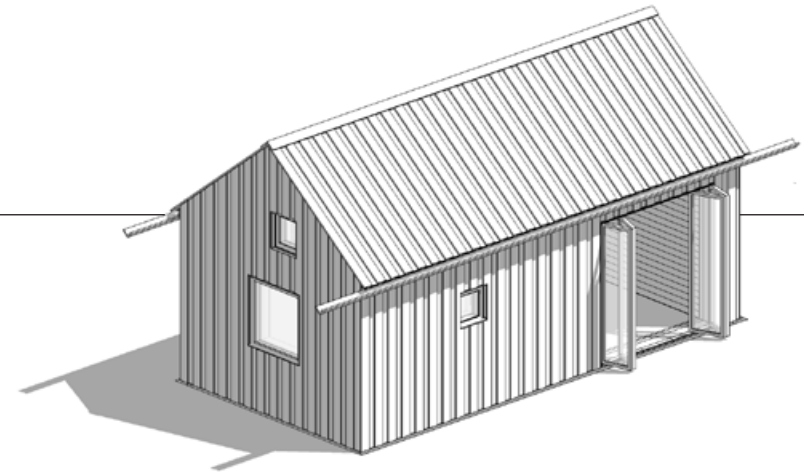


## 2.8.5. SLUTGILTIG MODELL

### -Summering av konstruktionsutvecklingen



# 48X



**STADIE**  
**KOLKVOT**  
**GENOMSnittligt U-VÄRDE**  
**ÅTERVinningsBARHET**  
**FÖRnyELSEBARHET**

#1 FAS 1  
+1639kg  
0,1959  
99%  
94%

1. Ett hus togs fram med rimliga U-värden och vägg tjocklekar. Väggar och tak presterade inom ramen för passivhuskonstruktion. Tyvärr så var bottenplattan för dålig, samt införseln av träfönster med U-värde på 1,1 gjorde att husets genomsnittliga U-Värde blev alldeles för högt. Modellen behövde förbättras.

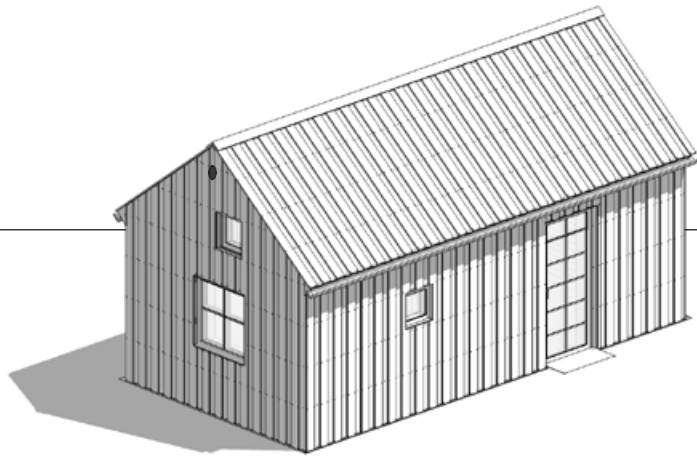
#2 FAS 2  
MASSANALYS FÖR  
KOMBINATIONER AV  
AV FÖRBÄTTRADE  
SKISSFRAGMENT.

2. Massanalys. Modellen behövde optimeras utifrån genomsnittligt U-värde. En möjlighet att förbättra de 3 andra grundvärdena framkom. Modellen dissikerades och delades upp i 12st olika vägg/taktyper, samt 4st bottenplattor. Alla de 48 olika modellkombinationerna

testades utifrån U-Värde, kolkvot, återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet. Två stycken modellkombinationer utmärkte sig i testen. För att utse en vinnare så utfördes en köldbryggeanalys som utsåg B-1.2 + V/T-2.2 som total vinnare.

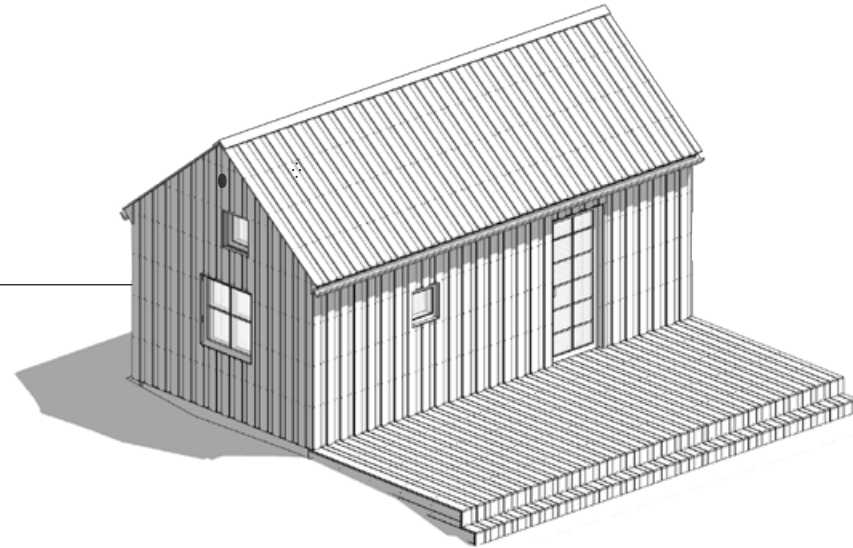
#3 FAS 2-OPTIMERING KONSTRUKTION  
+1592kg  
0,1725  
98,64%  
95,33%

3. En modellkombination utsågs som klar vinnare utifrån testen. Skissens vägg tjocklek var så bred (444mm) att planlösningen blev trängre. Det fanns även ett behov för mer interiör väggyta för förvaring och eller t.ex. TV-plats. Fönstermängden försåg den grunda planen med mer än tillräcklig dagsljusfaktor varför den glasade ytan, efter en ljusstudie, kunde reduceras för att ge plats åt mera yttervägg.



#4 REDUCERAD FÖNSTERMÄNGD  
 +1699kg  
 0,1669  
 EJ BERÄKNAD  
 EJ BERÄKNAD

4.Tack vare reduktionen av glasad väggyta så förbättrades samtliga 4 grundvärden. I synnerhet dess genomsnittliga U-värde-, förnyelsebarhet samt kolkvot. En enkel studie i självdragsventilation införde även 3 luftventiler i huset för ett behagligare och användarstyrt inomhusklimat. Kan lätt ersättas med elektriska kontroller.



#5 Ytterligare FÖRBÄTTRINGAR  
 +2004kg  
 0,1669  
 99,20%  
 97,64%

5.Ytterligare förbättringar för projektets kolkvot, återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet gjordes i form av att bygga in mer trä i loft, samt tillföra en altan om 22,4m<sup>2</sup>.

# 3

## **3. ÅTERVINNING**

*Förr eller senare så måste projektet återgå till naturen. Detta kan ske på olika sätt. I denna del av arbetet så lär vi oss om EU:s avfallstrappa samt hur detta projekt relaterar till den. Vi går in på materialcykeln för den största utgörande materialfaktorn i projektet, trä. Därefter ser vi till möjligheterna för hur projektet bäst plockas isär beroende på önskad återvinningsform.*

### 3.1.1. ÅTERVINNING

#### -Hur återvinns projektet på bästa sätt?

Träkonstruktioner kan stå i nästintill evigheter om de underhålls på bästa sätt. Skötseln, just denna mänskliga faktor, eller avsaknaden av den är tyvärr en av de vanligaste akilleshälarerna för vår byggda trämiljö. Denna verkligheten gör att träbyggnader i bra fall oftast får en livslängd mätt i några få århundraden, medan alternativen som t.ex. betongen stilla står oberörda sedan dess erigerande (se t.ex. *Pantheon i Rom*).

Någon gång måste dock alla projekt upphöra och tillåtas återgå till naturens eviga kretslopp. Detta genom mer eller mindre bra omvägar. Det här projektet har sedan start strävat efter att bli så materialåtervinningsbart som möjligt för att värna om naturen som vi lånat från våra barn.

Som vi lärde oss i kapitel-1.10.1. "Vanliga miljöbovar" så är EU:s framtida mål att byggavfallet, med rivningsavfall inkluderat, till 70%+ skall kunna gå att materialåtervinna.

Målet med mitt projekt var från start att överskrida 70%-gränsen vilket gjordes med råge.

#### MINIMERA AVFALLET

##### Minimera avfallet

Vad gäller återvinningen för ett projekt så kan den gå till på många sätt. Enligt EU:s avfallstrappa så skall man först och främst börja med att minimera mängden avfall. I detta projektet så manifesteras detta i att så många virkesmått som möjligt i huset har hållits indentiska med originalen vid inköp, detvillsäga mindre arbete med dimensionsanpassning på bygget med spill som följd.

##### Återbruka

I nästa steg steg så skall man återbruka så mycket som möjligt. I detta projektet så har det skett genom att trädgårdsplattorna för grunden kommer från ett återbruk (illustrerat i början av kap. 2.2.1. som beskrev volymbegränsningen för utformningen där torpargrunden beskrivs, samt i sektionen 3 sidor fram).

#### ÅTERBRUKA

#### MATERIALÅTERVINNA

Detta reducerar CO2e-utsläppen relaterade till produktion till 1x gång, innan tillkomsten av detta projekt. Mer saker som till exempel fönster, dörrar och allt trä går att sälja eller donera till återbruket runt om i Sverige. I Göteborg har vi som bekant den väletablerade Kretsloppsparken-Alelyckan som drivs av Renova.

##### Material-, Energiåtervinning

Som vi såg i kapitel 2.8.1 så fick man möjligheten att materialåtervinna 98,2% av detta projekt (exklusive ev. badrum, elektronik samt innergolv). Vill man göra detta så lämnas materialen på närmsta återvinningsstation varefter metallen i fråga smälts ned och bildar nya metallprodukter, medan träet mals ned till olika pappersmassor, plywood

#### ENERGIÅTERVINNA

#### DEPONERA

*Illustration av EU's avfallstrappa av Isaksson.V.*

och fiberskivor. Vill man av olika skäl inte göra detta, t.ex. för att spara tid så kan man lämna allt på en vanlig sopstation. Görs detta så innebär det att 97,21% av de jämförda delarna i konstruktionen går till energiåtervinning (denna siffra utgörs av hela projektet exklusive dörrar, fönster och nyttjad metall). Det förbrända träet anses av vissa vara en helt CO2e-neutral energikälla<sup>46</sup>.

##### Deponera

Det sista steget på EU's avfallstrappa är deponi. Då detta projektet ej består av något giftigt så kan man lika gärna deponera större delen ekologiskt genom kompostering (exklusive fönster, dörrar eller takpapp).

I uträkningsbilagan så demonstrerades det att projektets slutliga väggar, tak och bottenplatta utgjordes av 7012kg träprodukter, detvillsäga 95,88 viktprocent av hela projektet. Rent kol utgjorde ca. 3 ton av konstruktionen. Kolkvoten med produktionsutsläpp landade på 2 ton rent kol. En betydande andel trä som det är av värde att beakta hela livscykeln för. Som en strategi för att förhindra att det materialbundna kolet återvänder till atmosfären direkt efter att projektets bäst-före datum löpt ut, så bör man finna nya sätt för beståndsdelarna att leva vidare.

På bladet till höger synes ett förslag för strategier i form av en kretsloppscykel som gör att träet och därmed kolet hålles intakt längsta möjliga tid.

Där föreslås att byggmaterialet får ett första liv genom att gå från skog till byggprojekt. Ett andra och kanske tredje liv möjliggörs genom återlämnande på återbruksstationer. Då kan materialet ges ett nytt syfte i nya projekt X-antal gånger beroende på bibehållen kvalitet.

Förr eller senare så har dock sol, vind, mikrober och temperaturväxlingar satt sina spår i materialets strukturella integritet, varför det måste möta sitt slutgiltiga öde vad gäller upplösning och återvinning. De lämpliga alternativen för återvinning av detta projekt vid vägens absoluta ände innefattar flera återvinningsmetoder:

- Återbruk: Fönster och dörrar tillåts återanvändas via återbruksstationer.
- Materialåtervinning: Trämassan förädlas till nya cellulosa-baserade produkter.
- Deponering: Träet grävs ned. I det här fallet kan detta steg ersättas med personlig kompostering om inga farliga färger använts.
- Energiåtervinning: Uttjänt trä som inte lämpar sig för materialåtervinning, eller om ägaren i fråga inte har tid att plocka isär projektet på ett sådant sätt som lämpar sig för återbruk, kan lämna projektet för energiåtervinning på sopstationen.

I steg 2b/ samt 2c/ i diagrammet till höger så krävs två olika sorters demontering beroende på vad man vill åstadkomma med materialet härnäst.

I fall 2b/ så vill man behålla så mycket av materialet i ett så helt skick som möjligt för att kunna återbruka det samt låta det uppfylla samma eller liknande funktion i ett nytt projekt.

I fall 2c/ så vill man antingen lämna projektet till materialåtervinning, kompostering eller energiåtervinning, varav de sista två återvinningsformerna bäst tas isär med metod #2.

På följande 4 sidor så presenteras två strategier för lämplig demontering beroende på framtida mål med materialen.

I båda metoderna ingår delvist återbruk då fönster och dörrar alltid bör gå denna vägen till mötes. Bedömningen om deras fortsatta användning bör fackmannamässigt avgöras av någon inom återbruksverksamheten och inte av oss lekmän. På kommande 2 sidor syns 2 strategier vilka är :

### Metod #1

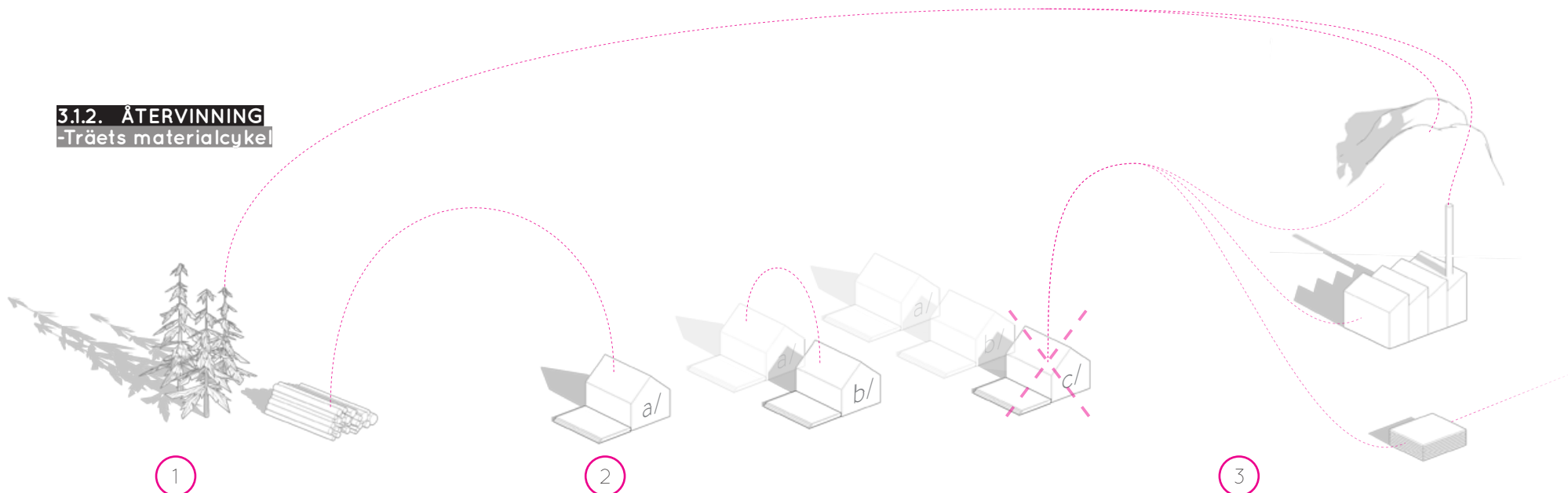
“Den noggranna metoden” är ett svar på den typen av behövd demontering som fordras om man ämnar lämna hela projektet, exklusive träull och metalliska fästelement på återbruk eller materialåtervinning. Träullen går till energiåtervinning eller kompostering. Metallen plockas försiktigt av utan att skada övrigt virke. Materialåtervinningsstationerna materialåtervinner nämligen sällan trä med metall i. Spik och skruv materialåtervinns, medan balkskor och spikplattor kan återbrukas utan några problem.

### Metod #2

“Den snabba metoden” är en följd av moment man bör genomföra om man har mindre tid med projektet och/eller bedömer materialet vara otjänligt för vidare liv genom totalt återbruk eller materialåtervinning. Den snabba metoden lämpar sig om projektet ämnas gå till energiåtervinning, eller kompostering. I denna metod så tillåts metallen stanna kvar i träet vilket sparar massor av arbete.



### 3.1.2. ÅTERVINNING -Träets materialcykel



1

CO<sub>2</sub>e binds under fotosyntesen i form av kemiskt stabilt kol i de växande stammarna. Lokalt producerat virke med hög anpassning för vårt klimat skövlas med målsättningen att skapa största möjliga skörd med minsta möjliga mängd CO<sub>2</sub>e-utsläppande arbete som insats. CO<sub>2</sub>e släpps ut vid efterhanteringen av materialet från träd till plankor.

2

Scenario a/

Det skördade virket byggs in i ett första hus, likaså det inbundna kolet. En positiv kolkvot bildas.

Scenario b/

Virket återanvänds direkt vid produktion av nästa hus och får därmed ett utökat liv. Inget nytt produktionsutsläpp av CO<sub>2</sub>e görs för de ursprungliga materialen.

Scenario c/

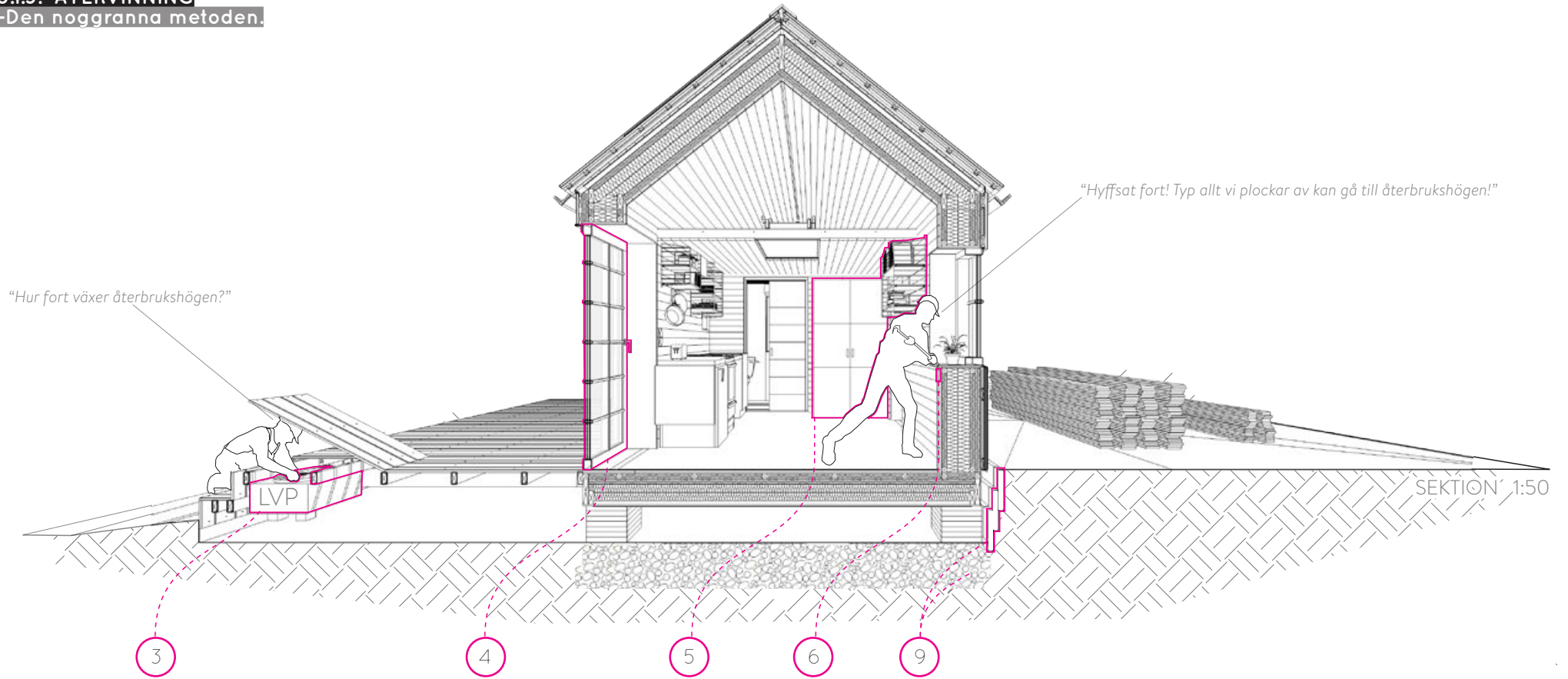
Ägaren av huset bestämmer sig av skiftande skäl för att göra sig av med det. Det plockas isär för antingen material-, energiåtervinning. Kan även komposteras

3

Beståndsdelarna kan efter steg 2 gå till :

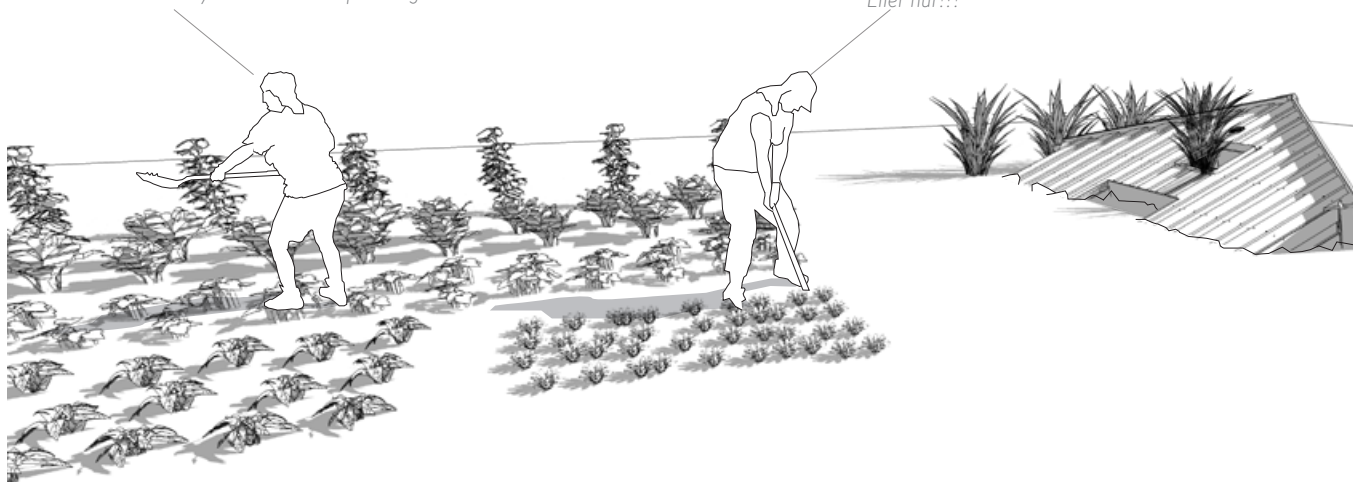
- Deponi där det grävs ned. Görs detta på ett djup över 5 meter så stannar allt materialbundet kol kvar i jordskorpan som biomull, annars riskerar det att i viss mån brytas ned och återgå till atmosfären som CO<sub>2</sub>e<sup>47</sup>.
- Energiåtervinning, här förbränns materialet och allt bundet kol släpps ut i form av CO<sub>2</sub>e som kan bindas av skogen igen.
- Materialåtervinning. Trämassan förädlas och kan leva vidare i nya cellulosebaserade produkter.

**3.1.3. ÅTERVINNING**  
**-Den noggranna metoden.**



“Tur att vi inte plockade isär hela dock! Den andra halvan av huset var ändå rätt schysst som landskap i trädgården!”

“Eller hur!?!”



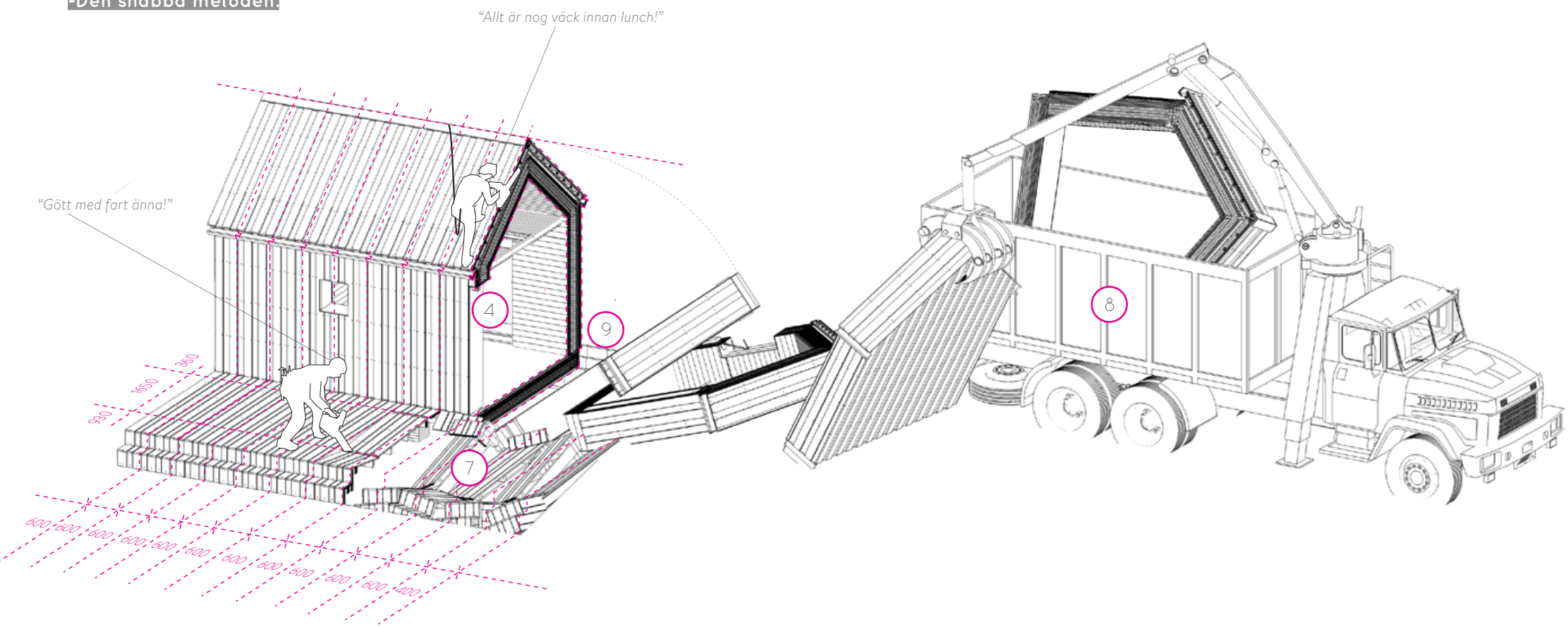
OBS! Det är inga ekologiska problem med att gräva ned trä+metall som i illustrationen t.v., men det rekommenderas ej. Avlägsna metallen först då den är väldigt lämplig för materialåtervinning!

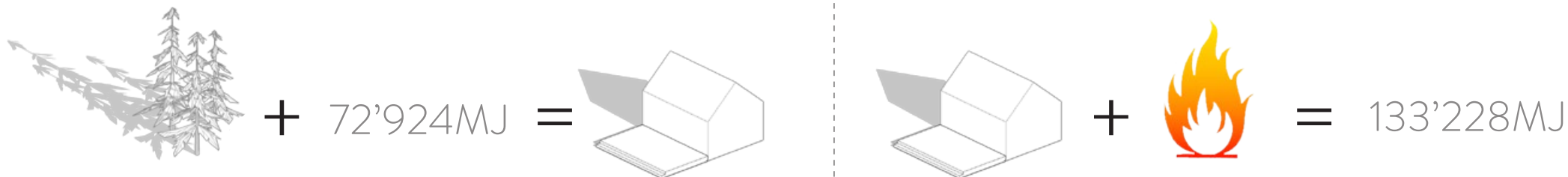
- 1 Ta på skyddshjälm, stålhattkängor samt skyddsglasögon.
- 2 Stäng av el och plocka bort all elektrisk utrustning, såsom luftvärmepump, spis, elcentral, kyl, kontakter och kablage. Dessa lämnas hos återbruk för nytt liv, eller hos certifierande elektronikåtervinnare för bästa materialåtervinning.
- 3 Stäng av vattnet. Avlägsna avlopp.
- 4 Plocka ut fönster och dörrar. Lämnas till återbruk.

- 5 Töm hemmet på all lös inredning såsom möblemang och övrig inredning.
- 6 Med hjälp av hammare, skruvdragare och kofot så avlägsnas lager för lager från hus samt altan tills allt är demonterat. Samla all spik, skruv och alla balkskor var för sig. Lämnas på återvinningsstation.  
**a/** Är fasad, tak eller spanten i innerväggen målade så lämnas de för energiåtervinning på ord. sopstation tillsammans med takpappen.  
**b/** Är allt trä och plywood obehandlat så kan de lämnas för återbruk, materialåtervinning, eller tillsammans med träullen grävas ned i ert potatisland!

- 7 Beroende på vad badrummet består av så får särskild bedömning göras på plats för hur denne bäst demonteras. Plaster går till energiåtervinning. Keramik kan gå till blandat avfall, materialåtervinning om försiktigt isärtaget, eller krossas och läggs som fylla på väg eller tomt.
- 8 Då konstruktionen vid normal luftfuktighet väger 7,3 ton så fraktas allt bekvämt bort under ca. 6-7 vändor med ett B-körkort, lätt släp och normal personvagn.
- 9 De redan återanvända trädgårdsplattorna samt macadambädden de står på kan få nytt liv genom att lämnas på återbruk. Ca. 3 vändor med lätt släp, eller 1 vända med lastbil.

**3.1.4. ÅTERVINNING**  
**-Den snabba metoden.**





Diagrammet ovan visar hur mycket mänskligt tillförd energi som gått åt för att framställa trämaterialen, respektive hur mycket mer energi man kan få ut ur dem vid förbränning. Siffrorna baseras på data från <sup>10</sup> samt <sup>48</sup>.

- 1 Ta på skyddshjälm, stålhattkängor samt skyddsglasögon.
- 2 Stäng av el och plocka bort all elektrisk utrustning, såsom luftvärmepump, spis, elcentral, kyl, kontrakter och kablage. Lämnas hos återbruk för nytt liv, eller hos certifierande elektronikåtervinnare för materialåtervinning.
- 3 Stäng av vattnet. Avlägsna avlopp.
- 4 Plocka ut fönster och dörrar. Lämnas till återbruk.
- 5 Töm hemmet på all lös inredning såsom möblemang och övrig inredning.

- 6 Beroende på vad badrummet består av så får särskild bedömning göras på plats för hur denne bäst demonteras. Plaster går till energiåtervinning. Keramik kan gå till blandat avfall, materialåtervinning om försiktigt isärtaget, eller krossas och läggs som fylla på väg eller tomt.
- 7 Med hjälp av motorsågar så kan man själv stycka projektet genom att såga på strategiska punkter precis där det är helt fritt från metall. Se streckade linjer. Precision krävs för att särskilt undvika spiken i fasad. Inhyrning av professionella arborister rekommenderas för detta moment då de är mästare med sågen under svåra omständigheter. Mätt från ytterkant badrumsfasad, så kan man med ett CC-mått på 600mm\*11st, + 400mm\*1st

tvärgående snitt dela altan + byggnad som en brödlimpa som lätt kan fraktas iväg med hjälp av lyftkran och lastbil, eller styckas ned i än mindre bitar som är mer lätthanterliga. Altanen delas även med 2 längsgående snitt med ett CC-mått på 360mm resp 1650mm mätt från YK fasad.

- 8 Då konstruktionen väger 7,3 ton så fraktas den bort under ca. 5-6 vändor med ett B-körkort, lätt släp och normal personvagn, eller 1-2 vändor med lastbil beroende på vilken maxtyngd som är tillåten på vägen t/f primärbostaden. Fråga kommunen.
- 9 De redan återanvända trädgårdsplattorna samt macadambädden de står på kan få nytt liv genom att lämnas på återbruk. Ca. 3 vändor med lätt släp, eller 1 vända med lastbil.



# 4

## **4. AVSLUTNING**

*I denna avslutande del av arbetet så diskuteras upptäckterna i relation till de huvudsakliga frågeställningarna. Därefter kommer källförteckningen för den som önskar läsa mer.*

## 4.1. DISKUSSION

### -Reflektioner i relation till de huvudsakliga frågeställningarna

#### Vad har jag lärt mig i detta arbete?

Detta arbete har varit mycket roligt att genomföra. Har aldrig tidigare nyttjat hela min verktygslåda för analys och produktionsmetoder i ett och samma projekt. Jag har tack vare djupdykningen i konstruktionsutvecklingen för detta projekt fått en mycket bättre uppfattning om inte bara byggteknikerna för mer traditionellt Skandinaviskt byggande, utan även för mer moderna passivhuskonstruktioner.

Har även utvecklat ett nytt beräkningsverktyg som kan jämföra hur olika konstruktioner står i relation till livscykelanalys genom kolkvot (*vilket är mitt bidrag till diskursen om koldioxidneutralitet*), förnyelsebarhet samt återvinningsbarhet.

En central del i arbetet har varit att genom massanalys ta fram en konstruktion för ett hållbart och tillgänglighetsanpassat attefallshus. Processen bakom utvecklingen av den slutliga vägg/taktypen samt bottenplattan involverade uppfinnandet samt tillämpningen av denna nya beräkningsmetod. En beräkningsmetod som gjorde olika konstruktionertydligt jämförbara på ett mycket nischat sätt. Detta genom

den ovannämnda “kolkvoten”, balansen mellan hur mycket rent kol eller CO<sub>2</sub>e som släppts ut respektive absorberats under produktionsstadiet för de nyttjade materialen. Beräkningskedjan för kolkvoten kom senare även att förlängas till att beakta om ett material var förnyelsebart eller materialåtervinningsbart.

Kolkvoten i sig uppfanns från början som ett svar på frågan hur man, genom LCA kan rättfärdiga eller rata olika konstruktioners existens sett till utsläppt CO<sub>2</sub>e redan innan de byggts. Att estimerar en konstruktions nettotillförsel av CO<sub>2</sub>e till atmosfären vid produktionen av dess material. Något som de ledande miljöcertifieringssystemen helt bortser från.

Den största framtida tillämpningen för denna beräkningsmetod ser jag vid jämförandet av tämligen lika konstruktioner. När man söker den mest miljövänliga lösningen bland flertalet ganska lika alternativ. Man kan med denna metod redan under skisskedet kvantitativt jämföra hur olika konstruktionslösningar står sig gentemot varandra och miljön.

Vilket för läsaren demonstreras i massanalysen av konstruktioner. En av slutsatserna från denna massanalys var att mer inbyggt trä är bra för miljön då det innebär en nettoreduktion av fritt cirkulerande CO<sub>2</sub>e i atmosfären. I kapitel 2.7.1 så gjordes därmed “ytterligare förbättringar” av miljöprestationer genom att bygga in mer trä i loft samt vid tillägg av altan. Dessa förbättringar, i synnerhet tillägget av mer trä i loftet, är inte lika lämpliga i en verklig kontext då ekonomi och arbetstid bör väga in i projektutformningen likaså.

De så kallade “ytterligare förbättringarna” som gjorts för att öka projektets kolkvot i kg, procentuella förnyelsebarhet-, samt återvinningsbarhet bör därmed ses som något som främst gjorts för att i denna akademiska kontext lyfta projektet i relation till dess grundvärden. Ville göra den slutliga modellen till en teoretisk extremofil.

Syftet med förbättringarna var att öka läsarens förståelse för hur beräkningsmetoden fungerar, även om det i detta fall resulterade i en slutmodell

som är snäppet mindre lämplig för verklig produktion.

Vad gäller val av material så utgörs lågenergihus i dagsläget ofta av betong, glasfiber, polystyrén, plastdukar, aluminium, och PVC-fönster. Material som enligt denna beräkningsmetod inte hör hemma i ett hållbart projekt. Kolkvoten innebär en ny möjlighet att ifrågasätta hållbarheten av konventionella lågenergihuskonstruktioner. Det kvantitativa beaktandet av CO<sub>2</sub>e utsläppen vid produktion av material är en kritisk infallsvinkel som de ledande miljöcertifieringssystemen inte har, samt något som den aktuella diskursen kring “carbon neutrality” ej kvantitativt beaktar än.

#### Något förvånande / oväntat?

Vad gäller kolkvoten så visste jag initieellt sett inte vad som kunde förväntas eller krävas utifrån resultaten. Ribban för vart projektets kolkvot önskades landa blev då enbart att “*absorbera mer kol än vad som släppts ut*”. Detta omnämndes tidigt i kapitlet där jag definierar vad hållbarhet är i denna tes (1.7.1).

Målet om en positiv kolkvot för den slutliga modellen uppfylldes glatt med råge då

attefallshus + fönster + altan + altandörr + ytterdörr av standardmodell absorberade 2004kg kol, eller 7,3 ton CO<sub>2</sub>e mer än vad som släpptes ut vid produktion.

I massanalysen som genomfördes med målet om att finna vilken modellkombination som var bäst utifrån de 4 kärnvärdena, närmare bestämt att:

1. UPPNÅ EN GOD KOLKVOT
2. GÖRA DET FÖRNYELSEBART
3. UPPNÅ LÅGT U-VÄRDE
4. GÖRA DET ÅTERVINNINGSBART

så var det tydligt att kontrollsubjekten (V/T-1.1, V/T-2.1, V/T-3.1, V/T-4.1 samt B-1.1, B-1.4) som bestod av mer konventionella material faktiskt presterade bättre än väntat. Särskilt vad gäller genomsnittligt U-värde och kolkvot.

Det visade sig även att dessa hamnade inom den eftersträlvade ramen för att absorbera mer koldioxid än de släppte ut under produktionsstadiet samtidigt som de uppnådde testens genomsnittligt bästa U-värden.

Hade man byggt ett mer normalt tak som består av material som inte absorberar någon koldioxid vid produktion t.ex. tak av

- takpapp + takplåt,
- takpapp + betongpannor,
- takpapp + tegelpannor, eller bara
- takpapp på råspont,

så hade värdena sett mycket sämre ut.

Den förhållandevis mindre inbyggda mängden trä i relation till den övriga konstruktionen hade då varit den största skillnaden.

Dock så presterade kontrollsubjekten dåligt jämfört med sin medtävlande (V/T-2.2, V/T-2.3, V/T-3.2, V/T-3.3, V/T-4.2, V/T-4.3 B-1.2 samt B-1.3). Dessa hade aktivt utformats för att närma sig målet med en genuint hållbar konstruktion, det vill säga att ge upphov till så lite negativa effekter som möjligt vid produktion, går att återanvända så mycket som möjligt, samt gärna till och med har en positiv inverkan på miljö vid produktion. Vilket de hade från ett CO<sub>2</sub>e-perspektiv.

Som exempel så absorberade den vinnande modellkombinationen B-1.2+V/T-2.2 vid produktion cirka tre gånger mer kol än kontrollsubjektet B-1.4+V/T-2.1 som fort-

farande hade långt mer inbyggt trä (*tack vare bräddtaget och den okonventionellt grova stommen*) än Sveriges vanliga standardvillor idag. **Förnyelsebarheten** samt potentialen för **materialåtervinning** var hela **28,99%** respektive **12,71%** högre för vinnaren än för det sämsta kontrollsubjektet.

För att möta frågan för hur man på bästa sätt kan återvinna/återbruka detta hus så föreslås en rad strategier i kapitel 3 som ser till bäst lösningen för olika scenarier. Ibland lämpar sig vissa strategier bättre än andra beroende på t.ex. skicket av materialen eller engagemanget hos ägaren.

#### Intressanta slutsatser?

Värdet av isolering spelade väldigt stor roll för projektets 4 grundvärden.

Då lambdavärdet är relativt likt för de jämförda isolermaterialen (*glasfiber, träull och linull*) så hade valet av isolermaterial väldigt liten effekt på byggnadens genomsnittliga U-värde, och sedermera dess brukstidsbesparingar av uppvärmningskostnader. Valet av isolermaterial spelade dock en väsentlig roll för projektets potential för materialåtervinningsbarhet eller genomsnittliga

förnyelsebarhet. Linisolering och träull är båda 100% återvinningsbara och förnyelsebara, medan glasfibern inte är förnyelsebar och oftast hamnar på deponi efter sin brukstid.

#### Hur kan mitt arbete leva vidare i framtida forskning?

Allt handlar om att göra det mer användbart för branschaktiva som vill konstruera på nya sätt, samt med fler material än de jag undersökt. Jag tror på vikten av att utöka mitt påbörjade index för kolinnehållet (se s.21 i kap. 1.11.1.) i byggprodukter så att fler kan använda sig av denna beräkningskedja där man ämnar jämföra kolutsläppet med den inbundna kolmängden.

Forskningen skulle även bli mer kommersiellt applicerbar om någon påbörjade en Svensk motsvarighet till Professor Geoff Hammonds index som ser till genomsnittligt utsläppt CO<sub>2</sub>e per kg producerad vara (se kapitlet 1.11.1. om kolkvoten). Då skulle en skarpare sortens miljöcertifiering förankrad i den Svenska kontexten kunna utfärdas. För att detta skall bli verklighet så måste fler Svenska materialproducenter göra så kallade EPD:er.

Mitt beräkningsverktyg för kolkvot, förnyelsebarhet och återvinningsbarhet hade även blivit mycket mer intressant för yrkesverksamt folk om man utökade beräkningskedjan till att även innefatta ekonomi, energi och något av de ledande miljöcertifieringssystemen. Marknaden drivs främst av ett finansiellt vinstintresse och jag är helt övertygad om att sökandet efter den mest miljövänliga lösningen kan gå hand i hand med ekonomiska prioriteringar.

I detta arbetet nedprioriterade jag avsiktligt att utöka beräkningskedjan från att innefatta ekonomi, energi och de ledande miljöcertifieringssystemen. Det är så stora ämnen att de bäst hör hemma i nya teser. Skulle därmed vilja plantera fröerna och bidra med förslag på titlar till framtida Masters Theses som utvecklar och bygger vidare från min forskning:

- *The relation between the carbon quotient and the material cost of a project. Finding the middle mediator.*
- *How could the carbon quotient be implemented into a leading environmental certification system?*
- *How to build with the lowest CO<sub>2</sub>e-expenditure in relation to consumed energy?*

---

Bästa hälsningar

*Viktor Isaksson*



#### 4.2.1 LITTERÄRA REFERENSER

- 1 Toller S., Wadeskog A., Finnveden G. och Miliutenko S.(2011) *Miljöindikatorer för bygg- och fastighetssektorn 1993 – 2007* Boverket. <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2011/miljoindikatorer-bygg-fastighetssektorn.pdf> (2015-01-17).
- 2 Toller S., Wadeskog A., Finnveden G, Malmqvist T. och Carlsson A.(2009) *Bygg-och fastighetssektorns miljöpåverkan* KTH, 2010-11-12. [https://www.kth.se/polopoly\\_fs/1.208794!/Menu/general/column-content/attachment/Toller%20et%20al%202009.pdf](https://www.kth.se/polopoly_fs/1.208794!/Menu/general/column-content/attachment/Toller%20et%20al%202009.pdf) (2015-01-17)
- 3 Bergkvist P., Fröbel J. (2009) *Skogen och hållbart skogsbruk* KTH, 2014-03-17. [http://www.svensktra.se/om\\_tra\\_1/tra-och-miljo\\_1/skogen-och-dess-foradling](http://www.svensktra.se/om_tra_1/tra-och-miljo_1/skogen-och-dess-foradling) (2015-01-29)
- 4 Köhler N.(2010) *Byggandet större klimatbov än byggnader* BYGGINDUSTRIN.SE, 2010-11-17. <http://byggindustrin.se/artikel/nyhet/byggandet-st%C3%B6rre-klimatbov-%C3%A4n-byggnader-17762> (2015-01-30)
- 5 Isaksson P., Lindberg A. (2014) *Klimatpåverkan från byggprocessen : En rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier* Stockholm: IVA (IVA-M 449). <http://www.iva.se/globalassets/rapporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-i1.pdf> (2015-01-17)
- 6 Miljömål (2014) *Giftfri Miljö* MILJOMALL.se, 2014-03-28. <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/4-Giftfri-miljo/> (2015-01-30)
- 7 Naturvårdsverket (2013) *EU:s återvinningsmål för byggavfall* NATURVARDsverket.se, 2013-02-25. <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/4-Giftfri-miljo/> (2015-01-30)
- 8 Andersson C., Rönnbacke E. (2014) *En studie om att reducera mängden blandat avfall inom byggsektorn* Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet, Byggingenjör på CTH. Institutionen för bygg- och miljöteknik, Avdelningen för Construction Management <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/199919/199919.pdf>
- 9 Sveriges Radio (2010) *Svenskar dåliga på att sortera byggavfall* SVERIGESRADIO.se, 2010-07-15. <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=3854718> (2015-01-30)



- 10 PROFESSOR GEOFF HAMMOND & CRAIG JONES (2011) **ICE 2.0** University AV Bath UK  
<http://web.mit.edu/2.813/www/readings/ICEv2.pdf.old> (2015-01-18).
- 11 Södergren J. (2012) **Kostnadsjämförelse av stål-, trä- och betongstomme. Examensarbete för ingenjörsexamen** Novia Yrkehögskola  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43806/Examensarbete\\_john\\_sodergran.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43806/Examensarbete_john_sodergran.pdf?sequence=1) (2015-01-31).p
- 12 NC6 (2015) **Styrmedel i den svenska klimatstrategin** Naturvårdsverket. (2015-01-12)  
<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Klimatpolitik/Styrmedel-i-klimatstrategin/> (2015-01-31)
- 13 EssentialVision (2012) **How do we make green megacities?** Essentialvision.com (2012-04-24)  
<http://essentialvision.com.au/how-do-we-make-green-megacities> (2015-02-01).
- 14 City Climate Leadership Awards (X) **Copenhagen: CPH Climate Plan 2025** Cityclimateleadershipawards (X)  
<http://cityclimateleadershipawards.com/copenhagen-cph-climate-plan-2025/> (2015-02-01).
- 15 Skoog M.(2009) **Tak av trä** BLOGGINLÄGG, 2011-10-26.  
<https://attlevadetlevandelivet.wordpress.com/2011/10/26/tak-av-tra/> (2015-03-05)
- 16 Fäldt J., Andersson S.(2009) **Stabergsbygget. hyvling och vackra bräddtak** BLOGG ENTRY , 2013-02-07.  
<https://entimmermansdagbok.wordpress.com/2013/02/07/stabergsbygget-bradetak-och-hyvling/#comment-218> (2015-03-06)
- 17 Studio RMA (2009) **Hi'Ilani Eco House** Studio RMA, 2013-02-01.  
<http://www.hiilaniecohouse.com/carbseq.html> (2014-12-12)
- 18 Vägverket (2014) **Dispenstransporter. Tunga, breda och långa transporter** Vägverket, 2014.  
<http://www.eslov.se/download/18.3c709a8a13526f8f516800035824/Broschyr+om+dispenstransporter.pdf> (2015-02-29)

- 19 Archdaily (2014) **House Karlsson** Archdaily, 2014.  
<http://www.archdaily.com/39602/house-karlsson-tham-videgard-hansson/> (2015-03-10)
- 20 TYIN (2010) **Naust pa naure** TYIN, 2014.  
[http://www.tyinarchitects.com/downloads/\(2015-03-10\)](http://www.tyinarchitects.com/downloads/(2015-03-10))
- 21 Forsman, L. (2014). **Trä- eller betongfasad - en jämförelse av kostnader**  
Kandidatexamen i Byggetenskap, KTH, Fakulteten för samhällsbyggnad.  
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:732361/FULLTEXT01.pdf>
- 22 LENNTECH (2012) **MOLECULAR WEIGHT CALCULATOR - CO2**  
<http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm> (2015-01-18).
- 23 DANZER (2012) **Wood - The superior raw material**  
<http://www.danzer.com/Life-cycle-assessment.1711.0.html?&MP=1627-15> (2015-01-18).
- 24 Werne, F., & Östnäs, S. (1983). **Bygge i Bohuslän**. Södertälje, Sverige: Fingraf AB.
- 25 Hall, T., & Dunér, K. (1995). **Svenska Hus - Landsbygdens hus från bondesamhälle till industrialism** Stockholm, Sverige: Carlsson Bokförlag.
- 26 Jonsson, M., & Snitt, I. (1996). **Från prästgårdar till strandbodnar - Gotländska hus och rum** Stockholm, Sverige: Bonnier Alba.
- 27 Nilsson, O. (2011). **Träfasader - om arkitektur och teknik**  
Licentiatuppsats, KTH, avdelningen för träteknik.  
[https://pure.ltu.se/portal/files/34418141/Ove\\_Nilsson.Komplett.pdf](https://pure.ltu.se/portal/files/34418141/Ove_Nilsson.Komplett.pdf)
- 28 Bergman, M. (2010). **CONSTRUCTING COMMUNITIES - The establishment and demographic development AV sawmill communities in the Sundsvall district, 1850-1890**  
Doktorsavhandling, Umeå Universitet, Institutionen för idé och samhällstudier.  
<http://umu.diva-portal.org/smash/get/diva2:345256/FULLTEXT01.pdf>

- 29 Boverket (2015) **Attefallshus**  
<http://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Lov--byggande/Lov--anmalan/Bygglovbefriade-atgarder/Komplementbostadshus-eller-komplementbyggnad-max-25-m-sa-kallat-Attefallshus/> (2015-01-18).
- 30 Träguiden (2015) **Underlag av träpanel - Faltak** Träguiden, 2015.  
<http://traguiden.se/TGtemplates/popup2spalt.aspx?id=7820&contextPage=5950> (2015-03-25)
- 31 Wikipedia (2015) **Hållbar utveckling** Wikipedia, 2015.  
[http://sv.wikipedia.org/wiki/H%C3%A5llbar\\_utveckling](http://sv.wikipedia.org/wiki/H%C3%A5llbar_utveckling) (2015-03-25)
- 32 Boverket (2014) **Miljöpåverkan från bygg- och fastighetsbranschen 2014** (ISBN: 978-91-7563-155-4) Boverket Publikationsservice.  
<http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2014/miljopaverkan--bygg-och-fastighetsbranschen-2014.pdf> (2015-03-25)
- 33 Naturskyddsföreningen (2015) **2030 - Hela Sverige drivs på förnyelsebar energi**  
<http://www.naturskyddsforeningen.se/vad-du-kan-gora/som-foretag/bli-stodforetag/fornybar-energi> (2015-04-01)
- 34 LKAB (2014) **ÅRS - OCH HÅLLBARHETSREDOVISNING (-)** LKAB.  
[http://www.lkab.com/Global/Documents/Finansiella%20rapporter/%C3%85rsredovisning%20sv/2014/LKAB\\_%C3%85rsredovisning\\_och\\_H%C3%A5llbarhetsredovisning\\_2014.pdf](http://www.lkab.com/Global/Documents/Finansiella%20rapporter/%C3%85rsredovisning%20sv/2014/LKAB_%C3%85rsredovisning_och_H%C3%A5llbarhetsredovisning_2014.pdf) (2015-03-25)
- 35 IL Recycling (2015) **Avfallstrappan**  
<http://www.ilrecycling.com/atervinning-och-kallsortering/avfallstrappa/> (2015-04-01)
- 36 Skogsindustrin (2015) **En faktasamling - Branschstatistik 2013**  
[http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=8242a9fb-6860-46d7-934c-9e940d664e7a&FileName=Skogsfakta\\_swedish\\_final.pdf](http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=8242a9fb-6860-46d7-934c-9e940d664e7a&FileName=Skogsfakta_swedish_final.pdf) (2015-04-01)
- 37 Kristianstad kommun (2015) **Övrigt byggavfall**  
<http://www.kristianstad.se/sv/Om-kommunen/Styrning-och-forvaltning/Forvaltningarna/Miljo--och-halsoskyddskontoret/For-foretag-och-verksamheter/Miljo-och-energi-for-foretag/Avfall/Byggavfall/Ovrigt-avfall/> (2015-04-01)

- 38 Svenskt Trä (2013) **HANDBOK - för beställare och projektörer av flervåningshus i trä**  
[http://www.svensktra.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=ece5d7d5-676f-4457-8e32-28317eeffe23&FileName=657-4379+Best%C3%A4llarhandbok\\_6.pdf](http://www.svensktra.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=ece5d7d5-676f-4457-8e32-28317eeffe23&FileName=657-4379+Best%C3%A4llarhandbok_6.pdf) (2015-04-01)
- 39 Träguiden (2015) **Brandegenskaper**  
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1115> (2015-04-01)
- 40 Östman, B. (2008) **Akustik i träbyggnader**  
<http://media.acuwood.com/Akustik-i-trabyggnader.pdf> (2015-04-01)
- 41 Martinsons (2011) **Byggsystem för framtidens naturliga sätt att bygga.**  
<http://media.acuwood.com/Akustik-i-trabyggnader.pdf> (2015-04-01)
- 42 Karlsson, F. (2011) **SWECO - Konstruktion passivhus**  
<http://www.sweco.no/Global/Norway/News/2010/Passivhuskurs-Fredrik%20Konstruksjon.pdf> (2015-04-01)
- 43 BREEAM (2011) **Visual Comfort - Daylighting**  
[http://www.breeam.org/BREEAM2011SchemeDocument/Content/05\\_health/hea01.htm](http://www.breeam.org/BREEAM2011SchemeDocument/Content/05_health/hea01.htm) (2015-04-01)
- 44 Lindström, B. (1995) **Självdagsventilation : Boverket Handbok** (ISBN: 91-7147-166-9) Boverket, Byggavdelningen.  
<http://www.hsb.se/contentassets/75fa64dde4de428dbd5198711e225243/sjc3a4lvdragsventilation20handbok.pdf>(2015-03-25)
- 45 BYGGNADSVÅRDFÖRENINGEN (2015) **Nya regler för självdag**  
<http://www.byggnadsvard.se/byggnadskultur/%C3%B6vrigt/nya-regler-f%C3%B6r-sj%C3%A4lvdrag> (2015-04-02)
- 46 The economist (2015) **Wood - The fuel of the future**  
<http://www.economist.com/news/business/21575771-environmental-lunacy-europe-fuel-future> (2015-04-24)

- 47 Carbon Balance and Management (2015) [Carbon sequestration via wood burial](http://www.cbjournal.com/content/3/1/1#)  
<http://www.cbjournal.com/content/3/1/1#> (2015-04-24)
- 48 Forestbioenergy (2015) [Energy Basics - FACT SHEET 5.8](http://www.forestbioenergy.net/training-materials/fact-sheets/module-5-fact-sheets/fact-sheet-5-8-energy-basics/)  
<http://www.forestbioenergy.net/training-materials/fact-sheets/module-5-fact-sheets/fact-sheet-5-8-energy-basics/> (2015-04-25)
- 49 Science News (2015) [Rate of tmospheric carbon dioxide rise unprecedented](https://www.sciencenews.org/article/rate-atmospheric-carbon-dioxide-rise-unprecedented)  
<https://www.sciencenews.org/article/rate-atmospheric-carbon-dioxide-rise-unprecedented> (2015-05-05)
- 50 Boverket (2015) [Luft och ventilation i bostäder](http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/)  
<http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/> (2015-06-06)
- 51 Fastighetsägarna (2015) [God inomhusmiljö - En handbok för fastighetsägare](http://www.fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=e5d69047-f45d-42ea-957d-0506c7a98390)  
[http://www.fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=e5d69047-f45d-42ea-957d-0506c7a98390](http://www.fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=e5d69047-f45d-42ea-957d-0506c7a98390) (2015-06-06)

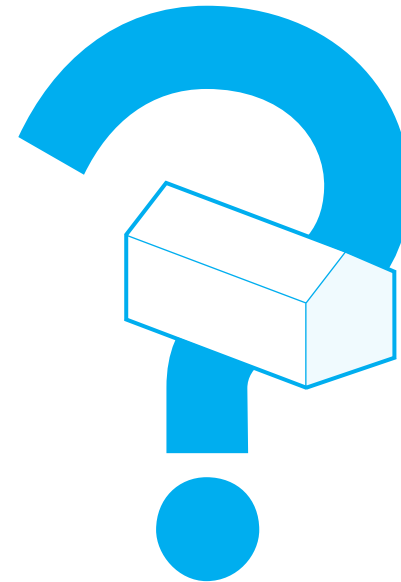
#### 4.2.2 DIGITALA BILDREFERENSER

- 52 [\[VILLA KARLSSON\]](http://www.trapriset.se/tidigare_vinnare/trapriset_2004_-_nominerade_objekt/villa_karlsson_tido-lindo) n.d. [Elektronisk bild] [http://www.trapriset.se/tidigare\\_vinnare/trapriset\\_2004\\_-\\_nominerade\\_objekt/villa\\_karlsson\\_tido-lindo](http://www.trapriset.se/tidigare_vinnare/trapriset_2004_-_nominerade_objekt/villa_karlsson_tido-lindo) [Åtkomst 2015-03-03].
- 53 [\[VISBY FISKEBODAR\]](http://www.fotosidan.se/blogs/meldert/index.htm?category=135&skip=5) n.d. [Elektronisk bild] <http://www.fotosidan.se/blogs/meldert/index.htm?category=135&skip=5> [Åtkomst 2015-03-03].
- 54 [\[BOATHOUSE / TYING TEGNESTUE\]](http://www.archdaily.com/168642/boathouse-tyin-tegnestue/) n.d. [Elektronisk bild] <http://www.archdaily.com/168642/boathouse-tyin-tegnestue/> [Åtkomst 2015-03-03].
- 55 [\[HI'ILANI ECO HOUSE / STUDIO RMA\]](http://sarahanderson.zenfolio.com/hiilani_2_13/h56F18404#h56f1c7ba) n.d. [Elektronisk bild] [http://sarahanderson.zenfolio.com/hiilani\\_2\\_13/h56F18404#h56f1c7ba](http://sarahanderson.zenfolio.com/hiilani_2_13/h56F18404#h56f1c7ba) [Åtkomst 2015-03-03].



- 56 [KALKBROTTET I LIMHAMN] n.d. [Elektronisk bild] <http://www.fotosidan.se/blogs/hlse/kalkbrottet-i-limhamn.htm#comments> [Åtkomst 2015-04-01].
- 57 [STAMP HOUSE] n.d. [Elektronisk bild] <http://www.dezeen.com/2013/03/04/stamp-house-charles-wright-architects-withstands-cyclones/> [Åtkomst 2015-04-02].
- 58 [CPH CLIMATE PLAN] n.d. [Elektronisk bild]  
[subsite.kk.dk/sitecore/content/Subsites/CityOfCopenhagen/SubsiteFrontpage/Business/Growth\\_and\\_partnerships/~/\\_media/F5A7EC91E7AC4B0891F37331642555C4.ashx](http://subsite.kk.dk/sitecore/content/Subsites/CityOfCopenhagen/SubsiteFrontpage/Business/Growth_and_partnerships/~/_media/F5A7EC91E7AC4B0891F37331642555C4.ashx) [Åtkomst 2015-04-02].
- 59 [MASDAR CITY] n.d. [Elektronisk bild] <http://blog.cat.org.uk/2011/10/17/5-hi-tech-eco-projects-you-should-know-about-but-wont-necessarily-like/> [Åtkomst 2015-04-02].
- 60 [TIMMERSTUGA SVENNEVAD] n.d. [Elektronisk bild] <http://www.arnesbilder.se/Gamla%20Sv-vad,%20Skogaholm/Torp,Svennevad.htm> [Åtkomst 2015-04-02].
- 61 [FRU WIKSTRÖMS TORP] n.d. [Elektronisk bild] <http://www2.hofors.se/tradgardar/torp.htm> [Åtkomst 2015-04-02].
- 62 [218 ÅR GAMMALT BRÄDTAK] n.d. [Elektronisk bild] <https://entimmermansdagbok.files.wordpress.com/2015/03/enhc3b6rna06.jpg> [Åtkomst 2015-04-02].
- 63 [FISKEBOD, GOTLAND] n.d. [Elektronisk bild] <http://www.helagotland.se/start/onsjo-anmald-for-svartbygge-8957313.aspx> [Åtkomst 2015-04-02].
- 64 [SOMMARSTUGA / REIULF RAMSTAD] n.d. [Elektronisk bild] <http://www.dezeen.com/2014/10/13/micro-cluster-cabins-reiulf-ramstad-architects-norway/> [Åtkomst 2015-04-02].





**A sustainable construction for low energy buildings  
Demonstrated in an Attefallshouse  
-Bilaga A, Uträkningar**

Examensarbete vid Chalmers Arkitektur

Design for sustainable development

Presentationsdatum : 2015-05-20

Av Viktor Isaksson



**CHALMERS**

## INDEX - Bilaga A - Uträkningar

	<b>PAGE</b>
1.1. Syftet med denna bilaga .....	<b>3</b>
2.1. Påbörjat index för byggmaterialens kolinnehåll .....	<b>3</b>
3. Fallstudiemodell .....	
3.1. -En modul .....	<b>5</b>
3.2. -Värdena för en m <sup>2</sup> tak/bottenplatta/vägg .....	<b>23</b>
4. Första kompletta skissen .....	<b>26</b>
5. Kolkvot för Väg / Taktyper (V/T) .....	
5.1. -1.1 .....	<b>30</b>
5.2. -1.2 .....	<b>34</b>
5.3. -1.3 .....	<b>38</b>
5.4. -2.1 .....	<b>42</b>
5.5. -2.2 .....	<b>46</b>
5.6. -2.3 .....	<b>50</b>
5.7. -3.1 .....	<b>54</b>
5.8. -3.2 .....	<b>58</b>
5.9. -3.3 .....	<b>62</b>
5.10. -4.1 .....	<b>66</b>
5.11. -4.2 .....	<b>70</b>
5.12. -4.3 .....	<b>74</b>
6. Kolkvot för Bottenplattor (B) .....	
6.1. -1.1 .....	<b>78</b>
6.2. -1.2 .....	<b>82</b>
6.3. -1.3 .....	<b>86</b>
6.4. -1.4 .....	<b>90</b>
7. Resultat för samtliga modellkombinationer .....	
7.1. - U-Värde .....	<b>94</b>
7.2. - Kolkvot .....	<b>96</b>
7.3. - Förnyelse .....	<b>98</b>
7.4. - Materialåtervinning .....	<b>100</b>
7.5. -Sammanställning av diagram för att utröna trender .....	<b>102</b>
7.6. - Diskussion kring resultat .....	<b>104</b>
8. Loft .....	
8.1. -Ursprungligt loft .....	<b>106</b>
8.2. -Förbättrat loft .....	<b>108</b>
9. Altan .....	<b>110</b>
10. Slutgiltig modell .....	<b>112</b>
11. Referenser .....	<b>126</b>

## 1.1. Syftet med denna bilaga.

Syftet med denna bilaga:

I denna bilaga så demonstreras varje vägg/taktyps-, bottenplatta, loft, altan samt den slutgiltiga modellens

- respektive kolvoter,
- procentuella potential för materialåtervinning samt
- förnyelsebarhet, samt alla uträkningar bakom dessa utlåtandena.

Detta för att läsaren själv skall kunna ta del av uträkningsprocessen samt bättre förstå denne utifall att intresse finns att utföra kolvotsberäkningar på ett eget projekt.

Genomsnittligt U-värde för modellkombinationerna beräknade med hjälp av mjukvara (THERM 7.3 samt IDA-ICE). Resultaten för detta visas tillsammans med de andra diagrammen då de tillsammans utgör projektets 4 grundvärden.

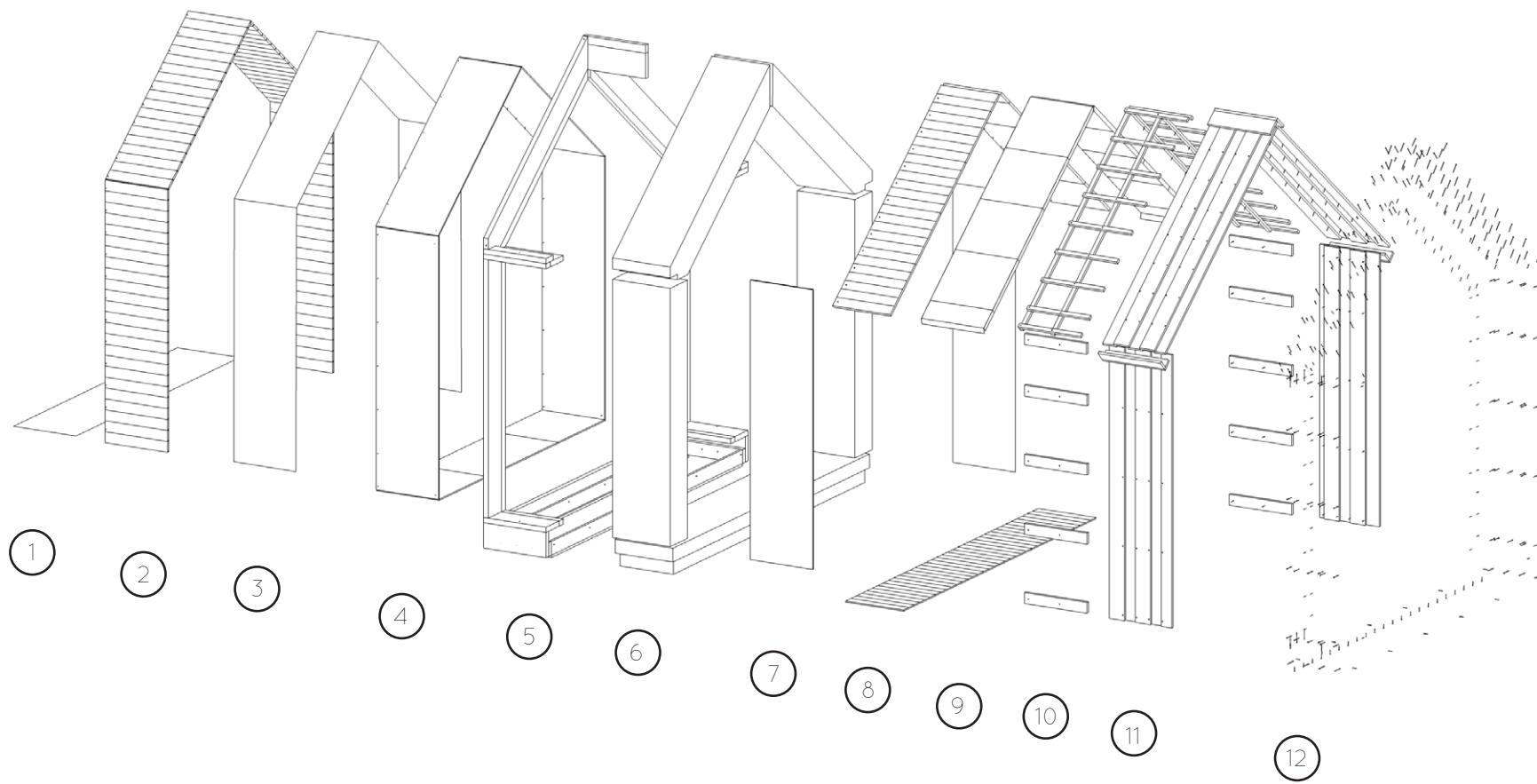
Upplägget visar först de undersökta modellkombinationerna, åtföljt av diskussion av dessa. Därefter ser vi uträkningarna i form av förbättringarna till den vinnande modellkombinationen (*loft, altan samt förbättrad variant med minskad glasyta som förekommer under namnet "slutgiltig modell"*).

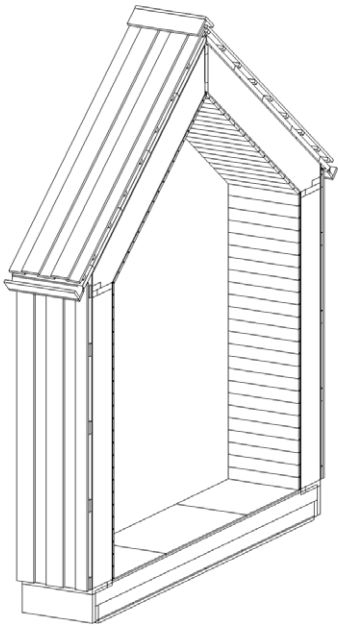
## 2.1. Påbörjat index för byggmaterialens kolinnehåll.

Stål(rosthritt).....	1-3%
Stål.....	0%
Glasfiberull.....	0%
PVC.....	38,7%
Plast(ABS).....	88,54%
Aluminium.....	0%
Granit.....	0%
Trä(generellt).....	0,51%
Plywood.....	43%
Polyethylen.....	85,6%
Polystyren.....	92%

Ovan: Tabell bundet kol per kg produkt.







### 3.1. Fallstudiemodell

- 1 LINOLEUM
- 2 RÅSPONTPANEL
- 3 ÅNGBROMS
- 4 PLYWOOD
- 5 TRÄSTOMME
- 6 TRÄULL
- 7 VINDKSIVA
- 8 TROSSBOTTEN / SPONTLUCKA
- 9 TAKPAPP
- 10 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 11 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 12 ALL SPIK / SKRUV
- 13 SUMMERING KOMPLETT MODUL

### 3.1 Fallstudiemodell -En modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
1 LINOLEUM	LINOLEUM 100%	1.6535m <sup>2</sup>	1200kgm <sup>3</sup> <sup>20</sup>	Vid en tjocklek på 2mm så motsvarar vikten då 1200 / 500 = 2,4kg/m <sup>2</sup> .  Tot. 2,4 * 1,6535 =3,9684kg	2.43kg/m <sup>2</sup> <sup>3</sup> eller 1,21kg per kg <sup>6</sup>	1.6535m <sup>2</sup> * 2.43kg/m <sup>2</sup> = 4,018005kg eller beroende på källa : 1,21 * 3,9684 = 4,801764kg  median = 4,409884kg
	<del>Linseed oil</del> 10% <sup>1</sup> <del>α-linolenic acid</del> 55% <sup>2</sup> <del>palmitic acid</del> 7% <sup>2</sup> <del>stearic acid</del> 4% <sup>2</sup> <del>oleic acid</del> 19% <sup>2</sup> <del>linoleic acid</del> 15% <sup>2</sup>  <del>Gum resin</del> 2% <sup>1</sup>  <del>Tall oil</del> 11% <sup>1</sup> Wood flour 22% <sup>1</sup> CaCO3 24% <sup>1</sup>					
2 RÅSPONT	TRÄ	1139929 mm <sup>3</sup> * 86 =0.098033894m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	0.09803m <sup>3</sup> * 430 =42,155kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	42,155kg * 0,48 =20,234195kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  0,2729 * 4,409884kg = 1,203457kg	--  -- -- -- -- --  -- -- 0,51 / 51% <sup>8</sup> 0,120003 / 12% <sup>20</sup>	--  -- -- -- -- --  -- -- 0,22 * 0,515kg * 3,9684kg = 0,44525kg 0,24 * 0,12003 * 3,9684kg = 0,114318kg	-1,203457kg  -- -- -- -- --  -- -- + 0,4452kg + 0,114318kg tot. = -0,6438
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  0,2729 * 20,234195kg =5,52191kg	0,51 / 51% <sup>8</sup>	0,51 * 41.154574 =21,4988kg	21,4988kg - 5,52191kg = +15,57689kg

### 3.1 Fallstudiemodell

-En modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
3 ÅNGBROMS	CELLULOSA	4.8642m <sup>2</sup>	0,18kg/m <sup>2</sup> <sup>9</sup>	0,875556kg	1531kg CO2/ton =1,531kg CO2/kg <sup>10</sup>	0,875556kg * 1,531 = 1,3404kg
4 PANEL	PLYWOOD		680kg/m <sup>3</sup> <sup>11, 12</sup>	0.06036155 * 680 =41,045854kg	0.42fos+0.65bio <sup>6</sup> eller 680/160 =0,23529411 kg per kg <sup>11</sup>	41,045854kg * (0.42+0.65) = 27,772349155kg eller 41,045854kg * 0,23529411 = 6,107168kg beroende på källa
		0,875556kg				
		0.06036155 * 680 =41,045854kg				



TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup></p> <p>1,34kg * 0,2729 =0,36579kg</p>	<p>0,445kg / 44,5% <sup>4</sup></p>	<p>0,445 * 0,875556kg =0,389622kg</p>	<p>0,389622 - 0,3657kg = +0,023862kg</p>
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup></p> <p>0,2729 * 27,772 =7,57907kg eller 0,2729 * 6,107168=1,66664kg</p> <p>median=4,6228kg</p>	<p>281,195kg C / m<sup>3</sup> plywood vid en densitet på 650kg/m<sup>3</sup>. <sup>13</sup> Antal kg C per kg plywood blir då 281,195/650 =0,4326kg eller 43%rent C per kg plywood</p>	<p>0,4326 * 41,045854kg =17,7564kg</p>	<p>17,7564kg - 4,6228kg = +13,1336kg</p>

### 3.1 Fallstudiemodell -En modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
5 STOMME	TIMBER	5939632mm <sup>2</sup> (Vägg1 nedre) + 1889883mm <sup>2</sup> (Vägg1 nedre) + 22195800mm <sup>2</sup> (Vägg1) + 7062300mm <sup>2</sup> (Vägg1) + 1889883mm <sup>2</sup> (Vägg1 övre) + 5939632mm <sup>2</sup> (Vägg1 övre) + 3239799mm <sup>2</sup> (Vägg1 övre)+ 20423151mm <sup>3</sup> (tak1 tjock)+ 5817227mm <sup>3</sup> (tak1 tunn) + 5939632mm <sup>2</sup> (Vägg2 nedre) + 1889883mm <sup>2</sup> (Vägg2 nedre) + 22195800mm <sup>2</sup> (Vägg2) + 7062300mm <sup>2</sup> (Vägg2) + 1889883mm <sup>2</sup> (Vägg2 övre) + 5939632mm <sup>2</sup> (Vägg2 övre) + 3239799mm <sup>2</sup> (Vägg2 övre)+ 20423151mm <sup>3</sup> (tak2 tjock)+ 5817227mm <sup>3</sup> (tak2 tunn) + 5939632mm <sup>2</sup> (taknock tjock) + 1889883mm <sup>2</sup> (taknock tunn) + 5939632mm <sup>2</sup> (Botteplattkant tjock 1) + 3239799mm <sup>2</sup> (b. kant tvär-regel lås1) + 32263200mm <sup>3</sup> (b. tvärregel) + 8109360mm <sup>3</sup> (b. trossbottenlås-ö 1)+ 8109360mm <sup>3</sup> (b. trossbottenlås-ö 2) + 5939632mm <sup>2</sup> (b. kant tjock 2) + 3239799mm <sup>2</sup> (b. kant tvär-regel lås 2) + 2532600mm <sup>3</sup> (trossbottenlå-u 1) + 5571720mm <sup>3</sup> (trossbottenlås-u 2) =0.213188395m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	0.213188m <sup>3</sup> * 430 =91,671kg	0.48 <sup>6</sup>	36,66840394kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  $0,2729 * 36,66840394$ $=10,0068\text{kg}$	$0,51 / 51\%$ <sup>8</sup>	$0,51 * 91,671\text{kg} =46,75221\text{kg}$	$46,75221\text{kg} -$ $10,0068\text{kg}$ $= +36,7454\text{kg}$

### 3.1 Fallstudiemodell

-En modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
6 TRÄULL	CELLULOSA	360849900mm <sup>3</sup> (vägg1) + 323582539mm <sup>3</sup> (tak1) + 360849900mm <sup>3</sup> (vägg2) + 323582539mm <sup>3</sup> (tak2) + 220298032mm <sup>3</sup> (b.platta) =1,58916291m <sup>3</sup>	59kg/m <sup>3</sup> <sup>14</sup>	1,58916291m <sup>3</sup> * 59 = 93,760611kg	0,98 <sup>6</sup>	0,98 * 93,760611kg =91,88539kg
7 VINDSKIVA	PLYWOOD	2*(1455785mm <sup>2</sup> ) = 0.00291157m <sup>3</sup>	680kg/m <sup>3</sup> <sup>11, 12</sup>	0.00291157m <sup>3</sup> * 680 = 1,9798kg	0.42fos+0.65bio <sup>6</sup> eller 680/160 =0,23529411 <sup>11</sup>	1,9798kg * (0.42+0.65) = 2,1183kg eller 1,9798kg * 0,23529411 = 0,465835kg beroende på källa

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup></p> <p><math>0,2729 * 91,88539\text{kg}</math>  <math>=25,07552\text{kg}</math></p>	<p><math>0,445\text{kg} / 44,5\%</math> <sup>4</sup></p>	<p><math>0,445 * 93,760611\text{kg} = 41,72347\text{kg}</math></p>	<p><math>41,72347\text{kg} - 25,07552\text{kg}</math>  <math>= +16,6795\text{kg}</math></p>
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup></p> <p><math>0,2729 * 2,1183\text{kg} = 0,578084\text{kg}</math>  eller  <math>0,2729 * 0,46583\text{kg} = 0,12712\text{kg}</math></p> <p>median = 0,3526kg</p>	<p><math>281,195\text{kg C} / \text{m}^3</math> plywood vid en densitet på <math>650\text{kg}/\text{m}^3</math>. <sup>13</sup></p> <p>Antal kg C per kg plywood blir då <math>281,195/650</math>  <math>=0,4326\text{kg}</math> eller 43%rent C per kg plywood</p>	<p><math>0,4326 * 1,9798\text{kg} = 0,8564\text{kg}</math></p>	<p><math>0,8564\text{kg} - 0,3526\text{kg}</math>  <math>= +0,5038\text{kg}</math></p>

### 3.1 Fallstudiemodell -En modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
8 TROSSBOTTEN + SPONTLUCKA I TAK	TRÄ	$(6 \cdot (2996799 \text{ mm}^3)) +$ $(2193119 + (8 \cdot (6579357$ $\text{ mm}^3)))$ $= 17980794 + 54827975$ $= 72808769 \text{ mm}^3$ $= 0,072808769 \text{ m}^3$	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	$0,072808769 \text{ m}^3$ $\cdot 430 =$ $31,30777 \text{ kg}$	0.48 <sup>6</sup>	$0,48 \cdot 31,30777 \text{ kg} = 15,0277 \text{ kg}$
9 TAKPAPP	TJÄRA	$(\text{Överlappning}$ $= 10 \cdot 0,15 \cdot 0,6 = 0,9 \text{ m}^2) +$ $(\text{Exponerad\_yta}$ $= 2887639 \text{ mm}^2)$ $= \text{tot. } 3,7876 \text{ m}^2$	0,75 kg/m <sup>2</sup> <sup>15</sup>	$3,7876 \text{ m}^2$ $\cdot 0,75$ $= 2,8407 \text{ kg}$	$(\text{Spann: } 0,43 - 0,55) \text{ } ^6$ $\text{Median} = 0,49$	$2,8407 \text{ kg} \cdot 0,48 = 1,363536 \text{ kg}$



TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
<p>The carbon content in CO2 is 0,2729. <sup>7</sup></p> <p><math>0,2729 * 15,0277\text{kg} = 4,10105\text{kg}</math></p>	<p>0,51 / 51% <sup>8</sup></p>	<p><math>0,51 * 31,30777\text{kg} = 15,9669\text{kg}</math></p>	<p><math>15,9669\text{kg} - 4,10105\text{kg}</math>  <math>= +11,8659\text{kg}</math></p>
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup></p> <p><math>0,2729 * 1,363536\text{kg}</math>  <math>= 0,372108\text{kg}</math></p>	<p>Underlagspapp innehåller 22% "Asphalt cement" <sup>16</sup></p> <p>Kolinnehållet i "asphalt cement" = 82 % <sup>17</sup></p> <p><math>2,8407\text{kg} * 0,22 * 0,82 = 0,51246228\text{kg}</math></p> <p><math>0,51246228\text{kg} / 2,8407</math>  <math>= 0,1804\text{kg}</math> rent kol per kg takpapp enbart genom ingrediensen "Asphalt cement"</p>	<p><math>2,8407\text{kg} * 0,22 * 0,82 = 0,51246228\text{kg}</math></p>	<p><math>-0,51246228\text{kg} - 0,372108\text{kg}</math>  <math>= -0,88,4570\text{kg}</math></p>

### 3.1 Fallstudiemodell -En modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
10 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	TRÄ	<p>Bärläkt = <math>(18 \cdot 495267 \text{mm}^3) + (4 \cdot 1924658) = 16613438 \text{mm}^3</math></p> <p>Spikläkt = <math>10 \cdot 1584397 \text{mm}^3 = 15843970 \text{mm}^3</math></p> <p>Tot_läkt = <math>32457408 \text{mm}^3 = 0.032457408 \text{m}^3</math></p>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	<p><math>0.032457408 \text{m}^3 \cdot 430 = 13,956685 \text{kg}</math></p>	0.48 <sup>6</sup>	$0,48 \cdot 13,956685 \text{kg} = 6,6992 \text{kg}$
11 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	TRÄ	<p>Fasad = <math>(8 \cdot (7220941 \text{mm}^3) + (2 \cdot 4978107 \text{mm}^3)) = 67723742 \text{mm}^3</math></p> <p>Faltak = <math>((2 \cdot 6711955 \text{mm}^3) + (6 \cdot 7304436 \text{mm}^3) + (2 \cdot 5628150 \text{mm}^3)) = 13423910 + 43826616 + 11256300 = 68506826 \text{mm}^3</math></p> <p>Hängrännor = <math>4 \cdot 1196926 \text{mm}^3 = 4787704 \text{mm}^3</math> Taknock  <math>= 2 \cdot 1826887 \text{mm}^3 = 3653774 \text{mm}^3</math></p> <p>=Tot. <math>144672046 \text{mm}^3 = 0.144672046 \text{m}^3</math></p>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	<p><math>0.144672046 \text{m}^3 \cdot 430 = 62,20897978 \text{kg}</math></p>	0.48 <sup>6</sup>	$0,48 \cdot 62,20897978 \text{kg} = 29,8603 \text{kg}$

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 6,6992\text{kg} = 1,82821\text{kg}$	0,51 / 51% <sup>8</sup>	$0,51 * 13,956685\text{kg} = 7,1179\text{kg}$	$7,1179\text{kg} - 1,82821\text{kg}$ = +5,2915kg
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 29,8603\text{kg} = 8,14887\text{kg}$	0,51 / 51% <sup>8</sup>	$0,51 * 62,20897978\text{kg} = 31,726579\text{kg}$	$31,726579\text{kg} - 8,14887\text{kg}$ = +23,5777kg

### 3.1 Fallstudiemodell

-En modul

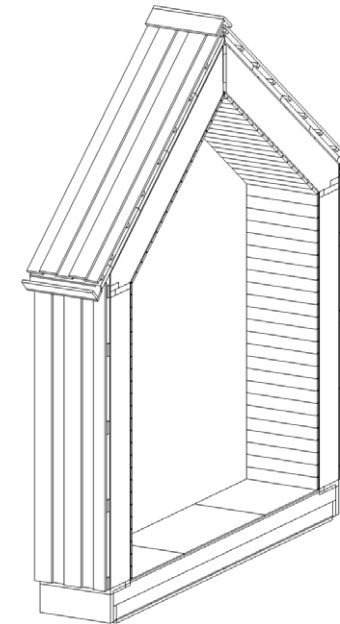
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
12 SPIK / SKRUV	VARMFÖRZ- INKAT STÅL	<p>SPIK 75*2.8mm = 276mm<sup>3</sup> *326 = 89976 mm<sup>3</sup> = 0.000089976m<sup>3</sup></p> <p>PAPPSPIK 35*2mm = 160mm<sup>3</sup> * 128 =20480 mm<sup>3</sup> = 0.00002048m<sup>3</sup></p> <p>TRÄSKRUV 90*5mm = 1732mm<sup>3</sup> *17 = 29444 mm<sup>3</sup> = 0.000029444m<sup>3</sup></p> <p>TRÄDSPIK 90*3.1mm = 342mm<sup>3</sup> * 21 = 7182 mm<sup>3</sup> = 0.000007182m<sup>3</sup></p> <p>DYCKERT 40*1,9mm = 63mm<sup>3</sup> * 69 = 4347 mm<sup>3</sup> = 0.000004347m<sup>3</sup></p> <p>Tot. = 0.000151429m<sup>3</sup></p>	7 850 kg/m <sup>3</sup> 18	<p>0.000151429m<sup>3</sup> * 7850 =1,188717kg</p>	2,84 <sup>6</sup>	2,84 * 1,188717kg = 3,37595kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 3,37595\text{kg}$ $= 0,921296\text{kg}$	$0,03\%$ <sup>19</sup>	$0,03 * 1,188717\text{kg} = 0,035661\text{kg}$	$0,035661\text{kg} -$ $0,921296\text{kg}$ $= -0,885635\text{kg}$

### 3.1 Fallstudiemodell

#### -Summering fallstudiemodell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	LINOLEUM	-0,6238kg
2	RÅSPONTPANEL	+15,5768kg
3	ÅNGBROMS	+0,02386kg
4	PLYWOOD	+13,1336kg
5	TRÄSTOMME	+36,7454kg
6	TRÄULL	+16,6795kg
7	VINDSKIVA	+0,5038kg
8	TROSSBOTTEN	+11,8659kg
9	TAKPAPP	-0,884570kg
10	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+5,2915kg
11	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+23,5777kg
12	SPIK / SKRUV	-0,885635kg
13	SUMMERING M <sup>2</sup> TAK / VÄGG / GOLV	+120,98389kg



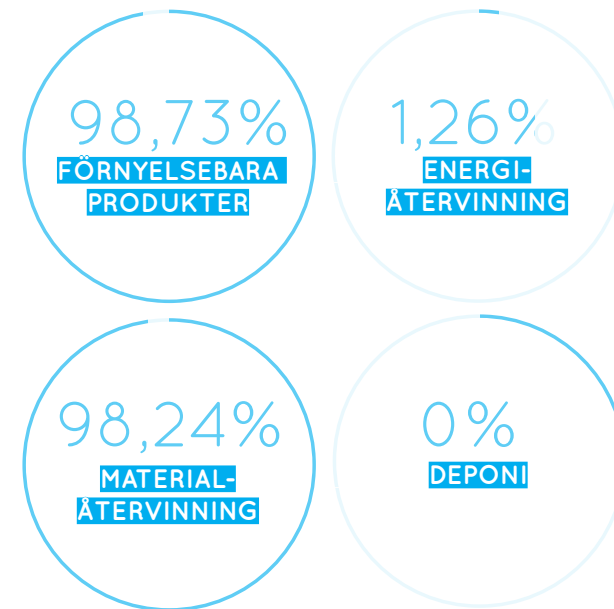
13 Tot. 121kg kol motsvarandes 443kg mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna fallstudiemodell.

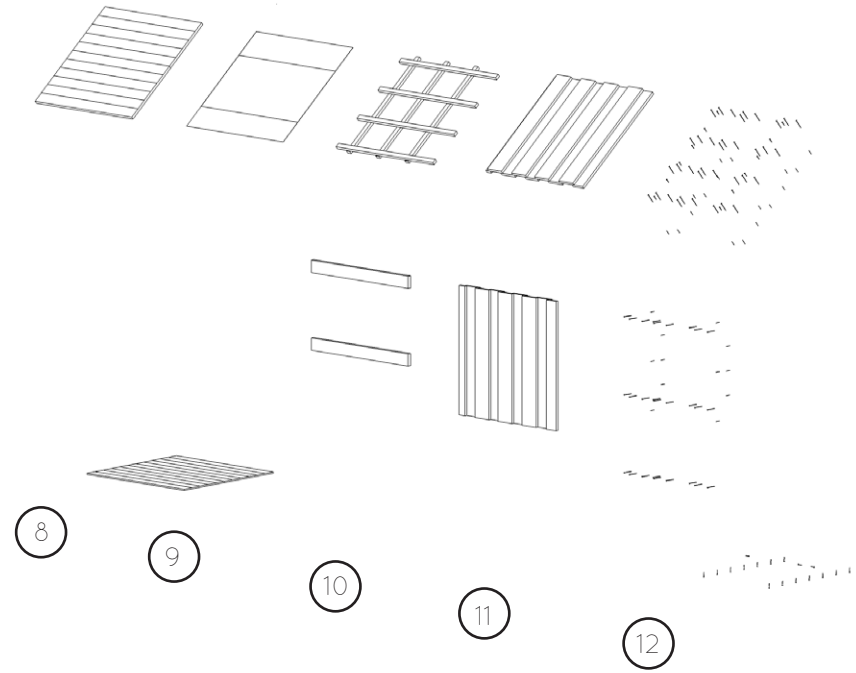
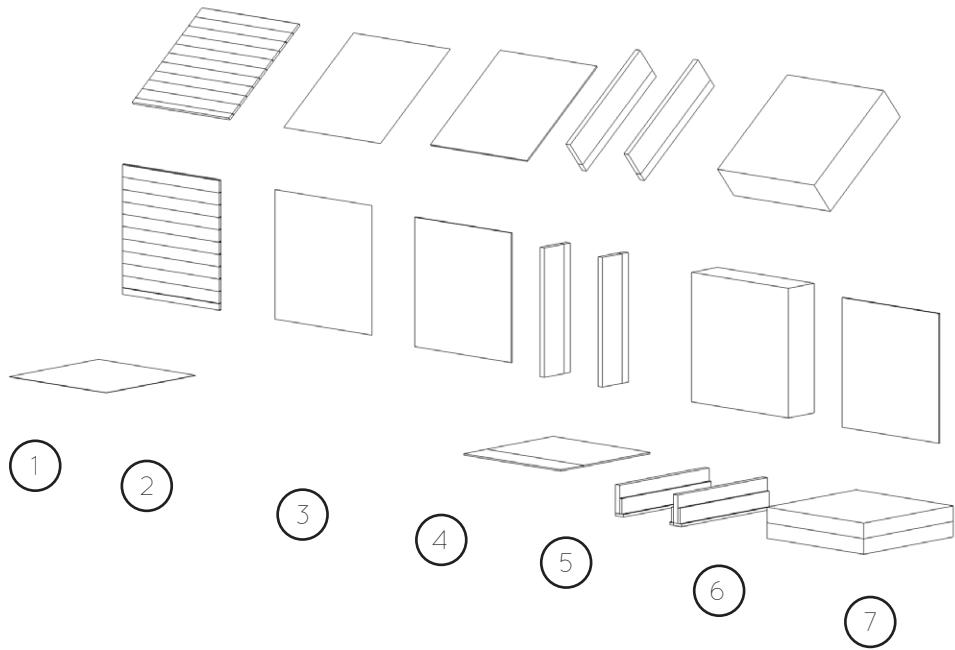


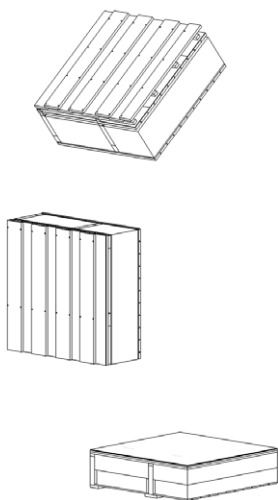
### 3.1 Fallstudiemodell

#### -Summering återvinningsbarhet för en modul

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	LINOLEUM	3,96	JA (till 22%)	NEJ
2	RÅSPONTPANEL	42,15	JA	JA
3	ÅNGBROMS	0,87	JA	JA
4	PLYWOOD	41,04	JA	JA
5	TRÄSTOMME	91,67	JA	JA
6	TRÄULL	93,76	JA	JA
7	VINDSKIVA	1,97	JA	JA
8	TROSSBOTTEN	31,30	JA	JA
9	TAKPAPP	2,84	NEJ	NEJ
10	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	13,95	JA	JA
11	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	62,20	JA	JA
12	SPIK / SKRUV	1,18	NEJ	JA
13	SUMMERING	386,87	varav 381,97kg är förnyelsebara.	varav 380,07kg är återvinningsbara.







13

### 3.2. Kolkvot per m<sup>2</sup> tak / vägg / golv i fallstudiemodell

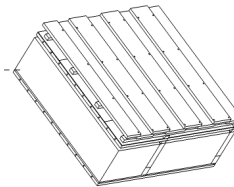
- 1 LINOLEUM
- 2 RÅSPONTPANEL
- 3 ÅNGBROMS
- 4 PLYWOOD
- 5 TRÄSTOMME
- 6 TRÄULL
- 7 VINDKSIVA
- 8 TROSSBOTTEN / SPONTLUCKA TAK
- 9 TAKPAPP
- 10 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 11 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA
- 12 ALL SPIK / SKRUV
- 13 SUMMERING INVERKAN PER M<sup>2</sup> TAK / VÄGG / GOLV

### 3.2. FALLSTUDIEMODELL

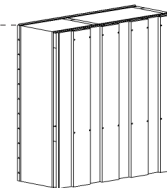
-Summering kolkvot per m<sup>2</sup> tak / vägg / golv i fallstudiemodell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG		
		TAK	VÄGG	GOLV
1	LINOLEUM			- 0,4255kg
2	RÅSPONTPANEL	+3,5905kg	+3,5905kg	
3	ÅNGBROMS	+0,006kg	+0,006kg	
4	PLYWOOD	+2,0393kg	+2,0393kg	+2,0393kg
5	TRÄSTOMME	+4,2536kg	+4,2536kg	+5,2804kg
6	TRÄULL	+3,0380kg		+3,0380kg
7	VINDSKIVA		+2,0767kg	
8	SPONTLUCKA TAK / TROSSBOTTEN	+3,5855kg		+3,5855kg
9	TAKPAPP	-0,2684		
10	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+0,9496kg	+0,8670kg	
11	FASAD / FALTAK	+4,0154kg	+4,0154kg	
12	SPIK / SKRUV	-0,0741kg	-0,0479kg	-0,2246 kg
13	SUMMERING M <sup>2</sup> TAK / VÄGG / GOLV	+21,2521kg	+16,8006kg	+13,7186kg

1 m<sup>2</sup> tak av denna konstruktion med dessa material ger tot. **+21,3kg** kol att "spendera".



1 m<sup>2</sup> vägg av denna konstruktion med dessa material ger tot. **+16,8kg** kol att "spendera".



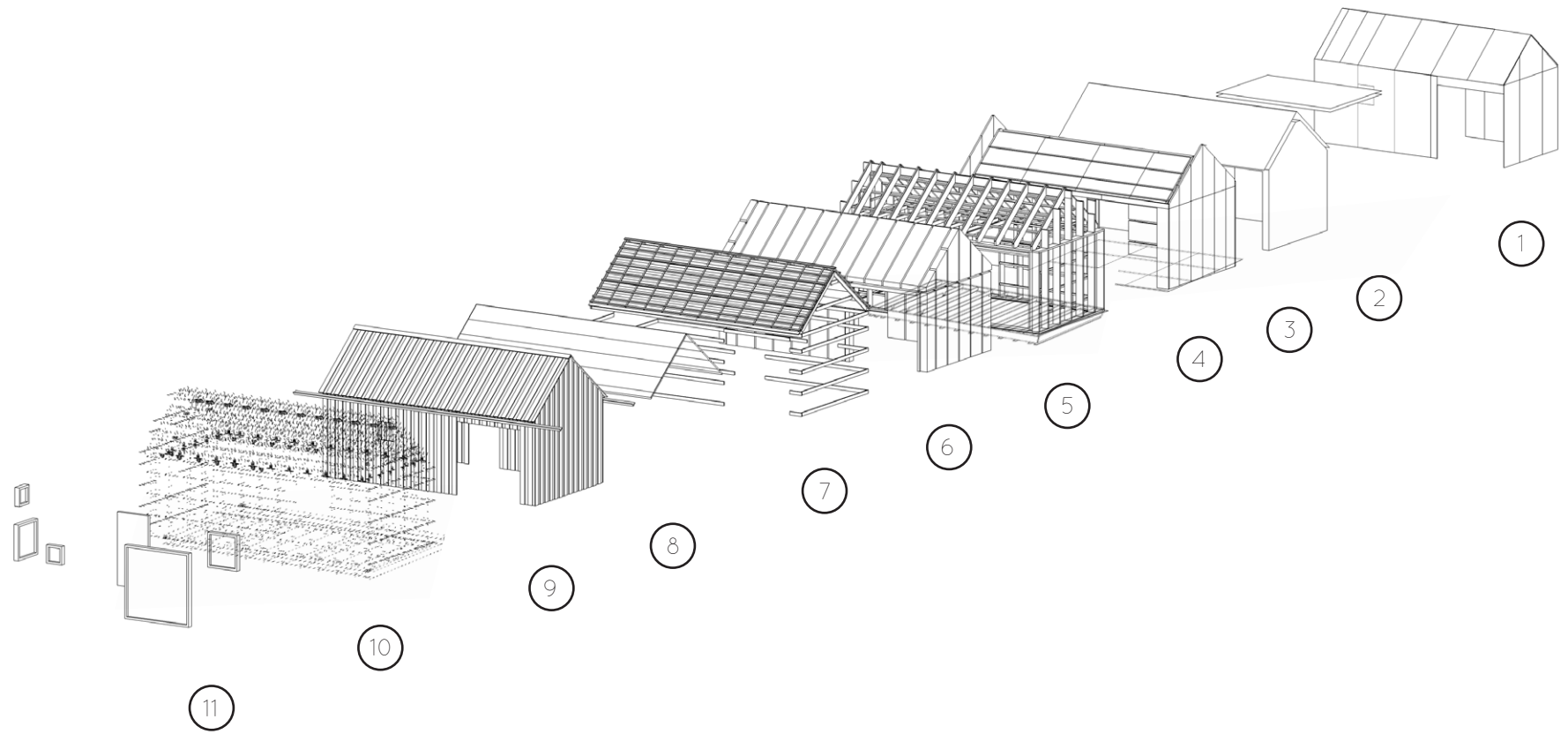
1 m<sup>2</sup> golv av denna konstruktion med dessa material ger tot. **+13,7kg** kol att "spendera".



#### **4. Första kompletta skissen**

- 1 SPONT
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 POLYSTYREN
- 5 TRÄULL
- 6 STOMME
- 7 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 8 TAKPAPP
- 9 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 10 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 11 FÖNSTER / YTTERDÖRR





#### 4. Första kompletta skissen

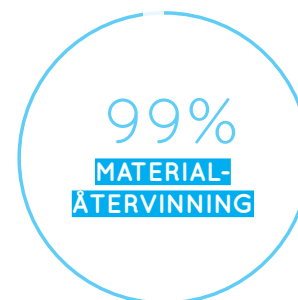
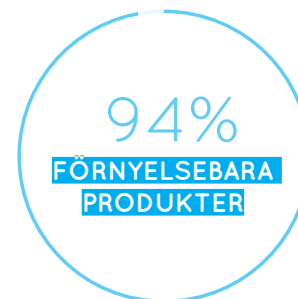
##### -Summering kolkvot för kompletta skissen

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+235,5781kg
2	PLYWOOD	+308,2957g
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	-1,3441kg
4	POLYSTYREN	-12,2163kg
5	TRÄULL	+231,4131kg
6	STOMME	+531,3721kg
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
8	TAKPAPP	-9,3144kg
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	341,0382kg
10	SPIK / SKRUV / BESLAG	-36,0997kg
11	AVLOPP	-12,4485kg
12	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
13	SUMMERING TAK / VÄGG	+1639,2309kg

11 Tot. 1639kg kol motsvarandes 6005kg mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga detta attefallshus.

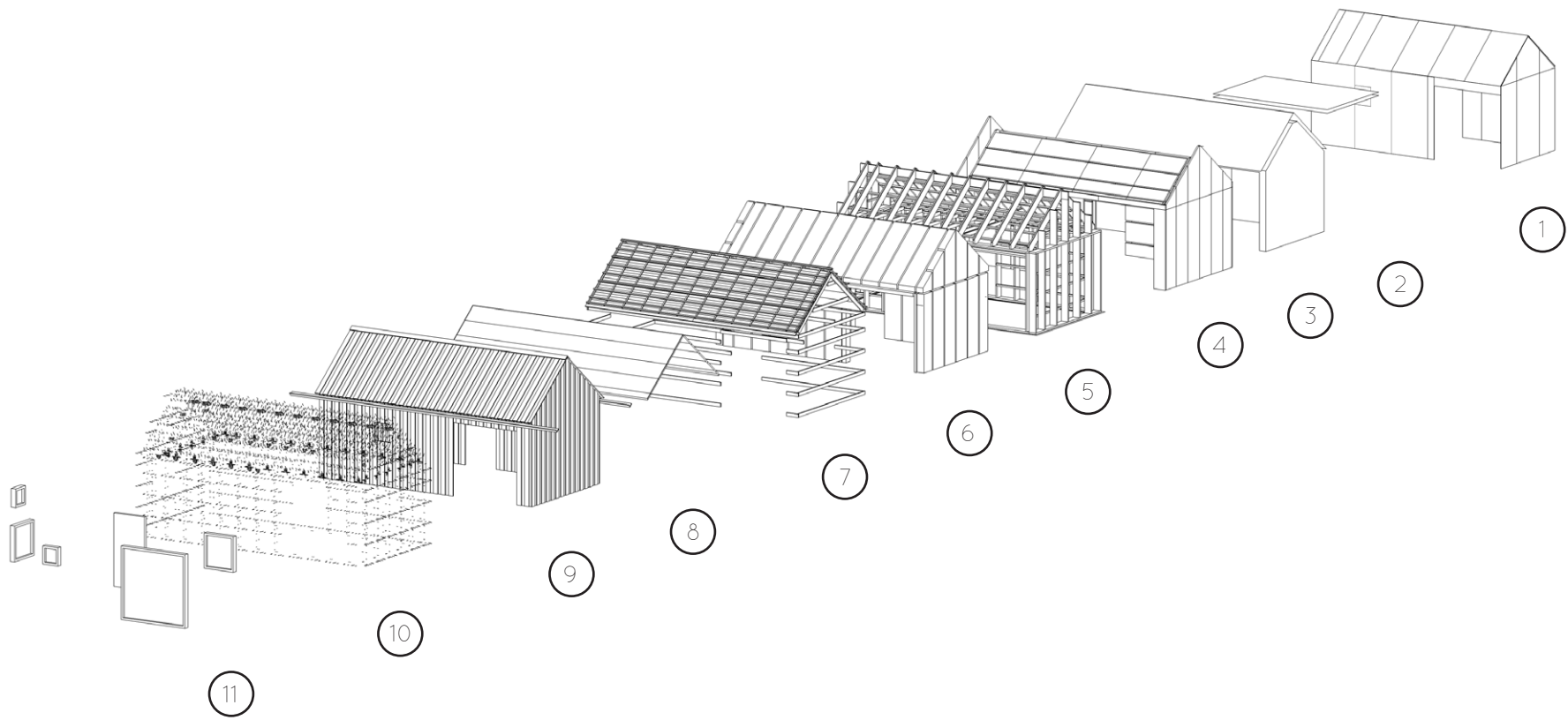
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för första kompletta skissen**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	621,565	JA	JA
2	PLYWOOD	1211,3520	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	16,4523	JA	JA
4	POLYSTYREN	7,5480	NEJ	NEJ
5	TRÄULL	1303,3100	JA	JA
6	STOMME	1402,0080	JA	JA
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492,006	JA	JA
8	TAKPAPP	29,6527	NEJ	NEJ
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	899,818	JA	JA
10	SPIK / SKRUV / BESLAG	46,3542	NEJ	JA
11	AVLOPP	12,4485	NEJ	NEJ
12	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
12	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
13	SUMMERING	6358	varav 6039kg är förnyelsebara.	varav 6295kg är återvinningsbara.



### **5.1. Kolkvot för vägg/taktyp 1.1**

- 1 GIPS
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 POLYSTYREN
- 5 GLASULL
- 6 STOMME
- 7 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 8 TAKPAPP
- 9 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 10 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 11 FÖNSTER / YTTERDÖRR



**5.1. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-1.1**

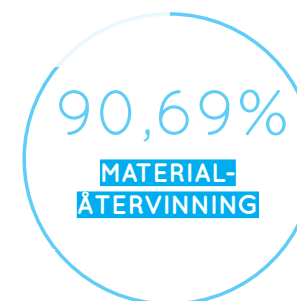
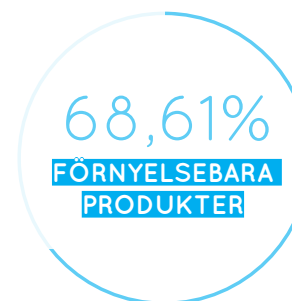
ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	GIPS	-81,3853kg
2	PLYWOOD	+45,2215kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+ 8,0974kg
4	POLYSTYREN	-210,8494kg
5	GLASULL	-146,3985kg
6	STOMME	+365,26kg
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
8	TAKPAPP	-9,3144kg
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
10	METALL	-23,42kg
11	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
12	SUMMERING TAK / VÄGG	+359,5206kg

11 Tot. **359kg** kol motsvarandes **1315kg** mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.



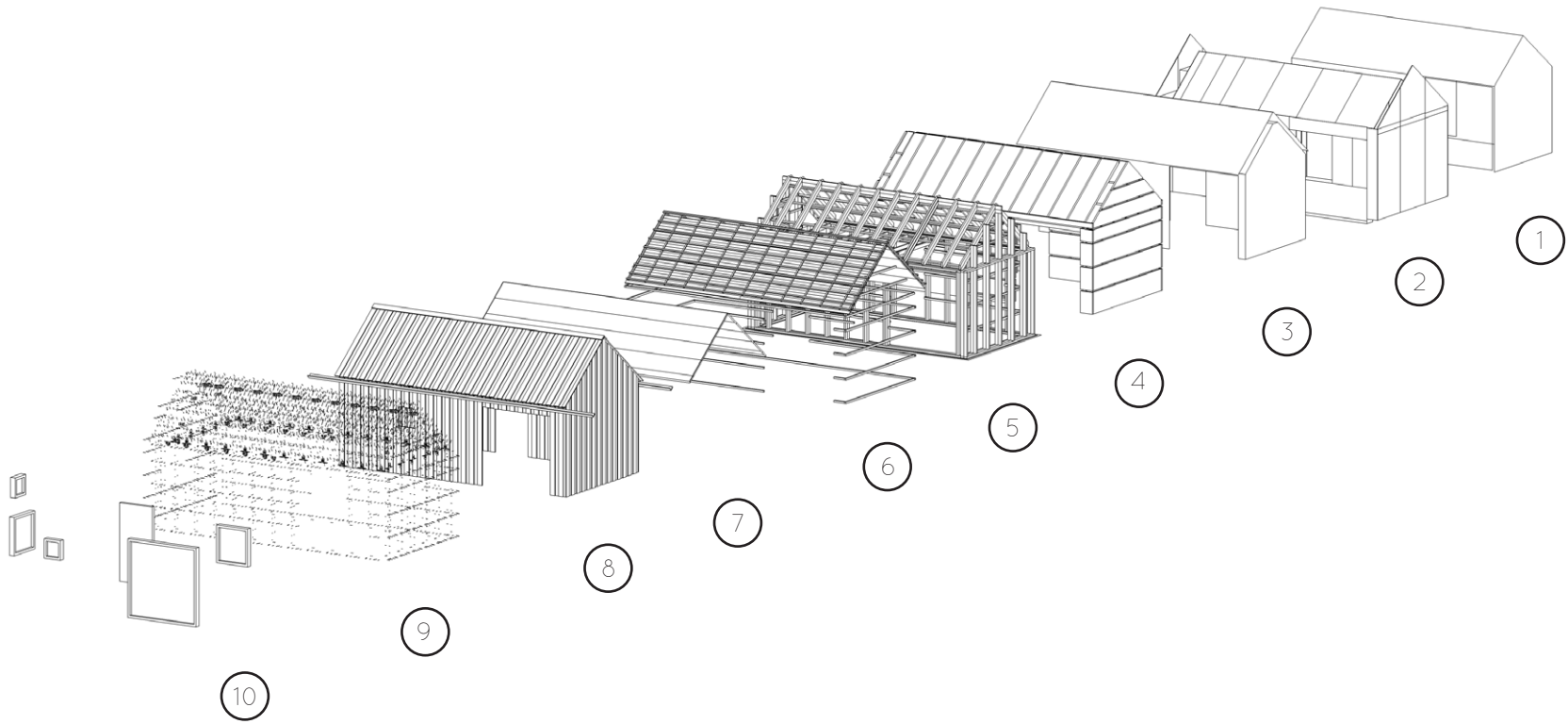
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp - 1.1**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	GIPS	784	NEJ	JA
2	PLYWOOD	177	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	POLYSTYREN	130	JA	NEJ
5	GLASULL	397	NEJ	NEJ
6	STOMME	939	JA	JA
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
8	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	899	JA	JA
10	METALL	31	NEJ	JA
11	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
12	SUMMERING MATERIAL	3999,24	varav 2744kg är förnyelsebara	varav 3627kg är återvinningsbara



## **5.2. Kolkvot för Väggtaktup 1.2**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 TRÄULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR



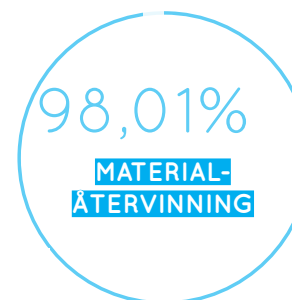
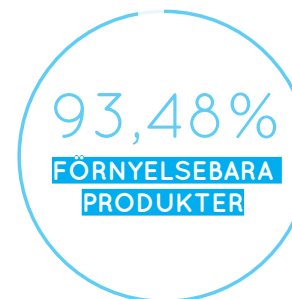
**5.2. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-1.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+178,8470kg
2	PLYWOOD	+177,9445kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	-1,1449kg
4	TRÄULL	+106,3882kg
5	STOMME	+324,6431kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+172,2631kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	METALL	-23,42kg
10	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1143,7273kg

11 Tot. **1144kg** kol motsvarandes **4192kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 1.2**

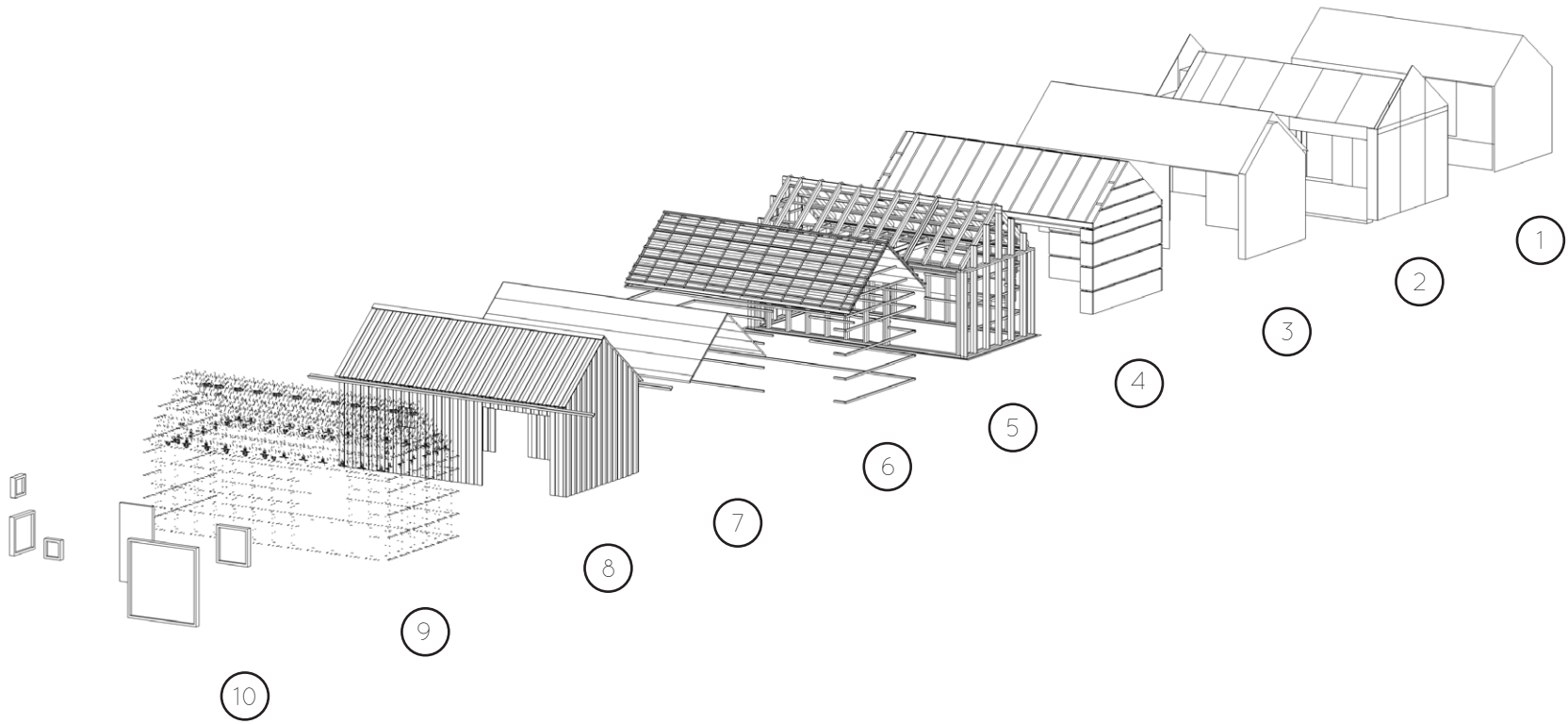
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	472	JA	JA
2	PLYWOOD	699	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	TRÄULL	599	JA	JA
5	STOMME	856	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	455	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	31	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
		4372	varav 4087kg är förnyelsebara.	varav 4285kg är återvinningsbart



### **5.3. Kolkvot för vägg/taktyp 1.3**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 LINULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR





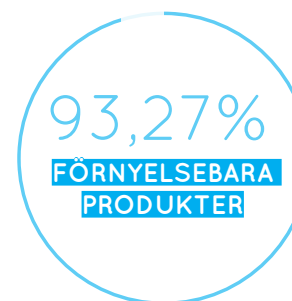
**5.3. Kolkvot för Vegg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-1.3.**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+178,8470kg
2	PLYWOOD	+177,9445kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	-1,1449kg
4	LINULL	-8,2664kg
5	STOMME	+324,6431kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+172,2631kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	METALL	-23,42kg
10	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1029,0727kg

11 Tot. **1029kg** kol motsvarandes **3770kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

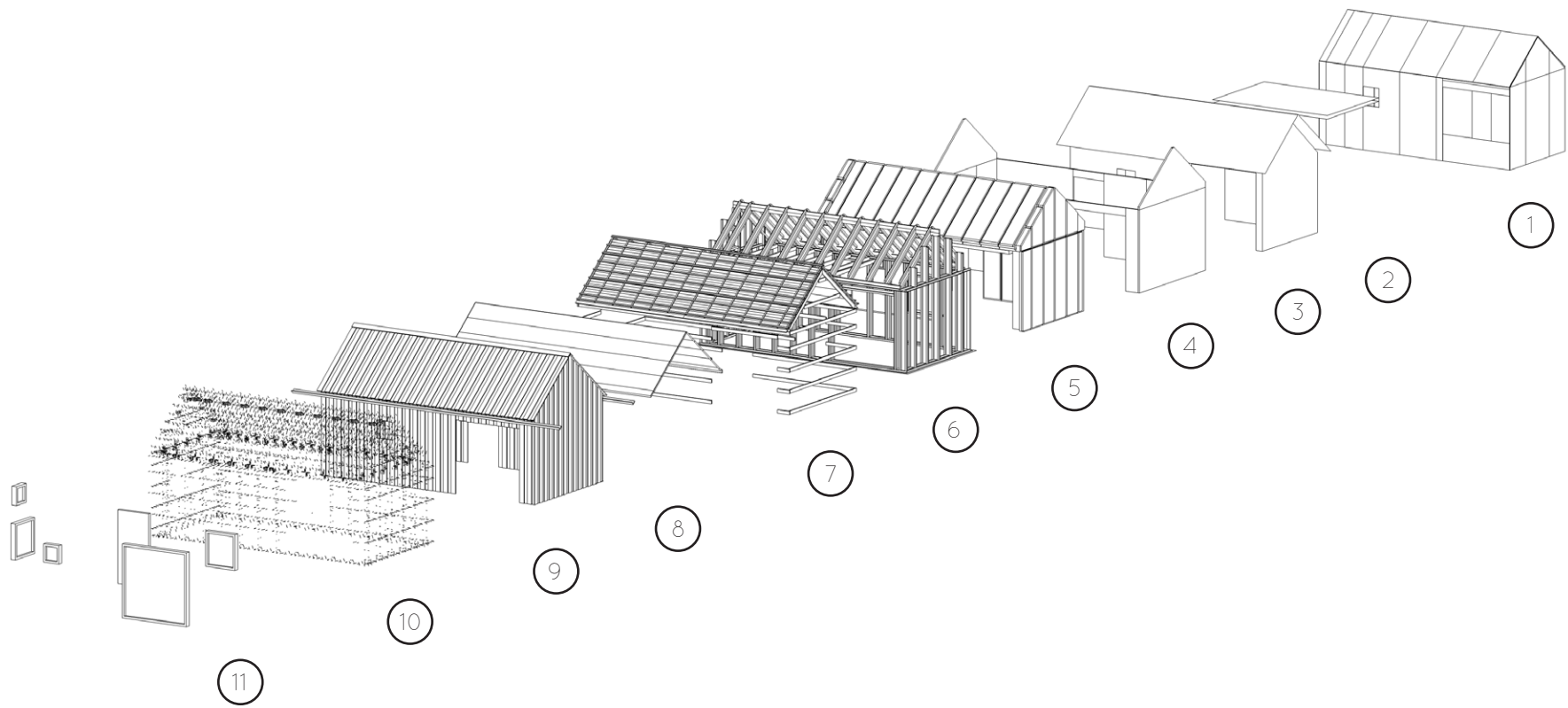
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 1.3**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	472	JA	JA
2	PLYWOOD	699	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	LINULL	437	JA	JA
5	STOMME	856	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	455	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	31	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
12	TOTALT	4209	varav 3926kg är förnyelsebart.	varav 4124kg är återvinningsbart



#### **5.4. Kolkvot för vägg/taktyp 2.1**

- 1 GIPS
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 POLYSTYREN
- 5 GLASULL
- 6 STOMME
- 7 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 8 TAKPAPP
- 9 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 10 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 11 FÖNSTER / YTTERDÖRR



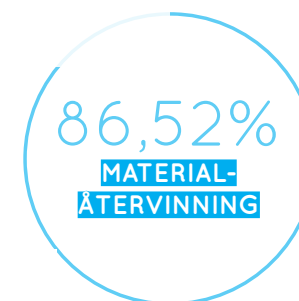
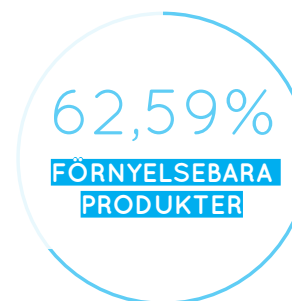
**5.4. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-2.1**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	GIPS	-80,3897kg
2	PLYWOOD	+45,2215kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+5,9199kg
4	POLYSTYREN	-96,5997kg
5	GLASULL	-153,5472kg
6	STOMME	+230,2494kg
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
8	TAKPAPP	-9,3144kg
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
10	METALL	-23,4208kg
11	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
12	SUMMERING TAK / VÄGG	+322,1139kg

11 Tot. 322kg kol motsvarandes 1179kg mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 2.1**

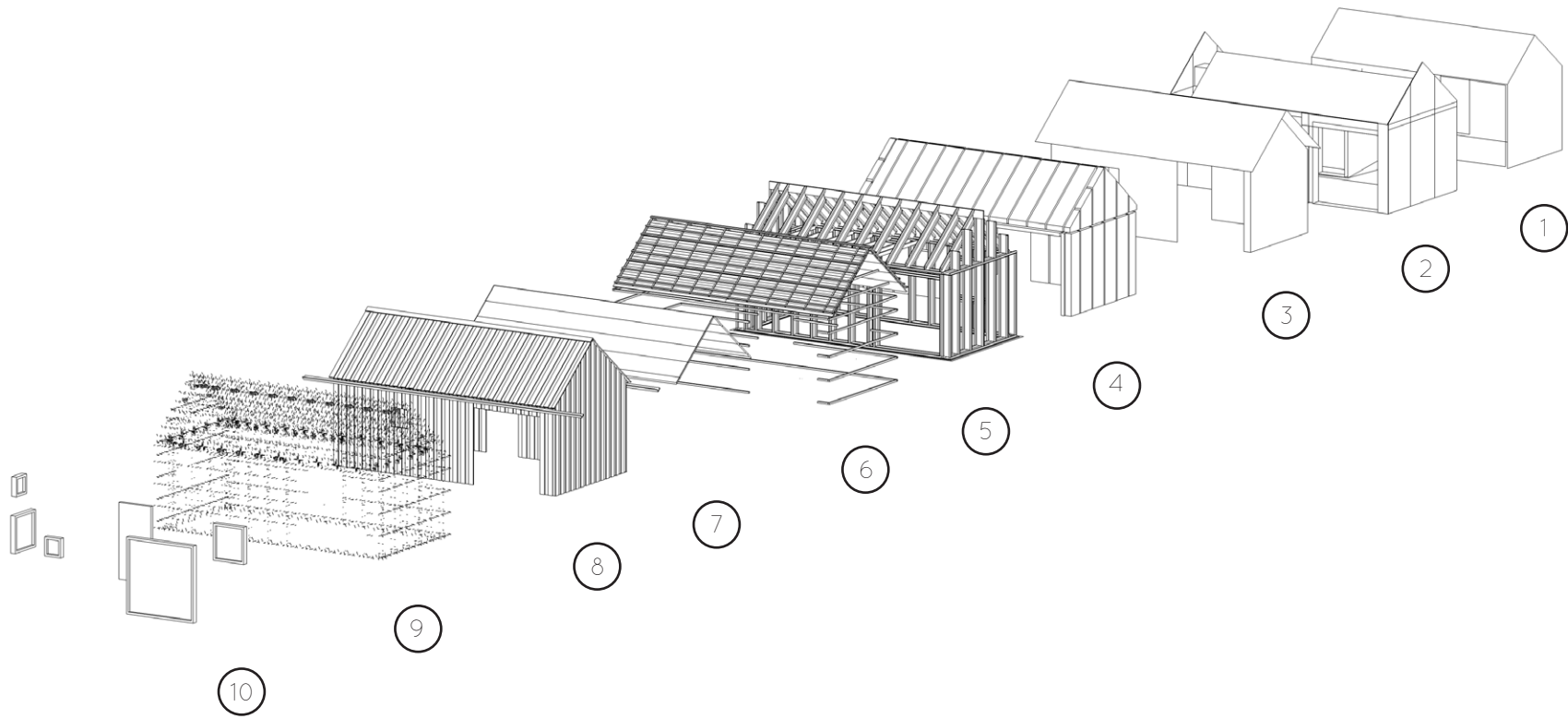
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	GIPS	775	NEJ	JA
2	PLYWOOD	178	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	POLYSTYREN	60	JA	NEJ
5	GLASULL	417	NEJ	NEJ
6	STOMME	734	JA	JA
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
8	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	899	JA	JA
10	METALL	31	NEJ	JA
11	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
12	TOTALT	3946	varav 2470kg är förnyelsebara.	varav 3414kg är återvinningsbart





### **5.5. Kolkvot för vägg/taktyp 2.2**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 TRÄULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR



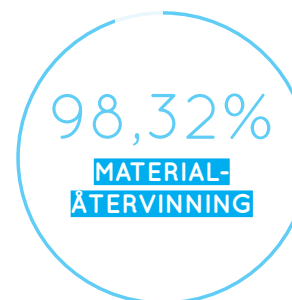
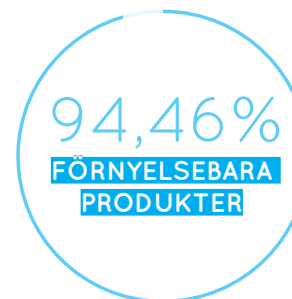
**5.5. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-2.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+174,0982kg
2	PLYWOOD	+308,8668kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	-1,0349kg
4	TRÄULL	+167,7907kg
5	STOMME	+258,5747kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+172,2631kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	METALL	-23,4208kg
10	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1265,3441kg

11 Tot. **1265kg** kol motsvarandes **4635kg** mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

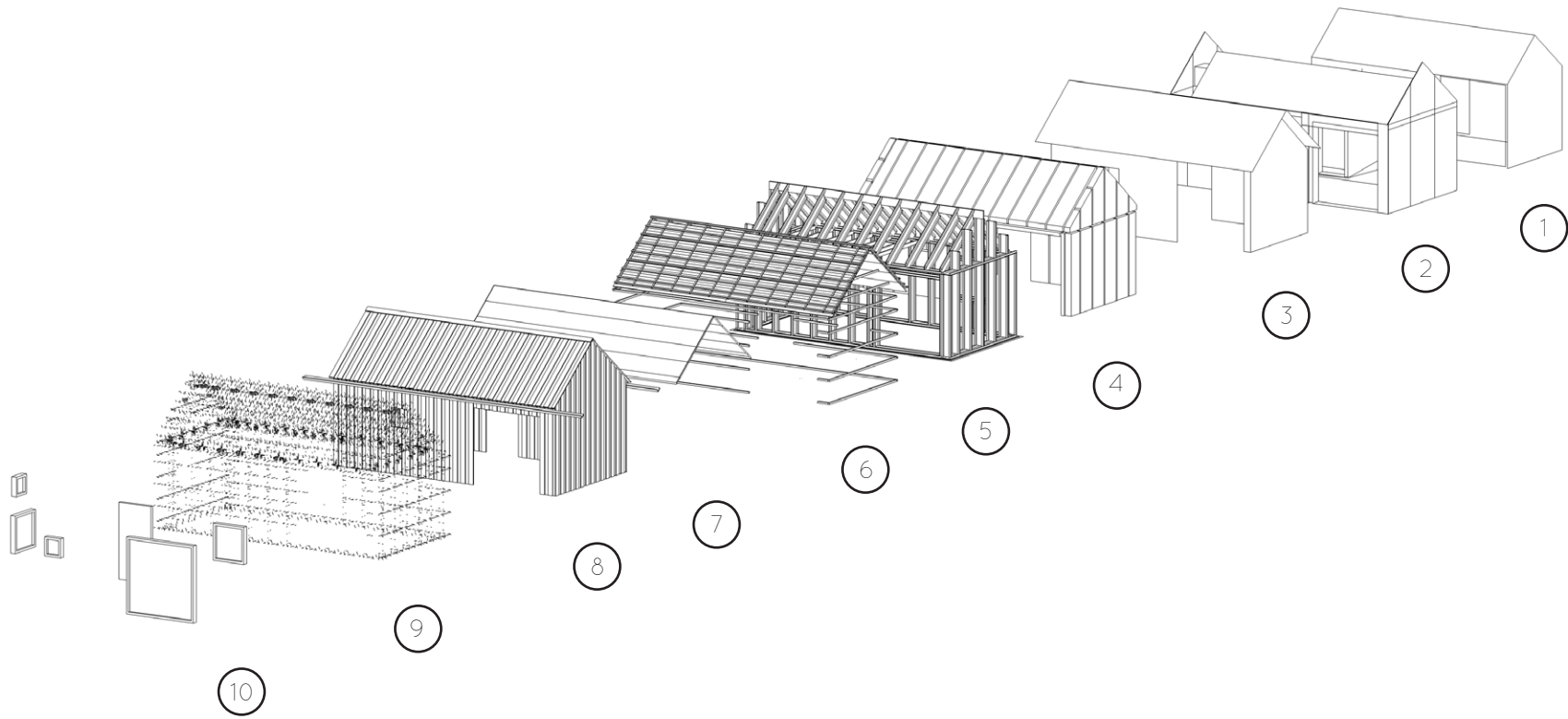
## -Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 2.2

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	460	JA	JA
2	PLYWOOD	1214	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	TRÄULL	945	JA	JA
5	STOMME	766	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	455	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	31	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
12	TOTALT	5131	varav 4847kg är förnyelsebara.	varav 5045kg är återvinningsbart



### **5.6. Kolkvot för vägg/taktyp 2.3**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 LINULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR



**5.6. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-2.3**

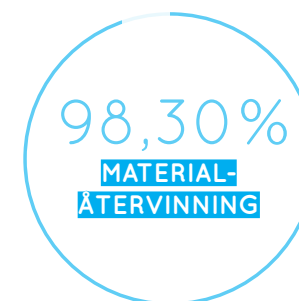
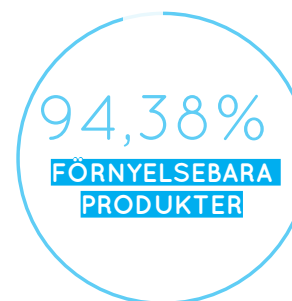
ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+174,0982kg
2	PLYWOOD	+308,8668kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	-1,0349kg
4	LINULL	-13,0734kg
5	STOMME	+258,5747kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+172,2631kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	METALL	-23,4208kg
10	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1110,6268kg

11 Tot. **1111kg** kol motsvarandes **4071kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.



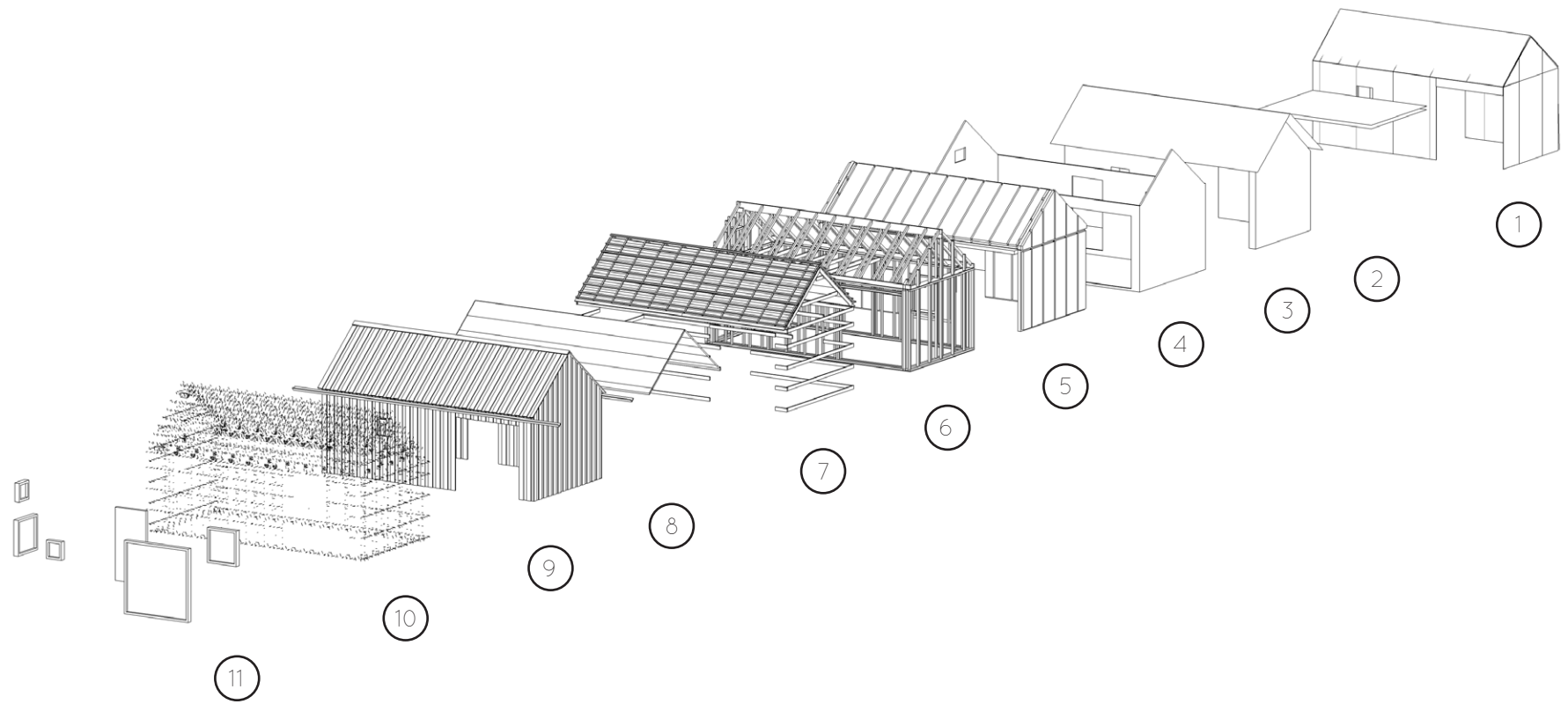
### -Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 2.3

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	460	JA	JA
2	PLYWOOD	1214	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	LINULL	869	JA	JA
5	STOMME	767	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	455	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	31	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
12	TOTALT	5056	varav 4772kg är förnyelsebara.	varav 4970kg är återvinningsbara.



### **5.7. Kolkvot för vägg/taktyp 3.1**

- 1 GIPS
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 POLYSTYREN
- 5 GLASULL
- 6 STOMME
- 7 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 8 TAKPAPP
- 9 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 10 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 11 FÖNSTER / YTTERDÖRR



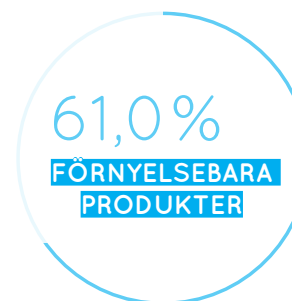
**5.7. Kolkvot för Vägg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-3.1**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	GIPS	-92,4675kg
2	PLYWOOD	+48,9078kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+5,7184kg
4	POLYSTYREN	-99,2169kg
5	GLASULL	-142,6749kg
6	STOMME	+252,4525kg
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
8	TAKPAPP	-9,3144kg
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
10	METALL	-17,8983kg
11	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
12	SUMMERING TAK / VÄGG	+349,4962kg

11 Tot. **1249kg** kol motsvarandes **1281kg** mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

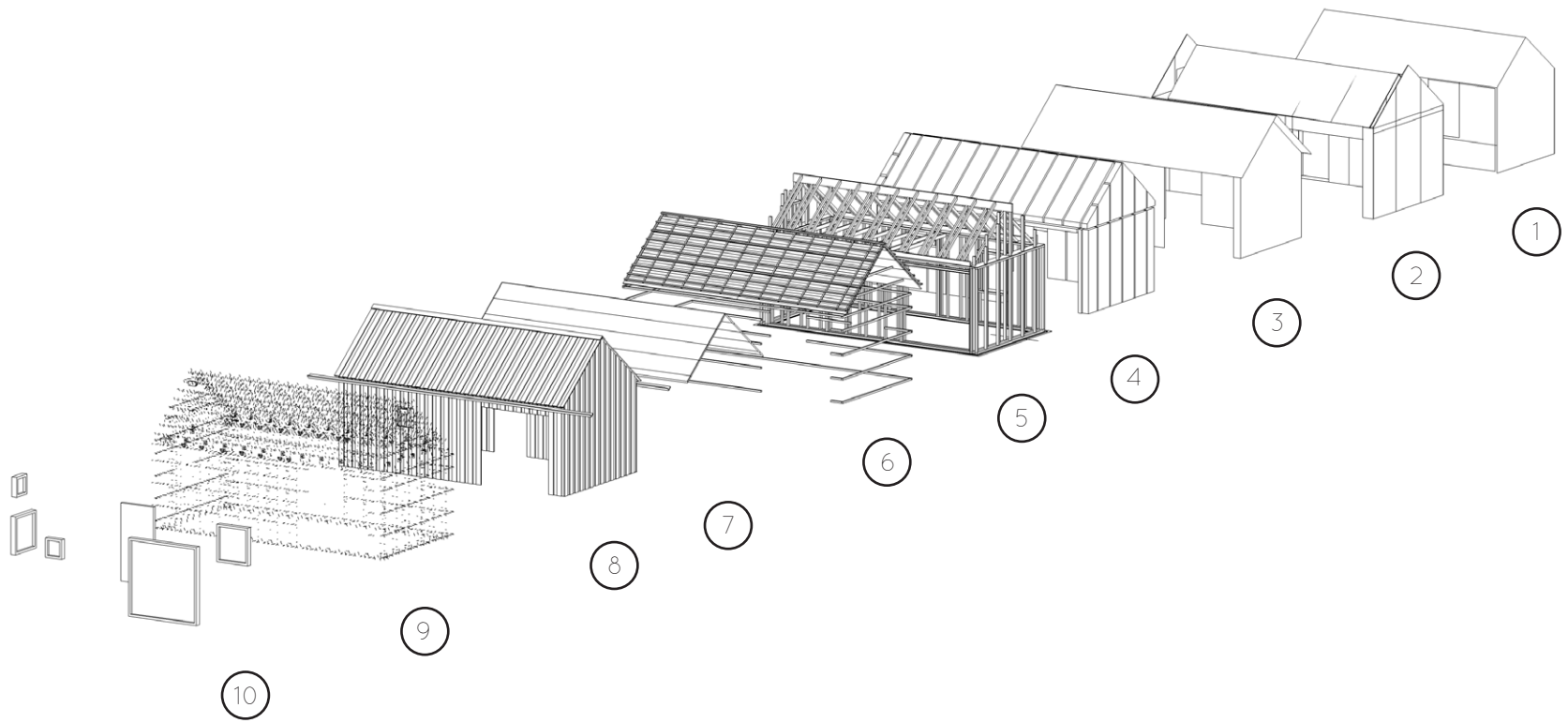
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 3.1**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	GIPS	892	NEJ	JA
2	PLYWOOD	192	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	13	JA	NEJ
4	POLYSTYREN	61	JA	NEJ
5	GLASULL	387	NEJ	NEJ
6	STOMME	702	JA	JA
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
8	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	899	JA	JA
10	METALL	22	NEJ	JA
11	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
		4006	varav 2452kg är förnyelsebart.	varav 3504kg är återvinningsbart



### **5.8. Kolkvot för vägg/taktyp 3.2**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 TRÄULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR





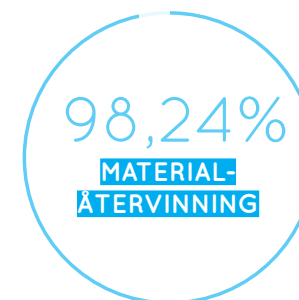
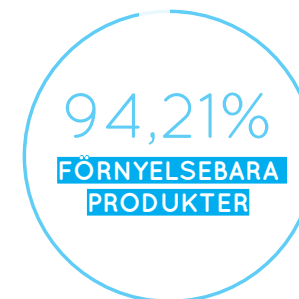
**5.8. Kolkvot för Vegg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-3.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONT	+178,8796kg
2	PLYWOOD	+248,4330
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+ 6,0535kg
4	TRÄULL	+169,3580
5	STOMME	+249,6168kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	METALL	-17,8983kg
10	FÖNSTER / DÖRR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1229,1231kg

11 Tot. **1229kg** kol motsvarandes **4503kg** mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

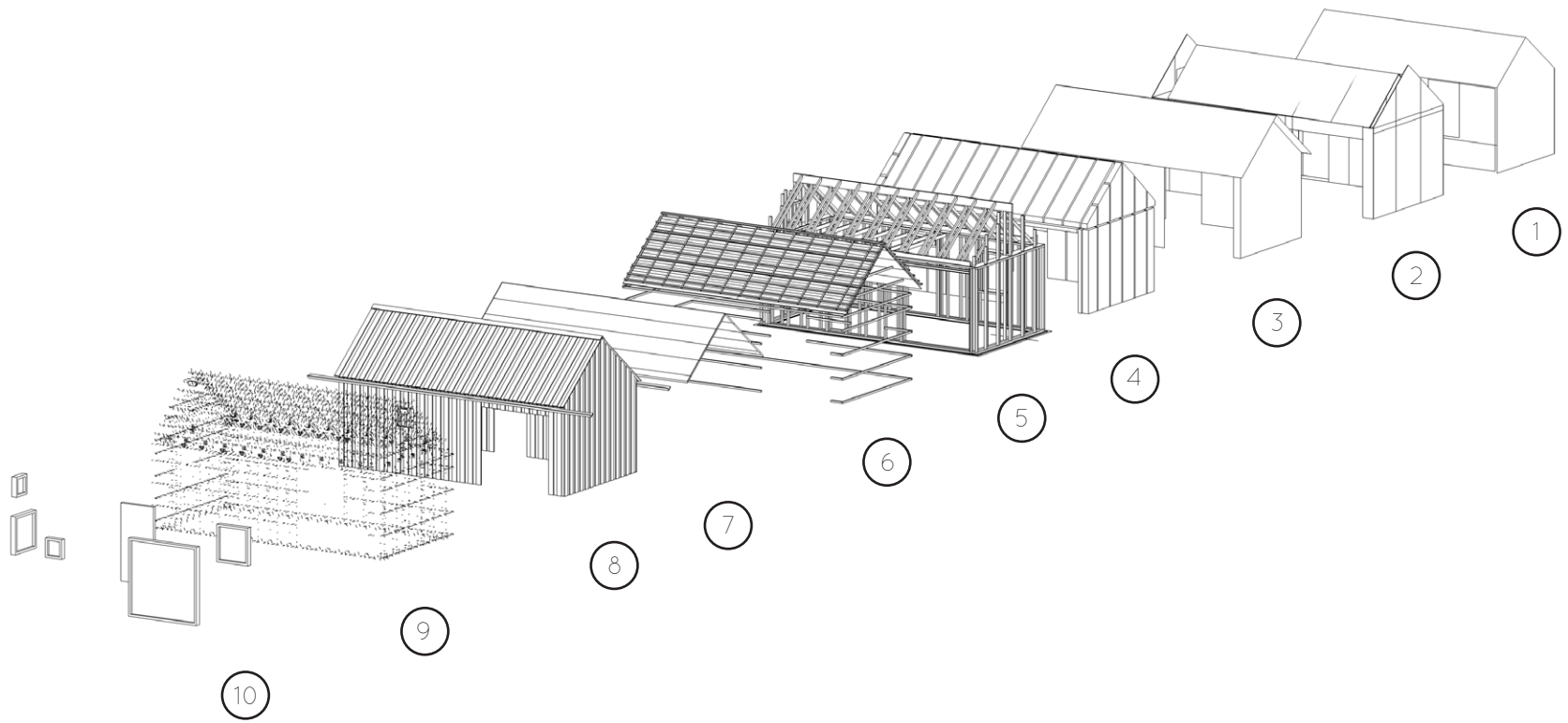
## -Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 3.2

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	472	JA	JA
2	PLYWOOD	976	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	TRÄULL	953	JA	JA
5	STOMME	694	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	899	JA	JA
9	METALL	31	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
		4877	varav 4595kg är förnyelsebara	varav 4791kg är återvinningsbara



### **5.9. Kolkvot för vägg/taktyp 3.3**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 LINULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR



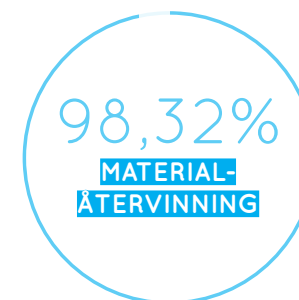
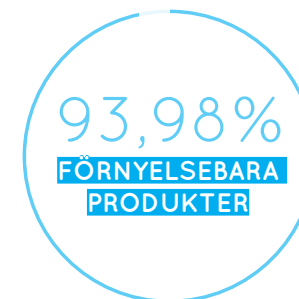
**5.9. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-3.3**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONT	+178,8796kg
2	PLYWOOD	+248,4330kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+6,0535kg
4	LINULL	-13,1592
5	STOMME	+249,6168kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	METALL	-17,8983kg
10	FÖNSTER / DÖRR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1046,6059kg

11 Tot. **1046kg** kol motsvarandes **3832kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 3.3**

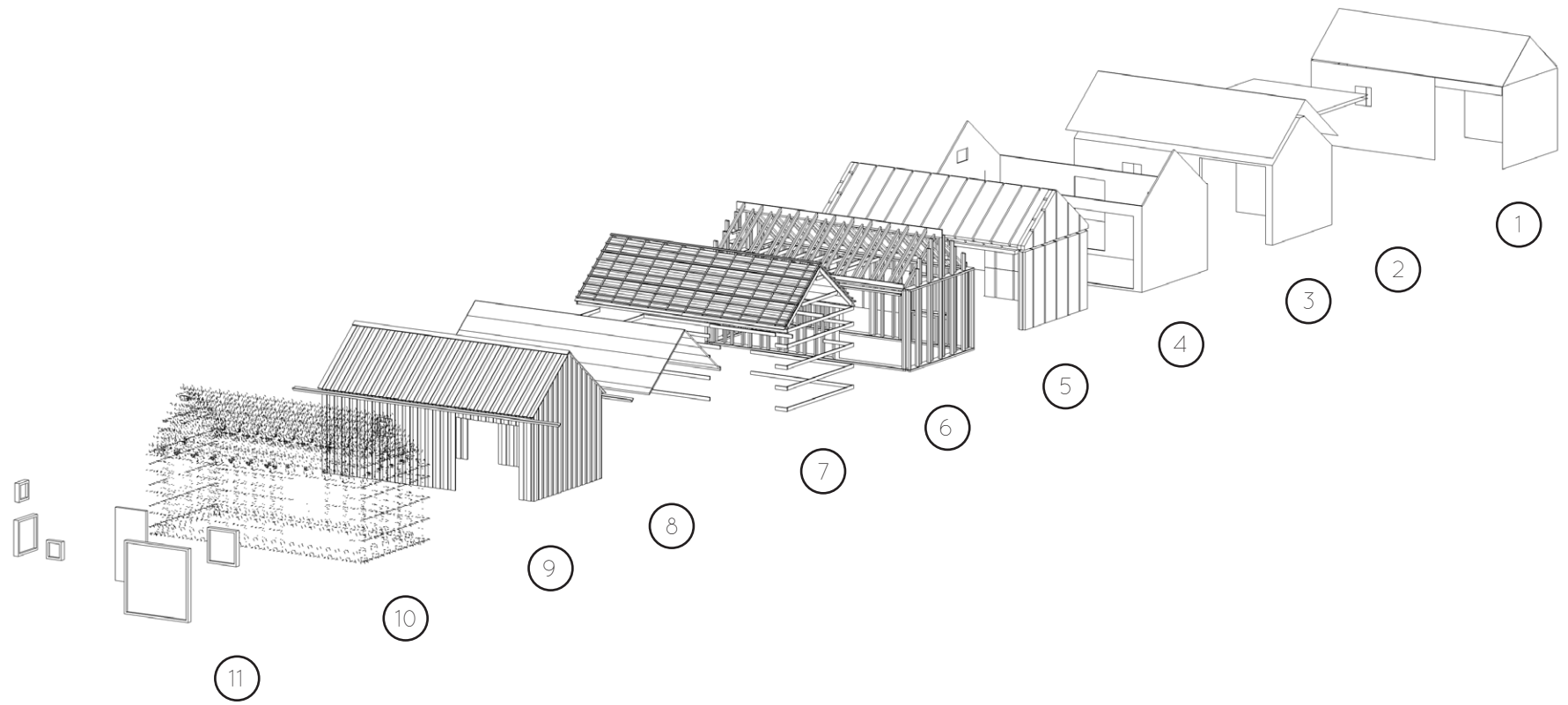
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	471	JA	JA
2	PLYWOOD	976	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	LINULL	695	JA	JA
5	STOMME	694	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	455	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	22	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
10	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
		4573	varav 4298kg är förnyelsebara.	varav 4496kg är återvinningsbara



#### **5.10. Kolkvot för vägg/taktyp 4.1**

- 1 GIPS
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 POLYSTYREN
- 5 GLASULL
- 6 STOMME
- 7 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 8 TAKPAPP
- 9 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA
- 10 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 11 FÖNSTER / YTTERDÖRR





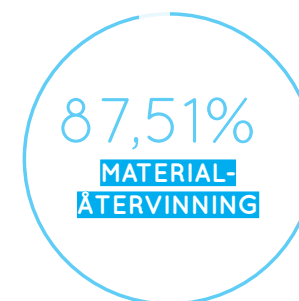
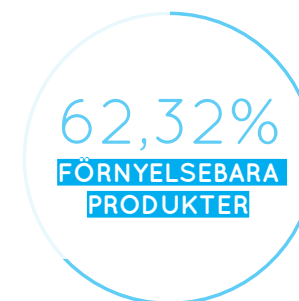
**5.10. Kolkvot för Vägg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-4.1**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	GIPS	-91,8488kg
2	PLYWOOD	+48,6136kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+6,2032kg
4	POLYSTYREN	-99,2169kg
5	GLASULL	-149,2147kg
6	STOMME	+313,4906kg
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
8	TAKPAPP	-9,3144kg
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
10	METALL	-16,5344kg
11	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
12	SUMMERING TAK / VÄGG	+589,8707kg

11 Tot. **590kg** kol motsvarandes **2161kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

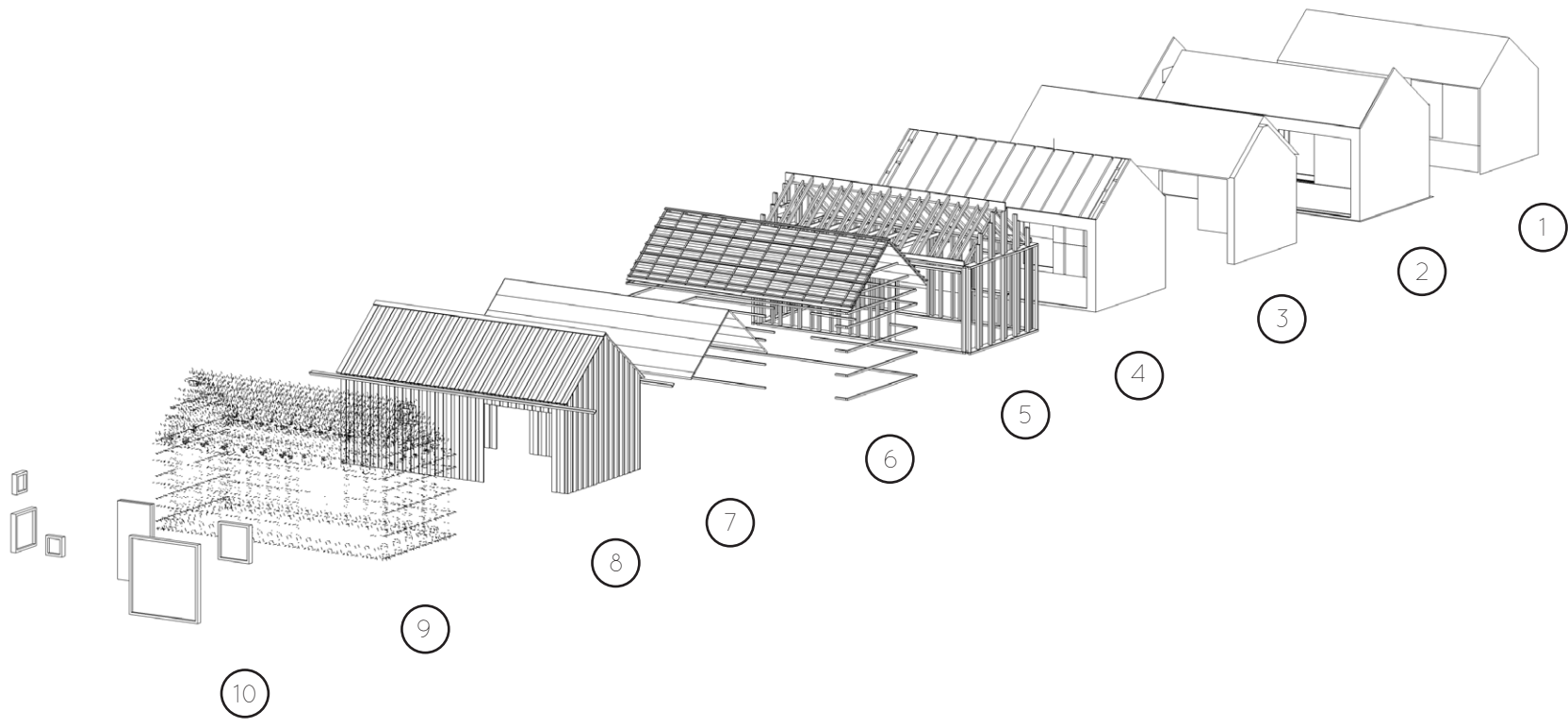
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 4.1**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	GIPS	886	NEJ	JA
2	PLYWOOD	191	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	15	JA	NEJ
4	POLYSTYREN	61	JA	NEJ
5	GLASULL	405	NEJ	NEJ
6	STOMME	854	JA	JA
7	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
8	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
9	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	899	JA	JA
10	METALL	31	NEJ	JA
11	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
		4180	varav 2605kg är förnyelsebart.	varav 3658kg är återvinningsbart



#### **5.11. Kolkvot för vägg/taktyp 4.2**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 TRÄULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR



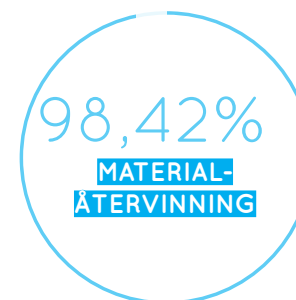
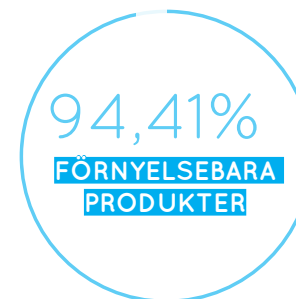
**5.11. Kolkvot för Väg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-4.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+ 179,7174kg
2	PLYWOOD	+318,4719kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+6,2032kg
4	TRÄULL	+141,4312kg
5	STOMME	+225,0565kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	SPIK / SKRUV / BESLAG	-16,5344kg
10	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1249,0263kg

11 Tot. **1249kg** kol motsvarandes **4576kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 4.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	473	JA	JA
2	PLYWOOD	1251	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	15	JA	NEJ
4	TRÄULL	797	JA	JA
5	STOMME	628	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	22	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
10	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
		4924	varav 4649kg är förnyelsebara.	varav 4846kg är återvinningsbart



276

66,24  
26,8

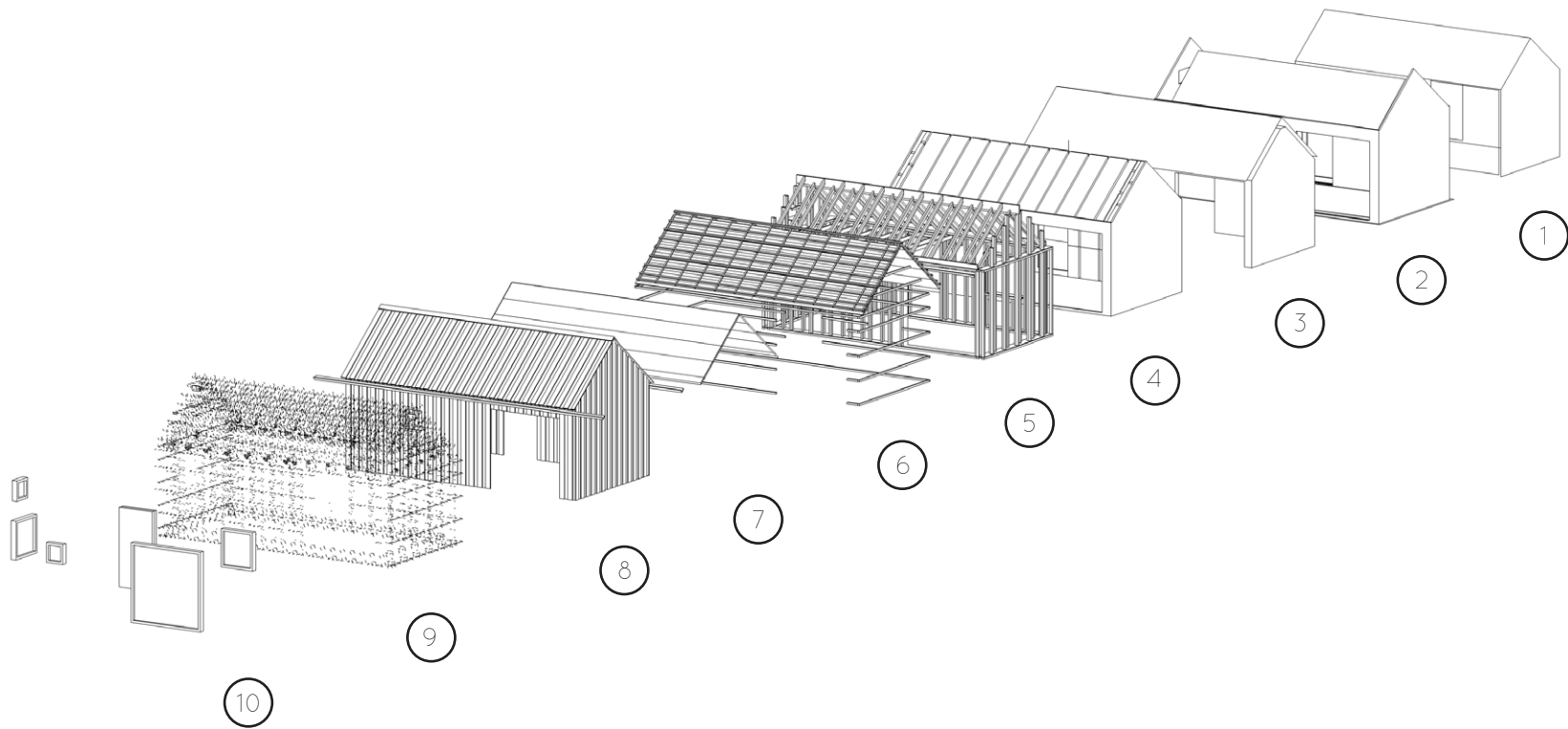
73

APPENDIX B  
VIKTORSSON  
270,48  
34,8



### **5.12. Kolkvot för vägg/taktyp 4.3**

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOOD
- 3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS
- 4 LINULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR



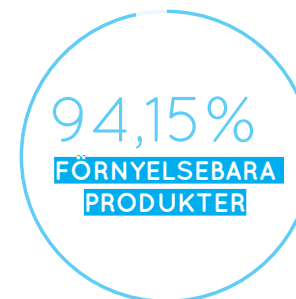
**5.12. Kolkvot för Vagg / Taktyp (V/T)**  
**-Summering kolkvot för V/T-4.3**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+ 179,7174kg
2	PLYWOOD	+318,4719kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	+6,2032kg
4	LINULL	-10,9894kg
5	STOMME	+225,0565kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+186,4742kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	+341,0382kg
9	SPIK / SKRUV / BESLAG	-16,5344kg
10	FÖNSTER / DÖRRAR	-123,5175kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+1096,6057kg

11 Tot. **1097kg** kol motsvarandes **4019kg** mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna vägg/taktyp i avsedd mängd.

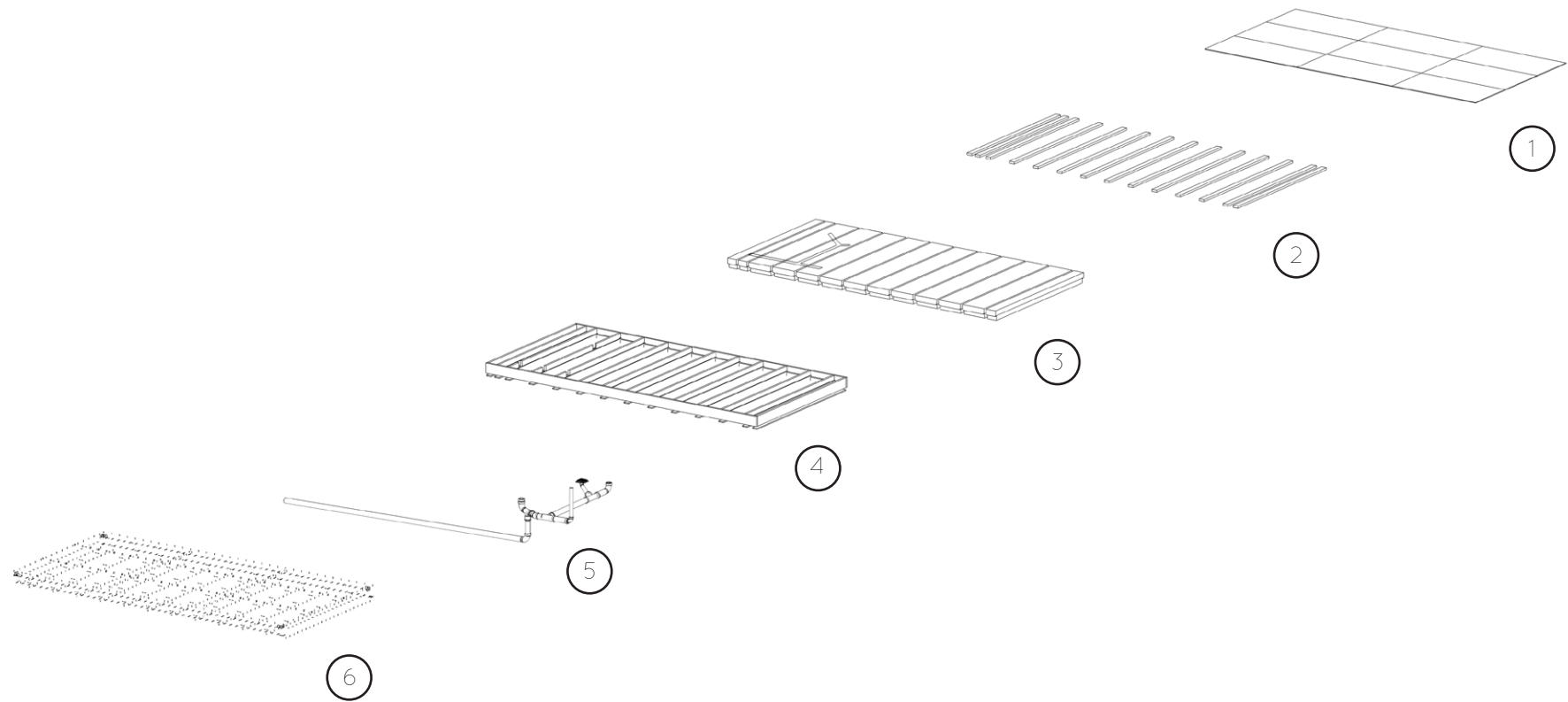
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för Vägg/Taktyp 4.3**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	473	JA	JA
2	PLYWOOD	1251	JA	JA
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	14	JA	NEJ
4	LINULL	581	JA	JA
5	STOMME	628	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	492	JA	JA
7	TAKPAPP	30	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA	900	JA	JA
9	METALL	22	NEJ	NEJ
10	FÖNSTER	276	JA (till 24%) <sup>31,32,33</sup>	JA (till 98%) <sup>31,32,33</sup>
11	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34,45,46</sup>	JA (till 87%) <sup>34,45,46</sup>
		4707	varav 4432kg är förnyelsebara	varav 4643kg är återvinningsbara



### **6.1. Kolkvot för bottenplatta typ 1.1**

- 1 PLYWOOD
- 2 POLYSTYRÉN
- 3 TRÄULL
- 4 STOMME
- 5 AVLOPP
- 6 SPIK / SKRUV / BESLAG



**6.1. Kolkvot för Bottenplatta (B)**  
**-Summering kolkvot för B-1.1**

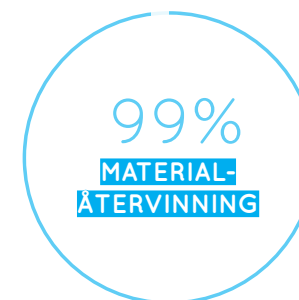
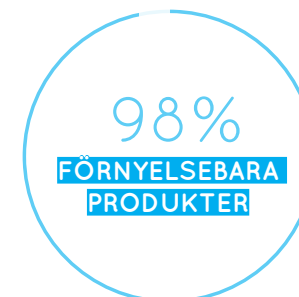
ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	PLYWOOD	+52,3227kg
2	POLYSTYRÉN	-12,2163kg
3	TRÄULL	+43,4552kg
4	STOMME	+229,8414
5	AVLOPP	-16,1149kg
6	SPIK / SKRUV / BESLAG	-3,1168kg
7	SUMMERING TAK / VÄGG	+294,1713kg

7 Tot. 294kg kol motsvarandes 1077kg kg mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna bottenplatta.



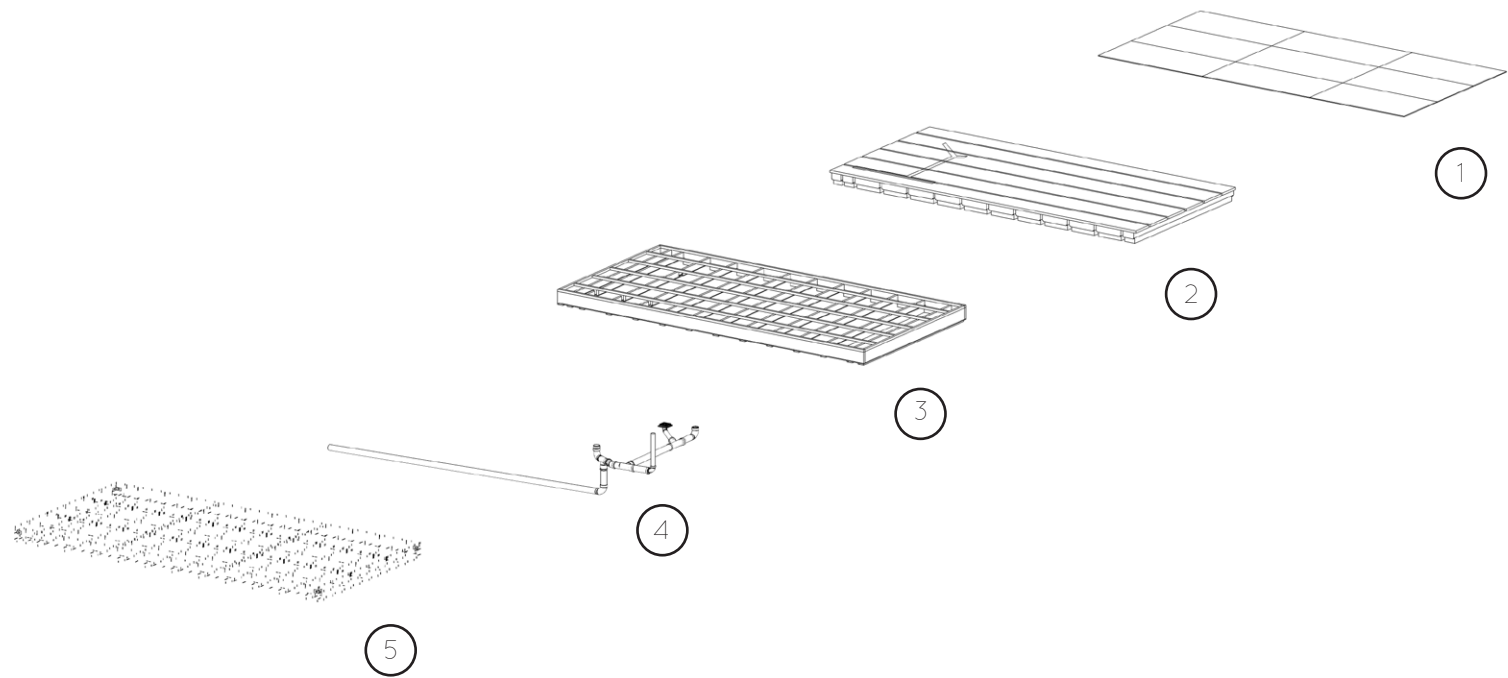
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för bottenplatta 1.**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	PLYWOOD	206	JA	JA
2	POLYSTYREN	8	NEJ	NEJ *
3	TRÄULL	245	JA	JA
4	STOMME	606	JA	JA
5	AVLOPP (ABS)	9	NEJ	JA
6	SPIK / SKRUV / BESLAG	4	JA	JA
		1078	JA varav 1061kg är förnyelsebara	JA, varav 1070 kg är materialåtervinningsbara



## **6.2. Kolkvot för bottenplatta 1.2**

- 1 PLYWOOD
- 2 TRÄULL
- 3 STOMME
- 4 AVLOPP
- 5 SPIK / SKRUV / BESLAG



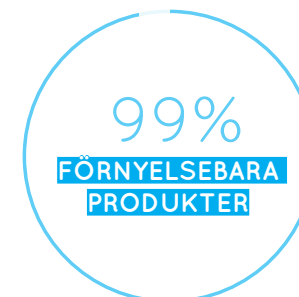
**6.2. Kolkvot för Bottenplatta (B)**  
**-Summering kolkvot för B-1.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	PLYWOOD	+52,3227kg
2	TRÄULL	+48,9163kg
3	STOMME	+249,3168kg
4	AVLOPP	-16,1149kg
5	SPIK / SKRUV	-2,2617kg
6	SUMMERING TAK / VÄGG	+331,3271kg

6 Tot. 331kg rent kol, motsvarandes 1213kg CO2 mindre i atmosfären bara genom att bygga denna bottenplatta.

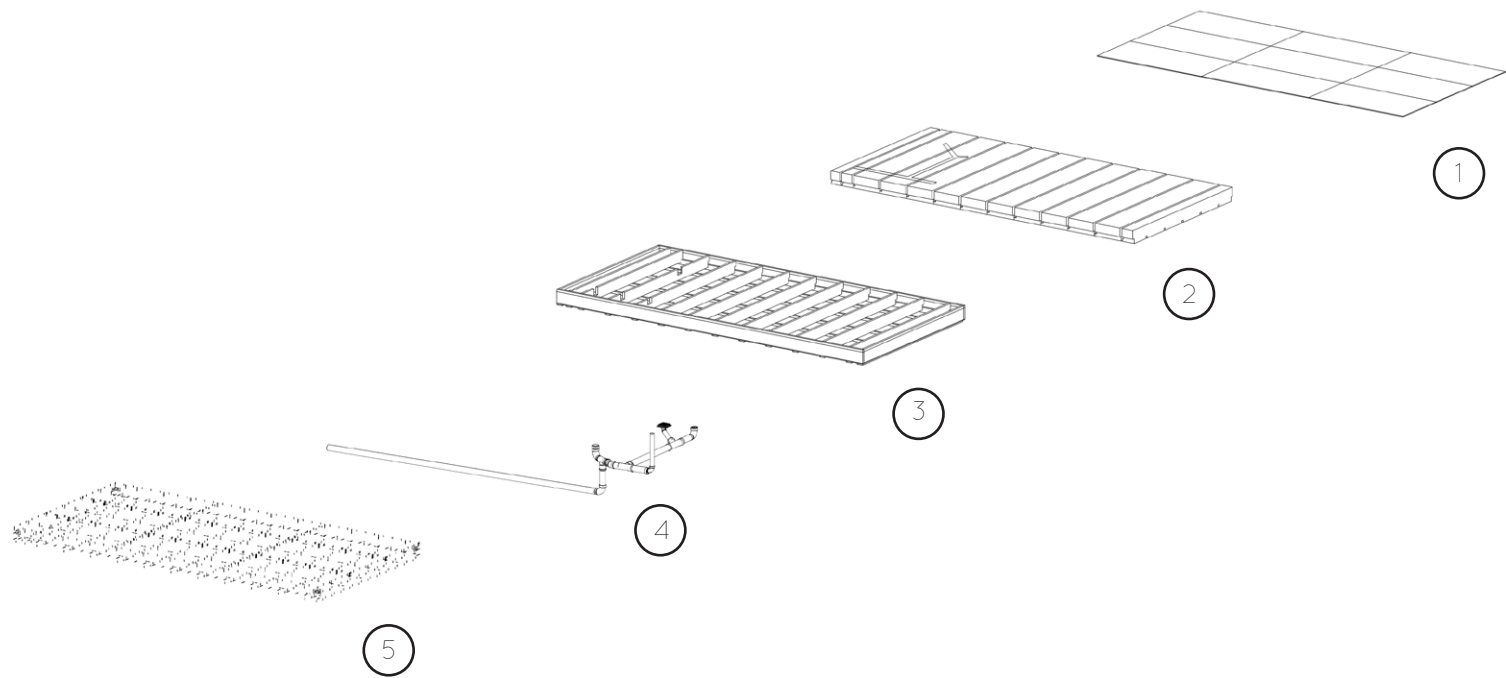
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för bottenplatta 1.2**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	PLYWOOD	206	JA	JA
2	TRÄULL	309	JA	JA
3	STOMME	658	JA	JA
4	AVLOPP (ABS)	9	NEJ	JA
5	SPIK / SKRUV	3	NEJ	JA
6	SPIK / SKRUV / BESLAG	1185	varav 1173kg är förnyelsebara	varav 1185kg är återvinningsbara



### **6.3. Kolkvot för bottenplatta typ 1.3**

- 1 PLYWOOD
- 2 TRÄULL
- 3 STOMME
- 4 AVLOPP
- 5 SPIK / SKRUV / BESLAG



### 6.3. Kolkvot för Bottenplatta (B) -Summering kolkvot för B-1.3

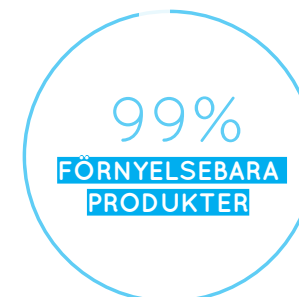
ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	PLYWOOD	+52,3227kg
2	TRÄULL	+56,5689kg
3	STOMME	+193,0258kg
4	AVLOPP	-16,1149kg
5	SPIK / SKRUV	-2,2617kg
6	SUMMERING TAK / VÄGG	+326,7604kg

6 Tot. 327kg rent kol motsvarandes 1197kg CO2 mindre i atmosfären bara genom att bygga denna bottenplatta.



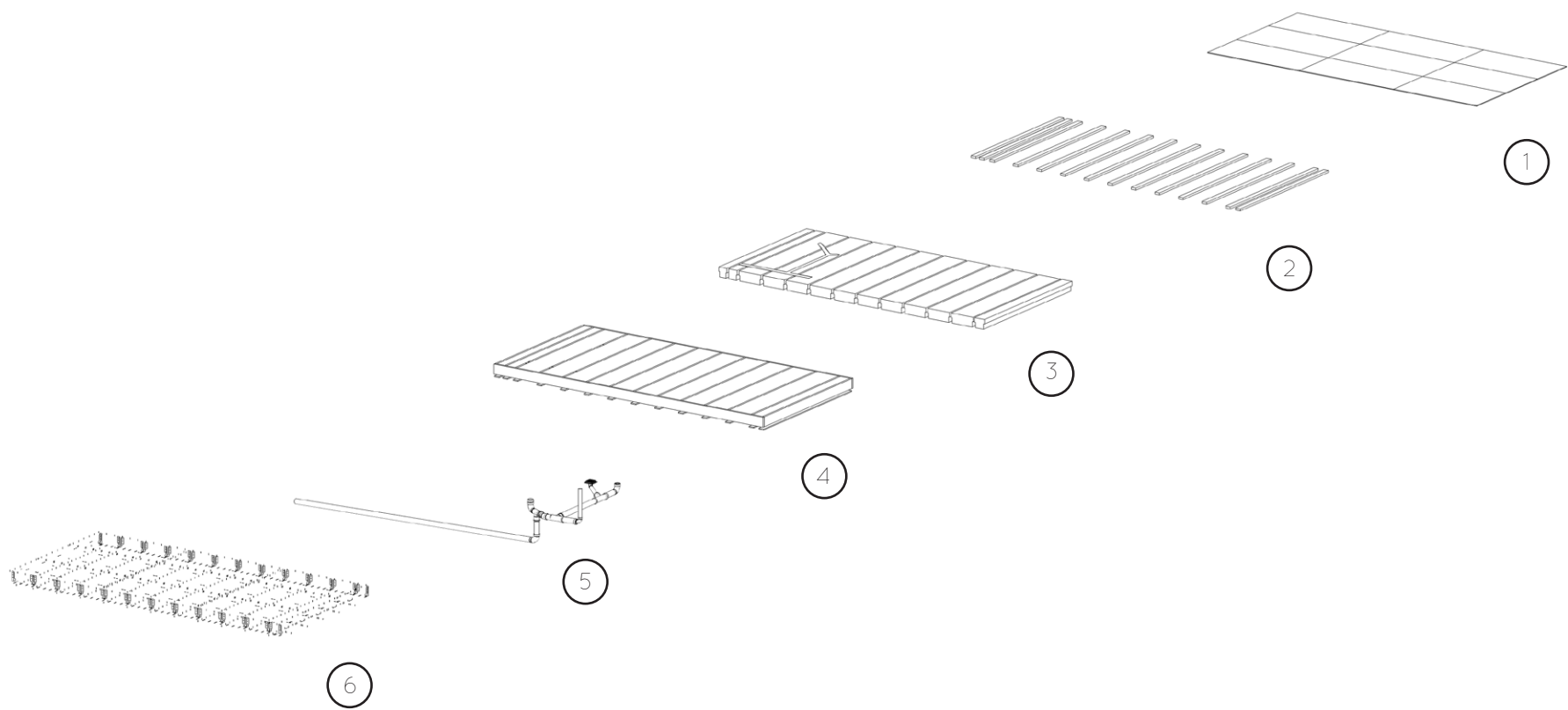
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för bottenplatta 1.3**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	PLYWOOD	206	JA	JA
2	TRÄULL	319	JA	JA
3	STOMME	509	JA	JA
4	AVLOPP (ABS)	9	NEJ	JA
5	SPIK / SKRUV	3	NEJ	JA
6	SPIK / SKRUV / BESLAG	1046	varav 1034kg är förnyelsebara	varav 1046kg är återvinningsbara



#### **6.4. Kolkvot för bottenplatta typ 1.4**

- 1 PLYWOOD
- 2 POLYSTYRÉN
- 3 GLASULL
- 4 STOMME
- 5 AVLOPP
- 6 SPIK / SKRUV / BESLAG



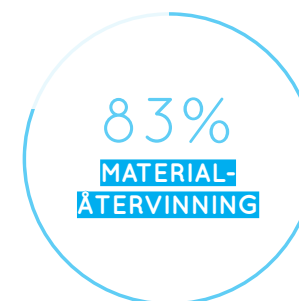
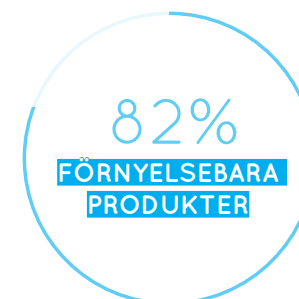
#### 6.4. Kolkvot för Bottenplatta (B) -Summering kolkvot för B-1.4

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	PLYWOOD	+52,3227kg
2	POLYSTYRÉN	-12,2163kg
3	GLASULL	-47,4394kg
4	STOMME	+156,5948kg
5	AVLOPP	-15,1801kg
6	SPIK / SKRUV / BESLAG	-11,1144kg
11	SUMMERING TAK / VÄGG	+122,9673kg

11 Tot. 123kg rent kol motsvarandes 451kg CO2 mindre i atmosfären bara genom att bygga denna bottenplatta.

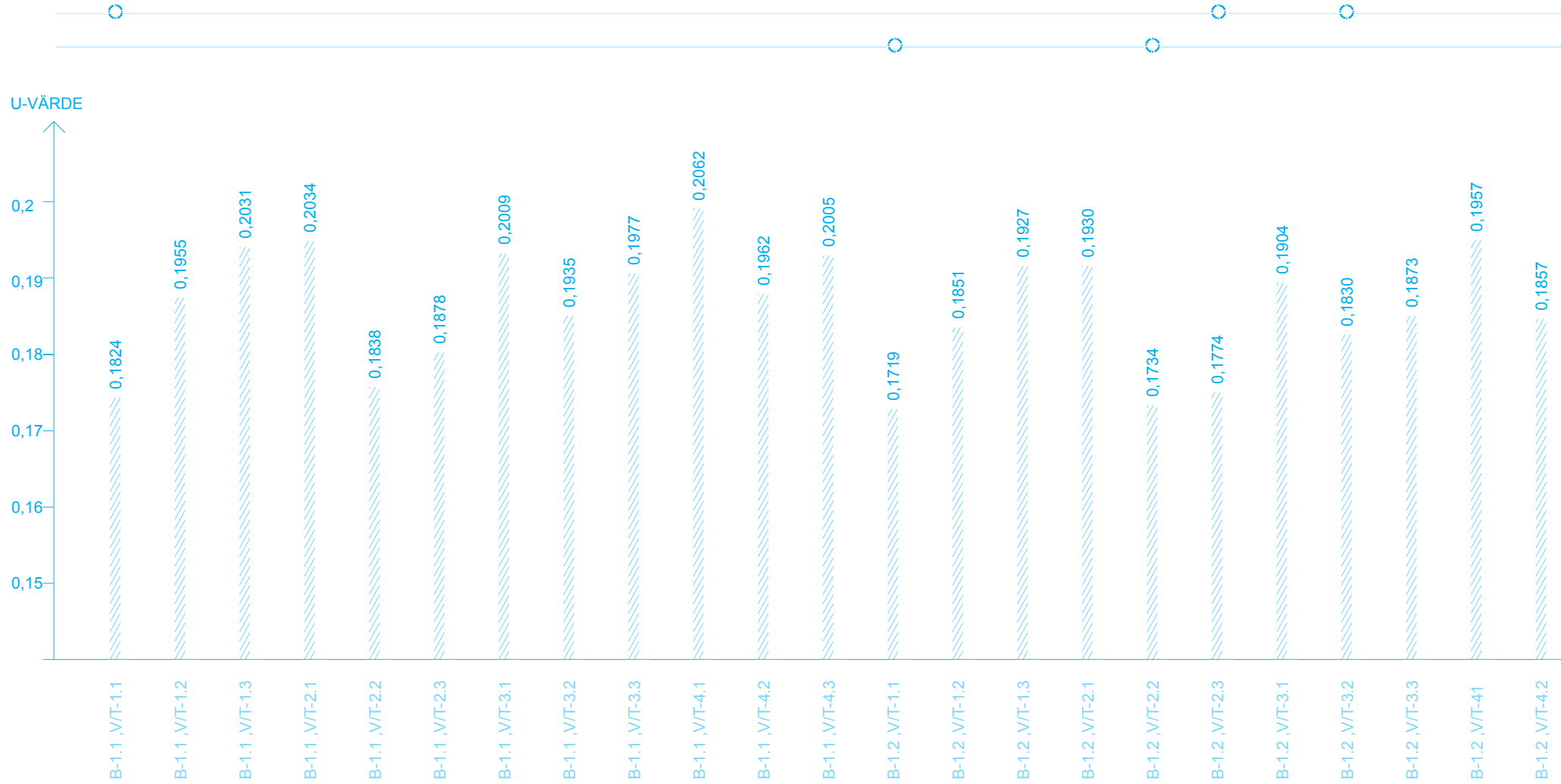
**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för bottenplatta 1.4**

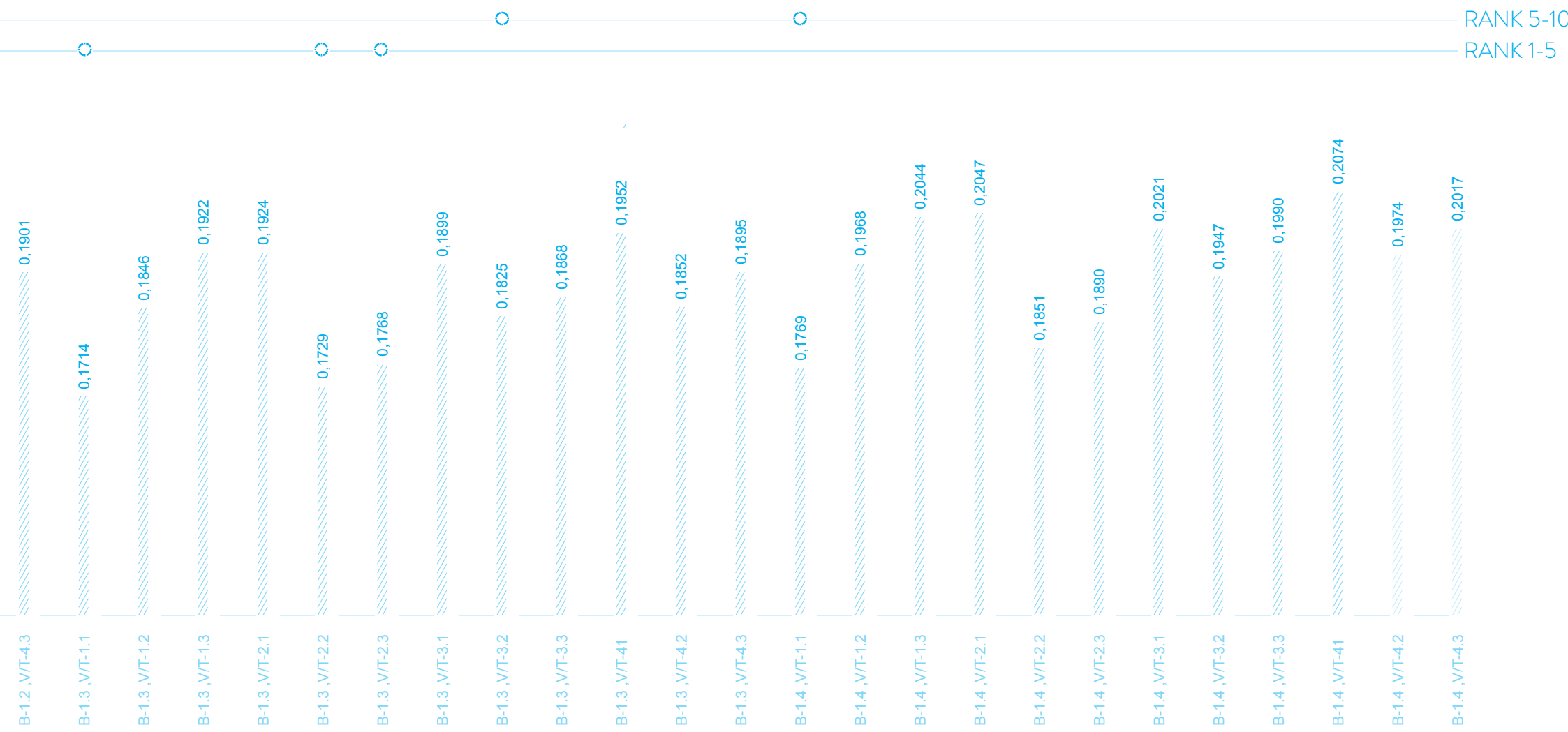
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	PLYWOOD	206	JA	JA
2	POLYSTYREN	8	NEJ	NEJ *
3	GLASULL	129	NEJ	NEJ
4	STOMME	519	JA	JA
5	AVLOPP (PCV)	12	NEJ	NEJ
6	SPIK / SKRUV / BESLAG	15	NEJ	JA
		889	varav 725kg är förnyelsebara	varav 740kg är materialåtervinningsbara



### 7.1. Resultat för samtliga modellkombinationer

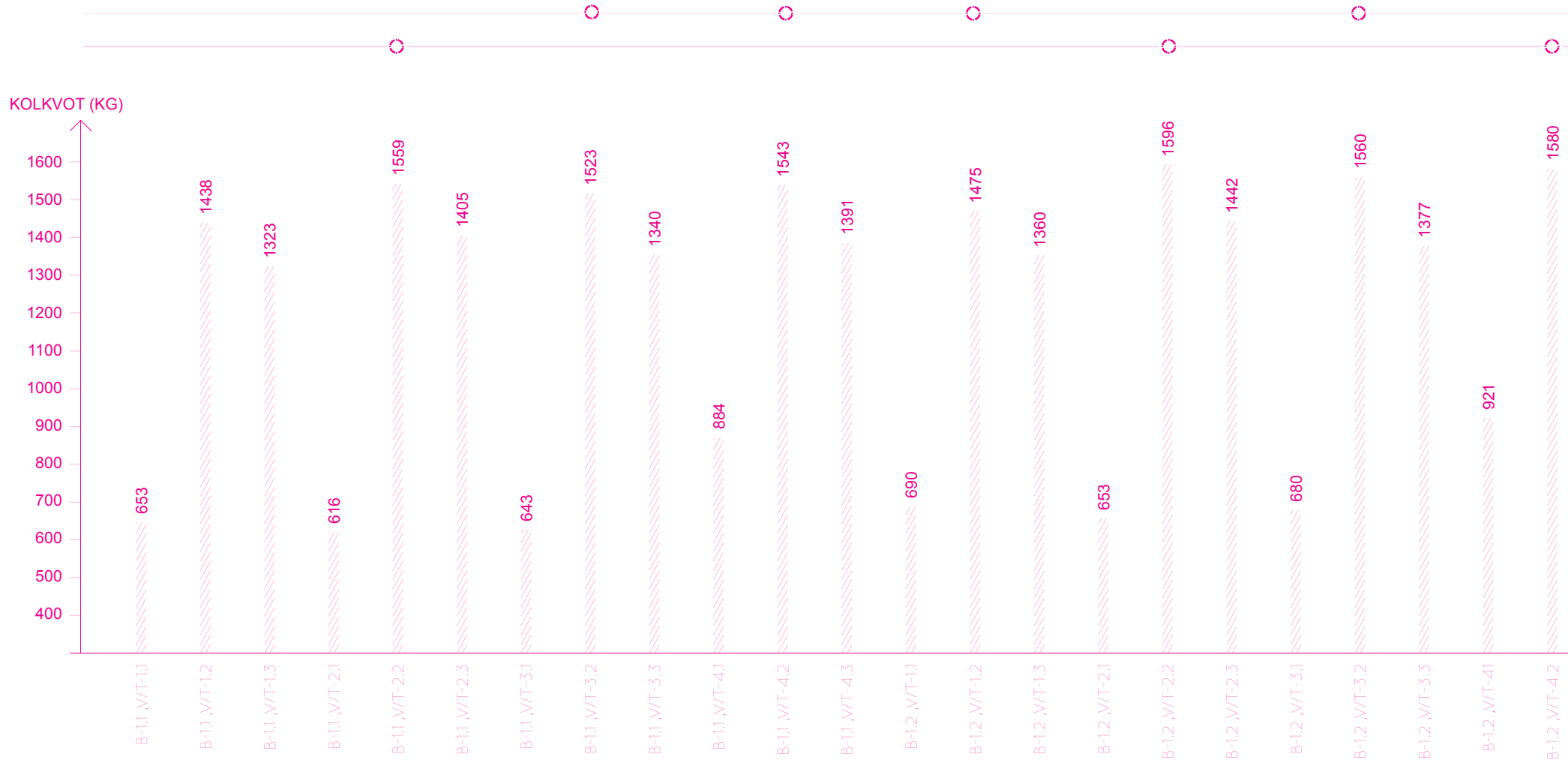
Summering genomsnittliga U-värden för samtliga kombinationer av bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3)  
-Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 resp. 6-10



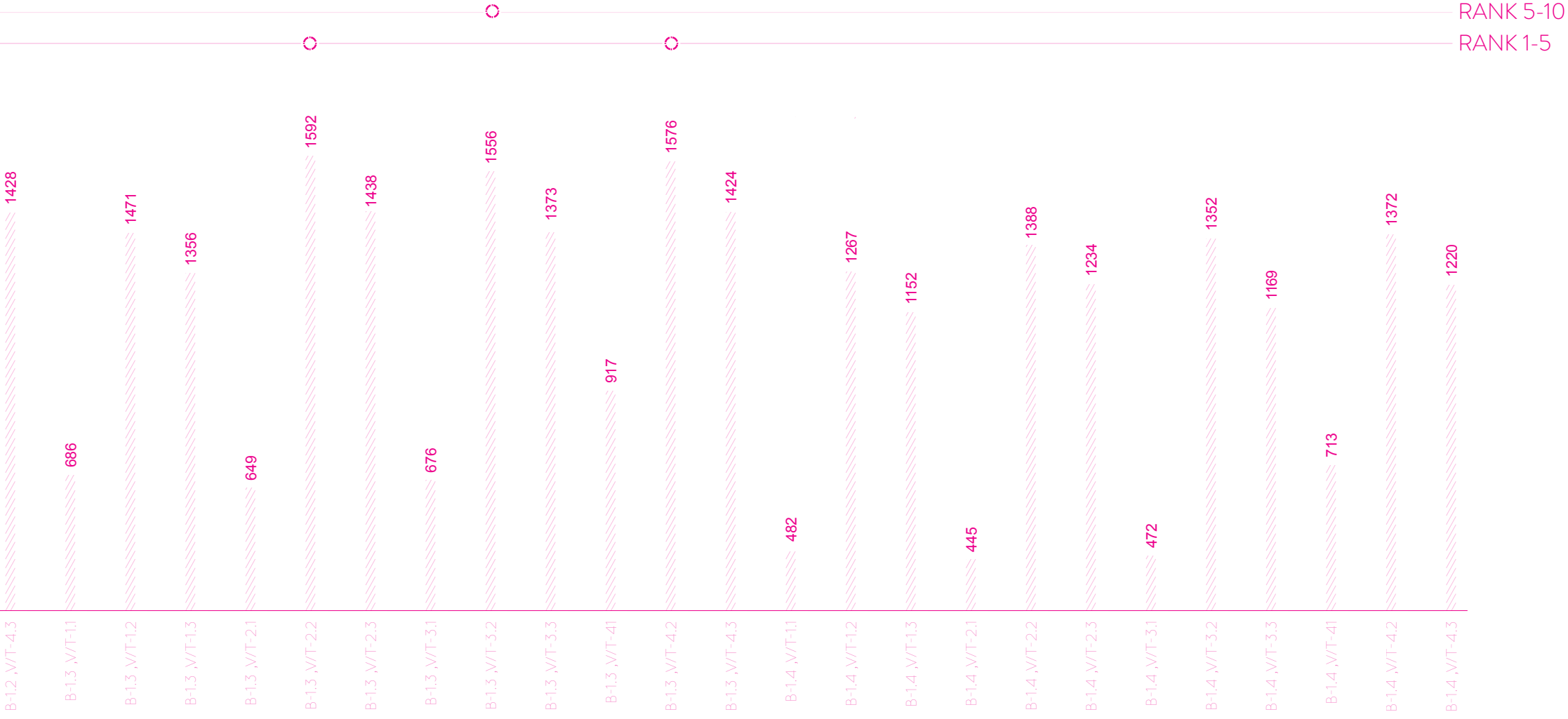


## 7.2. DATA DEMONSTRATION:

Summering kolkvoter för samtliga kombinationer av bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3)  
-Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 resp. 6-10

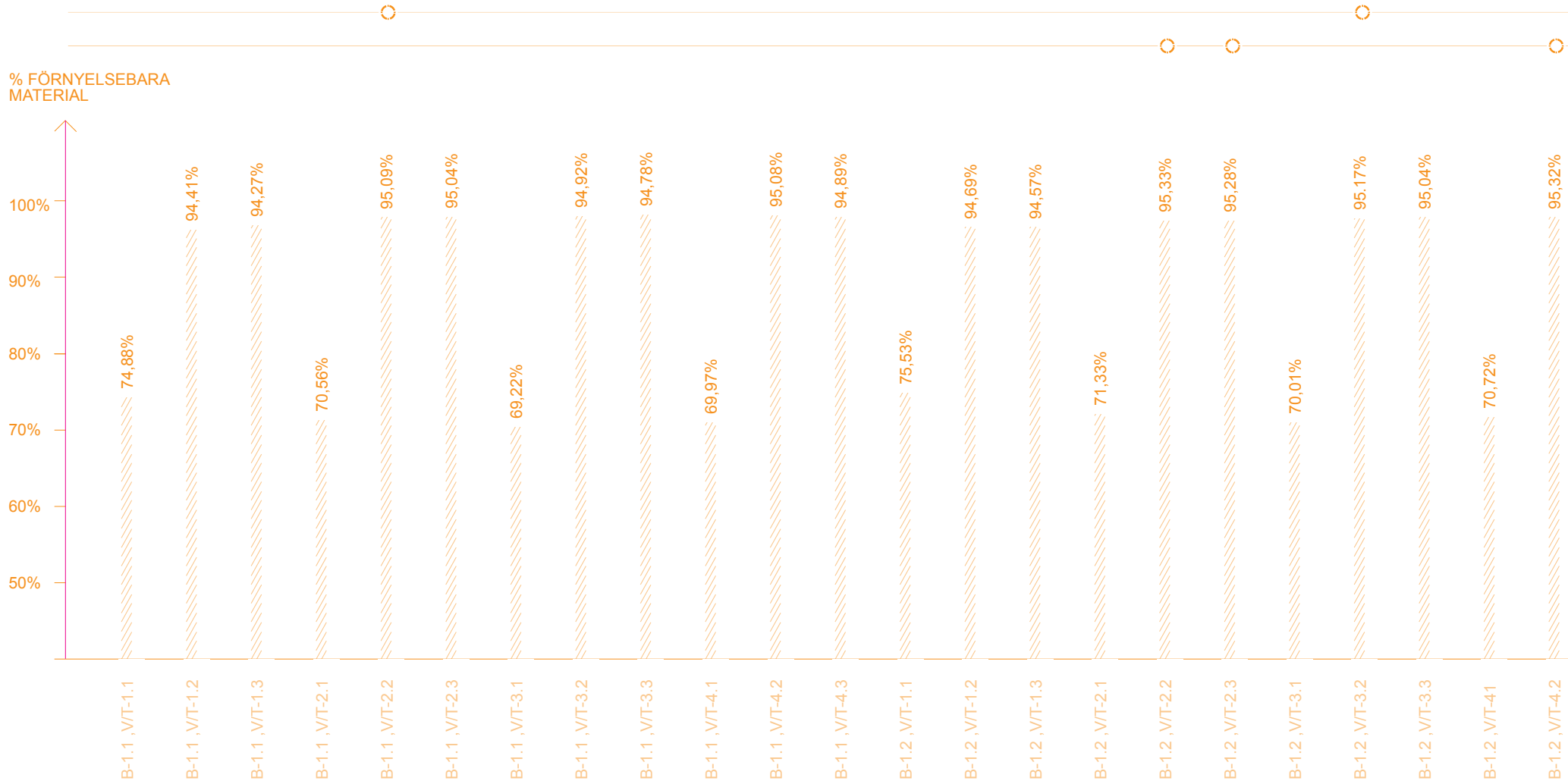


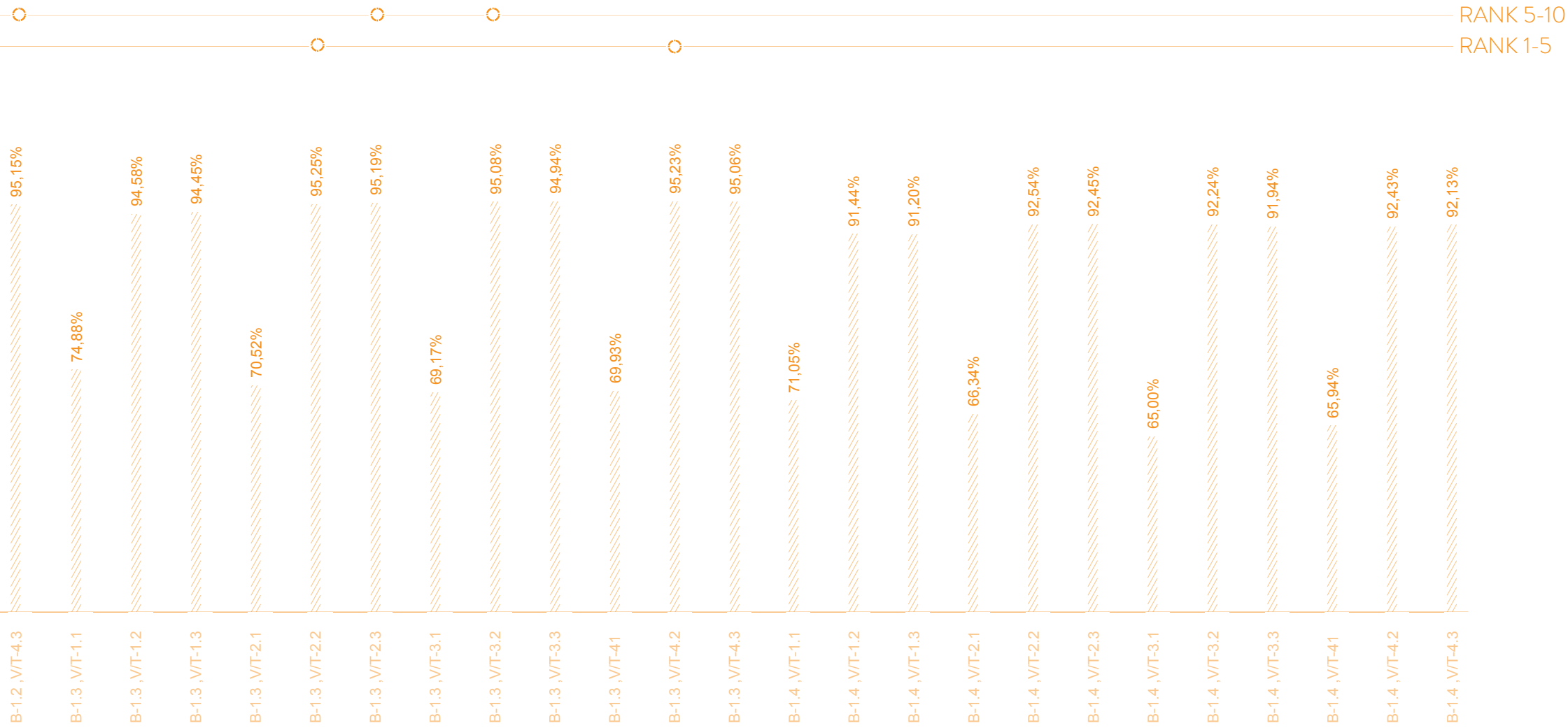




### 7.3. DATA DEMONSTRATION:

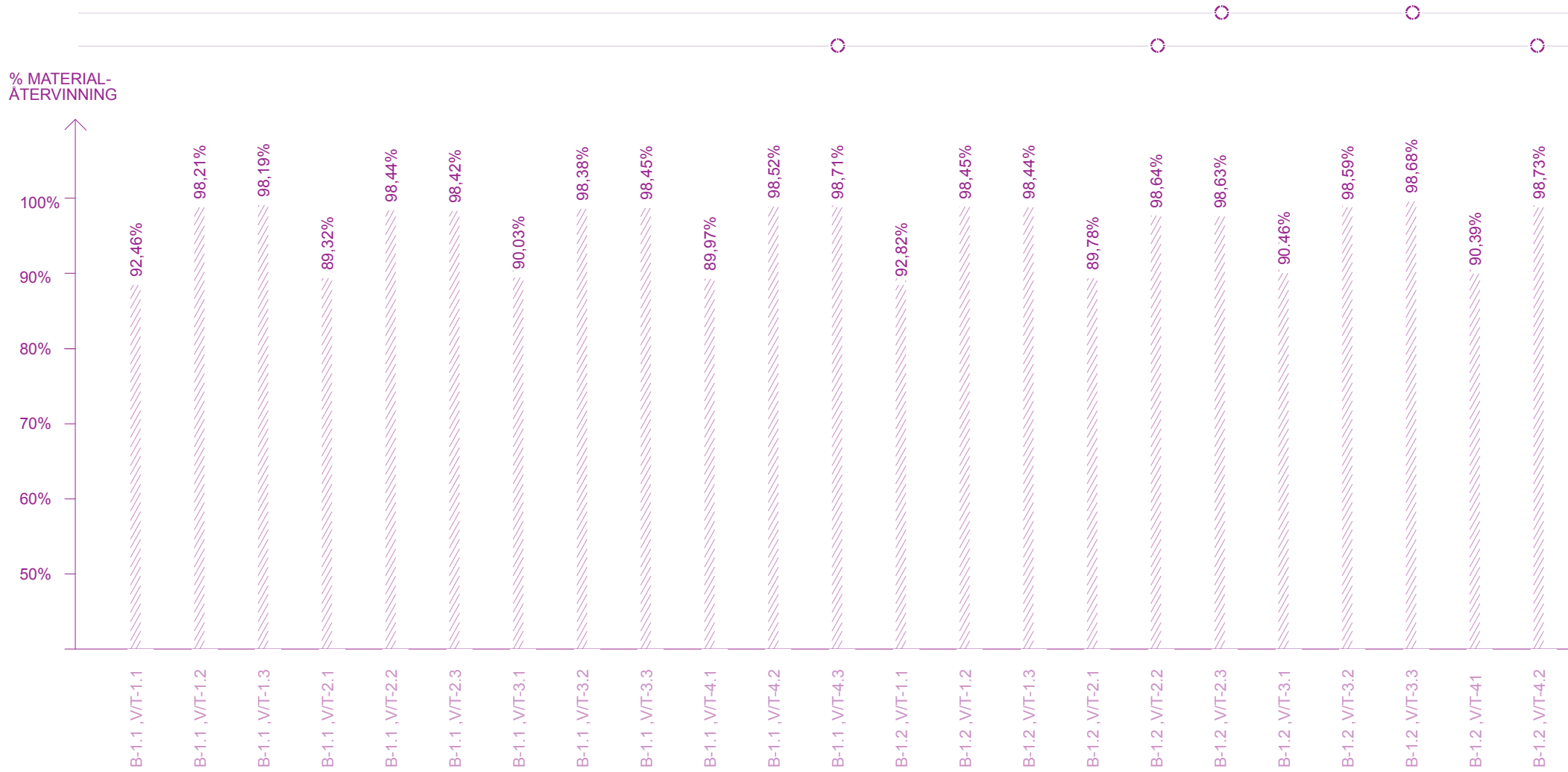
Summering andel förnyelsebara material för samtliga kombinationer av bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3)  
-Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 resp. 6-10





#### 7.4. DATA DEMONSTRATION:

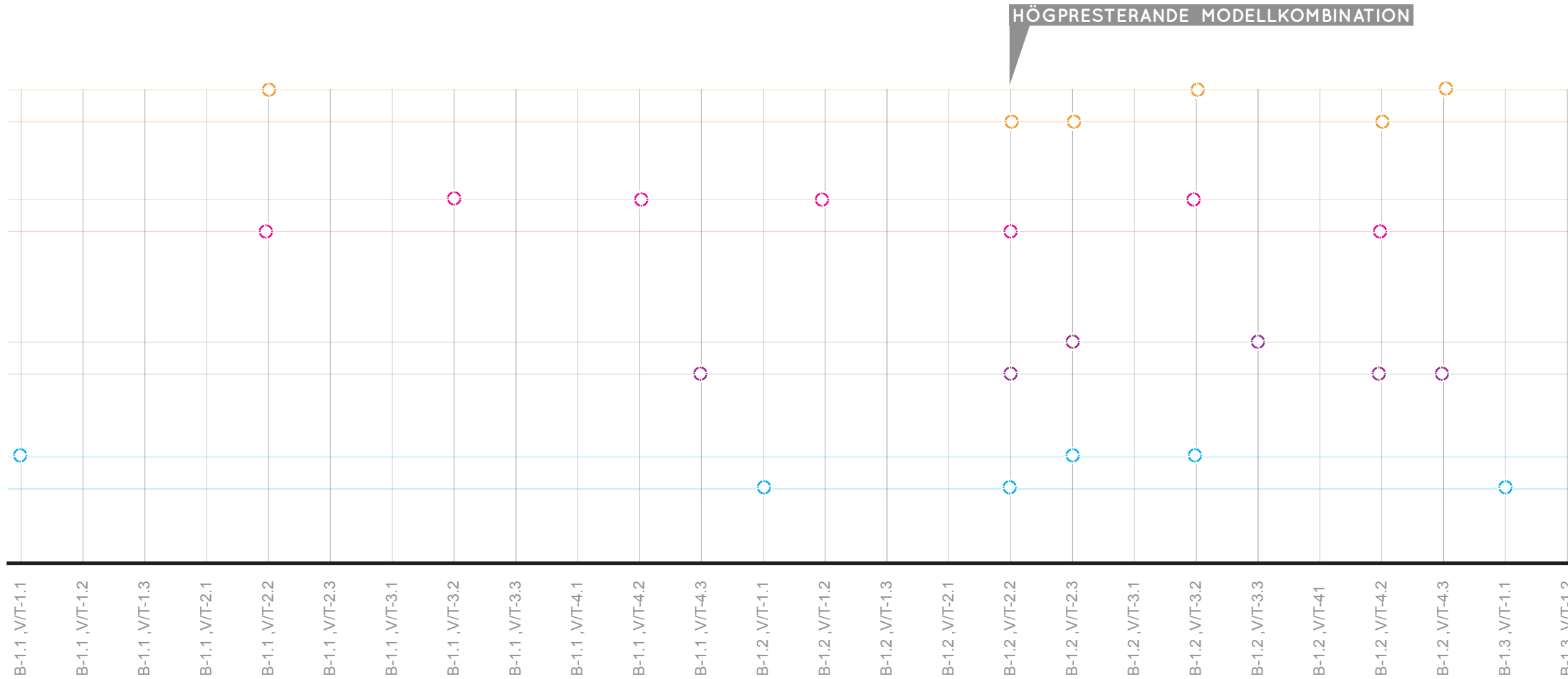
Summering materialåtervinningsbarhet för samtliga kombinationer av bottenplattor (B-1.1 till B-1.4) samt vägg/taktyper (V/T-1.1 till V/T-4.3)  
-Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 resp. 6-10



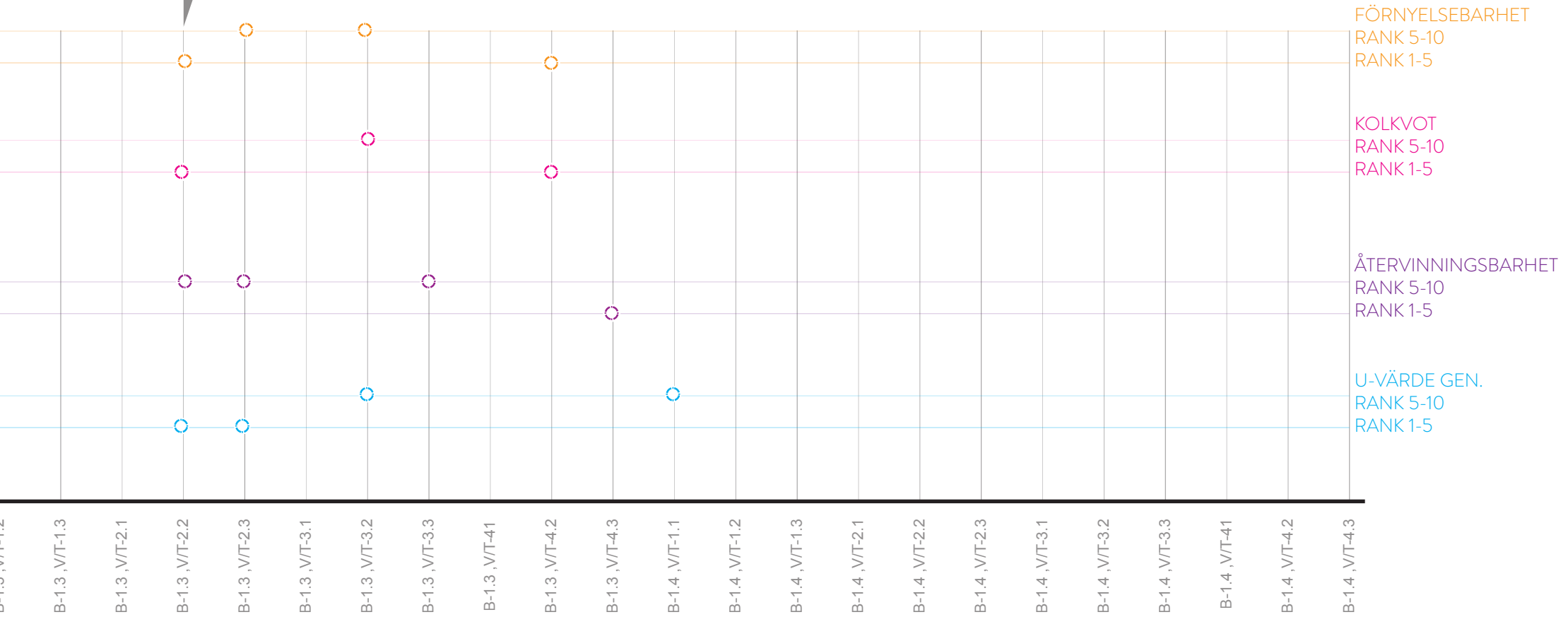


### 7.5. Sammanställning av diagram för att utröna trender

-Ringarna visar vilka modellkombinationer som kom på plats 1-5 resp. 6-10 i resp. undersökt kategori



HÖGPRESTERANDE MODELLKOMBINATION



## 7.6. UTRÄKNINGAR

### -Diskussion kring resultat

#### Testets upplägg

Samtliga av de 48st modellkombinationerna har här granskats utifrån projektets 4 grundvärden. För att snabbt kunna ta till sig resultaten från massanalysen så presenteras alla fakta i lättsmälta staplar där man visuellt kan skönja prestationerna och jämföra dom redan innan man börjar läsa om dem i detalj. I samtliga av de 4 diagrammen, förutom den för U-värdena, så betyder en hög stapel ett bättre resultat.

De bästa modellkombinationerna markerades i varje kategori med en ring för att synliggöra trender i prestationer samt för att lättare bli varse överlappningar i diagrammet för sammanslagna resultat. Diagrammet för sammanslagna resultat förekommer på föregående sida.

Inom varje kategori så rankades

från början endast de 5 bästa modellkombinationerna, vilket gav samma 2 vinnare som nu. Men för att tydligare se bredare tendenser för vilka konstruktionstyper som generellt sett hade genomslag eller inte så kom behovet av att utöka vinnarstapeln inom varje undersökt kategori till att innefatta de totalt 10 bästa modellkombinationerna.

Vinnarna delades in i "top rank 1-5" eller "rank 5-10". Vinnarstapeln behövde även utökas till totalt 10 stycken då det var av värde för att skillnaden mellan de som kvalade in på plats 5-10 ibland var minimal, och därmed hade förmedlat tendenser för bra konstruktionstyper sämre. Se t.ex. diagrammet för U-värde där skillnaden mellan det bästa resultatet  $U=0,1714$  (B-1.3, V/T-1.1) var väldigt nära det tionde bästa resultatet på 0,1830 (B-1.2, V/T-3.2). Den som kom på tionde plats är därmed inte dålig bara för att den inte var bäst.

#### Oväntade resultat

Något mycket oväntat var att när jag ställde upp beräkningarna för mer eller mindre stereotypa konstruktionsexempel (kontrollsubjekten innehållandes V/T-1.1, 2.1, 3.1 samt 4.1 och/eller B-1.1 samt B-1.4), så visade det sig att dessa fortfarande presterade inom ramen för att absorbera mer koldioxid än de släppte ut under produktionsstadiet.

Se de lägsta staplarna i kolkvotsdiagrammet, de är alla fortfarande positiva. Sett till den redan lilla skalan av ett Attefallshus, så absorberade den minst bra modellkombinationen B-1.4+V/T-2.1 hela 445kg mer kol, eller 1,63 ton mer CO<sub>2</sub>e än vad som släpptes ut för att producera dess material. Utifrån kolkvoten så absorberade den bästa kombinationen, B-1.2+V/T-2.2 hela 1592kg kol, eller 5,83 ton mer CO<sub>2</sub>.

Hade man här dock byggt ett mer normalt byggnadsskal som inte absorberar något

kol vid produktion, så hade värdena sett mycket sämre ut. T.ex. om man hade använt ett tak av plåt-,betongpanne eller tegel med takpapp, gjutit en bottenplatta av betong och stål eller haft eternitplattor i fasaden så hade värdena rasat.

Mängden trä i förhållande till andra byggmaterial tycks här vara en starkt påverkande faktor för projektets prestation i förhållande till de prioriterade grundvärdena som definieras i tesens kapitel 1.7.1 (bortsett från U-värdet). Det är därmed nära tillhands att resonera som så att "mer trä är alltid bättre".

Valet av isolering spelade en mindre sensationell roll för projektets energibesparingar under livstiden. Detta då lambdavärdet är relativt likt för de jämförda isolermaterialen glasfiber, träull och linul. Spannet för de genomsnittliga U-värdena bland modellkombinationerna blev därmed ganska litet (+/-0,03).



Valet av isolering spelade dock en mycket större roll för projektets kolkvot samt procentuella återvinningsbarhet och förnyelsebarhet. Den största skillnaden i kolkvot, förnyelse- samt återvinningsbarhet kan i detta test tillskrivas valet av isolermaterial. Linisolering och träull är båda 100% återvinningsbara och förnyelsebara, medan glasfiber inte är förnyelsebart och sällan återanvänds på grund av hanteringsproblematik.

#### *Vad presterade inte?*

Utvecklingen av bottenplattorna tillkom efter utvecklingen av V/T var färdig. I bottenplattorna så har användandet av linull helt exkluderats då jag under utvecklingen av V/T lärde mig att linullen inte kan mäta sig med de medtävlade isolermaterialen glasfiber och träull. Träull är lika återvinningsbart och förnyelsebart,

fast kräver enligt professor Geoff Hammonds index<sup>10</sup> både mindre energi och utsläppt CO<sub>2</sub>e vid framställning än linull, samt glasfibern hade bättre U-värde. Modellerna innehållandes linull nådde aldrig någon extrem i testet och stod bara för samtliga mediokra resultat.

#### *Vad presterade?*

Testet visade en riktning för vilka de genomsnittligt bästa modeltyperna var. Som demonstrerat i det sammanställda diagrammet på föregående sida så förekom oftast B-1.2, B-1.3, V/T-2.2, V/T-2.3 tätt åtföljt av V/T-3.2 i toppen bland resultaten. I botten för förnyelsebarhet, kolkvot samt återvinningsbarhet så hamnade tydligt alla kontrollsubjekten. Det vill säga modellkombinationerna (V/T-1.1, 2.1, 3.1, 4.1 samt B-1.1, 1.4). Kontrollsubjektens normala innehåll av glasfiber, ångspärrar av plast, polystyren, normalmycket metall och gips gav detta sämre resultat, vilket var förutspått.

Dock, rakt igenom testet så resulterade alltid kontrollsubjekten ofta i de tunnaste konstruktionerna i förhållande till åtråvärda U-värden. Dessa V/T-typerna (V/T-1.1, 2.1, 3.1 samt 4.1) var delaktiga i att uppnå 2 av testets top 5 bästa genomsnittliga U-värden i modellkombinationerna B-1.3+V-1.1 samt B-1.2+V-1.1. Denna skillnaden mellan väggdjocklekarna resulterar i en högre och därmed mer önskvärd BOA i projektet. Då BOA ej prioriteras över de 4 LCA-reterade grundvärdena i projektet så bortsåg jag kallt från dessa modellkombinationernas främsta styrka, den förhållandevis större BOA'n i relation till BYA på 24,92m<sup>2</sup>.

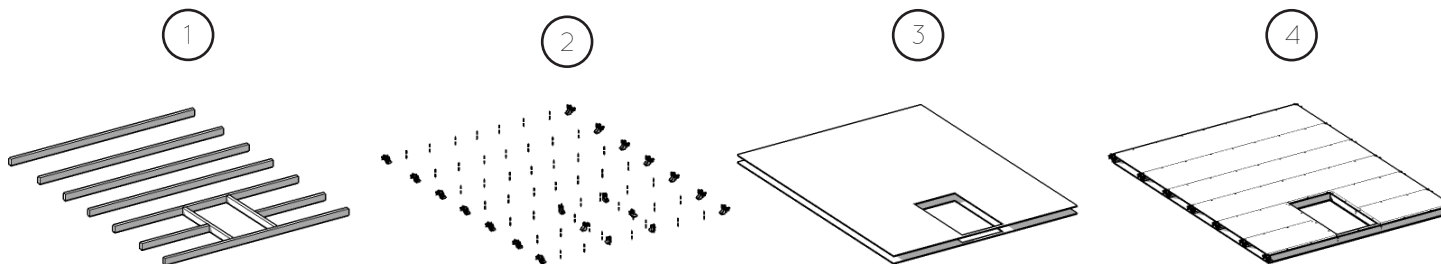
Något intressant är att vi hittills har fått två stycken tydliga vinnare bland modellkombinationerna som båda har kommit inom top rank 1-5 i samtliga 4 kategorier. De vinnande modellkombinationerna är **B-1.2+V/T-2.2**, samt **B-1.3+V/T-2.2**.

Då båda de vinnande modellkombinationerna presterade såpass bra så behövs det därför ytterligare ett test för att avgöra skillnaden sinsemellan, bottenplattorna. Då båda hade såpass likt U-värde så blir det till att granska vilken som presterar bäst utifrån värmeläckage och köldbryggeanalyser. Detta demonstreras i i Bilaga-C där sökandet efter den bästa modellkombinationen i relation till projektets 4 grundvärden avgörs.

## 8.1. Loft

### -Kolkvot för ursprungligt loft

- 1 STOMME
- 2 METALL  
(SPIK / SKRUV / BESLAG / BALKSKOR)
- 3 TRÄDECK
- 4 SUMMERING GAMLA LOFTET



ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
1 STOMME	TRÄ	0,0917m³	430 kg/m³ <sup>5</sup>	430 * 0,0917 = 39,431kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	39,431kg * 0,48 = 18,926kg
2 METALL	VARMFÖRZ-INKAT STÅL	Mängdning och volymmätningar ur SU-15	7 850 kg/m³ <sup>18</sup>	5,9420kg	2,84 <sup>6</sup>	2,84 * 5,9420kg = 16,8752kg
3 PANEL	PLYWOOD	0,2165m³	680kg/m³ <sup>11, 12</sup>	680 * 0,2165m³ = 147,22kg	0.42fos+0.65bio <sup>6</sup> eller 160CO2e/680kg PLYWOOD = 0,23529411 kg per kg <sup>11</sup> Median = 0,6526	147,22kg * 0,6526 = 96,0757kg

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1 STOMME	TRÄ	+14,9447
2 METALL	VFZ STÅL	-4,4267
3 PANEL	PLYWOOD	+37,0856
4 SAMTLIGA	SUMMERING	+47,6036

4 Tot. 48kg kol eller 174kg mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga detta loft.

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> 0,2729 * 18,926kg = 5,1651kg	0,51 / 51% <sup>8</sup>	39,431kg * 0,51 = 20,1098kg	20,1098kg-5,1651kg = +14,9447kg
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  0,2729 * 16,8752 = 4,6052kg	0,03% <sup>19</sup>	5,9420kg * 0,03 = 0,1782kg	0,1782kg - 4,6050kg = -4,4267kg
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> 0,2729 * 96,0757kg=26,2190kg	281,195kg C / m <sup>3</sup> plywood vid en densitet på 650kg/m <sup>3</sup> . <sup>13</sup> Antal kg C per kg plywood blir då 281,195/650 =0,4326kg eller 43%rent C per kg plywood	147,22 * 0,43 = 63,3046kg	63,3046kg-26,2190kg = +37,0856kg

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	TRÄ	39,4310	JA	JA
2	VFZ STÅL	5,9420	NEJ	JA
3	PLYWOOD	147,2200	JA	JA
4	SAMTLIGA	192,593kg	Varav 186,651kg är förnyelsebara	Varav 192,593kg är återvinningsbara

96,91%  
FÖRNYELSEBARA  
PRODUKTER

0%  
ENERGI-  
ÅTERVINNING

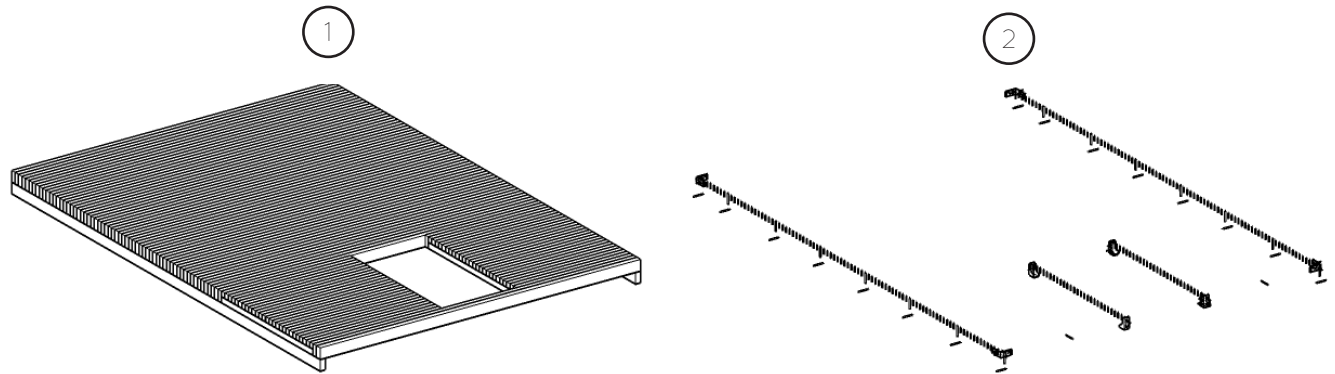
100%  
MATERIAL-  
ÅTERVINNING

0%  
DEPONI

## 8.2. Loft

### -Kolkvot för förbättrat loft

- 1 STOMME
- 2 METALL  
(SPIK / SKRUV / BESLAG / BALKSKOR)
- 3 SUMMERING ALTAN



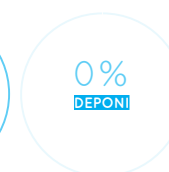
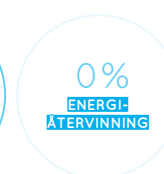
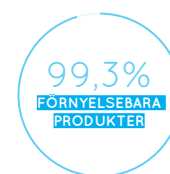
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
1 STOMME	TRÄ	1,0675m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	430 * 0,417= 459,0250kg	0,48kg per kg <sup>6</sup>	459,025kg * 0,48 = 220,332kg
2 METALL	VARMFÖRZ- INKAT STÅL	Mängdning och volymmätningar ur SU-15	7 850 kg/m <sup>3</sup> <sup>18</sup>	3,2185kg	2,84 <sup>6</sup>	2,84 * 3,2185kg= 9,1405kg

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1 STOMME	TRÄ	+193,97
2 METALL	VFZ STÅL	-2,3978
3 TRÄDECK	SUMMERING LOFT	+191,5721

4 Tot. **192kg** kol eller **702kg** mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga detta loft.

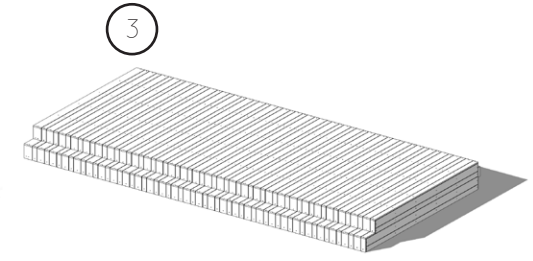
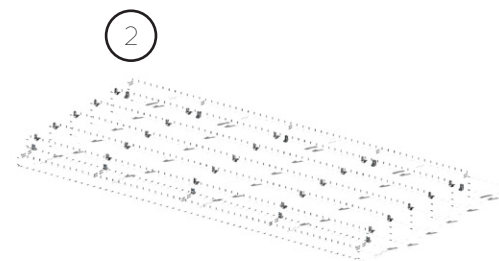
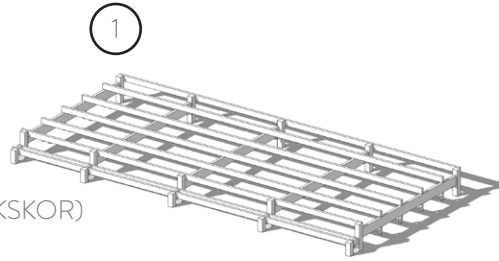
TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> 0,2729 * 220,332kg = 60,1286kg	0,51 / 51% <sup>8</sup>	459,025kg * 0,51 = 234,10275kg	234,10kg - 60,13 = + 193,97kg
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  0,2729 * 9,1405 = 2,4944kg	0,03% <sup>19</sup>	3,2185kg * 0,03 = 0,0965kg	0,0965kg - 2,4944kg = - 2,3978kg

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	TRÄ	459,0250	JA	JA
2	VFZ STÅL	3,2185	NEJ	JA
3	SAMTLIGA	462,2435	Varav 459kg är förnyelsebara	Varav 462kg är materialåtervinningsbara



**9. Altan**  
-Kolkvot för altan

- 1 STOMME
- 2 METALL  
(SPIK / SKRUV / BESLAG / BALKSKOR)
- 3 TRÄDECK
- 4 SUMMERING ALTAN



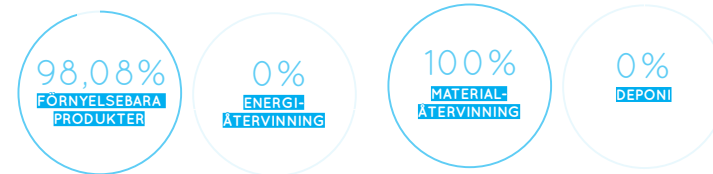
ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
1 STOMME	TRÄ	1,1216m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	430 * 0,417= 179,31kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	179,31kg * 0,48 = 86,0688kg
2 METALL	VARMFÖRZ-INKAT STÅL	Mängdning och volymmätningar ur SU-15	7 850 kg/m <sup>3</sup> <sup>18</sup>	8,6398kg	2,84 <sup>6</sup>	2,84 * 8,6398kg= 24,5370kg
3 TRÄDECK	TRÄ	0,6126m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	430 * 0,6126 = 263,418kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	263,418kg * 0,48 = 126,4406kg

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1 STOMME	TRÄ	+67,96
2 METALL	VFZ STÅL	-6,4379
3 TRÄDECK	TRÄ	+99,8375
4 SAMTLIGA	SUMMERING ALTAN	+161,3596kg

4 Tot. **161kg** kol eller **591kg** mindre CO2 i atmosfären bara genom att bygga denna altan.

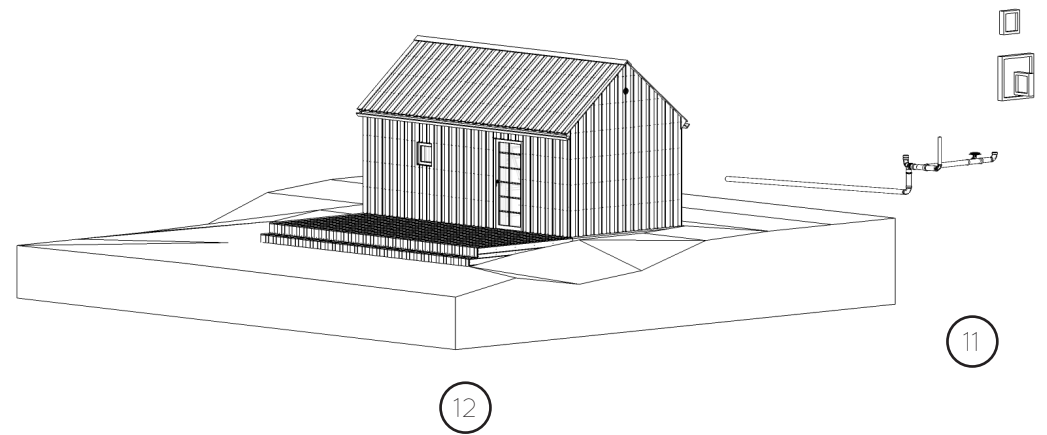
TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> 0,2729 * 86,0688kg = 23,4881kg	0,51 / 51% <sup>8</sup>	179,31kg * 0,51 = 91,4481kg	91,4481kg - 23,4881kg = + 67,96kg
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  0,2729 * 24,5370 = 6,6961kg	0,03% <sup>19</sup>	8,6398kg * 0,03 = 0,2591kg	0,2591kg - 6,6971kg = -6,4379kg
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> 0,2729 * 126,4406kg = 34,5056kg	0,51 / 51% <sup>8</sup>	263,418kg * 0,51 = 134,3431kg	134,3431kg - 34,5056kg = +99,8375kg

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	TRÄ	179,31	JA	JA
2	VFZ STÅL	8,6398	NEJ	JA
3	TRÄ	263,418	JA	JA
4	SAMTLIGA	451,3678	Varav 442,728 kg är förnyelsebara	Varav 451,3678 kg är materialåtervinningsbara

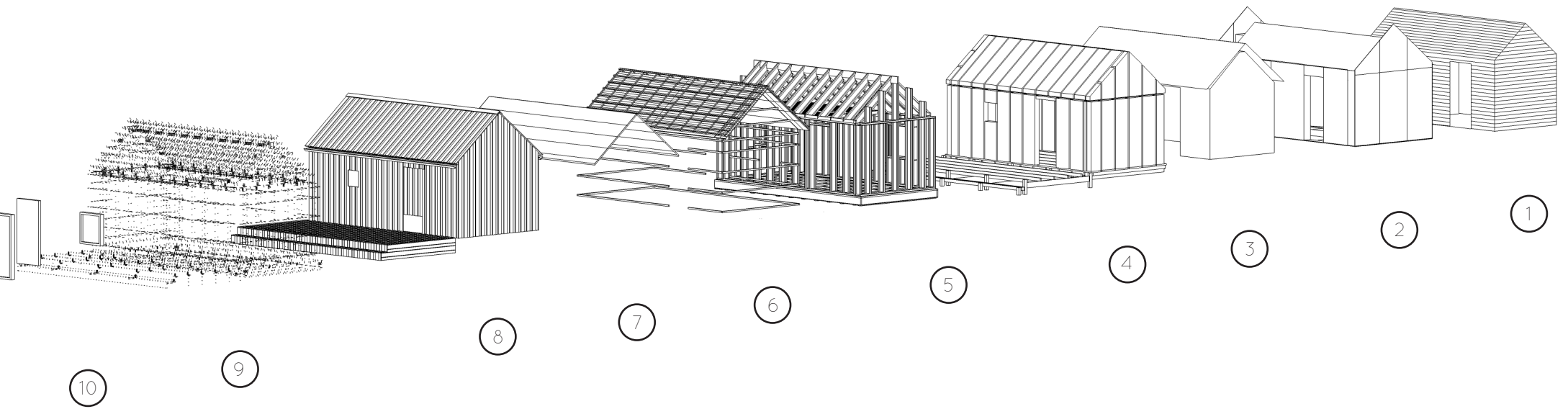


## 10. Kolkvot för komplett slutgiltig modell

- 1 SPONTPANEL
- 2 PLYWOODPANEL
- 3 ÅNGBROMS
- 4 TRÄULL
- 5 STOMME
- 6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT
- 7 TAKPAPP
- 8 FASAD / FALTAK / HÄNGGRÄNNA / TRÄDECK
- 9 SPIK / SKRUV / BESLAG
- 10 FÖNSTER / YTTERDÖRR
- 11 AVLOPP
- 12 SUMMERING KOMPLETT MODELL







## 10. Slutgiltig modell

### -Kolkvot för komplett slutgiltig modell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
1 SPONTPANEL	TRÄ	1,1216m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	430 * 1,1216 = 482,28kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	482,28kg * 0,48 = 231,4982kg
2 PANEL	PLYWOOD	2,1431m <sup>3</sup>	680kg/m <sup>3</sup> <sup>11, 12</sup>	2,1431m <sup>3</sup> * 680 = 1457,308kg	0.42fos+0.65bio <sup>6</sup> eller 160CO <sub>2</sub> e/680kg PLYWOOD =0,23529411 kg per kg <sup>11</sup>  Median = 0,6526	1457,308kg * 0,6526 = 951,0392kg
3 VINDSKYDD / ÅNGBROMS	CELLULOSA	109,9716m <sup>2</sup>	0,18kg/m <sup>2</sup> <sup>9</sup>	109,9716m <sup>2</sup> * 0,18kg = 19,7948kg	1,93 <sup>6</sup>	19,7948kg * 1,93 = 38,2041kg
4 TRÄULL	CELLULOSA	22,0458m <sup>3</sup>	59kg/m <sup>3</sup> <sup>14</sup>	22,0458m <sup>3</sup> * 59 = 1300,7022kg	0,98 <sup>6</sup>	1300,7022kg * 0,98 = 1274,6881kg
5 STOMME	TRÄ	3,7691m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	3,7691m <sup>3</sup> * 430 = 1620,713kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	1620,713kg * 0,48 = 777,9422kg
	PLYWOOD	0,6775m <sup>3</sup>	680kg/m <sup>3</sup> <sup>11, 12</sup>	0,6775m <sup>3</sup> * 680 = 460,7kg	0.42fos+0.65bio <sup>6</sup> eller 160CO <sub>2</sub> e/680kg PLYWOOD =0,23529411 kg per kg <sup>11</sup> Median = 0,6526	0,6526 * 460,7kg = 300,6528kg tot. 777,9422kg + 300,6528kg = 1078,5950kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 231,4982\text{kg} = 63,1758\text{kg}$	$0,51 / 51\% ^8$	$482,28\text{kg} * 0,51 = 245,9628\text{kg}$	$245,9628\text{kg} - 63,1758\text{kg} = +182,787\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 951,0392\text{kg} = 259,8385\text{kg}$	$281,195\text{kg C} / \text{m}^3 \text{ plywood vid en densitet på } 650\text{kg}/\text{m}^3. ^{13}$ Antal kg C per kg plywood blir då $281,195/650 = 0,4326\text{kg}$ eller 43%rent C per kg plywood	$1457,308\text{kg} * 0,4326 = 630,4314\text{kg}$	$630,4314\text{kg} - 259,8385\text{kg} = +370,5929\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 38,2041\text{kg} = 10,4259\text{kg}$	$0,445\text{kg} / 44,5\% ^4$	$19,7948\text{kg} * 0,445 = 8,8086\text{kg}$	$8,8086\text{kg} - 10,4259\text{kg} = -1,6172\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 1274,6881\text{kg} = 347,8623\text{kg}$	$0,445\text{kg} / 44,5\% ^4$	$0,445 * 1300,7022\text{kg} = 578,8124\text{kg}$	$578,8124\text{kg} - 347,8623\text{kg} = +230,9501\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 1078,5950\text{kg} = 294,3485\text{kg}$	$0,51 / 51\% ^8$  $281,195\text{kg C} / \text{m}^3 \text{ plywood vid en densitet på } 650\text{kg}/\text{m}^3. ^{13}$ Antal kg C per kg plywood blir då $281,195/650 = 0,4326\text{kg}$ eller 43%rent C per kg plywood	$1620,713\text{kg} * 0,51 = 826,2565\text{kg}$  $460,7\text{kg} * 0,4326 = 199,2988\text{kg}$ Tot. $826,2565 + 199,2988 = 1025,5553\text{kg}$	$1025,5553\text{kg} - 294,3485\text{kg} = +731,2068\text{kg}$

## 10. Slutgiltig modell

### -Kolkvot för komplett slutgiltig modell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
6 STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	TRÄ	1,0669m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	1,0669m <sup>3</sup> * 430 = 458,767kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	458,767kg * 0,48 = 220,2081kg
7 TAKPAPP	TJÄRA	39.537m <sup>2</sup> (överlappning inräknat)	0,75kg/m <sup>2</sup> <sup>15</sup>	39,537m <sup>2</sup> * 0,75 =29,6527kg	(Spann:0.43-0.55) <sup>6</sup> Median = 0,49	29,6527kg * 0,49 = 14,5298kg
8 FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA / TRÄDECK	TRÄ	2.7556m <sup>3</sup>	430 kg/m <sup>3</sup> <sup>5</sup>	2.7556m <sup>3</sup> * 430 = 1184,908kg	0.48kg per kg <sup>6</sup>	1184,908kg * 0,48 = 568,7558kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 220,2081\text{kg} = 60,0948\text{kg}$	$0,51 / 51\% ^8$	$458,767\text{kg} * 0,51 = 233,9711\text{kg}$	$233,9711\text{kg} - 60,0948\text{kg}$ $= + 173,8763\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 14,5298\text{kg} = 3,9651\text{kg}$	Underlagspapp innehåller 22% "Asphalt cement" <sup>16</sup> Kolinnehållet i "asphalt cement" = 82 % <sup>17</sup> $2,8407\text{kg} * 0,22 * 0,82 = 0,51246228\text{kg}$ $0,51246228\text{kg} / 2,8407$ $= 0,1804\text{kg}$ rent kol per kg takpapp enbart genom ingrediensen "Asphalt cement"	$29,6527\text{kg} * 0,1804 = 5,3493\text{kg}$	Då det inbundna kolet kommer från fossilolja, så ses härmed kolkostnaden vid produktion och det inbundna kolet enbart som miljöbelastning. $-5,3493\text{kg} - 3,9651\text{kg} =$ $-9,3144\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 568,7558\text{kg} = 155,2134\text{kg}$	$0,51 / 51\% ^8$	$1184,908\text{kg} * 0,51 = 604,3030\text{kg}$	$604,3030\text{kg} - 155,2134\text{kg}$ $= +449,0896\text{kg}$

## 10. Slutgiltig modell

### -Kolkvot för komplett slutgiltig modell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
9 SPIK / SKRUV	VARMFÖRZ- INKAT STÅL	Mängdning och volymmätningar ur SU-15	7 850 kg/m <sup>3</sup> <sup>18</sup>	46,4728kg	2,84 <sup>6</sup>	2,84 * 46,4728kg= 131,9827kg
10 ENTRÉDÖRR	DÖRR TOT. Ramträ Furu Ytskiva MDF Plåt Aluminium  Fyllning EPS Övrigt:	--- --- --- ---  --- ---		Tot. 40kg 36% 31% 11%  10% 12%	 0.48kg per kg <sup>6</sup> 0.37fos+0.35bio per kg <sup>6</sup> 8,24 per kg <sup>6</sup>  2,55kg per kg <sup>6</sup> --	 40 * 0,36 * 0,48 = 6,912kg 40 * 0,31 * 0,72 = 8,928kg 40 * 0,11 * 8,24 = 36,256kg  40 * 0,1 * 2,55 = 10,2kg --  tot. 62,296kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  $0,2729 * 131,9827\text{kg}$ $= 36,0180\text{kg}$	$0,03\%^{19}$	$46,4728\text{kg} * 0,03 = 1,3941\text{kg}$	$1,3941\text{kg} - 36,0180\text{kg}$ $= -34,6238\text{kg}$
Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup> $0,2729 * 62,296\text{kg} = 17,0005\text{kg}$	-- Furu = $0,51 / 51\%^8$ Då MDF är 100% Furu så blir kolinnehållet igen = $0,51 / 51\%^8$ Aluminium = $0\%^8$  EPS är Polsystyren. Polystyren består av upprepade kedjor av Styren (Styren= C8H8). 92,26% av den molekylära massan utgörs av kol. <sup>25</sup> Mängden kol per /kg Polystyren är därmed: $0,9226\text{kg}$	-- $40 * 0,36 * 0,51 = 7,344\text{kg}$ $40 * 0,31 * 0,51 = 6,324\text{kg}$ $40 * 0,11 * 0 = 0\text{kg}$  $40 * 0,10 * 0,9226 = 3,6904\text{kg}$ (görs av fossil olja)  Tot. $7,344 + 6,324 + 0 - 3,6904 = 9,9776\text{kg}$	YTTERRÖRR : $9,9776\text{kg} - 17,0005\text{kg}$ $= -7,0229\text{kg}$

## 10. Slutgiltig modell

### -Kolkvot för komplett slutgiltig modell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	VIKT	EMBODIED CO2e	TOT. MÄNGD AV EMBODIED CO2 (kg)
10 FÖNSTER	FÖNSTER tot. Varav ruta -Glas	4,4553m <sup>2</sup>  ---	---	Enligt Craig Jones (Circular Ecology) och Matthew Fulford (Inspired Efficiency) så kostar ett treglas-fönster på 2,124m <sup>2</sup> , inkl. träram (yttermått= 1770 * 1200) 136kg CO2e att framställa.  Detta ger då ett genomsnittligt kvadratmeterpris på 64,0301kg CO2e. U-Värde är här 1,1. <sup>21</sup>	4,4553m <sup>2</sup> * 64,0301kg/m <sup>2</sup> = 285,2733kg
	Varav karm -Trä	---	Enligt Magnus Fransson på Kronfönster så innehåller deras bästa treglas-, träfönster Titan Light (med karmyttermått 1000*1000) ca. 9,5kg trä och 30kg glas. <sup>22</sup>  Alla fönster utgör då tot. ca. 4,45*9,5kg = 42,27kg trä. samt ca. 4,45*30kg = 133,65kg glas.	0.48kg per kg <sup>6</sup>	0,48 * 42,27kg = 20,2896kg



TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÅNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÅNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  <math>0,2729 * 285,2733\text{kg} = 77,8510\text{kg}</math></p>	0%	0kg	$21,5577\text{kg} + 0 - 83,3880\text{kg} = -61,8303\text{kg}$
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup>  <math>0,2729 * 20,2896\text{kg} = 5,5370\text{kg}</math></p> <p>Tot. <math>77,8510\text{kg} + 5,5370\text{kg} = 83,3880\text{kg}</math></p>	0,51 / 51% <sup>8</sup>	$0,51 * 42,27\text{kg} = 21,5577\text{kg}$	<p>Total balans för #10  fönster / ytterdörr =  <math>-61,8303\text{kg} - 7,0229 = -68,8532\text{kg}</math></p>

## 10. Slutgiltig modell

### -Kolkvot för komplett slutgiltig modell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VOLYM / AREA	DENSITET	VIKT	EMBODIED CO <sub>2</sub> e	TOT. MÅNGD AV EMBODIED CO <sub>2</sub> (kg)
11 AVLOPP	ABS		1,04 g/cm <sup>3</sup> <sup>29</sup>	<p>Volym densamma som PVC-rören i Bottenplatta 1.4.</p> <p>Densitetsskilnad ABS/ PVC = 1,04/1,38 = 0,7536 = 75% av vikten av PVC per volymenhet.</p> <p>12,4485 * 0,7536 = 9,3814kg</p>	3,05 <sup>6</sup>	9,3814kg * 3,05 = 28,6132kg

TOT. EMBODIED CARBON	SEQUESTERED MÄNGD AV PURE CARBON PER KG PRODUCT	TOT. MÄNGD AV SEQUESTERED C	KOLKVOT
<p>Kolinnehållet i CO2 är 0,2729. <sup>7</sup></p> <p><math>0,2729 * 28,6132\text{kg}</math>  <math>= 7,8085\text{kg}</math></p>	<p>Kemisk formula för ABS-plast: <math>(\text{C}_8\text{H}_8 \cdot \text{C}_4\text{H}_6 \cdot \text{C}_3\text{H}_3\text{N})_n</math>  som är 15st kol(C), 15st Väte(H), 1st kväve (N)</p> <p>Enligt det periodiska systemet så väger:</p> <p>1st kol : 12st atommassaenheter  1st väte : 1st atommassaenheter  1st kväve : 7st atommassaenheter</p> <p>Tot. kol= <math>15 * 12 = 180</math> atommassaenheter  Tot. väte= <math>15 * 1 = 15</math> atommassaenheter  Tot. Kväve= <math>1 * 7 = 7</math> atommassaenheter</p> <p>Andel kol i plasten är då:  <math>180 / (180 + 15 + 7)</math>  <math>= 0,8854</math>  <math>= 88,54\%</math></p>	<p><math>9,3814\text{kg} * 0,8854 = 8,3064\text{kg}</math></p>	<p>Då ABS-plast är framställt av fossil olja så räknas både den inbundna mängden kol med kolkostnaden vid produktion.</p> <p><math>-7,8085 - 8,3064 = -16,1149\text{kg}</math></p>

## 10. Slutgiltig modell

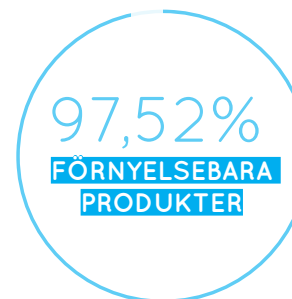
### -Summering kolkvot för komplett slutgiltig modell

ELEMENTSTYP	MATERIAL	KOLKVOT I KG
1	SPONTPANEL	+182,7870kg
2	PLYWOODPANEL	+370,5929kg
3	VINDSKYDD / ÅNGBROMS	-1,6172kg
4	TRÄULL	+230,9501kg
5	STOMME	+731,2068kg
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	+173,8763kg
7	TAKPAPP	-9,3144kg
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA / TRÄDECK	+449,0896kg
9	METALL	-34,6238kg
10	ENTRÉDÖRR / FÖNSTER	-68,8532kg
11	AVLOPP	-16,1149kg
12	SUMMERING KOMPLETT MODELL	+ 2007,97kg

12 Tot. **2008kg** kol eller **7358kg** kg mindre CO<sub>2</sub> i atmosfären bara genom att bygga detta attefallshus med tillhörande altan.

**-Summering återvinningsbarhet samt förnyelsebarhet för slutgiltig modell**

ELEMENTSTYP	MATERIAL	VIKT I KG	FÖRNYELSEBAR?	MATERIALÅTERVINNINGSBAR?
1	SPONTPANEL	482,2800	JA	JA
2	PLYWOOD	1457,3000	JA	JA
3	ÅNGBROMS	19,7948	JA	NEJ
4	TRÄULL	1300,7022	JA	JA
5	STOMME	2081,413	JA	JA
6	STRÖLÄKT / BÄRLÄKT	458,7670	JA	JA
7	TAKPAPP	29,6527	NEJ	NEJ
8	FASAD / FALTAK / HÄNGRÄNNA / TRÄDECK	1184,9080	JA	JA
9	METALL	46,4728	NEJ	JA
10	FÖNSTER	175,775	JA (till 24%) <sup>31, 32, 33</sup>	JA (till 98%) <sup>31, 32, 33</sup>
10	YTTERDÖRR	40	JA (till 67%) <sup>34, 45, 46</sup>	JA (till 87%) <sup>34, 45, 46</sup>
11	AVLOPP (ABS)	9	NEJ	JA
12	TOTALT	7313,4	varav 7131,954kg är förnyelsebara.	varav 7255,2kg är materialåtervinningsbara



## 11. Referenser

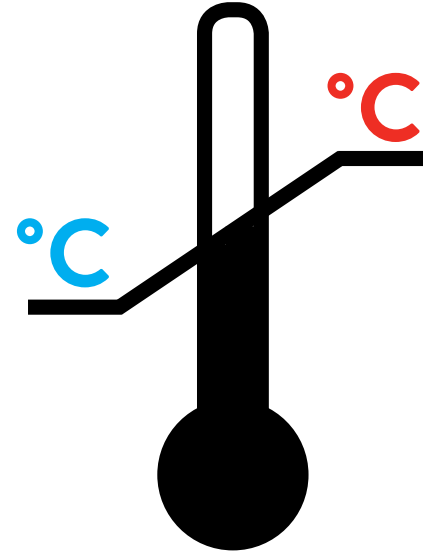
- 1 FORBO & FORSHAGA (2015) [Environmental Product Declaration](http://mts.sustainableproducts.com/certified_products/Forbo%20SMaRT%20EPD%20HPD.pdf) Websida, 18'e Jan.  
[http://mts.sustainableproducts.com/certified\\_products/Forbo%20SMaRT%20EPD%20HPD.pdf](http://mts.sustainableproducts.com/certified_products/Forbo%20SMaRT%20EPD%20HPD.pdf) (2015-01-18).
- 2 WIKIPEDIA (2015) [Linseed oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed_oil) Wikipedia, 18'e Jan.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed_oil) (2015-01-18).
- 3 SECIL YILMAZ (2012) [LCA som verktyg för ökad kunskap om miljöpåverkan från golvmaterialet vinyl, linoleum och parkett](https://www.kth.se/polopoly_fs/1.348758!/Menu/general/column-content/attachment/Secil%20Yilmaz.pdf), KTH (p.29).  
[https://www.kth.se/polopoly\\_fs/1.348758!/Menu/general/column-content/attachment/Secil%20Yilmaz.pdf](https://www.kth.se/polopoly_fs/1.348758!/Menu/general/column-content/attachment/Secil%20Yilmaz.pdf) (2015-01-18).
- 4 LENNTECH (2012) [MOLECULAR VIKT CALCULATOR - C6H10O5](http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-VIKT-calculator.htm)  
<http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-VIKT-calculator.htm> (2015-01-18).
- 5 TRÄGUIDEN (-) [Definitioner](http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1077)  
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1077> (2015-01-18).
- 6 PROFESSOR GEOFF HAMMOND & CRAIG JONES (2011) [ICE 2.0](http://web.mit.edu/2.813/www/readings/ICEv2.pdf.old) University of Bath UK  
<http://web.mit.edu/2.813/www/readings/ICEv2.pdf.old> (2015-01-18).
- 7 LENNTECH (2012) [MOLECULAR VIKT CALCULATOR - CO2](http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm)  
<http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm> (2015-01-18).
- 8 DANZER (2012) [Wood - The superior raw material](http://www.danzer.com/Life-cycle-assessment.1711.0.html?&MP=1627-15)  
<http://www.danzer.com/Life-cycle-assessment.1711.0.html?&MP=1627-15> (2015-01-18).

- 9 NORRLANDS EKO (2012) [Ångbroms - Brun](#) ,Webshop.  
[http://www.norrlandseko.se/?page\\_id=1724](http://www.norrlandseko.se/?page_id=1724) (2015-01-18).
- 10 MARI OVASKAINEN (2012) [Carbon Footprint Assessment AV UPM Formi](#) ,UPM.  
<http://www.upm.com/formi/Lists/Brochures/Attachments/8/UPM%20Formi%20-%20LCA%20handout%2012092012.pdf> (2015-01-18).
- 11 KOSKISEN (2011) [Carbon footprint AV Koskisen plywood](#) ,UPM.  
<http://www.koskisen.com/company/news/2011-10-07/carbon-footprint-koskisen-plywood> (2015-01-18).
- 12 WISA PLYWOOD (2015) [Sizes, thicknesses and VIKTs](#) ,WISA.  
<http://www.wisaplywood.com/Products/about-plywood/Pages/Sizes-thicknesses-and-VIKTs.aspx> (2015-01-18).
- 13 Sunil Nautiyal, K.S. Rao, Harald Kaechele, K.V. Raju, Rüdiger Schaldach (2013)  
[Knowledge Systems AV Societies for Adaptation and Mitigation AV Impacts AV Climate Change](#) , p.235, Google E-Books.  
<https://books.google.se/books?id=Dva3BAAAQBAJ&pg=PA235&ots=IPcjAl3meQ&dq=carbon%20content%20plywood%20kg&hl=sv&pg=PA235#v=onepage&q=carbon%20content%20plywood%20kg&f=false> (2015-01-18).
- 14 NORRLANDS EKO (2012) [Miljövänlig isolering](#) ,Webshop.  
[http://www.norrlandseko.se/?page\\_id=1291](http://www.norrlandseko.se/?page_id=1291) (2015-01-18).
- 15 BYGGMAX (2012) [Underlagspapp](#) ,Webshop.  
<https://www.byggmax.se/tak/takpapp/underlagspapp-p17160> (2015-01-18).
- 16 UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2012) [Asphalt shingles](#) ,Webshop.  
<http://epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/asphalt-shingles10-28-10.pdf> (2015-01-18).
- 17 UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2012) [Asphalt shingles](#) ,Webshop.  
[http://www.asphaltroads.org/assets/\\_control/content/files/carbon\\_footprint\\_web.pdf](http://www.asphaltroads.org/assets/_control/content/files/carbon_footprint_web.pdf) (2015-01-18).

- 18 RUUKKI (2011) [MILJÖVARUDEKLARATION OCH SÄKERHETSINFORMATIONSBLAD - Varmförzinkade byggprodukter](http://www.ruukki.se/~media/Sweden/Files/ISO%20certificates/Ruukki_Varmforzinkade-byggprodukter_miljo.pdf), Websida  
[http://www.ruukki.se/~media/Sweden/Files/ISO%20certificates/Ruukki\\_Varmforzinkade-byggprodukter\\_miljo.pdf](http://www.ruukki.se/~media/Sweden/Files/ISO%20certificates/Ruukki_Varmforzinkade-byggprodukter_miljo.pdf)
- 19 SPIUSA (- -) [Asphalt shingles](http://www.spiusa.com/stainlesssteel_overview.php), Websida.  
[http://www.spiusa.com/stainlesssteel\\_overview.php](http://www.spiusa.com/stainlesssteel_overview.php)
- 20 WEBQ (- -) [Molar Mass AV CaCO<sub>3</sub>](http://www.webqc.org/molecular-weight-of-CaCO3.html), Websida.  
<http://www.webqc.org/molecular-weight-of-CaCO3.html>
- 20 ENGINEERINGTOOLBOX (- -) [Densitet Linoleum](http://www.engineeringtoolbox.com/DENSITY-solids-d_1265.html), Websida.  
[http://www.engineeringtoolbox.com/DENSITY-solids-d\\_1265.html](http://www.engineeringtoolbox.com/DENSITY-solids-d_1265.html)
- 21 Craig Jones, Matthew Fulford (4 Sep, 2013) [Choosing low-carbon windows](http://www.building.co.uk/choosing-low-carbon-windows/5060079.article#), Websida.  
<http://www.building.co.uk/choosing-low-carbon-windows/5060079.article#>
- 22 Magnus Fransson (4 Sep, 2013) [Mailkorrespondens gällande vad träfönster består av](http://www.building.co.uk/choosing-low-carbon-windows/5060079.article#)  
<http://www.building.co.uk/choosing-low-carbon-windows/5060079.article#>
- 23 SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (- -) [Fukt- och radonskydd](http://www.sp.se/sv/index/services/certprod/certprodprofil/bygg/fuktskikt/fuktskydd/Sidor/default.aspx)  
<http://www.sp.se/sv/index/services/certprod/certprodprofil/bygg/fuktskikt/fuktskydd/Sidor/default.aspx>
- 24 Lenntech Molecular Weight calculator (- -) [Ethene](http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm)  
<http://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm>
- 25 EUMEPS (- -) [ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION - DENSITY POLYSTYRENE](http://www.eumeps.construction/show.php?ID=4742&psid=xwctaave)  
<http://www.eumeps.construction/show.php?ID=4742&psid=xwctaave>
- 26 ISOVER (- -) [Tekniska Detaljer - Densitet Glasull](http://www.isover.se/produkter/produktvisning?id=20783)  
<http://www.isover.se/produkter/produktvisning?id=20783>



- 27 Google Books (- -) [Industrial Applications AV Natural Fibres - Sida 493](#)  
<https://books.google.se/books?id=rX8S2PE7IHkC&lpg=PA493&ots=Gnc6he4ZTb&dq=flax%20insulation%20DENSITET%20kg&hl=sv&pg=PA493#v=onepage&q=flax%20insulation%20DENSITET%20kg&f=false>
- 28 Knaufdanogips (- -) [Tekniska Detaljer - Densitet Gips](#)  
[http://byggsystem.knaufdanogips.se/products/boards/gypsum/gb\\_wetrooms/technical\\_facts\\_h1.html](http://byggsystem.knaufdanogips.se/products/boards/gypsum/gb_wetrooms/technical_facts_h1.html)
- 29 GPA (- -) [Materialinformation - Densitet ABS](#)  
<http://www.gpa.se/produkter/produkter/abs/>
- 30 GPA (- -) [Materialinformation - Densitet PVC](#)  
<http://www.gpa.se/produkter/produkter/pvc/>
- 31 HKFonstret (- -) [BYGGVARUDEKLARATION BVD3 - enligt Kretsloppsrådets riktlinjer maj 2007](#)  
<http://www.hfonstret.se/wp-content/uploads/2013/03/BVD3-HAKF300.pdf>
- 32 Elitfönster (- -) [BYGGVARUDEKLARATION BVD3 - enligt Kretsloppsrådets riktlinjer maj 2007](#)  
[http://www.elitfonster.se/Documents/Byggvarudeklarationer/BVD\\_ETI-AL%20kd.pdf](http://www.elitfonster.se/Documents/Byggvarudeklarationer/BVD_ETI-AL%20kd.pdf)
- 33 Kvillsforsfönster (- -) [BYGGVARUDEKLARATION BVD3 - enligt Kretsloppsrådets riktlinjer maj 2007](#)  
<http://www.kvillsforsfonster.se/econtent/files/159/KT390%20BVD%203%20utg%C3%A5va%201.pdf>
- 34 Bordörren [BYGGVARUDEKLARATION - för byggnadssnickerier](#)  
[http://www.bordorren.se/filer/BVDBorDoerren\\_sve.pdf](http://www.bordorren.se/filer/BVDBorDoerren_sve.pdf)
- 35 Bordörren [BYGGVARUDEKLARATION BVD3 - enligt Kretsloppsrådets riktlinjer maj 2007](#)  
[http://www.swedoor.se/media/2080839/byggvarudeklaration\\_bvd3\\_jwds\\_1204\\_ldm\\_med\\_glas.pdf](http://www.swedoor.se/media/2080839/byggvarudeklaration_bvd3_jwds_1204_ldm_med_glas.pdf)
- 36 Bordörren [BYGGVARUDEKLARATION BVD3 - enligt Kretsloppsrådets riktlinjer maj 2007](#)  
[http://www.swedoor.no/media/1082513/byggvarudeklaration\\_bvd3\\_jwds\\_1205\\_ledesilence\\_utan\\_glas.pdf](http://www.swedoor.no/media/1082513/byggvarudeklaration_bvd3_jwds_1205_ledesilence_utan_glas.pdf)



**A sustainable construction for low energy buildings  
Demonstrated in an Attefallshouse  
Bilaga-B, Jämförelse köldbryggor.**

Examensarbete vid Chalmers Arkitektur

Design for sustainable development

Presentationsdatum : 2015-05-20

Av Viktor Isaksson



**CHALMERS**

## **INDEX**

<b>UPPLAGG</b>	<b>SIDA</b>
A.1 Frågeställning .....	3
B.1 Sektion - X.1 och Y.1 .....	4
B.2 Sektion - X.2 och Y.2 .....	6
B.3 Sektion - X.3 och Y.3 .....	8
B.4 Sektion - X.4 och Y.4 .....	10
C.1 Diskussion och reflektion över resultat .....	11

## A.1 Frågeställning

### -Vilken bottenplatta är bäst?

Bottenplattorna 2 och 3 gav upphov till de bästa modellkombinationerna. Flera av värdena var såpass multifaceterat intressanta att det inte gick att kora en solklar vinnare utifrån uträkningarna i Bilaga-A.

Inom resultaten för Kolkvot, förnyelsebarhet, U-Värde samt återvinningsbarhet så var det i synnerhet modellkombinationerna som innefattade bottenplatta 1.2 samt 1.3 som stod ut. De var skillnaderna bakom de 2 bästa modellkombinationerna.

Dessa modellkombinationerna var lika, men inte identiska. De presterade om varandra på olika fält. För att utse vinnaren så tog jag i denna bilaga de två bästa modellkombinationernas bottenplattor genom en analys för att se vilken som presterade bäst utifrån dess genomsnittliga värmetröghet. Ville förstå vilken som läckte minst värme ut ur byggnaden, samt hur den läcktes.

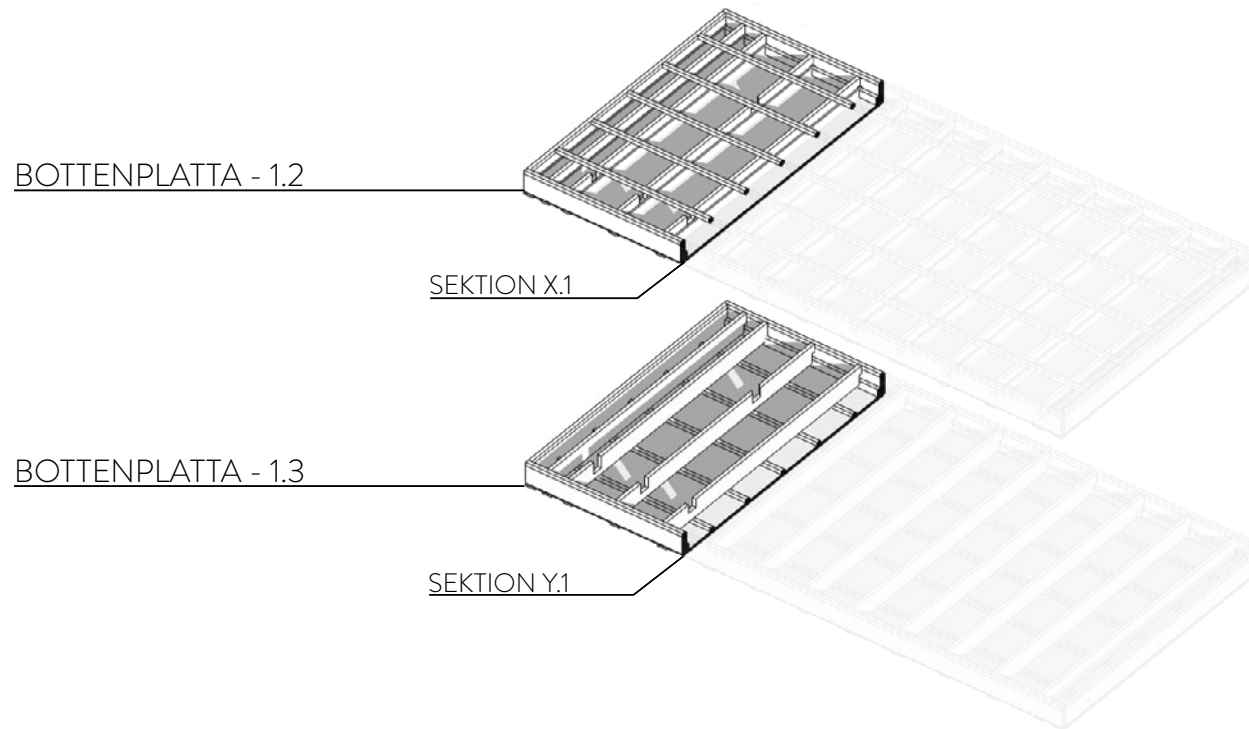
För att fullfölja detta experiment så var frågeställningen tvungen att bli som texten ovan. För att utföra detta experiment så måste jag titta på dels hur temperaturen vandrar inom materialen som utgör bottenplattan (detta för att undvika drastiska temperaturvariationer som kan orsaka kondens och senare mögel), dels undersöka hur djupt

temperaturen vandrar genom respektive bottenplatta (detta för att se om det finns tydligt värmeläckage som påverkar driftskostnaden av för uppvärmning på ett sätt som ej går att avgöra enbart från beaktning av bottenplattan). Detta experimentets temperaturförhållanden simulerar en tänkt extrem vad gäller Svenskt klimat med  $-20^{\circ}\text{C}$  utomhus samt  $+20^{\circ}\text{C}$  inomhus, ett jämförelsevis enormt

spann inom världen av köldbryggeanalyser. På följande sidor så har 8st sektionssnitt dragits på 4st strategiskt utvalda ställen i bottenplattorna, dels för att se svagheter, men även för att identifiera positiv potential. De starka ställena var bitarna där det fanns mest isolering, de svagare var områdena där träet med sitt högre lambdavärde var mer genomgående i konstruktionen.

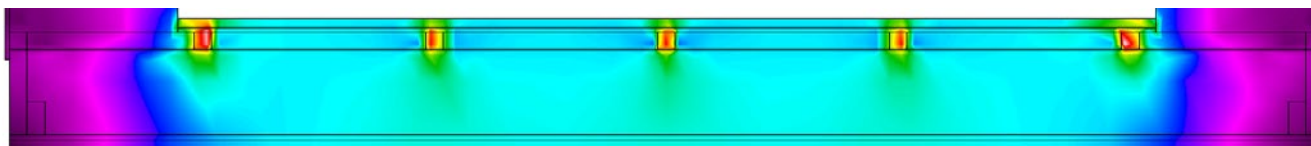
- *Vilken bottenplatta presterar bäst utifrån perspektivet av köldbryggor och reducerad temperaturvandring?*

**B.1 SNITT FÖR ANALYS AV KÖLDBRYGGOR OCH TEMPERATURVANDRING 1:20**  
**-Hur är snitten dragna?**

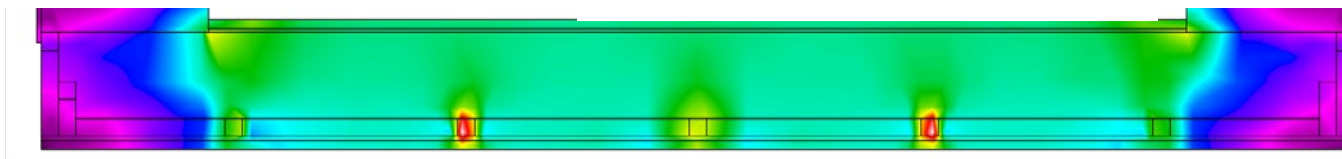


**-Sektion X.1 & Y.1 visandes köldbryggor**

X.1

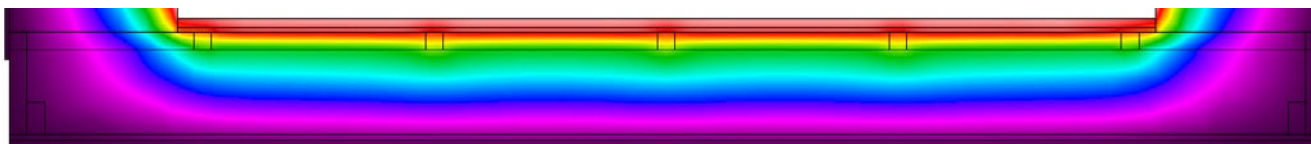


Y.1

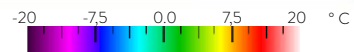
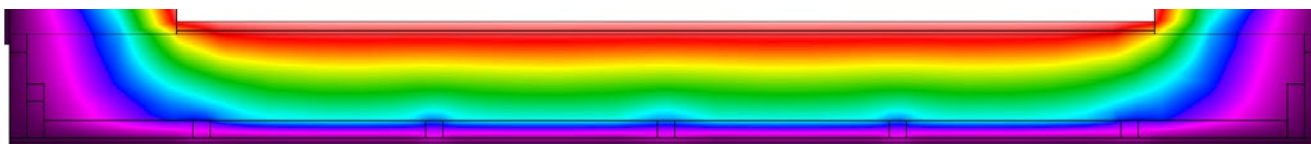


**-Sektion X.1 & Y.1 visandes temperaturvandring**

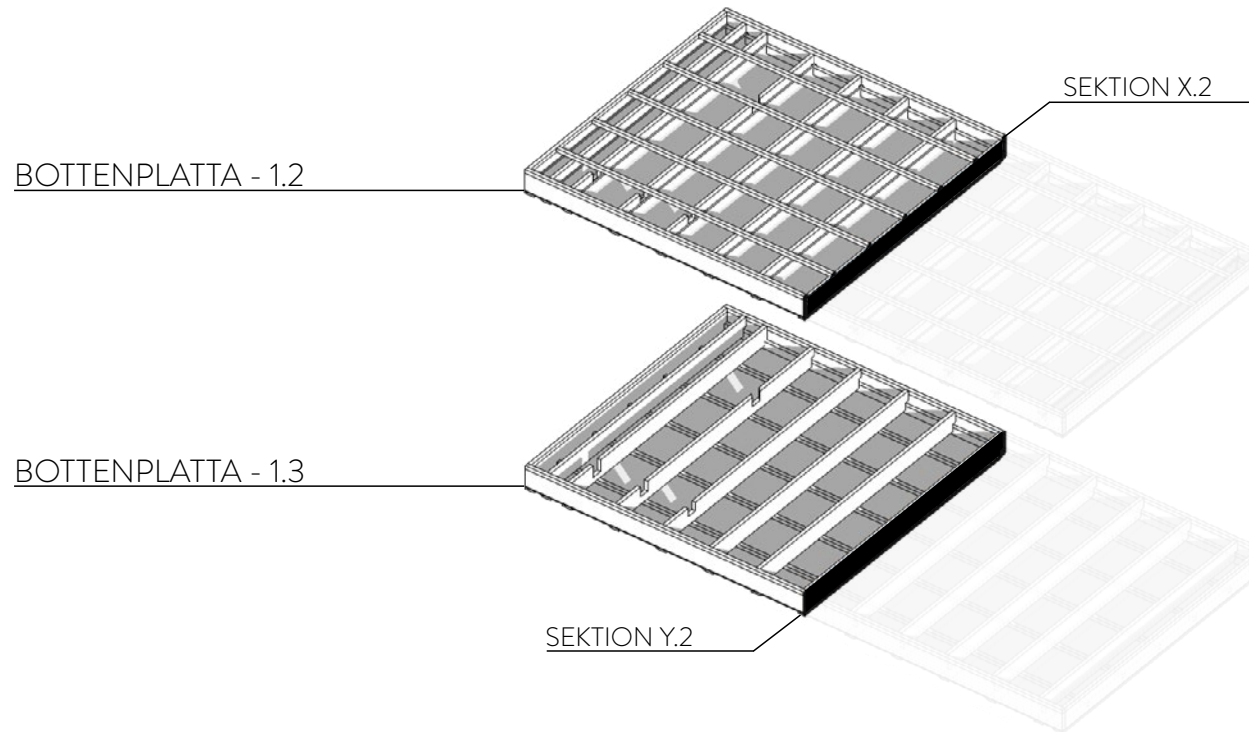
X.1



Y.1

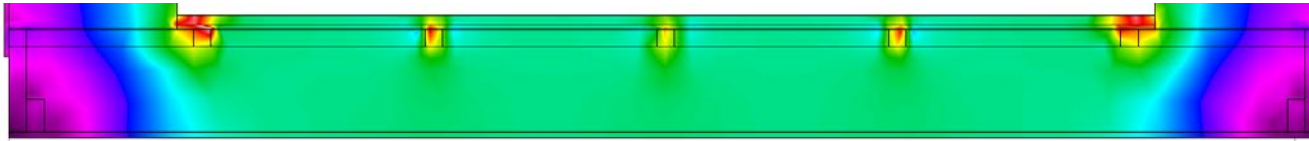


**B.2 SNITT FÖR ANALYS AV KÖLDBRYGGOR OCH TEMPERATURVANDRING 1:20**  
**-Hur är snitten dragna?**

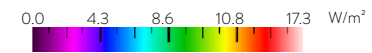
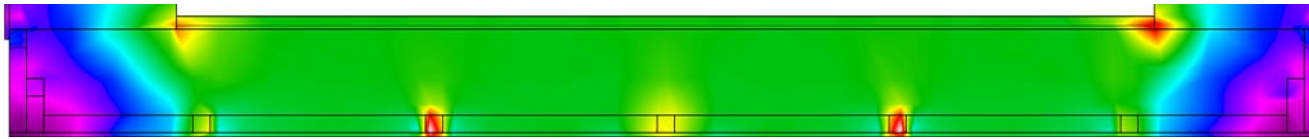


**-Sektion X.2 & Y.2 visandes köldbrygga**

X.2

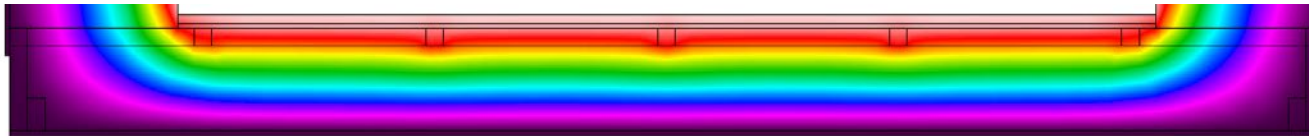


Y.2



**-Sektion X.2 & Y.2 visandes temperaturvandring**

X.2

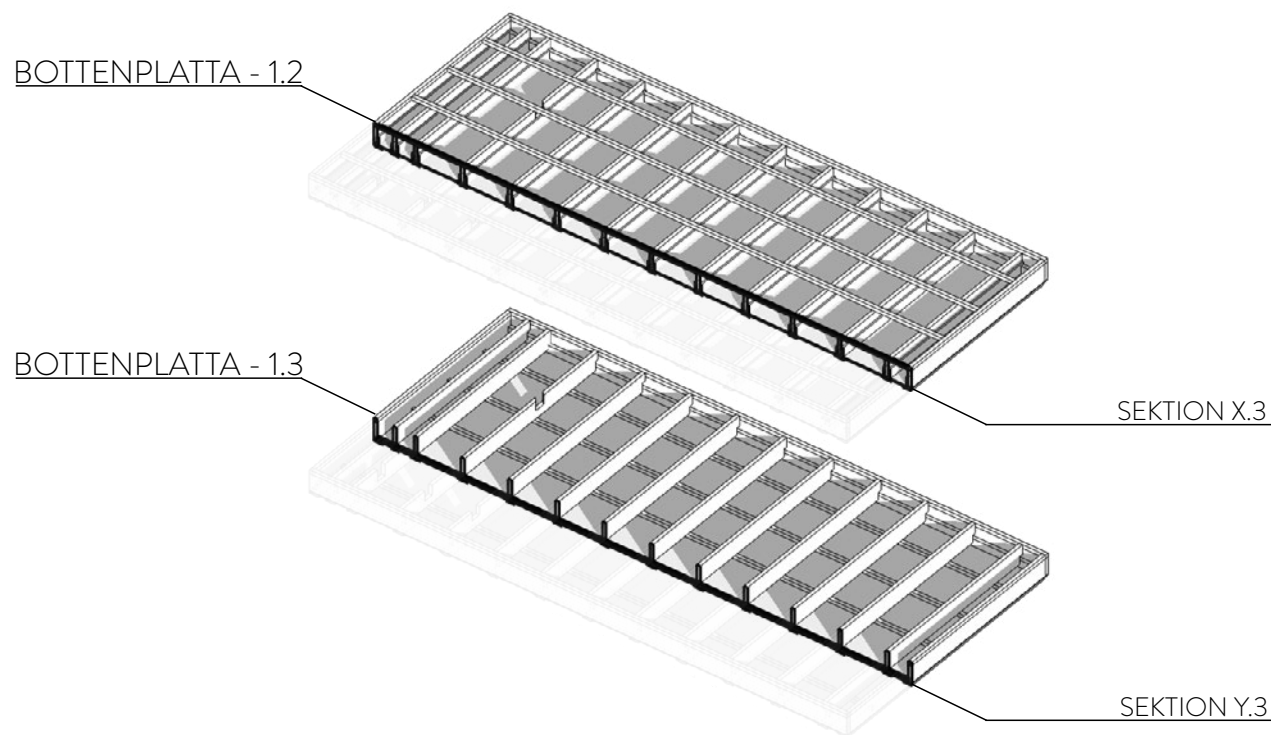


Y.2



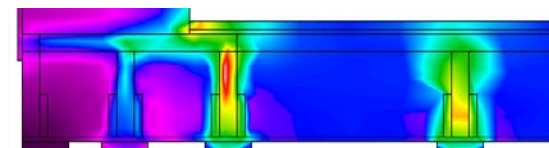


**B.3 SNITT FÖR ANALYS AV KÖLDBRYGGOR OCH TEMPERATURVANDRING 1:20**  
**-Hur är snitten dragna?**

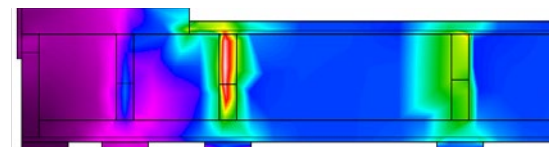


**-Sektion X.3 & Y.3 visandes köldbryggor**

X.3

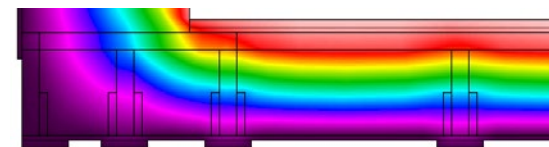


Y.3

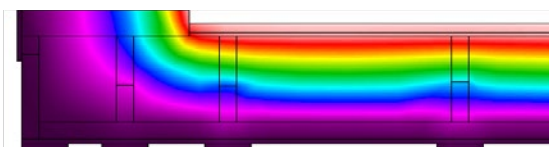


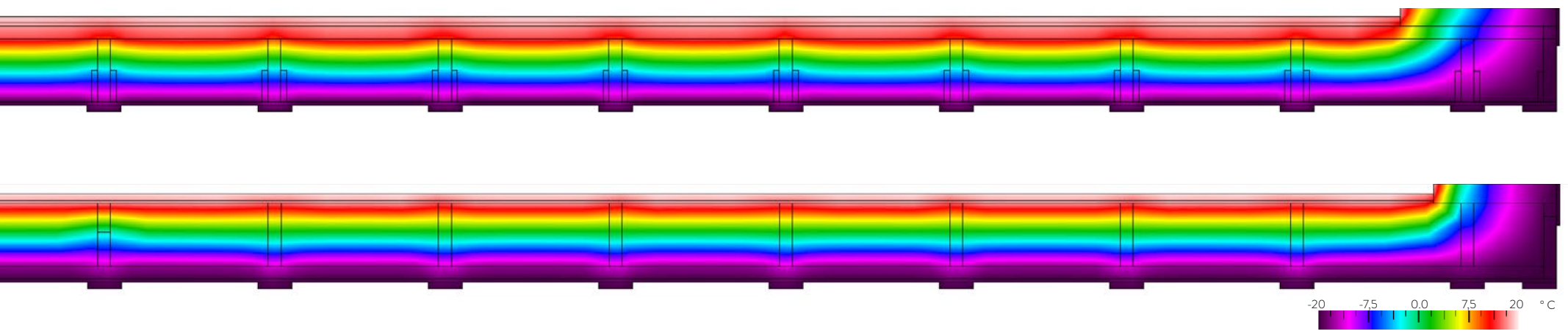
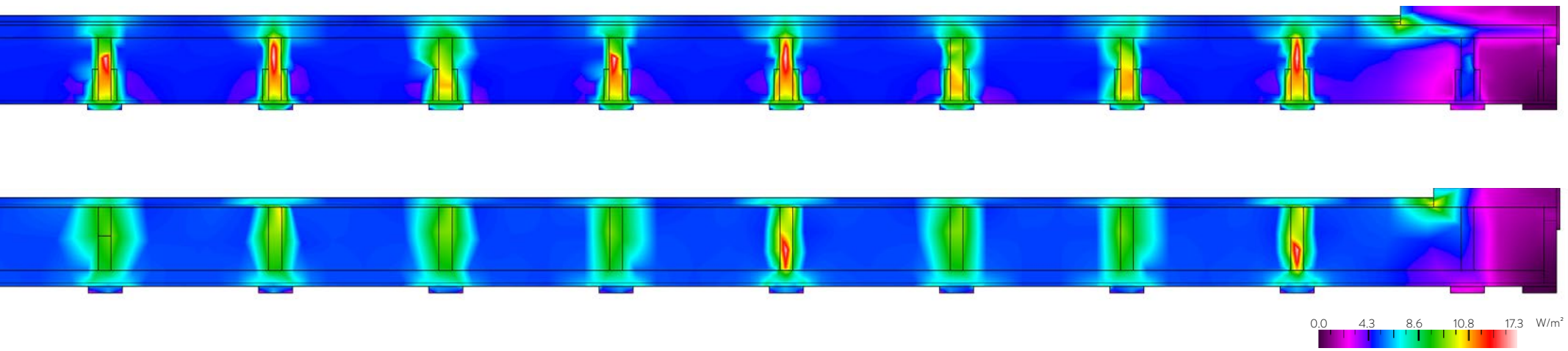
**-Sektion X.3 & Y.3 visandes temperaturvandring**

X.3

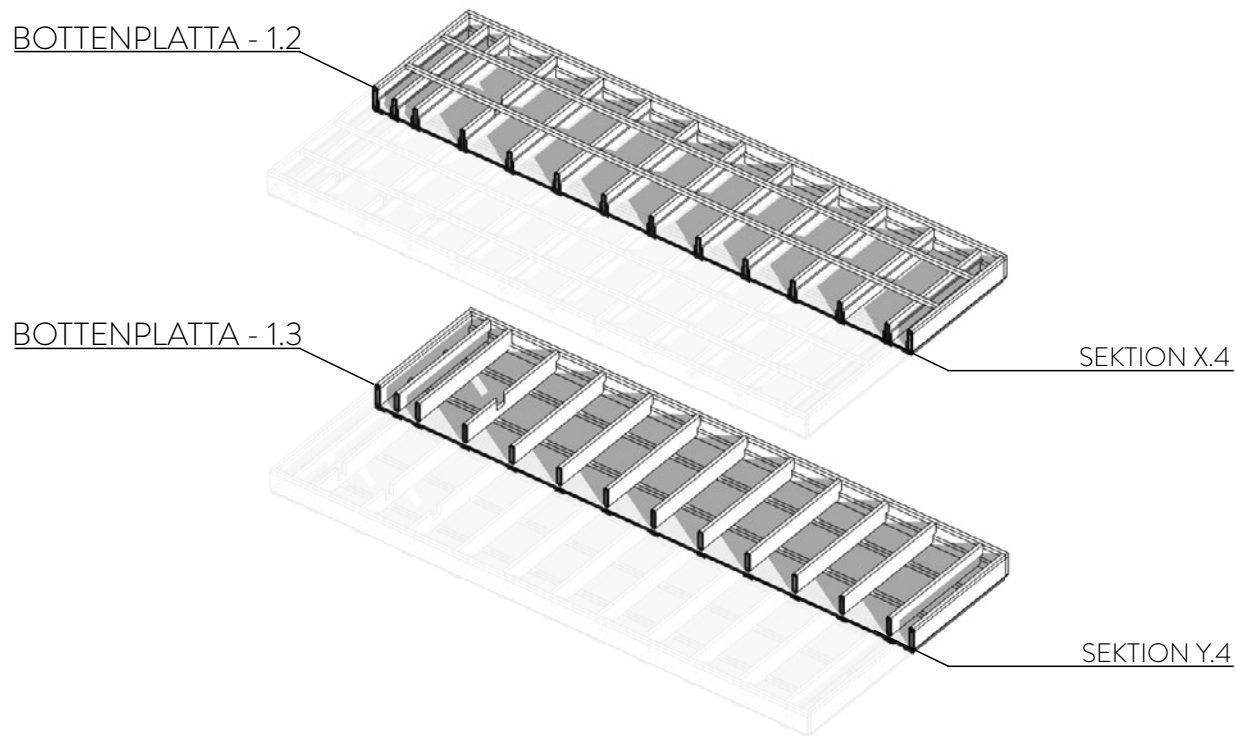


Y.3



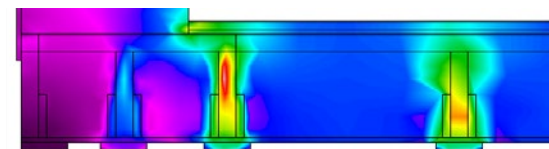


**B.4 SNITT FÖR ANALYS AV KÖLDBRYGGOR OCH TEMPERATURVANDRING 1:20**  
**-Hur är snitten dragna?**

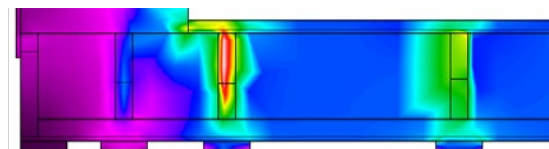


**-Sektion X.4 & Y.4 visades köldbryggor**

X.4

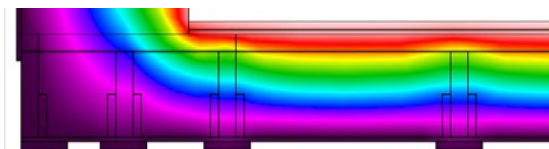


Y.4

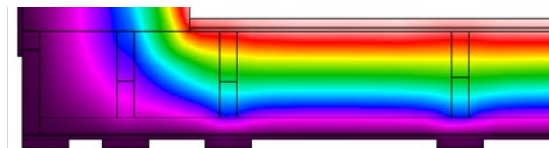


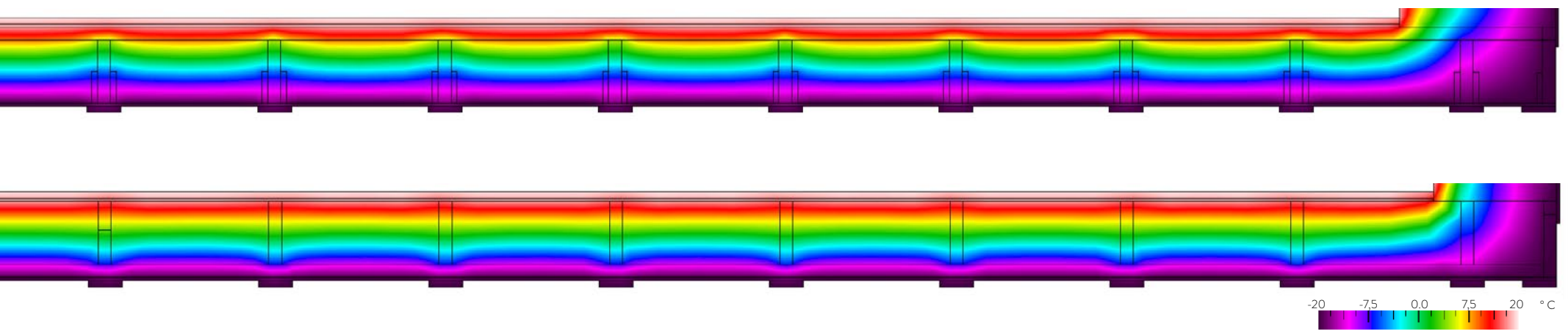
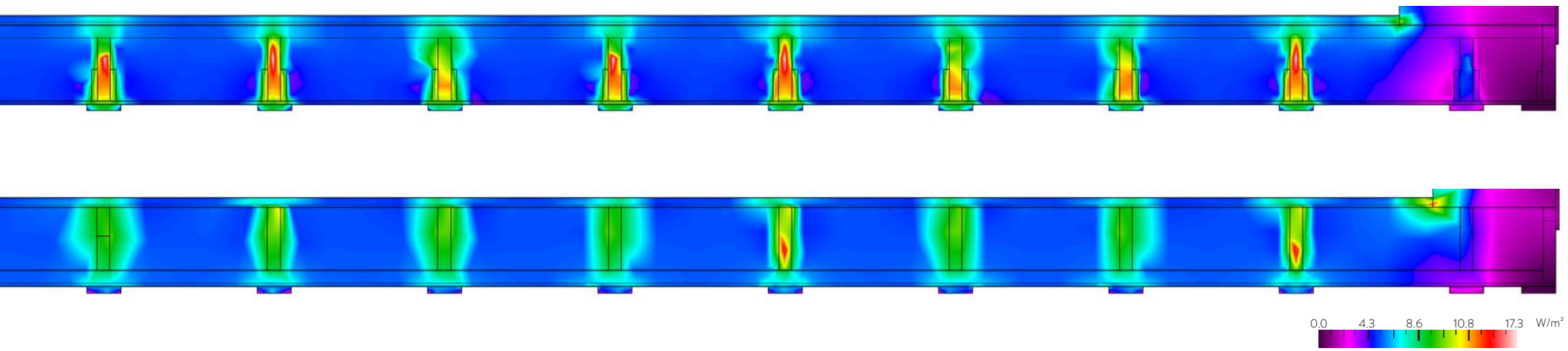
**-Sektion X.4 & Y.4 visades temperaturvandring**

X.4



Y.4





## C.1 DISKUSSION OCH REFLEKTION ÖVER RESULTAT

### *Väntat resultat*

Som väntat så påvisade båda bottenplattorna i samtliga snitt en tydlig tendens för att områdena med mer isolermaterial hade högre värmetröghet och därmed mindre köldbryggor och värmeläckage än områdena där sträckan från utsida till insida utgjordes mer av bärande bjälklag.

### *Oväntat resultat*

Att potentialen för termisk värmebrygga (köldbrygga) kunde vara såpass stor bottenplattorna emellan. Det är särskilt tydligt hur dom skiljer sig åt om vi ser till snitten:

- X1/Y1 på s.5,
- X3/Y3 på s.8
- X4/Y4 på s10.

Något annat som var förvånande var att simuleringarna för att se köldbryggorna gav upphov till asymmetriska resultat. Alltså resultat som hade oväntade variationer för vart värmen skulle få för sig att vandra. Till exempel i köldbryggeanalysen i sektionssnitt Y4 (och

alla de andra långa snitten) så vandrar värmen och skapar köldbryggor i snäppet högre grad genom vissa träelement än andra. Detta har troligtvis att göra med luftens skiftande riktning mot golv i simuleringarna samt att en viss asymmetri vad gäller bärande bjälklag, se t.ex. att det finns ett extra stödbjälklag till vänster i långsnitten. Bjälksättningen ser ut så i denna del av konstruktionen då utrymme för rör har gjorts. Extra strukturellt stöd krävdes då.

### *Vinnaren*

Ser man till kondenspotentialen så vinner **bottenplatta nummer 2**. Kondens bildas där temperaturen på kort sträcka fluktuerar dramatiskt. I samtliga sektionssnit (i synnerhet X1/Y1 på sida 5) så är det via diagrammen för temperaturvandring tydligt att bottenplatta-2 släpper in kylan måttligt djupare i konstruktionen, medan bottenplatta 3 mer tvärt stoppar kylans förekomst vid skalet. Bottenplatta 2 är därmed säkrast ur synpunkten för fuktbildning, mögel och röta. Bottenplatta 2 läcker även mindre värme ut i byggnadsskalet.

