

RISE

BIO
INNOVATION



Livscykelstudie av kontor med kombinerad betong- och träkonstruktion

Peter Ylmén RISE
Diego Peñaloza RISE
Jutta Schade RISE

RISE Rapport 2018:76

VASAKRONAN

Med stöd från:

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 Energimyndigheten

FORMAS 

Strategiska
innovations-
program

Livscykelstudie av kontor med kombinerad betong- och träkonstruktion

Peter Ylmén RISE

Diego Peñaloza RISE

Jutta Schade RISE

Abstract

Life cycle study of an office building with a combination of concrete and wooden construction

Vasakronan has produced an office building where seven of the floors are mainly made in concrete and two floors are mainly made of wooden materials. As Vasakronan had little previous experience with wooden construction works they were interested in comparing the different production methods from an environmental and economic perspective.

The main purpose of the project was to analyze the long-term environmental impact of different building methods with alternative design and production as well as material choice and on-site systems. A secondary purpose was to assess the economic consequences of different construction solutions. The goals were to:

- provide advice and suggestions on how different material choice, construction solutions and assembly methods can be used from their environmental and economic properties.
- find environmental hot-spots in the building process.
- contribute with knowledge and experience to develop methods regarding life cycle assessment (LCA) and calculation of life cycle cost (LCC) for building projects.
- compare differences between constructions in concrete and wood.

An LCA was carried out on the whole building and LCA and LCC calculation were conducted to compare the environmental impact and cost of concrete and wooden constructions. The results include global warming potential, eutrophication potential, acidification potential, stratospheric ozone depletion potential, photochemical oxidants creation potential and present costs. The data were collected by the contractors during production to ensure that the results are based on the finished building and not assumptions made during the design stage.

The report shows the difficulties that arise during life cycle studies of buildings but also provides guidance how to solve them in this particular case, which can be used as a base for continued development of methods.

Key words: Livscykelanalys, Life cycle assessment, LCA,
Livscykelkostnadsberäkningar, LCC, byggnad, building, office,
kontor

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2018:76

ISBN: 978-91-88907-26-4

Borås 2018

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	4
Sammanfattning	5
Förkortningar som används i rapporten	6
1 Inledning	7
2 Processen i forskningsprojektet	8
3 Kort beskrivning av LCA och LCC	9
4 LCA och kostnader för hela byggnaden	10
4.1 Mål och omfattning.....	10
4.2 Funktionell enhet.....	10
4.3 Systemgränser.....	10
4.4 Miljöpåverkanskategorier	11
4.5 Dataformat.....	12
4.6 Metod.....	12
4.7 Översikt.....	12
4.8 Datainsamling.....	12
4.9 Beräkning av miljöpåverkan	14
5 LCA och LCC vid jämförelse mellan betong- och träkonstruktionen	16
5.1 Mål och omfattning.....	16
5.2 Systemgränser.....	17
5.3 LCA	22
5.4 LCC.....	22
5.4.1 Livslängd	22
5.4.2 Investeringskostnader	22
5.4.3 Driftkostnad	24
5.4.4 Underhållskostnad	25
5.4.5 Nuvärdesberäkning	25
6 Resultat	27
6.1 Resultat för hela byggnaden	27
6.2 Resultat vid jämförelse mellan konstruktioner av betong och trä	31
6.2.1 Miljö.....	31
6.2.2 Kostnader	34
7 Diskussion	35
7.1 Arbetsmetodik	35
7.2 Hela byggnaden	35

7.3	Jämförelse mellan betong- och träkonstruktion	38
7.3.1	Miljö.....	38
7.3.2	Kostnader	40
8	Slutsatser.....	41
Bilaga A	1
Bilaga B	1
Bilaga C	1

Förord

Den här rapporten är resultatet av ett delprojekt i projektet Framtidens biobaserade byggande och boende. Vi vill tacka Bioinnovationen, Vinnova, Energimyndigheten och Vasakronan för deras finansiella stöd av projektet. Dessutom vill vi tacka Vasakronan och Peab för värdefulla insatser med att ta fram underlag och bidra med kunskap till projektet.

Rapporten har uppdaterats 2019-04-04 efter att beräkningarna för miljöpåverkan korrigerats, vilket främst påverkade resultaten för ODP och POCP. Påverkan på resultaten har justerats i resultat- och diskussionsdelarna av rapporten.

Sammanfattning

Vasakronan har producerat en kontorsbyggnad där sju av våningarna huvudsakligen bestod av betongkonstruktion och två med huvudsakligen i trä. Vasakronan saknade erfarenhet från husproduktion i trä var intresserade att jämföra de olika produktionsmetoderna ur ett miljö- och kostnadsperspektiv.

Syftet med projektet var att analysera den långsiktiga miljöpåverkan av olika byggnadsmetoder med alternativa projekterings- och produktionsalternativ samt materialval och byggplatssystem. I ett andra steg att bedöma ekonomiska konsekvenser av olika konstruktionslösningar. Målet var att ta fram enkla men robusta metoder för bedömning av miljö- och affärsnytta av produkter och system. Under projektet förtydligades målet till att:

- bidra med råd och anvisningar hur olika materialval, konstruktionslösningar och monteringsätt kan användas utifrån dess miljöpåverkan och kostnader.
- hitta de faktorer som har störst miljöpåverkan i byggprocessen.
- bidra med värdefull kunskap och erfarenhet för utveckling av metodiken kring genomförande av LCA och LCC i byggprojekt.
- jämföra skillnader mellan konstruktioner i trä och betong.

Det utfördes en LCA på hela byggnaden samt LCA och LCC för att jämföra miljöpåverkan och kostnader för stomme i betong med en stomme i trä. Resultaten inkluderar miljöpåverkanskategorierna global uppvärmningspotential, övergödningspotential, försurningspotential, stratosfärisk ozonnedbrytningspotential, potential för bildning av fotooxidanter samt nuvärdeskostnader. Underlaget för beräkningarna har samlats in från entreprenörerna i produktion för att säkerställa att resultaten är baserade på uppgifter från faktisk slutförande och inte antagande under projektering.

Den här rapporten visar dels på svårigheter som uppstår vid livscykelstudier av byggnader men ger även en vägledning hur det har löst i det här specifika fallet, vilket kan vara grund för fortsatt utveckling av metoder.

Förkortningar som används i rapporten

AP	Försurningspotential
BBR	Boverkets byggregler
EP	Övergödningspotential
EPD	Environmental product declaration
GWP	Global uppvärmningspotential
ILCD	International reference life cycle data system
LCA	Livscykelanalys
LCC	Livscykelkostnad
LCI	Livscykelinventering
ODP	Stratosfärisk ozonnedbrytningspotential
POCP	Potential för bildning av fotooxidanter
WMO	World Meteorological Organisation

1 Inledning

Tanken med den här rapporten är att ge insikt i hur man praktiskt kan utföra livscykelanalys (LCA) och beräkning av livscykelkostnad (LCC) för byggnader. Dels för en byggnad i sin helhet men även som verktyg som jämförelse mellan olika designalternativ. Betoningen i rapporten ligger därför inte enbart på de numeriska slutresultaten utan även på hur dessa togs fram.

Vasakronan har tidigare uppfört en kontorsbyggnad i prefabricerad betong och planerade för en likadan byggnad om uppskattningsvis 16 000 m². Det nya kontorets övre våningar var planerade att produceras med industriellt tillverkade träelement. Eftersom Vasakronan saknade erfarenhet från husproduktion i trä var de intresserade av att jämföra de olika produktionsmetoderna ur ett miljö- och kostnadsperspektiv. Att de olika produktionsmetoderna användes inom samma projekt med samma förutsättningar erbjöd en bra möjlighet för att göra likvärdiga jämförelser mellan dem. Vasakronan har tillgång till projekthandlingar och faktureringsunderlag för projekten, vilket ytterligare underlättade för LCA och LCC-beräkningar. Under projektets gång ändrades förutsättningarna då trävåningarna till viss del tillverkades på plats istället för som moduler. Detta gjorde jämförelsen mellan trä- och betongkonstruktionen svårare då betongstommen var fullt prefabricerad medan träkonstruktionen var en blandning av prefabricering och platsbyggt. Detta bör beaktas då man tolkar resultaten från jämförelsen.

Syftet med projektet var i ett första steg att analysera den långsiktiga miljöpåverkan av olika byggnadsmetoder med alternativa projekterings- och produktionsalternativ samt materialval och byggplatssystem. I ett andra steg bedömdes ekonomiska konsekvenser av olika konstruktionslösningar. Målet var att ta fram enkla men robusta metoder för bedömning av miljö- och affärsnytta av biobaserade produkter och system. Under projektet förtydligades målet till att:

- bidra med råd och anvisningar kring hur olika materialval, konstruktionslösningar och monteringsätt kan användas utifrån dess miljöpåverkan och kostnader.
- hitta de faktorer som har störst miljöpåverkan i byggprocessen.
- bidra med värdefull kunskap och erfarenhet för utveckling av metodiken kring genomförande av LCA och LCC i byggprojekt.
- jämföra skillnader mellan konstruktioner i trä och betong.

Det är ett omfattande arbetet att analysera livscykeln för en byggnad och det krävs mycket förklaringar hur analysen har genomförts. För den otålige finns därför de huvudsakliga slutsatserna samlade i slutet på rapporten. I början på rapporten ges även en kort orientering om vad LCA och LCC innebär.

Analysen av byggnaden är uppdelad i två delar, en för hela byggnaden och en där produktionsmetoder mellan stomme i betong och trä jämförs. Sist i rapporten diskuteras erfarenheter och slutsatserna från projektet mer i detalj.

2 Processen i forskningsprojektet

Forskningsprojektet sträckte sig över flera år på grund av att data skulle hämtas in från färdig byggnad för att minska osäkerheter kring faktiskt utförande av byggnaden. Processen kring forskningsprojektet såg ut enligt följande:

1. Diskuterat och förtydligat målet med studien i projektgruppen.
2. Tagit fram mall och arbetsprocess för att få in data på ett bra sätt från entreprenören.
3. Samlat in data och lagt upp en beräkningsstruktur för resultatet baserat på givna data.
4. Kompletterat med saknade data.
5. Genomfört analys av olika tillvägagångssätt för att ge en rättvis jämförelse mellan betong- och trästommen.
6. Utfört LCA för hela byggnaden.
7. Utfört LCA och LCC mellan betong- och trästommen.
8. Presenterat resultaten till Vasakronan för återkoppling.
9. Kompletterat undersökningen utifrån givna synpunkter.
10. Sammanställt resultaten i rapporten.

3 Kort beskrivning av LCA och LCC

Livscykelanalys (LCA) är ett systemanalysverktyg som möjliggör bedömning av miljöpåverkan av produkter eller tjänster under dess livscykel, från utvinning av alla berörda råmaterial, genom tillverkning av komponenter och själva produkten och dess livslängd, bortskaffnings- eller återvinningsprocesser. Miljöpåverkan av alla mellanprocesser och aktiviteter, såsom transport, energiproduktion, underhåll och reparation bör också ingå. En styrka i metoden ligger i det systemperspektiv som används för att bedöma miljöpåverkan, vilket undviker problem som att flytta miljöpåverkan från en process till en annan del av livscykeln.

Det finns internationella standarder med ett generiskt förfarande för att utföra LCA, detta beskrivs huvudsakligen i ISO 14040 och ISO 14044. Dessa börjar med definition av mål och omfattning, där de huvudsakliga metodiska avgränsningarna av studien etableras, inklusive den funktionella enheten. Detta följs av en livscykelinventering (LCI) där data om alla relevanta ingångar och utgångar till och från det studerade systemet och ekosystemen är uppfunna och relaterade till funktionella enheten. Det tredje steget är miljöpåverkansbedömning (LCIA), där de inventerade uppgifterna omvandlas till miljöpåverkan grupperade i olika miljöpåverkanskategorier, där var och en adresserar en specifik miljöfråga. Summan av miljöpåverkan inom systemgränserna för alla de utvalda kategorierna är de övergripande resultaten av LCA. Det sista steget är tolkning av dessa resultat samt dra slutsatser.

Beräkning av livscykelkostnader (LCC) finns beskrivet i standard ISO 15686. I LCC diskonteras alla framtida kostnader och intäkter till ett nuvärde med hjälp av en diskonteringsränta, som ofta benämns kalkylränta. Anledning till diskontering är att tillgångar tillgängliga idag är mer värda än framtida tillgångar på grund av att tillgångarna kan användas för olika investeringar och därmed generera intäkter i framtiden. Val av diskonteringsränta är därmed kopplat till bland annat investeringsalternativ, förväntad avkastning och risker som det investerande företaget anser rimliga och blir därmed olika för olika aktörer. En hög diskonteringsränta lägger större vikt vid kostnader i närtid medan en låg ränta medför att kostnader längre fram i tiden får större påverkan på nuvärdet. LCC är inte riktigt lika formaliserad på hur man ska hantera livscykeln som LCA är, men det är möjligt att kombinera metoderna för att få med de ekonomiska aspekterna i en livscykelstudie.

4 LCA och kostnader för hela byggnaden

4.1 Mål och omfattning

Målet med undersökningen är att beräkna miljöpåverkan för hela byggnaden och undersöka hur stor andel av miljöpåverkan som olika delar av livscykelns bidrar med. På liknande sätt har investeringskostnaden sammanställts för de olika delarna av byggnaden. Då det inte är meningsfullt att utföra LCC där det saknas alternativa lösningar har det inte utförts på hela byggnaden utan enbart vid jämförelse mellan de olika stommaterialen.

4.2 Funktionell enhet

Den funktionella enheten används för att vikta alla data mot den önskade funktion som byggnaden ska svara upp mot. Det är viktigt att data normaliseras mot en relevant funktionell enhet och att alla relevanta delar är med. I projektet identifierades följande möjliga funktionella enheter:

- Alternativ 1. En våning med $X \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ i 50 år som uppfyller BBR.
- Alternativ 2. De två översta våningarna i 50 år som uppfyller BBR.
- Alternativ 3. En hel byggnad med $X \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ i 50 år som uppfyller BBR.
- Alternativ 4. $1 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ i 50 år som uppfyller BBR.

Eftersom studien ska göras på byggnadsnivå men även på vissa enskilda delar valdes alternativ 4. Syftet med en byggnad är att tillhandahålla en viss utnyttjbar yta och eftersom Boverkets byggregler (BBR) använder och definierar A_{temp} valdes det ytmåttet. Genom att göra avsteg på olika byggnadskrav som t. ex. fukt, brand och tillgänglighet skulle en byggnad med lägre miljöpåverkan kunna erhållas. Därför inkluderas BBR i den funktionella enheten då det är lägsta krav för en laglig byggnad. 50 år är ofta en förväntad livslängd för inbyggda konstruktioner och har på grund av detta valts som beräkningsperiod.

4.3 Systemgränser

För att illustrera den systemgräns som användes i studien tillämpas ett modulärt tillvägagångssätt som fastställs i standard EN 15804. Tabell 1 visar en översikt över livscykelstegsmoduler som kan ingå i LCA av byggnader samt vilka moduler som har tillämpats i den här studien. Att inte alla moduler ingått beror på att det saknades data och det rymdes inte inom projektet att ta fram nya data för dessa moduler.

Tabell 1 Livscykel enligt EN 15804. De moduler som är markerade med "x" har ingått i studien.

Livscykel fas	Modul	Ingått i studien
Produkt tillverkning	A1 Råvaruutvinning	x
	A2 Transport till fabrik	x
	A3 Tillverkning	x
Produktion	A4 Transport till byggarbetsplats	x
	A5 Montering	x
Användning	B1 Användning	
	B2 Underhåll	
	B3 Reparationer	
	B4 Utbyte	x
	B5 Renovering	
	B6 Energianvändning	x
	B7 Vattenanvändning	
Sluthantering	C1 Demontering och rivning	x
	C2 Transport till avfallsanläggning	x
	C3 Avfallshantering	x
	C4 Deponi	x

4.4 Miljöpåverkanskategorier

I den här studien beräknades fem av de miljöpåverkanskategorier som är obligatoriska enligt EN 15804. Tabell 1 visar dessa kategorier samt information om hur de beräknas.

Tabell 2 Miljöpåverkanskategorier i EN 15804 som ingår i beräkningen.

Miljöpåverkanskategori	Enhet	Referens för karakteriseringsfaktorer
Försurning av mark och vatten	kg SO ₂ eq	AP i CML 2001 non-baseline
Övergödning	kg PO ₄ ³⁻ eq	EP i CML 2001 baseline
Klimatpåverkan	kg CO ₂ eq	GWP100 i IPCC:s 2007 rapport
Bildning av fotooxidanter	kg C ₂ H ₄ eq	POCP i CML 2001 baseline
Stratosfärisk ozonnedbrytning	kg CFC 11 eq	Ozonnedbrytningspotential från World Meteorological Organisation (WMO)

Förbrukning av abiotiska resurser är inte nödvändigt att redovisa enligt EN 15804 och informationen saknades därför för många produkter. Av dessa skäl valdes att inte ta med dessa miljöpåverkanskategorier i studien.

4.5 Dataformat

Enligt EN 15804 kan en byggnads eller byggprodukts livscykel delas in i 16 olika faser (A1–A5, B1–B7, C1–C4), se Tabell 1. Till dessa delar levererade Peab data enligt Tabell 11 i bilaga A.

RISE kompletterade med nödvändiga data som Peab inte hade rimlig möjlighet att få tag på.

4.6 Metod

Insamlade data ingick i livscykelinventeringen där data normaliserades mot den funktionella enheten. Utifrån normaliserade data utfördes miljöanalyser samt ekonomiska analyser. Analyserna bestod av framräknade värden för de olika alternativen, samt osäkerhets- och känslighetsanalys.

4.7 Översikt

1. Entreprenören Peab fyllde i produktdata enligt Tabell 11 i bilaga A i ett Excelark och skickade filen till LCA-utförarna på RISE.
2. LCA-utförarna gick igenom listan och förde över produkterna till en mer detaljerad tabell där ingående material mängder, tillverkningsenergi, transport och arbetstimmar angavs.
3. I samma tabell angavs miljöpåverkan för varje materialgrupp, energi och transport som togs fram av LCA-utförarna. Miljöpåverkan beräknades för moduler A1–A3, A4, A5, B2, B4, B6 och C1–C3.

4.8 Datainsamling

Ingående data som används för projektet har tillhandahållits av Peab. Dessa data är inflöden av material och energi samt avfallsutflöden. Peab registrerar dessa flöden i samband med detaljerna och specifikationer i filen ”Sammanställningsblad”. Detaljerna som registreras är bland annat levererad mängd, tekniska specifikationer, livstid, spill, underhållsspecifikationer och kostnader.

Efter att informationen levererats av Peab sammanställdes den av RISE i en separat beräkningsfil. I beräkningsfilen beräknas alla data som behövs för att beräkna miljöpåverkan av relevanta processer i byggnadens livscykel. En byggnad är uppbyggd av olika delar som i sin tur ofta är uppbyggt av flertalet produkter. Det är därför fördelaktigt att aggregera miljödata för olika byggdelar och sedan slå samman relevanta data vid jämförelser. För detta passar det väl att använda data från varje produkts environmental product declaration (EPD). För produkter som saknar lämplig EPD har istället uppströmsprocesser i moduler A1–A3 modellerats så bra som möjligt, baserat på materialinnehåll och energi-användningsdata som hittas i produkters byggvarudeklarationer samt i Byggvarubedömningen. Sammanfattningsvis användes följande datakällor:

- Byggsvarubedömningen, där hittades råmaterial och materielinnehåll för ingående produkter.
- Byggsvarudeklaration, där materialinnehållsdata kompletterades och information om tillverkningsenergi hittades (mängd och typ av energikälla).
- Säkerhetsdatablad, med information om produktens densitet.
- Produktfaktablad, med information om produktens massa per angiven enhet (t. ex. st., m², m, etc.).
- Litteraturkällor användes för att beräkna tillverkningsenergin för produkter där den informationen saknades i andra källor. För det flesta användes energifaktorer från Ecoinvent data för liknande produkter.

Alla antagande som kan påverka resultaten registrerades i beräkningsfilen som kommentarer. Dessa data beräknas för varje del i livscykel. Modulerna som används för dessa delar av livscykel är namngivna enligt EN 15804. Data som beräknas i varje modul är:

- A1–A3: Totala mängder för att tillverka de produkter som används i projektet. För varje ingående produkt beräknades material och energikrav för tillverkning per kilogram av levererad produkt. Valet att beräkna alla mängder i kilogram gjordes för att avfallshanteringsdata bara finns per kilogram. Detta behövdes inte göras för produkter med publicerade och gällande EPD:er, då livscykeldata redan var tillgänglig. För produkter där spillmängder rapporterades av entreprenören, togs spill med i totalt materialinnehåll. De data som saknades från entreprenören kompletterades med hjälp av bland annat byggsvarubedömningen, byggsvarudeklarationer, säkerhetsdatablad, produktfaktablad, litteratur och tillverkarens webbsidor. Beräknade materialmängder redovisas i bilaga B.
- A4: Totala transportmängder (ton-km) för att transportera de ingående material från tillverkare till byggarbetsplats. Information om tillverkningens ortplacering för transportdistanser hittades i webbsidor av produktstillverkare. Transportdistanser beräknades med hjälp av Google maps. Alla transporter antogs att ha en returtransport. Viktfaktorerna för tomreturtransporten togs från respektive dataset i Ecoinvent. Alla lastbilstransporter beräknades med lastbilar i klass EURO 5, med data för ospecificerad storlek.
- A5: Alla material som inte byggs in i byggnaden och energi som används för aktiviteter på byggplatsen. För alla dieselmaskiner antogs ett energiinnehåll för diesel av 38,6 MJ per liter. En bränsleeffektivitet av 18 liter per timme var angiven av Peab.
- B2: Planerad underhållsåtgärder samt nytt material och energi som behövs för dessa under hela byggnadens livslängd. Alla åtgärder och deras frekvenser var angivna av Peab.
- B4: Totala mängder av material som behövs för att ersätta materialmängder som byts ut under byggnadens livslängd. Alla ersättningsfrekvenser var angivna av Peab, baserat på rekommendationer från

tillverkare eller den tekniska livslängden för materialen enligt tekniska datablad eller EPDer.

- B6: Beräknad driftenergi per år och hur detta planeras att produceras. Den svensk elmix har antagits för miljödata.
- C1: Alla material och energi som används i rivningsaktiviteter.
- C2–C4: Mängder av alla material i byggnaden som går till olika avfallshanteringsprocesser (återvinning, deponi, förbränning), samt transport till hanteringsplatsen. För alla produkter i byggnaden antogs ett avfallscenariobaserad på materialens återvinningsbarhet, data-tillgänglighet, Sveriges mål att återvinna minst 70 % av byggnadsavfall och Vasakronans avfallshanteringsvision. Följande scenarierna har antagits för alla materialkategorier som finns i byggnaden.
 - Stål och metall 80 % återvinning
 - Betong 80 % återvinning
 - Träprodukter 100 % förbränning
 - Stenull 80 % återvinning
 - Plast & cellplast 80 % återvinning
 - Gipsskiva 80 % återvinning
 - Färg och avjämning 0 % återvinning
 - Glas 80 % återvinning
 - El och elektronik 100 % behandling
 - Polyuretan 0 % återvinning
 - Bitumen 100 % förbränning
 - Gummi 100 % förbränning

4.9 Beräkning av miljöpåverkan

Beräknade data användes sedan för att beräkna miljöpåverkan i filen ”Beräkningsfil”. Miljöpåverkan per modul är slutresultatet av livscykelanalysen, och beräknas för de fem utvalda miljöpåverkanskategorier redovisade i Tabell 2.

I samma beräkningsfil togs miljöpåverkan för varje materialgrupp, energi, transport och arbetstimmar fram och användes för att beräkna miljöpåverkan för varje produkt. Data för miljöpåverkan per kg av produkten antogs från EPD:er i de fall det fanns tillgängliga sådana. För produkter utan EPD:er, användes data från Ecoinvent eller international reference life cycle data system (ILCD).

Data från databaser som Ecoinvent eller ILCD är inte alltid representativa för svenska förhållanden. På grund av detta har sverigeanpassade dataset tagits fram för material som inte har en EPD och har ett förmodat relativt stort bidrag till byggnadens miljöpåverkan. Exempel på sådana material är stål, varmförzinkat stål, aluminium och stålutförning. Dessa dataset är grundade i generiska data från databasen med förändringar som passar bättre för svensk industri. Exempel på förändringar är användning av svensk el, värme från biobränsle eller svensk fjärrvärme och ökad andel av återvunnet råmaterial.

I samma beräkningsfil finns en flik "LCA data", där miljöpåverkansfaktorer för alla utvalda kategorier finns för alla processer som är med i byggnadens livscykel. Dessutom anges i databasen också referensen till datakällan som används. Processer kan vara bland annat produkt- och materialtillverkning, olika transportsätt, energiproduktion, avfallshantering, maskinanvändning, m. m. Slutresultaten beräknas genom att multiplicera indata från beräkningsfilen och faktorer från databasen. Här har också alla antagande som kan påverka resultaten registreras som kommentar i filen. Alla datakällor för ingående material redovisas i bilaga C.

5 LCA och LCC vid jämförelse mellan betong- och träkonstruktionen

5.1 Mål och omfattning

Studien utfördes för att kunna jämföra miljöpåverkan och livscykelkostnad mellan stomme i betong eller trä. Det är stor skillnad i utformning mellan de olika våningarna, både geometriskt och konstruktionsmässigt. Detta innebär att det är svårt att direkt jämföra miljöpåverkan och kostnader mellan betongdelen och trädelen i byggnaden.

Flera alternativa tillvägagångssätt identifierades:

Alternativ 1) Ta miljödata för de olika delarna och applicera på en typvåning. På så sätt kan man minska osäkerheter på grund av skillnader mellan innemiljö, utformning och drift. En nackdel är att data som erhålls från entreprenör kan vara svår att omvandla till det valda fallet. Dock ger förfarandet troligen bättre jämförelse än att två vitt skilda våningar jämförs.

Alternativ 2) Jämföra att bygga en av våningarna i betong med att bygga den i trä istället. Eftersom våning 7 är den översta av betongvåningarna har den mest lika förutsättningar som trävåningarna, då de undre våningarna behöver bära överliggande våningar och därför kräver mer material. En nackdel är att vi bara jämför en våning. Det är inte trivialt att skala upp det till en byggnad.

Alternativ 3) Eftersom det i projektet byggs två våningar på taket kunde det vara en idé att jämföra hur det istället skulle varit att bygga dessa i betong. Då fås en starkare koppling till verkligheten. Om man bygger en byggnad delvis i trä så är det dessutom mest logiskt att placera trädelen ovanpå betongdelen. Förfarandet är liknande det i alternativ 1 men istället beräknas en bokförings-LCA för de översta våningarna som sedan jämförs men en likadan studie där trädelen byts ut mot betong.

Alternativ 4) Utföra bokförings-LCA på hela byggnaden och jämföra alternativet med en del i trä (två våningar) och en hel byggnad bara i betong. Då är det möjligt att se vilken skillnad det kan göra på en byggnadsnivå, om det är värdefullt eller inte, och kanske titta på scenarier där vi har fler delar (våningar) i trä. Nackdelen med det här alternativt är att det kräver större arbetsinsats då mer data krävs.

Alternativ 2 svarar bäst upp mot de mål som projektet har och är därför det tillvägagångssätt som valts att gå vidare med. För att få en mer rättvis jämförelse mellan de olika konstruktionsmetoderna valdes att jämföra våning 7 med hur den är utformad idag med att använda samma konstruktionsmetoder som för våning 8 och 9.

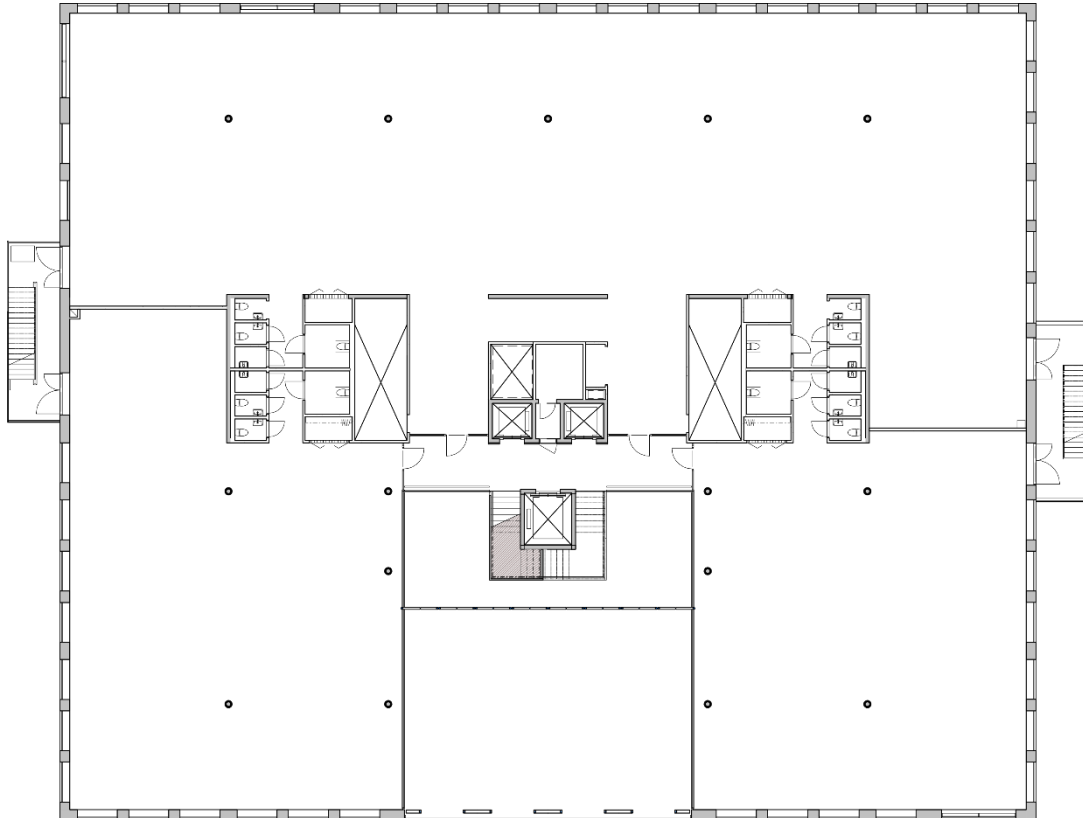
Det har använts samma funktionella enhet och miljöpåverkanskategorier som i livscykelanalysen för hela byggnaden. Funktionskraven i BBR bör vara uppfyllda eftersom det är ett krav då byggnaden uppförs. Därför undersöks enbart

skillnader mellan konstruktionsalternativen som kan påverka resultaten i LCA och LCC.

5.2 Systemgränser

För att fastställa systemgränser listades skillnader mellan en våning i betong och en i trä. Skillnaderna korrigerades för att få en rättvis jämförelse.

Våning 7 har planlösning enligt Figur 1 och är uppbyggd enligt Tabell 3.



Figur 1 Planlösning för våning 7.

Tabell 3 Uppbyggnad våning 7.

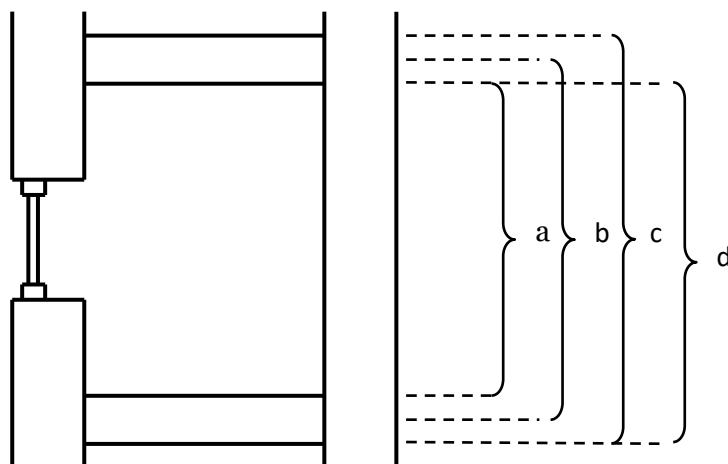
		Mängd	Enhet
Våningshöjd inkl. bjälklag		3,6	m
A_{temp}		1960	m ²
Innerlängd yttervägg		178	m
Ytterlängd yttervägg		182	m
Tjocklek yttervägg		500	mm
Uppbyggnad yttervägg	betong	100	mm
	EPS	200	mm
	betong	200	mm
Area fönster öster		65	m ²
Area dörrar öster		0	m ²
Area fönster norr		39	m ²
Area dörrar norr		10	m ²
Area fönster söder		44	m ²
Area dörrar söder		10	m ²
Area fönster väster		81	m ²
Area dörrar väster		0	m ²
Längd bärande innervägg betong 200 mm		40	m
Antal pelare betong 300 mm runda		15	st.
HSQ balk		151	m
Uppbyggnad bjälklag golv	avjämning	30	mm
	HDF 27	120	mm
Tjocklek bjälklag		295	mm

Förutom att våning 7, 8 och 9 skiljer sig rent geometriskt så skiljer sig konstruktionsutförandet mellan våning 8 och 9. Golvbjälklaget på våning 8 består av betong medan golvbjälklaget på våning 9 är i trä. Dessutom används olika tjocklek på det korslaminerade träet i bjälklaget på våning 9. I våning 8 blandas bärande pelare i betong och trä medan det på våning 9 endast används träpelare. I jämförelsen mellan de olika konstruktionsmetoderna valdes att utgå ifrån de konstruktionsmetoder som används i störst omfattning på våning 9. Dessa listas i Tabell 3

Tabell 4 Material och konstruktioner på våning 9.

	Material	Tjocklek [mm]
Uppbyggnad yttervägg	lockpanel	95
	limträpanel b = 200 mm	25
	95 mm träläkt s400	28
	95 mm stående läkt s600	28
	Paroc WAS 35tt klimatskiva	70
	45 mm träregel s600 + stenull	195
	massivträ	120
	PE-folie	0,2
	45 mm träregel s600 + stenull	45
	Plywood	12
	gips Protect F	15,4
Uppbyggnad bjälklag golv	gips	13
	spånskiva	22
	Stepisol	20
	KL-trä	200
	akustikprofil med 95 mm mineralull	100
	Plyfa	15
Stabiliserande innervägg massivträ	gips	25
	akustikplatta	40
Limträbalkar		430x585
Träpelare		405x430

En våning kan avgränsas på flera sätt, se Figur 2. I undersökningen valdes att inkludera ett bjälklag i undersökningen, dvs. alternativ d i Figur 2. Om likadana bjälklag används i golv och tak så är alternativ b och d likvärdiga. Alternativ a innebär att man inte får med bjälklagen som är en stor del av den totala mängden material. I alternativ c innebär det dubbelräkning av bjälklagen sett till hela byggnaden då taket för en våning är golvet för våningen ovanför.



Figur 2 Hur en våning kan definieras. I den här studien användes alternativ d.

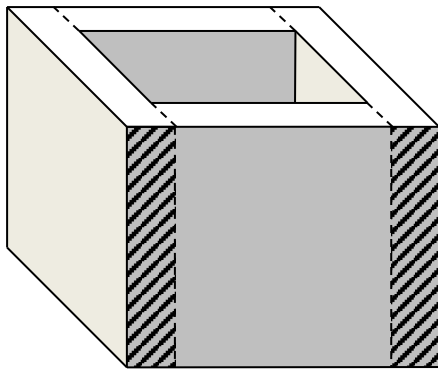
De olika konstruktionsmetoderna har olika dimensioner och olika tekniska specifikationer. Detta möjliggör flera olika sätt att utföra jämförelse.

- a. Konstruktionerna används i befintligt utförande. Eftersom både ytterväggen och bjälklaget i trä är tjockare än de i betong kan det hanteras på olika sätt:
 - Utsida yttervägg i trä placeras lika långt från centrum i byggnaden som för betongväggen. Detta innebär mindre invändig volym och golvyta.
 - Insida yttervägg i trä placeras lika långt från centrum i byggnaden som för betongväggen. Byggnaden får då en större byggnadsyta.
 - Ovansida träbjälklaget placeras i samma höjd som ovansida betongbjälklaget. Byggnadens totala höjd blir då högre.
 - Undersida träbjälklaget placeras i samma höjd som undersida betongbjälklaget. Våningshöjden och invändig volym kommer då att minska.
- b. Yttervägg och bjälklag i trä görs slankare genom att minska isolertjockleken i konstruktionerna.

Att öka byggnadsyta och byggnadshöjd är osannolikt i Stockholm med begränsad mängd byggbar mark. Det är heller inte önskvärt för en fastighetsägare att minska uthyrningsbar yta invändigt. Utifrån det resonemanget är det troligaste alternativet därmed att minska isoleringen i träkonstruktionerna. Dock isoleras mellanbjälklaget för att uppfylla ljudkraven och kan därför inte utföras slankare. I studien kommer därför ytterväggen i trä utformas lika tjock som betongytterväggen. Bjälklaget i trä kommer då att vara tjockare än det i betong och undersidan på träbjälklaget behöver enligt ovanstående resonemang vara i samma höjd som undersida betongbjälklaget, vilket medför lägre takhöjd och mindre invändig volym.

Huvudsyftet med studien är att jämföra trä med betong och isolermaterialen är av underordnad vikt. Att justera tjockleken på isolering i ytterväggen kommer därmed inte påverka resultatens giltighet.

Mängder av de material och konstruktioner som används i jämförelsen är listade i Tabell 5. Vid beräkning av mängden yttervägg anges utvändigt yta där elementtjockleken subtraheras på två sidor för att undvika dubbelräkning, se Figur 3. Öppningar som fönster och dörrar exkluderas också från värdet.



Figur 3 Skiss för beräkning av ytterväggsarea. Randigt mönster markerar yta som inte medtas i beräkningar för att undvika dubbelräkning.

Då även våning 8 och 9 innehåller bärande väggar i betong kring hissar antas samma andel betongväggar användas på plan 7 även om resten av stommen konstrueras i trä. Därför exkluderas dessa innerväggarna från studien. Övriga bärande innerväggar i betong (200 mm) på plan 7 i ersätts med massiva träväggar (210 mm). Skillnaden i tjocklek mellan innerväggar i betong och trä anses ha en försumbar inverkan på slutresultatet.

Ytterväggen på våning 9 är ca 538 mm tjock om lockpanelen inte medräknas, vilket är rimligt då den troligtvis inte skulle ingå om väggkonstruktionen användes på våning 7. För att få en lika tjock vägg som betongväggen, vilken är 500 mm tjock, antogs att de 70 mm tjocka fasadskivorna från Paroc istället är 30 mm tjocka. Detta är en fiktiv konstruktion då denna tjocklek ej ingår i Parocs produktsortiment för den här typen av fasadskiva. Dock finns andra typer av fasadskivor från Paroc som är 30 mm tjocka och med samma värmeledningseffektivitet.

Tabell 5 Mängder av material och produkter som använts i jämförelsen.

	Mängd	Enhet
Plan 7 betong		
Mängd yttervägg	398	m ²
Längd bärande innervägg av betong 200 mm	40	m
Antal pelare betong 300 mm runda	15	st.
HSQ balk	151	m
Mängd bjälklag	1659	m ²
Plan 7 trä		
Mängd yttervägg	398	m ²
Längd bärande innervägg av trä 210 mm	40	m
Antal pelare trä 405x430 mm	15	st.
Limträbalkar 430x585 mm	151	m
Mängd bjälklag	1659	m ²

5.3 LCA

Alla antagande och data beräkningar som användes för hela byggnaden gäller också för jämförelsen mellan trä och betong i den här sektionen. De material och element som ingår i jämförelsen har identifierats under räkenskaperna för material som beräknats för hela byggnaden och de mängderna per våning var uppskattade.

5.4 LCC

LCC för byggnader är en komplex beräkning. Oftast använder man LCC för att jämföra olika investeringsalternativen av vissa val av installationer i byggnaden t. ex. vilka ventilationssystem eller fläktar som ska väljas. På senare tid har intresset ökat för byggförvaltare att jämföra olika energiförbättringsåtgärder t. ex. tekniska installationer, byggnadens klimatskal och val av energislag.

I den här studien jämförs, som nämnts ovan, betongstomme med trästomme utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv.

5.4.1 Livslängd

En viktig fråga är om samma livslängd för betong- och trästommen ska antas i jämförelsen. Val av livslängd har stor betydelse för resultaten men är väldigt svårt att förutse på grund av flera faktorer, t.ex. påverkar handhavande och underhåll av byggnaden den tekniska livslängden. En annan faktor är att även om stommen har en längre teknisk livslängd än 50 år så kan den ändå behöva rivras på grund av andra krav än tekniska aspekter, t. ex. förändrat behov av brukarna eller byggnadens ekonomiska livslängd.

5.4.2 Investeringskostnader

Kostnaden för trä- och betongstommen är redovisade från entreprenör enligt Tabell 6.

Tabell 6 Investeringskostnader redovisade av entreprenören i kkr.

	Material	Arbete	Övrigt	Totalt
Trästomme	5 700	1 555		7 255
Betongstomme	26 923	3 216	7 085	37 224

Det finns för det mesta angivet mängd av olika element men inte kostnad per produkt. Det är ganska naturligt eftersom kostnader ofta delas upp per entreprenadform och inte olika konstruktionsdelar, men det ger problem när man ska ta fram kostnaderna för enskilda konstruktioner som behövs i det här fallet. Fördelning av material på olika våningar är inte heller angivet i data från entreprenören. Ytterligare ett bekymmer är att på våning 8 är det blandat trä- och betongkonstruktion. Även om materialen fördelas andelsmässigt (ex. 1/7 för de materialen som används på våning 1–7 och 1/2 för materialen som används på

våning 8–9), går det t. ex. inte att ange andel av materialkostnaden för stål eller betong. Det finns några olika alternativ att hantera dessa problem på:

- Alternativ 1. Ta hela betongstommekostnaden och dela den på 7 våningar och fördelar kostnaden för trästomme på 2 våningar (grovt överslag). Problemet är att våningarna skiljer sig åt, t. ex. med parkering på vissa betongvåningar och blandat trä och betongkonstruktion på våning 8.
- Alternativ 2. Beräkna totala mängden av de relevanta elementen som ytterväggar, bärande innerväggar och bjälklag och fördela ut den totala kostnaden för på dessa element för att beräkna kostnaden per enhet (kr/m²). Problemet med detta är att det finns flera okända variabler att fördela en kostnad på, vilket gör beräkningen väldigt osäker.
- Alternativ 3. Be entreprenören uppskatta de investeringskostnader som behövs för beräkningarna.
- Alternativ 4. Använda databas med schablonkostnader.

Alternativ 3 medför sannolikt minst osäkerheter i resultaten och tillämpades därför i studien. Vid tillfrågande erhöles produktspecifika materialdata från leverantörerna av stommarna.

I priserna ingick transportkostnader för båda konstruktionstyperna men i data för trästomme ingick även projekteringskostnad. Då fabriken för trästommen ligger betydligt längre bort än fabriken för betongstommen (ca. 700 km respektive ca. 80 km) kan det diskuteras om den kostnaden är relevant vid en jämförelse då det är en objektspecifik kostnad beroende på var byggnaden uppförs. Oavsett om transport- och projekteringskostnad medräknas kommer investeringskostnaden för trästommen att vara högre än för betongstommen i den här jämförelsen. Av den anledningen valdes att bortse från dessa kostnader i redovisade resultat. Tyvärr, var det inte möjligt att separera ut transportkostnader för betongkonstruktionen, vilket medför att jämförelsen missgynnar betongstommen avseende investeringskostnad, men det påverkade inte slutsatserna från beräkningarna. Investeringskostnaden för betong är 2 126 141 kr (inklusive transport) och för trä 2 140 825 kr (exklusive transport och projekteringskostnaden). Investeringskostnaden för träkonstruktionen var därmed 14 684 kr högre. Hade projekterings- och transportkostnaderna inkluderats skulle investeringskostnaden för trä ökat med 578 940 kr.

Det är svårt att få fram produktspecifika arbetskostnader då det inte är möjligt att redovisa antalet arbetstimmar på för en enskild produkt. Istället fick dessa uppskattas utifrån tillgängliga data. Arbetskostnaden för trästomme från leverantören är totalt 1 155 000 kr. Utöver detta finns arbetskostnaden för träpanel för våning 8 och 9 med 4 239 882 kr. om vi delar de kostnaderna med 2 för att det är två våningar så resulterar det i 2 177 691 kr. Detta är en grov uppskattning då våning 8 och 9 har mindre A_{temp} per våning än våning 9 och övriga våningar.

Arbetskostnaden för betongstomme inkluderat sandwichelement för hela byggnaden mest för plan 1–7 men även vissa delar av plan 8 ligger total på 3 215 500 kr. Om arbetskostnaden fördelas jämnt över 7 våningar för att få en uppskattning av en våning resulterar det i arbetskostnaden 459 357 kr för betongkonstruktionen. Investeringskostnaderna sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 7 Specifika kostnader från entreprenören. Värden inom parentes ingick inte i LCC-beräkningen.

	Kostnader	Enhet	Totalt [kr]
Plan 7 betong			
Yttervägg	2 004	kr/m ²	797 592
Bärande innervägg av betong 200 mm	1 076	kr/m ²	142 032
Pelare betong 300 mm runda	10 281	kr/st.	154 215
HSQ balk	2 222	kr/m	335 522
Bjälklag	420	kr/ m ²	696 780
Arbetskostnad			459 357
Summa			2 585 498
Plan 7 trä			
Yttervägg	410	kr/ m ²	163 180
Bärande innervägg av trä 210 mm	700	kr/ m	92 400
Pelare trä 405x430 mm	3 050	kr/ st.	45 750
Limträbalkar 430x585 mm	1 470	kr/ m	221 970
Bjälklag	975	kr/ m ²	1 617 525
Arbetskostnad			2 177 691
Summa			4 318 516
(Transport och projektering)			(578 940)

5.4.3 Driftkostnad

För energikostnader antogs 0,75 kr per kWh el (Vattenfall inklusive moms) och för fjärrvärme 0,82 kr per kWh (Stockholm Exergi inklusive moms). Kyla produceras med elektriska kylmaskiner där det antas att dessa har COP 2,5.

Enligt energiberäkning för byggnaden har träväggen U-värde 0,131 W/(m²K). Fasadskivan har värmekonduktivitet 0,033 W/(mK), vilket medför att U-värdet ökar till 0,156 W/(m²K). Enligt samma energiberäkning har betongväggen på plan 7 U-värde 0,178 W/(m²K). U-värde för fönster är 0,9 W/(m²K) enligt energiberäkning. Detta innebär att värmeförlustfaktorn för ytterväggar och fönster (utan köldbryggor) är 286 W/K för träkonstruktionen och 295 W/K för betongkonstruktionen, dvs. skillnaden mellan konstruktionerna är ca. 10 W/K. Köldbryggor har inte beräknats för byggnaden vilket medför att det är svårt att uppskatta vilken påverkan dessa har på värmeförlustfaktorn, men sannolikt har de en försumbar inverkan på resultatet. Skillnaden i värmeförlustfaktorn är liten

men kan ha relevant påverkan på uppvärmning och kylbehovet. För att utreda potentiell påverkan gjordes en förenklad energianalys med hjälp av balanstemperaturberäkningar för våningen. Balanstemperaturen varierar med tiden då den bland annat beror på solinstrålning och interna laster. Sannolikt ligger den mellan 0 och 16 °C och därför ansattes dessa temperaturer som genomsnittlig balanstemperatur över året för att få ytterligheterna av påverkan på värme- och kylbehov av den förändrade förlustfaktorn mellan konstruktionerna. Resultatet redovisas i Tabell 8. Notera att värme- och kylbehov kan vara lägre än värdena angivna i Tabell 8 då inomhustemperaturen kan tillåtas ligga över eller under ideal temperatur korta perioder eller när kontoren inte används. Den årliga driftkostnaden är mellan 235–643 kr högre per år för betongkonstruktionen.

Tabell 8 Resultat från förenklad energiberäkning med hjälp av balanstemperatur. Siffrorna visar ökat värme- och kylbehov samt kostnad för betongkonstruktionen.

Balanstemperatur [°C]	Ändrat värmebehov 1 år [kWh]	Ändrat kylbehov 1 år [kWh]	Årlig kostnad [kr]
16	770	40	643
0	30	700	235

5.4.4 Underhållskostnad

Fastighetsförvaltaren saknade lämpliga data för att beräkna skillnad i underhåll mellan konstruktionstyperna. Därför användes leverantörernas underhållsinstruktioner och kostnader togs från Sektionsdata som är en databas över representativa byggkostnader för svenska förhållanden.

Tabell 9 Underhållskostnader för betong- och träkonstruktionen.

	Intervall [år]	Kostnad [kkr]	
Betong			
Fasadvätt	10	63	
Trä			
Behandling mot smuts, vatten, röta och brand	2–10	130	
Utbyte fasad	25	material	163
		ställning	16
		arbete	323
		målning	130

5.4.5 Nuvärdesberäkning

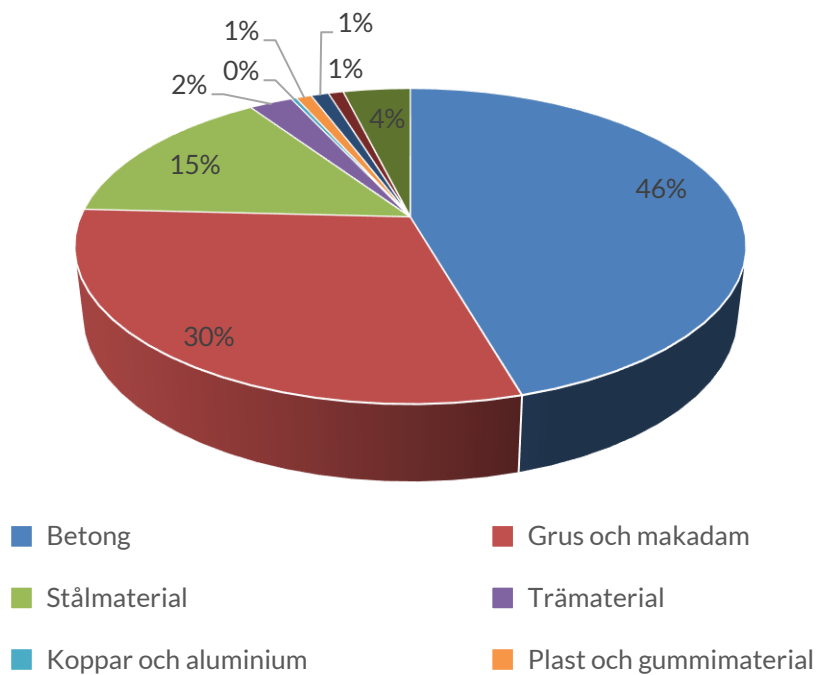
Vid genomgång av investering-, drift- och underhållskostnaderna inses att en LCC-beräkning inte behöver utföras eftersom investering- och underhållskostnaden på träkonstruktion är högre än för betong. Energikostnaden var

visserligen mindre för träkonstruktionen, men i sammanhanget är mindre än 700 kr per år försumbart. Nuvärdeskostnaden kommer därmed att bli högre för träkonstruktionen. Det utfördes ändå nuvärdesberäkningar med några olika scenarion för se om olika antaganden kan påverka resultaten. I beräkningarna användes diskonteringsräntan 3,5 %, årlig energiprisökning 2,0 % och en kalkylperiod på 50 år, vilket är något längre än brukligt men gör att det sammanfaller med den funktionella enheten i utförd LCA.

6 Resultat

6.1 Resultat för hela byggnaden

Där fanns totalt 529 olika produkter i byggnadsmateriallistan för hela byggnaden, med 220 olika typer av råmaterial. Hur de fördelas i olika kategorier visas i Figur 4. Byggnadsmassan domineras av betong (46 %), grus och makadam (30 %) och stålmaterial (15 %), som tillsammans står för 96 % av hela byggnadens vikt.

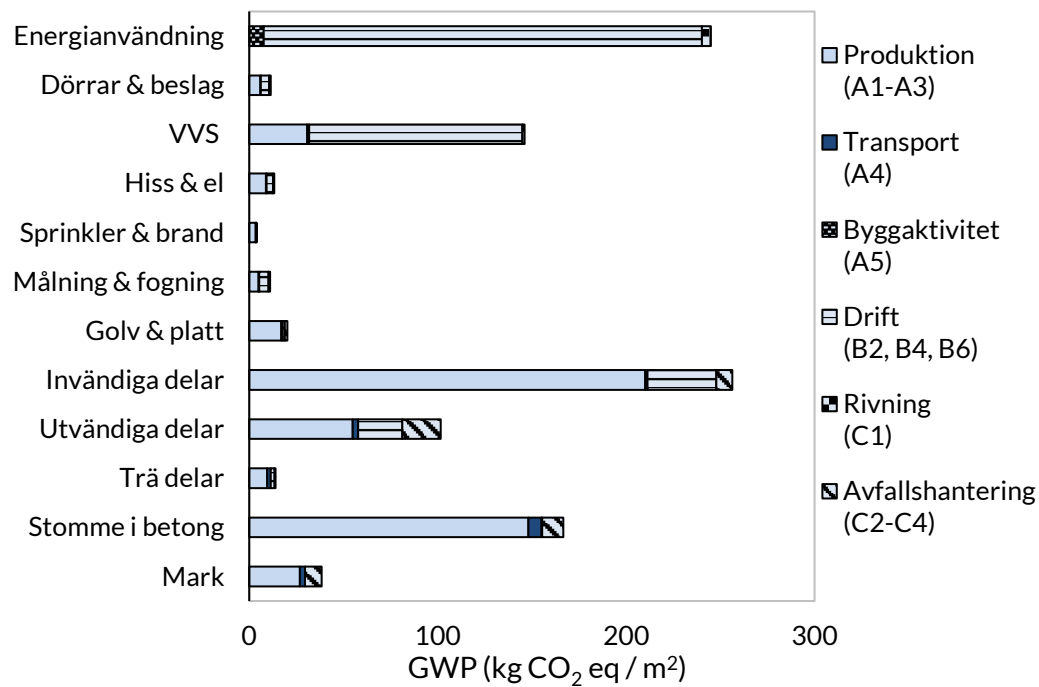


Figur 4 Distribution av material i byggnaden i olika kategorier (kg).

Resultaten för hela byggnaden domineras av energianvändningen i driftsfasen (B6) för de flesta av de analyserade påverkanskategorierna. Detta resultat är vanligt i vägga-till-grav-studier av byggnader. Med tanke på att projektets inriktning ligger i byggnadens materialaspekter kommer bidraget från energianvändningen till byggnadens totala miljöpåverkan inte att diskuteras vidare här. Istället ligger fokus på bidrag från material och aspekter relaterade till materialval.

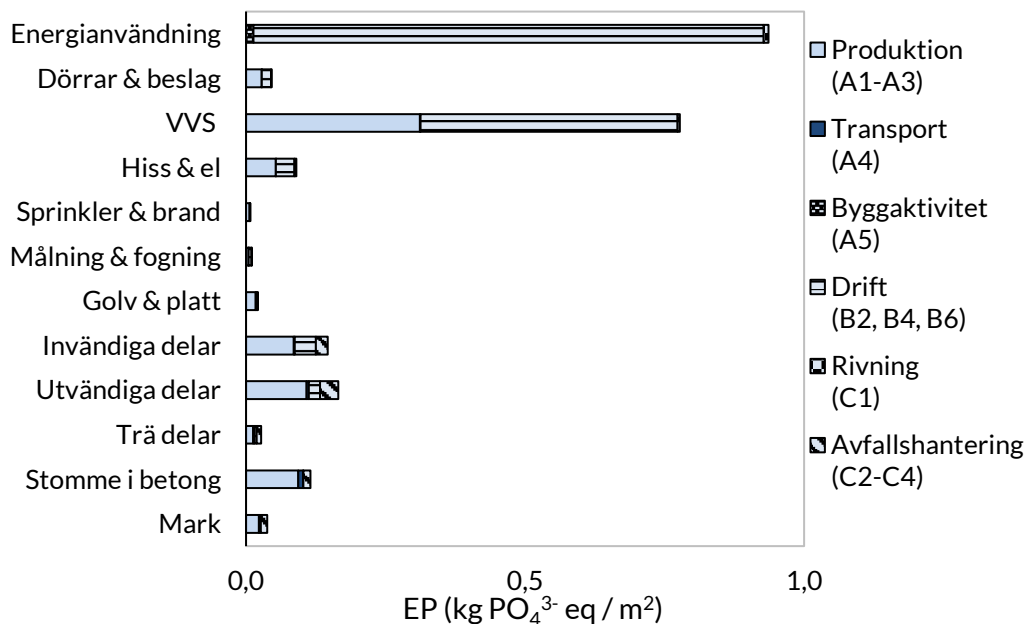
Figur 5 visar resultaten för global uppvärmningspotential (GWP). Den näst största bidragsgivaren till byggnadens totala påverkan efter den operativa energianvändningen (B2) är tillverkningen av byggmaterialet (A1–A3), framför allt materialet i konstruktionen och innerväggarna. Främst är det tillverkningen av stål och betongelement som bidrar till en betydande andel av total GWP. Endast varmförzinkat stålakustiska profiler svarar för ca. 32 %. I andra hand kan den in situ-gjutna betongen för konstruktionen och andra betong-prefabricerade element hänföras till ungefär 20 % av effekten. Andra betydande bidragsgivare är stenullsplattorna för tak (7 %) och EPS-isolering i markplattan (5 %). Utbytet

(B4) för värme-, ventilations- och luftkonditioneringsystemet (rostfritt stål och aluminiumdelar) och stenulls-plattor är också relevanta bidragsgivare.

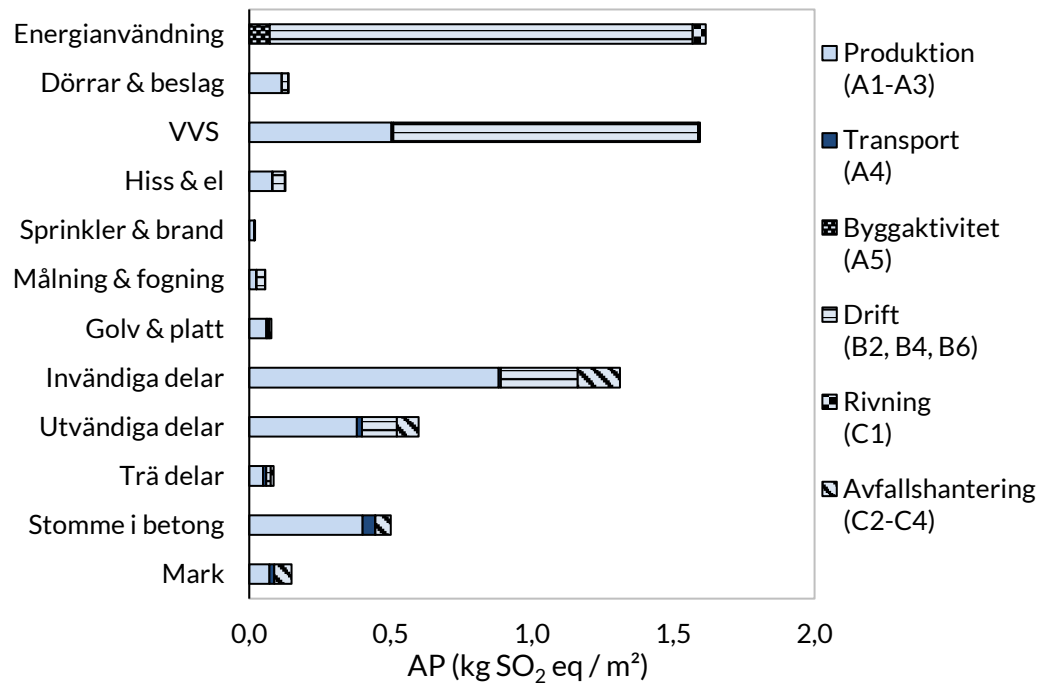


Figur 5 Global uppvärmningspotential (GWP) för de olika delarna av byggnaden.

Resultaten för påverkankategorin övergödningspotential (EP), vilket visas i Figur 6, är något annorlunda än de för GWP. Här är den dominerande processen produktion (A1–A3) och ersättning (B4) av kopparrör och delar i VVS-systemet. När det gäller andra material och deras bidrag är resultaten mycket lika de som gäller för GWP. Platsgjutenbetong, prefabricerade betongelement, stålelement och stenullplattor har även stor påverkan på EP.

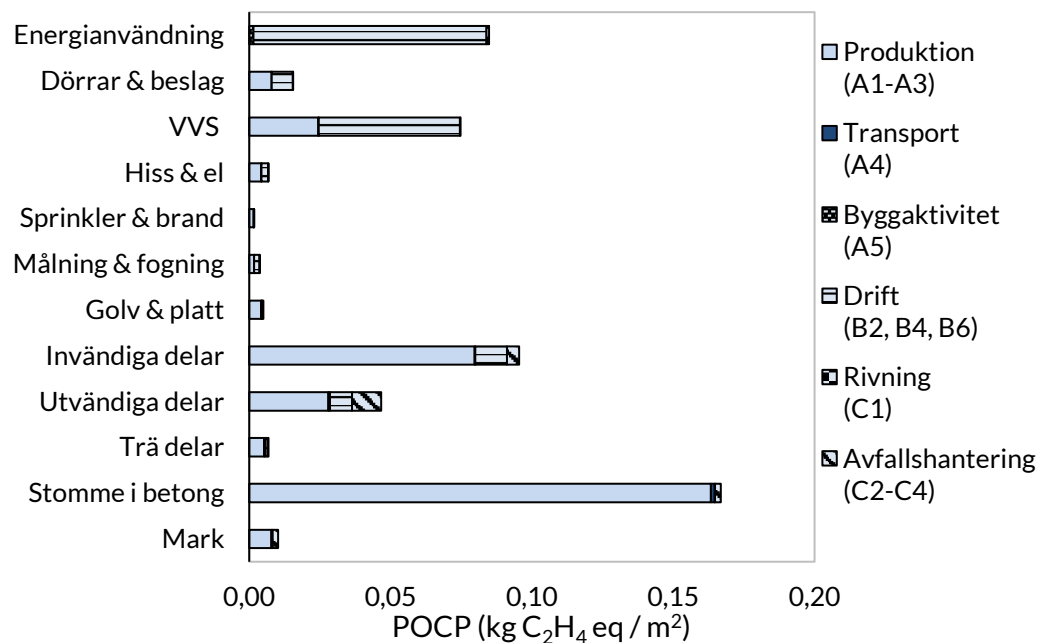


Figur 6 Övergödningspotential (EP) för hela byggnaden.



Figur 7 Förbrukningspotential (AP) för hela byggnaden.

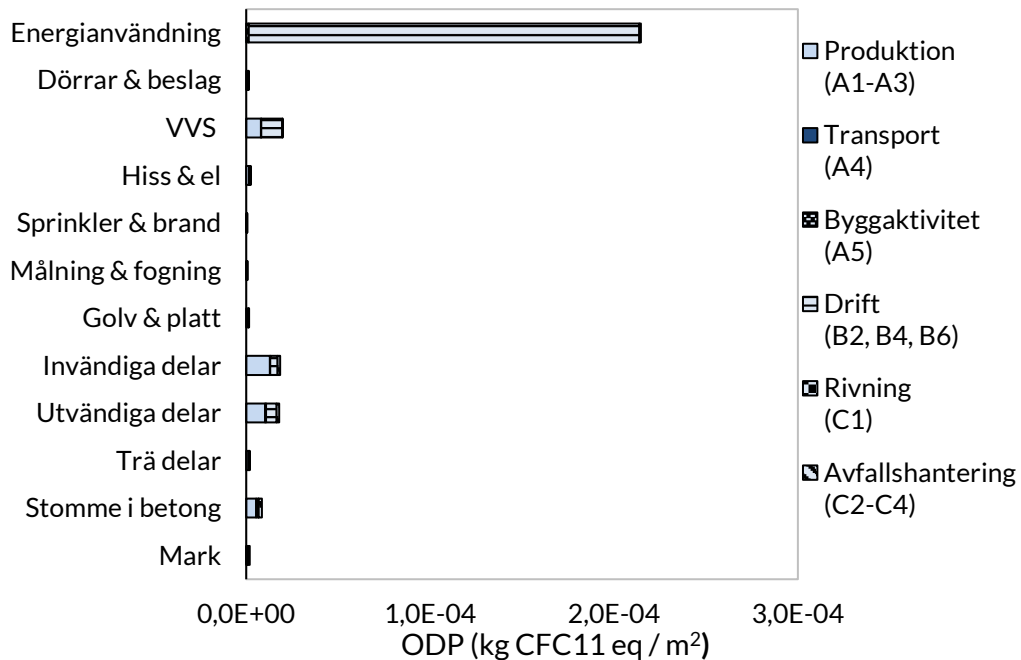
Figur 7 visar resultaten för kategorin förbrukningspotential (AP), resultat som väsentligen liknar dem som erhålls för EP men med mindre skillnader mellan kategorierna med störst påverkan. I den här kategorin är den del av byggnaden som dominerar resultaten VVS-systemet, både för tillverkning (A1–A3) och byte (B4) av delar gjorda av olika metaller, mestadels koppar, aluminium och mässing. Förutom VVS-systemet kan en stor del av förbrukningseffekterna hänföras till varmförzinkat stålakustiska profiler och stenullsplattor.



Figur 8 Potential för bildning av fotooxidanter (POCP) för hela byggnaden.

Som kan ses i Figur 8 är tillverkning av byggnadsprodukter (A1–A3) den aktivitet med störst påverkan för POCP, där tillverkning av EPS för betongkonstruktionen

och rostfritt stål i undertak är de främsta orsakerna till den stora påverkan. Därutöver har metaller i VVS-systemet har en signifikant påverkan både i tillverkningen och utbyte av delar (B4).



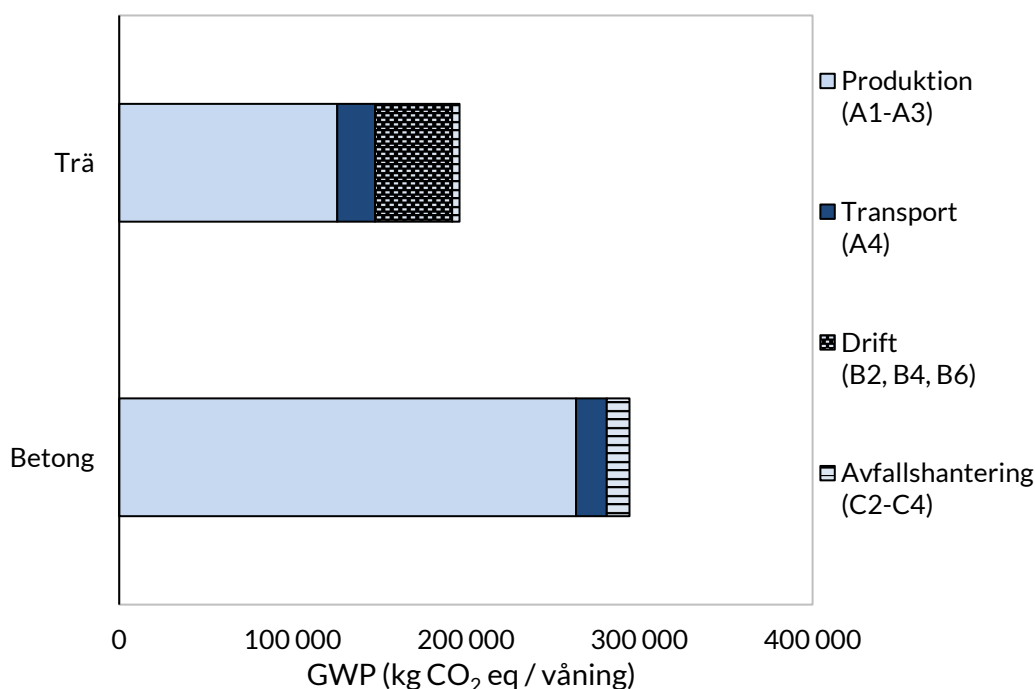
Figur 9 Stratosfärisk ozonnedbrytningspotential (ODP) för hela byggnaden.

Energianvändningen är den dominerande faktorn för ODP, vilket visas i Figur 9. Avseende material är metallerna en viktig utsläppskälla och metaller i VVS-systemet har störst påverkan av de olika konstruktionsdelarna i byggnaden.

6.2 Resultat vid jämförelse mellan konstruktioner av betong och trä

6.2.1 Miljö

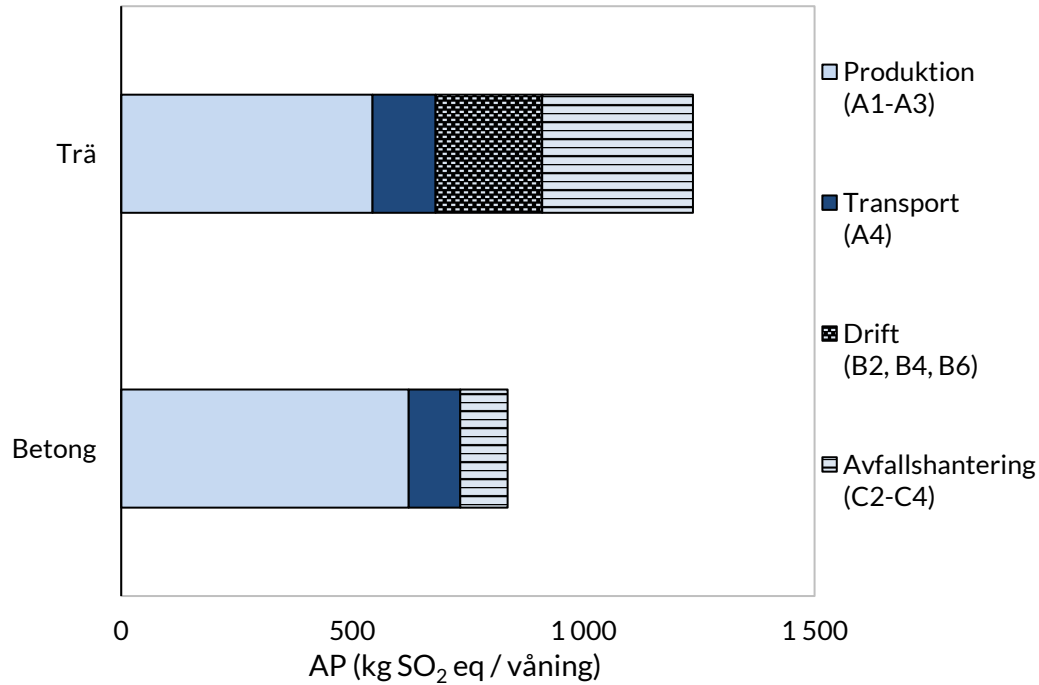
Jämförelsen för GWP mellan trä- och betongkonstruktion visas i Figur 10. GWP för betongvåningen är högre totalt över hela livscykeln. Medan betongvåningen har betydligt högre påverkan från produktion (A1–A3), har trävåningen högre utsläpp från transporter (A4) och materialutbyte (B4). Påverkan vid produktion av betongvåningen domineras av ytterväggar och bjälklagselement. För trävåningen domineras produktionen av isoleringen, akustiska plastskivor och KL-trä. Transportens påverkan beror främst på prefabricerade stålelement som levereras från Polen till betongvåningen och KL-trä från norra Sverige för trävåningen. Utsläpp för materialutbyte i trävåningen är främst orsakade av utbyte av trädelar i ytterväggen.



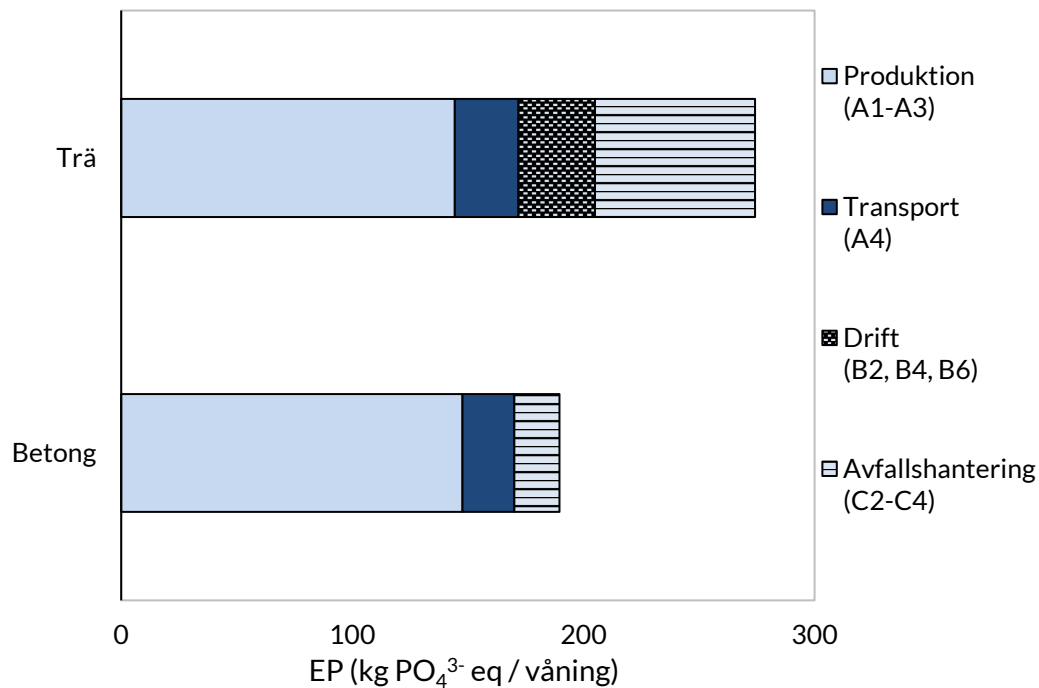
Figur 10 Resultat för GWP vid jämförelse mellan en trävåning och en betongvåning.

Resultaten är ganska likartade för påverkanskategorierna AP och EP, se Figur 11 och Figur 12, med högre påverkan från trävåningen i båda fallen. Produktionsfasen (A1–A3) är nästan lika och kan tillskrivas till samma material som för GWP. Prefabricerade stål- och betongelement för yttervägg och golvelement i betongvåning samt akustikplattor, isolering och KL-trä för trävåningen. Skillnaden i AP och EP jämfört med GWP kommer från de relativt höga effekterna i trävåningen från materialutbyte (B4) och slutskede (C4). Påverkan från utbyte orsakas främst av ersättning av isolering och träelement i

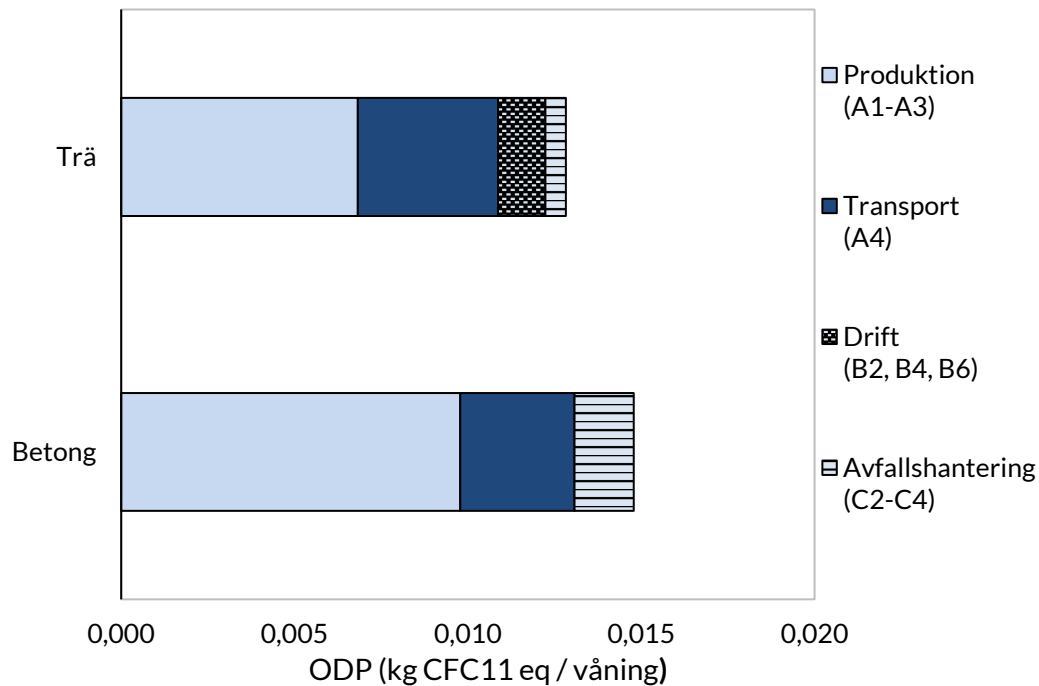
ytterväggen, medan effekterna i slutsleden domineras av avfallshantering av gipsskivor. När det gäller transporten är samma material som för GWP de främsta bidragsgivarna. Prefabricerade stålelement från Polen för betongvåningen och KL-trä från norra Sverige för trävåningen.



Figur 11 Resultat för AP vid jämförelse mellan en trävåning och en betongvåning.

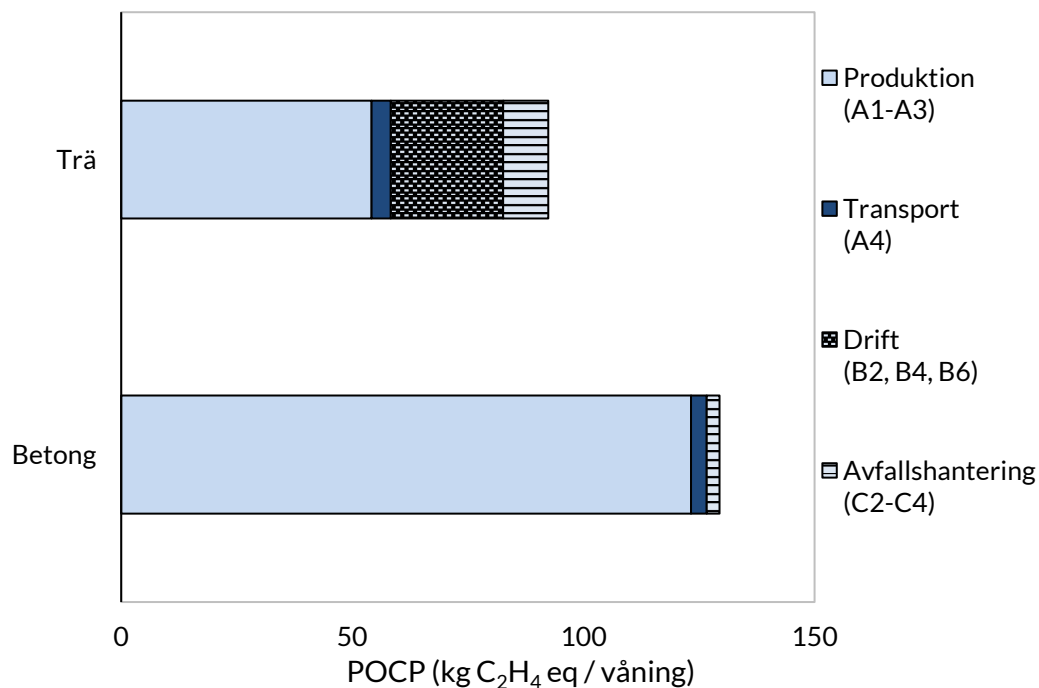


Figur 12 Resultat för EP vid jämförelse mellan en trävåning och en betongvåning.



Figur 13 Resultat för ODP vid jämförelse mellan en trävåning och en betongvåning.

I kategorierna ODP och POCP har, på liknande sätt som GWP, betongvåningen högre värden på grund av högre utsläpp i tillverkningsfasen (A1–A3). Stål är den dominerande utsläppskällan för betongkonstruktionen medan isolering och KL-trä har störst påverkan för träkonstruktionen i båda miljöpåverkanskategorierna.



Figur 14 Resultat för POCP vid jämförelse mellan en trävåning och en betongvåning.

6.2.2 Kostnader

Resultaten av nuvärdesberäkningar är sammanställda i Tabell 10. Det visade sig att träkonstruktionen i det här fallet får en högre nuvärdeskostnad i samtliga antagna fall. Förändrad diskontranta från 1 % till 10 % visade igen förändring i resultaten.

Tabell 10 Olika scenarion och resultat från LCC-beräkningar.

Scenario	Högst nuvärde
Tvätt betongfasad och behandling träfasad var 10:e år	Träkonstruktion
Utbyte träfasad var 25:e år	Träkonstruktion
Samma underhållskostnad för betong- och träkonstruktion var 10 år	Träkonstruktion

Resultaten ska dock tolkas med stor försiktighet då det var svårt att få fram relevanta data för kostnadsanalysen.

7 Diskussion

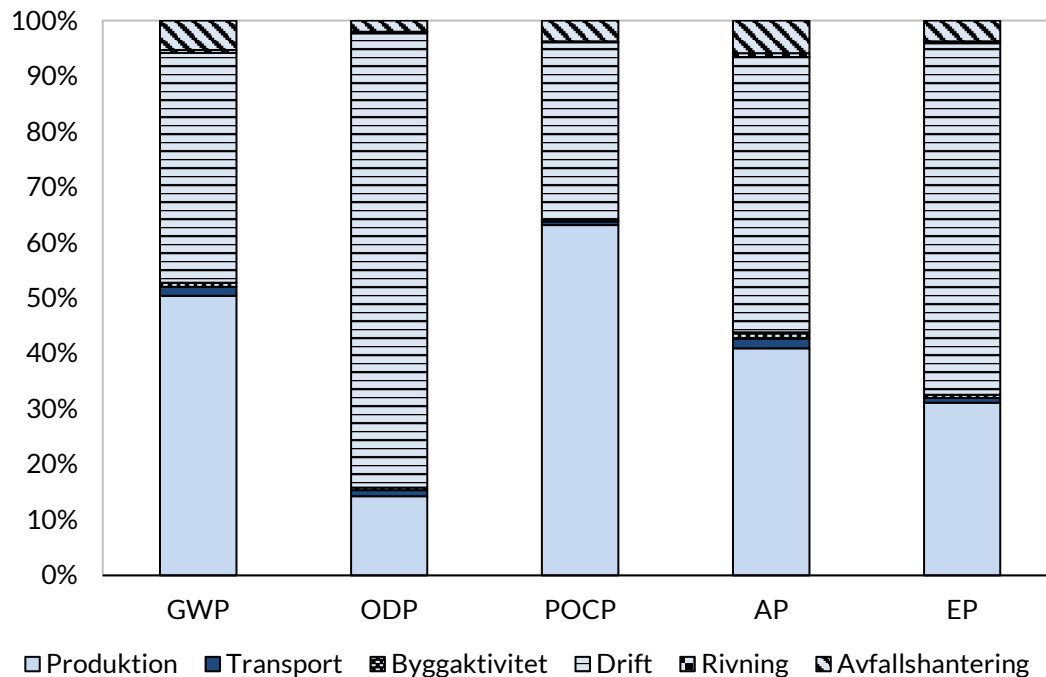
7.1 Arbetsmetodik

Vid LCA av hel byggnad är det många material och produkter att hantera. Det därför viktigt att materialdata samlas in systematiskt och på ett sådant sätt att det är möjligt att beräkna massa och volym för produkterna. Tidigt i projektet skapades en mall och rutin för att rapportera data om ingående produkter i byggnaden. Denna fungerade väldigt bra, vilket underlättade livscykelinventering (LCI) för byggnaden avsevärt. En av orsakerna att insamlandet fungerade bra var att entreprenören hade egen personal som ansvarade för att produkter fördes in i mallen. Den gick även att samköra för att rapportera innehåll av miljöfarliga material som är vanligt i större byggprojekt. Då insamling av data är väldigt resurskrävande krävs det att insamlandet sker systematiskt för att underlätta hantering av data i beräkningarna. Att utgå ifrån mallen i bilaga A och eventuellt anpassa den utifrån projektets behov kan minska bördan vid LCA och LCC av byggnader. I den här studien skedde insamlandet vid produktionen för att få verkliga data, men det är möjligt att tillämpa den även i tidiga skeden.

Det finns ett ökande intresse av att utföra LCA och LCC för byggnader. I rapporten beskrivs tillvägagångssätt för att göra livscykelstudier av hela byggnader samt vid jämförelse av olika alternativ. Syftet var att belysa både metoder i allmänhet men även skillnader i tillvägagångssätt då det rör sig om hel byggnad eller designalternativ. Vid studier av hela byggnader är ett stort problem att samla in data. Vid jämförelse av olika alternativ är största utmaningen att fastställa korrekta systemgränser så att alternativen jämförs på ett korrekt sätt. Det kan finnas flera olika alternativa sätt att göra jämförelsen av vilka det inte objektivt kan sägas vilket alternativ som är mest korrekt. Det är därför viktigt att utföra en noggrann analys av skillnader mellan de olika alternativen och att behovsägaren är involverad i analysen. Stort fokus lades på dessa problem i projektet men det finns ändå en förbättringspotential. Samla in data för produktionen visade sig möjligt att genomföra men data för användar- och slutfasen kräver fortsatt utveckling. Vid jämförelse av olika alternativ är det svårt att ge en generell metodik då det blir så specifikt beroende på vad som jämförs. Dock borde det vara möjligt att ta fram ett ramverk för hur en sådan studie skall genomföras. Den här rapporten visar dels på svårigheter som uppstår vid livscykelstudier av byggnader men ger även en vägledning hur det har löst i det här specifika fallet, vilket kan vara grund för fortsatt utveckling av metoder.

7.2 Hela byggnaden

De övergripande resultaten för hela byggnaden sammanfattas i Figur 15. Det kan påpekas att produktionsfasen (A1–A3) och driftsfasen (främst B4 och B6) har de dominerande utsläpsskällorna i samtliga miljöpåverkanskategorier.



Figur 15 Normaliserad sammanfattning för hela byggnaden av resultaten för samtliga undersökta miljöpåverkanskategorier.

När det gäller GWP dominerar stål och betongelement det övergripande resultatet, främst eftersom dessa två materialkategorier motsvarar den huvudsakliga massan av byggnadens materialanvändning. Detta resultat var förväntat. Inte bara på grund av den relativt höga massan av dessa material i byggnaden, men också för att detta resultat stämmer med andra miljöanalyser inom byggsektorn. Det som inte är vanligt bland LCA-studier av byggnadsarbeten är att inkludera VVS inom systemgränserna. VVS:s betydande bidrag till den övergripande effekten i denna kategori är därför en relevant upptäckt. Den stora påverkan orsakas främst av utbyte av delar.

Transportens (A4) relativt låga bidrag i samtliga kategorier är också anmärkningsvärt, eftersom många delar i byggnaden innehåller en viss grad av prefabricering. Ändringar i transportantagande som fordonens storlek eller tomfaktorer testades inom projektet utan större förändringar i resultaten. De industriella parterna i projektet hade ett starkt intresse av transportens bidrag i början av projektet, men resultaten visar att det finns andra delar i livscykeln som bör prioriteras för att minska byggnadens miljöpåverkan. Däremot finns vissa osäkerheter i transportmodelleringen som kunde förändra resultaten. Främst möjligheten att vissa leverantörer har underleverantörer som inte syns i datakällorna, vilket skulle kunna medföra större transportsträckor. Det fanns mer än ett hundra leverantörer till byggnaden och att modellera transport med stor detalj för alla var inte praktiskt möjligt. Oavsett nämnda osäkerheter så indikerar de små bidragen från transportprocess att en mer detaljerad analys av transporterna sannolikt inte kommer att påverka slutsatserna i den här studien.

Som visats i resultaten har koppar- och aluminiumdelar från VVS betydande bidrag i flera påverkanskategorier. Koppar är en metall med global och instabil

marknad och dess påverkan är väldigt mycket beroende av värdekedjan. Dess inverkan på övergödning och försurning är starkt beroende av användningen av fossila bränslen för gruvdrift och transport till smältverk, där utsläpp av NO_x och SO_x genereras. Modellering av dessa aktiviteter med hög detalj i den här fallstudien är utmanande på grund av mångfalden av produkter och därmed leverantörer för dessa material i byggnaden. På grund av detta blir det en viss osäkerhet i utfallet, vilket bör tolkas som en uppmaning att utföra en närmare titt på leverantörer av koppar- och aluminiumdelar samt deras globala utsläpp, liksom den andel av återvunnen metall som används för tillverkningen. Ett annat sätt är att tvinga leverantörerna att förbättra informationen i byggvarudeklarationerna om den exakta delen av återvunnen metall som används i varje produkt.

VVS-systemets stora bidrag i flera kategorier är ett väldigt intressant utfall i analysen. Som tidigare nämnts ingår inte VVS i LCA av byggnader ofta. I den här fallstudien erhöles emellertid data för materialmängder i VVS-systemet direkt från entreprenörerna och kan därför anses tillförlitliga. Resultaten visar därför att utesluta VVS-system i LCA av byggnader kan utesluta en betydande andel av miljöpåverkan i flera miljöpåverkanskategorier. Det faktum att en stor andel av miljöpåverkan från VVS motsvarar ersättning (B4) av vissa delar är också värda att diskutera. De antaganden som gjorts i denna studie om utbyte är baserade på det livslängd som deklarerats av tillverkare, och hur mycket gånger det behöver bytas ut under de 50 års livslängd som antas för byggnaden. Dessa uppgifter kunde inte erhållas direkt från industripartnerna eftersom det inte finns några fasta planer på utbyte, underhåll eller renovering för byggnaden, utan att dessa sker efter behov. Detta kan vara en indikation på behovet av att förbättra de data som modelleringen av B4 bygger på och eventuellt använda data och statistik från tidigare projekt i dessa företag.

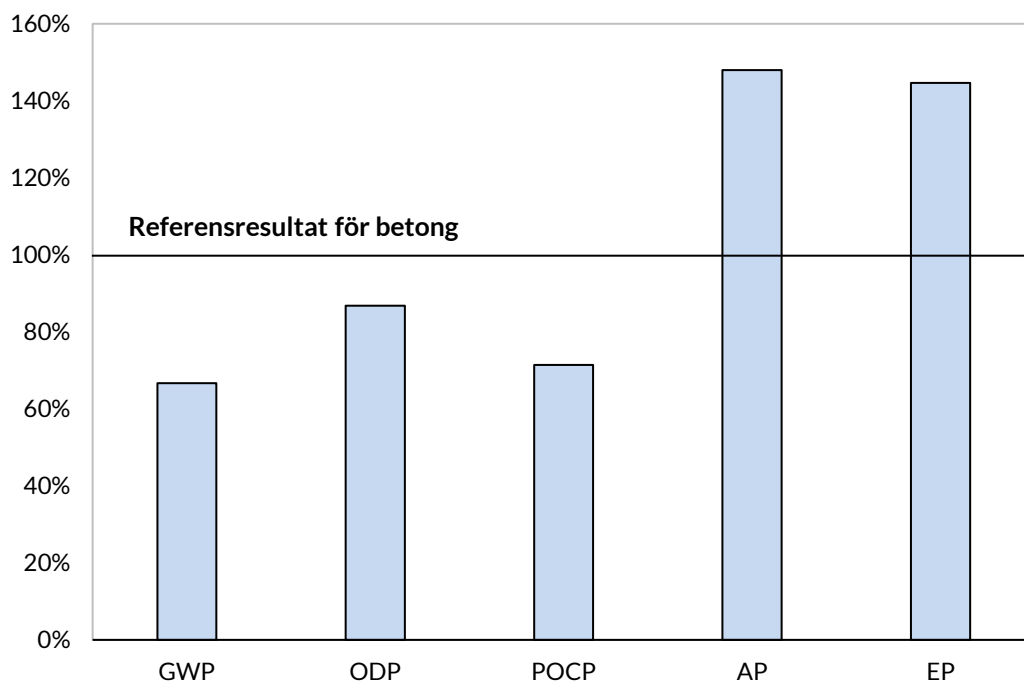
Hela analysen och dess resultat har både styrkor och osäkerheter. Dess huvudsakliga styrka är tonvikten i datainsamling från själva byggprojektet. Uppgifterna om materialmängder, avfall på byggarbetsplatsen och energianvändning i produktions- och konstruktionsfaserna (A1–A5) erhöles direkt från byggföretaget baserat på datainsamling på plats och har därför en hög grad av säkerhet. Dessutom erhöles byggvarudeklarationer för en stor majoritet av byggmaterialet som används i byggnaden, så det finns också säkerhet i de data som används för halter av råmaterial och energianvändning för tillverkning av produkterna. De främsta källorna till osäkerhet är främst underhåll och slutskedescenarier samt miljöpåverkan för avfallshanteringsprocessen. Att inkludera underhållsverksamheten för hela byggnaden var inte möjligt på grund av brist på information och resurser. Med tanke på att dessa aktiviteter är ganska resurskrävande kan detta påverka utfallet av studien, då det ökar relevansen av driftfasen. Däremot är modellering av slutskedet alltid utmanande för LCA av byggnader då det sker i en avlägsen framtid. Att övervinna denna utmaning handlar om ytterligare modelleringsarbete. Det kan var något att titta närmare på i framtida forskning.

7.3 Jämförelse mellan betong- och träkonstruktion

7.3.1 Miljö

Intentionen då projektet startades var att jämföra prefabricerad betongkonstruktion med prefabricerad träkonstruktion. Detta blev inte möjligt då förutsättningarna förändrades under projektets gång i och med att stora delar av träkonstruktionen istället byggdes på plats. Vid tolkning av resultat bör därför beaktats att det inte bara är materialen som skiljer, utan även produktionsmetoderna.

En sammanfattning av resultaten för miljöjämförelsen mellan trä- och betongkonstruktionerna presenteras i Figur 16. Trävåningen har lägre påverkan för de tre kategorierna GWP, ODP och POCP. Samtidigt är trävåningens miljöpåverkan högre än betongens avseende AP och EP. Det är dock svårt att dra starka slutsatser utifrån den här fallstudien med tanke på hur utmanande det var att modellera två ekvivalenta och jämförbara våningsalternativ i trä och betong.



Figur 16 Sammanfattning av resultaten i jämförelsen avseende miljö mellan trä- och betongkonstruktion. Miljöpåverkan för betongalternativet används som referensnivå och anges här som 100 %. Staplarna för träalternativet visar storleksförhållandet jämt mot betongalternativet.

Byggnader är komplexa produkter som fungerar som ett system för att leverera skyddsfunktionen från yttre miljö, antingen för att leva i eller, som i det här fallet, för företag och arbete. Att utifrån analys av en våning dra slutsatser om

byggnaden som helhet ska därför utföras med försiktighet. Det är ändå möjligt att dra värdefulla slutsatser utifrån observationer av erhållna resultat.

Den första observationen är att jämförelsen är starkt påverkad av effekterna av andra material som är varken betong eller trä. Å ena sidan påverkas betongvåningens resultat starkt av de prefabricerade stålbalkarna, både avseende produktion och transport, i samtliga undersökta påvekranskategorier. Å andra sidan domineras trävåningen av icke-träbaserade material som akustiska mattor i plast, isolering och gipsskivor. Resultatet kan tolkas som en indikation att flytta fokus från att jämföra trä- och betonglösningar och istället fokusera på att minska miljöpåverkan av andra vanliga byggnadsmaterial. På detta sätt kan byggsystem analyseras som helhet och separat istället för att göra generaliseringar, vilket bör undvikas vid tolkning av LCA-resultat.

Effekterna från produktionsfasen gynnar träalternativet i alla undersökta påverkanskategorier utom EP. Störst skillnad kan ses för GWP och POCP där betongkonstruktionen har större utsläpp i produktionen. Att den är större för GWP bekräftar resultat från andra LCA:er inom byggsektorn. Med tanke på den höga kvaliteten i de data som samlats in för produktionsstadiet i studien kan utsläppen från betongproduktion indikera vikten av att mildra betongens miljöpåverkan och behovet av att genomföra förbättrande åtgärder. Exempel på åtgärder kan vara övergång till förnybar energi vid cementtillverkning samt användningen av flygaska eller andra material minska behovet av cement.

Som nämnts ovan domineras produktionsfasen för träkonstruktionen i alla miljöpåverkanskategorier av icke-trämateriell. Träbyggnadselement är mer komplexa än betongalternativ, då kraven på akustik, vibration och brandsäkerhet är svårare att uppnå på grund av träs inneboende egenskaper. Därför är dessa material inte bara nödvändiga, men svåra att ersätta med alternativ som har lägre påverkan. Detta problem uppstår även i andra livscykelsteg, speciellt i slutskeden där avfallshantering av gipsskivor är en betydande utsläppskälla, liksom isolering i ytterväggen. Detta resultat belyser också vikten av att ha ett livscykelperspektiv när man gör en jämförelse mellan olika byggsystem.

Även om transporten inte spelar en markant roll i den här jämförelse är det värt att nämna att en betydande del av transportpåverkan uteslutande orsakas av två specifika material, ett i varje alternativ. När det gäller betongvåningen är det stålbalkarna som levereras från Polen, och i fråga om trävåningen är det KL-trä från norra Sverige. Effekterna från transporter är mer märkbara i den här jämförelsen med tanke på att andra stora utsläppskällor som finns i analysen av hela byggnaden, såsom driftenergin, VVS-systemet och vissa yttre stålelement, inte ingår. Ändå borde resultaten tolkas som en varning för de potentiella konsekvenserna som kan uppstå vid långdistanstransport av material. Dessutom är osäkerheten avseende underleverantörer som inte fångas i modellen återigen värt att nämna, främst som ett förslag till en närmare titt i framtiden på långa transportsträckor uppströms för material som kan erhållas lokalt eller regionalt.

I driftsfasen, och mer specifikt ersättning av material, har betongkonstruktionen betydligt mindre miljöpåverkan i alla undersökta påverkanskategorier, vilket är ett resultat som också bekräftas av tidigare studier. Betongens egenskaper som ett inert material spelar en nyckelroll i detta skede. Betongalternativet saknar i det

här fallet behov av utbyte medan det krävs utbyte för träalternativet, främst i ytterväggen. Även om alla delar som antas ersättas i den här studien ersätts endast en gång under den 50 år antagna livslängden har antagandet en viss osäkerhet. Dock är antagandet om en ersättning tillräckligt robust, eftersom de flesta träpaneler och trärelement anses ha högst 30 års livslängd, vilket innebär att de kommer att ersättas vid någon tidpunkt inom 50 år. Osäkerheten handlar främst om när i tiden denna punkt kommer snarare än om den kommer. I det här fallet var skillnaden i energianvändning mellan alternativen försumbar. Därmed har påverkan ifrån materialutbyte stor betydelse. I andra fall då skillnaden i energianvändningen mellan designalternativ är större kan materialutbyte få mindre betydelse i relation till den totala miljöpåverkan.

Vad gäller slutskedefasen är dess bidrag betydande för alla undersökta påverkanskategorier i båda konstruktionsalternativen. Precis som för hela byggnadens resultat orsakas slutskedens påverkan främst av användningen av energi för att krossa massiva element och material, huvudsakligen betong och KL-trä, och i mindre utsträckning genom avfallshantering av gipsskivor. Här är det viktigt att komma ihåg den höga osäkerheten kring antaganden för slutskedet som diskuterades i studien av hela byggnaden. Kort sagt kommer dessa processer att uppstå i en avlägsen framtid som är väldigt osäker. Den främsta orsaken till de stora utsläppen är energianvändning. Vilken typ av energi som kommer att användas för någon verksamhet femtio år från nu är mycket osäker på grund av den globala ansträngningen för en övergång till förnybar energi. Detta bör beaktas när man drar slutsatser kring resultaten. Istället borde framkomna resultat tolkas som ett tidigt tecken på den relativa betydelse som slutskedseffekter kan ha och som ett tecken på att redan nu börja att planera för en energiförskjutning av dessa processer.

7.3.2 Kostnader

Studien av kostnader visade främst att det var svårt att ta fram kostnadsdata som medför en rättvis jämförelse mellan alternativen. Det därför vanskligt att dra några slutsatser utifrån resultatet, även om träkonstruktionen i den här jämförelsen visade sig ha högre nuvärdeskostnad. LCC är ett bra verktyg för att jämföra olika byggnadsalternativ och modelleringen går bra att samköra med LCA. Däremot kan det vara svårt att bryta ut investeringskostnader så att de blir relevanta för det studerade fallet. Orsaken beror till stor del på att kostnader som inte är rena materialkostnader ofta ingår i en större entreprenad och går inte att koppla till enskilda produkter och arbetsmoment. Därför kan det istället vara mer relevant att utgå ifrån schablonkostnader.

8 Slutsatser

Som angavs i inledningen var målen med studien att:

- bidra med råd och anvisningar hur olika materialval, konstruktionslösningar och monteringsätt kan användas utifrån dess miljöpåverkan och kostnader.
- hitta de faktorer som har störst miljöpåverkan i byggprocessen.
- bidra med värdefull kunskap och erfarenhet för utveckling av metodiken kring genomförande av LCA och LCC i byggprojekt.
- jämföra skillnader mellan konstruktioner i trä och betong.

Resultaten från studien visar vilka delar i livscykeln av en kontorsbyggnad som har stor miljöpåverkan. Att energianvändning och produktion har stor påverkan har påvisats i andra studier och var ett förväntat resultat. Ett anmärkningsvärt resultat var däremot att materialen i VVS-systemet har en markant påverkan i samtliga fem undersökta miljöpåverkanskategorier. Tidigare har det varit svårt att ta med VVS-material i livscykelstudier då det ofta saknas tillräckligt med data. Detta visar att det krävs större fokus av dessa produkter för att sänka den totala miljöpåverkan av byggnader. Det var komplext att få full kunskap om hur transporter sker till och från byggarbetsplatsen. Däremot visar resultaten att transporter en liten del av byggnadens totala miljöpåverkan.

I rapporten beskrivs metodik för hur man kan göra LCA för en hel byggnad samt vid jämförelse mellan olika alternativ. Den visar även på områden där det krävs vidare utveckling av metoder, bland annat data för användarfasen och metodik vid jämförelse mellan alternativ.

Vid jämförelse mellan betong- och träkonstruktion för den aktuella byggnaden visade det sig att fokus för betong bör vara att minska emissioner från stål i produktionen medan trä istället bör fokusera på användarfasen och sluthantering. För träkonstruktionen härrör många av utsläppen från andra material än trä, men som krävs för att uppfylla byggnadskraven i en träkonstruktion. Det kan därmed vara gynnsamt att studera hur man kan förbättra dessa produkter.

Det var svårt att dra relevanta slutsatser kring skillnad i nuvärdeskostnad mellan betong- och träkonstruktionen. Orsaken beror till stor del på att kostnader som inte är rena materialkostnader ofta ingår i en större entreprenad och går inte att koppla till enskilda produkter och arbetsmoment. Därför kan det istället vara mer relevant att utgå ifrån schablonkostnader.

Bilaga A

Tabell 11 Indatamall som fylldes i av entreprenörerna. För ökad läsbarhet är kolumnerna i mallen här angivna som rader. "Vad" och "vem" fylldes i för produkter som i sin tur innehåller flera produkter. "Vad" kan t. ex. vara yttervägg och "vem" är leverantören som sätter ihop hela väggen.

Vad
Vem
Namn/benämning/id
Tillverkare
Ingående material (typ)
Ingående material, levererad mängd
Ingående material, spill
Placering i byggnad
Underhållsinstruktioner (hänvisning till dokument)
Teknisk livslängd
Densitet
Värmekonduktivitet
Brandklass
Fuktmotstånd
Övrigt
Transportsätt
Antal transporter
Förbrukning (Antal liter/mil samt typ av bränsle)
Transportavstånd
Arbets tid montering
Förbrukningsmateriel
Anläggningsenergi
Materialkostnad
Arbetskostnad

Bilaga B

Tabell 12 Totala materialmängder i byggnaden.

Materialkategori	Mängd i byggnaden (kg)
Plast och gummi material (PE, PP, PVC)	56 720
Cellplastisolering	115 947
Grus och makadam	5 862 200
Betong	8 811 106
Bitumen och asfalt	52 407
Färg	27 693
Stålmateriäl	2 858 406
Mineralisolering	166 468
Glass	137 165
Puts och avjämning	385 418
Aluminium	55 628
Trämateriäl	483 319
Koppar	2 037
Gipsskivor	197 034
Övrigt	145 460

Bilaga C

Tabell 13 Material och processer som används i beräkningarna.

Material eller process	Källa
Data för A1–A3	
PE element	Ecoinvent 3: Combination of: Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Alloc Def, U Extrusion, plastic pipes {RER} production Alloc Def, S; med 5% spill
PP element	Ecoinvent 3: Combination of: Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Def, U; Extrusion, plastic pipes {RER} production Alloc Def, S; med 5% spill
PVC element	Ecoinvent 3: Combination of: Polyvinylidenchloride, granulate {GLO} market for Alloc Def, S; Extrusion, plastic pipes {RER} production Alloc Def, S; med 5% spill
PP fiberduk geotextil	Ecoinvent 3: Combination of: Polyvinylidenchloride, granulate {GLO} market for Alloc Def, S; Extrusion, plastic film {RER} production Alloc Def, S; med 5% spill
Krossad sten och makadam	Skanska bergkrossprodukter EPD (3 krossteg)
Betongpåle	RISE LCA databas (CBI)
Stål (armering)	Celsa EPD "Steel Reinforcement Products for Concrete"
EPS	EUMEPS EPD for EPS, U-value 0,036
Retarder admixture	EFCA EPD
Calcium nitrate	Ecoinvent 3: Calcium nitrate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Sand	Ecoinvent 3: Sand {CH} gravel and quarry operation Alloc Def, S
Concrete retarder	DBC EPD
Vatten	Ecoinvent 3: Tap water, at user {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, S
Hardening accelerator	DBC EPD
Rubber	Ecoinvent 3: Synthetic rubber {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Fastening membrane	Sikaplan EPD
White cement	Aalborg white cement EPD
Portland Cement CEM I	Cementa Avg CEM I EPD
Polyester	Ecoinvent 3: 1 kg Polyester resin, unsaturated {RER} production Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Latex	Ecoinvent 3: Latex {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Polyisobutylene	Ecoinvent 3: Synthetic rubber {RER} production Alloc Def, U
Water-based primer	Ecoinvent 3: Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Alloc Def, U

Material eller process	Källa
Sodium nitrate	Ecoinvent 3: Sodium nitrate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Fly ash	Ecoinvent 3: Electricity, high voltage {SE} heat and power co-generation, hard coal Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Superplasticizer	DBC EPD
Air entrainers	EFCA EPD
Sodium silicate	Ecoinvent 3: Sodium silicate, solid {RER} sodium silicate production, furnace process, solid product Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Bitumen	Ecoinvent 3: Bitumen adhesive compound, cold {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Alumina cement	Calcium aluminate cement Cimsa EPD
Methyl acrylate	Ecoinvent 3: Methyl methacrylate {RER} production Alloc Def, S
Silica sand	Ecoinvent 3: Silica sand {DE} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Aluminium oxide	Ecoinvent 3: Aluminium oxide {GLO} market for Alloc Def, U
Benzyl peroxide	Calculated using Ecoinvent data and Stoichiometrics
Acrylic varnish	Ecoinvent 3: Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Slag cement	Ecoinvent 3: Cement, blast furnace slag 36-65%, non-US {Europe without Switzerland} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Dispersion-based products	FEICA EPD - Class A
Hot-rolled steel	EPD Norge - SSAB stålprodukter
Paroc Stonewool	Paroc EPD
Galvanisation	Ecoinvent 3: Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Aluminium sheet exterior	GDA EPD
EPDM rubber	Ecoinvent 3: Synthetic rubber {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Butyl rubber	NovaProof EPD
Chromium steel 18/8	EPD Norge - SSAB stålprodukter
Average rubber	Average Ecoinvent 3 for EPDM, SB, ABS and SAC
Activated carbon	Ecoinvent 3: Activated carbon, granular {RER} activated carbon production, granular from hard coal Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Calcium carbonate	ELCD: Calcium carbonate > 63 microns, production, at plant EU-27 S (of project ELCD)
Lubricating oil	Ecoinvent 3: Lubricating oil {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Silicone	Ecoinvent 3: Silicone product {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Limestone	Ecoinvent 3: Limestone, crushed, washed {CH} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Titanium dioxide	Ecoinvent 3: Titanium dioxide {RER} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 -

Material eller process	Källa
	allocation, default - system)
Sunguard	EPD in MBV
DIDP	Ecoinvent 3: DEHP as proxy
PUR flexible	Ecoinvent 3: Polyurethane, flexible foam {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Naphta	Ecoinvent 3: Naphtha {RER} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Siloxane	Ecoinvent 3: Silicone product {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
CLT	EPD Martinssons - EPD Norge
Average organic chemical	Ecoinvent 3: Chemical, organic {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Glulam	EPD Martinssons - EPD Norge
Average inorganic chemical	Ecoinvent 3: Chemical, inorganic {GLO} market for chemicals, inorganic Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Clay minerals	Ecoinvent 3: Clay {CH} market for clay Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Masonite H-beam	EPD Masonite Beams - EPD Norge
Phenolic resin	Ecoinvent 3: Phenolic resin {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Sawn dried Nordic timber	EPD Norsk Treindustrien - EPD Norge
Wheat flour	AgriFood LCA: Wheat flour, from dry milling, at plant/PL Economic (of project Agri-footprint - economic allocation)
Glasswool SG (Roof)	EPD Isover SG Takstolsskiva - EPD Norge
Mastic asphalt	Ecoinvent 3: Mastic asphalt {CH} production Alloc Def, S
Glass fiber	Ecoinvent 3: Glass fibre {RER} production Alloc Def, S
Low-alloyed steel	Ecoinvent 3: Average low-alloyed steel
Xylene	Ecoinvent 3: Xylene {RER} production Alloc Def, S
Bitumen with polymer	Ecoinvent 3: Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant {RER} production Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Copper	Ecoinvent 3: Copper {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Lead	Ecoinvent 3: Lead {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Tin	Ecoinvent 3: Tin {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Zinc	Ecoinvent 3: Zinc {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Nickel	Ecoinvent 3: Nickel, 99.5% {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Styrene acrylate copolymer	Ecoinvent 3: Styrene-acrylonitrile copolymer {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)

Material eller process	Källa
Kaolin	Ecoinvent 3: Kaolin {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Electroplating	Ecoinvent 3: Hard chromium coat, electroplating, steel substrate, 0.14 mm thickness {GLO} hard chromium coating, electroplating, steel substrate, 0.14 mm thickness Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Cast iron	Ecoinvent 3: Cast iron {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Metal working - copper	Ecoinvent 3: Metal working, average for copper product manufacturing {RER} processing Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Epoxy resin	Ecoinvent 3: Epoxy resin, liquid {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Manganese	Ecoinvent 3: Manganese {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Silicon	Ecoinvent 3: Silicon, metallurgical grade {NO} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Aluminium	Ecoinvent 3 Adapted to RER production: Aluminium, cast alloy {Adapted to RER} market for Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)
Graphite	Ecoinvent 3: Graphite {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Slag	Ecoinvent 3: Ground granulated blast furnace slag {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Butane	Ecoinvent 3: Butane {RER} 2-butanol production by hydration of butene Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Propane	Ecoinvent 3: Propane {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Dimethyl ether	Ecoinvent 3: Dimethyl ether {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Gypsum board (Fermacell)	EPD Fermacell Gypsum board - IBU
Gypsum board A (Norgips)	EPD Norgips Gypsum board A - EPD Norge
Butene	Ecoinvent 3: Butene, mixed {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Propylene glycol	Ecoinvent 3: Propylene glycol, liquid {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Iron ore	Ecoinvent 3: Iron ore, beneficiated, 65% Fe {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Inert filler	Ecoinvent 3: Inert filler {GLO} sand to generic market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Ethylene glycol	Ecoinvent 3: Ethylene glycol {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Zinc coating	Ecoinvent 3: Zinc coat, coils {RER} zinc coating, coils Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Gypsum	Ecoinvent 3: Gypsum, mineral {CH} gypsum quarry operation Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Vinyl acetate	Ecoinvent 3: Vinyl acetate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 -

Material eller process	Källa
	allocation, default - system)
Diammonium phosphate	Agri-footprint: Di ammonium phosphate, as 100% (NH ₃) ₂ HPO ₄ (NPK 22-57-0), at plant/RER Economic (of project Agri-footprint - economic allocation)
Melamine	Ecoinvent 3: Melamine {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Paraffin	Ecoinvent 3: Paraffin {RER} production Alloc Def, S
Perlite	Ecoinvent 3: Perlite {DE} quarry operation Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Gypsum board (Classic Knauf Danogips)	EPD Knauf D classic board - EPD Norge
Aquapanel board Knauf	EPD Knauf Aquapanel board - IBU
Humidboard 2 (Norgips)	EPD Norgips Humidboard - EPD Norge
Stonewool (Rockwool)	EPD Rockwool - EPD Norge
Gypsum board (Secura board Knauf)	EPD Secura board - EPD Norge
Sodium hydroxide	Ecoinvent 3: Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {RER} chlor-alkali electrolysis, diaphragm cell Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Formaldehyde	Ecoinvent 3: Formaldehyde {RER} oxidation of methanol Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Sodium carbonate	Ecoinvent 3: Sodium percarbonate, powder {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Nylon 66	Ecoinvent 3: Nylon 6-6 {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
MUF	Ecoinvent 3: Melamine formaldehyde resin {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Polycarbonate	Ecoinvent 3: Polycarbonate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
POM	Industry data 2.0 (From Plastics Europe Ecoprofile): Polyoxymethylene (POM)/EU-27 (of project Industry data 2.0)
Card board	Ecoinvent 3: Corrugated board box {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Polystyrene	Ecoinvent 3: Polystyrene, extruded {RER} polystyrene production, extruded, HFC-152a blown Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Brass	Ecoinvent 3: Brass {CH} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Silver	Ecoinvent 3: Silver {SE} gold-silver-zinc-lead-copper mine operation and refining Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Bronze	Ecoinvent 3: Bronze {CH} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Rosin	Ecoinvent 3: Rosin size, for paper production {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Dolomite	Ecoinvent 3: Dolomite {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)

Material eller process	Källa
Hydrated lime	Ecoinvent 3: Lime, hydrated, packed {CH} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
PMDI glue	Ecoinvent 3: Methylene diphenyl diisocyanate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Pulpwood	Ecoinvent 3: Pulpwood, softwood, measured as solid wood under bark {SE} softwood forestry, pine, sustainable forest management Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Wax	Ecoinvent 3: Wax, lost-wax casting {GLO} wax production, for lost-wax metal casting Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Paroc GRS 30	EPD Paroc density >120 - EPD Norge
Butyl acrylate	Ecoinvent 3: Butyl acrylate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Acetic acid	Ecoinvent 3: Acetic acid, without water, in 98% solution state {RER} acetic acid production, product in 98% solution state Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Diethylene glycol	Ecoinvent 3: Diethylene glycol {RER} ethylene glycol production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Pentane	Ecoinvent 3: Pentane {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
PET	Ecoinvent 3: Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Rockfon tile	EPD Rockfon
PP film	Ecoinvent 3: Combination of: Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Def, U; Extrusion, plastic pipes {RER} production Alloc Def, S; med 5% spill
Building machine	Ecoinvent 3: Diesel, burned in building machine {GLO} processing Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Electricity (Swedish grid)	Ecoinvent 3: Electricity, medium voltage {SE} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Heat (district)	Ecoinvent 3: Heat, for reuse in municipal waste incineration only {SE} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Heat (oil)	Ecoinvent 3: Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland} heat production, light fuel oil, at boiler 100kW condensing, non-modulating Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
EPS Jackon	EPD EPS-gruppen: EPD Norge
Metal working (aluminium)	Ecoinvent with SE eldata: Energy and auxiliary inputs, metal working machine {Adapted to SE} heat from NG Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)
Metal working (chromium steel)	Ecoinvent with SE eldata: Energy and auxiliary inputs, metal working machine {Adapted to SE} heat from NG Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)
Metal working (copper)	Ecoinvent with SE eldata: Energy and auxiliary inputs, metal working machine {Adapted to SE} heat from NG Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)
Metal working (metals)	Ecoinvent with SE eldata: Energy and auxiliary inputs, metal working machine {Adapted to SE} heat from NG Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)
Metal working (steel)	Ecoinvent with SE eldata: Energy and auxiliary inputs, metal working machine {Adapted to SE} heat from NG Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)

Material eller process	Källa
Extrusion of plastics	Ecoinvent 3: Extrusion, plastic film {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Extrusion of pipes	Ecoinvent 3: Extrusion, plastic pipes {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Heat (bioenergy)	Ecoinvent 3: Heat, district or industrial, other than natural gas {CH} heat production, softwood chips from forest, at furnace 300kW Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Heat (NG)	Ecoinvent 3: Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, central or small-scale, natural gas Alloc Def, S
Heat (coal)	Ecoinvent 3: Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW} heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW Alloc Def, S
Ethyl acetate	Ecoinvent 3: Ethyl acetate {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Isopropanol	Ecoinvent 3: Isopropanol {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Methanol	Ecoinvent 3: Methanol {GLO} market for Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Acrylonitrile	Ecoinvent 3: Acrylonitrile {RER} Sohio process Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Bisphenol A	Ecoinvent 3: Bisphenol A, powder {RER} production Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Alkyd resin	Ecoinvent 3: Alkyd resin, long oil, without solvent, in 70% white spirit solution state {RER} alkyd resin production, long oil, product in 70% white spirit solution state Alloc Def, S
Benzyl alcohol	Ecoinvent 3: Benzyl alcohol {RER} production Alloc Def, S
Aluminium hydroxide	Ecoinvent 3: Aluminium hydroxide {GLO} market for Alloc Def, S
Acrylic filler	Ecoinvent 3: Acrylic filler {RER} production Alloc Def, S
Contraflam	EPD-BGCF-4.0
Glasswool (Isover 30)	EPD Isover - EPD Norge
ABS rubber	Ecoinvent 3: Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Fertilizer	Ecoinvent 3: Nitrogen fertiliser, as N {RER} ammonium nitrate phosphate production Alloc Def, S
Polybutadiene rubber	Ecoinvent 3: Polybutadiene {RER} production Alloc Def, S
Jackofoam	EPD Jackon - EPD Norge
Heat exchanger (decentralized)	Ecoinvent 3: Blower and heat exchange unit, decentralized, 180-250 m ³ /h {RER} production Alloc Def, S
Absorption chiller	Ecoinvent 3: Absorption chiller, 100kW {CH} production Alloc Def, S
Grundfos pump	Ecoinvent 3: Pump, 40W {CH} production Alloc Def, S
Control unit (decentralized)	Ecoinvent 3: Ventilation control and wiring, decentralized unit {RER} production Alloc Def, S
Resistor	Ecoinvent 3: Resistor, auxiliaries and energy use {GLO} production Alloc Def, S
Steel sheet rolling	Ecoinvent 3: Sheet rolling, steel {RER} processing Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 -

Material eller process	Källa
	allocation, default - system)
Calcium silicate	ELCD: Calcium silicate, blocks and elements, production mix, at plant, density 1400 to 2000 kg/m ³ RER S (of project ELCD)
Sanitary ceramics	Ecoinvent 3: Sanitary ceramics {CH} production Alloc Def, S
Zinc oxide	Ecoinvent 3: Zinc oxide {RER} production Alloc Def, S
Control unit electronics	Ecoinvent 3: Electronics, for control units {RER} production Alloc Def, S
Air filter	Ecoinvent 3: Air filter, decentralized unit, 250 m ³ /h {RER} production Alloc Def, S
Vermiculite	Ecoinvent 3: Vermiculite {GLO} market for Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Quicklime	Ecoinvent 3: Quicklime, milled, packed {CH} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Sealing compound	Ecoinvent 3: Polysulfide, sealing compound {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Paroc element	EPD Paroc element - EPD Norge
Aluminium tape	Ecoinvent 3: Sealing tape, aluminium/PE, 50 mm wide {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Electronics	Ecoinvent 3: Electronics, for control units {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Coated glass	Ecoinvent 3: Flat glass, coated {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Refined soybean oil	Ecoinvent 3: Soybean oil, refined {GLO} market for Alloc Def, S
Ethylene Vinyl Acetate	Ecoinvent 3: Ethylene vinyl acetate copolymer {RER} production Alloc Def, S
Phthalic anhydride	Ecoinvent 3: Phthalic anhydride {RER} production Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Powder coating - aluminium	Ecoinvent 3: Powder coat, aluminium sheet {RER} powder coating, aluminium sheet Alloc Def, S
Phenol	Ecoinvent 3: Phenol {RER} production Alloc Def, S
Berker socket	EPD (BVB)
Wire drawing (Copper)	Ecoinvent 3: Wire drawing, copper {RER} processing Alloc Def, S
Nylon 6	Ecoinvent 3: Nylon 6 {RER} production Alloc Def, S
Tridonic LED	IBU EPD
Galvanised steel	ILCD: Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant, 1kg, typical thickness between 0.3 - 3 mm. typical width between 600 - 2100 mm. GLO S (of project ELCD)
Wrought aluminium	Ecoinvent 3: Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Alloc Def, S
Lamp	Ecoinvent 3: Ultraviolet lamp {GLO} ultraviolet lamp production, for water disinfection Alloc Def, S
LED lamp	Tähkämö et al 2012
Electric car charger	Ecoinvent 3: Charger, electric passenger car {GLO} charger production, for electric passenger car Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Gypsum board (Gyproc normal 12,5)	Envirodec - EPD

Material eller process	Källa
Europrofil (grade 1)	Environdec - EPD
Silicon-based sealant	FEICA EPD - IBU
Ethyl benzene	Ecoinvent 3: Ethyl benzene {RER} production Alloc Def, S
Calendering	Ecoinvent 3: Calendering, rigid sheets {RER} production Alloc Def, S
Natural stone	Ecoinvent 3: Natural stone plate, grounded {CH} production Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Dipotassium oxide	Ecoinvent 3: Potassium chloride, as K2O {GLO} market for Alloc Def, S
Steel profile (Norgips)	EPD Norge - Norgips
Flax fiber	Le Duigou et al 2011
Polyester resin	Ecoinvent 3: Polyester resin, unsaturated {RER} production Alloc Def, S
Ammonium nitrate	Ammonium nitrate, as N {RER} ammonium nitrate production Alloc Ecoinvent 3: Def, S
Norgips floorboard / hardboard	EPD Norge - Norgips
Polyol	Ecoinvent 3: Polyol {RER} production Alloc Def, S
Cork	Ecoinvent 3: Cork, raw {RER} cork forestry Alloc Def, S
Anodising (aluminium)	Ecoinvent 3: Anodising, aluminium sheet {RER} processing Alloc Def, S
Door closers TS	IBU EPD
Latex	Ecoinvent 3: Latex {RER} production Alloc Def, S
Overhead sectional door (Portsystem)	IBU EPD Portsystem
Ethanol	Ecoinvent 3: Ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation {GLO} market for Alloc Def, S
Air filter	Ecoinvent 3: Air filter, decentralized unit, 180-250 m3/h {RER} production Alloc Def, S
MDI	Ecoinvent 3: Methylene diphenyl diisocyanate {RER} production Alloc Def, S
Propylene oxide	Ecoinvent 3: Propylene oxide, liquid {RER} production Alloc Def, S
Data för transport	
Road, EURO5, >32 Ton	Ecoinvent 3: Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Alloc Def, S
Road, EURO5, 16-32 Ton	Ecoinvent 3: Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Alloc Def, S
Road, EURO5, 3,5-7,5 Ton	Ecoinvent 3: Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Alloc Def, S
Road, EURO5, 7,5-16 Ton	Ecoinvent 3: Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 Alloc Def, S
Road, EURO5, Unspecified size	Ecoinvent 3: Transport, freight, lorry, unspecified {RER} size-specific lorry transport to generic market for lorry transport Alloc Def, S
Road, EURO6, >32 Ton	Ecoinvent 3: Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 Alloc Def, S
Sea, LNG	Ecoinvent 3: Transport, freight, sea, liquefied natural gas {GLO} processing Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)

Material eller process	Källa
Data för C3-C4	
Disposal of gravel	Ecoinvent 3: Waste concrete gravel (waste treatment) {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Disposal of concrete	Ecoinvent 3: Waste concrete, not reinforced {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Recycling of concrete	Ecoinvent 3: Waste concrete, not reinforced {CH} treatment of, recycling Alloc Def, S
Disposal of reinforced steel	Ecoinvent 3: Waste reinforcement steel {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Recycling of reinforced steel	Ecoinvent 3: Waste reinforcement steel {CH} treatment of, recycling Alloc Def, S
Incineration of waste bitumen	Ecoinvent 3: Waste bitumen sheet {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Recycling of PS	Ecoinvent 3: PS (waste treatment) {SE} recycling of PS, no substitution Alloc Def, U (of project FBBB 1.2)
Incineration of PS	Ecoinvent 3: Waste polystyrene isolation, flame-retardant {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Municipal solid waste Sweden	Ecoinvent 3: Municipal solid waste {SE} treatment of, incineration Alloc Def, S
Disposal of plaster	Ecoinvent 3: Waste mineral plaster {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Disposal of steel	Ecoinvent 3: Scrap steel {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Disposal of mineral wool	Ecoinvent 3: Waste mineral wool {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Recycling of mineral wool	Ecoinvent 3: Waste mineral wool {CH} treatment of, sorting plant Alloc Def, S
Recycling of aluminium	Ecoinvent 3: Aluminium scrap, post-consumer {RER} treatment of, by collecting, sorting, cleaning, pressing Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)
Disposal of aluminium	Ecoinvent 3: Scrap aluminium {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Disposal of glass	Ecoinvent 3: Waste glass pane in burnable frame {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Recycling of glass	Ecoinvent 3: Waste glass sheet {CH} treatment of, sorting plant Alloc Def, S
Recycling of PET	Ecoinvent 3: PET (waste treatment) {SE} recycling of PET, no substitution Alloc Def, U
Incineration of PET	Ecoinvent 3: Waste polyethylene terephthalate {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Disposal of rubber	Ecoinvent 3: Waste rubber, unspecified {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Recycling of PE	Ecoinvent 3: PE (waste treatment) {SE} recycling of PE, no substitution Alloc Def, U
Recycling of PP	Ecoinvent 3: PP (waste treatment) {SE} recycling of PP, no substitution Alloc Def, U
Recycling of PVC	Ecoinvent 3: PVC (waste treatment) {SE} recycling of PVC, no substitution Alloc Def, U
Disposal of paint	Ecoinvent 3: Waste paint on wall {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Recycling of mixed plastics	Ecoinvent 3: Mixed plastics (waste treatment) {SE} recycling of mixed plastics, no substitution Alloc Def, U

Material eller process	Källa
Incineration of plastic (mixed)	Ecoinvent 3: Waste plastic, mixture {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Disposal of Plastic	Ecoinvent 3: Waste polyethylene/polypropylene product {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Incineration (with energy recovery) of PP	Ecoinvent 3: Waste polypropylene {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Incineration (with energy recovery) of PE	Ecoinvent 3: Waste polyethylene {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Incineration (with energy recovery) of PVC	Ecoinvent 3: Waste polyvinylchloride {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Incineration of wood (treated)	Ecoinvent 3: Waste building wood, chrome preserved {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Incineration of wood (untreated)	Ecoinvent 3: Waste wood, untreated {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Incineration of OSB or particle board	Waste incineration of wood products (OSB, particle board), EU-27
Composting of biowaste	Ecoinvent 3: Biowaste {CH} treatment of, composting Alloc Def, S
Recycling of copper	Ecoinvent 3: Copper scrap, sorted, pressed {RER} treatment of copper scrap by electrolytic refining Alloc Def, S
Disposal of copper	Ecoinvent 3: Scrap copper {CH} treatment of, municipal incineration Alloc Def, S
Disposal of industrial machine	Ecoinvent 3: Used industrial electronic device {CH} treatment of, manual dismantling Alloc Def, S
Disposal of inert waste	Ecoinvent 3: Inert waste, for final disposal {CH} treatment of inert waste, inert material landfill Alloc Def, S
Disposal of air filter	Ecoinvent 3: Used air filter in exhaust air valve {CH} treatment of used air filter, in exhaust air valve Alloc Def, S
Disposal of sealing tape	Ecoinvent 3: Used sealing tape aluminium/PE, 50 mm wide {CH} treatment of used sealing tape, aluminium/PE, 50 mm wide Alloc Def, S
Disposal of PU	Ecoinvent 3: Waste polyurethane foam {CH} treatment of, collection for final disposal Alloc Def, S
Recycling of gypsum board	Waste gypsum plasterboard {CH} treatment of, recycling Alloc Rec, S
Disposal of gypsum board	Waste gypsum plasterboard {CH} treatment of, sorting plant Alloc Rec, S
Electronic and electric waste	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)
Used cables	Used cable {GLO} treatment of Alloc Def, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - system)

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Byggteknik
RISE Rapport 2018:76
ISBN: 978-91-88907-26-4