

Avdelningen för Installationsteknik och klimatiseringslära
Examensarbete TVIT-20/5071
Lund 2020

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

En studie i applikationens
möjlighet att genomföra en
klimatdeklaration enligt Boverket.

Sebastian Huynh
Joel Ärlebrant



LUNDS
UNIVERSITET

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

En studie i applikationens
möjlighet att genomföra en
klimatdeklaration enligt Boverket.

Sebastian Huynh & Joel Ärlebrant

Examensarbete

Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära.

Institutionen för Bygg- och miljöteknologi

Lunds universitet

Box 118

221 00 Lund

© Författare Sebastian Huynh och Joel Ärlebrant

ISRN LUTVDG/TVIT-20/5071--SE(50)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Box 118
221 00 Lund

Sammanfattning

I år, 2020 har ett lagförslag från Boverket angående krav på klimatdeklarationer lämnats på remiss. Lagförslaget handlar om att fastställa ett krav på byggherrar, att vid nybyggnationer inkludera en klimatdeklaration. Denna klimatdeklaration ska verkställas genom att utföra en livscykelanalys på hela nybyggnationens klimatskal, stomme och innerväggar. För att kunna förenkla arbetet med klimatkalkyler och möjliggöra en smidig övergång för detta lagkrav kan verktyg kopplade till användandet av BIM vara lämpliga. BIM har länge funnits tillgängligt på marknaden för att underlätta och kvalitetssäkra projekt inom byggsektorn som ett 3D-modellerat ritprogram och informationssamlingsprogram. BIM kan ses som ett informationssamlingsprogram där arbetet samlas från flera discipliner som konstruktör, arkitekt, VVS etcetera. BIM program som exempelvis Revit öppnar upp projekt för samtliga inblandade och samlar all information på en plats.

I denna studie kommer ett av dessa verktyg som kan kopplas till BIM, Tally, undersökas och utvärderas avseende LCA samt om applikationen kan ses som användbar på den svenska marknaden, i enlighet med kommande lagkrav om klimatdeklaration. Resultatet av en LCA på utvald BIM-modell, gjord i Tally, kommer jämföras mot tredjeparts validerade data, från EPDer, som är kända och använda inom Sverige.

Denna studie visar att en LCA, genomförd i Tally, ger resultatet för den potentiella miljöpåverkan för de livscykelkedan och den miljöpåverkanskategori som lagförslaget inkluderar. Lagkravet föreslår att databasen som ska användas ska vara tillhandahållen av Boverket om valet av data är generiska data. Tally är bunden till en databas specialdesignad av GaBi för de ändamål som KieranTimberlake utvecklat Tally för. För att Tally ska uppfylla kravet i lagförslaget måste det bland annat införas en valmöjlighet av databas i programmet.

I studien valdes fyra material ut från Tallys LCA resultat, dessa val baserades på varje enskilt materials potentiella miljöpåverkan. Tre av de fyra materialen, från Tally, visade stor skillnad i potentiell miljöpåverkan mot de EPDerna tagna från europeiska databaser som är kopplade till den svenska marknaden.

Titel:	Tally, ett LCA-verktyg i BIM - En studie i applikationens möjlighet att genomföra en klimatdeklaration enligt Boverket.
Title:	Tally an LCA-tool in BIM - A study of the application's ability to implement a climate declaration according to the Swedish National Board of Housing, Building and Planning.
Författare:	Sebastian Huynh och Joel Ärlebrant
Handledare:	Karin Farsäter och Ulla Janson Institutionen för Bygg- och miljöteknologi och avdelning för installationsteknik och klimatiseringslära
Examinator:	Ulla Janson Institutionen för Bygg- och miljöteknologi och avdelning för Installations- och klimatiseringslära
Bakgrund:	<p>2020 har ett lagförslag lämnats på remiss om att införa ett krav på att varje nybyggnation ska inkludera en klimatdeklaration som registreras hos Boverket. Denna klimatdeklaration görs genom en LCA på byggnadens klimatskal, stomme och innerväggar. Boverket önskar utreda en mängd alternativ av hjälpmedel som kan förenkla sammanställning av LCA.</p> <p>Tally är en applikation som möjliggör LCA i BIM. Verktiget har funnits på den amerikanska marknaden sedan 2016 och är utformad av KieranTimberlake i samarbete med Thinkstep och Autodesk.</p>
Syfte:	Syftet är att utvärdera metoden LCA i en BIM-miljö med hjälp av applikationen Tally samt verktygets möjlighet att användas på den svenska marknaden.
Metod(er):	En utvärdering av applikationen Tally görs genom att först göra en LCA av fallstudien studenthemmet. Livscykelanalysen från Tally jämförs med tredjepartsgranskade EPDer för att bedöma om det programmet är användbart i Sverige.
Slutsatser:	Tally är en applikation som fungerar för rätt tilltänkt marknad. Den marknaden är inte den svenska marknaden. Tally måste inkludera möjligheten att välja databas för LCA för att kommande lagkrav skall uppfyllas.

Nyckelord: BIM; Byggnadsinformationsmodellering; Byggnadsinformationsmodell; Tally; EPD miljövarudeklaration; LCA; Livscykelanalys; GWP global uppvärmningspotential; Boverket; Klimatdeklaration

Keywords: BIM; Building information modelling; Tally; EPD environmental product declaration; LCA; Life cycle analysis; GWP global warming potential; National Board of Housing, Building and Planning; Climate declaration

Abstract

This year, 2020, a bill from the Swedish National Board of Housing, Building and Planning regarding requirements for climate declarations has been submitted on a referral. The bill is about establishing a requirement for builders, to include a climate declaration for new buildings. This climate declaration is to be implemented by performing a life-cycle analysis of the entire new building's climate shell, frame, and interior walls. To simplify the work on climate calculations and enable a smooth transition to this legal requirement, tools linked to the use of BIM may be suitable. BIM has long been available on the market to facilitate and quality assure projects in the construction sector as a 3D modelled drawing program and information collection program. BIM can be seen as an information gathering program where the work is gathered from several disciplines such as designer, architect, plumbing etc. BIM programs such as Revit open up projects for all involved and gather all information in one place.

In this study, one of these tools that can be linked to BIM, Tally, will be investigated and evaluated for LCA and whether the application can be considered useful on the Swedish market, in accordance with upcoming legal requirements on climate declaration. The result of an LCA on selected BIM model, made in Tally, will be compared against third-party validated data, from EPDs, which is known and used within Sweden.

This study shows that an LCA implemented in Tally provides the result for the potential environmental impact for the life cycle stages and the environmental impact category included in the bill. The legal requirement proposes that the database to be used should be provided by the Swedish National Board of Housing, Building and Planning if the choice of data is generic data. Tally is bound to a database Gabi specially designed for the purposes for which KT innovation developed Tally. In order for Tally to fulfil the requirements of the bill, a choice of database must be included in the program.

In the study, materials were selected from Tally's LCA results, these choices were based on each individual potential environmental impact. The four materials with the highest climate impact were selected. Three out of four materials, from Tally, showed a large difference in potential environmental impact against the actual EPDs taken from European databases linked to the Swedish market.

Förord

Denna uppsats och rapport är vårt examensarbete, den avslutande del i vår högskoleingenjörsutbildning, inriktning Byggteknik med arkitektur, vid Lunds universitet, Lunds tekniska högskola. Arbetet gjordes under våren 2020, under regi av Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära.

Vi vill ge ett stort tack till våra handledare Karin Farsäter och vår examinator Ulla Jansson. Tack för all hjälp och vägledning vi fått under vår tid med arbetet. Vi vill även passa på att tacka hela Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära för att vi fick möjligheten och tillgång till kontorsplats. Specifikt också till Victor Fransson och Akram Abdul Hamid för hjälp och tillgång till dator. Ett tack ska även tillägnas våra respektive familjer som under rådande förhållanden låtit oss delvis skriva hemifrån.

Slutligen vill vi tacka varandra! Tack för gott samarbete med humor och trevlig stämning.

Lund i Maj 2020

Sebastian Huynh & Joel Ärlebrant

Terminologi

I terminologiavsnittet presenteras de definitioner som inkluderats i denna studie och som generellt anses som standard.

- **LCA** (Livscykelanalys) – En metod som används för att klimatberäkna en produkts/objekts livscykel från råmaterialutvinning till kassering alternativt återvinning. (Boverket, 2019a)
- **LCI** – Life-cycle inventory – (livscykelinventering) Sammanställning av vad som behövs vid genomförandet av en LCA och vilka utsläpp som sker på grund av en viss produkt eller tjänst. (Athena Sustainable Materials Institute)
- **EPD** (Environmental product declaration) – Miljövarudeklaration, redovisar en produkts miljöpåverkan för delar eller hela livscykeln. Kan även redovisa för tjänster och liknande. I en miljövarudeklaration redovisar miljöpåverkan från en produkt, antingen en vara eller en tjänst, över hela dess livscykel (The International EPD® System, 2020a). Miljöinformationen baserad på en gemensam LCA-metodik och registrerad av en programoperatör. Det innebär att informationen är tillförlitlig, att data har en hög trovärdighet. (Boverket, 2019e)
- **Produktspecifika data** – Den potentiella miljöpåverkan av en specifik produkt. Kan till exempel presenteras i en Miljövarudeklaration (EPD). (The International EPD® System, 2020a)
- **Generiska data** – Representativ data/genomsnittsdata för produkter som används på marknaden. (Boverket, 2019e)
- **PCR** (Product Category Rules) – produktspecifika regler/kriterier som är detaljerade riktlinjer om avgränsningar, metodval och dataunderlag för vald produkttyp att användas vid genomförandet av en LCA. (Boverket, 2019b)
- **BIM** (Building information model/modelling/management) – Förkortningen BIM står för Building Information Model, vilket direkt kan översättas till byggnadsinformationsmodell och innebär ett förhållningssätt till hur det tillämpar en integrerad digitalisering av hela bygg- och förvaltningens processer. (Sveriges Kommuner och Landsting, 2017)
- **Tally** – Ett plug-in program till Revit skapad av KT innovation och Thinkstep. Används inom byggsektorn för att göra livscykelanalys för byggnader. (Tally, 2019a)

- **Klimatpåverkan** – Att begränsa klimatpåverkan är ett av Sveriges 16 miljösmål, vilket innebär att halten växthusgaser i atmosfären ska stabiliseras på en “ofarlig” nivå. Detta mäts generellt i koldioxidekvivalenter samt kallas även för global uppvärmningspotential, och innebär förmågan för växthusgaser att bidra med globaluppvärmning och växthuseffekten. Tre ämnen som är inkluderade är koldioxid, metan och dikväveoxid. (Regeringen, 2009; Yu *et al.*, 2018)
- **GWP** (Global warming potential) – Se klimatpåverkan.
- **SS-EN ISO 14020 Miljömärkning och miljödeklarationer** – Allmänna principer (Swedish Standards Institute, 2001)
- **SS-EN 15978:2011** – Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda - Beräkningsmetod (Swedish Standards Institute, 2011)
- **SS-EN 15804:2012+A2:2019** – Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler (Swedish Standards Institute, 2020)
- **LEED v4** – Leadership in Energy and Environmental Design, “Green building” graderingssystem generellt benämnt som miljöcertifieringsystem. (U.S. Green Building Council och Leed, 2020)
- **Kg CO₂-ekv.** (Kg CO₂-ekvivalenter) – Enheten för miljöpåverkanskategorin klimatpåverkan, där växthusgasers påverkande på klimatet bedöms. Koldioxid, metan, dikväveoxid och fluorerande gaser multipliceras med en faktor för global uppvärmningspotential för att vägas samman. (Naturvårdsverket, 2017)
- **PBL** – (Plan- och bygglagen) En lag om bestämmelser för planläggning av mark och vatten vid byggande. (Finansdepartementet och Boverket, 2010)
- **Autodesk Revit** – Programmet Revit är ett så kallad BIM-program, det tillhandahåller byggnadsinformationsmodeller och arbetssättet kallas för byggnadsinformationsmodellering. (BIM Alliance)

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	iv
Förord.....	v
Terminologi.....	vii
Innehållsförteckning.....	ix
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	2
1.1.1 Incitament för minskad klimatpåverkan	2
1.1.2 Klimatdeklarationer	3
1.1.3 Livscykelanalys.....	5
1.1.4 Miljövarudeklarationer.....	8
1.1.5 BIM	9
1.1.6 Integrationen mellan BIM och LCA	10
1.1.7 Tally	12
2 Syfte.....	14
2.1 Målformulering & Frågeställning	14
2.2 Avgränsningar	14
3 Metod.....	15
3.1 Litteraturstudie	16
3.2 Studenthemmet.....	16
3.3 Utvärdering av Tally	17
3.3.1 LCA resultat från Tally	18
3.4 Tallys användbarhet i Sverige	18
3.4.1 Utvärdera möjligheten att genomföra klimatdeklaration enligt Boverket i Tally	18
3.4.2 Jämförelse av den potentiella klimatpåverkan från Tally mot material relevanta för den svenska marknaden.....	18
4 Resultat	22
4.1 Utvärdering av Tally	22
4.1.1 Tallys metodik att genomföra en LCA	23
4.1.2 Resultat från Tally.....	28
4.2 Tallys användbarhet i Sverige	33
4.2.1 Livcykelskede	33
4.2.2 Klimatpåverkan.....	34
4.2.3 Betong	35
4.2.4 Isolering	36
4.2.5 Armeringsstål.....	37
4.2.6 Tegel.....	38
5 Diskussion.....	39
5.1 Utvärderingen av Tally.....	39
5.2 Tallys användbarhet i Sverige	42

5.3	Framtida Studier	44
6	Slutsats	45
7	Referenser	46
8	Bilagor	50

1 Inledning

I år, 2020 har ett lagförslag angående klimatdeklarationer för byggnader från Boverket lämnats på remiss på uppdrag från Sveriges Regering. Lagförslaget handlar om att fastställa ett krav att vid nybyggnationer inkludera en klimatdeklaration. Denna klimatdeklaration ska verkställas genom att utföra en livscykelanalys (LCA). Förhoppningen är att lagkravet kommer träda i kraft 1: a januari 2022. I samband med detta krav bör byggherrar och involverade skapa sig en djupare förståelse för materialval och klimatpåverkan. BIM har länge funnits tillgängligt på marknaden som ett verktyg för att underlätta och kvalitetssäkra projekt inom byggsektorn som ett 3D-modellerat ritprogram och informationssamlingsprogram. BIM kan ses som ett informationssamlingsprogram där arbetet samlas från flera discipliner som konstruktör, arkitekt, VVS etcetera. BIM samlar all information på en plats knutet till en 3D-modell. För att kunna förenkla och möjliggöra en smidig övergång för detta lagkrav kan verktyg kopplade till BIM vara lämpliga. I denna studie kommer ett av dessa verktyg, Tally, undersökas och utvärderas. Kan Tally vara ett lämpligt hjälpmedel för det kommande lagkravet och kommer applikationen kunna uppfylla Boverkets samtliga krav som ställs på en klimatdeklaration? Vilken data är en livscykelanalys, given av Tally, baserad på och var kommer den data ifrån? Är även den data lämplig för den svenska marknaden? Studien berör Tallys användbarhet och den livscykelanalys som erhålls av applikationen, LCA-resultatet kommer att utvärderas och ställas mot tredjepartsgranskade EPDer som används i Sverige och bland svenska företag.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

1.1 Bakgrund

För att få en mera omfattande förståelse och för att beskriva mera utförligt om Tally, EPDer och LCA innebär det att ett kunskapsområde måste byggas upp. Bland annat om olika begrepp samt olika metoder för LCA beräkningar som ska identifieras samt även kunskapsområden inom BIM.

1.1.1 Incitament för minskad klimatpåverkan

Ett av Sveriges 16 miljömål är att begränsa klimatpåverkan. För att idag minska utsläppen inom byggnadsindustrin finns det inte något konkret incitament för att driva på minskade utsläpp. Miljöcertifieringar är i sig det enda möjliga incitament för byggherrar att bidra till minskad miljöpåverkan men Boverket (2019c) menar att det i nuläget inte heller finns några krav på att byggnader ska ha miljöcertifieringar.

Det finns dock förväntningar på företag att hålla en ansvarsnivå inom miljöperspektivet. Corporate Social Responsibility, förkortat CSR är ett begrepp som blivit mera aktivt under åren som ett sätt att validera företag inom social hållbarhet. Inom CSR ingår miljöaspekten som en punkt. Det berör att företag ska ha ett så kallat policyåtagande gällande hållbarhet. För att certifiera sig specifikt inom miljö hållbarhet finns ISO-standarder tillgängliga. Företagen har även här insett fördelarna med att inkludera miljöpåverkansaspekten i sin företagspolicy samt se sitt eget ansvar som företag till bidragandet av en mer hållbar framtid. Det finns både en ekonomisk nytta och ett sätt att marknadsföra sig själva. En certifiering är därför ett sätt att bevisa både för kunder och konkurrenter att de tar sitt ansvar. (Regeringskansliet, 2013; Swedac, 2020)

Miljöcertifieringar är ett sätt att validera och verifiera en byggnad för bland annat för köparen. Byggnader som har miljöcertifieringar har uppnått de krav som ställts enligt de certifieringsverktyg som finns. Exempel på certifieringar kan vara BREEAM, LEED, Miljöbyggnad etc. (Boverket, 2019d) Miljöbyggnad 3.0, för att nämna en, har tre indikatorer som berör materialval och dess bidrag till miljöpåverkan, exempelvis handlar det om att föra loggbok och att visa hur det tagit ansvar att sänka utsläpp av koldioxidkvivalenter. (Andersson and Elofsson, 2016; Boverket, 2019d; IVL Svenska Miljöinstitutet, 2020; Swedac, 2020)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

1.1.2 Klimatdeklarationer

En klimatdeklaration innebär en redovisning av en byggnads utsläpp av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv. I dagsläget saknas krav på klimatdeklaration vilket enligt Boverket kan spåras till avsaknad av drivkraft, databrist och/eller resursbrist. (Boverket *et al.*, 2020)

Regeringen avser därmed att införa krav på klimatdeklaration för byggherrar vid nybyggnationer. Lagkravet är planerat att införas den 1 januari 2022. Detta eftersom Sveriges bygg- och fastighetssektor står för ca 12,8 miljoner ton koldioxidkvivalenter i växthusgasutsläpp. Sett på det stora hela är det 21 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp. (Finansdepartementet, 2020)

Enligt en studie gjord av Boverket behövs en förhöjd miljömedvetenhet specifikt inom klimatpåverkan, om vilket värde olika val har under byggskedet. Anledningen till detta lagkrav är som Boverket också ser det ett sätt att öka kunskap och medvetenhet. Detta skall göras genom att identifiera, synliggöra och kvantifiera klimatpåverkan. (Finansdepartementet, 2020)

Boverket har därför fått i uppdrag att:

- Framställa en klimatdatabas för klimatdata öppen för alla.
- Sammanställa ett klimatdeklarationsregister för nya byggnader.
- Ta fram och distribuera information och vägledningar som berör lagkravet.
- Utvärdera och utveckla en kommande plan för nästa steg av klimatdeklaration som inkluderar en utökad livscykel och gränsvärden för klimatpåverkan.
- Bistå och underlätta vid framtagningen av lag och reglering.

Lagförslaget från Boverket avser att byggherren, i byggplaneringen ska göra en klimatdeklaration då projektet omfattas av bygglovsansökan. Byggherren ska själv registrera klimatdeklarationen hos Boverket innan slutbeskedet. Kommunen kontrollerar att deklARATIONEN registrerats innan slutbesked kan ges. Lagen för detta följer en ändring i PBL kap 10§34. Totalt sett är kommunernas ansvar att: Upplýsa om kravet, kontrollera och eventuellt neka slutbesked. (Boverket, 2020; Boverket *et al.*, 2020)

Enligt Finansdepartementet (2020) kommer klimatdeklarationer gälla för uppförandet av nybyggnationer och kommer att gälla för alla typer av byggnader men Boverket menar att införandet av kravet bör göras i etapper. Först bör kravet ligga på flerbostadshus och lokal för att två år senare innefatta småbostadshus.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Dock ser Boverket att tillfälliga byggnader som är avsedda att användas i högst två år, byggnader som inte kräver bygglov enligt PBL, industrianläggningar och verkstäder, ekonomibygnader för jordbruk, skogsbruk eller annan liknande näring och byggnader som inte har större bruttoarea än 50 kvadratmeter bör undantas. (Finansdepartementet, 2020)

Beräkningarna i klimatdeklarationer omfattar byggskedet och tar hänsyn till produktspecifika och generiska data. Boverket kommer arbeta som granskare för klimatdeklarationer och bedömer deklarationer med kontrollberäkningar. Avviker en klimatdeklaration avsevärt ska Boverket ompröva klimatdeklarationen, om inte byggherren har en tänkbar förklaring till det avvikande värdet. Boverket har rätt att ta ut sanktionsavgift vid omprövning. (Finansdepartementet, 2020)

Klimatdeklarationen görs med hjälp av en livscykelanalys (LCA) av byggnaden, helst i ett tidigt skede, där projektledare från Boverket, Kristina Einarsson menar att det då bör läggas fokus på generiska data i det initiala skedet. Allt efter projekteringen fortgår kan livscykelanalysen förtydligas och bättras på, men Boverkets krav kommer primärt innefatta LCA på generiska data. Som byggherre går det att välja specifika data, exempelvis produktspecifik kommer att kunna användas. Produktspecifika data inhämtas från tredjepartsgranskade EPD-databaser. Kravet kommer att, som tidigare nämnt, gälla för nybyggnader, dock endast för materialval som berör stomme, klimatskal samt innerväggar. Kravet kommer också till att börja med att endast gälla för byggskedet alltså skede A1-A5. Se kapitlet 1.1.3 Livscykelanalys i denna rapport som berör LCA för djupgående information om LCA samt vilka skeden som berörs. (Boverket *et al.*, 2020)

Utmaningar som branschen ser det med röster från bland annat Skanska och NCC, berör riktlinjer och avgränsningar. Ett krav på klimatdeklaration kommer innebära en lägsta nivå för hela branschen som i sig troligt kommer leda till utveckling. Skanska har räknat på klimatdata sedan 2008 och NCC sedan 2010. Detta genom egna initiativ, att nu hela branschen blir inkluderade, tror Jeanette Sveder Lundin, Grön utvecklingschef på Skanska, kommer leda till ett bra första steg men som måste utvecklas och bli bättre. (Boverket *et al.*, 2020)

En annan utmaning är hanteringen av all data som tillkommer i arbetet att ta fram en klimatdeklaration. Boverket kommer själva ta fram en samlad databas som ska användas. Dock bör varje projekt hanteras individuellt och då tillkommer svårigheter som kan lösas med hjälp av digital hantering. Exempelvis genom applikationslösningar. (Boverket *et al.*, 2020)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

1.1.3 Livscykelanalys

LCA redogör för hur en produkt eller en byggnad kan påverka miljön under dess olika livcykelskedan i processen, från råvaruutvinning till att byggnaden återvinns eller rivs. Att göra en LCA för en byggnad ger möjligheten att jämföra olika beståndsdelar samt olika byggnadsmaterial. (Boverket, 2019a)

Det börjar bli mera populärt med att göra bedömningar av en byggnads klimatpåverkan enligt (Vid *et al.*, 2018). Då detta börjar bli mera intressant börjar flera företag att använda sig av verktyg som utför LCA. Verktyg som utför LCA inom svenska fastighetssektorn är exempelvis Bidcon klimatmodul, Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (*BM*), One click LCA etc. (Boverket, 2019g)

Beroende på vilken sorts analys som ska göras kan olika skeden i byggprocessen analyseras, antingen från “vagga till grind” (“cradle to gate”) som betraktar från råvaruutvinning till tillverkning eller från “vagga till grav” (“cradle to grave”) som är hela processen från råvaruutvinning till sluthantering vid exempelvis rivning och vidare hantering. (Boverket, 2019a). För att få en större inblick i de olika skedena kan det ses i Figur 1

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

A1–3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4–5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1–7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1–4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Figur 1 De fem olika skeden som ingår i en livscykel enligt den europeiska standarden EN 15978, Källa: (Vid et al., 2018)

Dem fem olika skedena är uppdelade enligt SS-EN 15978:2011, (Swedish Standards Institute, 2011)

- A1–3 Produktskedet omfattar produktion av de byggprodukter och andra resurser som kommer att användas – allt från utvinning av råmaterial till transport, förädling och tillverkning.
- A4–5 Byggproduktionsskedet omfattar byggprodukternas transport till byggplatsen och färdigställandet av byggnaden
- B1–7 Användningsskedet omfattar användning, underhåll, reparationer och drift av byggnaden. Här ingår till exempel energi- och vattenanvändning vid drift.
- C1–4 Slutskedet omfattar de processer som krävs för att riva och frakta bort byggnadsdelarna till återanvändning, återvinning eller deponering, när byggnaden uppnått sin livslängd.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Enligt (Vid *et al.*, 2018) finns det olika databaser för att genomföra LCA och beroende på vilken generisk miljödata som används kan det få olika resultat, då det är svårt för brukaren att veta om miljödata stämmer överens med den faktiska produkten. Den generiska miljödata kan möjligtvis bytas ut mot produktspecifika data för att få det mera projekt anpassat.

Funktionell enhet

Det finns olika metodval för att utföra en LCA, beroende på vad livscykelanalysen har för användningsområde. Därav är det viktigt att beskriva tillvägagångssättet för att tolkning och förståelse ska vara möjlig. Det centrala i metodvalet är den funktionella enheten och systemgränser. (Boverket, 2019c)

Den funktionella enheten ska vara ett mått på användningsområdet exempelvis om användningsområdet är att producera el bör enheten vara i kilowattimmar om det är för byggnader bör det vara i kvadratmeter (Boverket, 2019c; Sveriges lantbruksuniversitet, 2019). För att det ska vara möjligt att jämföra olika byggnader behövs det ha samma grundläggande funktion. Vanligtvis beskrivs den funktionella enheten som de grundläggande kraven som motsvarar Boverkets byggregler gällande ljudförhållande, energiprestanda, tillgänglighet etcetera, vanligtvis genom byggnadens miljöpåverkan per kvadratmeter. (Boverket, 2019c)

LCA – miljöpåverkningskategorier

En livscykelanalys kan inkludera flera olika miljöpåverkningskategorier. Bland dessa har standarder bestämts för byggindustrin inom Europa, vilka inkluderar; global uppvärmningspotential (GWP), försurning (AP), övergödning (EP), utarmning av icke-fossila resurser (ADPe), utarmning av fossila resurser (ADPf), ozonnedbrytning (ODP), marknära ozon (POCP). Notis: Samtliga förkortningar berör de internationella uttrycken för varje enskild kategori. Fler kategorier finns att tillgå i en LCA, dessa berör ofta andra industrier exempelvis jordbruk med inkluderad kategori som markanvändning. Ett urval av de övriga kategorierna är inte inkluderade i europeisk standard på grund av att de är svårberäknad och saknar säkra metoder. (Swedish Standards Institute, 2011; Boverket, 2019f)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

1.1.4 Miljövarudeklarationer

Miljövarudeklaration (EPD) är ett dokument som redovisar hur en produkt eller en tjänst påverkar miljön under dess livscykel. Data som redovisas i en EPD kan användas för att göra LCA för till exempel en byggnad. (Boverket, 2019b)

EPDer används internationellt av företag för att få ett bättre samarbete med kunder och intressenter där det kan se förbättringar och rättvisare bedömningar mellan olika produkters miljöbedömningar. Det kan även bidra till en bättre kommunikation vid anbudsfordfarande om det är miljöprestanda som är målet med affärsprocessen. Syftet med EPDer är att göra det lättare att jämföra tjänster och produkter inom samma kategorier. (The International EPD® System, 2020b)

Enligt Boverket består en EPD huvudsakligen av tre saker: produktblad, metodval och resultat från bedömningen av miljöpåverkan. En EPDs livslängd varar mellan tre till fem år och ska följa standarden för hållbarhet hos byggnadsverk, miljödeklarationer och produktspecifika regler (PCR), allt detta i enlighet med standard (SS-EN 15804:2012 + A1:2013). Vid framtagning av EPDer krävs det att de utgår från produktspecifika regler så miljövarudeklarationer utgår från samma kriterier. Exempelvis dikterar PCR för betong att det är obligatoriskt att för byggtjänster inkludera kategori A1-A5 men för byggprodukter är det endast obligatoriskt att ta med kategori A1-A3 vid framtagning av EPD (The International EPD® System, 2015). Det är väsentligt att ta hänsyn till EPDernas avgränsningar då de kan utgå från olika skeden vid beräkningen och inte vara jämförbara om de inkluderar olika skeden. Det finns tre nivåer för företag att redogöra produkters miljöpåverkan enligt ISO 14020:

- Typ 1: En tredjepartsgranskare som kontrollerar angivna kriterier och därefter bedöms som en miljömärkning.
- Typ 2: Egendeklaration som tillverkaren har gjort på produktens miljöpåverkan. Kräver inte att en extern part ska granska.
- Typ 3: Motsvarar EPD och är en tredjepartsgranskad LCA beräkning.

(Smart Built Environment, 2018; Boverket, 2019b; IVL Svenska Miljöinstitutet, 2020; The International EPD® System, 2020b)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

1.1.5 BIM

BIM används som ett sätt att addera information i ett ritprogram. Program som använder sig utav BIM är till exempel Revit, ArchiCad, Sketchup, Tekla etcetera. Med BIM ges möjligheten att samla projekt, visualisera, simulera, effektivisera och beräkna olika delar i olika kategorier som exempelvis miljö- och klimatpåverkan. En möjlighet är att använda sig av Revit för just grundläggande modellering. För tillägg som kan klara av exempelvis beräkningar och hantering av miljövarudeklarationer finns insticksapplikationer som läggs till i Revit. Exempel på dessa är Tally som är godkänt av Autodesk. (Eastman *et al.*, 2011; Tally, 2014)

BIM är ett arbetssätt som strategiskt tillämpar en integrerande digitalisering av information som produceras inom hela byggnads- och förvaltningsprocessen. De kan både vara projekt för nybyggnationer samt befintliga fastigheter. Det går även att se det som ett pedagogiskt verktyg där visualiseringen av fastigheter ger en bättre integration av intressenter. Det kan ses ur perspektivet att en tydligare visuell representation av något som en köpare är ute efter, ger en ökning i värdet. (Sveriges Kommuner och Landsting, 2017)

BIM används mer inom den privata marknaden, av företag då de i större utsträckning ser det som en långsiktig investering och i högre grad kan ge ökad kvalitet, ökad effektivitet samt större lönsamhet för företaget. (Eastman *et al.*, 2011). Fördelarna som utvecklarna ser med att använda BIM är att det skapar effektivare processer då arbetet går fortare, vilket leder till lägre kostnader för hela projektet och högre kvalitet i processer och produkter. Det finns alltså större möjlighet att kvalitetssäkra sin produkt. (BIM Alliance, 2020) Under projekteringen är det viktigt att bestämma storleken, kvalitén, tiden och budgeten för projektet. Därav är det ett effektivare sätt att föra in ett projekt i ett BIM-program där det finns möjlighet att:

1. Koppla till kostnadsdatabas som utvärderar kostnaden och tid för projektet.
2. Utveckla en schematisk modell som tillåter ett mera detaljerat projekt vilket leder till ökad kvalitet av byggnaden.
3. Förbättra samarbetet mellan olika discipliner där förståelsen för byggnaden blir klarare samt bidrar till effektivare samarbete då förseningar minskas.
4. Göra projektet energieffektivare som leder till bättre hållbarhet. Då utvärdering av byggnadsmodellen kan göras med analyseringsverktyg, tidigt i projektet.

(Eastman *et al.*, 2011)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

BIM kan även stå för Building information management som istället för modell syftar på hanteringen, lagringen och uppdateringen av BIM-data där allt integreras med hjälp av intern kommunikation.

“BIM beskriver en byggnads funktion genom dess livslängd som ett flöde av information som kan återanvändas och förädlas genom processtegen från idé och program via design och produktion till förvaltning, underhåll, ombyggnation och slutligen rivning/återvinning. BIM kan även omfatta strukturer och byggnadsverk.”

(Sveriges Kommuner och Landsting, 2017)

1.1.6 Integrationen mellan BIM och LCA

I en genomförd studie har Najjar *et al.*, (2017) förslagit idéer för att få en effektiv LCA. En av de föreslagna idéerna för att minska energianvändning och få en mer energieffektiv LCA för en byggnad är att integrera livscykelanalysen i ett BIM-verktyg. Najjar *et al.*, (2017) skriver att enligt många forskare så möjliggör detta kombinationen mellan beslutsfattande processer och tillvägagångssätt inom hållbar projektering. (Najjar *et al.*, 2017)

Enligt Antón och Díaz är det under det tidiga skedet i byggnadsprocessen approximativt 60% av tiden som går förlorad eller räknas som ineffektivt arbete, vid projekteringen av byggnaden. Detta på grund av ett vanligt problem inom byggsektorn är bristande samarbete och effektiv kommunikation. I sig ger det upphov till förlorade resurser (Antón and Díaz, 2014a). Detta ger också en ökad integrering samt ökad kommunikation när det gäller LCA och hållbarhetstänk mellan samtliga inblandade i projektet. Ju tidigare det börjas att ha miljön i åtanke desto tidigare löser det de potentiella problem ett projekt kan orsaka. (Najjar *et al.*, 2017)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

BIM-modeller skapar integrerade system och stödjer informationshantering samt är en samlingspunkt för samarbetet mellan intressenter över hela dess livscykel av projektet (Antón och Díaz, 2014). Det har gjorts en uppskattning att inom byggindustrin, vid projektering och produktion, kan samma data upprepas upp till sju gånger (BuildingSmart, 2011). Konkret så innebär det att projekt, där miljöaspekten bör tas i beaktning, kan data om ett konstruktionsmaterial hanteras, kollas upp och upprepas av olika involverade intressenter. Exempelvis kan en arkitekt hitta en intressant tegelsten och samtidigt dess EPD. Denna EPD kan ytterligare behövas, av olika slag, hanteras av andra involverade exempelvis av projektör och projektchef upp till vid sju olika tillfällen. Detta när ett projekt inte är bundet till BIM. Med BIM samlas all data och all information i modellen vilket leder till reducerad hantering av detta slag, detta leder i sin tur till färre fel och bättre kvalitetssäkring (Antón och Díaz, 2014).

LCA är som tidigare nämnt en passande metod för att bedöma den potentiella miljöpåverkan. Det har därmed också bedömts att integreringen mellan BIM och LCA bör göras snarast inom byggindustrin för att minska utsläpp och negativ effekt på miljön. För Sverige och specifikt Sveriges miljömål är det föredömligt att betänka just integreringen av BIM och LCA i samtliga projekt, båda var för sig men även tillsammans som standard inom alla institutioner och verksamheter, inom byggsektorn. Att Boverket önskar införa ett minimikrav på klimatdeklaration är exempelvis ett steg i rätt riktning. Integrationen möjliggör hjälp inom hållbarhet, det förenklar datainhämtningen från byggnaden och bidrar med en övergripande respons av projektet. (Boverket *et al.*, 2020)

Antón och Díaz har gjort studier i tidigt skede där integrering mellan BIM och LCA påverkar design och materialval och möjliggör minskning av klimatpåverkan från byggnader. (Antón and Díaz, 2014b; Najjar *et al.*, 2017). De har föreslagit två metoder för att uppnå en minskad klimatpåverkan. Den ena metoden är att i ett tidigt skede börja använda en BIM-modell till att möjliggöra LCA-beräkningar, där den mest relevanta informationen tas direkt från BIM-applikationen och används för LCA-beräkning för hela projektets livscykel. Detta anser Anton och Diaz minskar kontinuerlig infogning av onödiga data och även öppnar upp för möjligheten att jämföra flera designalternativ för att i sig minska miljöpåverkan. Till detta finns integrerade alternativ med LCA-designade applikationer som extraherar relevant data ur BIM-modellen och kan göras kontinuerligt, till exempel Tally. (Antón och Díaz, 2014)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Den andra metoden handlar om att länka BIM-modellen till en eller flera miljö-databaser och dess information. På detta sätt inkluderas hela LCA från LCA-databasen in i den slutgiltiga modellens samlade 3D-modeller. Samtliga objekt får alltså färdigberäknad LCA kopplad in i BIM. Denna metod möjliggör för projektören att i ett tidigt skede ta besluten om kriterier för miljöpåverkan, då samtliga data finns samlat på samma ställe tillsammans med data om exempelvis hållfasthet och andra konstruktions- och designbaserade frågor. (Antón och Díaz, 2014)

Antón och Díaz slutsats är att den första metoden är pålitligare eftersom den är mer komplex och kräver vidareutveckling medan den andra metoden som är materialinriktad samt mer inriktad i det tidiga skedet inom projekteringsfasen är osäker. Det bör inte i första hand användas vid en LCA beräkning men att det potentiellt kan vara en start i rätt riktning. (Antón och Díaz, 2014)

1.1.7 Tally

Tally är ett plug-in program till Revit och är skapad av KT Innovation som är ett dotterbolag till KieranTimberlake under 2008. Tally har tagits fram i samarbete med Autodesk och Thinkstep och år 2013 släppte de Tally. (Tally, 2019a; KieranTimberlake, 2020)

Under 2017 uppdaterade KieranTimberlake, Tally, till att programmet kan hantera transport och konstruktion i LCA, detta medförde att de blev kompatibelt med LEED v4. Då programmet blev kompatibelt utökades verktyget för LCA som tillät programmet att räkna med material som skulle fraktas till arbetsplatsen samt resurser, elektricitet, bränsle och vatten som används under konstruktionen. (KieranTimberlake, 2016)

Tally menar själva att användaren kan definiera relationen mellan BIM elementen och konstruktionsmaterialen från Tallys databas och möjliggör då att Tally kan ta fram en LCA och göra det mer effektivt. Tally använder sig av metoder som överensstämmer med ISO standarderna 14040–14044, ISO 21930:2017, ISO 21931:2010, EN 15804:2012, och EN 15978:2011. (Tally, 2019c)

Tallys miljöbedömning räknas från ”vagga till grav” i livscykeln på det studerade objektet, det vill säga skede A1 – C4, som då inkluderar tillverkning av material, förvaltning ända till Slutskede också benämnt som “end-of-life”. (Tally, 2019c)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

LCA databasen i Tally är anpassad för KT innovations och framtagen i samarbete med Thinkstep med syftet att kombinera materialegenskaper, monteringsdetaljer och arkitektur med miljöpåverkan. Konkretiserat är Tally framtaget av KT innovations som från början är ett arkitektbolag. Arkitektur handlar välkänt om att rita och designa byggnader och i de tidiga skeden som arkitekter är inblandade ges det sällan djupgående studier av allt om huset som exempelvis vilka leverantörer som ska användas för olika byggnadsmaterial som isoleringen eller stommen, i byggnaden. Därför är Tally framtagen att i ett tidigt skede ge en LCA för byggnaden, baserat på generiska data. Databasen i Tally är framtagen genom att använda sig av LCA programvaran och data från databasen Gabi 8.5 2018. (Tally, 2019c)

Tally räknar ut miljöpåverkan enligt "TRACI 2.1" som är en miljöbedömningsmetod skapad av US environmental protection Agency (EPA). Där TRACI 2.1 bedömer miljöpåverkan i kategorierna:

- Ozonedbrytande potential
- Global uppvärmnings potential
- Förurningspotential
- Övergödningspotential
- Smog bildning
- Nedbrytning av fossila bränslen
- Påverkan på mänsklig hälsa
- Förgiftning av ekosystem

(Bare, 2011)

TRACI 2.1 används mestadels i USA då det är en industristandard, det används av USA Green Building Council (USGBC). (GaBi Software, 2003b; Tally, 2019d)

Thinkstep, GaBi

LCA data i Tally kommer från företaget Thinkstep, före detta PE INTERNATIONAL men som ägs av Sphera. Thinkstep bidrar med två olika mjukvarulösningar där den ena är Gabi software som bidrar med produkters hållbarhet och den andra SoFi som är för hållbarhet och leveranskedjor. Då Thinkstep arbetar med många olika företag bidrar det till att informationen är transparent i LCA och produktdeklarationer. (Tally, 2019b)

GaBi databasen är en generell databas som kan göra LCA på de flesta områden exempelvis byggnadsindustrin, jordbruk, kemikalier och material, elektronik et cetera. GaBi erbjuder över 15 000 LCI data, baserad på uppsamling av data från samarbeten med olika företag, internationella organisationer, samt offentliga organ och myndigheter. Data uppdateras årligen och de erbjuder specialdesignade databaser för enskilda ändamål. (GaBi Software, 2003a)

2 Syfte

Syftet med denna studie är att utvärdera en LCA i en BIM-miljö med hjälp av applikationen Tally. Ytterligare utvärderas Tally i hur användbart det kan vara på den svenska marknaden.

2.1 Målformulering & Frågeställning

1. Utvärdera möjligheter att genomföra en LCA i en BIM-miljö med hjälp av Tally.
 - Vilka miljöpåverkanskategorier ger Tally resultat för?
 - Hur presenteras resultaten från Tally?
 - Hur anpassningsbart är det för användarens behov och vad kan justeras för att få ett projektanpassat resultat?
2. Utvärdera användbarheten för Tally i Sverige.
 - Kan verktyget Tally användas för att göra en klimatdeklaration enligt Boverkets lagförslag?
 - Är resultatet för den potentiella klimatpåverkan från Tally relevant för den svenska marknaden?

2.2 Avgränsningar

Utvärderingen av LCA i en BIM-miljö kommer endast ske i plug-in applikationen Tally och utvärderingen kommer att baseras sig på simulering av en byggnad i programmet Revit. Bedömningen av om programmet Tally är relevant för den svenska marknaden, görs genom att jämföra mot information hämtad i EPDer om material, relevanta för den svenska marknaden. De databaser som ska användas som europeiska motsvarigheter är EPDNorge, Institut Bauen, EPDdanmark och Environdec. Om exakta motsvarigheter inte hittas kommer en så snarlik EPD att användas, om det inte går att hitta någon godkänd motsvarighet utesluts materialet ur studien.

I denna studie inkluderas endast stomme, klimatskal och innerväggar i LCA. Kringliggande material som exempelvis fönster, dörrar, trappkonstruktion inkluderas inte. Detta baserat på förslaget om kommande lagkrav.

Den miljöpåverkanskategori som kommer att inkluderas i jämförelsen är klimatpåverkan enligt Boverkets lagförslag som är relevant för den svenska marknaden. Alltså kommer studien inte inkludera övriga miljöpåverkanskategorier i enlighet med europeisk standard, än just klimatpåverkan (GWP) för jämförelse mot EPDer.

3 Metod

En litteraturstudie har genomförts för att skapa grunden för förståelsen av utvärderingen av funktionaliteten för LCA. Detta examensarbete har utförts för att studera applikationen Tally. Programmet utvärderas i sin funktionalitet och hur den uträttar en LCA i koppling till kommande krav i Sverige, detta utförs i enlighet med SS-EN 15978:2011. En utvärdering av Tally har genomförts genom en fallstudie Studenthemmet. Simuleringar på Studenthemmet gjordes för att få en helhetsbild av en LCA från Tally. Revit modellen, studenthemmet, som används i denna studie skapades av Byggrådet i utbildningssyfte för studenter vid svenska lärosäten. Modellen Studenthemmet beskrivs närmare i separat avsnitt nedan. Resultatet från Tally jämfördes sedan med den potentiella klimatpåverkan som handberäknades från EPDer relevanta för den svenska marknaden.

Metodvalet under studien kan kritiserars då materialvalen som väljs av användaren utgår från dennes egna bedömningar och kunskaper kring LCA och programmen Tally och Revit. Beroende på vad användaren definierar materialen i Tally kommer det slutgiltiga resultatet skilja sig, från en annan användare, således inte exakta indata fylls i korrekt i Tally och samma modell används i Revit.

Validiteten anses vara relativt hög i studien då det är väl avgränsat mål till studien och dess undersökningar. Då det exempelvis görs förutsättningar för prefabricerad betong men möjligheten att det kan vara formgjuten betong sänker validiteten, då det alltså endast är testat för ”pre-cast concrete” (prefabricerad betong) i Tally och inte för hela spektrumet av betong-alternativ. Den data som används i programmet Tally, Gabi, samt EPDer i Europa som ska jämföras mot Tallys utdata är tredjepartsgranskad, detta medför till en större säkerhet i studien och ger ett pålitligare resultat.

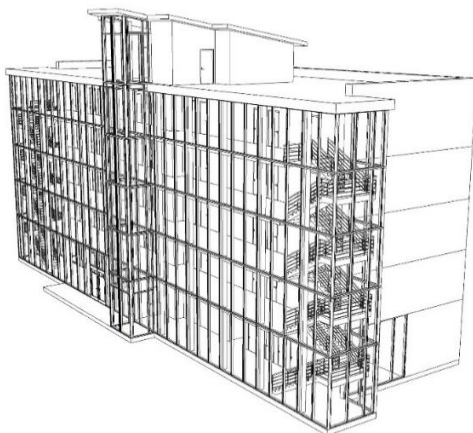
3.1 Litteraturstudie

För att säkerställa att detta examensarbete ska vara vetenskapligt grundat har det utförts en litteraturstudie som inkluderat vetenskapliga artiklar, examensarbeten, webbseminarium, svenska standarder och videor. Programvarans funktion och information kunde hittas på Tallys hemsida.

Resultatet från litteraturstudien presenteras i bakgrunden av denna rapport.

3.2 Studenthemmet

I kommande lagkrav på klimatdeklarationer har Boverket föreslagit att införa kravet stegvis för olika byggnadstyper. Flerbostadshus och lokal införs först. Det modellerade huset som använts i denna studie har därför valts till att vara motsvarig representation av flerbostadshus med 40 studentbostäder över 5 våningsplan med bärande stomme i betong, inglasad trapphus, isoleringsmaterial, tegelfasad och utformning enligt figur 3 (Byggrådet, Malmö Universitet and Lunds tekniska högskola, 2017). Detta är lämpligast då denna typ av byggnad (flerbostadshus) kommer vara först ut att klimatdeklarerar (Boverket *et al.*, 2020). Vidare är valet av stomme lämpligt för en testkonstruktion, då betong är vanligt som stommaterial samt att det allmänt ses som det mest negativt bidragande materialet avseende klimatpåverkan inom byggsektorn. (Boverket *et al.*, 2020) I Sverige byggs och har byggt länge med hjälp av prefabricerad stomme enligt (Svensk Betong, 2020b) Modellens materialdelar publiceras i en bilagorna 1. *Tally LCA Rapport 2020-04-27.pdf* & 2. *Tally LCA Rapport 2020-04-27_Data.pdf*.



Figur 2 Fallstudien Studenthemmet

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Fallstudien studenthemmet antas ha en livslängd på 100 år. Livslängden i denna studie är satt till 100 år då räknas det ofta med att en betongstomme står sig så länge. Det går att avgöra livslängden på olika sätt men Boverket (2018) hänvisar till Rapport: Erlandsson som utgångspunkt för att avgöra eller tolka livslängden. Erlandsson (Källa) inkluderar data för betongstomme på 100 år, vilket styrker antagandet av byggnadens kan anges som 100 år. (Erlandsson *et al.*, 2015)

3.3 Utvärdering av Tally

Utvärderingen har gjorts delvis genom att upptäcka programmet och dess funktioner samt delvis genom att undersöka instruktioner och litteratur från Tally och den hemsida, kopplad till produkten. Instruktioner och litteratur kan ligga som underlag till att skapa kunskap om programmet men på grund av språkliga skillnader ska programmet objektivt gås igenom för att skaffa djupgående förståelse. Möjligheter och begränsningar har undersökts i applikationen. Undersökning gjordes i form utav en fallstudie där en LCA genomförs på studenthemmet och dess klimatskal, stomme och innerväggar. Detta i enlighet med vad Boverket anser att kravet på klimatdeklaration ska tillämpas på. När en grundlig förståelse för Tally skapats ska modellens beståndsdelar och material genomgå Tallys analys. Konkret ska en LCA genomföras på fallstudien studenthemmet.

Tally utvärderades utifrån författarnas egna upplevelser av verktyget vid genomförandet av fallstudien. Författarna har tidigare inga erfarenheter av att genomföra LCA. Tidigare använda verktyg av författarna är inom studiens avgränsning Revit. Författarna anser sig själva vara nybörjare inom området för LCA. Utvärderingen av Tally görs som förstagångsanvändare av verktyget. Kunskap och erfarenhet av Revit är goda.

Studenthemmet var en färdig 3D-modell i Revit där inga förändringar gjordes. Byggnadens utformning och de material som redan fanns i modellen behölls. Version 2020.02.28.01 av Tally används med studentlicens från Lunds universitet.

Utvärderingen innefattade:

- Vilka miljöpåverkanskategorier ger Tally resultat för?
- Hur presenteras resultaten från Tally?
- Hur anpassningsbart är det för användarens behov och vad kan justeras för att få ett projektpassat resultat?

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

3.3.1 LCA resultat från Tally

Resultatet från Tally utvärderades från hur:

1. Hur lättförståelig är resultatet och vad står i resultatrapporten.
2. Vad för ytterligare miljöpåverkanskategorier rapporterar Tally.
3. Hur är rapporten utformad.
4. Varifrån kommer data.
5. Hur rapporteras den data.

3.4 Tallys användbarhet i Sverige

Bedömningen av Tallys användbarhet i Sverige gjordes i två steg. I det första steget kontrollerades det i Tally om det går att genomföra en klimatdeklaration i enlighet med Boverkets lagförslag. I det andra steget jämförs resultatet av den potentiella klimatpåverkan från Tally med handberäkningar av den potentiella klimatpåverkan för material som används i Sverige. I båda stegen så har studenthemmet använts som fallstudie.

3.4.1 Utvärdera möjligheten att genomföra klimatdeklaration enligt Boverket i Tally

För det första undersöktes det om det är möjligt att inkludera utvalda delar av en byggnad (stomme, klimatskal och innerväggar), i detta fall studenthemmet, vid genomförandet av en LCA i Tally. För det andra kontrollerades Tally om det är möjligt att kunna genomföra en klimatdeklaration genom att utvärdera miljökategorierna potentiella klimatpåverkan. För det tredje undersöktes om Tally presenterar rätt livscykelkedan, A1-A5 enligt lagförslaget, för materialen.

3.4.2 Jämförelse av den potentiella klimatpåverkan från Tally mot material relevanta för den svenska marknaden

Detta steg krävs att Tally har blivit utvärderat enligt tidigare steg i denna studie innan detta steg kan utföras.

Den totala resulterande potentiella klimatpåverkan för vart material som Tally ger, har genomgått en jämförelsestudie. För att utvärdera resultatet från Tally jämfördes värdena mot EPDer från EPD-databaser för fyra av studenthemmets material. Samtliga databaser inkluderade tredjepartsgranskade EPDer som är kopplade till, i förstahand, svenska förhållanden. EPDer kontrollerades så att de har samma livscykelkedan och miljöpåverkanskategorier som Tallys resultat. Jämförelsen tar endast hänsyn till den potentiella klimatpåverkan, baserat på det kommande lagförslaget. Jämförelsen sker även för olika delar av livscykelkedan för de olika materialen beroende på tillgänglig information. Om resultatet från Tally hamnar nära de andra materialens klimatpåverkan visar detta på att resultatet från Tally är relevant för den svenska marknaden.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

I jämförelsen så behöver materialens livslängd samt funktionella enhet överensstämma eller korrigeras för både Tally och EPDerna. Vid kontroll av EPDer för materialen betong, tegel, armeringsstål och isolering börjades med att ta fram värden från EPDer för jämförelsen. Detta gjordes först genom att söka i EPDerna vilken enhet material är deklarerad för. Efter det undersöktes om materialen följde samma standarder för de material som de ska jämföras med inom samma materialgrupp. I EPDn söktes jämförbarheten, där det står för var material, kraven för att kunna jämföra samma materialgrupp mellan varandra. De flesta materialgrupper hänvisar till EN15804, att materialen ska ha samma funktionella enhet och att det ska fylla samma funktion i ett byggnadstekniskt sammanhang. Om de kraven inte uppfylls är materialen nödvändigtvis inte jämförbara.

Lagförslaget ska även beakta livscykelkedena mellan A1-A5. Detta tas det hänsyn till vid jämförelsen och livscykelkedena A4-A5, transport och konstruktions- och installationsprocessen, räknas inte med för alla material. Detta för att alla inte har samma transportsträcka i EPDerna. Förutom isolering där alla EPDerna hade samma transportsträcka på 500 kilometer och använder sig av samma sorts fordon vid transporten. A5 inkluderas inte i jämförelsen då Tally inte presenterar det resultatet uppdelat för vart enskilt material.

Materialen som valdes för att studeras i jämförelsen mellan EPD och Tally togs utifrån dess klimatpåverkan. De fyra materialen betong, tegel, armeringsstål och isolering valdes på grund av dess höga klimatpåverkan. Dessa täcker större delen av projektets totala klimatpåverkan från materialen i Tally, vilket ger en representativ bild av klimatpåverkan för hela studenthemmet, se Tabell 2

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Material som var relevanta för den svenska marknaden valdes från databaserna EPDnorge, Environdec, EPDdanmark samt Institut Bauen. Mestadels av byggprodukter som används vid byggen är producerade i Sverige dock är det ändå en del byggprodukter som importeras till Sverige. Ett urval av byggprodukter som importeras till Sverige är främst från länderna: Tyskland, Finland, Polen, Norge, Danmark, Irland, Belgien etc. (Kommittén för Modernare Byggregler, 2018). Då fasadtegel inte produceras i Sverige valdes kringliggande länders EPDer exempelvis Danmark och Tyskland. EPDer för armeringsstål var det också få av därav valdes även EPDer från Norge. Se Tabell 1 för vilka EPDer som användes i studien.

Tabell 1 EPD referenser som användes vid jämförelsen i studien. De fyra materialen med högst klimatpåverkan.

Material	EPD referenser
Betong	(Spa, Rizzo and Martin, 2017; Lewis and Lewis, 2018, 2018, 2018, 2018, 2018, 2018, 2018; Ab and Ab, 2019, 2020; Sydsten, 2019; Industrial and Ab, 2019; Sydsten and Sydsten, 2020)
Tegel	(Larsen, 2018, 2018; Randers Tegl, 2018; Programme <i>et al.</i> , 2021)
Armeringsstål	(Celsa Steel Service AS, 2015, 2015; Hjulsbro Steel AB, 2016; Lewis and Lewis, 2018, 2018, 2018; As and Larsen, 2020; Larsen, 2020; Sverige and Ab, 2020)
Isolering	(Lewis and Lewis, 2018, 2018, 2018, 2018, 2018, 2018; Plus, 2020)

Beräkning av klimatpåverkan från EPDer görs som handberäkningar med hjälp av Excel. Även jämförelsen med resultatvärdena från Tally görs på detta sätt.

3.4.2.1 Betong, tegel, armeringsstål

Beräkningsgången för betong, tegel och armeringsstål gjordes genom att EPDns klimatpåverkan i kg CO₂-ekv. divideras med den vikt i kilogram som materialet räknades för i deklARATIONEN, vikten på materialen varierade beroende på EPD. Detta står beskrivet i "produktinnehållet" och "LCA beräkningsregler". Utförandet görs för att få ut materialets kg CO₂-ekv. per antalet kilogram material, detta för att få hur mycket ett kilogram av de specifika EPDn påverkar. När det värdet har räknats ut ska det multipliceras med det totala antalet kilogrammaterial som finns i studenthemmet. Antalet kilon av rätt material erhålls genom resultatet från Tally. Efter det kan de få ut ett resultat för hur stor klimatpåverkan materialet har för hela studenthemmet.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Tally har olika urval för betong och urvalskriterier exempelvis om betongen är platsgjuten eller prefabricerad. Varje enskilt kriterium har i sin tur olika kvalitetsurval. På den svenska marknaden används oftast kategorierna CEM I eller CEM II där <20% slagg är alternativet flest leverantörer tillhandahåller. Motsvarigheten för "Pre-cast concrete structural panel, hollow core" har därför valts i denna studie i Revit.

3.4.2.2 Isolering

I studenthemmet är det samma typ av isoleringsmaterial i både väggar och tak. I jämförelsen inkluderas den resulterande totala klimatpåverkan från Tally för båda dessa konstruktionsdelar för skedena A1-A3 samt transporten (A4).

Klimatpåverkan för isoleringen i EPDerna har den funktionella enheten (FU): 1 kvadratmeter material vid en termisk resistans på $1 \text{ Km}^2\text{W}^{-1}$. För att få fram klimatpåverkan för varje EPD multipliceras det med den funktionella enheten, det vill säga multiplicera med studenthemmets totala kvadratmeter; isolering och studenthemmets termiska resistans för isoleringsmaterialet.

Beräkning av klimatpåverkan av isoleringen, från EPDer, genomförades enligt följande beräkningsgång.

1. Mängdberäkningen av isoleringsmaterialet för studenthemmet i antal kvadratmeter gjordes i Revit-modellen för väggar och tak vilket totalt blev 1450,8 kvadratmeter.
2. Från EPDn lästes isoleringens klimatpåverkan av i kg CO₂-ekv/FU.
3. Det skulle tas i beaktning att materialen i inte har samma tjocklek (d) och värmekonduktivitet (λ) i Tally som i EPDerna. Detta görs med hjälp av att den termiska resistansen (R) som är $1 \text{ Km}^2\text{W}^{-1}$ i EPDn och sambandet i värmemotståndsformeln $\frac{d}{\lambda} = R$. Det ger att $d = R \times \lambda$. Eftersom $R = 1$ blir $d = \lambda$ i EPDerna.
4. Det totala R för isoleringen (väggar och tak) beräknades för vart material i de valda EPDerna. För att kunna räkna ut R behövs d och λ
 - a. Tjockleken för isoleringsskikten i studenthemmet är 0,17 meter i väggen och taket har en isoleringstjocklek 0,2 meter.
 - b. Värmekonduktiviteten togs från varje EPD.
5. För att få ut R för isoleringen delades väggens tjocklek och takets tjocklek separat med EPDns λ -värde med för att sedan läggas ihop.
6. R och antalet kvadratmeter multiplicerades sedan med EPDns värde för kg CO₂-ekv/FU.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

4 Resultat

I detta kapitel besvaras studiens målformulering samt frågeställning.

4.1 Utvärdering av Tally

En rapport sammanställd i Tally ger resultat för hela projektet, samtliga data hämtas från BIM, i detta fall Revit. För att hitta slutlig rapport med avgränsningen och materialdefinitionen för denna studie se bilagor 1. *Tally LCA Rapport 2020-04-27.pdf* & 2. *Tally LCA Rapport 2020-04-27_Data.pdf*

Vid färdigställd LCA rapport med hjälp av Tally får brukaren en rapport och en samlad datafil. Rapporten sparas i filformatet PDF och all data levereras i en Excel-fil.

Tally är bunden till GaBi och dess databas. GaBi är specialdesignat för de ändamål som KT innovations utvecklat Tally för.

Tally och dess databas tillhandahåller generiska data lämplig för en översiktlig och tidig studie av ett projekt där det i ett tidigt skede kan besluta om viktiga element som stomme och klimatskal, där rätt materialval och dess inverkan på miljön, kopplat till andra faktorer som tid och ekonomi är viktigt. Detta anses från flera håll bland annat från Antón och Díaz (2014) men även från Boverket *et al.* (2020).

Grunden till att Tally skapades ligger i önskan att minimera “...the crude methodology of using Excel”. (Tally, 2014)

Översatt var viljan att undvika den arbetsmässigt tunga och, enligt dem, tidskrävande “spread-sheet-metoden”, att föra in all data manuellt i Excel. Tally har därför, enligt KT Innovations, tagits fram för att ge en snabb lösning på ett stort problem, en automatiserad beräkningsmetod för att skapa LCA i stor skala. Tallys grundare, KT innovations, är en arkitektfirma med sin bas i Philadelphia, i USA. Tanken var att skapa en förståelse för alla val som görs i en projektering och byggnationsprocess, och dess inverkan på miljön. (Tally, 2014, 2019a)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

En LCA ger som bekant en bedömning av utsläpp i en byggnads hela livslängd. Dessa utsläpp är kategoriserade baserat på olika stadier och skeden, följaktligen i vilket skede som utsläppet uppstår. På samma sätt klimatberäknar Tally. Tally går även djupare och kategoriserar materialets individuella utsläpp i de olika skedena (delvis baserat på Revits kategorier och delvis på Tallys egna kategorier). Enkelt förklarar erhålls det av Tally en sammanfattning av utsläpp både för hela huset och för varje enskilt material under hela dess livslängd.

4.1.1 Tallys metodik att genomföra en LCA

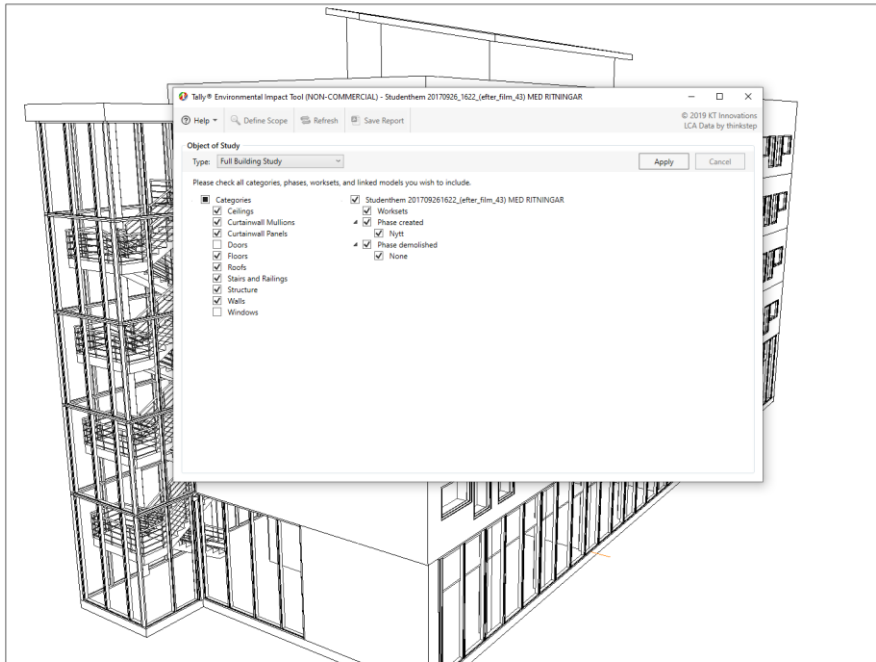
LCA med hjälp av Tally görs genom Revit. Tally är en nedladdningsbar applikation som öppnas i Autodesk's Revit. Plug-in programmet Tally finns med i flik Add-Ins. Utgångspunkten är en BIM-modell, med hjälp av Tally definieras alla materialval som gjorts i Revit. För att få en fullständig analys av byggnaden väljs funktionen "Full building analysis". I "Full building analysis" definieras omfattning av analysen.

Tally bygger på utvalda generiska materialval, sammanställda med hjälp av GaBi, därför bör en egen analys och reflektion utföras vid val av material, kvalité och andra tillhörande egenskaper. Detta i förhållande till sin egen modell där syfte och stegen för att fullgöra en LCA, med hjälp av Tally börjar med modellen. Se Figur 2 för beskrivningen av modellen som ligger till grund för denna studie.

Med modellen uppe och applikationen Tally igång görs den fullskaliga analysen genom valet "Full building analysis". Det finns även en metod för att jämföra designalternativ ("Design product"), vilket inte kommer utvärderas i denna rapport. Mest på grund av att studien grundar sig i att få fram en helhetsbild av hur Tally står sig på den svenska marknaden.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

I ”Full building analysis” ska först projektet avgränsas. I fallet för kommande svenskt lagkrav så kan exempelvis projektets LCA avgränsas till just stomme, klimatskal och innerväggar. Likt Figur 3 markeras de alternativen i som alltså motsvarar det önskade slutresultatet av analysen.



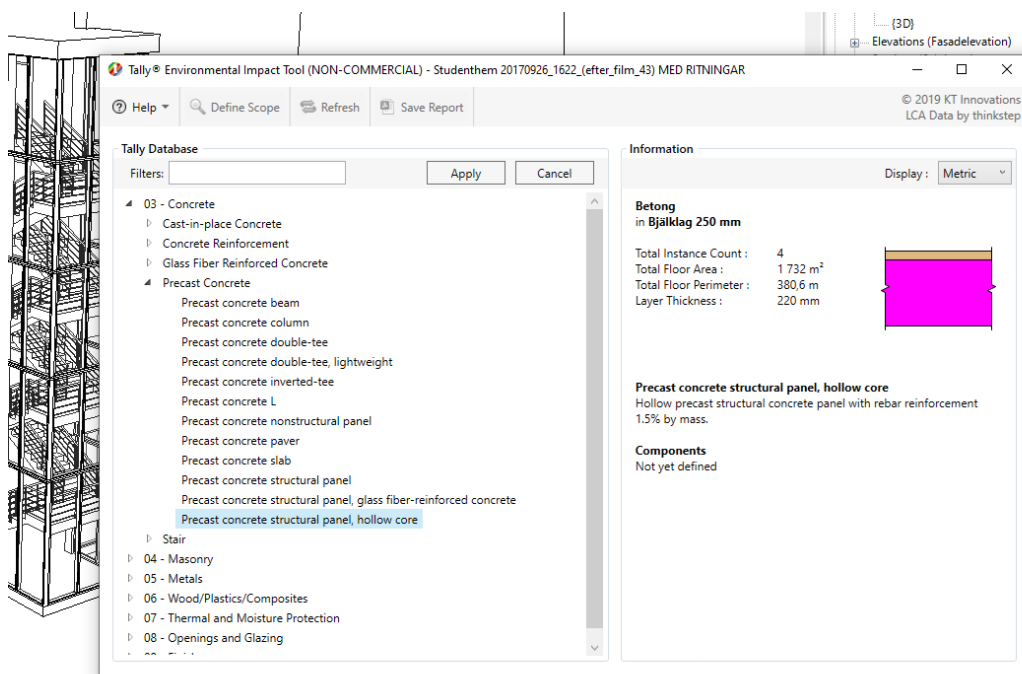
Figur 3 LCA definition i Tally

Samtliga materialval som ska ingå i analysen kan modifieras senare genom funktionen ”Define scope”. Valen som görs sparas för varje enskilt material i den faktiska modellen.

Revit-modellen innehåller de material valda som skall ingå i byggnaden, vilka är designade och valda av design-ansvarig för, just i detta fall, Studenthemmet. Väl inne i själva definitions arbetet handlar det om att matcha rätt Revit material till rätt material i Tallys databas. Tally ger även möjligheten att fördefiniera hela Revits materialdatabas (”Define template file”). Alltså exempelvis samtliga väggalternativ, oavsett om de används med i den aktuella modellen eller ej.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

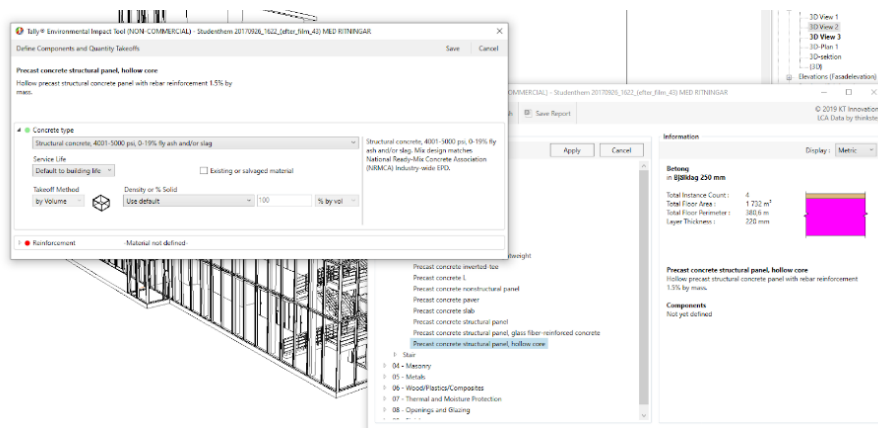
När det gäller val av byggnadsmaterial samt olika urval inom kategorierna, ska egen analys och uppskattning utföras. Exempelvis i form av hur den generella uppfattningen av byggnaden ser ut, vad har byggnaden för funktion, styrs byggandet av särskilda regler, lagar, förordningar, detaljplaner eller liknande som avgör om materialval. Konkret förklarar bör en egen definition göras om byggnaden innan en LCA i Tally genomförs och varje beslut bör ha en grund i vilket val som görs, rörande materialval. Exempel på detta är om byggnaden är ett flerbostadshus så är möjligen inte platsbyggnad betong är rätt val av material i till exempel väggarna. För att göra en matchning eller en definition av materialen finns det valmöjligheter med olika kriterier som berör, för exempelvis betong, procentuell mängd slagg eller flygaska, eller för plywood; om det är inomhusbruk eller utomhusbruk. I Figur 4 nedan visas prefabricerade betongelement och dess urval.



Figur 4 Tallys materialdatabas, exempel Betong

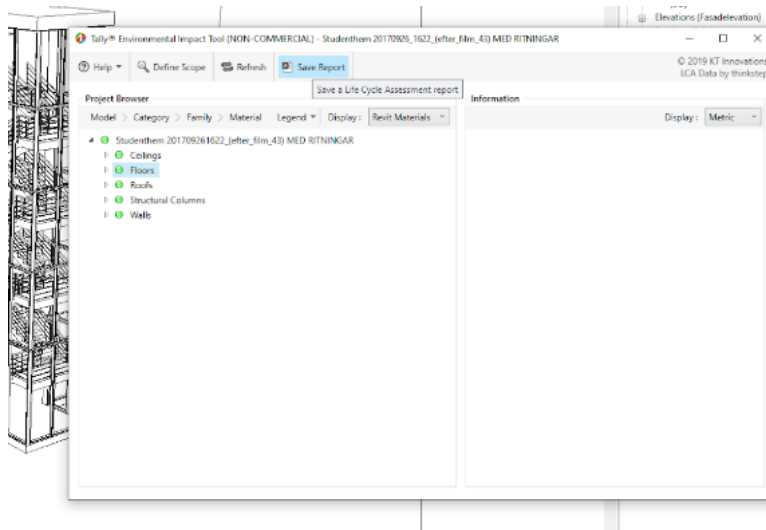
Tally, ett LCA-verktyg i BIM

I Tally finns möjligheten att inkludera en extra mängd material utöver den mängd som Tally läser in från Revit modellen. Denna extra mängd kan till exempel vara på grund av spill. Alternativ för spill sätts, i den genomförda fallstudien, till standard som är definierat som 100 volymprocent, alltså endast inräknat i LCA är den slutliga produkten, som innebär att spill utesluts. Manuell definition ger även möjligheten att notera mängden i kilogram per kubikmeter, se Figur 5.



Figur 5 Materialspecifisering

Med Tally ingår även valmöjligheter som att exempelvis addera armeringsförstärkning eller infästningar till takpapp och liknande. Detta väljs då Tally ger möjligheten genom den alternativa fliken tillhörande materialet, se Figur 6. En godtycklig mängd i enlighet med Tallys bestämda kriterier exempelvis byggnadsråd etcetera, och vad som stämmer överens med mängdberäkningen från Revit-modellen, styr mängdsättningen i detta fall för både armeringen men även huvudmaterialet.

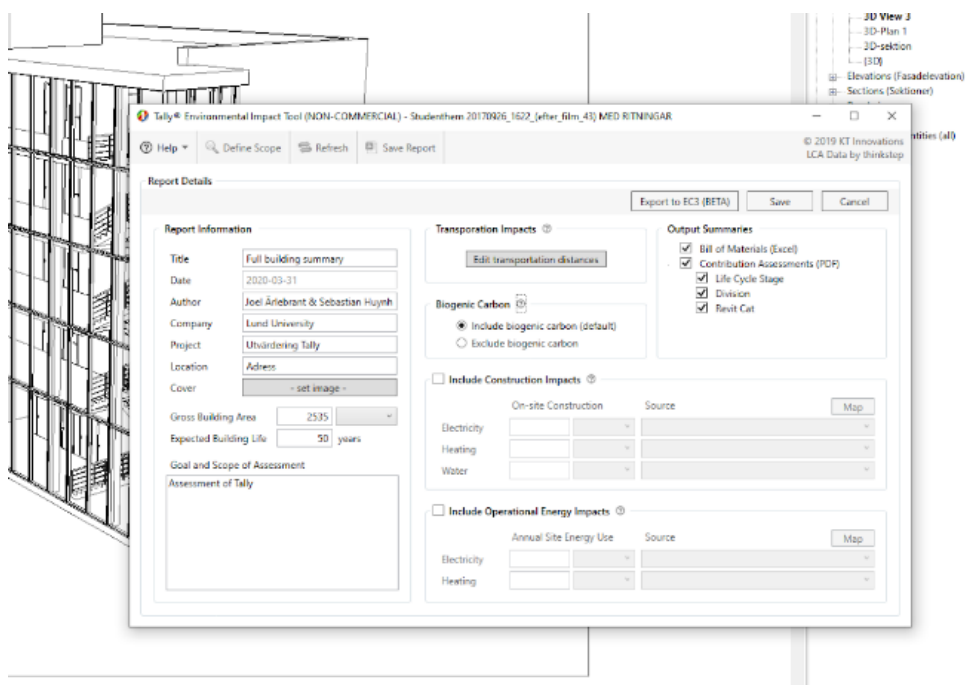


Figur 6 Studenthusets färdigdefinierade LCA

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

När samtliga material och beståndsdelar som skall ingå i LCA är definierade återstår endast slutinställningen. Information om projektet fylls i under kategorierna: rapportinformation, transportpåverkan, samt ytterligare information om projektet som innefattar; titel på analys, datum, författare, vilket företag som utför sammanställningen, projektets namn, adress, omslagsbild, byggnadsarea byggnadens livslängd, mål och syfte av utvärderingen, ändring i transportsträcka eller om det ska använda förvalda LCI-värden, om biogena koldioxidutsläpp ska inkluderas, om konstruktionens påverkan ska inkluderas och om byggnadens energianvändning ska inkluderas. Detta för att sedan sparas till en slutlig rapport som Tally sammanställer i form av en rapport i PDF format och en datafil av Excel-format, se Figur 7.

Hela byggnadens livslängd sätts till 100 år, vilket är baserat på att det från flera leverantörer anses att betong, som är huvudmaterialet i stommen, kan vara beständigt i minst så många år. Detta anses av Svensk Betong kunna styrkas av studier utförda bland annat på 70-talet dessa studier har även resulterat i branschstandarder. (Svensk Betong, 2020a)



Figur 7 Färdigställande av LCA-rapport i Tally. (OBS! Bildens visade värden är inte representativa för fallstudien)

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

4.1.2 Resultat från Tally

Nedanstående resultat är en analys och rapporterat resultat från Tallys LCA-rapport. Om inget annat anges sker referenshänvisning till bilaga 1. *Tally LCA Rapport 2020-04-27.pdf*. Specifika data rapporteras även i bilaga 2. *Tally LCA Rapport 2020-04-27_Data.pdf*.

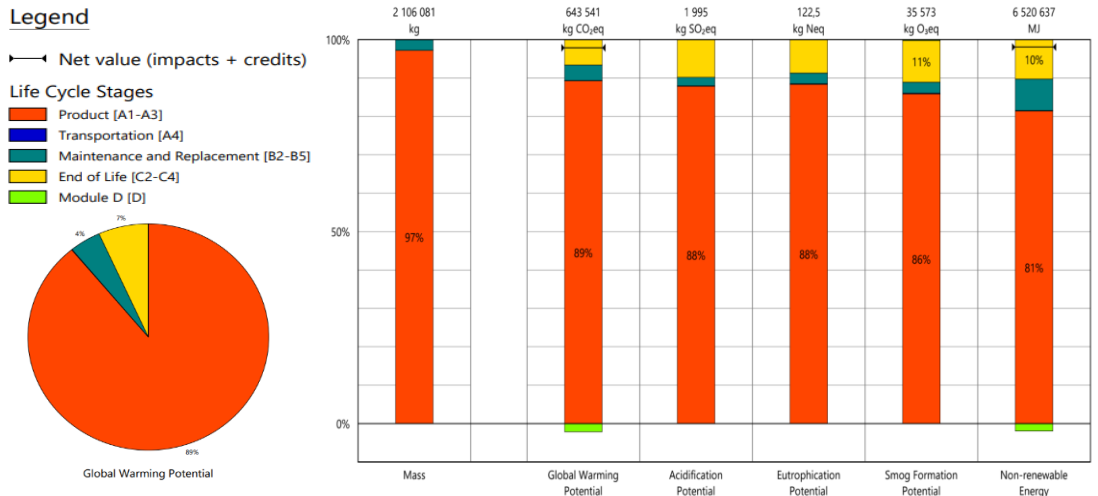
Resultatet från Tally presenterades i både Excel - och PDF format. PDF-filen redovisar visuellt hela byggnadens miljöpåverkan på klimatskal, innerväggar och stomme i livcykelsskedena mellan A1-A4, B2-B5, C2-C4 och applikation D. Miljöbedömningarna som kan redovisas är klimatpåverkan, försurning, övergödning, smogbildning, ozonnedbrytning, primärenergi, icke-förnybar energi och förnybar energi. Detta är uppdelat i total miljöpåverkan och miljöpåverkan per byggnadens tempererade area, se Figur 8. Samtliga data beskrivs även i medföljande Excelfil till slutlig rapport av Tally. Excel-filen för denna studie finns bifogad som bilaga, där all data endast är rapporterad i kategoriseringen utan respektive diagram och visuella hjälpmedel. Excel-filen är designad med pivottabell vilket medför att justering av data kan göras och få fram mer detaljerade värden.

Environmental Impact Totals	Product Stage [A1-A3]	Construction Stage [A4]	Use Stage [B2-B5]	End of Life Stage [C2-C4]	Module D [D]
Global Warming (kg CO ₂ eq)	574 359	450,9	26 073	42 657	-13 771
Acidification (kg SO ₂ eq)	1 753	2,089	44,06	196,2	-18,1
Eutrophication (kg Neq)	108,2	0,1701	3,408	10,67	-0,5358
Smog Formation (kg O ₃ eq)	30 540	69,04	1 019	3 854	90,89
Ozone Depletion (kg CFC-11eq)	5,481E-004	1,544E-011	-7,205E-007	7,690E-009	1,101E-004
Primary Energy (MJ)	5 679 202	6 557	550 567	716 054	-125 158
Non-renewable Energy (MJ)	5 308 454	6 400	536 210	669 572	-127 072
Renewable Energy (MJ)	373 816	158,6	14 456	47 304	1 816
Environmental Impacts / Area					
Global Warming (kg CO ₂ eq/m ²)	226,6	0,1779	10,29	16,83	-5,43
Acidification (kg SO ₂ eq/m ²)	0,6914	8,242E-004	0,01738	0,07739	-0,00714
Eutrophication (kg Neq/m ²)	0,0427	6,711E-005	0,001344	0,004211	-2,114E-004
Smog Formation (kg O ₃ eq/m ²)	12,05	0,02723	0,402	1,520	0,03585
Ozone Depletion (kg CFC-11eq/m ²)	2,162E-007	6,092E-015	-2,842E-010	3,033E-012	4,344E-008
Primary Energy (MJ/m ²)	2 240	2,587	217,2	282,5	-49,4
Non-renewable Energy (MJ/m ²)	2 094	2,525	211,5	264,1	-50,1
Renewable Energy (MJ/m ²)	147,5	0,06255	5,703	18,66	0,7163

Figur 8 Resultat över Livscykelsskedena enligt Tally. Visar resultat som redovisar livcykelsskedena i Tally, med det sammanlagda utsläppet för varje miljöpåverkanskategori både i total miljöpåverkan och miljöpåverkan per area.

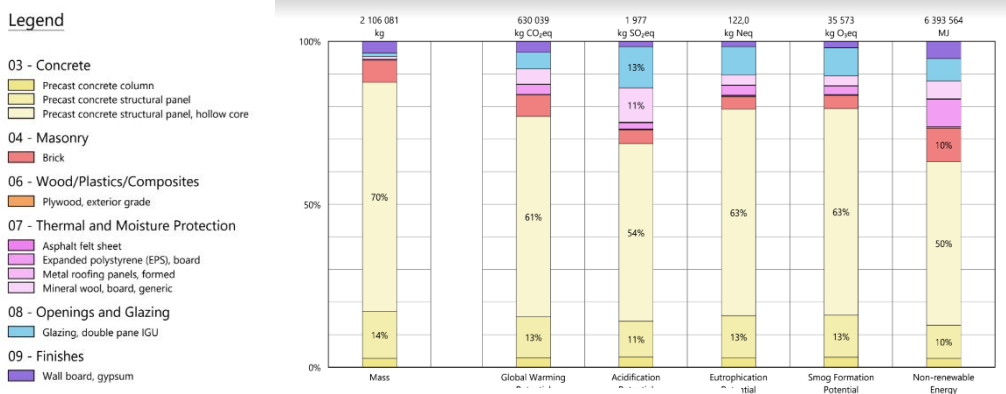
Tally, ett LCA-verktyg i BIM

PDF-filen visar resultat grafiskt, både i stapeldiagram samt i ett cirkeldiagram hur mycket utsläpp i procent varje del utgör i varje miljöpåverkanskategori och sedan sammanfogat resultaten. Cirkeldiagrammet redovisar enbart klimatpåverkan, se Figur 9



Figur 9 Stapel- och cirkeldiagram med livscykelkedena representerade

Tally presenterar inte bara sammanställda värden för ett helt livscykelkedje. De redovisar, “Revit kategorier” vilket är tak, vägg, innertak och stomme. I studien inkluderas betong, murverk, trä/plast/komposit, termisk och fuktskydd och slutbehandlingar, se Figur 10.



Figur 10 Resultat utefter kategori med material.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

I resultatrapporten från Tally är det beskrivet vilken beräkningsmetod som används samt information kring var data kommer från för varje livscykelkedde. Systemgränser och avgränsningar förklaras i rapporten. Tally har inte tagit med livscykelkedena B1 och C1 då det följer standarden EN 15978. Livscykelkedena A5, B6-B7 kan alternativt läggas till men behöver då inkludera data såsom energianvändning både på arbetsplatsen samt även energianvändning i slutlig byggnad.

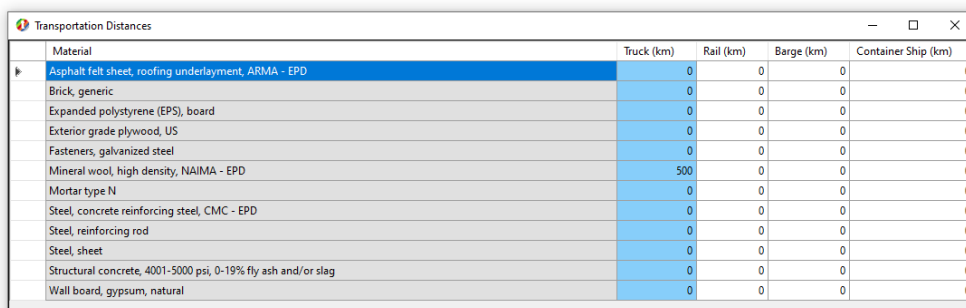
I resultatrapporten, under beräkningsmetoden, förklarar Tally miljöbedömningskategorierna samt vilken enhet det är för varje kategori. Tally beskriver livscykelkedet A4, transport, där det nämner omfattningen kring transportererna med, pråm, containerfartyg, tåg och lastbil, för referens *se bilaga EPD Isolering, 2020.pdf*.

4.1.2.1 Datakälla

Tallys data kommer som tidigare nämnt från GaBi, LCA databasen är specialdesignad för ändamål tilltänkta för Tally. Data är en kombination av materialegenskaper, monteringsdetaljer och arkitektoniska specifikationer tillsammans med data som berör miljöpåverkan. Framtagningen av LCA databasen är från början ett samarbete mellan KieranTimberlake (KT), och Thinkstep, som är skapare av GaBi. Den specialdesignade databasen är skapad med avsikten att representera nordamerikanska förhållanden. Visst mått av osäkerhet inom data kan förekomma menar Tally själva i resultatrapporten som framställs av genomförd LCA. Datans kvalitet har bedömts utefter den uppmätta, beräknade eller estimerade precisionen. Mer konkret så bedöms varje data ifrån en LCI. Om källan saknar rapportering av något kategoriserat utsläpp i något avseende ger det att Tally ersätter just den avsaknade kategorien med generella data, baserad på nordamerikanska förhållanden. Exempel på detta menar Tally själva kan vara Europeiska EPDer som ofta endast rapporterar produktion, då ersätter Tally resterande kategorier (B-D) med nordamerikanska data.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Tally sammanfattar kategori A4-A5 under rubriceringen Transporter då det oftast upptar större delen av utsläpp under produktionsskedet, transporter till och från arbetsplats med leveranser och liknande. Data som rör Transport (A4) har standardiserad inmatning för varje enskilt materialval. För att sätta det i kontext ska möjligheten finnas att för ett projekt hitta potentiell miljöpåverkan även för transportpåverkan, därför när det kommer till sammanställningen i Tally och ges möjligheten att addera ytterligare data, inkluderad valfria data som kategori A5 och B6-B7. I sammanställningen finns möjligheten att justera avstånd för transport fram till produktionsplatsen, se Figur 11



Material	Truck (km)	Rail (km)	Barge (km)	Container Ship (km)
Asphalt felt sheet, roofing underlayment, ARMA - EPD	0	0	0	0
Brick, generic	0	0	0	0
Expanded polystyrene (EPS), board	0	0	0	0
Exterior grade plywood, US	0	0	0	0
Fasteners, galvanized steel	0	0	0	0
Mineral wool, high density, NAIMA - EPD	500	0	0	0
Mortar type N	0	0	0	0
Steel, concrete reinforcing steel, CMC - EPD	0	0	0	0
Steel, reinforcing rod	0	0	0	0
Steel, sheet	0	0	0	0
Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag	0	0	0	0
Wall board, gypsum, natural	0	0	0	0

Figur 11 Transportlängd

Standarden är dock att värden redan finns och dessa värden bygger på statistik från USA och mer specifikt från en undersökning gjord 2012, Commodity Flow Survey, som gjordes av USA:s transportmyndighet och handelsdepartementet (US Department of Transportation Bureau of Transportation Statistics och the US Department of Commerce). Tillgängliga data finns i detta fall för transporter via, pråm, fraktfartyg, tåg och lastbil.

End-of-life hantering är på samma sätt baserat på nordamerikanska data för just avfallshantering och deponi men även för rivningsmetoder etcetera. Data kommer från USA:s miljöskyddsmyndighet om inget annat är angivet. När det gäller produktkategorin A1-A3, baseras beräkningarna på den massa som används under hela livslängden tillsatt i byggnaden, i detta fall 100 år. Samma princip tillämpas även på kategorierna B2-B5 för Tallys utvärdering, dock är detta inget denna studie kommer gå in på närmare. Rapporten ger en helhetsbild där om ett material bör bytas ut, repareras eller renoveras är denna information inkluderat i det stora hela, varje enskilt material eller komponent har enskilda data i separata avsnitt i textform, i rapporten. Detta avser exempelvis om ett material har kortare livslängd än specificerad livslängd på huset, vilket resulterar i att Tally adderar totala materialmängden under hela husets livslängd.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Analysen redogör för hela livscykeln för vägga till grav av designalternativ som studerats i alla livscykelkedan, inklusive produkttillverkning (kategori A1-A3), underhåll och utbyte (kategori B2-B5) samt slutligen “end of life” (kategori C). Det ges också valmöjligheten att inkludera byggskedet (A4-A5) och driftenergi- och vattenanvändning för byggnaden (B6-B7), i livscykeln. Tally inkluderar även applikation D som står för om en produkt kan återvinnas och, eller återanvändas och därigenom sänka totala miljöpåverkan. Det inkluderar alltså energiåtervinning och materialåtervinning. Samtliga data i denna kategori är baserade på data specifikt från USA, som i detta fall USA:s genomsnittliga energiåtervinning.

Den som är ansvarig och producerat analysen kan även inkludera eller exkludera biogena koldioxidutsläpp. Biogena koldioxidutsläpp handlar om att exempelvis träproduktion kan ses som förnybar energi då det kontinuerligt går att producera ny skog som kan ta upp de utsläpp som orsakas inom produktionen och förbränningen av trä som bränsle. (Naturvårdsverket, 2020)

Samtliga materialval och byggdelar som inkluderas i fallstudiens analys innehåller allt material som krävs för produktenstillverkning och användning inklusive hårdvara, tätningsmedel, lim, beläggningar och efterbehandling, dessa adderas automatiskt av Tally om ingen valmöjlighet ges.

4.1.2.2 Beräkningsmetodiken av jämförelsen av EPDer

För att nå målet med att utvärdera Tally behövs en verifiering av de data som Tally ger i den slutliga rapporten. Denna verifiering bör ställas mot representativa LCI eller EPD-databaser som är närmast den svenska marknaden. I detta fall ställs europeiska EPD-databaser där leverantörsdata är given. Tillvägagångssättet är att, för exempelvis betong, hitta motsvarigheter i bland annat EPDNorge, som publicerat tredjepartsgranskade leverantörsdata.

Tally rapporterar analysen i enlighet med karaktäriseringschema TRACI 2.1. Miljökonsekvensmodellen används för att kvantifiera miljökonsekvensrisker i samband med miljöutsläpp i USA. TRACI är standarden rapporteringsformat för miljöpåverkan för LCA i Nordamerika. Karaktäriseringsschemat översätter alla referensenheter till kategorier av miljöpåverkan. Alltså faktorer som emissioner, bränsleförbrukning etcetera. Dessa faktorer kategoriseras i enlighet med standard för LCA; försurning, övergödning, smogbildningspotential, primärenergiebehov, ozonnedbrytningspotential med flera. I vilken grad utsläppen kommer att resultera i miljöskada beror på regionala ekosystemsförhållanden. Potentiella effekter rapporteras i kilogram av motsvarande relativt utsläpp ekvivalenter (ekv) för ett utsläpp vanligtvis kopplat med respektive miljöpåverkan (till exempel kg CO₂-ekv, för klimatpåverkan eller kg SO₂-ekv för försurning [AP]).

4.2 Tallys användbarhet i Sverige

Den potentiella klimatpåverkan från Tally och EPDerna, som är relevant för den svenska marknaden, jämfördes mot varandra och resultatet kan ses i Figur 13, Figur 14, Figur 15 och Figur 16.

Det som beaktas vid studien är klimatpåverkan som tidigare nämnts för att följa de kommande lagkraven för Sverige.

4.2.1 Livcykelskede

Tally har för materialen som valts även möjlighet att utvärdera andra livcykelskedet. Dessa skrivs med O i figur 13 men tas inte med i jämförelsen beroende på de avgränsningar som gjorts i denna studie. I figur 13 anges – för de skeden som inte inkluderas i jämförelsen och X visar det som inkluderas i både Tally och EPDerna.

Beskrivning	LIVCYKELANALYS																
	Produktskedet			Byggprocessenskedet		Användningskedet							Slutskedet			Utanför systemgränserna	
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Råvarutvinning	X	X															
Transport																	
Tillverkning																	
Transport																	
Konstruktions- och installationsprocessen																	
Användningskedet																	
Underhåll																	
Reparation																	
Utbyte																	
Renovering																	
Driftsenergi																	
Driftens vattenvårdning																	
Demontering																	
Transport																	
Avfallsbehandling																	
Avfallshantering																	
Potential för återanvändning och/eller återvinning yrrekt som nettopåverkan och miljönyta																	
Tally																	
Betong	x	x	x	O	O	-	O	O	O	O	O	O	-	O	O	O	O
Isolering	x	x	x	x	O	-	O	O	O	O	O	O	-	O	O	O	-
Tegel	x	x	x	O	O	-	O	O	O	O	O	O	-	O	O	O	O
Armeringsstål	x	x	x	O	O	-	O	O	O	O	O	O	-	O	O	O	O
EPD:er																	
Betong	x	x	x	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isolering	x	x	x	x	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Tegel	x	x	x	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	O
Armeringsstål	x	x	x	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X : Inkluderas O : Möjligt att inkluderas - : Inkluderas ej																	

Figur 12 Livscykelanalys på utvalda material. Visar den livscykelanalys på de utvalda materialen och vad som har deklarerats i EPDerna utifrån klimatpåverkan. Jämförande utgår från vad Tally har för resultat och jämförs utefter det. Tecknet x visar vad som inkluderas vid jämförelsen, tecknet O visar vad som möjligt kan inkluderas men som inte gör det i studien samt tecknet - visar vad som inte inkluderas i studien.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

4.2.2 Klimatpåverkan

Det använda resultatet från Tally för betong, tegel, armeringsstål och isolering som beskrivs i metoden har sammanställts i Tabell 2. Andelen klimatpåverkan för de utvalda materialen i relation till studenthemmet totala klimatpåverkan beräknades, se Tabell 2

Tabell 2 Sammanställda värden från Tallys resultat tagna från Tallys resultat Excel se bifogad 2.Tally LCA Rapport 2020-04-27_Data.pdf. Värden för klimatpåverkan av armeringsstål, betong, tegel och isolering samt representativ procentandel för material i byggnad

	Total klimatpåverkan (kg CO ₂ -ekv)
Betong, 4001–5000 PSI, 0–19% flyg aska och/eller slagg	
Produktionsskedet A1-A3	407 791,90
Tegel	
Produktionsskedet A1-A3	36 783,87
Armeringsstål	
Produktionsskedet A1-A3	54 362,64
Mineralull, hög densitet, NAIMA - EPD	
Produktionsskedet A1-A3	28 408,97
Transport A4	450,91
Totalsumma för utvalda material	527 798,29
Totalsumma för alla material	629 770,07
Procentuellt utsläpp för hela byggnaden för utvalda material	83,81

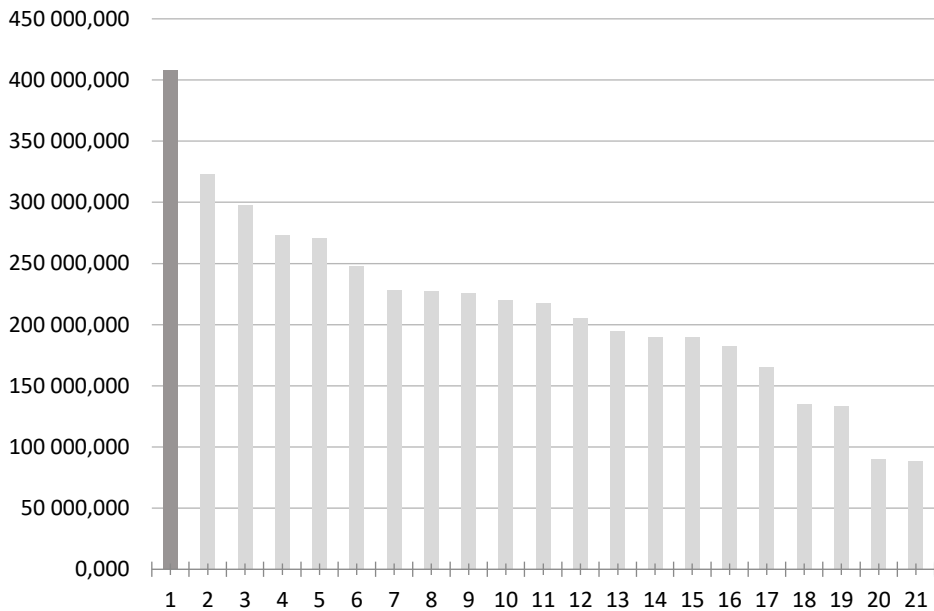
Graferna som visas i Figur 13, Figur 14, Figur 15, Figur 16 presenterar resultatet av jämförelserna där den mörkgrå stapeln representerar Tallys resultat och syns som stapel 1. Resterande är produktspecifik miljöbedömning med information från EPDer, se Tabell 1.

På x-axeln i graferna representerar klimatpåverkan uttryckt i kg CO₂-ekv och på y-axeln Tally resultatet och antalet EPDer som har jämförts för varje material.

4.2.3 Betong

Betongen har ett utsläpp på 407 791 kg CO₂-ekv för Tallys resultat av studenthemmet. Medan stapel 2 ligger lite över 300 000 kg CO₂-ekv, staplarna 3–12 ligger mellan intervallen 300000 - 200000 kg CO₂-ekv. Staplarna 13–17 ligger mellan intervallen 200000–100000 kg CO₂-ekv och resterande ligger under 100 000 kg CO₂-ekv, Se Figur 13.

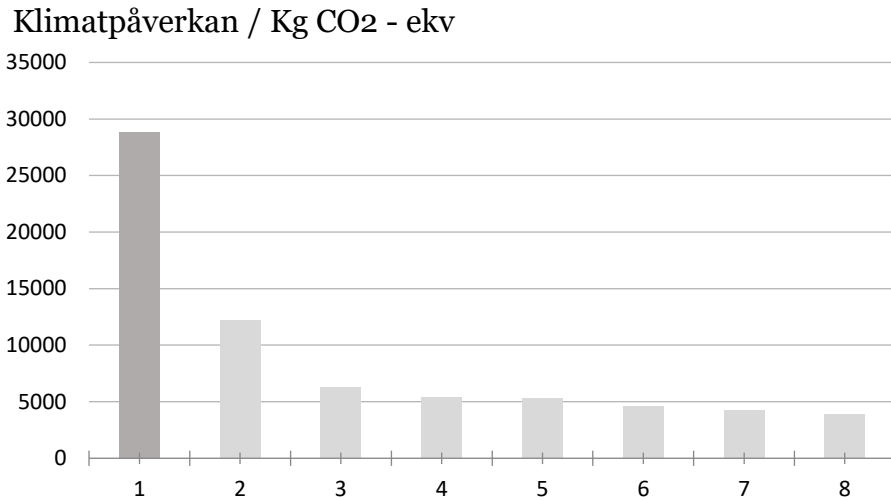
Klimatpåverkan / Kg CO₂ - ekv



Figur 13 Jämförelse av betong och EPDer, mörkgrå är Tallys resultat. Klimatpåverkan i enheten kg CO₂-ekv

4.2.4 Isolering

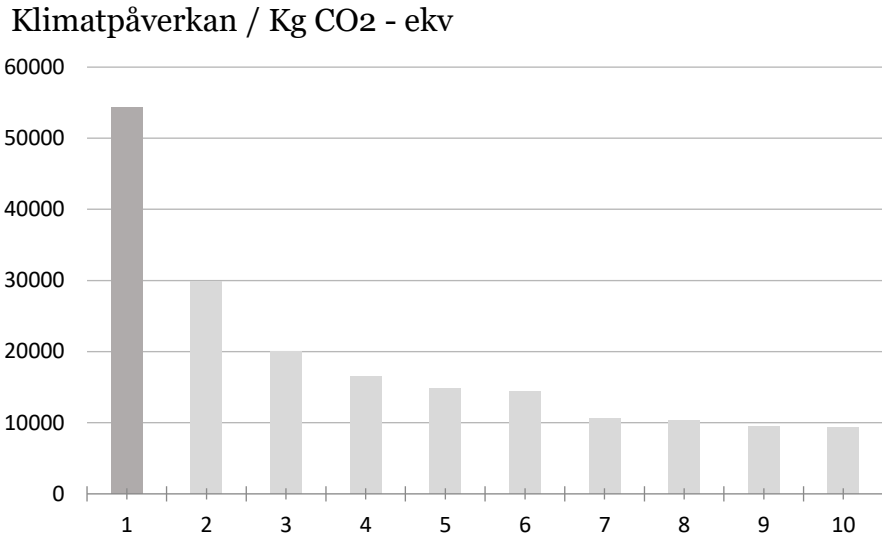
Isolering har en klimatpåverkan, enligt Tally, på 28 859 kg CO₂-ekv och för EPDerna där stapel 2 ligger över 10 000 medan resterande staplar ligger under 10 000 kg CO₂-ekv, Figur 14.



Figur 14 Jämförelse isolering och EPDer, mörkgrå är Tallys resultat

4.2.5 Armeringsstål

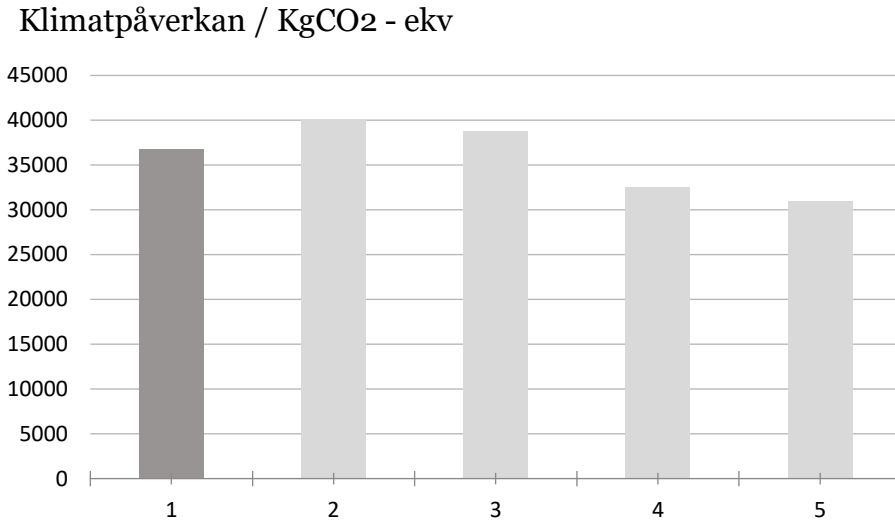
Armeringsstålet resultat hade en klimatpåverkan från Tally på 54 362 kg CO₂-ekv medan från EPDerna visar stapel 2 ett resultat på 29 813 kg CO₂-ekv och resterande ligger under 20 000 kg CO₂-ekv, se Figur 15.



Figur 15 Jämförelse av armeringsstål och EPDer, mörkgrå är Tallys resultat

4.2.6 Tegel

EPDer för tegel kommer från Danmark och Tyskland då det inte fanns EPDer från Sverige togs det liknande motsvarigheter. Tallys klimatpåverkan är 36 783 kg CO₂-ekv medan dansk och tyskt tegel ligger mellan intervallen 30000–40000 kg CO₂-ekv, se Figur 16.



Figur 16 Jämförelse Tegel och EPDer, mörkgrå är Tallys resultat.

5 Diskussion

Bortse kort från att denna studie har mål samt avgränsningar för hur Tally ska utvärderas, då kan utvärdering av Tally ske på olika sätt utifrån de olika kriterier som går att sätta på en applikation som denna. En applikation vars uppgift är att klimatberäkna med hjälp av LCA på en BIM-modell. Om ytterligare krav tas bort som berör lagförslaget från Boverket och endast fokuserar på att lagen ska innebära klimatdeklarationskrav blir diskussionen en helt annan samt även slutsatsen. Utan att sätta särskilda krav på Tally som programvara kan slutsats dras och diskussion föras om Tally går att användas nu och framöver. Dock har denna studie sina avgränsningar och Tally bör utvärderas om det går att använda just denna applikation i Sverige baserat på den frågeställning och avgränsning som här ställts.

Betydelsefullt är att påpeka att stor del av diskussionen och slutsatserna dragna är utifrån studiens begränsning inom livscykelkedena A1-A4.

5.1 Utvärderingen av Tally

Efter att ha genomfört studien av Tally finns det en del att poängtera som är väl fungerande med Tally som applikation. Tally är väl synkroniserad med Revit, detta sker i olika former, bland annat genom möjligheten att isolera specifika material i BIM-modellen. Förenklat kan Tally ge möjligheten att visuellt se ett Revitmaterial som användaren som genomför livscykelanalysen är osäker på, exempelvis "Gipsskiva_ny". Tally är kopplat i Revit på ett sådant sätt att det därmed går att isolera det specifika materialet och hitta specifik monteringsplats i BIM-modellen och därmed exempelvis upptäcka modelleringsfel, att de beräknas fel mängd eller upprepar ett byggnadselement etcetera. Stora projekt kan i BIM innehålla informationsfel eller konstruktionsfel och att kunna upptäcka det med hjälp av Tally är ett användbart plus, trots allt en sidnotis i denna studie.

Avsikten att enbart minimera den så kallade "spread-sheet"-metoden kan vara användbart i många avseenden. Alltså minimera mängden handberäkningar etcetera. Om så är fallet är ett verktyg som Tally användbart. Tally måste med det sagt endast vara sin egen måttstock. Det går inte att värdesätta enskilda material, att jämföra en LCA given av Tally mot andra programvaror som har databas baserad på europeiska och specifikt svenska förhållanden.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Data given av Tally, även om det skiljer sig från svenska förhållanden, kan öka kunskapen hos de involverade i projektet. Specifikt öka kunskapen för LCA och klimatberäkning samt individuella materialval för projektet som exempelvis trä, betong eller stål i stommen. Att dock kunna få en översiktlig LCA över de projekten även om det ger om möjligt ett högt och diskuterbart realistiskt värde kanske kan värdesättas på sitt sätt

Det bör också understrykas att den data tillhandahållen från GaBi är en ”special-designad” databas som baserar sig på nordamerikanska förhållanden. I det hittas tecken på exempelvis materialavvikelser jämfört mot svenska förhållanden. Ett exempel som hittats berör alternativ till underlag av tak. Sverige använder som standard råspont, detta alternativ hittas inte i Tally. En slutsats kan dras i detta om det är särskilt lämpligt att i en databas utesluta särskilda material och materialtyper även baserat på nordamerikanska förhållanden. Det ligger utanför denna studies syfte att gå igenom hela GaBis databas och se om fler avvikelser går att finna, som skulle kunna ha inkluderats i Tally. Detta kan dock vara underlag för framtida studier.

Analysen given av Tally bör analyseras och tolkas utefter exempelvis vad för plats och geografiskt läge som byggnaden kommer uppföras. Detta för att avgöra vad som har störst potential att påverka närmiljön. Detta bör som generellt sett alltid göras vid all typ av LCA beräkning,

I och med att databasen är baserad på nordamerikanska förhållanden tillkommer det problem med att genomföra en LCA för samtliga livscykelkedorna. Denna studie avgränsats till att enbart testa Tallys validitet inom kategori A1-A4. Detta är baserat på att Tallys referensenheter är tillämpade på nordamerikanska förhållanden, lagar, förordningar och statistik. Om det kommande lagkravet endast kommer att beröra livscykelkedorna A1-A5, bör det föras en diskussion om en byggherre önskar utöka sin livscykelanalysavgränsning, så går inte det göras pålitligt med Tally baserat på just detta. För kategori A5 bör det dock tilläggas att det finns möjligheten att välja svenska förhållanden, som statistiska värden för elnät och biogasnät. Det har dock inte utforskats om hur pålitlig denna valmöjlighet är eller vilket år dessa statistiska värden är baserade på.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Enligt rapporten given av Tally är många definitioner gjorda på krav och förordningar från nordamerikanska myndigheter. Några rapporter anger exempelvis rapporten "Commodity Flow Survey" är daterad till 2012 som berör kategori A4, transport. Det finns dock en ny studie som har gjorts av samma involverade departement och myndigheter, 2017. Detta leder till funderingar kring riktade data. Om rapporterna skiljer sig åt eller om samma har rapporterats kan ses som irrelevant då det, om det rapporterats samma, faktiskt är en nyare rapport. Varför denna nyare rapport inte hänvisas är oklart och inget svar på detta från vare sig KieranTimberlake eller Tallys egna supportmejl, har givits.

Detta berör även andra frågor som uppstått under arbetets gång, där svar saknas. Frågor som bland annat berör licenserna givna till studenter, om de är begränsade i sin användning eller skiljer sig från licenser givna till företag som på samma eller annat sätt införskaffat programvaran. Med licens menas kort sagt programvaran Tally och möjligheten att få använda den.

Specifikt rapporten Commodity Flow Survey, ligger till grund för att Tally som standard inkluderar statistiskt framtagna medelvärden för utvalda material. Tally har som det tidigare nämnts i resultatavsnittet, automatiskt inkluderat nordamerikanska värden för transportavstånd. Detta kan i svenska sammanhang vara ett problem. Man bör därför alltid ordentligt stämna av samtliga kategorier innan slutställningen av rapporten görs i Tally. Varje ansvarig modellerare bör ta detta i beaktning. Om specifika avstånd för specifikt projekt finns tillgängliga är möjligheten att hantera kategori A4 ett värdefullt alternativ. Det kanske går att ifrågasätta om Tally kräver extra noggrannhet i jämförelse med andra applikationer i avseende på dessa osäkerhetsfaktorer. Dock inget som görs i denna studie men kan vara underlag för framtida.

5.2 Tallys användbarhet i Sverige

Användande av Tally för svenskt bruk kan fungera i och med att Tally ger en övergripande LCA-rapport med generiska data. Om man endast använder Tally och den data som inkluderas som måttstock för sitt projekt och jämför material emellan bör det kunna dras slutsatsen att Tally är ett användbart verktyg.

Kommande lagkrav för klimatdeklarationer kommer dock troligtvis ha specifika riktlinjer från Boverket. Dessa inkluderar användandet av ”specifik” generiska data. Alltså den om generiska data väljs av ansvarig byggherre har Boverket som krav att den databas som ska användas är Boverkets egna tillhandahållna. Tally tillhandhåller som bekant endast data från GaBi. Att Tally inte inkluderar en valmöjlighet för databas gör att Tally inte längre kan ses som ett lämpligt alternativ, i alla fall inte på den svenska marknaden, för att utföra en klimatdeklaration. Tallys LCA ger varken önskat resultat eller ett resultat som kommer godkännas i föreslagna kommande lagkrav.

Tillverkare i Sverige som utför EPDer för de material som sökts i studien är få utifrån databaserna, EPDnorge, EPDdanmark, Institut Bauen och EnvironDec. Men utifrån att det är relevant för den svenska marknaden kan kringliggande länders EPDer användas i jämförelsen. Utifrån vad Tally tar för data från GaBi kan en viss del av materialen vara relevanta för den svenska marknaden beroende på vart materialet tas från. Exempelvis tas tegel från Tyskland som används i studenthemmet i Tally, jämförelse med EPDer, för tegel, visar att resultatet från Tally skiljer sig med 3% från medelvärdet av de sammanställda EPDerna. Data för tegel hade representativ LCI från Tyskland samt EPDer som togs från Tyskland och Danmark, därmed kan det vara en anledning till att resultatet blev så snarlikt. Jämförs detta med betong som hade LCI från USA skiljer sig resultatet drastiskt.

Som tidigare nämnt kan Tally, baserat på att det är en någorlunda användbar applikation för att genomföra LCA, öka kunskap för just LCA. Detta är som bekant ett av Boverkets mål med det kommande lagkravet att det ska indirekt och direkt bidra med ökad kunskap om klimatberäkningar etcetera. Dock kan det diskuteras att felaktiga data kan resultera i felaktig kunskap.

Det enda material där kategori A4 inkluderats är för isolering, där flera EPDer i samma materialgrupp har kategori A4 dokumenterad till 500 kilometer. Därför har denna kategori också jämförts genom att notera 500 kilometer lastbilstransport i Tally.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Till detta bör det diskuteras varför det saknas en gemensamt framarbetade standard för kategori A4 när det kommer till specifika EPDer. En förbättringsfaktor hade varit att standardisera ett värde för transporter. Där samtliga EPDer inkluderar en standardsträcka som utsläppen för kategori A4 baseras på. En leverantör kan själv ses ha större kunskap om hur deras specifika vara bör transporteras och andra viktiga faktorer som berör transportereringen. Att i detta ansvarsfullt ta fram ett standardvärde för exempelvis 500 kilometer kan vara något som behövs ses över. Detta styrks även i PCR för exempelvis betong där just de produktspecifika reglerna dikterar att A1-A3 endast är obligatoriskt för byggprodukter, A4-A5 inkluderas endast obligatoriskt när det gäller byggnadstjänster.

Glasfasaden har inkluderats i Tally beräkningen då det räknas som klimatskal. Glasfasaden är inglasad i loftgångarna på våningarna två till fem i studenthemmet dock är entréplan öppen ut mot fasaden men antas inte kräva någon högre isolerande egenskaper. Glas förekommer, i Tally, i olika kategorier enligt tvåglas, treglas etcetera. Brist på information leder dock till att glas inte tas med i jämförelsestudien då bland annat mått på luftspalt saknas. Dessutom så exkluderar Tally gasen som är mellan glaset. Det anges i Tally att användaren själv får välja mellan luft och argon. Men i rapporten noteras endast att mellanlagret är exkluderat.

Ett öppet förslag är att Tally faktiskt inkluderar data och valbarheten till att välja gas mellan glaset. På grund av dessa avvikelser från Tally kommer glasfasaden exkluderas i jämförelsen med motsvariga leverantörs EPDer.

Tallys funktionsspråk är endast på engelska. Det gör att terminologin som berör byggindustrin är på engelska och det kan uppstå en del problem som kan ta tid att förstå. Förståelse och kunskaper krävs när ord och uttryck används inom det engelska språket. Felaktig översättning kan leda till ett missgynnsamt resultat av LCA. Konkret förklarar så är LCA förhållandevis nytt i Sverige och framför allt är hanteringen av klimatberäkningsprogram i BIM likt Tally nytt. Många har inte haft möjligheten att lära sig detta nya. Om då ett program som Tally ska användas kan problem med översättning av olika byggnadselement vara ett hinder som gör att tolkningen blir fel. Att ha programvara som inkluderar valmöjligheten att välja språk öppnar också upp för Boverkets mål att öka kunskapen om klimatdeklarationer.

Det går att diskutera ytterligare om att Tallys databas är baserad på nordamerikanska förhållanden vilket även resulterar i att konstruktionsberäkningssystemet inte stämmer med svensk standard med SI-enheter. Det gör att det uppstår viss språkförbistring då de ska göra rätt materialval för respektive projekt. ”US customary units” exempelvis standarden att använda PSI vid beräkning av hållfasthet är inte heller lätt att översätta till Sveriges standard med SI-enheter.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Studien har visat att den data som erhålls av Tally inte stämmer överens med svenska förhållanden. Resultatet ger ett väldigt högt värde i jämförelse med specifika EPDer. I grund och botten ger dock Tally en LCA, som ger involverade en möjlighet att särskilja på materialval, vilket är användbart i Sverige utifrån att det inte kanske tidigare inte använts applikationslösningar på detta sätt.

5.3 Framtida Studier

Under denna studie har det påfunnits flera alternativ till framtida intressanta aspekter som går att utveckla. Denna studie har exempelvis inte jämfört eller beaktat några utav de andra miljöpåverkanskategorierna som finns i Tally utan har bara tagit med global uppvärmningspotential. Då studien mest bygger på och tagit hänsyn till vad Boverket har för lagförslag, där endast klimatpåverkan inkluderas vid beräkningen av LCA. Om studien hade studerat andra miljöpåverkanskategorier samt använt sig av andra material under livscykelkedena hade det möjligen kunnat ge en bredare och mer varierat resultat. Frågan om material kan vara specifikt intressant då det kan finnas olika utfall om trä som exempelvis stommaterial, med bland annat biogen koldioxid som alternativ i Tallys beräkning. Även Tallys alternativ till inkluderande av beräknad energianvändning, både i brukarskedet samt under produktionsfasen kan vara alternativ till att utöka denna studie och utvärdering av Tallys användbarhet.

En annan aspekt på studien kan vara att studera andra program som kan utföra en LCA i en BIM-miljö för byggsektorn. Exempelvis One-click LCA, Bidcon klimatmodul. Framtidsstudie skulle kunna vara att jämföra de olika programmen och se vilket av programvarorna som har störst potential för användbarheten inom den svenska marknaden samt uppfylla kraven för det kommande lagförslaget. Vilket program som har mest korrekt LCA analys utifrån de programmen som studeras. Det skulle även vara intressant vilket program som är mest anpassningsbart, där användaren kan justera och anpassa vilka databaser som ska användas vid jämförelsen av en LCA.

6 Slutsats

Grundförutsättningen för Tally är att det är ett användbart program. Det är ganska lätt att förstå hur de ska gå till väga, eventuellt är det lite lättare för någon som har goda kunskaper inom verktyget Revit.

Slutsatsen kan dras att användbarheten för Tally är potentiellt underlägset på grund av språkalternativen som är begränsat bara för engelskt bruk.

I Tally finns som bekant möjligheten att välja det metriska systemet. Dock i dess databas förekommer alternativ på produkter och material som är kategoriserade i enlighet med det empiriska systemet. Detta gör att en osäkerhet kan uppstå vid olika val.

Utvärderingen av Tally visar att de inte till etthundra procent uppfyller de kommande lagkrav från Boverket. För att Tally ska uppfylla grundkravet som Boverket ställer måste det införas en valmöjlighet av databaser. Kravet innefattar dock att en LCA bör göras likt vad Antón och Díaz menar är den metod som ger bäst resultat; vid tidigt skede i ett projekt med hjälp av generiska data koppla hela projektet till en databas för att låta exempelvis ett LCA-beräkningsverktyg likt Tally, genomföra en LCA på projektet.

Om applikationen därför skall fungera som ett användbart verktyg, bör Tally inkludera möjligheten att välja annan databas. Om generiska data som standard vidhålls måste valmöjligheten att välja Boverkets kommande databas vara ett alternativ.

Jämförelserna mellan Tallys resultat på klimatpåverkan och motsvarande EPDer, visar på att de data som kommer från Tally, ej är lämpliga för den svenska marknaden, då resultatet skiljer sig med upp till 382%. De material som var inräknade var den representativa andelen av Tallys resultat (83%) och kan därav dra slutsatsen att det inte är jämförbart för den svenska marknaden. Tegel som var en av de fyra materialen som jämfördes mot Tallys resultat var det enda materialet som hade ett värde som var mellan intervallen av de EPDer som togs med.

7 Referenser

- Ab, B. and Ab, B. (2019) *FrostBI Anl Generell information*.
- Ab, B. and Ab, B. (2020) *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Standardbetong med Bas- eller Byggcement med eller utan inblandning av tillsatsmaterial*.
- Andersson, A. and Elofsson, F. (2016) *Nyttan med miljöcertifiering av fastigheter*. Lunds University.
- Antón, L. Á. and Díaz, J. (2014a) *Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction*.
- Antón, L. Á. and Díaz, J. (2014b) 'Integration of life cycle assessment in a BIM environment', *Procedia Engineering*, 85, pp. 26–32. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.525.
- As, N. S. and Larsen, E. (2020) *Ribbed reinforcement bars*.
- Athena Sustainable Materials Institute (2020) *LCA, LCI, LCIA, LCC: What's the Difference?* Available at: <http://www.athenasmi.org/resources/about-lca/whats-the-difference/> (Accessed: 5 May 2020).
- Bare, J. (2011) 'TRACI 2.0: The tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts 2.0', *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(5), pp. 687–696. doi: 10.1007/s10098-010-0338-9.
- BIM Alliance (2020) *Vad är BIM? BIM Alliance*. Available at: <https://www.bimalliance.se/vad-aer-bim/> (Accessed: 5 May 2020).
- Boverket (2018) *Klimatdeklaration av byggnader Förslag på metod och regler Slutrapport*.
- Boverket (2019a) *Introduktion till livscykelanalys (LCA) - Boverket*. Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> (Accessed: 28 April 2020).
- Boverket (2019b) *Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter (EPD)*. Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljovardeklaration-for-byggprodukter-epd/> (Accessed: 5 May 2020).
- Boverket (2019c) *Metodval för LCA - Boverket*. Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/sahar-gors-en-lca/metodval-for-lca/> (Accessed: 15 May 2020).
- Boverket (2019d) *Miljöcertifieringssystem och LCA*. Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljocertifieringssystem-och-lca/> (Accessed: 27 February 2020).
- Boverket (2019e) *Miljödata*. Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljodata/> (Accessed: 5

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

May 2020).

Boverket (2019f) *Vad visar en LCA?* Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vad-visar-en-lca/> (Accessed: 18 May 2020).

Boverket (2019g) *Verktyg för LCA.* Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/verktyg-for-lca/> (Accessed: 6 May 2020).

Boverket (2020) *Klimatdeklaration vid uppförande av byggnad.* Available at: <https://www.boverket.se/klimatdeklaration> (Accessed: 12 April 2020).

Boverket *et al.* (2020) 'Webbseminarium; Klimatdeklarationer av nya byggnader', in *Klimatdeklarationer av nya byggnader*. Karlskrona & Stockholm: Boverket. Available at: <https://edge.media-server.com/mmc/p/cgxirdcy> (Accessed: 26 March 2020).

BuildingSmart (2011) *buildingSMART - papers.* Available at: <https://buildingsmart.no/article87.html> (Accessed: 13 May 2020).

Byggrådet, Malmö Universitet and Lunds tekniska högskola (2017) *BIM – undervisningsmaterial för ingenjörer Fas 2.* Available at: <https://www.byggradet.se/projekt/bim-undervisningsmaterial-ingenjorer-fas-2> (Accessed: 6 May 2020).

Celsa Steel Service AS (2015) *Steel reinforcement products for concrete.*

Eastman, C. M. *et al.* (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designer, Engineers and Contractors.* 2nd edn. John Wiley & Sons, Inc. Available at:

[https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=-](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=-GjrBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=the+Handbook+of+BIM%22+(Eastman,+Teicholz,+Sacks+%26+Liston+2011)&ots=PfqIcY4nmr&sig=YtUK8H9JMcQXwF9zE_t9Z23Dh0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

[GjrBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=the+Handbook+of+BIM%22+\(Eastman,+Teicholz,+Sacks+%26+Liston+2011\)&ots=PfqIcY4nmr&sig=YtUK8H9JMcQXwF9zE_t9Z23Dh0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=-GjrBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=the+Handbook+of+BIM%22+(Eastman,+Teicholz,+Sacks+%26+Liston+2011)&ots=PfqIcY4nmr&sig=YtUK8H9JMcQXwF9zE_t9Z23Dh0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) (Accessed: 5 May 2020).

Erlandsson, M. *et al.* (2015) 'Livslängdsdata samt återvinningsscenario för mer transparenta och jämförbara livscykelberäkningar för byggnader Version 2015', (April).

Finansdepartementet (2020) *Klimatdeklaration för byggnader.* Available at: www.nj.se/offentligapublikationer (Accessed: 6 April 2020).

Finansdepartementet and Boverket (2010) 'Plan- och bygglag (2010:900) (PBL)'. Available at: <https://lagen.nu/2010:900#K1> (Accessed: 5 May 2020).

GaBi Software (2003a) *GaBi LCA Databases.* Available at: <http://www.gabi-software.com/databases/gabi-databases/> (Accessed: 13 May 2020).

GaBi Software (2003b) *TRACI.* Available at: <http://www.gabi-software.com/support/gabi/gabi-lcia-documentation/traci/> (Accessed: 5 May 2020).

Hjulsbro Steel AB (2016) *EPD for PC-strand , Prestressed steel for reinforcement of concrete.*

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

Industrial, S. and Ab, S. (2019) *Grön betong*.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2020) *Miljövarudeklarationer (EPD)*. Available at: <https://www.ivl.se/sidor/vara-omraden/hallbara-vardekedjor/miljovardeklarationer-epd.html> (Accessed: 5 May 2020).

KieranTimberlake (2016) *New Version of Tally® is Released*. Available at: <https://kierantimberlake.com/post/view/393> (Accessed: 5 May 2020).

KieranTimberlake (2020) *Tally® Revit Application*. Available at: <https://kierantimberlake.com/page/tally> (Accessed: 5 May 2020).

Kommittén för Modernare Byggregler (2018) *Resurseffektiv användning av byggmaterial, SOU 2018:51*.

Larsen, E. (2020) *Wire mesh reinforcement steel*.

Larsen, H. F. (2018) *Party verified*.

Lewis, E. and Lewis, E. (2018) *Environmental Product Declaration, Sustainaspeak*. doi: 10.4324/9781315270326-75.

Najjar, M. et al. (2017) *Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building*, *Journal of Building Engineering*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.jobe.2017.10.005.

Naturvårdsverket (2017) *Koldioxidekvivalenter*. Available at: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-fran-exporterande-foretag/Koldioxidekvivalenter/> (Accessed: 5 May 2020).

Naturvårdsverket (2020) *Biogena koldioxidutsläpp och klimatpåverkan*. Available at: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Tre-satt-att-berakna-klimatpaverkande-utslapp/Biogena-koldioxidutslapp-och-klimatpaverkan/> (Accessed: 5 May 2020).

Plus, I. (2020) *Environmental product declaration*.

Programme, D. et al. (2021) *Bauen mit Backstein Zweischalige Wand Marketing e . V*.

Randers Tegl (2018) *3rd Party Verified Environmental Product Declaration*.

Regeringen (2009) 'Svenska miljömål - för ett effektivare miljöarbete', *Regeringens proposition*, 2009/10(155), p. 248.

Regeringskansliet (2013) *Hållbart Företagande - Plattform för svenskt agerande*.

Smart Built Environment (2018) *Q metadata for EPD*. Available at: <https://www.ivl.se/download/18.57581b9b167ee95ab99345/1547122416899/C363.pdf>.

Spa, D., Rizzo, S. Lo and Martin, L. De (2017) *Environmental Product Declaration. AGGREGATES, Environmental Management*.

Svensk Betong (2020a) *Beständighet och livslängd*. Available at: <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/hallbart-byggande/bestandighet-och-livslangd> (Accessed: 18 May 2020).

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

- Svensk Betong (2020b) *Om betong*. Available at: <https://www.svenskbetong.se/om-betong> (Accessed: 5 May 2020).
- Sverige, S. and Ab, I. (2020) *Rebars - Baltic region*.
- Sveriges Kommuner och Landsting (2017) *BIM – digitalisering av byggnadsinformation*. Felix Krause.
- Sveriges lantbruksuniversitet (2019) *Vad är livscykelanalys? | Externwebben*. Available at: <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/> (Accessed: 15 May 2020).
- Swedac (2020) *Certifiering ISO 14001 - Miljöcertifiering - Svensk Certifiering*. Available at: <https://www.svenskcertifiering.se/iso14001.html> (Accessed: 5 May 2020).
- Swedish Standards Institute (2001) *SVENSK STANDARD SS-EN ISO 14020*. Available at: www.sis.se.
- Swedish Standards Institute (2011) *SVENSK STANDARD SS-EN 15978:2011*.
- Swedish Standards Institute (2020) *Svensk standard ss-en 15804:2012+a2:2019*.
- Sydsten, A. B. (2019) *Betong för vägbro*.
- Sydsten, A. B. and Sydsten, A. B. (2020) *Betong med Anläggningscement FA*.
- Tally (2014) ‘Tally™ Revit Application Webinar on Vimeo’, in. Available at: <https://vimeo.com/84681066> (Accessed: 5 May 2020).
- Tally (2019a) *About, Overview*. Available at: <https://choosetally.com/overview/> (Accessed: 5 May 2020).
- Tally (2019b) *About, Partners*. Available at: <https://choosetally.com/partners/> (Accessed: 6 May 2020).
- Tally (2019c) *Learn, Methods*. Available at: <https://choosetally.com/methods/> (Accessed: 5 May 2020).
- Tally (2019d) *Support, FAQ*. Available at: <https://choosetally.com/faq/> (Accessed: 5 May 2020).
- The International EPD® System (2015) ‘General introduction to product category rules in the international EPD system’, pp. 1–19.
- The International EPD® System (2020a) *Vad är en miljövarudeklaration (EPD)*. Available at: <https://www.environdec.com/sv/> (Accessed: 5 May 2020).
- The International EPD® System (2020b) *What is an EPD?* Available at: <https://www.environdec.com/What-is-an-EPD/> (Accessed: 5 May 2020).
- U.S. Green Building Council and Leed (2020) *Why LEED certification | U.S. Green Building Council*. Available at: <https://www.usgbc.org/leed/why-leed> (Accessed: 5 May 2020).
- Vid, V. *et al.* (2018) *Livscykelanalyser – vägledning vid val av verktyg*.
- Yu, X. *et al.* (2018) *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Cancer Biology and Medicine*. doi: 10.20892/j.issn.2095-3941.2017.0150.

Tally, ett LCA-verktyg i BIM

8 Bilagor

- 1.Tally LCA Rapport 2020-04-27.pdf
- 2.Tally LCA Rapport 2020-04-27_Data.pdf

Bilaga 1: Studenthuset

Tally LCA Rapport 2020-04-27

Table of Contents

Report Summary	1
LCA Results	
Results per Life Cycle Stage	2
Results per Life Cycle Stage, itemized by Division	3
Results per Division	4
Results per Division, itemized by Tally Entry	5
Results per Division, itemized by Material	6
Results per Revit Category	7
Results per Revit Category, itemized by Family	8
Appendix	
Calculation Methodology - Life Cycle Assessment Methods	9
Calculation Methodology - Life Cycle Stages	10
Calculation Methodology - Environmental Impact Categories	11
LCI Data	12

Report Summary

Created with Tally

Non-commercial Version 2019.12.20.01

Goal and Scope of Assessment

LCA Rapport, Tally. För Studenthuset. VT 2020

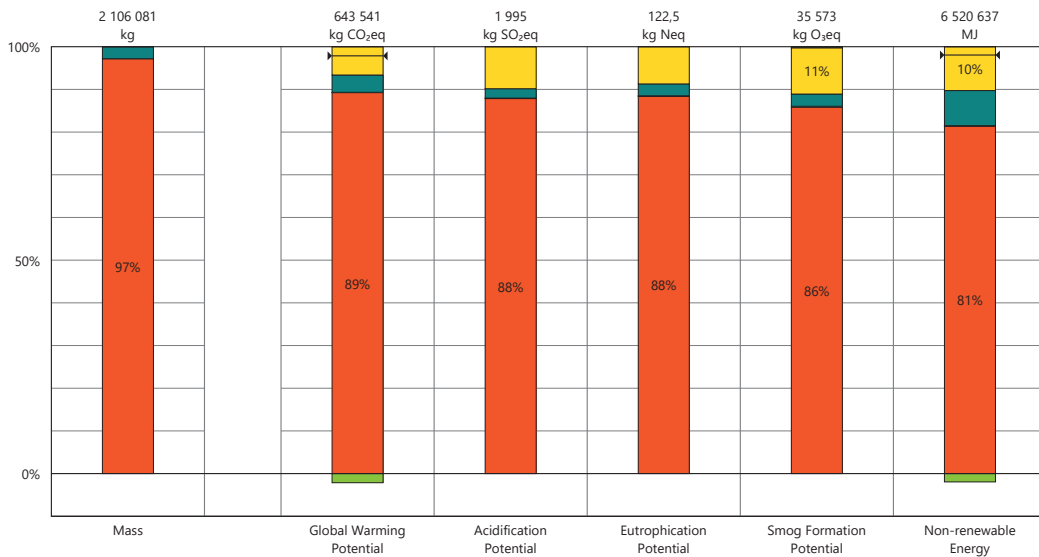
Author	jo7323ar-s
Company	Lund University, LTH
Date	2020-04-27
Project	Studenthuset
Location	Studentvägen 1, Lund
Gross Area	2535 m ²
Building Life	100
Boundaries	Cradle to grave, inclusive of biogenic carbon; see appendix for a full list of materials and processes

Environmental Impact Totals	Product Stage [A1-A3]	Construction Stage [A4]	Use Stage [B2-B5]	End of Life Stage [C2-C4]	Module D [D]
Global Warming (kg CO ₂ eq)	574 359	450,9	26 073	42 657	-13 771
Acidification (kg SO ₂ eq)	1 753	2,089	44,06	196,2	-18,1
Eutrophication (kg Neq)	108,2	0,1701	3,408	10,67	-0,5358
Smog Formation (kg O ₃ eq)	30 540	69,04	1 019	3 854	90,89
Ozone Depletion (kg CFC-11eq)	5,481E-004	1,544E-011	-7,205E-007	7,690E-009	1,101E-004
Primary Energy (MJ)	5 679 202	6 557	550 567	716 054	-125 158
Non-renewable Energy (MJ)	5 308 454	6 400	536 210	669 572	-127 072
Renewable Energy (MJ)	373 816	158,6	14 456	47 304	1 816

Environmental Impacts / Area

Global Warming (kg CO ₂ eq/m ²)	226,6	0,1779	10,29	16,83	-5,43
Acidification (kg SO ₂ eq/m ²)	0,6914	8,242E-004	0,01738	0,07739	-0,00714
Eutrophication (kg Neq/m ²)	0,0427	6,711E-005	0,001344	0,004211	-2,114E-004
Smog Formation (kg O ₃ eq/m ²)	12,05	0,02723	0,402	1,520	0,03585
Ozone Depletion (kg CFC-11eq/m ²)	2,162E-007	6,092E-015	-2,842E-010	3,033E-012	4,344E-008
Primary Energy (MJ/m ²)	2 240	2,587	217,2	282,5	-49,4
Non-renewable Energy (MJ/m ²)	2 094	2,525	211,5	264,1	-50,1
Renewable Energy (MJ/m ²)	147,5	0,06255	5,703	18,66	0,7163

Results per Life Cycle Stage

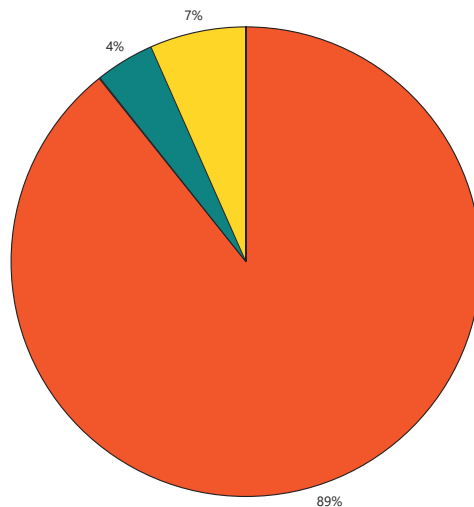


Legend

↔ Net value (impacts + credits)

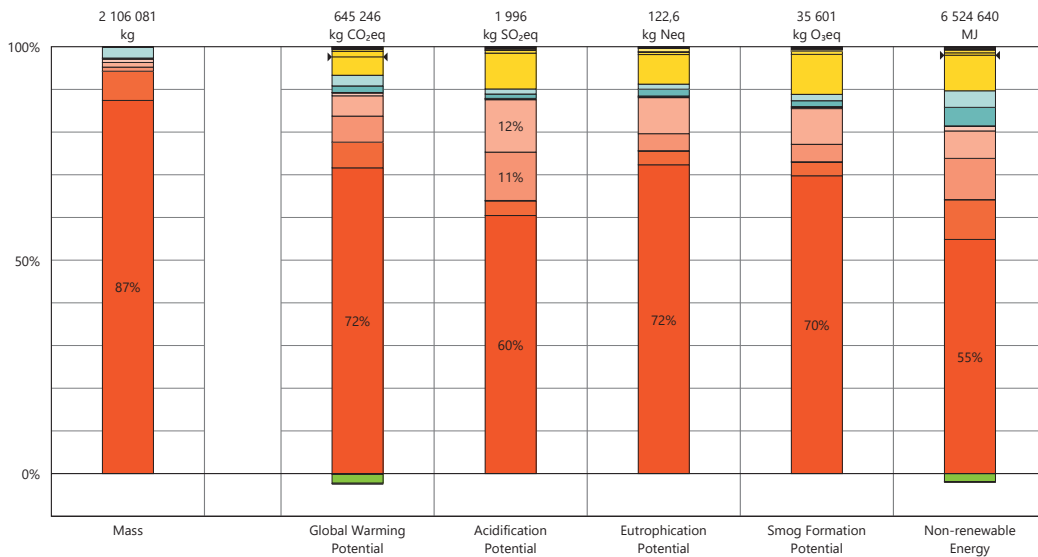
Life Cycle Stages

- Product [A1-A3]
- Transportation [A4]
- Maintenance and Replacement [B2-B5]
- End of Life [C2-C4]
- Module D [D]



Global Warming Potential

Results per Life Cycle Stage, itemized by Division



Legend

↔ Net value (impacts + credits)

Product [A1-A3]

- 03 - Concrete
- 04 - Masonry
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 08 - Openings and Glazing
- 09 - Finishes

Transportation [A4]

- 03 - Concrete
- 04 - Masonry
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 08 - Openings and Glazing
- 09 - Finishes

Maintenance and Replacement [B2-B5]

- 03 - Concrete
- 04 - Masonry
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 08 - Openings and Glazing
- 09 - Finishes

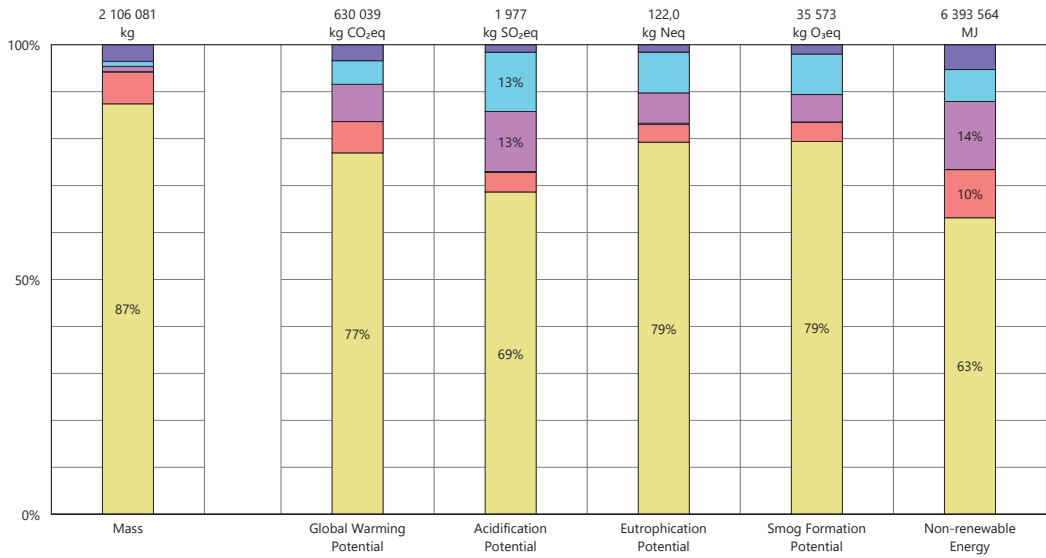
End of Life [C2-C4]

- 03 - Concrete
- 04 - Masonry
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 08 - Openings and Glazing
- 09 - Finishes

Module D [D]

- 03 - Concrete
- 04 - Masonry
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 08 - Openings and Glazing
- 09 - Finishes

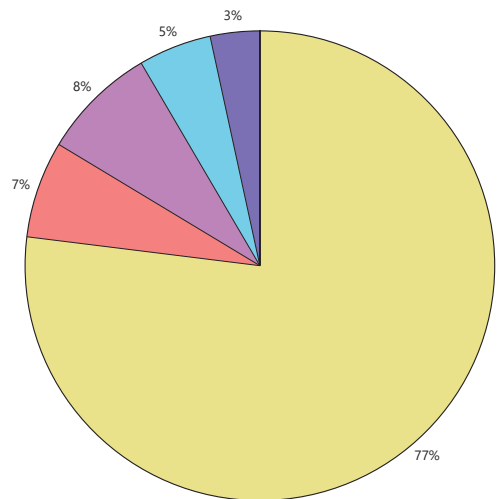
Results per Division



Legend

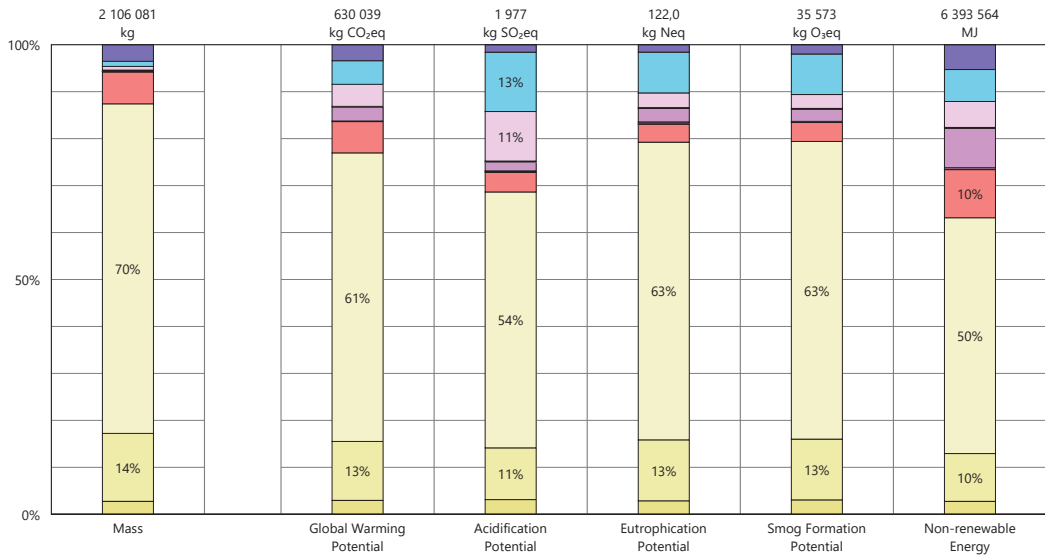
Divisions

- 03 - Concrete
- 04 - Masonry
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 08 - Openings and Glazing
- 09 - Finishes



Global Warming Potential

Results per Division, itemized by Tally Entry



Legend

03 - Concrete

- Precast concrete column
- Precast concrete structural panel
- Precast concrete structural panel, hollow core

04 - Masonry

- Brick

06 - Wood/Plastics/Composites

- Plywood, exterior grade

07 - Thermal and Moisture Protection

- Asphalt felt sheet
- Expanded polystyrene (EPS), board
- Metal roofing panels, formed
- Mineral wool, board, generic

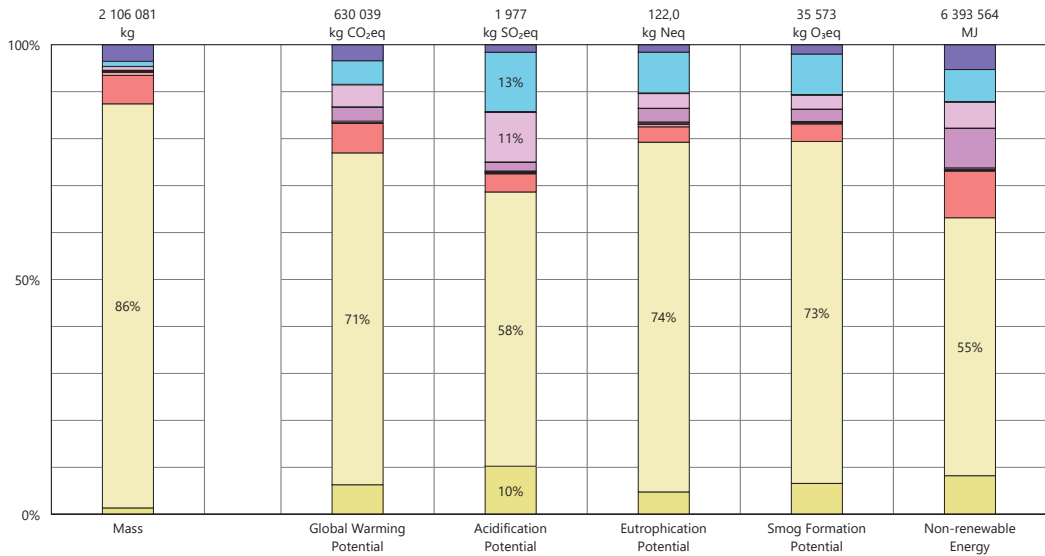
08 - Openings and Glazing

- Glazing, double pane IGU

09 - Finishes

- Wall board, gypsum

Results per Division, itemized by Material



Legend

03 - Concrete

- Steel, reinforcing rod
- Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag

04 - Masonry

- Brick, generic
- Mortar type N
- Steel, concrete reinforcing steel, CMC - EPD

06 - Wood/Plastics/Composites

- Exterior grade plywood, US

07 - Thermal and Moisture Protection

- Asphalt felt sheet, roofing underlayment, ARMA - EPD
- Expanded polystyrene (EPS), board
- Fasteners, galvanized steel
- Mineral wool, high density, NAIMA - EPD
- Steel, sheet

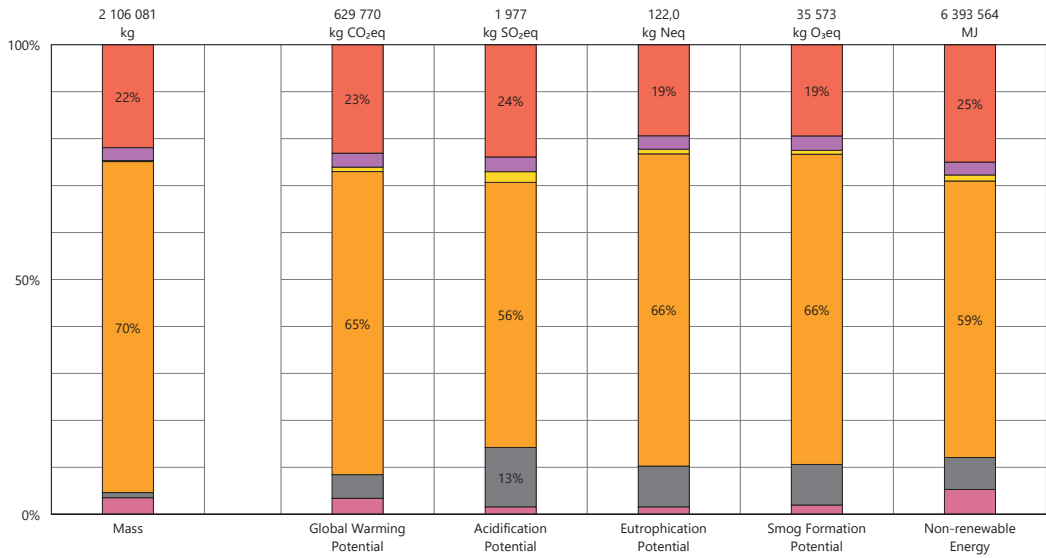
08 - Openings and Glazing

- Glazing, double, insulated (air)

09 - Finishes

- Wall board, gypsum, natural

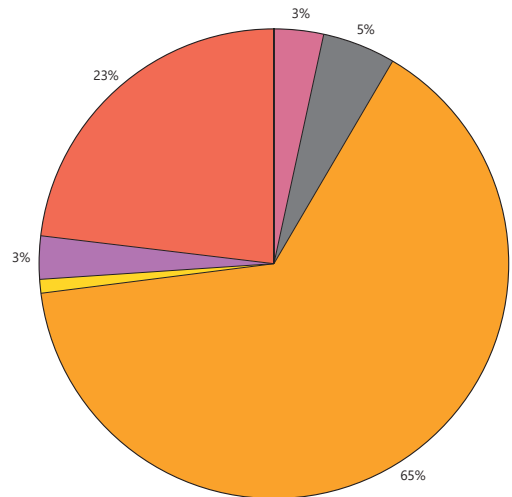
Results per Revit Category



Legend

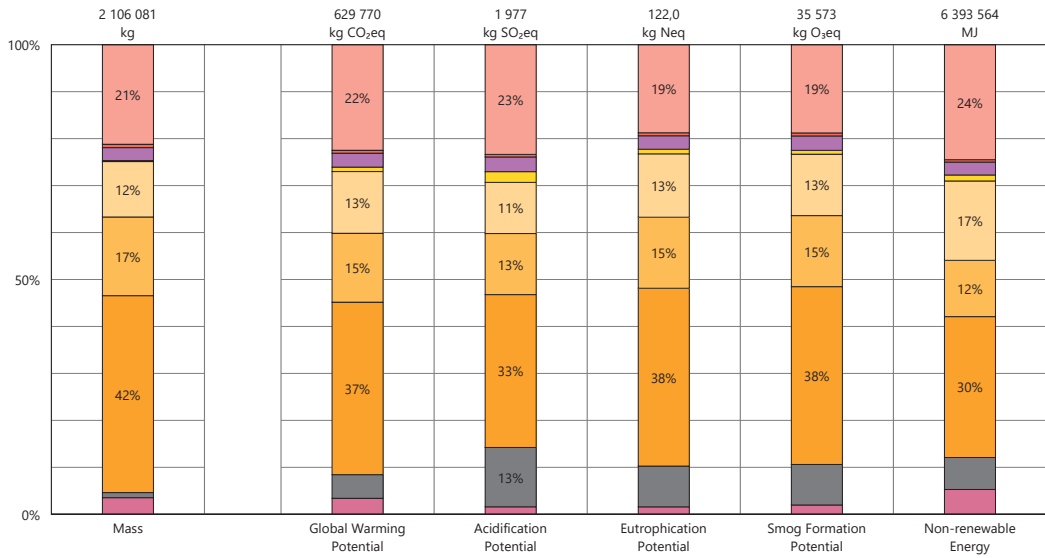
Revit Categories

- Ceilings
- Curtainwall Panels
- Floors
- Roofs
- Structure
- Walls



Global Warming Potential

Results per Revit Category, itemized by Family



Legend

Ceilings

600 x 600 mm

Curtainwall Panels

System Panel

Floors

Bjälklag 250 mm

Bjälklag 300 mm

Bjälklag Isollerad 490 mm

Roofs

Svart isollerat plåttak

Structure

Ny Betong (column)

Walls

Innervägg 205 mm Bärande

Tegelfasad btg

Calculation Methodology

LIFE CYCLE ASSESSMENT METHODS

The following provides a description of terms and methods associated with the use of Tally to conduct life cycle assessment for construction works and construction products. Tally methodology is consistent with LCA standards ISO 14040-14044, ISO 21930:2017, ISO 21931:2010, EN 15804:2012, and EN 15978:2011. For more information about LCA, please refer to these standards or visit www.choosetally.com.

Studied objects

The life cycle assessment (LCA) results reported represent an analysis of a single building, multiple buildings, or a comparative analysis of two or more building design options. The assessment may represent the complete architectural, structural, and finish systems of the building(s) or a subset of those systems. This may be used to compare the relative environmental impacts associated with building components or for comparative study with one or more reference buildings. Design options may represent a full or partial building across various stages of the design process, or they may represent multiple schemes of a full or partial building that are being compared to one another across a range of evaluation criteria.

Functional unit and reference unit

A functional unit is the quantified performance of a product, building, or system that defines the object of the study. The functional unit of a single building should include the building type (e.g. office, factory), relevant technical and functional requirements (e.g. regulatory requirements, energy performance), pattern of use (e.g. occupancy, usable floor area), and the required service life. For a design option comparison of a partial building, the functional unit is the complete set of building systems or products that perform a given function. It is the responsibility of the modeler to assure that reference buildings or design options are functionally equivalent in terms of scope and relevant performance. The expected life of the building has a default value of 60 years and can be modified by the modeler.

The reference unit is the full collection of processes and materials required to produce a building or portion thereof and is quantified according to the given goal and scope of the assessment over the full life of the building. If construction impacts are included in the assessment, the reference unit also includes the energy, water, and fuel consumed on the building site during construction. If operational energy is included in the assessment, the reference unit includes the electrical and thermal energy consumed on site over the life of the building.

Data source

Tally utilizes a custom designed LCA database that combines material attributes, assembly details, and architectural specifications with environmental impact data resulting from the collaboration between KieranTimberlake and thinkstep. LCA modeling was conducted in GaBi 8.5 using GaBi 2018 databases and in accordance with [GaBi databases and modeling principles](#).

The data used are intended to represent the US and the year 2017. Where representative data were unavailable, proxy data were used. The datasets used, their geographic region, and year of reference are listed for each entry. An effort was made to choose proxy datasets that are technologically consistent with the relevant entry.

Data quality and uncertainty

Uncertainty in results can stem from both the data used and their application. Data quality is judged by: its measured, calculated, or estimated precision; its completeness, such as unreported emissions; its consistency, or degree of uniformity of the methodology applied on a study serving as a data source; and geographical, temporal, and technological representativeness. The [GaBi LCI databases](#) have been used in LCA models worldwide in both industrial and scientific applications. These LCI databases have additionally been used both as internal and critically reviewed and published studies. Uncertainty introduced by the use of proxy data is reduced by using technologically, geographically, and/or temporally similar data. It is the responsibility of the modeler to appropriately apply the predefined material entries to the building under study.

System boundaries and delimitations

The analysis accounts for the full cradle to grave life cycle of the design options studied across all life cycle stages, including material manufacturing, maintenance and replacement, and eventual end of life. Optionally, the construction impacts and operational energy of the building can be included within the scope. Product stage impacts are excluded for materials and components indicated as existing or salvaged by the modeler. The modeler defines whether the boundary includes or excludes the flow of biogenic carbon, which is the carbon absorbed and generated by biological sources (e.g. trees, algae) rather than from fossil resources.

Architectural materials and assemblies include all materials required for the product's manufacturing and use including hardware, sealants, adhesives, coatings, and finishing. The materials are included up to a 1% cut-off factor by mass except for known materials that have high environmental impacts at low levels. In these cases, a 1% cut-off was implemented by impact.

Calculation Methodology

LIFE CYCLE STAGES

The following describes the scope and system boundaries used to define each stage of the life cycle of a building or building product, from raw material acquisition to final disposal. For products listed in Tally as Environmental Product Declarations (EPD), the full life cycle impacts are included, even if the published EPD only includes the Product stage [A1-A3].

Product [EN 15978 A1 - A3]

This encompasses the full manufacturing stage, including raw material extraction and processing, intermediate transportation, and final manufacturing and assembly. The product stage scope is listed for each entry, detailing any specific inclusions or exclusions that fall outside of the cradle to gate scope. Infrastructure (buildings and machinery) required for the manufacturing and assembly of building materials are not included and are considered outside the scope of assessment.

Transportation [EN 15978 A4]

This counts transportation from the manufacturer to the building site during the construction stage and can be modified by the modeler.

Construction Installation [EN 15978 A5] (Optional)

This includes the anticipated or measured energy and water consumed on-site during the construction installation process, as specified by the modeler.

Maintenance and Replacement [EN 15978 B2-B5]

This encompasses the replacement of materials in accordance with their expected service life. This includes the end of life treatment of the existing products as well as the cradle to gate manufacturing and transportation to site of the replacement products. The service life is specified separately for each product. Refurbishment of materials marked as existing or salvaged by the modeler is also included.

Operational Energy [EN 15978 B6] (Optional)

This is based on the anticipated or measured energy and natural gas consumed at the building site over the lifetime of the building, as indicated by the modeler.

End of Life [EN 15978 C2-C4]

This includes the relevant material collection rates for recycling, processing requirements for recycled materials, incineration rates, and landfilling rates. The impacts associated with landfilling are based on average material properties, such as plastic waste, biodegradable waste, or inert material. Stage C2 encompasses the transport from the construction site to end-of-life treatment based on national averages. Stages C3-C4 account for waste processing and disposal, i.e., impacts associated with landfilling or incineration.

Module D [EN 15978 D]

This accounts for reuse potentials that fall beyond the system boundary, such as energy recovery and recycling of materials. Along with processing requirements, the recycling of materials is modeled using an avoided burden approach, where the burden of primary material production is allocated to the subsequent life cycle based on the quantity of recovered secondary material. Incineration of materials includes credit for average US energy recovery rates.

PRODUCT	CONSTRUCTION	USE	END-OF-LIFE	MODULE D
A1. Extraction A2. Transport (to factory) A3. Manufacturing	A4. Transport (to site) A5. Construction Installation	B1. Use B2. Maintenance B3. Repair B4. Replacement B5. Refurbishment B6. Operational energy B7. Operational water	C1. Demolition C2. Transport (to disposal) C3. Waste processing C4. Disposal	D. Benefits and loads beyond the system boundary from: 1. Reuse 2. Recycling 3. Energy recovery

Life-Cycle Stages as defined by EN 15978. Processes included in Tally modeling scope are shown in bold. Italics indicate optional processes.

Calculation Methodology

ENVIRONMENTAL IMPACT CATEGORIES

A characterization scheme translates all emissions and fuel use associated with the reference flow into quantities of categorized environmental impact. As the degree that the emissions will result in environmental harm depends on regional ecosystem conditions and the location in which they occur, the results are reported as impact potential. Potential impacts are reported in kilograms of equivalent relative contribution (eq) of an emission commonly associated with that form of environmental impact (e.g. kg CO₂eq).

The following list provides a description of environmental impact categories reported according to the TRACI 2.1 characterization scheme, the environmental impact model developed by the US EPA to quantify environmental impact risk associated with emissions to the environment in the United States. TRACI is the standard environmental impact reporting format for LCA in North America. Impacts associated with land use change and fresh water depletion are not included in TRACI 2.1. For more information on TRACI 2.1, reference Bare 2010, EPA 2012, and Guinée 2001. For further description of measurement of environmental impacts in LCA, see Simonen 2014.

Acidification Potential (AP)

kg SO₂eq

A measure of emissions that cause acidifying effects to the environment. The acidification potential is a measure of a molecule's capacity to increase the hydrogen ion (H⁺) concentration in the presence of water, thus decreasing the pH value. Potential effects include fish mortality, forest decline, and the deterioration of building materials.

Eutrophication Potential (EP)

kg Neq

A measure of the impacts of excessively high levels of macronutrients, the most important of which are nitrogen (N) and phosphorus (P). Nutrient enrichment may cause an undesirable shift in species composition and elevated biomass production in both aquatic and terrestrial ecosystems. In aquatic ecosystems, increased biomass production may lead to depressed oxygen levels caused by the additional consumption of oxygen in biomass decomposition.

Global Warming Potential (GWP)

kg CO₂eq

A measure of greenhouse gas emissions, such as carbon dioxide and methane. These emissions are causing an increase in the absorption of radiation emitted by the earth, increasing the natural greenhouse effect. This may, in turn, have adverse impacts on ecosystem health, human health, and material welfare.

Ozone Depletion Potential (ODP)

kg CFC-11eq

A measure of air emissions that contribute to the depletion of the stratospheric ozone layer. Depletion of the ozone leads to higher levels of UVB ultraviolet rays reaching the earth's surface with detrimental effects on humans and plants. As these impacts tend to be very small, ODP impacts can be difficult to calculate and are prone to a larger margin of error than the other impact categories.

Smog Formation Potential (SFP)

kg O₃eq

A measure of ground level ozone, caused by various chemical reactions between nitrogen oxides (NO_x) and volatile organic compounds (VOCs) in sunlight. Human health effects can result in a variety of respiratory issues, including increasing symptoms of bronchitis, asthma, and emphysema. Permanent lung damage may result from prolonged exposure to ozone. Ecological impacts include damage to various ecosystems and crop damage.

Primary Energy Demand (PED)

MJ (lower heating value)

A measure of the total amount of primary energy extracted from the earth. PED tracks energy resource use, not the environmental impacts associated with the resource use. PED is expressed in energy demand from non-renewable resources and from renewable resources. Efficiencies in energy conversion (e.g. power, heat, steam, etc.) are taken into account when calculating this result.

Non-Renewable Energy Demand

MJ (lower heating value)

A measure of the energy extracted from non-renewable resources (e.g. petroleum, natural gas, etc.) contributing to the PED. Non-renewable resources are those that cannot be regenerated within a human time scale. Efficiencies in energy conversion (e.g. power, heat, steam, etc.) are taken into account when calculating this result.

Renewable Energy Demand

MJ (lower heating value)

A measure of the energy extracted from renewable resources (e.g. hydropower, wind energy, solar power, etc.) contributing to the PED. Efficiencies in energy conversion (e.g. power, heat, steam, etc.) are taken into account when calculating this result.

LCI Data

END-OF-LIFE [C2-C4]

A Life Cycle Inventory(LCI) is a compilation and quantification of inputs and outputs for the reference unit.The following LCI provides a summary of all energy, construction, transportation, and material inputs present in the study. Materials are listed in alphabetical order along with a list of all Revit families and Tally entries in which they occur, along with any notes and system boundaries accompanying their database entries.Each entry lists the detailed scope for the LCI data sources used from the GaBi LCI database and identifies the LCI data source.

For LCI data sourced from an Environmental Product Declaration (EPD), the product manufacturer, EPD identification number, and Program Operator are listed. Where the LCI source does not provide data for all life cycle stages, default North American average values are used. This is of particular importance for European EPD sources, as EPD data are generally only provided for the product stage, and North American average values are used for the remaining life cycle stages.

Where specific quantities are associated with a data entry, such as user inputs, energy values, or material mass, the quantity is listed on the same line as the title of the entry.

TRANSPORTATION [A4]

Default transportation values are based on the three-digit material commodity code in the 2012 Commodity Flow Survey by the US Department of Transportation Bureau of Transportation Statistics and the US Department of Commerce where more specific industry-level transportation is not available.

Transportation by Barge

Scope:

The data set represents the transportation of 1 kg of material from the manufacturer location to the building site by barge.

LCI Source:

GLO: Average ship, 1500t payload capacity/ canal ts (2017)
US: Diesel mix at filling station ts (2014)

Transportation by Container Ship

Scope:

The data set represents the transportation of 1 kg of material from the manufacturer location to the building site by container ship.

LCI Source:

GLO: Container ship, 27500 dwt payload capacity, ocean going ts (2017)
US: Heavy fuel oil at refinery (0.3wt.% S) ts (2014)

Transportation by Rail

Scope:

The data set represents the transportation of 1 kg of material from the manufacturer location to the building site by cargo rail.

LCI Source:

GLO: Rail transport cargo - Diesel, average train, gross tonne weight 1000t / 726t payload capacity ts (2017)
US: Diesel mix at filling station ts (2014)

Transportation by Truck

Scope:

The data set represents the transportation of 1 kg of material from the manufacturer location to the building site by diesel truck.

LCI Source:

US: Truck - Trailer, basic enclosed / 45,000 lb payload - 8b ts (2017)
US: Diesel mix at filling station ts (2014)

LCI Data (continued)

END-OF-LIFE [C2-C4]

Specific end-of-life scenarios are detailed for each entry based on the US construction and demolition waste treatment methods and rates in the 2016 WARM Model by the US Environmental Protection Agency except where otherwise specified. Heterogeneous assemblies are modeled using the appropriate methodologies for the component materials.

End-of-Life Landfill

Scope:

Materials for which no recycling or incineration rates are known, no recycling occurs within the US at a commercial scale, or which are unable to be recycled are landfilled. This includes glass, drywall, insulation, and plastics. The solids contents of coatings, sealants, and paints are assumed to go to landfill, while the solvents or water evaporate during installation. Where the landfill contains biodegradable material, the energy recovered from landfill gas utilization is reflected as a credit in Module D.

LCI Source:

US: Glass/inert on landfill ts (2017)
US: Biodegradable waste on landfill, post-consumer ts (2017)
US: Plastic waste on landfill, post-consumer ts (2017)

Concrete End-of-Life

Scope:

Concrete (or other masonry products) are recycled into aggregate or general fill material or they are landfilled. It is assumed that 55% of the concrete is recycled. Module D accounts for both the credit associated with off-setting the production aggregate and the burden of the grinding energy required for processing.

LCI Source:

US: Diesel mix at refinery ts (2014)
GLO: Fork lifter (diesel consumption) ts (2016)
EU - 28 Gravel 2/32 ts (2017)
US: Glass/inert on landfill ts (2017)

Metals End-of-Life

Scope:

Metal products are modeled using the avoided burden approach. The recycling rate at end of life is used to determine how much secondary metal can be recovered after having subtracted any scrap input into manufacturing (net scrap). Net scrap results in an environmental credit in Module D for the corresponding share of the primary burden that can be allocated to the subsequent product system using secondary material as an input. If the value in Module D reflects an environmental burden, then the original product (A1-A3) contains more secondary material than is recovered.

LCI Source:

Aluminum - RNA: Primary Aluminum Ingot AA/ts (2010)
Aluminum - RNA: Secondary Aluminum Ingot AA/ts (2010)
Brass - GLO: Zinc mix ts (2012)
Brass - GLO: Copper (99.99% cathode) ICA (2013)
Brass - EU-28: Brass (CuZn20) ts (2017)
Copper - DE: Recycling potential copper sheet ts (2016)
Steel - GLO: Value of scrap worldsteel (2014)
Zinc - GLO: Special high grade zinc IZA (2012)

Wood End-of-Life

Scope:

End of Life waste treatment methods and rates for wood are based on the 2014 Municipal Solid Waste and Construction Demolition Wood Waste Generation and Recovery in the United States report by Dovetail Partners, Inc. It is assumed that 65.5% of wood is sent to landfill, 17.5% to incineration, and 17.5% to recovery.

LCI Source:

US: Untreated wood in waste incineration plant ts (2017)
US: Wood product (OSB, particle board) waste in waste incineration plant ts (2017)
US: Wood products (OSB, particle board) on landfill, post-consumer ts (2017)
US: Untreated wood on landfill, post-consumer ts (2017)
RNA: Softwood lumber CORRIM (2011)

LCI Data

MODEL ELEMENTS

Revit Categories

Ceilings
Curtainwall Panels
Floors
Roofs
Structure
Walls

Worksets

N/A

Phases

Nytt

PRODUCT [A1-A3]

Materials and components are listed in alphabetical order along with a list of all Revit families and Tally entries in which they occur. The masses given here refer to the quantity of each material used over the building's life-cycle, which includes both Product [A1-A3] and Use [B2-B5] stages.

Additional provided data describing scope boundaries for each life cycle stage may be useful for interpretation of the impacts associated with the specific material or component. Each material or component is listed with its service life, or period of time after installation it is expected to meet the service requirements prior to replacement or repair. This value is indicated in parentheses next to the mass of the material associated with the listed Revit family. Values for transportation distance or service life shown with an asterisk (*) indicate user-defined changes to default values. Values for service life shown with a dagger (†) indicate materials identified by the modeler as existing or salvaged.

Asphalt felt sheet, roofing underlayment, ARMA - EPD 658,9 kg

Used in the following Revit families:

Bjälklag Isollerad 490 mm	532,4 kg (60 yrs)
Svart isollerat plåttak	126,5 kg (60 yrs)

Used in the following Tally entries:

Asphalt felt sheet

Description:

Asphalt felt sheet, exclusive of spray adhesive for roofing and wall application. Type II felt, also called No. 30 asphalt felt, is the minimum accepted by the IBC and IRC for underlayment and interlayment. Data based on industry-wide EPD from the Asphalt Roofing Manufacturers Association.

Life Cycle Inventory:

See EPD

Product Scope:

Cradle to gate

Transportation Distance:

By truck: 0 km*

End-of-Life Scope:

5% Recycled into bitumen
95% Landfilled (inert waste)

Module D Scope:

Avoided burden credit for recycling into bitumen, includes grinding energy

LCI Source:

RNA: Underlayment, asphalt shingle roofing system component - ARMA (A1-A3) ts (2012)

EPD Source:

[4787168709.101.1](#)

EPD Designation Holder:

Asphalt Roofing Manufacturers Association (ARMA)

EPD Program Operator:

UL Environment

EPD Expiration:

2021-10-28

Brick, generic 127 279,8 kg

Used in the following Revit families:

Tegelfasad btg	127 279,8 kg (100 yrs*)
----------------	-------------------------

Used in the following Tally entries:

Brick

Description:

Common extruded brick, excludes mortar.

Life Cycle Inventory:

100% Fired brick

Product Scope:

Cradle to gate
excludes mortar
anchors, ties, and metal accessories outside of scope (<1% mass)

Transportation Distance:

By truck: 0 km*

LCI Data (continued)

<p>End-of-Life Scope: 55% Recycled into coarse aggregate 45% Landfilled (inert material)</p> <p>Module D Scope: Avoided burden credit for coarse aggregate, includes grinding energy</p> <p>LCI Source: DE: Stoneware tiles, unglazed (EN15804 A1-A3) ts (2017)</p>		<p>LCI Source: GLO: Steel wire rod worldsteel (2014) GLO: Steel turning ts (2017) GLO: Electrolytic galvanisation (1 m² steel sheet part, electrolytic) ts (2017) GLO: Value of scrap worldsteel (2014)</p>	
<p>Expanded polystyrene (EPS), board</p> <p>Used in the following Revit families: Bjälklag Isollerad 490 mm</p> <p>Used in the following Tally entries: Expanded polystyrene (EPS), board</p> <p>Description: EPS foam insulation board</p> <p>Life Cycle Inventory: 100% Expanded polystyrene board</p> <p>Product Scope: Cradle to gate</p> <p>Transportation Distance: By truck: 0 km*</p> <p>End-of-Life Scope: 100% Landfilled (plastic waste)</p> <p>LCI Source: US: EPS-Foam (expanded polystyrene foam (PS 12)) incl. flame retardant (estimation) ts (2017)</p>	<p>5 704,5 kg</p> <p>5 704,5 kg (50 yrs)</p>	<p>Glazing, double, insulated (air)</p> <p>Used in the following Revit families: System Panel</p> <p>Used in the following Tally entries: Glazing, double pane IGU</p> <p>Description: Glazing, double, insulated (air filled), 1/8" (4 mm) float glass clear, inclusive of sealant, and spacers</p> <p>Life Cycle Inventory: Double-pane glass IGU (Air filled, with spacer and sealant)</p> <p>Product Scope: Cradle to gate</p> <p>Transportation Distance: By truck: 0 km*</p> <p>End-of-Life Scope: 100% Landfilled (inert waste)</p> <p>LCI Source: DE: Double glazing unit ts (2017), modified to exclude coating and argon</p>	<p>22 906,7 kg</p> <p>22 906,7 kg (100 yrs*)</p>
<p>Exterior grade plywood, US</p> <p>Used in the following Revit families: Svart isollerat plåttak</p> <p>Used in the following Tally entries: Plywood, exterior grade</p> <p>Description: Plywood, unfinished</p> <p>Life Cycle Inventory: Proxied by interior grade plywood</p> <p>Product Scope: Cradle to gate, uncoated</p> <p>Transportation Distance: By truck: 0 km*</p> <p>End-of-Life Scope: 14.5% Recovered 22% Incinerated with energy recovery 63.5% Landfilled (wood product waste)</p> <p>Module D Scope: Recovered wood products credited as avoided burden.</p> <p>LCI Source: RNA: Softwood plywood CORRIM (2011)</p>	<p>801,5 kg</p> <p>801,5 kg (100 yrs*)</p>	<p>Mineral wool, high density, NAIMA - EPD</p> <p>Used in the following Revit families: Svart isollerat plåttak Tegelfasad btg</p> <p>Used in the following Tally entries: Mineral wool, board, generic</p> <p>Description: Rock board, heavy density. Industry-wide EPD from the North America Insulation Manufacturers Association. EPD representative of conditions in North America.</p> <p>Life Cycle Inventory: See EPD</p> <p>Product Scope: Cradle to gate</p> <p>Transportation Distance: By truck: 500 km*</p> <p>End-of-Life Scope: 100% Landfilled (inert waste)</p> <p>LCI Source: US: Rock board insulation (heavy density) NAIMA (2007)</p> <p>EPD Source: 4786060412_102_1</p> <p>EPD Designation Holder: North American Insulation Manufacturer's Association (NAIMA)</p> <p>EPD Program Operator: UL Environment</p> <p>EPD Expiration: 2018-11-08</p>	<p>16 516,8 kg</p> <p>2 890,6 kg (100 yrs*) 13 626,2 kg (100 yrs*)</p>
<p>Fasteners, galvanized steel</p> <p>Used in the following Revit families: Svart isollerat plåttak</p> <p>Used in the following Tally entries: Asphalt felt sheet Metal roofing panels, formed</p> <p>Description: Galvanized steel part, appropriate for use as fasteners and specialized hardware (bolts, rails, clips, etc.).</p> <p>Life Cycle Inventory: 100% Galvanized steel</p> <p>Product Scope: Cradle to gate</p> <p>Transportation Distance: By truck: 0 km*</p> <p>End-of-Life Scope: 70% Recovered 30% Landfilled (inert material)</p> <p>Module D Scope: Product has 16% scrap input while remainder is processed and credited as avoided burden</p>	<p>101,4 kg</p> <p>101,4 kg (40 yrs)</p>	<p>Mortar type N</p> <p>Used in the following Revit families: Tegelfasad btg</p> <p>Used in the following Tally entries: Brick</p> <p>Description: Mortar Type N (moderate strength mortar) for use in masonry walls and flooring.</p> <p>Life Cycle Inventory: Dried mixture: 83% Sand 11% cement 6% limestone (11% water evaporates on drying)</p> <p>Product Scope: Cradle to gate</p> <p>Transportation Distance: By truck: 0 km*</p> <p>End-of-Life Scope: 55% Recycled into coarse aggregate</p>	<p>15 531,3 kg</p> <p>15 531,3 kg (100 yrs*)</p>

LCI Data (continued)

45% Landfilled (inert material)			
Module D Scope: Avoided burden credit for coarse aggregate, includes grinding energy			
LCI Source: DE: Masonry mortar (MG II a) ts (2017)			
Steel, concrete reinforcing steel, CMC - EPD		510,6 kg	
Used in the following Revit families: Tegelfasad btg		510,6 kg (100 yrs)	
Used in the following Tally entries: Brick			
Description: Concrete reinforcing steel (rebar) by Commercial Metals Company. Appropriate for use as reinforcement in concrete. EPD representative of conditions in the US.			
Life Cycle Inventory: See EPD			
Product Scope: Cradle-to-gate			
Transportation Distance: By truck: 0 km*			
End-of-Life Scope: 98% Recovered 2% Landfilled (inert material)			
Module D Scope: Product has 100% scrap input, burden reflects difference between recovered material and scrap input. Credit given for the avoided burden associated with recovered material.			
LCI Source: EPD (US), Commercial Metals Company (2015)			
EPD Source: EPD-012			
EPD Designation Holder: Commercial Metals Company (CMC)			
EPD Program Operator: ASTM International			
EPD Expiration: 2020-09-01			
Steel, reinforcing rod		28 611,9 kg	
Used in the following Revit families: Bjällklag 250 mm Bjällklag 300 mm Bjällklag Isollerad 490 mm Innervägg 205 mm Bärande Ny Betong (column) Tegelfasad btg		12 577,8 kg (100 yrs) 5 024,8 kg (100 yrs) 3 451,2 kg (100 yrs) 182,4 kg (100 yrs) 3 869,0 kg (100 yrs) 3 506,7 kg (100 yrs)	
Used in the following Tally entries: Precast concrete column Precast concrete structural panel Precast concrete structural panel, hollow core			
Description: Common unfinished tempered steel rod suitable for structural reinforcement (rebar)			
Life Cycle Inventory: 100% Steel rebar			
Product Scope: Cradle to gate			
Transportation Distance: By truck: 0 km*			
End-of-Life Scope: 70% Recovered 30% Landfilled (inert material)			
Module D Scope: Product has a 16.4% scrap input while remainder is processed and credited as avoided burden.			
LCI Source: GLO: Steel rebar worldsteel (2014)			
Steel, sheet			551,3 kg
Used in the following Revit families: Svart isolerad plättak			551,3 kg (100 yrs)
Used in the following Tally entries: Metal roofing panels, formed			
Description: Steel sheet			
Life Cycle Inventory: 100% Steel sheet			
Product Scope: Cradle to gate			
Transportation Distance: By truck: 0 km*			
End-of-Life Scope: 98% Recovered 2% Landfilled (inert material)			
Module D Scope: Product has 16% scrap input while remainder is processed and credited as avoided burden			
LCI Source: RNA: Steel finished cold rolled coil worldsteel (2007) GLO: Steel sheet stamping and bending (5% loss) ts (2017) US: Electricity grid mix ts (2014) US: Lubricants at refinery ts (2014) GLO: Compressed air 7 bar (medium power consumption) ts (2014) GLO: Value of scrap worldsteel (2014)			
Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag			1 812 408,5 kg
Used in the following Revit families: Bjällklag 250 mm Bjällklag 300 mm Bjällklag Isollerad 490 mm Innervägg 205 mm Bärande Ny Betong (column) Tegelfasad btg		870 577,2 kg (100 yrs) 347 791,8 kg (100 yrs) 238 879,7 kg (100 yrs) 14 879,5 kg (100 yrs) 54 216,0 kg (100 yrs) 286 064,3 kg (100 yrs)	
Used in the following Tally entries: Precast concrete column Precast concrete structural panel Precast concrete structural panel, hollow core			
Description: Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag. Mix design matches National Ready-Mix Concrete Association (NRMCA) Industry-wide EPD.			
Life Cycle Inventory: 20% Cement 7% Batch water 40% Coarse aggregate 33% Fine aggregate			
Product Scope: Cradle to gate, excludes mortar Anchors, ties, and metal accessories outside of scope (<1% mass)			
Transportation Distance: By truck: 0 km*			
End-of-Life Scope: 55% Recycled into coarse aggregate 45% Landfilled (inert material)			
Module D Scope: Avoided burden credit for coarse aggregate, includes grinding energy			
LCI Source: US: Portland cement PCA/ts (2014) DE: Pumice gravel (grain size 4/16) (EN15804 A1-A3) ts (2017) DE: Gravel (Grain size 2/32) (EN15804 A1-A3) ts (2017) DE: Fly ash (EN15804 A1-A3) ts (2017) DE: Slag-tap granulate (EN15804 A1-A3) ts (2017) DE: Expanded clay (EN15804 A1-A3) ts (2017) DE: Calcium nitrate ts (2017) DE: Sodium ligninsulfonate ts (2017) DE: Sodium naphthalene sulfonate [estimated] ts (2017) US: Sodium hydroxide (caustic soda) mix (100%) ts (2017) US: Colophony (rosin, refined) from CN pine gum rosin ts (2017) US: Tap water from groundwater ts (2017) US: Electricity grid mix ts (2014) US: Natural gas mix ts (2014) US: Diesel mix at filling station (100% fossil) ts (2014) US: Liquefied Petroleum Gas (LPG) (70% propane 30% butane) ts (2014)			

LCI Data (continued)

US: Light fuel oil at refinery ts (2014)

Wall board, gypsum, natural **74 497,7 kg**

Used in the following Revit families:

600 x 600 mm **74 497,7 kg (30 yrs)**

Used in the following Tally entries:

Wall board, gypsum

Description:

Natural gypsum board

Life Cycle Inventory:

100% Gypsum wallboard (Gypsum, Boric acid, Cement, Glass fibres,
Ferrochrome-lignine sulfonate, Silane, Polyglucose, Perlite, Paper, Casein glue)

Product Scope:

Cradle to gate

Transportation Distance:

By truck: 0 km*

End-of-Life Scope:

100% Landfilled (inert waste)

LCI Source:

DE: Gypsum wallboard (EN15804 A1-A3) ts (2017)

Bilaga 2: Studenthuset Tally LCA Report 2020-04-27

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNreq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
End of Life	196,179.38	10,674.85	426,574.83	0.08E-09	385,968.66	716,054,429.55	66,571,793.02	47,304,479.36	
03 - Concrete	167,580.70	8,497.99	362,633,364.77	0.07E-09	333,203.81	62,087,760.45	5,805,70,595.61	41,024,267.02	
04 - Masonry	13,098.36	,664.22	2834,400.27	5.21E-12	260,534.08	485,283,368.20	45,378,864.38	32,066,577.22	
06 - Wood/Plastics/Composites	1,667.07	,155.49	865,591.69	0.07E-12	8,335.33	484,891.64	454,435.64	30,456.00	
07 - Thermal and Moisture Protection	5,402.42	,929.38	866,766.95	1.59E-12	84,524.85	148,533,912.73	13,888,427.82	979,080.34	
08 - Openings and Glazing	4,650.07	,235.94	1,007,896.16	1.85E-12	92,314.13	172,716,751.14	16,149,245.37	11,384,464.53	
09 - Finishes	3,780.76	,191.83	819,474.99	1.51E-12	75,056.46	140,428,231.38	13,130,224.24	9,256,634.25	
Maintenance and Replacement	44,056.96	3,407.89	260,730,931.44	-7.21E-09	101,911,515.57	55,056,359.42	53,621,045.93	144,560,934.71	591,222,596.43
03 - Concrete	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
04 - Masonry	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
06 - Wood/Plastics/Composites	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
07 - Thermal and Moisture Protection	20,422.56	1,960.77	998,152.59	-7.22E-09	491,112.93	28,718,064.85	2,828,25,068.23	4,303,857.07	3,249,301.81
08 - Openings and Glazing	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
09 - Finishes	23,634.40	1,447.12	1,609,150.85	0.02E-09	528,002.63	26,338,671,084	2,533,853,911.10	10,152,177.63	55,873,294.62
Module D	-18,099.83	-5,355.80	-13,770,796.70	1.10E-06	90,890.67	-12,515,979.78	-12,707,281.47	18,158,885.05	
03 - Concrete	-17,544.63	-5,274.48	-13,503,496.39	1.07E-06	72,379.95	-11,803,987,079	-1,217,688,849.98	3,627,870.93	
04 - Masonry	1,455.39	,074.06	387,054.39	-0.02E-06	46,146.00	33,621,184.10	4,003,382.17	-647,931.68	
06 - Wood/Plastics/Composites	-545.80	-0,22.76	91,368.01	-0.01E-09	-6,820.54	-382,3,029.97	-21,71,993.96	-16,43,021.26	
07 - Thermal and Moisture Protection	-1,464.79	-0,59.61	-745,722.71	0.05E-06	-20,814.73	-6,657,263.13	-71,134,819.70	478,967.07	
08 - Openings and Glazing	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	
09 - Finishes	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	
Product	175,233.40	108,233.40	574,359,432.67	5.48E-06	305,403,761.15	567,920,188.41	53,084,542,083.33	37,381,605,687.68	204,695,386.90
03 - Concrete	120,692,979.6	88,663.70	462,154,542.25	-2.46E-06	248,838,988.72	38,553,539,577.72	35,789,12,861.26	277,513,685.83	184,102,037,424
04 - Masonry	68,088.31	3,935.61	387,983,375.10	1.04E-09	113,288,682	6,468,616,359.99	6,058,29,438.88	40,783,253.93	143,321,723.77
06 - Wood/Plastics/Composites	2,340.30	,109.80	-1,226,254.90	1.25E-09	35,986.17	14,506,675.56	3,742,882.59	10,739,748.76	801,473.79
07 - Thermal and Moisture Protection	226,107.98	4,879.90	393,933,894.44	7.94E-06	145,458,499	64,873,2,011.86	6,294,44,276.29	20,215,948.83	20,283,652.60
08 - Openings and Glazing	245,102.02	10,353.84	306,950,019.48	0.13E-09	297,875.02	4,398,09,234.37	41,919,176.51	22,104,995.37	22,906,730.96
09 - Finishes	4,097.37	,290.54	454,361.30	4.92E-12	100,944.42	7,375,274.89	71,133,572.80	2,458,424.96	18,624,431.54
Transportation	2,089.38	,170.12	450,909.84	0.15E-12	69,040.41	65,571,871.10	64,000,277.08	158,561.70	
03 - Concrete	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
04 - Masonry	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
06 - Wood/Plastics/Composites	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
07 - Thermal and Moisture Protection	2,089.38	,170.12	450,909.84	0.15E-12	69,040.41	65,571,871.10	64,000,277.08	158,561.70	
08 - Openings and Glazing	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
09 - Finishes	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Grand Total	197,688,895.85	121,950.46	629,770,072.08	6.58E-06	355,733,991.45	682,722,880.69	639,356,456.28	437,551,018.51	2,106,080,983.33

Table 1: Results from Tally, divided by stages

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNec)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
End of Life	196,179.38	10,674.85	42657,494.83	0.08E-09	3853,968.66	716054,429.55	669571,793.02	47304,473.36	
Ceilings	3,780.76	,191.83	819,474.99	1.51E-12	75,056.46	1,404,821.38	1,313,024.24	925,634.25	
Curtainwall Panels	4,650.07	,235.94	1,007,896.16	1.85E-12	92,314.13	1,721,675.14	1,614,924.32	1,138,464.53	
Floors	136,657.30	7,585.20	29,268,273.49	0.05E-09	26,953,372.22	50,110,922.21	46,853,106.01	33,110,660.11	
Roofs	2,268.60	,186.01	995,965.05	0.31E-12	20,276.95	271,916,596	254,348,56	1,777,724.65	
Structure	5,196.77	,263.52	1,124,546.86	2.07E-12	103,354.54	1,923,605.28	1,800,281,91	1,272,085.66	
Walls	43,625.88	2,212.35	9,441,338.28	0.02E-09	867,629.36	16,165,629.58	15,116,294,97	10,679,910.17	
Maintenance and Replacement	44,056.96	3,407.89	2,607,303.44	-7.21E-09	101,911,515.7	55,057,359.42	53,621,459.33	144,566,034.71	59,122,596.43
Ceilings	23,634.40	1,447.12	1,609,150,885	0.02E-09	528,002.63	26,338,710.84	25,338,391.10	10,152,177.63	558,73,294.62
Curtainwall Panels	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Floors	19,386.45	1,895.54	9,653,793.63	3.91E-09	476,865.73	28,116,417,419	27,729,883.57	3,815,760.23	3,118,479.60
Roofs	1,036.11	,065.23	327,728.96	-0.01E-06	14,247.20	60,164,474.40	55,251,84,66	488,096.85	130,822.21
Structure	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Walls	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Module D	-18,099.83	-535.80	-13,770,796.70	1.10E-06	90,890.67	-12,515,979.78	-12,707,281.47	1815,885.05	
Ceilings	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Curtainwall Panels	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Floors	-12,101.41	-,342.41	-9,830,026.15	0.79E-06	86,796.14	-8,607,092.83	-88,406,352.76	2,254,862.96	
Roofs	-2,005.88	-,082.12	-653,321.80	0.05E-06	-27,550.35	-10,340,798.18	-9,167,851.17	-1,163,468.53	
Structure	-3,628.32	-,142.33	-1,991,842.77	0.14E-06	-42,127.37	-17,391,265.15	-18,527,266.06	1,129,963.28	
Walls	-,364.22	,031.07	-1,295,605.99	0.12E-06	73,772.26	-1,135,383.67	-1,097,081,148	-405,472.66	
Product	1,752,663.95	108,233.40	57,435,943,267	5.48E-06	305,403,766.15	567,920,188.41	530,845,420,833	37,381,605,768	204,695,836.90
Ceilings	4,097.37	,290.54	454,436,130	4.92E-12	100,944.42	7,375,748.90	7,133,157,280	2,458,424.96	1,862,431.54
Curtainwall Panels	245,102.02	10,353.84	30,695,019.48	0.13E-09	297,875.02	43,980,234.37	41,919,176.51	2,210,499,537	22,906,730.96
Floors	972,081.09	71,953.96	37,740,081.42	-1.81E-06	20,244,054.88	3,332,189,180.84	3,107,619,594.73	2,251,716,73.08	1,481,420,905.69
Roofs	43,494.24	,991.17	5,213,102.13	1.52E-06	275,120.45	9,544,362.95	8,146,173.68	14,226,992.20	4,340,437.96
Structure	60,329.07	3,381.44	1,954,669.79	-0.33E-06	10,301,49.36	18,734,751.53	17,666,132,57	10,805,364.57	5,808,495,83.33
Walls	427,560.16	21,262.45	13,695,719,56	6.10E-06	59,123,232.02	15,505,960,858	14,521,803,655.03	9,904,607.49	4,615,80,922.43
Transportation	2,089.38	1,170.12	450,909.84	0.15E-12	69,040.41	65,571,871.10	64,002,771.08	158,561.70	
Ceilings	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Curtainwall Panels	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Floors	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Roofs	,365.67	,029.77	78,914.34	0.03E-12	12,082.86	1,147,582.19	1,120,121,16	27,750.10	
Structure	,0.00	,0.00	,0.00	0.00E+00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00	,0.00
Walls	1,723.72	,140.35	371,995.50	0.13E-12	56,957.55	5,409,604.91	5,280,155.92	130,811.60	
Grand Total	1,976,889.85	121,950.46	62,977,072.08	6.58E-06	355,733,914.45	682,722,880.69	639,356,456.28	437,551,018.51	210,608,983.33

Table 2: Results from Tally, divided by stages and categories

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNeq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
03 - Concrete	1356,964.03	96,634.21	484,914,410.63	-1.40E-06	28243,682.48	4358372,467.37	4037714,606.90	322165,823.78	1841020,374.24
04 - Masonry	82,642.07	4,673.89	42,019,829.76	-0.02E-06	1439,566.90	698752,188.30	655211,685.42	43341,899.47	143321,723.77
06 - Wood/Plastics/Composites	3,461.57	242.53	-269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79
07 - Thermal and Moisture Protection	252,557.55	7,880.57	49,946,866.11	7.99E-06	2078,448.45	950666,497.15	925,423,229.72	261,36,415.01	23532,954.41
08 - Openings and Glazing	249,752.09	10,589.78	31,702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	23243,459.90	22906,730.96
09 - Finishes	31,512.54	1,929.49	21,455,345.13	0.03E-09	704,003.51	35,118,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Grand Total	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	6827222,880.69	6393564,456.28	437551,018.51	2106080,983.33

Table 3: Results from Tally per material category

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNec)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
03 - Concrete	1356,964.03	96,634.21	484914,410.63	-1.40E-06	28243,682.48	4358372,467.37	4037714,606.90	322165,823.78	1841020,374.24
Precast concrete column	61,897.52	3,502.62	18682,373.88	-0.19E-06	1091,376.53	189209,091.65	176136,878.62	13207,413.51	58084,958.33
Precast concrete structural panel	217,811.26	15,830.13	79046,468.72	-0.18E-06	4602,898.53	702960,044.78	650942,301.39	52236,388.68	304632,989.83
Precast concrete structural panel, hollow core	1077,255.25	77,301.46	387185,568.04	-1.03E-06	22549,407.43	3466203,330.94	3210635,426.90	256722,021.59	1478302,426.09
04 - Masonry	82,642.07	4,673.89	42019,829.76	-0.02E-06	1439,566.90	698752,188.30	655211,685.42	43341,899.47	143321,723.77
Brick	82,642.07	4,673.89	42019,829.76	-0.02E-06	1439,566.90	698752,188.30	655211,685.42	43341,899.47	143321,723.77
06 - Wood/Plastics/Composites	3,461.57	,242.53	-269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79
Plywood, exterior grade	3,461.57	,242.53	-269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79
07 - Thermal and Moisture Protection	252,557.55	7,880.57	49946,866.11	7.99E-06	2078,448.45	950666,497.15	925423,229.72	26136,415.01	23532,954.41
Asphalt felt sheet	2,635.72	,351.80	745,862.69	-6.14E-09	44,990.55	27198,323.11	24149,446.05	3023,104.82	710,655.85
Expanded polystyrene (EPS), board	37,108.01	3,525.40	18847,786.45	7.64E-09	923,165.04	54238,950.69	536825,346.16	5337,734.19	5704,535.85
Metal roofing panels, formed	4,214.34	,194.58	766,594.17	0.21E-06	58,004.73	12061,241.40	11111,850.60	956,473.68	600,918.64
Mineral wool, board, generic	208,599.48	3,808.78	29586,622.79	7.78E-06	1052,288.14	369167,981.96	353336,586.91	16819,102.32	16516,844.08
08 - Openings and Glazing	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	23243,459.90	22906,730.96
Glazing, double pane (GU)	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	23243,459.90	22906,730.96
09 - Finishes	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Wall board, gypsum	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Grand Total	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	6827222,880.69	6393564,456.28	437551,018.51	2106080,983.33

Table 4: Results from Tally, divided by Tally entry

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Europhication Potential Total (kgNepq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
Studenthem 20170926_1622_(efter_fil_m_43)MED RITNINGAR - kopia	1976,889,85	121,950,46	629770,072,08	6,58E-06	35573,391,45	682722,880,69	6393564,456,28	437551,018,51	2106080,983,33
Grand Total	1976,889,85	121,950,46	629770,072,08	6,58E-06	35573,391,45	682722,880,69	6393564,456,28	437551,018,51	2106080,983,33

Table 5: Results from Tally for the Revit model

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNeq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (WU)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (WU)	Sum of Renewable Energy Demand Total (WU)	Sum of Mass Total (kg)
End of Life	196,179.38	10,674.85	42657,494.83	0.08E-09	3853,968.66	716054,429.55	669571,793.02	47304,479.36	
Maintenance and Replacement	44,056.96	3,407.89	26073,031.44	-7.21E-09	1019,115.57	550567,359.42	536210,459.33	14456,034.71	59122,596.43
Module D	-18,099.85	-535.80	-13770,796.70	1.10E-06	90,890.67	-125157,979.78	-127072,281.47	1815,885.05	
Product	1752,663.95	108,233.40	574359,432.67	5.48E-06	30540,376.15	5679201,884.41	5308454,208.33	373816,057.68	2046958,386.90
Transportation	2,089.38	,170.12	450,909.84	0.15E-12	69,040.41	6557,187.10	6400,277.08	158,561.70	
Grand Total	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	687222,880.69	6393564,456.28	497551,018.51	2106080,983.33

Table 6: Results from Tally for each stage

Radetketter	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNeq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
03 - Concrete	1356,964.03	96,634.21	484914,410.63	-1.40E-06	28243,682.48	4358372,467.37	4037714,606.90	322165,823.78	1841020,374.24
Steel, reinforcing rod	202,314.85	5,810.79	39661,836.92	-1.40E-06	2340,740.79	558676,257.18	525629,495.06	33902,258.38	286111,915.25
Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag	1154,649.18	90,823.41	445252,573.71	0.81E-09	25902,941.70	3799696,210.19	3512085,111.84	288263,565.40	1812408,458.99
04 - Masonry	82,642.07	4,673.89	42019,829.76	-0.02E-06	1439,566.90	698752,188.30	655211,685.42	43341,899.47	143321,723.77
Brick, generic	76,505.35	3,998.11	39414,612.01	0.09E-09	1329,055.79	676681,846.05	634846,244.74	41626,862.41	127279,811.69
Mortar type N	4,287.89	,596.59	1860,171.46	3.53E-12	84,210.85	13535,395.84	11924,952.59	1616,034.54	15531,326.63
Steel, concrete reinforcing steel, CMC - EPD	1,848.83	,079.19	745,046.29	-0.02E-06	26,300.26	8534,946.40	8440,488.09	99,002.52	510,585.45
06 - Wood/Plastics/Composites	3,461.57	,242.53	-269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79
Exterior grade plywood, US	3,461.57	,242.53	-269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79
07 - Thermal and Moisture Protection	252,557.55	7,880.57	49946,866.11	7.99E-06	2078,448.45	950666,497.15	925423,229.72	26136,415.01	23532,954.41
Asphalt felt sheet, roofing underlayment, ARMA - EPD	2,054.51	,328.48	567,737.98	0.21E-09	37,721.70	24688,557.26	21824,368.35	2837,899.25	658,888.64
Expanded polystyrene (EPS), board	37,108.01	3,525.40	18847,786.45	7.64E-09	923,165.04	542238,950.69	536825,346.16	5337,734.19	5704,535.85
Fasteners, galvanized steel	1,138.28	,045.68	348,851.27	-0.01E-06	14,235.78	4915,292.22	4553,586.67	362,718.89	101,384.35
Mineral wool, high density, NAIMA - EPD	208,599.48	3,808.78	29586,622.79	7.78E-06	1052,288.14	369167,981.96	353336,586.91	16819,102.32	16516,844.08
Steel, sheet	3,657.27	,172.22	595,867.61	0.21E-06	51,037.78	9655,715.03	8883,341.63	778,960.35	551,301.50
08 - Openings and Glazing	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	43342,421.84	23243,459.90	22906,730.96
Glazing, double, insulated (air)	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	43342,421.84	23243,459.90	22906,730.96
09 - Finishes	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Wall board, gypsum, natural	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Totalsumma	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	682722,880.69	6393564,456.28	437551,018.51	2106080,983.33

Table 7: Results from Tally, divided by material

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNeq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
Ceilings	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Curtainwall Panels	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	23243,459.90	22906,730.96
Floors	1116,023.43	81,092.29	406492,122.38	-1.02E-06	23503,053.96	4028392,184.40	3765096,231.55	264352,956.38	1484539,385.29
Roofs	45,158.73	1,190.06	5962,388.69	1.56E-06	294,177.10	95086,787.32	81489,076.89	13757,095.27	4471,260.17
Structure	61,897.52	3,502.62	18682,373.88	-0.19E-06	1091,376.53	189209,091.65	176136,878.62	13207,413.51	58084,958.33
Walls	472,545.54	23,646.22	145474,926.35	6.22E-06	6910,591.20	1706271,626.68	1597652,659.25	109453,856.60	461580,922.43
Grand Total	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	6827222,880.69	6393564,456.28	437551,018.51	2106080,983.33

Table 8: Results from Tally for each Revit category

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNeq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
Ceilings	31,512.54	1,929.49	21,455,345.13	0.03E-09	704,003.51	35,1182,281.12	33,7847,188.14	13,536,236.84	74497,726.16
600 x 600 mm	31,512.54	1,929.49	21,455,345.13	0.03E-09	704,003.51	35,1182,281.12	33,7847,188.14	13,536,236.84	74497,726.16
Curtainwall Panels	249,752.09	10,589.78	3,170,915.64	0.13E-09	3,070,189.15	45,7080,909.52	43,5342,421.84	2,324,459.90	22,906,730.96
System Panel: Glazed	249,752.09	10,589.78	3,170,915.64	0.13E-09	3,070,189.15	45,7080,909.52	43,5342,421.84	2,324,459.90	22,906,730.96
Floors	1,116,023.43	81,092.29	4,064,921,122.38	-1.02E-06	2,350,053.96	4,028,392,184.40	3,765,096,231.55	264,352,956.38	14,845,393,885.29
Bj/Åtklag 250 mm	643,564.72	46,180.78	2,313,091,127.88	-0.61E-06	1,347,127.30	2,070,749,882.59	1,918,070,666.52	153,368,699.21	8,831,549,934.37
Bj/Åtklag 300 mm	257,101.30	18,449.02	92,406,986.66	-0.25E-06	5,381,716.06	8,272,553,536.92	7,662,608,566.72	612,701,125.71	35,281,654,031
Bj/Åtklag Isollerad 490 mm	215,357.41	16,462.49	8,277,600,784	-0.16E-06	4,650,061.60	1,130,386,764.89	1,080,764,708.31	49,714,131.46	24,856,791,016.1
Roofs	45,158.73	1,190.06	5,962,388.69	1.56E-06	294,177.10	95,086,787.32	81,489,076.89	13,757,095.27	44,712,660.17
Svart isolerat plÅttak	45,158.73	1,190.06	5,962,388.69	1.56E-06	294,177.10	95,086,787.32	81,489,076.89	13,757,095.27	44,712,660.17
Structure	61,897.52	3,502.62	1,868,373.88	-0.19E-06	1,091,376.53	1,892,090,991.65	1,761,368,878.62	13,207,413.51	5,808,958.33
Ny Betong (column): 300x300	61,897.52	3,502.62	1,868,373.88	-0.19E-06	1,091,376.53	1,892,090,991.65	1,761,368,878.62	13,207,413.51	5,808,958.33
Walls	472,545.54	23,646.22	14,574,926.35	6.22E-06	6,910,591.20	17,062,716,626.68	15,976,526,659.25	1,094,538,856.60	46,158,922.43
InnervÅrgeg 205 mm BÅrrende	10,769.23	782.69	3,908,289.65	-8.89E-09	227,580.83	347,564,409.89	32,184,499.83	258,720.53	1,506,195,002
Tegelfasad btg	461,776.31	22,863.53	14,156,636.70	6.23E-06	6,683,010.37	16,715,152,116.79	15,654,681,594.41	1,068,711,136.08	44,651,897,411
Grand Total	1,976,889.85	121,950.46	62,977,072.08	6.58E-06	35,573,391.45	682,722,880.69	639,956,456.28	43,755,101,815.51	210,680,983.33

Table 9: Results from Tally for each Revit family

Row Labels	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNecq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mass Total (kg)
Ceilings	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Wall board, gypsum	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16
Curtainwall Panels	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	22243,459.90	22906,730.96
Glazing, double pane (GU)	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	22243,459.90	22906,730.96
Floors	1116,023.43	81,092.29	406492,122.38	-1.02E-06	23503,053.96	4028392,184.40	3765096,231.55	264352,956.38	1484539,385.29
Asphalt felt sheet	1,660.18	265.43	458,767.90	0.17E-09	30,481.50	19949,902.77	17635,458.49	2293,200.59	532,423.35
Expanded polystyrene (EPS), board	37,108.01	3,525.40	1884,786.45	7.64E-09	923,165.04	542238,950.69	536825,346.16	5337,734.19	5704,535.85
Precast concrete structural panel, hollow core	1077,255.25	77,301.46	387185,568.04	-1.03E-06	22549,407.43	3466203,330.94	3210635,426.90	256722,021.59	1478302,426.09
Roofs	45,158.73	1,190.06	5962,388.69	1.56E-06	294,177.10	95086,787.32	81489,076.89	13757,095.27	4471,260.17
Asphalt felt sheet	975.55	,086.37	287,094.79	-6.31E-09	14,509.04	7248,420.34	6513,987.56	729,904.23	178,232.50
Metal roofing panels, formed	4,214.34	,194.58	766,594.17	0.21E-06	58,004.73	12061,241.40	11111,850.60	956,473.68	600,918.64
Mineral wool board, generic	36,507.28	,666.58	5177,994.91	1.36E-06	184,162.37	64608,588.35	61837,914.47	2943,533.87	2890,635.24
Plywood, exterior grade	3,461.57	242.53	269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79
Structure	61,897.52	3,502.62	18682,373.88	-0.19E-06	1091,376.53	189209,091.65	176136,878.62	13207,413.51	58084,958.33
Precast concrete column	61,897.52	3,502.62	18682,373.88	-0.19E-06	1091,376.53	189209,091.65	176136,878.62	13207,413.51	58084,958.33
Walls	472,545.54	23,646.22	145474,926.35	6.22E-06	6910,591.20	1706271,626.68	1597652,659.25	109453,856.60	461580,922.43
Brick	82,642.07	4,673.89	42019,829.76	-0.02E-06	1439,566.90	698752,188.30	655211,685.42	43341,899.47	143321,723.77
Mineral wool board, generic	172,092.20	3,142.20	24408,627.88	6.42E-06	868,125.76	304559,393.60	291498,672.44	13875,568.45	13625,208.83
Precast concrete structural panel	217,811.26	15,830.13	79046,468.72	-0.18E-06	4602,898.53	702960,044.78	650942,301.39	52236,388.68	304632,989.83
Grand Total	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	682722,880.69	639364,456.28	437551,018.51	2106080,983.33

Table 10: Results from Tally for each category and Tally entry

Row Labels	Values											
	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNec)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (Mtl)	Sum of Non-renewable Demand Total (Mtl)	Sum of Renewable Energy Demand Total (Mtl)	Sum of Mass Total (kg)			
Ceilings	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16			
Wall board, gypsum, natural	31,512.54	1,929.49	21455,345.13	0.03E-09	704,003.51	351182,281.12	337847,188.14	13536,236.84	74497,726.16			
Curtainwall Panels	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	23243,459.90	22906,730.96			
Glazing, double, insulated (air)	249,752.09	10,589.78	31702,915.64	0.13E-09	3070,189.15	457080,909.52	435342,421.84	23243,459.90	22906,730.96			
Floors	1,116,023.43	81,092.29	406492,122.38	-1.02E-06	23509,053.96	4028392,184.40	3765096,231.55	264352,956.38	1484539,385.29			
Asphalt felt sheet, roofing underlayment, ARMA - EPD	1,160.18	765.43	458,767.90	0.17E-09	30,481.50	19949,902.77	17635,458.49	2293,200.59	532,423.35			
Expanded polystyrene (EPS), board	37,108.01	3,525.40	18847,786.45	7.64E-09	923,165.04	54223,8950.69	536825,346.16	5337,734.19	5704,535.85			
Steel, reinforcing rod	148,871.28	4,275.81	29184,750.52	-1.03E-06	1722,409.78	411096,117.93	386779,001.46	24946,624.51	21053,780.49			
Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag	928,383.97	73,025.64	358000,817.51	0.65E-09	20826,997.64	3055107,213.01	2823356,425.44	231775,397.08	1457248,645.60			
Roofs	45,158.73	1,190.06	5962,388.69	1.56E-06	294,177.40	95086,787.32	81489,076.89	13757,095.27	4471,260.17			
Asphalt felt sheet, roofing underlayment, ARMA - EPD	394.34	0.63.05	108,970.08	0.04E-09	7,240.20	4738,654.49	4188,909.87	544,698.66	126,465.29			
Exterior grade plywood, US	3,461.57	242.53	-269,295.19	1.24E-09	37,500.96	11168,537.23	2025,324.26	9127,183.49	801,473.79			
Fasteners, galvanized steel	1,138.28	045.68	348,851.27	-0.01E-06	14,235.78	4915,292.22	4553,586.67	362,718.89	101,384.35			
Mineral wool, high density, NAIMA - EPD	36,507.28	666.58	5177,994.91	1.36E-06	184,162.37	64608,588.35	61837,914.47	2943,533.87	2890,635.24			
Steel, sheet	3,657.27	172.22	595,867.61	0.21E-06	51,037.78	9655,715.03	8883,341.63	778,960.35	551,301.50			
Structure	61,897.52	3,502.62	18682,373.88	-0.19E-06	1091,376.53	189209,091.65	176136,878.62	13207,413.51	58084,958.33			
Steel, reinforcing rod	27,357.61	785.75	5363,190.56	-0.19E-06	316,521.87	75545,851.10	71077,170.46	4584,363.36	3868,987.56			
Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag	34,539.91	2,716.87	13319,183.32	0.02E-09	774,854.65	113663,240.55	105059,708.15	8623,050.15	54215,970.77			
Walls	472,545.56	23,646.22	145474,926.35	6.22E-06	6910,591.20	1706271,626.68	1597652,659.25	109453,856.60	461580,922.43			
Brick, generic	76,505.35	3,998.11	39414,612.01	0.09E-09	1329,055.79	676681,846.05	634946,244.74	41626,862.41	127279,811.69			
Mineral wool, high density, NAIMA - EPD	172,092.20	3,142.20	24408,627.88	6.42E-06	868,125.76	304559,393.60	291498,672.44	13875,568.45	13626,208.83			
Mortar type N	4,287.89	596.59	1860,171.46	3.53E-12	84,210.85	13535,395.84	1194,952.59	1616,034.54	15531,326.63			
Steel, concrete reinforcing steel, CMC - EPD	1,848.83	079.19	745,046.29	-0.02E-06	26,300.26	8534,946.40	8440,488.09	99,002.52	510,385.45			
Steel, reinforcing rod	26,085.96	749.23	5113,895.84	-0.18E-06	301,809.13	72034,288.15	67773,323.14	4371,270.51	3689,147.20			
Structural concrete, 4001-5000 psi, 0-19% fly ash and/or slag	191,725.30	15,080.90	73932,572.88	0.13E-09	4301,089.40	630925,756.64	583168,978.25	47865,118.17	300943,842.63			
Grand Total	1976,889.85	121,950.46	629770,072.08	6.58E-06	35573,391.45	682722,880.69	6393564,456.28	487551,018.51	2106080,983.33			

Table 11: Results from Tally for each category and material