

# Användning av trä i flervåningshus med betongstomme

William Slotte

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2022

## EXAMENSARBETE

Författare: William Slotte  
Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, Vasa  
Inriktning: Byggnadsproduktion  
Handledare: Kimmo Koivisto (Novia)  
Jaakko Ojala (YIT Suomi Oyj)

Titel: Användning av trä i flervåningshus med betongstomme

---

Datum: 30.5.2022

Sidantal: 41

Bilagor: 12

---

### Abstrakt

Detta examensarbete behandlar användningen av trä i ett flervåningshus med betongstomme. I dagens läge lägger man vikt på att använda trä i byggnader på grund av dess miljövänlighet och tillgänglighet i Finland för tillfället. Betong är ändå ett billigt byggnadsmaterial och har använts länge i finska byggnadsbranschen vilket innebär att kunskaperna är mycket mera omfattande inom betongbyggnad än inom träbyggnad.

Syftet med examensarbetet var att redovisa och jämföra en höghusbyggnad som är planerad till största delen av betong och där man sedan byter ut de icke-bärande betongkonstruktionerna till trä på ett eller annat sätt för att jämföra utförande. Jämförelserna gjordes med en inriktning på koldioxidutsläpp under byggnadens och byggnadsmaterialens livslängd, en utförandetidtabell samt en kostnadsjämförelse mellan betong och trä som byggnadsmaterial.

Den teoretiska delen behandlar trä och betong som byggnadsmaterial och även materialens miljöpåverkan samt metoder för att förbättra koldioxidutsläppen för materialen. Det tas även upp om materialens fuktegenskaper på byggarbetsplats, behov av väderskydd på byggnaden, användning av tid på byggarbetsplats och ekonomiska aspekter.

Utförande av undersökningen resulterade i fördel för träanvändningen i jämförelse med betong med dagens räknemetoder och standarder. Det diskuteras även i arbetet om varför man inte skall ignorera betong som koldioxidneutralt byggnadsmaterial fastän undersökningen resulterade i trämateriallets fördel.

---

Språk: svenska

Nyckelord: trä, betong, koldioxidavtryck, tidtabellsjämförelse, kostnadsjämförelse

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	William Slotte
Koulutus ja paikkakunta:	Rakennustekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Rakennustuotanto
Ohjaajat:	Kimmo Koivisto (Novia) Jaakko Ojala (YIT Suomi Oyj)

Nimike: Puun käyttö betonirunkoisessa kerrostalossa

---

Päivämäärä: 30.5.2022

Sivumäärä: 41

Liitteet: 12

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee puun käyttöä monikerroksisessa rakennuksessa, jossa on betonirunko. Puun käytön merkitys rakennuksissa korostuu sen ympäristöystävällisyyden ja saavutettavuuden vuoksi Suomessa tällä hetkellä. Betoni on kuitenkin halpa rakennusmateriaali ja sitä on käytetty pitkään rakennusalalla Suomessa, mikä tarkoittaa, että on paljon laajempaa tietoa betonirakentamisesta kuin puurakentamisesta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli esitellä betonikerrostaloa rakenteineen ja vertailla kuormittamattomat betonirakenteet puulla tavalla tai toisella. Vertailuissa keskityttiin rakennuksen ja rakennusmateriaalien elinkaarenaikaisiin hiilidioksidipäästöihin, toteutusaikatauluun rakennusvaiheessa sekä betonin ja puun kustannusvertailuun rakennusmateriaaleina.

Teoreettinen osa käsittelee puuta ja betonia rakennusmateriaaleina, materiaalien ympäristövaikutuksia sekä menetelmiä materiaalien hiilidioksidipäästöjen parantamiseksi. Opinnäytetyö käsittelee myös rakennustyömaan materiaalien kosteusominaisuuksia, rakennuksen sääsuojauksen tarpeita, ajankäyttöä rakennustyömaalla ja taloudellisia näkökohtia.

Tutkimuksen tulokset johtivat siihen, että nykyisillä laskentamenetelmillä ja -standardeilla puu on kannattavampi kuin betoni tässä vertailussa. Työssä käsitellään myös sitä, miksi betonia ei pidä sivuuttaa hiilineutraalina rakennusmateriaalina, vaikka tulokset olivat puun käyttämisen puolesta.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: puu, betoni, hiilijalanjälki, aikataulun vertailu, kustannusvertailu

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: William Slotte  
Degree Programme: Construction Engineering, Vaasa  
Specialisation: Building Production  
Supervisors: Kimmo Koivisto (Novia)  
Jaakko Ojala (YIT Suomi Oyj)

Title: The use of Wood in a Multi-Story Building with a Concrete Core

---

Date: 30.5.2022

Number of pages: 41

Appendices: 12

---

### **Abstract**

This thesis deals with use of wood in a multi-story building with a concrete core. The importance of using wood in buildings is emphasized because of its environmental friendliness and accessibility in Finland at the moment. However, concrete is a cheap building material and has been used for a long time in the Finnish construction industry, which means that the knowledge is much more extensive in concrete construction than in wood construction.

The purpose of the thesis was to present and compare a high-rise building that is planned for the most part from concrete and where there are non-load-bearing concrete structures they are replaced with wood in one way or another to compare the different executions. The comparisons were made with a focus on carbon dioxide emissions over the lifetime of the building and building materials, an execution timetable during the construction phase and a cost comparison between concrete and wood as building materials.

The theoretical part deals with wood and concrete as building materials and the environmental impact of the materials as well as methods for improving the carbon dioxide emissions of the materials. Furthermore, the moisture properties of the materials on the construction site, the need for weather protection on the building, the use of time on the construction site, and economical aspects are also discussed.

Conducting the survey resulted in the advantage of the use of wood instead of concrete with today's counting methods and standards. There is also discussion included in the work about why concrete should not be ignored as a carbon-neutral building material even though the study resulted in the wood material's advantage.

---

Language: Swedish

Key words: wood, concrete, carbon footprint, timetable comparison, comparison of expenses

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Bakgrund.....	2
1.4	Avgränsning.....	3
2	Trä och betong som byggnadsmaterial.....	3
2.1	Trä.....	3
2.2	Betong.....	5
2.2.1	Betongelement.....	5
2.3	Utbyte av betong till trä.....	6
3	Miljöpåverkan.....	8
3.1.1	Livscykelanalys (LCA).....	8
3.1.2	Koldioxidavtryck.....	9
3.1.3	Koldioxidhandavtryck.....	9
3.1.4	Betong.....	10
3.1.5	Trä.....	10
3.2	Jämförelsestudie av betong, trä och CLT.....	11
4	Omständighetsförhållanden (Olosuhdehallinta).....	13
4.1	Trä.....	13
4.2	Betong.....	14
4.3	Väderskydd.....	15
5	Tidsanvändning.....	16
5.1	Beräkningsmetod.....	16
6	Ekonomi.....	17
7	Jämförelseberäkningar.....	19
7.1	Koldioxidutsläpp.....	19
7.2	Tidtabell.....	23
7.3	Kostnader.....	25
8	Resultat.....	27
8.1	Koldioxidutsläpp.....	27
8.2	Tidtabell.....	29
8.3	Kostnader.....	30
9	Diskussion.....	33
9.1	Resultatdiskussion.....	35
9.2	Utvecklingsmöjligheter.....	36
10	Avslutning.....	37

## **Bilageförteckning:**

Bilaga 1: Situationsplan för Berggatan 22

Bilaga 2: Fasadritningar för hus C på Berggatan 22

Bilaga 3: Planritningar för våning 5 i hus C på Berggatan 22

Bilaga 4: Resultat från beräkning av koldioxidutsläpp i träexemplet

Bilaga 5: Resultat från beräkning av koldioxidutsläpp i betongexemplet

Bilaga 6: Huvudtidtabell för betongexempel

Bilaga 7: Huvudtidtabell för träexempel

Bilaga 8: Mängdberäkning av persontimmar för betongexemplet

Bilaga 9: Mängdberäkning av persontimmar för träexemplet

Bilaga 10: Tidsåtgång för de olika byggnadsskeden i betongexemplet

Bilaga 11: Tidsåtgång för de olika byggnadsskeden i träexemplet

Bilaga 12: Kostnads kalkylering för alla utföranden

# 1 Inledning

Att bygga billigt, snabbt och i hög kvalitet har alltid varit viktigt på byggnadsbranschen och på senaste tiden har det börjat läggas mera vikt på uppföljning och minskande av koldioxidavtryck som byggnader skapar. I samband med att man bygger mera koldioxidneutralt så kan kostnaderna öka.

Trämateriel har varit ett bra alternativ till mera koldioxidneutralt byggande, men under de senaste åren har byggnadsmaterialpriserna skjutit i höjden och framför allt virke. Utöver att material kostar mera så har fabriker långa tillverknings köer på till exempel betongelement. I och med en högre eftertrakt så stiger också tillverkningspriserna och långa köer vid elementfabriker resulterar i att projekt kan skjutas upp och bli försenade.

Vid träbyggnad finns det mera omfattande normer och standarder i jämförelse med till exempel betong vilket dröjer på planeringen. Dessa normer och standarder uppdateras med jämna mellanrum så det gäller att hålla sig uppdaterad, för att veta vad som gäller så man inte planerar eller bygger någonting som inte uppfyller kraven.

I skrivande stund har påverkan av Rysslands invasion i Ukraina gjort att bostadsmarknaden stannat upp, inflationen ökat, produkt- och energipriser stiger och materialimport från öst stannat av. Detta på grund av de sanktioner som införs mot Ryssland vilket innebär avbrytandet av affärer och materialhandel från öst. Det är även väntat att räntorna kommer att stiga och brist på vissa material kommer att förekomma. (Luukkonen, 2022).

## 1.1 Uppdragsgivare

Detta examensarbete är gjort på uppdrag av YIT Suomi Oyj och kommer tillämpas på ett av deras flervåningshus som är i planeringsskedet. I planering är tre våningshus med fem våningar var på samma tomt i Vöråstan, Vasa. Första våningshuset kommer att byggas till stor del med betong och betongelement.

## 1.2 Syfte

De flesta höghusen i Finland byggs av betong på grund av den rika erfarenheten som finns i planeringen och byggandet med betong. Detta gör att betongbyggnader är lättare att hanteras med i ett helhetsutförande i jämförelse med trä.

På senaste åren har användningen av trä i byggnadsbranschen lyfts fram som en metod att bygga mera miljövänligt och koldioxidsnålt då Finland strävar till att vara koldioxidneutrala år 2035.

Syftet med detta examensarbete var att redovisa möjligheterna för både betong och trä samt att jämföra vilket material som är mera lönsamt att använda i icke-bärande konstruktioner på ett flervåningshus med betong som bärande stomme. Jämförelsen skulle inrikta sig på koldioxidavtryck, tidtabell i byggnadsskedet och materialkostnader. Målsättningen är att få ett mindre koldioxidavtryck på byggnaden utan att kvaliteten lider och att priset skulle hållas på samma nivå.

I och med anskaffningssvårigheter på betongelement och mera uppföljning av koldioxidavtryck på byggnader, ansåg YIT behov av att forska i möjligheterna att bygga en del av byggnaden på plats av trä i stället för betong. Att bygga delar av byggnaden på plats i trä så innebär det att projektet inte är lika beroende av elementfabriker.

## 1.3 Bakgrund

I planering är som tidigare nämnt tre våningshus med fem våningar per hus i Vöråstan, Vasa. Höghusen kommer byggas vartefter så alla hus följer inte samma tidtabell utan de kommer att byggas i ordningen hus C, hus B och hus A till sist. På tomten kommer det även en parkeringskällare och parkeringsplatser på gårdsplanen. I bilaga 1 finns situationsplan, bilaga 2 finns ritningar på fasaden och i bilaga 3 finns en planritning som är samma för alla våningar.

I detta examensarbete används hus C som exempel att räkna på eftersom det byggs först och planeringen är längst framskriden. Hus C har ett utdrag på konstruktionsritningar och det är planerat att bygga ytterväggarna med betongelement. Konstruktionsritningarna för träjämförelsen tas från ett tidigare projekt utfört av YIT.

## 1.4 Avgränsning

Att använda trä i ett flervåningshus med betongstomme kan tillämpas på flera sätt men detta examensarbete kommer fokusera sig på att jämföra samma objekt där de icke bärande ytterväggsbetongelementen byts till träregelstomme, balkongerna byts från betongelement till trärelement och lätta mellanväggarna från stålregelstomme till limträregelstomme.

Brand och akustik brukar vara centrala begrepp inom byggnad men i detta arbete kommer det inte behandlas då färdigt planerade ritningar redan finns för alla jämförande konstruktioner. Det finns även många sätt man kunde jämföra materialen med varandra men jag kommer att fokusera praktiska delen på att jämföra koldioxidutsläpp, byggnadstidtabeller och resursering samt materialkostnader.

## 2 Trä och betong som byggnadsmaterial

I teoridelen av detta arbete behandlas det om trä och betong som material och även om båda materialens användningsområden, fuktegenskaper, miljöpåverkan, kostnader, erfarenheter och arbets säkerhet.

Att använda trä och betong i samma byggnad medför sig både positiva och negativa egenskaper. En positiv sak är att användningen av trä i byggnader minskar aningen på koldioxidutsläppen och binder mera koldioxid i materialet i jämförelse med betong.

En negativ aspekt är att betong är fukttåligt medan trä inte alls är det. Detta innebär då betongkonstruktioner torkar så avdunstar fukten till omgivningen och ifall träkonstruktioner finns i närheten, så har de en tendens att suga åt sig fuktigheten från omgivningen som kan orsaka mikrobskador på trä materialet. Detta kräver en skild plan för fukthanteringen på byggarbetsplatsen då anslutningar av trä med betong kan vara en riskkonstruktion. (Salmi & Partners Ab, 2021).

### 2.1 Trä

Trä är ett material som används mycket i byggnadsbranschen och har bra byggnadstekniska egenskaper. Mångsidigheten med trä som byggnadsmaterial är det att man kan använda det i bärande konstruktioner och som färdig yta eftersom träytan är varm och behaglig.

(Siikanen, 2016) Trämateriel går att använda i så gott som alla ny- och reparationsbyggnader såsom flervåningshus, industrierhallar och silon. Vid användningen av trä finns det ett flertal sätt att tillämpa virke för bästa möjliga lösningen vid varje enskild konstruktion. (Puuinfo, 2020).

Användningen av trä i byggnader under flera århundraden baserar sig på de många goda egenskaper som trä har. Några av dessa goda egenskaper är att trä är ett relativt lätt material i förhållande till hållfastheten, det är lätt att ansluta trämaterial med varandra, trämaterial kan formas till mera komplext formade konstruktioner i jämförelse med andra material och trämaterialens lätta tillgänglighet. (Siikanen, 2016).

Trä är ett material som är lättillgängligt i Finland för att det växer 30 miljoner kubikmeter mer träd än det används, därav har det en bra, stark samt effektiv logistik- och leveranskedja. Andra fördelar som påpekas är möjligheterna att prefabricera olika träkonstruktioner som gynnar tidtabellen på byggarbetsplatsen, men vid beaktan av långa köer vid prefabrikations fabriker då efterfrågan är stor så är fördelarna inte aktuella. (Nykänen, 2017).

Andra fördelar som man kan ta nytta av i byggandet är att träanvändningen anses som torrt byggande vilket minskar behovet av att torka konstruktioner i byggnadsskedet och kan snabbare täckas med andra material, och konstruktioner kan snabbare färdigställas. (Nykänen, 2017).

Fastän det finns goda egenskaper så finns det även sämre egenskaper som sätter utmaningar och extra krav för konstruktörer samt användaren och några av dem är att trä sväller när det är fuktigt och krymper när det blir torrt, brinner bra då eldsvåda uppstår och att trä ruttnar snabbt då omständigheterna tillåter det. I Finland sätts det begränsningar på främst flervåningshus av trä men även på träkonstruktioner med synligt trä på grund av brandbestämmelser. (Siikanen, 2016).

Våningshus av trä måste helt och hållet skyddas med sprinklers och stor del av träytorna på insidan måste täckas med till exempel gipsskivor för att uppfylla brand kraven, vilket resulterar i att högst 20 procent av träytorna får lämnas synliga. (Aatsalo, 2022).

## 2.2 Betong

Betong är världens mest använda byggnadsmaterial. Årligen produceras runt 13 miljarder kubik världen över. Betongen används väldigt mångsidigt i sådant som husbyggnad, infrabyggnad och omgivningsbyggnad. Betongens popularitet grundar sig på hållfastheten, styvheten, fukttåligheten, säkerheten och dess förmånlighet. Betong används främst där det behövs stora, stabila och säkra konstruktioner. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018).

Några mindre positiva egenskaper om betong är dess egenvikt som är runtom  $2400 \text{ kg/m}^3$  (varierar beroende på blandningen) (Mybe, 2022) vilket gör konstruktionerna väldigt tunga i jämförelse med trä som väger mellan  $300 - 740 \text{ kg/m}^3$ , beroende på vilket träslag och fukthalten i virket. (Puuinfo, 2020). Utöver betongens höga vikt så har den även nästintill inte någon draghållfasthet vilket innebär att man måste armera betongkonstruktionerna med armeringsstål som utsätts för dragbelastningar.

### 2.2.1 Betongelement

Betongelementkonstruktioner är mest allmänna metoden att bygga flervåningshus i Finland. Största delen av flervåningshusen i Finland har en fasad av prefabricerade betongelement. Förutom detta används prefabricerade element också i flervåningshusstommar och i flera olika infrastrukturer. Med prefabricerade betongelement strävar man främst efter snabbt och kostnadseffektivt genomförande. Ett betongelement anses som en vägg då den är mera än fyra gånger bredare än vad den är tjock, annars anser man det som en pelare. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019).

Byggnaders ytterskal delas in i ytterväggar och fasader. Med yttervägg menar man byggnadens tekniska yttre skal och med fasad menar man byggnadens estetiska och funktionella aspekter. Ytterväggar är antingen sandwichelement, isolerade konstruktioner eller kombinationskonstruktioner. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019).

Monteringen av betongelement anses som ett arbetsskede med stora risker vilket kräver en skild plan över utförandet. På grund av detta har det framställts *statsrådets förordning om säkerheten vid byggarbeten* 26.3.2009/205 Kap 8 Arbets säkerheten vid elementbyggande, som redovisar för säkert arbetande vid elementmontering. (Statsrådets förordning om säkerheten vid byggarbeten 205/2009).

Enligt den nya ändringen i lagstiftningen som gjordes 21.11.2019 är Statsrådets förordning om säker användning och besiktning av arbetsutrustning 403/2008 14 a §, så krävs det från och med 1.3.2020 ett skriftligt lov av arbetsgivaren åt arbetstagaren som skall utföra infästning av material i lyftkranen som används vid montering av byggnaden och dess byggnadsdelar. Arbetsgivaren skall försäkra sig att arbetstagaren har tillräcklig med kunskap och utbildning för att utföra infästningar av material vid arbetskedan på ett säkert sätt innan denne ger skriftligt lov åt arbetstagaren. (Työsuojeluhallinto, 2020).

Arbetstagaren skall försäkra sig att det som skall lyftas är korrekt infäst till lyftkranen och att alla lyftanordningar är hela samt att de används på rätt och säkert sätt. Arbetstagaren skall även veta när lyftanordningar inte går att använda längre och avlägsna dessa icke funktionella anordningar från byggarbetsplatsen. (Työsuojeluhallinto, 2020).

På 1970-talet skedde det i snitt en dödsolycka per vecka på byggarbetsplatser i Finland och år 2020 skedde det sju dödsolyckor på hela året. Olyckor sker än idag men en märkbar minskning av dödsfall har skett vilket är positivt och bevisar att alla tagna åtgärder fungerat. På senaste tio åren har medlemsföretagen i Rakennusteollisuus lyckades halvera deras arbetsplatsolyckor. (YIT, 2021).

Arbets säkerheten på byggarbetsplatser har på senaste åren blivit allt viktigare och tas mycket mera på allvar i jämförelse med början på 2000-talet.

### 2.3 Utbyte av betong till trä

Det finns många användningsområden av trä i flervåningshus i både bärande och icke-bärande konstruktioner. I detta fall kommer jag redovisa kort om användningsområden av trä i flervåningshus som har en bärande stomme av betong.

Flervåningshuset som detta arbete tillämpar sig på har planerats att byggas med betongelement i ytterväggarna men det går lätt att byta bort de icke bärande betongelementen till en platsbyggd regelstomme. Detta skulle innebära ordentligt väderskydd då regelstommen monteras men det skulle vara till fördel för hela byggnaden att vara skyddad med tanke på fuktsäkerheten under byggnadsskedet.

Ett annat sätt att använda sig av trä är att byta ut betongelements balkonger till träelement. Till detta finns en speciell tillverkare vid namnet Woodia som gör balkongelement till både

trä- och betonghus som de garanterar att är snabba att installera, planeringseffektiva, ett ekologiskt val, en femte del av betongelementens vikt och hållbara genom hela byggnadens livstid. (Woodia, 2022)

Om ett flervåningshus skall byggas med bärande trästomme så är korslimmat trä (CLT) den bästa lösningen. Korslimmat trä är skivor, väggar, plattor, pelare och balkar som är uppbyggda av limmade, korsvislagda brädor eller plankor i flera lager och sedan formade enligt elementbehoven. Det lämpar sig för att användas som stommaterial i både ytter- och mellanväggar samt mellanbjälklag och tak. CLT-element kan användas och byggas med på många ställen såsom vånings-, rad- och egnahemshus samt fritidsbostäder. (Siikanen, 2016, s. 105).

Husets bärande stomme är av betong vilket betyder att lägenhetsavskiljande väggarna är den bärande stommen, men det går även att göra lägenhetsavskiljande väggarna med en dubbel träregelstomme. Detta skulle innebära att man måste bygga huset med en betongkärna och betong i ytterväggarna, så att mellanbjälklaget kan stödas upp av dessa bärande betongkonstruktioner då dubbelregelstommen inte skulle ha en tillräcklig bärförmåga.

Lägenheters lätta mellanväggar brukar byggas med stålreglar samt gips eller mera ovanligt att mura av lättgrusblock eller kalksandsten, men det är mera ineffektivt i jämförelse med regelstomme. I stället för stålreglar kan man använda sig av träreglar som brukar vara av faner. Materialet som man använder i de lätta mellanväggarna går enligt vad behovet är för precis den byggnaden i fråga.

### 3 Miljöpåverkan

Finska regeringen har satt som mål att vara koldioxidneutralt före år 2035 och detta skulle innebära att Finland blir världens första fossilfria välfärdssamhälle. För att uppnå detta är det tänkt att el- och värmeproduktionen skall vara nästa utsläppsfri vid år 2030 samt minska klimatpåverkan som byggnadsbranschen har på miljön. Som tillägg till detta skall man även främja cirkulär ekonomi, klimatvänlig livsmedelspolitik och flytta tyngdpunkten av beskattningen till miljöolägenheter. (Miljöministeriet, 2021d).

Finland måste även minska på sina utsläpp inom byggnadssektorn för att uppfylla de givna nationella och internationella klimatmålen. Förutom utsläppen som sker vid energianvändningen av byggnaden så bör man även uppfölja utsläppen som sker under hela byggnadens livscykel. (Miljöministeriet, 2022e).

Miljöministeriets sammanställda krav på koldioxidsnålt byggande tas först i bruk i offentliga byggnadsentreprenader. Målet är att byggnaders koldioxidavtryck under byggnadens livscykel skall styras med lagstiftning vid mitten av 2020-talet. Som ett sista delmål skall denna lagstiftning innehålla krav på uppföljning av data av utsläppen som kommer från byggnadens alla skeden. (Miljöministeriet, 2017a).

Cirka 50 % av världens naturresurser och ungefär 40% av oförädlad energi används i byggnader samt byggande och byggnadssektorn genererar cirka 35% av växthusgasutsläpp och 30 % av avfallen globalt. I Finland står byggsektorn för ungefär en tredjedel av landets växthusgaser. (Miljöministeriet, 2021c).

#### 3.1.1 Livscykelanalys (LCA)

I livscykelanalysen beaktar man produktens hela livscykel från anskaffningen av råvaror till produktionen och tillverkning av energi och material till användning samt slutligen avveckling och bortskaffande av avfall. Genom att använda sådant här systematiskt synande kan man identifiera och även undvika potentiella miljöbelastningar som kan uppkomma i olika skeden av produktens livscykel. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2021).

Att återanvända byggnadsmaterial som nått slutet på sin tekniska livscykel är ett sätt att bygga betydligt miljövänligare. Ett exempel på detta är att använda betongkross från en

byggnad där betongens tekniska livscykel nått sitt slut. Detta betongkross kan användas som grund för vägar, men det vore ännu bättre om man fick det återanvänt som en råvara i ny betong till exempel i väggelement. Material som rivs och är tänkt att kastas så borde beaktas om det på något sätt går att använda igen, eftersom då besparar man på onödig avfallshantering eller transportkostnad och detta kan då beaktas i beräkningen av byggnadens klimatpåverkan. (Miljöministeriet, 2021c).

Rudus Oy har framställt en ny betongtyp som heter Uuma-betoni vilket står för uusiomateriaali. Denna betongtyp går att tillämpa på en normal betongtyp på så sätt att man byter ut 30 % av det grova sten mineralerna till krossad betong i samma kornstorlek från en riven byggnad. Rudus har kommit fram till att detta påverkar ingenting på betongens funktionalitet eller XC – exponeringsklass. I och med detta kan man delvis lösa problemet med användningen av betong från rivna konstruktioner på ett miljövänligt sätt och förlänga livslängden på en betong som annars skulle vara vid sitt slut. (Rudus Pro, 2021).

### 3.1.2 Koldioxidavtryck

Koldioxidavtryck är en allmän benämning på någon produkt eller tjänst som resulterar i växthusgasutsläpp i atmosfären på grund av dess tillverkning, användning och återvinning. (Fortum, 2020).

Information om byggnadsmaterial och produkter använt i byggnader är viktig och bör dokumenteras, samlas in, hanteras och fördelas under byggnadens hela livscykel. Informationen gör det möjligt att bedöma byggnadens koldioxidavtryck, handleder byggnadens användning, upprätthållande och underhållning samt möjliggör förutsättningar för att utnyttja material då byggnaden eller delar av den rivs. (Miljöministeriet, 2021c).

### 3.1.3 Koldioxidhandavtryck

Med koldioxidhandavtryck avses en produkt, ett tillvägagångssätt eller med hjälp av annan lösning att undvika koldioxidutsläpp genom att använda ett miljövänligare alternativ för att påverka positivt på koldioxidutsläppen och resultera i ett miljövänligare alternativ. I beräkningen av koldioxidhandavtryck så finns det ingen internationell standard eller

beräkningsmetod såsom man har med koldioxidfotavtryck. Allmänna koldioxidhandavtrycks metoder går heller inte att tillämpa direkt på byggnadsbranschen. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Koldioxidhandavtryck i byggandet innebär det som under byggnadens livscykel påverkar positivt på klimatet och minskar på koldioxidutsläppen som inte skulle skett om inte byggnaden existerade eller projektet utförts. (Gaia Consulting Oy, 2021).

#### 3.1.4 Betong

Betong har stor potential att vara koldioxidneutralt inom kommande åren. Största orsaken till att betong är en miljöbov är eftersom cementklinkers, som är ett viktigt bindningsmaterial i betongblandningen, måste värmas i en ugn på 1450°C för att få klinkermineraler och detta då kräver väldigt mycket energi. Av cementens hela koldioxidfotavtryck är uppvärmningen av cementklinkers 70 % ansvarig för koldioxidutsläppen. (Härkönen, 2020).

Som svar på att cement är en miljöbov har Finnsementti Oy utvecklat en cementtyp som de kallar för Kolmossementti och den har ett 40 % lägre koldioxidfotavtryck i jämförelse med vanlig portlandcement. Kolmossementti är en masugnscementslagg blandat med granulerad masugnsslugg. Denna cementtyp är klassificerad som CEM III/A 52,5 L, vilket möjliggör användning i infrakonstruktioner. (Miettunen, 2021).

Det finns även en ny betongtyp som Rudus Oy har framställt heter Uuma-betoni som står för uusiomateriaali. Denna betongtyp går att tillämpa på en normal betongtyp på så sätt att man byter ut 30 % av det grova sten mineralerna till krossad betong i samma kornstorlek från en riven byggnad. Rudus har kommit fram till att detta påverkar ingenting på betongens funktionalitet eller XC-exponeringsklassen. I och med detta kan man delvis lösa problemet med användningen av betong från rivna konstruktioner på ett miljövänligt sätt och förlänga livslängden på en betong som annars skulle vara vid sitt slut. (Rudus Pro, 2021).

#### 3.1.5 Trä

I jämförelse med andra byggnads material så förbrukar trä mindre energi i bearbetnings- och tillverkningsprocessen. (Nykänen, 2017).

Trä som byggnadsmaterial lagrar kol hela livslängden ända tills biomassan bryts ner igen. Då trä materialet nått slutet på sin tekniska livslängd kan det användas som bioenergi för att producera klimatvänlig elektricitet och värme. Det samma gäller även för restprodukter från virkesproduktionen. (Skogsstyrelsen, 2021).

Användning av trä sparar i jämförelse med betong något under 100kg/Co2 per kvadrat, men enligt beräkningar gjorda av Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet (Ara) så är kvadratmeterpriset 235 € dyrare. Detta innebär att för varje ton Co2 inbesparad med träbyggnad så kostar byggandet 2500 € mera per inbesparad koldioxidton. (Anson Sementtivalimo Oy, u.d.).

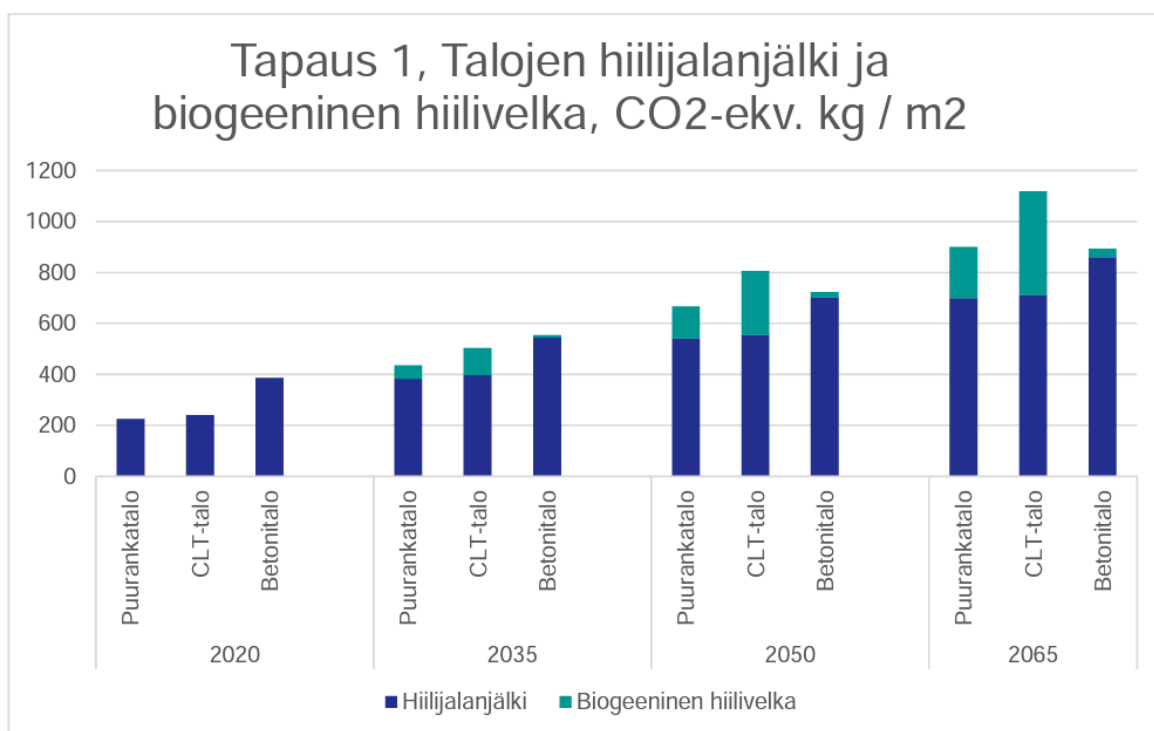
Då man ser på koldioxidfotavtrycket och inte beaktar koldioxidhandavtrycket så har det i ett projekt konstaterats vid jämförelse av trä och betong som utförande, att under en hundra års tid har trä våningshuset 6 % mindre koldioxidutsläpp än betongvåningshuset. Detta beror på att största delen av byggnadens livstids koldioxidutsläpp kommer från energianvändningen. (Luotola, 2020).

### 3.2 Jämförelsestudie av betong, trä och CLT

Träbyggnader binder koldioxid under byggnadens användning och därför anses trähus vara klimatpositiva, men vid beräkningen av koldioxidutsläpp och koldioxidhandavtryck beaktar man inte avverkningen av skogen. Vid avverkning av skog uppstår en biogen skuld av koldioxidupptagningen då träden inte längre kan ta upp lika mycket koldioxid från atmosfären efter de att huggits. Vid beaktande av denna biogena skuld till koldioxidupptagningen så kan det resultera i att synerna kring träbyggandets miljöpåverkan kan ändra helt från positivt till negativt. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Därför har Gaia Consulting Oy gjort en undersökning inom detta för att få något konkret bevis på detta. I undersökningen så använde de sig av ett och samma flervåningshus, men med tre olika material: Betong, trästomme och massivt trä (CLT). Huset var ett fem vånings flerbostadshus med totalt 1994 kvadratmeter. (Gaia Consulting Oy, 2021).

I den bifogade bilden nedan kan man se jämförelsen mellan de tre husens kumulativa koldioxidfotavtryck och biogena kolskulden med 15 års mellanrum.



*Figur 1. Stapeldiagram över koldioxidfotavtryck och biogen kolskuld, Co<sub>2</sub>-ekv. kg/m<sup>2</sup> (Gaia Consulting Oy, 2021).*

Året 2020 är då byggnaden är färdig och talen är enligt vad som uppstått från byggnadsskedet och vid byggnadsskedet ser man att betongen är sämre för miljön i jämförelse med båda trämaterialen. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Under åren ser man koldioxidutsläppen stiger eftersom byggnaden används men också biogena kolskulden eftersom trämaterialiet är bundet i byggnaden och inte som träd i skogen. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Redan efter 30 år ser man att CLT-byggnaden har passerat betong- och träbyggnaden då man beaktar den biogena kolskulden. Detta är på grund av att i CLT-byggnaden går det åt dubbelt mera virke än i byggnaden med träregelstomme. Till betonghuset går det under en femtedel av virke i jämförelse med huset med trästomme. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Detta innebär då att vid beaktande av den bundna biogena koldioxiden i koldioxidhandavtryckets helhet på detta vis, så är både hus med träregelstomme och CLT-hus mera negativt påverkande på miljön än betonghus om man räknar med en median livslängd på liknande flervåningshus som då ligger på 75 år. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Den främsta utmaningen med att implementera användningen av koldioxidhandavtrycksberäkningar i lagen är att det inte finns någon enhälligt

överenskommen standardiserad definition eller beräkningsmetod. (Gaia Consulting Oy, 2021).

Forskningen är väldigt ny och påstår saker som är motsatsen av vad man tror på i dagens läge när det gäller trä- och betonganvändning i byggnader med tanke på miljöpåverkan. Det krävs mera forskning från olika leverantörer och företag som kan påpeka samma saker, ifall metoderna skall tillämpas i lagar och standarder inom byggnadsbranschen i Finland.

## 4 Omständighetsförhållanden (Olosuhdehallinta)

Byggnader skall planeras och konstrueras så att det inte uppstår fuktansamlingar på ytor eller i konstruktioner som skulle orsaka hygien- eller hälsorisker för byggnadens användare eller dess grannar. (Miljöministeriets förordning om byggnaders fukttekniska funktion 782/2017). Byggarbetsplatsens fuktförhållanden kan man påverka med en vettig planering av olika arbetsskeden och vidta åtgärder för att skydda byggnaden som stödes av fukthanteringsplanen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2020).

Med omständighetsförhållanden tar man till åtgärder så man försäkras saker som betongens stelning, torkande av konstruktioner och hälsosamma byggnader. Åtgärderna som man tar till för att åstadkomma dessa resultat är hantering av tidtabeller, uppföljning av klimatkontroller, tillräckligt väderskydd, uppvärmning samt ventilation på byggarbetsplatsen. (Myller, 2016).

Bra förhållanden behövs på byggarbetsplatsen eftersom på hösten är det fuktigt och betong torkar långsammare, på vintern sjunker kalla luften till golvet och kan orsaka kalla konstruktioner och torkningsfördröjningar, på våren kan den torra luften orsaka sprickor och på sommaren kan vinden och hettan orsaka sprickor. (Myller, 2016).

### 4.1 Trä

Då fuktigheten i trä minskar och faller under mätnadspunkten så avlägsnas även fukten från cellväggarna i trä materialet vilket leder till att materialet krymper, men samtidigt så förbättras trä materialets hållfasthetsegenskaper. (Siikanen, 2016).

Eftersom för mycket fukt i trä är ofta skadligt för konstruktionens funktionalitet så måste materialet torkas så det är så nära som möjligt till den slutliga användnings fuktigheten.

Nästan allt virke nuförtiden torkas i tunnel- och kammartorkare till 16–22 % relativ fuktighet, beroende på när virket tas i användning. (Siikanen, 2016).

För att undvika fuktskador och mikrobangrepp på trämaterial skall relativa fuktigheten i materialet hållas under 20 %. Om omgivningen runt materialet har en relativ luftfuktighet på 80–90 % så börjar materialet angripas av mikrober på några månader, ifall om temperaturen är +0°C – +40°C. Detta betyder då att vintertid då det är minusgrader och hög luftfuktighet så växer inte mikroberna på grund av den negativa temperaturen. (Puuinfo, 2020).

På Busholmen i Helsingfors år 2017 experimenterade SRV Oy med att bygga oskyddade flervåningshus av trä för att få bättre kunskaper inom träbyggnad. Byggnaden var planerad att tåla fukten och väderförhållanden under byggnadsskedet utan att behöva väderskydd, men senare märkte man att det började växa mikrober och mögel i elementfogar och -skarv. Det visade sig vara björkfaneren som använts i fogarna som utvecklat dessa problem och det åtgärdades med väteperoxidbehandling. (Bäckgren, 2017).

Mikrobskador skall helst mekaniskt rengöras med slipning men detta var inte möjligt då det växte inuti mellan elementskarvningarna och man ville inte öppna konstruktionerna. Behandlingen blev då att spruta väteperoxid med tryck i elementfogarna så ämnet kunde nå mikroberna. (Bäckgren, 2017).

Man försöker undvika användningen av väteperoxid då det är ett ämne som påverkar negativt på människors slemhinnor och hud (Työterveyslaitos, 2003). Detta innebär att man då måste garantera att inget lämnar kvar i inomhusluften innan byggnaden tas i användning för att garantera en användningssäker och hälsosam byggnad. Utöver detta så om inte behandlingen lyckas som den skall eller utförandet varit bristfälligt, så kan det lämna spår av mikrober eller även ha en helt omvänd effekt på mikroberna och växligheten blir värre. (Bäckgren, 2017).

## 4.2 Betong

Betongkonstruktioner tål mycket fukt men före ytbehandling skall betongen vara torr och fuktmätningar skall göras för att uppfylla fuktkraven enligt standarder. Vid behandling av trä och betong i samma byggnad så krävs det noggrann och särskildskild fuktplanering,

eftersom den avdunstande fukten från betongen kan lätt suga sig in i trämaterialiet. (Myller, 2016).

Betong innehåller alltid fukt som antingen härstammar från vattnet som krävdes för tillverkningen av betongen eller från den fuktiga omgivningen runtom betongen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018).

### 4.3 Väderskydd

Att använda väderskydd är en kostnadsfråga men även en kvalitetsfråga. (Ratu S-1232, 2013).

I Finland använder man mest väderskydd till reparationsobjekt och mycket mindre i nybyggnad av flervåningshus med betongstomme, för då kör man utan väderskydd för det mesta och torkar upp konstruktionerna under hela byggnadstiden. Att täcka in byggnaden med väderskydd har sina för och nackdelar på logistiken, arbets säkerheten, kostnader och klimatet under byggtiden. (Svenskt Trä, 2018).

Då en byggnad byggs med trä så är kraven ofta att det skall vara väder skyddat före träarbeten kan påbörja. Att bygga uppåt under väderskydd kan vara problematiskt med tanke på element samt materialförflyttningar och ifall man använder sig av lyftkran måste man öppna väderskyddet och i sådana fall mistar väderskyddet sin betydelse. (Svenskt Trä, 2018).

I och med dessa problem så har Ramirent Oyj tagit fram en sådan lösning som heter RamiTower. RamiTower är ett väderskydd som stiger enligt byggnadens behov och har en travers monterad i taket som underlättar material logistiken. Denna metod används främst vid byggandet av träelements våningshus för att de kräver väderskydd under uppresningen av stommen. (Ramirent, 2021).

Om våningshuset byggs med betongstomme och virke används i de icke-bärande ytterväggarna går det att montera byggställningarna med väderskydd då betongstommen är färdig gjuten och monterad. Eftersom vattentak brukar byggas på varierande sätt av trä så skulle man säkra med väderskyddet att virket och underliggande ytan skulle vara skyddad från väder och vind och risker för fuktskador skulle minska. (Fuktsäkert byggande, u.d.).

Då byggställningarna med väderskydd finns runt hela huset är det arbetssäkert och goda förhållanden att göra ytterväggarna färdiga samt att mura fasaden vilket ger ett slutresultat med bättre kvalitet. (Fuktsäkert byggande, u.d.).

## 5 Tidsanvändning

Under byggnadstiden är träelement 33 % snabbare att arbeta med i jämförelse med betong men under planeringsfasen är betong 66 % snabbare att planera än trä. Orsaken till att träbyggnad är snabbare är på grund av att trä är så kallat torrt byggande eftersom byggnaden är väderskyddad och då kan man påbörja andra arbetsskeden tidigare än med betong för att man inte behöver vänta på betongens torktider. (Airaksela, 2021). Helhetstimmarna är ändå samma då träelementmonteringen kräver mera arbetare än betongbyggnad i stomskedet. (Luotola, 2020).

Fastän träplaneringen är långsammare för tillfället så går datatekniken framåt i rask takt och underlättar planeringen av trä som betyder då att planeringen blir mera tideffektiv för varje år då erfarenheterna ökar. (Luotola, 2020).

I ett pilotprojekt i Åbo så byggde TVT asunnot Oy två exakt likadana bostadshus bredvid varandra där det ena byggdes av betong och det andra av CLT element. Enligt de senast samlade uppgifterna så kostade CLT-huset 10 – 15% mera fastän byggnadstiden var ungefär 1,5 månader snabbare i jämförelse med betonghuset. Här påpekas det dock att desto mera vi bygger i trä så desto mera lär vi oss och kan bygga mera kostnads- och arbetseffektivt. (Aatsalo, 2022).

### 5.1 Beräkningsmetod

I detta examensarbete kommer tidsberäkningen för olika arbetsskeden att tas från Rakennustöiden menekit 2020 (Talorakennusteollisuus Ry, 2019). Boken uppdateras med jämna mellanrum och den tidigare publikationen är Rakennustöiden menekit 2015.

Boken är ett verktyg för en grov produktionsplanering av tids- och materialåtgången av olika arbetsskeden då det gäller ny- och reparationsbyggnad. Boken tillkommer genom ett samarbete av ett tiotal byggföretag och byggarbetsplatser i Finland. Rubrikerna i boken går enligt Talo 2000-systemet.

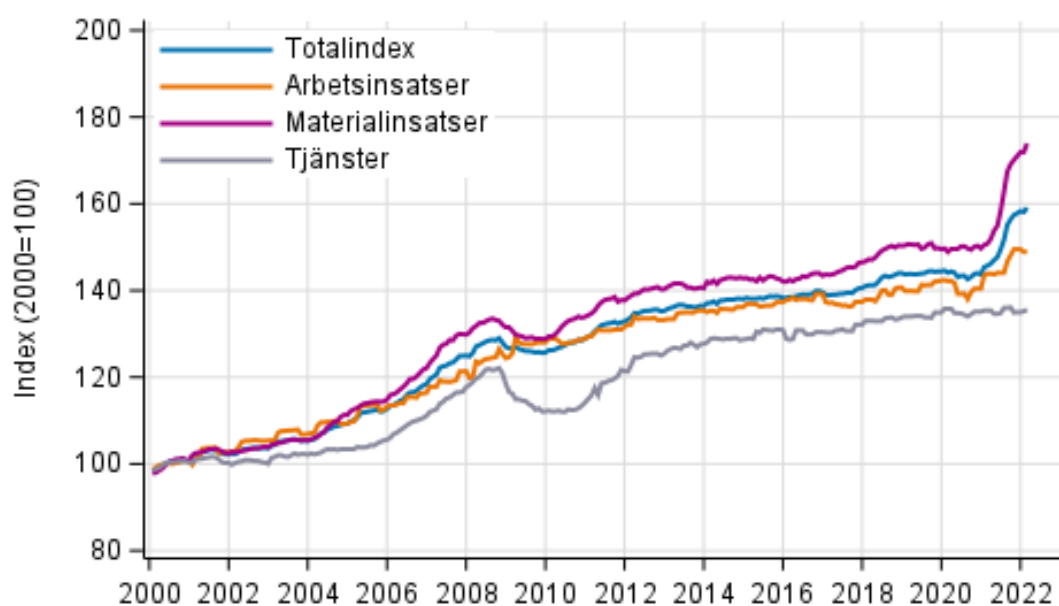
## 6 Ekonomi

Våningshus i trä kostar ungefär 10–15% mera än betongvåningshus och vissa betydande faktorer är att det inte finns mycket erfarenhet i träbyggnad vilket kostar extra då man inte vet hur vissa problem kan lösas. Annat som gör träbyggnad dyrare än betongbyggnad är planeringen, stommaterialen, väderskydd under byggnadstiden och brandkrav på materialen. I ett våningshus av trä måste huset monteras med sprinklersystem i hela byggnaden och endast 20 % av trämaterialiet får vara synligt, resten måste täckas med gipsskivor på grund av brandkraven. (Aatsalo, 2022).

Användning av trä sparar i jämförelse med betong något under 100kg/Co2 per kvadrat, men enligt beräkningar gjorda av Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet (Ara) så är kvadratmeterpriset 235 € dyrare. Detta innebär att för varje ton Co2 inbesparad med träbyggnad så kostar byggandet 2500 € mera per inbesparad koldioxidton. (Anson Sementtivalimo Oy, u.d.).

Enligt statistikcentralen steg byggnadskostnaderna med 7,5 procent i februari 2022 jämfört med februari 2021, men priser på tjänster förblev på samma nivå som tidigare året. Materialkostnaderna ökade med 12,1 procent och arbetskostnader med 3,3 procent under samma tidjämförelseperiod. (Statistikcentralen, 2022).

### Byggnadskostnadsindexets långsiktiga utveckling



Figur 2. Byggnadskostnadsindexets långsiktiga utveckling. (Statistikcentralen, 2022).

I artikeln "Remontoijan lompakko tiukilla – puun hinta kaksinkertaistunut, paluuta entiseen ei ole" skriven av Jesse Kuparinen på Iltalehti den 7.10.2021, så intervjuar han Harri Karumo som är produktlinjes chef för handel och anläggningsutrustning på Kesko och Aleksi Virkkunen som är landschef på Byggmax. I intervjun är båda övertygade att priserna på byggnadsmaterialen kommer förbli dyrare än tidigare år och Virkkunen påpekar att byggandets "billiga dagar" är över.

Karumo hänvisar till att fritidsbostadsboomen som skedde under sommaren 2020 är en delorsak till att det blev materialbrister i järnaffärer och leverantörer vilket ledde till prisökningar.

Då detta skedde trodde Karumo att situationen lugnar ner sig till 2021 men han blev bevisad motsatsen då byggnadsboomen och prisökningen fortsatte samt att materialtillgängligheten fortfarande var utmanande. Användningen av trä är en tydligt växande trend säger Virkkunen, då man anser trä som miljövänligt byggande.

På senaste åren har hela världens ekonomi gått i vågor med tanke på coronapandemin och nu för tillfället då Ryssland har invaderat Ukraina. Eero Reijonen som är grundare och styrelseordförande byggnadsföretaget Eero Reijonen Oy, säger i en intervju den 5.4.2022 till intervjuaren Heikki Luukkonen, att direkt Ryssland invaderade Ukraina så syntes effekterna på marknaden.

Reijonen kommenterar följande: "Bostadsmarknaden har nästan stannat av. Inflationen stiger. Prisnivåer på produkter och energi eskalerar. Mycket produkter har kommit från öst. Den vägen är stängd. Några byggnadsmaterial kommer det vara brist på. Räntorna tros stiga."

Utmanade tider kommer speciellt för dem som startade stora projekt för några år sedan och inte har lyckats avtala om indexbundna priser i entreprenaderna. Detta gör nu att byggnadsföretag, stor som små, börja införa indexbundna material- och projektofferter. (Luukkonen, 2022)

## 7 Jämförelseberäkningar

I detta kapitel kommer jag göra beräkningar och jämföra skillnaden på trä och betong med beaktan på koldioxidavtryck, tidtabell och pris.

I beräkningarna använder jag mig av ett flervåningshus som har fem bostadsvåningar och en källarvåning med befolkningsskydd, förråd och tekniska utrymmen. Den totala uppvärmda arean på huset är 2925 m<sup>2</sup> och bärande stommen på huset är av betong. Båda exemplen kommer beräknas med betong som bärande konstruktioner och kommer vara likadana till geometrin samt utseende.

Källarvåningen samt vattentaket kommer vara likadana i båda exemplen där då källaren har platsgjutna mellanväggar som bär upp mellanbjälklaget, och vattentaket kommer färdigställas med takstolar av trä och plåtbeklädnad med en lutning på 1:2. Alla ytterväggskonstruktioner kommer att gömmas bakom en tegelfasad som beklär hela byggnaden.

Skillnaderna kommer finnas på bostadsvåningarna men likheterna där är att lägenhetsavskiljande väggarna samt kortsidorna på ytterväggarna kommer vara bärande och därmed gjutas av betong eller monteras med betongelement i bägge exemplen.

I betongexemplet är balkongerna och ytterväggarna uppbyggda av betongelement och lätta mellanväggarna har ljudisolerad stålregelstomme med gips som beklädnad.

I träexemplet är balkongerna utförda som tråelement, lätta mellanväggarna som ljudisolerade träregelstommar med gipsbeklädnad och icke-bärande ytterväggarna på långsidorna med isolerad träregelstomme. De bärande väggarna på kortsidorna är av samma betongelement som i betongexemplet.


### 7.1 Koldioxidutsläpp

I beräkningen av koldioxidutsläppen för betong- och träexemplet har jag använt mig av programmet One Click LCA som är ett beräkningsverktyg för att beräkna koldioxidutsläpp under en byggnads livscykel. Till livscykeln hör det tillverkning av byggnadsmaterial, transporter och byggarbetsplats, användning av byggnaden och underhåll samt rivning och återvinning av byggnaden. (Miljöministeriet, 2019b)

Programmet stöder miljöministeriets beräkningsmetod för bedömmande och minskande av koldioxidutsläppen. Med hjälp av verktygen i programmet får man snabbt svar genom användningen av en pålitlig metod oberoende byggprojekt från början till slut.

Då man ser på resultaten i koldioxidutsläppen i tabell 1 och 2, så har betong 0,63 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a mera i jämförelse med träexemplet. Detta är på grund av att materialtillverkningen avger mindre utsläpp i trättillverkningen vilket syns och kan jämföras på tabell 3 och 4.

*Tabell 1. Koldioxidfot- och handavtrycks resultat från beräkningar i betongexemplet*

A-C	Hiilijalanjälki (elinkaaren moduulien A-C summa)	14,84
 A-D	Hiilikädenjälki (elinkaaren moduulien A-D summa)	-3,81

*Tabell 2. Koldioxidfot- och handavtrycks resultat från beräkningar i träexemplet*

A-C	Hiilijalanjälki (elinkaaren moduulien A-C summa)	14,21
 A-D	Hiilikädenjälki (elinkaaren moduulien A-D summa)	-4,16

*Tabell 3. Koldioxidutsläppen för skeden A1 – A5 i betongexemplet*

 A1-A5	Päästövaikutukset ennen käyttöä (moduulit A1-5)	7,04
A1-A3	Valmistus	6,04
A4	Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,2
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,24

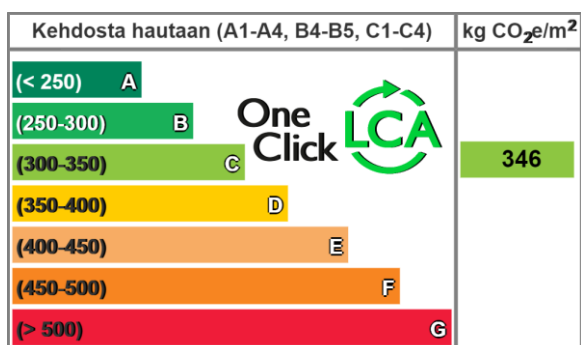
*Tabell 4. Koldioxidutsläppen för skeden A1 – A5 i träexemplet*

 A1-A5	Päästövaikutukset ennen käyttöä (moduulit A1-5)	6,42
A1-A3	Valmistus	5,44
A4	Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,2
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,22

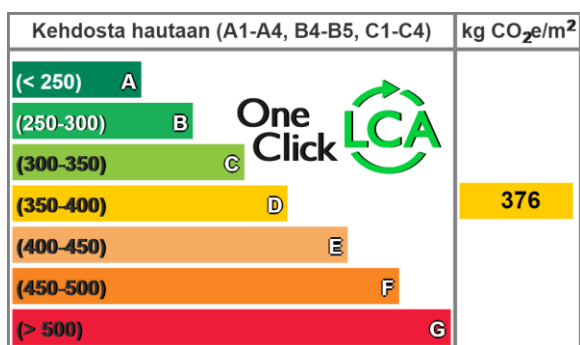
Om man endast vill veta utsläppen som sker i byggnadsskedet skall man se på tabellerna 3 och 4 som visar skedena A1-A5, vilket i detta fall är 7,04 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a för betongexemplet och 6,42 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a för träexemplet.

I tabellerna 1 och 2 ser man även att träexemplet har ett större koldioxidhandavtryck på 0.35 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a mera inbesparat i jämförelse med betongexemplet. Detta beror på att trämaterialen binder mera koldioxid än betong fastän man även räknar med återvinningen av båda materialen.

I följande figurer så jämförs resultaten av de båda materialberäkningarna sida vid sida och noggrannare beskrivningar på de mest påverkande materialen finns i bilaga 4 för trä och bilaga 5 för betong.

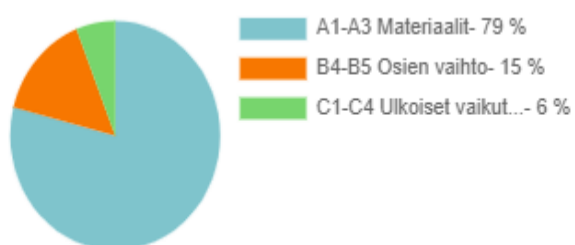


Figur 3. Koldioxidutsläpp per kvadratmeter i träexemplet under byggnadens livstid.

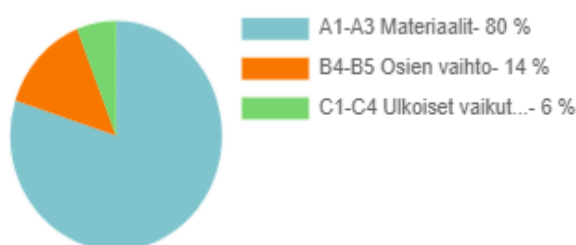


Figur 4. Koldioxidutsläpp per kvadratmeter i betongexemplet under byggnadens livstid.

Resultaten för ovanliggande värden är beräknade enligt en livslängd på 60 år. Som man ser har träberäkningen 30 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> mindre, vilket beror delvis på att trämaterialen binder mera koldioxid under dess livscykel i jämförelse med betong och därmed skapar mera positivt koldioxidhandavtryck.



Figur 5. Diagram över koldioxidavtryck på byggnadsmaterialen i träexemplet.

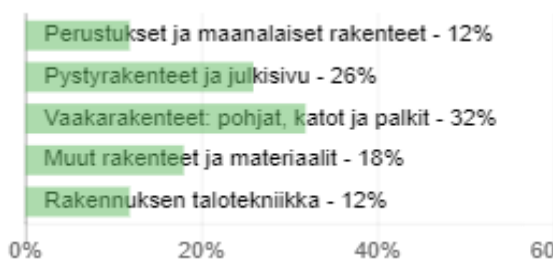


Figur 6. Diagram över koldioxidavtryck på byggnadsmaterialen i betongexemplet.

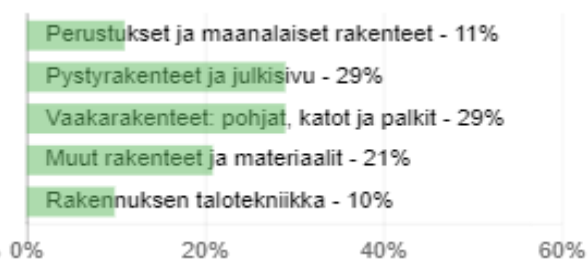
I diagrammen ovan så presenteras resultaten av koldioxidavtrycket på byggnadens material under materialets hela livscykel.

Skeden A1-A3 vilket är tillverkningen av material, så står för ungefär fyra femtedelar av byggnadens utsläpp under dess livstid och är betydligt den mest påverkande faktorn i dessa diagram. Skeden B4-B5 står för utbyte och mindre samt mera omfattande reparationer där utsläppen är 15 respektive 14 procent i livscykeln.

Slutligen är skeden C1-C4 utsläppen som uppstår på grund av att byggnaden rivs och återvinns vilket i detta fall är 6 procent av byggnadens livstids utsläpp i båda beräkningarna.



Figur 7. Konstruktioners koldioxidbindning fördelat procentuellt i träexemplet.



Figur 8. Konstruktioners koldioxidbindning fördelat procentuellt i betongexemplet.

I följande figurer fördelas vilka delar av byggnaden som binder hur mycket koldioxid procentuellt sett i dess konstruktioner.

Om man jämför vilka material som orsakar mest koldioxidutsläpp så är det färdigblandad betong då det används som bärande stomme i båda exemplen. Då man ser på de bifogade uträkningar (Bilaga 4 för trä och Bilaga 5 för betong) så är färdig betong i träexemplet 28,7 procent av utsläppen och 29,8 procent i betongexemplet. I dessa exempel är en standardbetong vald som inte är den miljövänligaste typen, så ifall man skulle använda sig av miljövänligare betong skulle utsläppen betydligt minska då beroende på betongtypen.

Som andra mest materialutsläpp är det håldäcken som står för 18,2 procent i betongexemplet och 20,3 procent i träexemplet vilket igen då kunde diskuteras med håldäcksleverantören att använda en miljövänligare betong för att minska på utsläppen.

På fjärde plats av mest koldioxidutsläpp från materialen så är armeringen i betongkonstruktionerna som utgör då 5,1 procent i betongexemplet och 4,8 procent i träexemplet. Armeringen är högt uppe då bearbetningen av stål görs med mycket värme och stål är något av en miljöbov om man inte väljer en miljövänlig ståltillverkare.

Man kan då på basis av detta konstatera att betongkonstruktionerna är mest ansvarig för materialutsläppen i byggnaden med lite över 50 procent av byggnadens materialutsläpp

räknat med håldäcken, betongen och armeringen. Detta är av god orsak eftersom byggnadens bärande stomme är uppbyggd av betong så är det majoriteten av materialet också.

Det betyder också att om man vill minska på koldioxidutsläppen skall man börja med koldioxidneutrala lösningar för betongen så får man märkbara ändringar på grund av betongens materielmängd.

## 7.2 Tidtabell

I utförandet av tidtabellerna har jag använt mig av datorprogrammet Tocoman Aikataulu som är ett finskt utvecklat program för planering och hantering av tidtabeller för finländska byggarbetsplatser, för att minska på bortslösad tid mellan olika arbetsskeden. (Tocoman, u.d.)

Som grund till utförandet anskaffades en grov tidsplan på projektet gjord av YIT dit det fördes in egna noggrannare beräkningar så ett noggrannare utförande kunde planeras. Tidtabellerna gjordes det två av, en för betongexemplet och en för träexemplet. Hela tidtabellerna finns som bilagor märkta som bilaga 6 för betongexemplet och bilaga 7 för träexemplet.

Tidtabellerna innehåller då utförande för hela byggets tid men de som detta arbete har noggrannare fokuserat sig på är uppförandet av stommen från våning 1 till vattentaket. Därefter kommer ytterväggarnas utförande samt lätta mellanväggarna i lägenheterna och även planeringen av balkongelementen och i träexemplet ett väderskydd för byggnaden.

Utföranden i exemplen räknades enligt rakennustöiden menekit 2020 som är en bok med instruktioner för beräkning av grov material- och tidsåtgång i produktionsplanering för byggnadsbranschen. Beräkningarna för betongexemplet finns som bilaga 8 och för träexemplet som bilaga 9.

I figurerna 9 och 10 som följer nedan ser man hur många arbetsdagar som går åt de olika byggnadsskeden och hela projekttidtabellerna finns som bilaga 6 för betongexemplet och bilaga 7 för träexemplet. Endast punkterna 2 och 3 är expanderade då de övriga punkterna inte hade konstruktioner som ingick i den noggrannare tidtabellsjämförelsen. I dessa figurer ser man att endast punkt två har en skillnad på tre dagar fastän de noggrannare

utförande dagarna olika. Detta är på grund av tajmningen i tidtabellen möjliggör samma utförande i tidtabellen men det kommer påverka aningen på resurseringen i byggnadsskedet.

Hier	Nimi	Kesto	Aik. alku
+1	<b>Maanrakennus ja perust</b>	<b>50 pv</b>	<b>01.08.22</b>
-2	<b>Runko ja vesikatto</b>	<b>137 pv</b>	<b>12.09.22</b>
2.1	VSS	15 pv	12.09.22
2.2	Kellari	20 pv	19.09.22
+2.3	1.krs	19 pv	17.10.22
+2.4	2.krs	18 pv	14.11.22
+2.5	3.krs	18 pv	09.12.22
+2.6	4.krs	18 pv	05.01.23
+2.7	5.krs	18 pv	31.01.23
2.8	Vesikatto	20 pv	23.02.23
+2.9	Parvekkeet	13 pv	24.02.23
-3	<b>Runkoa täydentävät</b>	<b>137 pv</b>	<b>23.02.23</b>
3.1	Ikkunat ja parvekeovet	24 pv	23.02.23
+3.2	Kevyet väliseinät	40 pv	28.02.23
+3.3	Julkisivumuuraus	49 pv	24.03.23
+3.4	Parvekkeiden julkisivut	7 pv	16.03.23
3.5	Parvekekaiteet ja lasit	25 pv	31.07.23
+4	<b>Pintarakenteet</b>	<b>115 pv</b>	<b>27.03.23</b>
+5	<b>Ulkopuolisetyöt</b>	<b>133 pv</b>	<b>07.02.23</b>
+6	<b>Kokeet ja katselmukset</b>	<b>43 pv</b>	<b>11.08.23</b>

Figur 9. Sammanfattad huvudtidtabell för betongexemplet

Hier	Nimi	Kesto	Aik. alku
+1	<b>Maanrakennus ja perust</b>	<b>50 pv</b>	<b>01.08.22</b>
-2	<b>Runko ja vesikatto</b>	<b>134 pv</b>	<b>12.09.22</b>
2.1	VSS	15 pv	12.09.22
2.2	Kellari	20 pv	19.09.22
+2.3	1.krs	17 pv	17.10.22
+2.4	2.krs	16 pv	09.11.22
+2.5	3.krs	16 pv	01.12.22
+2.6	4.krs	16 pv	27.12.22
+2.7	5.krs	16 pv	18.01.23
2.8	Vesikatto	20 pv	21.02.23
+2.9	Woodia parvekkeet	4 pv	07.02.23
+2.10	Sääsuojaus	6 pv	14.02.23
-3	<b>Runkoa täydentävät</b>	<b>134 pv</b>	<b>22.02.23</b>
+3.1	Ei kantavat puuranka ulko	36 pv	22.02.23
+3.2	Parvekkeiden julkisivut	10 pv	13.04.23
3.3	Ikkunat ja parvekeovet	24 pv	22.02.23
+3.4	Kevyet väliseinät	40 pv	22.02.23
+3.5	Julkisivumuuraus	49 pv	22.03.23
3.6	Parvekekaiteet ja lasit	25 pv	25.07.23
+4	<b>Pintarakenteet</b>	<b>115 pv</b>	<b>27.03.23</b>
+5	<b>Ulkopuolisetyöt</b>	<b>133 pv</b>	<b>16.02.23</b>
+6	<b>Kokeet ja katselmukset</b>	<b>43 pv</b>	<b>11.08.23</b>

Figur 10. Sammanfattad huvudtidtabell träexemplet

I figurerna 9 och 10 står dagarna inte för hur länge monteringen tar, utan hur länge innan arbetskedet är färdigt inkluderat med väntetider.

I bilagorna 10 för betong och bilaga 11 för trä, ser man åtgången av persontimmar för de olika huvudutföranden. I betongutförandet går det 5207 persontimmar för egna arbetare på de byggnadsskeden som är med i jämförelsen. Motsvarande utförande för träexemplet har 5283 persontimmar för egna arbetare och 352 timmar för underleverantörer.

Det visar att persontimmarna för egna anställda är ganska samma med en skillnad på 76 timmar mera på träexemplet och även går det 352 timmar på underleverantörer eftersom träbalkongerna och väderskyddet levereras av underleverantörer.

I utförandet av ytterväggarna tar träexemplet 655 persontimmar att utföra och betongexemplet tar 260 timmar. Det innebär en skillnad på 395 persontimmar i monteringen av ytterväggarna. Fastän balkongerna i träexemplet har förflyttats från egna resurser till underleverantörer i jämförelse med betongexemplet, går det inte mindre

timmar åt egna arbetare och det beror på att monteringen av ytterväggarna kräver mera resurser i träexemplet.

Balkongelementens montering för betongexemplet tar 278 persontimmar och för träexemplet tar monteringen 72 arbetstimmar vilket skulle med tre montörer bli 216 persontimmar. Träelementen går aningen snabbare att montera då fogarna inte behöver gjutas som i betongelementsbalkonger.

Det som inte finns på betongexemplet men på träexemplet är heltäckande väderskydd med murningsställning för att skydda träkonstruktionerna i ytterväggarna och samtidigt skapa en trygg och behaglig arbetsmiljö vid fasadarbeten på huset. I betongexemplet används det inget väderskydd och därför används det en klätterställning för fasadarbeten när fasaden skall muras.

Montering och demontering av väderskyddet i träexemplet är beräknat att ta 280 persontimmar. I jämförelse med klätterställningen vid fasadarbeten på betongexemplet där montering, förflyttande och demontering beräknas till ungefär 80 persontimmar. Byggställningarna med väderskydd kommer ta 200 persontimmar längre men medför sig andra fördelar som gynnar byggnadens helhet.

När byggnaden är väderskyddad så regn eller snö inte tar sig in i byggnaden kan arbeten på lätta mellanväggar påbörjas då fuktskador på gips inte längre är en risk. I jämförelse är lätta mellanväggar med stålregelstomme samt limträregelstomme. I persontimmar har stålregelstommen 702 samt limträregelstommen har 761. Stålregelstommen är då på helhetsutförandet 59 persontimmar snabbare vilket blir ungefär 8,4 procent snabbare utfört i jämförelse med limträregelstommen.

Ett sammandrag av persontimmarna på de konstruktioner och arbeten som jämförs presenteras i resultatkapitlet

### 7.3 Kostnader

I denna jämförelse har material- och arbetspriserna tagits fram med hjälp av YIT:s anskaffningsingenjörer som har bra bild över priserna i skrivande stund för de olika byggnadsdelarna i jämförelse. För att veta priserna för utföranden så har det använts

samma T4 tider och mängder som beräknats för tidtabellen i bilaga 8 för betong och bilaga 9 för trä. Beräkningarna för kostnaderna finns bifogat i bilaga 12.

I ytterväggarna för betongexemplet som är endast betongelement är det beräknat att anskaffningen av elementen kostar 464 400 €, monteringen 25 600 € och fog gjutningarna 10 000 € för hela byggnadens ytterväggar, som då totalt blir 500 000 € färdigt monterade.

I träexemplet där kortsidorna av huset är av bärande betongelement så blir den totala monterade kostnaden för betongelement 150 180 € och på långsidorna monteras träregelstommen. Träregelstommen från färdigt gipsad insida till vindskyddsskiva monterad på utsidan så blir totala summan för träregelväggen 87 340 € och noggrannare beräkningar samt summor finns på bilaga 12.

Balkongerna räknas skilt från stommen där den totala kostnaden för monterade betongbalkongselementen kostar 154 244 € med material, utförande med egna resurser, lyftkran med chaufför samt gjutande av fogar.

I träexemplet togs priser av Woodia som är leverantör för träelementsbalkonger. Priset som anskaffades var på ett ungefär vad balkongerna skulle kosta då ingen offertbegäran gjordes men riktgivande priser gavs så det kunde göras en verklig beräkning. Priset som gavs var ett nyckel-i-hand där det ingick allt från skräddarsydd planering till färdigt monterade balkonger. Helhetspriset för träbalkongerna blev då 306 000€.

Hela fasaden bekläs på samma sätt i båda exemplen med murad tegel som har en total kostnad på 176 212€, inräknat med material och arbetskostnader. Arbetsställningar och väderskydd redovisas skilt.

För att kunna mura fasaden krävs det någon arbetsplattform att jobba från. I betongexemplet används det en klätterplattform som är beräknad att kosta 30 960€ under hela fasadteglandet.

I träexemplet används väderskyddet med murningsställningar så fasadmurandet går att utföra från byggställningarna. Förutom fasadmurningen så kommer även träregelstommen monteras från arbetsställningen och den fungerar även som väderskydd för hela byggnaden, vilket betyder att man kan påbörja inomhusarbeten aningen tidigare än då byggnaden är utan väderskydd. Kostnaden för montering och demontering av

väderskyddet med murningsställningarna samt dagliga hyran, är beräknad till totalt 100 000€.

Då byggnaden är vattentät och skyddad mot väder så börjar lättamellanväggsarbete som då i betongexemplet är med stålregelstommen vilket slutpriset är beräknat till 62 687€, och för träexemplet med limträregelstomme beräknat till totalt 57 499€. Skillnaden är då att limträregelstommen är i slutändan beräknat att vara 5188€ billigare helhet i jämförelse med stålregelstomme.

Med dessa mängder summerade så är de jämförande konstruktionernas totala summa i betongexemplet 769 859€ och i träexemplet 571 231€. En helhets tolkning av beräkningarna utförs i resultatkapitlet.

## 8 Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten så att man får en helhetsuppfattning om de olika exemplen och vilket utförande som är till fördel eller nackdel med inriktande på utförandemetoden och vad man vill få utav resultatet.

### 8.1 Koldioxidutsläpp

I beräkningarna av koldioxid söker man efter resultat som visar utsläppen och koldioxidhandavtrycken för byggnaden och dess material. Det strävas efter ett mindre koldioxidavtryck för att skona miljön.

De olika huvudkategorierna för byggnadens livscykel är enligt följande: Skeden A1-A5 är tillverkningen, transporten och byggarbetsplatsspill av materialen. Skeden B3-B4 står för mindre och mera omfattande reparationer samt B6 för energianvändningen i byggnaden under hela livstiden.

Skedet C står för utsläppen som uppstår efter att byggnaden är färdigt använd vilket är då rivningen av byggnaden, transport av materialen från den rivna byggnaden och sluthantering samt återvinnande av den rivna byggnadens material.

Skedet D är nyttan man får av återvinningen och återanvändning av byggnadsmaterialen som gynnar miljön. På det räknas ännu det biogena kolförrådet som binder koldioxiden under materialets livstid i byggnaden.

Tabell 5. Sammandrag av koldioxidberäkningsresultaten

Utsläppskategori	Betongexempel	Träexempel
A1-A5	7,04	6,42
B3-B4, B6	7,13	7,12
C	0,67	0,67
D	-3,53	-3,17
Kolförråd, biogen	-0,28	-0,98
Koldioxidfotavtryck	14,84	14,21
Koldioxidhandavtryck	-3,81	-4,16

Resultaten från koldioxidberäkningarna visar att träexemplet är bättre i alla kategorier förutom i kategori D vilket var nyttorna man får av att riva och återvinna byggnadens material. Detta är på grunda av att betongen går att krossa och användas i vägbyggnad och nya betongblandningar vilket har bevisligen större möjligheter än återvinningen av trämaterialen.

Den slutliga skillnaden mellan de två exemplen då man tar utsläppen och räknar bort handavtrycken är  $14,84 - 3,81 = 11,03$  kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a för betongexemplet och  $14,21 - 4,16 = 10,05$  kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a vilket betyder då att träexemplet har 0,98 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a mindre utsläpp och kan konstateras som mera miljövänligt.

Om man endast beaktar utsläppen i byggnadsskedet så skulle resultaten vara enligt skeden A1-A5, vilket betyder 7,04 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a för betongexemplet och 6,42 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a för träexemplet. Skillnaden mellan utföranden i byggnadsskedet är att träexemplet har ett 8,8 % mindre koldioxidutsläpp i jämförelse med betongexemplet.

## 8.2 Tidtabell

I planering av tidtabeller finns det många saker att ta i beaktande då det planeras helhetsutförande där det viktigaste är att väntetid undviks och att arbetskedan inte krockar med varandra. I tabell 6 är det sammanfattat persontimmarna för olika arbetskedan för de två exempelutföranden.

*Tabell 6. Sammandrag av de beräknade persontimmarna*

	Betongexempel (pers. Timmar)	Träexempel (pers. timmar)
Ytterväggar	260	655
Balkongelement	278	216
Väderskydd & ställningar	80	280
Lätta mellanväggar	702	761
Totalt	1320	1912

Monteringen av ytterväggarna i betongexemplet har beräknats till 260 persontimmar och träexemplet har beräknats till 655 persontimmar. I betongexemplet monteras elementen i samband med betongstommen vilket utgör ett snabbt utförande då det utförs annat elementarbete samtidigt. I träexemplet monteras kortsidorna också med betongelement i stomskedet men själva träregelstommen på långsidorna påbörjas först då stomskedet är färdigt.

Balkongelementen monteras i ett utförande för att undvika olika väntetider så är helhetsutförande resultatet bättre. I betongexemplet är monteringstiden 278 persontimmar för alla balkonger. Träexemplet har 216 persontimmar som utförande men de utförs av underleverantören som tillverkar träbalkongelementen för att de vill säkra sin produktkvalitet då det inte finns mycket erfarenheter inom tråelementmontering.

I betongexemplet används inget väderskydd men däremot används det en arbetsplattform för att mura fasaden och den är beräknad att ta 80 persontimmar då den skall flyttas från ställe till ställe. Däremot i träexemplet används det heltäckande väderskydd med murningsställningar som är beräknat att montering och demontering kommer att ta 280 persontimmar. Ställningar monteras av underleverantörer som själva hyr ut ställningsdelarna för att det krävs många personer under en kort tid, vilket är mest logiskt att ge åt en underleverantör då andra egna arbetare är bundna på annat håll.

De lätta mellanväggarna skiljer sig med att betongexemplet har stålregelstomme och träexemplet har limträregelstomme. Stålregelstommen har beräknat att ta 702 persontimmar och limträregelstommen 761 persontimmar. Detta är då en skillnad på 59 persontimmar och på ett arbetarpar blir det nästa 30 timmar som kan då omvandlas till ungefär 4 dagar längre monterings- och demonteringstid för limträregelstommen i jämförelse med stålregelstommen.

Då man summerar dessa timmar så bli det 1320 persontimmar för betongexemplet och 1912 persontimmar för träexemplet som då innebär att betongexemplet är 592 arbetstimmar snabbare än träexemplet. Största skillnaderna kommer vid monteringen av ytterväggarna där betongexemplet är 395 persontimmar snabbare och vid väderskydd och ställningar där det är 200 persontimmar snabbare.

Betongexemplet har betydlig mindre persontimmar på utförandet men med den rätta planeringen så har de extra arbetsskeden och timmar på träexemplet ingen inverkan på projektet, då de görs på sidan om alla andra arbeten som inte påverkar den egna resurseringen och bevisligen är träexemplet utfört tre dagar snabbare än betongexemplet.

### 8.3 Kostnader

Kostnader i ett byggnadsprojekt är något man alltid följer upp noggrant under hela byggprojektets gång från planeringen till överlåtelsen. Varierande materialpriser är även en utmaning då projekt planeras vilket betyder att man skall räkna med att priserna kan ändra i sina offerter.

På senaste tiden har materialpriserna ökat extremt mycket i jämförelse med tidigare år vilket gör det svårt att räkna offerter på kommande projekt. Priserna som använts i dessa

beräkningar finns noggrannare beräknat i bilaga 12, och framtagna med hjälp av YIT:s kostnadskalkylerare som har nyligen använt sig av samma priser på andra objekt och träbalkongernas pris är framtagna av leverantören.

*Tabell 7. Sammandrag av kostnadsberäkningarna*

	Betongexempel (total €)	Träexempel (total €)
Ytterväggar	500 000	281 400
Tegelfasad	176 212	176 212
Balkonger	154 244	306 000
Väderskydd & ställningar	30 960	100 000
Lätta mellanväggar	62 687	57 499
Totalt	924 103	921 111

I tabell 7 är de totala kostnaderna för de olika byggnadsdelarna jämfört med varandra.

I betongexemplet med ytterväggarna av betongelement så kostar elementen 465 400€ och 34 600€ för monteringen av elementen. I träexemplet är det en blandning av båda så den totala materialkostnaden för betongelementen och trävirket med mera, är 194 826€ och för monteringsarbeten blir det 79 974€.

Detta summerat blir då 500 000€ för betongexemplet och 281 400€ för träexemplet i utförandet av ytterväggarna. Tegelfasaden är identisk i båda jämföranden där arbeten räknats till 91 858€ och materialen till 84 354€ med en total utförande summa på 176 212€.

För att fasaden skall kunna muras måste grundkonstruktionerna vara färdiga det innefattar även balkongerna. Båda utföranden är planerade med element och monteringen av betongelement gör med egna resurser och allt annat utförs av underleverantörer. Betongbalkongerna är räknade till 154 244€ och träbalkongerna till 306 000€ vilket gör en skillnad på 151 756€ mellan utföranden

För fasadarbeten krävs det då ställningar och i betongexemplet är betongelementen färdigt monterade så behövs endast en ställning för murningsarbeten där det används en arbetsplattform som är beräknad till att kosta 30 960€. I träexemplet är det tänkt att använda ett heltäckande väderskydd med murningsställningar att göra fasadarbeten från och ställningarna är då räknade att kosta 36 000€ och väderskyddande av ställningen är räknat att kosta 64 000€, och dessa summor innehåller hyra för materialen under den tiden.

Detta blir då totalt 30 960€ för betongexemplet i jämförelse med träexemplet som blir 100 000€, men som då ger ett omfattande väderskydd för byggnaden. Skillnaden i kostnaderna är 69 040€ mellan de två exempelutföranden.

Slutligen är kostnaderna för de lätta mellanväggarna där stålregelstommens arbeten kostar 25 661€ och materialen 37 026€ som då blir en total kostnad för stålregelmellanväggarna till 62 687€. Limträregelstommens arbeten kostar 27 799€ och materialen 29 700€ med en total kostnad på 57 499€. Limträregelstommen är då alltså 5188€ billigare än stålregelstommen.

Den största skillnaden mellan exemplen är i utförandet av ytterväggarna där träexemplet är 218 600€ billigare än betongexemplet. En annan stor skillnad i priserna är balkongerna där betongbalkongerna är 151 756€ billigare än träbalkongerna. Den totala summan för alla byggnadsdelar i jämförelse så blir 924 103€ för betongexemplet och 921 111€ för träexemplet vilket är en skillnad på endast 2992€.

## 9 Diskussion

Användningen av trä i flervåningshus med betongstomme har sina möjligheter och risker. Att avgränsa trämaterialiet på så sätt att stommen är bärande av betong, minskar på användningsmöjligheterna av trä vilket gör det lättare att undersöka på den skilda inriktningen.

Betong är ett byggnadsmaterial som är billigt, bra och som det finns mycket erfarenhet i användningen av inom byggnadsbranschen. Däremot är träanvändningen bättre för miljön enligt nuvarande forskning men har utmaningar då erfarenheten är mycket mindre i byggandet av större byggnader och konstruktioner i trä.

Med tanke på miljön är betong dåligt på grund av cementtillverkningen som kräver mycket energi till uppvärmning vid cementtillverkningen och trä är bättre för miljön då det knappt kräver någon energi vid tillverkningen i jämförelse med betongtillverkningen.

Det som skiljer betong och trä i utvecklingen av ett mera miljövänligt material är att betongen går och har redan forskats att vara mera koldioxidneutral utan att inverka på hållfasthetsegenskaperna, medan däremot trämaterial är mycket svårare att göra mera miljövänligare än vad det redan är. Potentialen för att betong kan bli koldioxidneutralt och miljövänligare än träkonstruktioner finns i min åsikt men det kräver då konstant forskning och utveckling av olika sorters betongblandningar.

Jämförelsestudien som är med i den teoretiska delen av detta slutarbete visar att då man tar i beaktan den koldioxid som träd binder i skogen och jämför det med hur mycket som trämaterialiet binder i en byggnad så ungefär halveras koldioxidbindningen. Det finns inget krav på att räkna med denna förlust av koldioxidbindning i beräkning av byggnaders koldioxidfotavtryck. Därför har Gaia Consulting gjort undersökning där de räknar med den förlusten och hur det då påverkar byggnadens livscykel.

I den jämförelsestudien av betong, träregelstomme och CLT så visar resultaten från undersökningen att med beaktan på byggnadens hela livscykel inräknat med att trämaterialen tar bort koldioxidbindningen från skogen, så i slutet på byggnadens 50 års livscykel har CLT-elementhuset och träregelstommen större negativ effekt på miljön än vad betonghuset har. Problemet med denna beräkningsmetod var att den är väldigt ny och att det inte finns någon standard eller krav som säger att man måste beakta det.

Under arbetes gång då källor har undersökts och olika materialleverantörers hemsidor granskats så kan jag påstå att det som leverantörer säljer till exempel träelement, så förskönar de sanningen om materialet som de säljer och töjer på gränserna om sanningen och lämnar bort samt undandömmar lite sämre egenskaper om materialet.

Våningshus av träelement blir mera populärt och påstås vara ett sätt att kämpa för koldioxidneutralitet i bygnadsbranschen. De problemen som jag fått en uppfattning om i ämnet är att trävåningshusbyggnad finns det mycket mindre erfarenhet i, och på så sätt skapar mera kostnader och osäkerheter.

Förutom mera kostnader så tar planeringen av trähus längre även på grund av bristen på kunskap i jämförelse med betong. Denna brist på kunskap samt erfarenhet innebär även att det finns väldigt lite erfarenheter och resultat från trä våningshusens hela livstid, som betyder att vi inte kan med säkerhet säga hur träbyggnader beter sig under livstiden från början till slut.

Ända sättet att få mera erfarenhet i ämnet är att forska, bygga och lära sig av misstagen som uppkommer samt i processen försöka minska på skadan som misstagen orsakar så de inte orsakar för stora motgångar, som gör att ingen annan vågar sig på träbyggnad.

Det problem som finns vid träbyggnad är att det brukar krävas väderskydd under byggnadsskedet som då kan innebära mera utgifter och resursering. Detta för att skydda trämaterialen och förhindra sådant som mikrotillväxt och fuktskador. Med väderskydd så säkras hela byggnaden mot bland annat regn som gör då att inomhusarbeten kan påbörjas, direkt väderskyddet är monterat vilket kan vara snabbare än att vänta på att vattentaket blir färdigt. Med väderskyddet kan man även säkra en bättre kvalitet av byggnaden då den inte löper risk för fuktskador.

Förutom fuktskador och kompetenssvårigheter så har materialpriserna på byggvaror ökat väldigt mycket i jämförelse med senaste 10–15 åren. Detta gör det mycket utmanande att kunna räkna offerter som är lönsamma och som kunden känner sig bekväm med. En lösning på detta har varit att man börjar införa indexbundna offerter som följer marknadens materialpriser, för att undvika att entreprenören hamnar att betala extra materialkostnader och gå på minus av projektet.

## 9.1 Resultatdiskussion

Utgående från resultaten kan man konstatera att träexemplet är mera lönsamt så länge som tillgängligheten och priserna på material är som beräknat.

Tabell 8. Resultat från utföranden

	Betongexempel	Träexempel
Koldioxidutsläpp	11,03 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a	10,05 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a
Koldioxidutsläpp i byggnadsskedet (A1-A5)	7,04 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a	6,42 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a
Persontimmar	1320	1912
Kostnader	924 103€	921 111€

Utsläppen för träexemplet är mindre enligt dagens räknemetoder men om den biogena koldioxidskulden tas i beaktan senare och fastställs i standarder och lagar så kan det vara andra resultat, men enligt räknemetoderna som används nu så är träexemplet miljövänligare jämfört med betongexemplet.

Persontimmarna för exemplen är väldigt olika där betongexemplet har 592 mindre persontimmar i samma utförande i jämförelse med träexemplet. Detta hade ändå ingen inverka på tidtabellen då de extra timmarna var överflyttade till största del åt underleverantörer som då inte påverkade takten på bygget.

Dessa extra timmar borde då innebära att kostnaden för träexemplet skulle vara dyrare men så är inte fallet här. Skillnaden på slutsummorna var endast så att träexemplet var 2992€ billigare än betongexemplet vilket är väldigt nära samma pris med tanke på helhetsutförandet.

Träexemplet kan beaktas som bättre och billigare då med träbalkongerna ingick det skräddarsydd planering som inte är medräknat i betongbalkongerna. Slutsummorna var väldigt samma men i träexemplet var det fördel då byggnaden hade totalt väderskydd.

Med detta beaktat kan man konstatera att det lönar sig att bygga med träregelstomme i delar av byggnaden. Inte bara för att det är bättre för miljön utan också för att i träexemplet var det räknat med ett omfattande väderskydd, som skulle säkra och underlätta fuktsäkerheten på byggarbetsplatsen och i samband med det skapa inbesparingar genom att undvika möjliga fuktskador orsakade på grund av väder.

## 9.2 Utvecklingsmöjligheter

Det finns nästan alltid en möjlighet att utveckla någonting som redan existerar till någonting bättre eller så det passar till ett annat ändamål. Under gången av detta arbete har några tankar slagit till om saker som kunde utvecklas för det bättre.

Betong är någonting som inte är miljövänligt om det är en standardblandning med portlandcement. Det på grund av den värme och energi som krävs vid tillverkningen av cementen. I detta arbetes teoridel beaktas de en del möjligheter som företag redan kommit på för att komma närmare koldioxidneutral betong. Hittills har det lyckats att minska på cementtillverkningens koldioxidutsläpp med 40%.

Ett annat sätt som man lyckats utveckla med betongen är att använda betongkross som grovt stenmaterial i nya betongblandningar utan att påverka de tekniska egenskaperna, vilket stärker den cirkulära ekonomin och därmed minskar på utsläpp.

Att fortsätta forska i utvecklingen av betong till koldioxidneutralt byggnadsmaterial har en större potential än vad trämaterial har eftersom trämaterialiet är så koldioxidneutralt som det går enligt dagens teknik.

Det som jag kan se att skulle minska på utsläppen vid virkestillverkning är användningen förnybara bränslen i skogsmaskiner och transportbilar, samt användningen av förnybar energi vid sågverk och fabriker. Dessa lösningar kan även tillämpas på tillverkningen av betong så ingen materialspecifik lösning är det. Men däremot är det fullt möjligt att någon tar sig an utmaningen och gör trämaterial mera koldioxidneutralt än vad det redan är.

## 10 Avslutning

Detta examensarbete har behandlat användningen av trä i ett flervåningshus med betongstomme. Syftet var att jämföra användningen av betong och trä i icke-bärande konstruktioner med fördjupning på koldioxidutsläpp, utförandetidtabell och kostnader.

Målet var att få jämfört materialen och presenterat resultaten inom utförandemetoden samt som en enda helhet. Teoridelen lyften fram tekniska egenskaper och information som stöder det praktiska utförandet samt ny forskning inom koldioxidberäkning.

Resultatet som den praktiska delen har lett till med stöd av teorin var till fördel för användningen av trä i flervåningshus med betongstomme med fördjupningen och helheten på koldioxidutsläpp, utförandetidtabell och kostnader.

## 11 Källförteckning

- Aatsalo, J. (den 10 2 2022). *Puu vastaan betoni Turussa: Roima hintaero, mutta puulla on myös kilpailutekijänsä*. Hämtat från Rakennuslehti: <https://www.rakennuslehti.fi/2022/02/turun-vertailuhanke-paljasti-puu-tuli-kalliimmaksi-kuin-betoni-mutta-ilmastovaikutuksissa-ja-rakentamisajoissa-selkea-ero/> den 20 4 2022
- Airaksela, M. (den 9 9 2021). *Vaikuttavuus ja mittarit puurakentamisen hankkeille*. Hämtat från Puuakatemia: [https://www.motiva.fi/files/19206/2.\\_Puu\\_ ja\\_betonirakennuksen\\_vertailu\\_Kuninkaantammessa\\_Mika\\_Airaksela\\_Ar.pdf](https://www.motiva.fi/files/19206/2._Puu_ ja_betonirakennuksen_vertailu_Kuninkaantammessa_Mika_Airaksela_Ar.pdf) den 18 3 2022
- Ansion Sementtivalimo Oy. (u.d.). *Betoni vai puu?* Hämtat från <https://asv.fi/ymparisto/puu> den 31 1 2022
- Bäckgren, H. (den 11 11 2017). *Jätkäsaaren homehtuneet Wood City -puukerrostalot ovat Stora Enson osin rahoittama tutkimuskohde – Työmaalla testattiin, miten puurakentaminen onnistuu ilman sääsuojaa*. Hämtat från Rakennuslehti: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/jatkasaaren-homehtuneet-wood-city-puukerrostalot-ovat-stora-enson-osin-rahoittama-tutkimuskohde-tyomaalla-testattiin-miten-puurakentaminen-onnistuu-ilman-saasuojaa/> den 18 4 2022
- Fortum. (den 24 11 2020). *Mikä on hiilijalanjälki ja miten pienennät sitä?* Hämtat från Fortum: <https://yhdessä.fortum.fi/mika-on-hiilijalanjalki-ja-miten-pienennat-sita> den 20 4 2022
- Fuktsäkert byggande. (u.d.). *Väderskydd*. Hämtat från Fuktsäkert byggande: <https://fuktsaker.se/fukt/vaderskydd/> den 24 4 2022
- Gaia Consulting Oy. (den 12 3 2021). *Vähähiilisten rakennusmateriaalien hiilikädenjälki osana sääntelyä - haasteet ja mahdollisuudet*. Hämtat från Rakennusteollisuus: [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/kekri/vahahiilisten-rakennusmateriaalien-hiilikadenjalki-osana-saantelya\\_loppuraportti\\_clean.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/kekri/vahahiilisten-rakennusmateriaalien-hiilikadenjalki-osana-saantelya_loppuraportti_clean.pdf)
- Härkönen, T. (den 19 1 2020). *Sementin hiilijalanjälki pienenee kiertotaloudella. Kivifaktaa*. Hämtat från Kivifaktaa: <https://kivifaktaa.fi/sementin-hiilijalanjalki-pienenee-kiertotaloudella/> den 7 3 2022
- Koivisto, K. (den 26 11 2017). *Nytt projekt jämför trä med betong*. Hämtat från Hufvudstadsbladet: <https://www.hbl.fi/artikel/nytt-projekt-jamfor-tra-med-betong-2/> den 6 4 2022
- Luotola, J. (den 16 11 2020). *Puukerrostalo voitti betonisen*. Hämtat från Insinööri-lehti: <https://insinoori-lehti.fi/artikkelit/puukerrostalo-voitti-betonisen/> den 17 4 2022
- Luukkonen, H. (den 5 4 2022). *Rakennuslehti*. Hämtat från Kuinka Ukrainan sota vaikuttaa rakennusalaan?: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2022/kuinka-ukrainan-sota-vaikuttaa-rakennusalaan/> den 12 5 2022

- Miettunen, E. (den 19 11 2021). *Vähähiilistä ja vahvaa tekoa Finnsementin uudella Kolmossementillä*. Hämtat från Finnsementti:  
<https://finnsementti.fi/tuotteemme/vahahiilista-ja-vahvaa-tekoa-finnsementin-uudella-kolmossementilla/>
- Miljöministeriet. (den 29 6 2017a). *Färdplanen för koldioxidsnålt byggande*. Hämtat från Miljöministeriet: <https://ym.fi/sv/fardplanen-for-koldioxidsnalt-byggande> den 12 3 2022
- Miljöministeriet. (den 30 8 2019b). *Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä*. Hämtat från Statsrådet:  
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM\\_2019\\_22\\_Rakennuksen\\_vahahiilisyyden\\_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y) den 23 4 2022
- Miljöministeriet. (2021c). *Cirkulär ekonomi inom byggandet*. Hämtat från Miljöministeriet: <https://ym.fi/sv/cirkular-ekonomi-inom-byggandet> den 8 2 2022
- Miljöministeriet. (2021d). *Klimatneutralt Finland 2035*. Hämtat från <https://ym.fi/sv/klimatneutralt-finland-2035> den 15 2 2022
- Miljöministeriet. (2022e). *Koldioxidsnålt byggande*. Hämtat från Miljöministeriet: <https://ym.fi/sv/koldioxidsnalt-byggande> den 12 3 2022
- Miljöministeriets förordning om byggnaders fukttekniska funktion 782/2017*. (u.d.). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170782>
- Mybe. (2022). *Valmisbetoni*. Hämtat från Mybe: <https://mybe.fi/valmisbetoni/> den 2 5 2022
- Myller, V. (den 2 12 2016). *Puurakentaminen, julkiset- ja kerrostalokohteet*. Hämtat från Työtehoseura:  
[https://www.tts.fi/files/656/Esitys\\_BUS\\_2\\_Rakennustyomaan\\_saasuojaus\\_Veikko\\_Myller.pdf](https://www.tts.fi/files/656/Esitys_BUS_2_Rakennustyomaan_saasuojaus_Veikko_Myller.pdf) den 10 3 2022
- Nykänen, E. H. (2017). *Puurakentaminen Euroopassa LeanWOOD*. Hämtat från VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 297:  
<https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2017/T297.pdf>
- Puuinfo. (den 15 7 2020). *Kosteustekniset ominaisuudet*. Hämtat från Puuinfo:  
<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet/> den 6 4 2022
- Puuinfo. (den 25 6 2020). *Lujuusteknisiä ominaisuuksia*. Hämtat från Puuinfo:  
<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia/> den 2 5 2022
- Puuinfo. (den 23 4 2020). *Puun käyttö rakentamisessa*. Hämtat från Puuinfo:  
<https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/> den 4 4 2022
- Ramirent. (den 22 2 2021). *Säsuojainnovaatiot puutalorakentamisessa*. Hämtat från Ramirent: <https://www.ramirent.fi/blogi/saasuojainnovaatiot-puutalorakentamisessa> den 10 3 2022

- Ratu S-1232. (2 2013). *Rakennustyömaan sääsuojaus*. Hämtat från Rakennustieto Oy: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1232> den 4 4 2022
- Rudus Pro. (den 14 9 2021). *Uusi innovaatio: kierrätyskiviainesta myös valmisbetoniin*. Hämtat från Rudus: <https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2021/09/14/uusi-innovaatio-kierratyskiviainesta-myoys-valmisbetoniin> den 7 3 2022
- Salmi & Partners Ab. (den 8 2 2021). *Trä mot betong - hög risk för dolda fel*. Hämtat från Dolda fel hus: <https://www.doldafelhus.se/tra-mot-betong-hog-risk-for-dolda-fel> den 4 5 2022
- Siikanen, U. (2016). *Puurakentaminen*. Helsingfors: Rakennustieto Oy.
- Skogsstyrelsen. (den 2 6 2021). *Skogen ger klimatvänligt byggnadsmaterial*. Hämtat från Skogsstyrelsen: <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/skog-och-klimat/klimatvanligt-byggnadsmaterial/> den 2 5 2022
- Statistikcentralen. (den 16 3 2022). *Byggnadskostnaderna steg i februari med 7,5 procent från året innan*. Hämtat från Statistikcentralen: [https://www.stat.fi/til/rki/2022/02/rki\\_2022\\_02\\_2022-03-16\\_tie\\_001\\_sv.html#0](https://www.stat.fi/til/rki/2022/02/rki_2022_02_2022-03-16_tie_001_sv.html#0) den 19 3 2022
- Statsrådets förordning om säkerheten vid byggarbeten 205/2009. (u.d.). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2009/20090205#L8> den 20 4 2022
- Suomen Betoniyhdistys ry. (2018). *BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018*. Helsingfors: Suomen Betoniyhdistys ry.
- Suomen Betoniyhdistys ry. (2019). *BY 71 RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus*. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2020). *RIL 250-2020*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (12 2021). *SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020*. Hämtat från Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet: <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/1063478.html.stx>
- Svenskt Trä. (den 26 11 2018). *Väderskydd*. Hämtat från Träguiden: <https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/projektering-av-trahus---generellt/projektering-av-trahus---generellt/vaderskydd/> den 24 4 2022
- Talorakennusteollisuus Ry. (2019). *Rakennustöiden menakit 2020*. Helsingfors: Rakennustieto.
- Tocoman. (u.d.). *Tocoman Aikataulu - Pysy tahdissa. Pysy aikataulussa*. Hämtat från Tocoman: <https://www.tocoman.fi/aikataulu> den 4 5 2022
- Työsuojeluhallinto. (den 3 6 2020). *Taakan kiinnittäminen asennusnosturiin vaatii kirjallisen luvan*. Hämtat från Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu: <https://www.tyosuojelu.fi/-/taakan-kiinnittaminen-asennusnosturiin-vaatii-kirjallisen-luvan> den 5 3 2022

Työterveyslaitos. (den 28 2 2003). *OVA-ohje: VETYPEROKSIDI - tiivistelmä*. Hämtat från Työterveyslaitos: <https://www.ttl.fi/ova/tvetpero.html>

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. (u.d.). Hämtat från <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403#L1P14> den 5 3 2022

Viljakainen, M., & Lahtela, T. (den 16 7 2019). *Rakentamisen hiilijalanjälkivertailu – tapaustutkimus*. Hämtat från Puuinfo: <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/rakentamisen-hiilijalanjalkivertailu-tapaustutkimus/>

Woodia. (2022). *Puuparvekkeet betoni- ja puukerrostaloihin*. Hämtat från Woodia: <https://woodia.fi/parvekkeet/> den 6 4 2022

YIT. (den 18 2 2021). *Jokainen tapaturma pysäyttää - työturvallisuus kehittyy ennakoimalla ja oppimalla*. Hämtat från YIT: <https://www.yit.fi/ytimessa/tyoturvallisuus-kehittyy-ennakoimalla-ja-oppimalla> den 5 3 2022

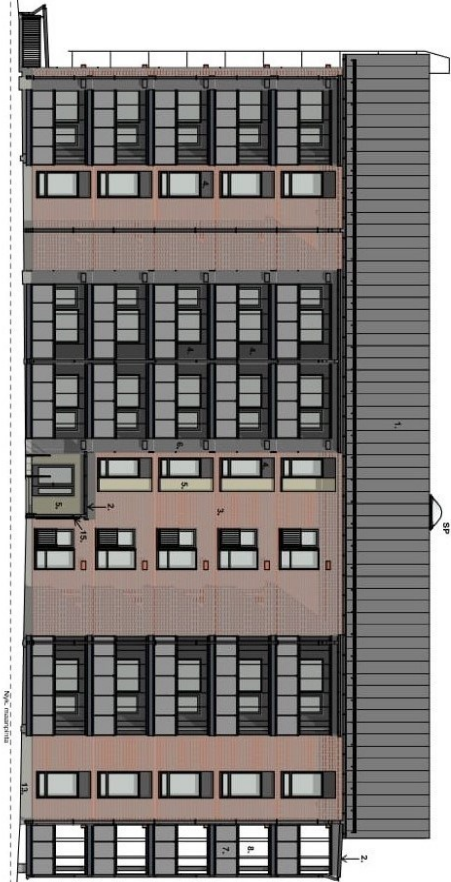


**TIIVISTELMÄ**

... (Detailed text describing the project, including site conditions, building specifications, and landscaping details. The text is partially obscured and difficult to read due to the image quality.)

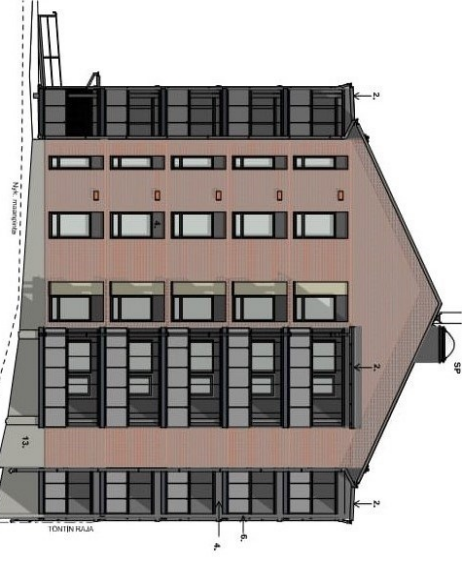
	AS Oy Varsina Sacher Bar 68100 Vammala
ARK 2903 01	1.4.2022

JULKISIVU LÄNTEEN



TONIN RAJA

JULKISIVU ETELLÄÄN



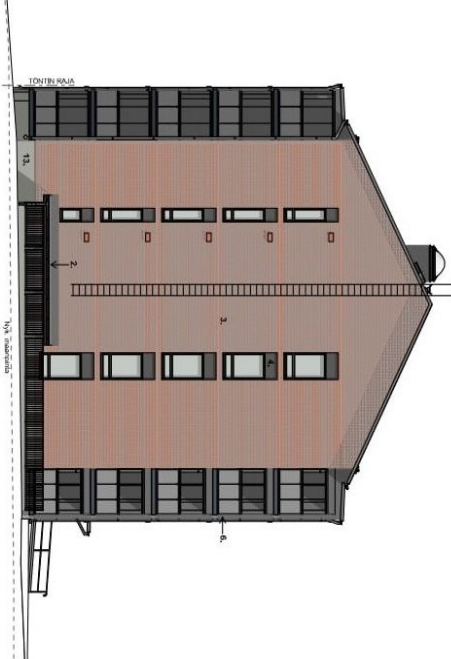
TONIN RAJA

JULKISIVU ITÄÄN



TONIN RAJA

JULKISIVU POUHJOISEEN



TONIN RAJA



Pääsivu > As Oy Vaasan Sacher Bab > G2b Puu > Rakennuksen vähähiilisyden arviointi  
(Ympäristöministeriö, 30.8.2019)

## G2b Puu - Rakennuksen vähähiilisyden arviointi (Ympäristöministeriö, 30.8.2019)

Hankkeen perustiedot

Excel-tulostaulukko G2b Puu


Projekti	As Oy Vaasan Sacher Bab - G2b Puu
Nimi	- 18.04.2022
Työkalu	Rakennuksen vähähiilisyden arviointi (Ympäristöministeriö, 30.8.2019)
Tiedot	Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä, versio 30.8.2019. Sisältää hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen.

### Projektin perustiedot

Tyyppi	Asuinkerrostalot
Maa	Suomi
Osoite	Vuorikatu 22, 65100 VAASA
Bruttoala (m <sup>2</sup> ;) )	2925
Maanpäälliset kerrokset	5
Runkotyyppi	concrete

 1 895 Tonnia  
CO<sub>2</sub>e

 14,21 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>  
/ vuosi

 94 733 €  
sosiaaliset Apua

## kustannukset

### Tulokset

## Rakennuksen vähähiilisuuden arviointi [Lataa tulosten yhteenveto](#)


Tulokset on jaettu lämmitetyllä nettoalalla sekä laskentajakson pituudella menetelmäohjeen mukaan.

	Tuloskategoria	Ilmaston lämpeneminen kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a	
■ A1-A5	Päästövaikutukset ennen käyttöä (moduulit A1-5)	6,42	Yksityiskohdat
A1-A3	Valmistus	5,44	Yksityiskohdat
A4	Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,2	Yksityiskohdat
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,22	Yksityiskohdat
A5-YM	Uudisrakennustyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,55	Yksityiskohdat
■ B3-B4,B6	Päästövaikutukset käytön aikana (moduulit B3-4, B6)	7,12	Yksityiskohdat
B3-4	Korjausten energiankulutus (taulukkoarvo)	0,04	Yksityiskohdat
B4	Rakennusosien vaihto	0,39	Yksityiskohdat
B6	Energian käyttö	6,69	Yksityiskohdat
■ C	Päästövaikutukset käytön jälkeen (moduuli C)	0,67	Yksityiskohdat
C1	Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,16	Yksityiskohdat
C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0,2	Yksityiskohdat
C3-4	Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0,31	Yksityiskohdat
A-C	Hiilijalanjälki (elinkaaren moduulien A-C summa)	14,21	Yksityiskohdat
■ A-D	Hiilikädenjälki (elinkaaren moduulien A-D summa)	-4,16	Yksityiskohdat
bio-CO2	Hiilivarasto, biogeeninen	-0,98	Yksityiskohdat
B1	Sementtipohjaisten tuotteiden hiilinielut		Yksityiskohdat
D	Uudelleenkäytöstä ja kierrätyksestä saatavat hyödyt (moduuli D)	-3,17	Yksityiskohdat
D-energia	Ylijäävä uusiutuva energia		Yksityiskohdat










### Kattavuuden ja luotettavuuden tarkistus

#### Eniten vaikuttavat materiaalit (Ilmaston lämpeneminen)

Apua

No.	Resurssi	Vaikutukset kehdesta portille (A1-A3)	Kehdosta portille (A1- A3)	Kestävät vaihtoehdot	
1.	Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen  ?	208 tonnia CO <sub>2</sub> e	28.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
2.	Ontelolaatta, yleinen  ?	147 tonnia CO <sub>2</sub> e	20.3 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
3.	Ikkuna, kolminkertainen lasi, puu- alumiinikehys, U-arvo 1  ?	37 tonnia CO <sub>2</sub> e	5.1 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
4.	Betonirauditus, yleinen  ?	35 tonnia CO <sub>2</sub> e	4.8 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
5.	Lattiatasoite  ?	26 tonnia CO <sub>2</sub> e	3.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
6.	Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen  ?	22 tonnia CO <sub>2</sub> e	3.0 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
7.	Kipsilevy, tavallinen, yleinen  ?	22 tonnia CO <sub>2</sub> e	3.0 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
8.	Leca kevytsora  ?	19 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
9.	Ilmanvaihtojärjestelmä ?	19 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
10.	Patteriverkosto ?	18 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.5 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
11.	Kivivillaeristelevy, yleiset  ?	17 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.3 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi
12.	Sprinklerijärjestelmä ?	16 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.2 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja	Lisää vertailtavaksi

Apua

No.	Resurssi	Vaikutukset kehdesta portille (A1-A3)	Kehdosta portille (A1- A3)	Kestävät vaihtoehdot
13.	DPL laminate flooring  ?	14 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.9 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
14.	Sähköasennukset ja kaapeloinnit ?	14 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.9 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
15.	Red brick, average production, UK  ?	11 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
16.	Sinkittyteräspeltikate 0,5 mm  ?	11 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.5 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
17.	Dry mortar  ?	10 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.4 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
18.	Kerto viilupuu (LVL),  ?	8,7 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.2 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
19.	Ceramic wall tiles  ?	8,3 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.1 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
20.	Eriste, EPS 100  ?	7,1 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.0 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
21.	Vesijohtojärjestelmä ?	7,2 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.0 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
22.	Hissi ?	7,6 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.0 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
23.	EPS-eriste  ?	5,6 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.8 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
24.	Valmisbetoni, matala lujuus, yleinen  ?	5,1 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi

Apua

No.	Resurssi	Vaikutukset kehdesta portille (A1-A3)	Kehdosta portille (A1- A3)	Kestävät vaihtoehdot
25.	Wooden decking, cladding and planed timber for joinery applications 	3,4 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.5 %	<a href="#">Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja</a> <a href="#">Lisää vertailtavaksi</a>

## Kaaviot

## Tietolähteet

Pääsivu > As Oy Vaasan Sacher Bab > G2b > Rakennuksen vähähiilisyden arviointi  
(Ympäristöministeriö, 30.8.2019)

## G2b - Rakennuksen vähähiilisyden arviointi (Ympäristöministeriö, 30.8.2019)

Hankkeen perustiedot


Excel-tulostaulukko G2b



Projekti	As Oy Vaasan Sacher Bab - G2b
Nimi	- 23.04.2022
Työkalu	Rakennuksen vähähiilisyden arviointi (Ympäristöministeriö, 30.8.2019)
Tiedot	Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä, versio 30.8.2019. Sisältää hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen.

### Projektin perustiedot

Tyyppi	Asuinkerrostalot
Maa	Suomi
Osoite	Vuorikatu 22, 65100 VAASA
Bruttoala (m <sup>2</sup> ;) )	2925
Maanpäälliset kerrokset	5
Runkotyyppi	concrete

 1 979 Tonnia  
CO<sub>2</sub>e

 14,84 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>  
/ vuosi

 98 928  Apua  
sosiaaliset

## kustannukset

### Tulokset

## Rakennuksen vähähiilisuuden arviointi [Lataa tulosten yhteenveto](#)











Tulokset on jaettu lämmitetyllä nettoalalla sekä laskentajakson pituudella menetelmäohjeen mukaan.

	Tuloskategoria	Ilmaston lämpeneminen kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a	
■	A1-A5 Päästövaikutukset ennen käyttöä (moduulit A1-5)	7,04	Yksityiskohdat
A1-A3	Valmistus	6,04	Yksityiskohdat
A4	Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,2	Yksityiskohdat
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,24	Yksityiskohdat
A5-YM	Uudisrakennustyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,55	Yksityiskohdat
■	B3-B4,B6 Päästövaikutukset käytön aikana (moduulit B3-4, B6)	7,13	Yksityiskohdat
B3-4	Korjausten energiankulutus (taulukkoarvo)	0,04	Yksityiskohdat
B4	Rakennusosien vaihto	0,4	Yksityiskohdat
B6	Energian käyttö	6,69	Yksityiskohdat
■	C Päästövaikutukset käytön jälkeen (moduuli C)	0,67	Yksityiskohdat
C1	Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,16	Yksityiskohdat
C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0,2	Yksityiskohdat
C3-4	Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0,31	Yksityiskohdat
A-C	Hiilijalanjälki (elinkaaren moduulien A-C summa)	14,84	Yksityiskohdat
■	A-D Hiilikädenjälki (elinkaaren moduulien A-D summa)	-3,81	Yksityiskohdat
bio-CO2	Hiilivarasto, biogeeninen	-0,28	Yksityiskohdat
B1	Sementtipohjaisten tuotteiden hiilinielut		Yksityiskohdat
D	Uudelleenkäytöstä ja kierrätyksestä saatavat hyödyt (moduuli D)	-3,53	Yksityiskohdat
D-energia	Ylijäävä uusiutuva energia		Yksityiskohdat

### Kattavuuden ja luotettavuuden tarkistus

#### Eniten vaikuttavat materiaalit (Ilmaston lämpeneminen)

Apua

No.	Resurssi	Vaikutukset kehdesta portille (A1-A3)	Kehdosta portille (A1- A3)	Kestävät vaihtoehdot
1.	Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen  ?	240 tonnia CO <sub>2</sub> e	29.8 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
2.	Ontelolaatta, yleinen  ?	147 tonnia CO <sub>2</sub> e	18.2 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
3.	Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen  ?	46 tonnia CO <sub>2</sub> e	5.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
4.	Betoniraudotus, yleinen  ?	41 tonnia CO <sub>2</sub> e	5.1 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
5.	Ikkuna, kolminkertainen lasi, puu- alumiinikehys, U-arvo 1  ?	37 tonnia CO <sub>2</sub> e	4.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
6.	Lattiatasoite  ?	26 tonnia CO <sub>2</sub> e	3.2 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
7.	Red brick, average production, UK  ?	23 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.8 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
8.	Kipsilevy, tavallinen, yleinen  ?	22 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
9.	Dry mortar  ?	21 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
10.	Leca kevytsora  ?	19 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.4 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
11.	Ilmanvaihtojärjestelmä ?	19 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.3 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
12.	Patteriverkosto ?	18 tonnia CO <sub>2</sub> e	2.2 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi

Apua

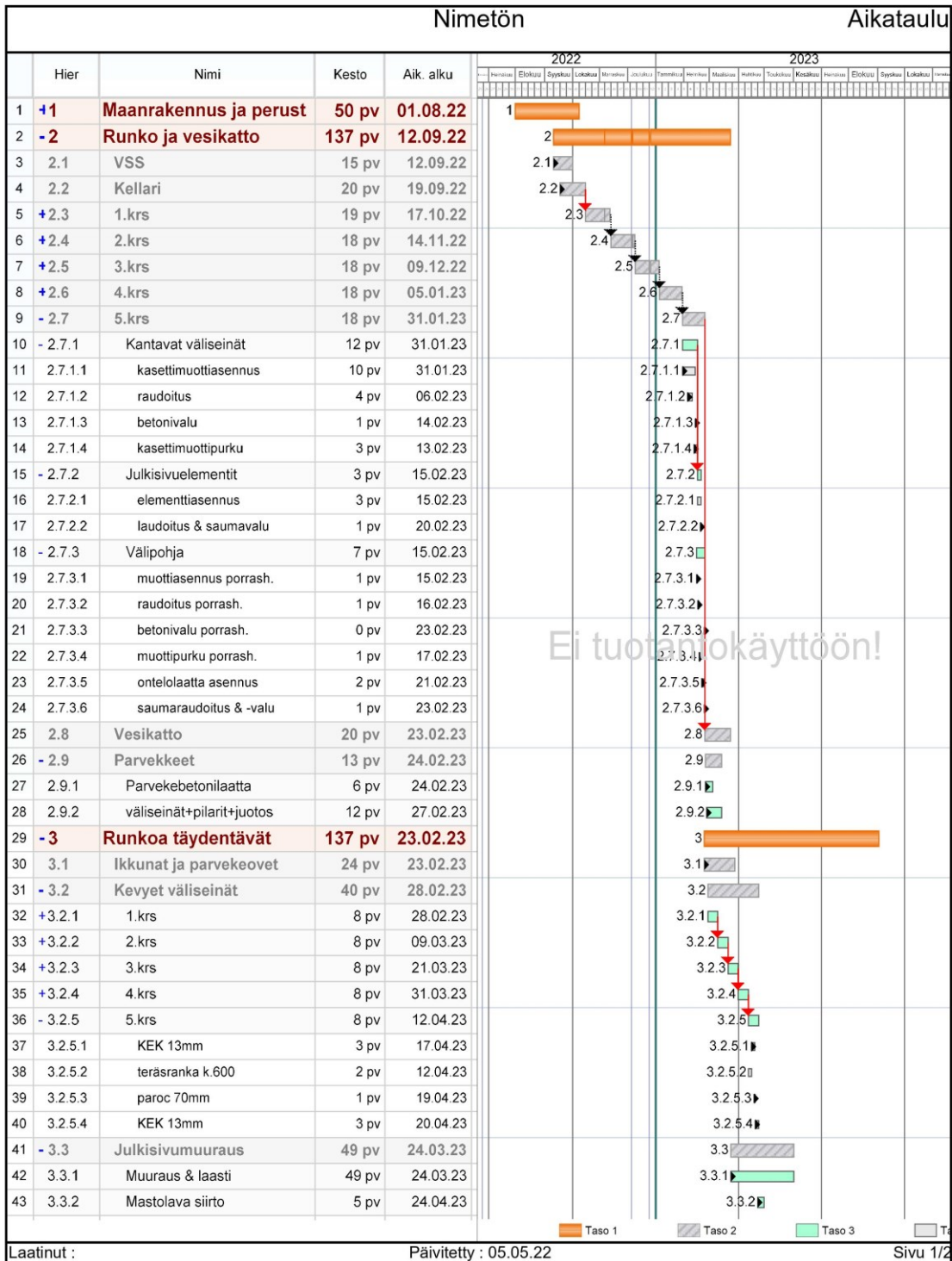
No.	Resurssi	Vaikutukset kehdestä portille (A1-A3)	Kehdestä portille (A1- A3)	Kestävät vaihtoehdot
13.	Sprinklerijärjestelmä ?	16 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.9 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
14.	Hot-dip galvanized steel sheets ☁️ ?	13 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
15.	DPL laminate flooring ☁️ ?	14 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
16.	Sähköasennukset ja kaapeloinnit ?	14 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
17.	Sinkittyteräspeltikate 0,5 mm ☁️ ?	11 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.3 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
18.	Kivivillaeristelevy, yleiset ☁️ ?	9,9 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.2 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
19.	Ceramic wall tiles ☁️ ?	8,3 tonnia CO <sub>2</sub> e	1.0 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
20.	Eriste, EPS 100 ☁️ ?	7,1 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.9 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
21.	Vesijohtojärjestelmä ?	7,2 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.9 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
22.	Hissi ?	7,6 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.9 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
23.	EPS-eriste ☁️ ?	5,6 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.7 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi
24.	Valmisbetoni, matala lujuus, yleinen ☁️ ?	5,1 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.6 %	Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja Lisää vertailtavaksi

Apua

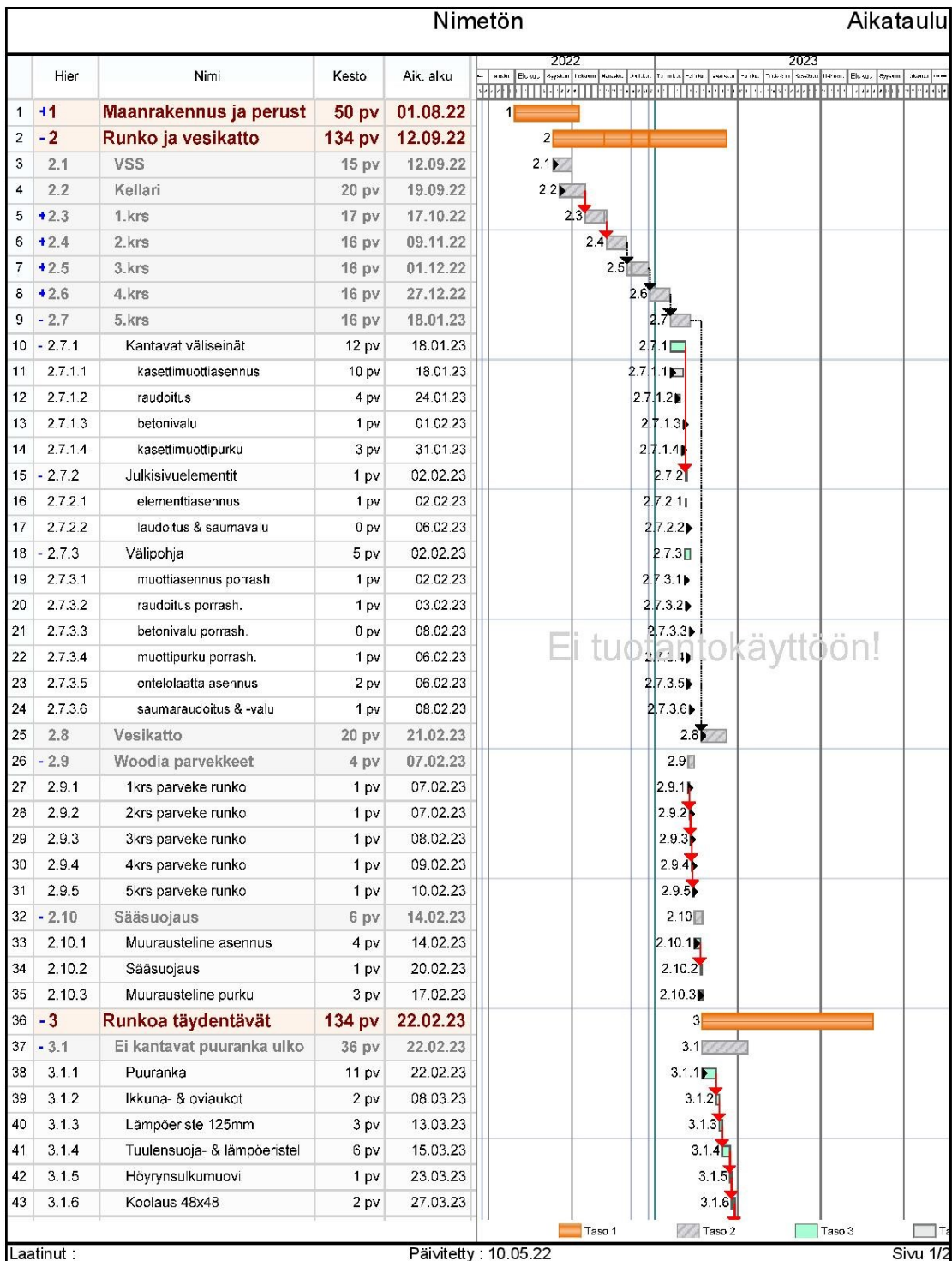
No.	Resurssi	Vaikutukset kehdosta portille (A1-A3)	Kehdosta portille (A1- A3)	Kestävät vaihtoehdot
25.	Betonirauditus, yleinen  ?	5,2 tonnia CO <sub>2</sub> e	0.6 %	<a href="#">Näytä ympäristötehokkaita vaihtoehtoja</a> <a href="#">Lisää vertailtavaksi</a>

## Kaaviot

## Tietolähteet









## Bilaga 8

Betong	tth			H
	mängd	enh.	T4	
<b>KALKYL</b>				
<b>Yttervägg betongelement</b>				
betongelement 150mm+140mm isolering TW57	100	st	2,12	212,0
formsättning och foggjutning	100	st	0,50	50,0
				0,0
<b>Alla fasader vid balkonger</b>				0,0
stående skålning 25x100 c600	580	m2	0,12	67,0
fasadskiva	580	m2	0,18	103,5
				0,0
<b>Tegel hela fasaden</b>				0,0
tegel 135mm + murbruk	1548	m2	0,51	789,5
				0,0
<b>Lätta mellanväggar</b>				0,0
gips KEK 13mm	396	m2	0,11	42,8
stålprofil R66 k.600	396	m2	0,10	39,2
isolering paroc extra 70mm	396	m2	0,04	14,3
gips KEK 13mm	396	m2	0,11	42,8
				0,0
<b>Balkongelement</b>				0,0
balkongplatta+juotos	45	st	2,04	91,6
balkongavskiljare+pelare+juotos	75	st	2,48	185,6

## Bilaga 9

Trä	tth			
	mängd	enh.	T4	H
<b>KALKYL</b>				
<b>Ytterväggar icke bärande</b>				
träregelstomme 48x123 k.600	1030	m2	0,17	170,0
fönster- & dörröppningar	90	st	0,44	39,6
värmeisolering KL-37 125mm	1030	m2	0,04	41,2
vindskydd o värmeisol. RKL 31 Facade 50mm	1030	m2	0,09	92,7
fuktspärr/plast	1030	m2	0,02	20,6
skålning 48x48 k.600	979	m2	0,04	43,1
värmeisolering 50mm paroc eXtra plus	979	m2	0,04	39,2
gips GEK/GN 13	979	m2	0,13	123,4
<b>Ytterväggselement bärande</b>				0,0
betongelement 150mm+140mm isolering TW57	30	st	2,54	76,3
formsättning och foggjutning	30	st	0,50	15,0
				0,0
<b>Fasader vid ickebärande balkonger</b>				0,0
korsskålning 22x100 k600	102	m2	0,08	7,9
fasadskiva	102	m2	0,19	19,1
				0,0
<b>Fasad vid bärande balkonger</b>				0,0
stående skålning 25x100 c600	14	m2	0,12	1,7
fasadskiva	14	m2	0,18	2,5
				0,0
<b>Tegel hela fasaden</b>				0,0
tegel 135mm + murbruk	1548	m2	0,51	789,5
				0,0
<b>Mellanväggar</b>				0,0
gips KEK 13mm	1980	m2	0,11	213,8
träprofil GWR 66/39 k.600	1980	m2	0,13	249,5
isolering paroc extra 70mm	1980	m2	0,04	71,3
gips KEK 13mm	1980	m2	0,11	213,8
				0,0
<b>Väderskydd</b>				0,0
muurausteline 16....26m, helppo asennus	2000	m2	0,07	140,0
telineen sääsuojaus, talvipeite	2000	m2	0,02	40,0
muurausteline 16....26m, helppo purku	2000	m2	0,05	100,0
				0,0
<b>Balkongelement</b>				0,0
Woodia balkonger	45	st	0,80	36,0

## Bilaga 10

Hier	Nimi	Määrä	Yks	Työsaavutus (yks/pv)	Työryhmä lkm	Resurssit	Tunnit	Kesto
+1	<b>Maanrakennus ja perust</b>							<b>50 pv</b>
-2	<b>Runko ja vesikatto</b>						<b>3 461</b>	<b>137 pv</b>
2.1	VSS							15 pv
2.2	Kellari							20 pv
+2.3	1.krs						655	19 pv
+2.4	2.krs						632	18 pv
+2.5	3.krs						632	18 pv
+2.6	4.krs						632	18 pv
+2.7	5.krs						632	18 pv
2.8	Vesikatto							20 pv
+2.9	Parvekkeet						278	13 pv
-3	<b>Runkoa täydentävät</b>						<b>1 746</b>	<b>137 pv</b>
3.1	Ikkunat ja parvekeovet							24 pv
+3.2	Kevyet väliseinät						702	40 pv
+3.3	Julkisivumuuraus						869	49 pv
+3.4	Parvekkeiden julkisivut						174	7 pv
3.5	Parvekekaiteet ja lasit							25 pv
+4	<b>Pintarakenteet</b>							<b>115 pv</b>
+5	<b>Ulkopuolisetyöt</b>							<b>133 pv</b>
+6	<b>Kokeet ja katselmukset</b>							<b>43 pv</b>



Koodi	Nimi	Jana	Tunnit
RAM	Rakennusammattimies		5 207
RM	Rakennusmies		
AU	Aliurakoitsija		

## Bilaga 11

Hier	Nimi	Määrä	Yks	Työsaavutus (yks/pv)	Työryhmä lkm	Resurssit	Tunnit	Kesto
+1	<b>Maanrakennus ja perust</b>							<b>50 pv</b>
- 2	<b>Runko ja vesikatto</b>						<b>3 352</b>	<b>134 pv</b>
2.1	VSS							15 pv
2.2	Kellari							20 pv
+2.3	1.krs						618	17 pv
+2.4	2.krs						595	16 pv
+2.5	3.krs						595	16 pv
+2.6	4.krs						595	16 pv
+2.7	5.krs						595	16 pv
2.8	Vesikatto							20 pv
+2.9	Woodia parvekkeet						72	4 pv
+2.10	Sääsuojaus						280	6 pv
- 3	<b>Runkoa täydentävät</b>						<b>2 284</b>	<b>134 pv</b>
+3.1	Ei kantavat puuranka ulko						575	36 pv
+3.2	Parvekkeiden julkisivut						159	10 pv
3.3	Ikkunat ja parvekeovet							24 pv
+3.4	Kevyet väliseinät						761	40 pv
+3.5	Julkisivumuuraus						789	49 pv
3.6	Parvekekaiteet ja lasit							25 pv
+4	<b>Pintarakenteet</b>							<b>115 pv</b>
+5	<b>Ulkopuolisetyöt</b>							<b>133 pv</b>
+6	<b>Kokeet ja katselmukset</b>							<b>43 pv</b>

Taul1			
Koodi	Nimi	Jana	Tunnit
RAM	Rakennusammattimies		5 283
RM	Rakennusmies		
AU	Aliurakoitsija		352

# Bilaga 12

Kustannuslaskenta	määrä		TYÖ			KL1			KL2			KL3			TYÖ YHT.			AINE YHT.			ALIH. YHT.			€ YHT	€/m2	
	yks	h/a	KTA	H	€/yks	€/yks	€/yks	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€				
<b>Betonelementti ulkoseinät</b>																										
-betonelementin hankinta	1548	m2		0	0,00	300,00	0	0	464 400	0													464 400			
-asennus (autonosturi)	100	kpl	3,50	350	126,00	10,00	12 600	1 000	12 000	1 000													25 600	500 000	323,0	
-juotos	100	kpl		0	0,00	100,00	100,00	0	100,00	0													10 000		10 000	
<b>Betonelementti puurankaesimerkki</b>																										
-betonelementin hankinta	465	m2		0	0,00	300,00	0	0	139 500	0														139 500		
-asennus (autonosturi)	30	kpl	3,50	105	126,00	10,00	120,00	3 780	300	300													7 680	150 180	323,0	
-juotos	30	kpl		0	0,00	100,00	100,00	0	100,00	0														3 000		3 000
<b>Puuranka ulkoseinät</b>																										
-tuulensuoja 50mm	1548	m2	0,25	387	9,00	7,00	13 932	10 836	0															24 768		
-tunko 50x150mm k600	1548	m2	0,40	619	14,40	16,00	22 291	24 768	0															47 059		
-villa 150mm	1548	m2	0,10	155	3,60	4,00	5 573	6 192	0															11 765	131 220	84,76744
-koolaus 50x50 k600	1470	m2	0,25	368	9,00	4,50	13 230	6 615	0															19 845		
-villa 50mm	1470	m2	0,10	147	3,60	2,00	5 292	2 940	0															8 232		
-kipsilevy EK 13mm	1470	m2	0,30	441	10,80	2,50	15 876	3 675	0															19 551		
<b>Tiilimuuraus</b>																										
-tilien ja muurauslaastin hankinta	1548	m2		0	0,00	48,00	0	74 304	0															74 304		
+yhtyspalkit	80	m		0	0,00	25,00	0	2 000	0															2 000		
+skramlat (4 kpl/m2)	6192	kpl		0	0,00	0,80	0	4 954	0															4 954		
+saunaraudat	1548	m2		0	0,00	2,00	0	3 096	0															3 096		
-asennus	1548	m2	0,51	789	17,34	42,00	26 842	0	65 016	0														91 858		
+asennuksessa tarvittava nostin	1548	m2		0	0,00	20,00	0	0	30 960	0														30 960		

