

FÖRENKLAD LIVSCYKELANALYS

för flerbostadshus i Sverige

**Sjouke Beemsterboer, Holger Wallbaum,
Henrikke Baumann**

2020-01-23

Förord

Projektet har varit ett samarbete mellan representanter från FoU-väst och Chalmers tekniska högskola. Projektet finansierades av SBUF och Chalmers styrkeområde Samhällsbyggnad. Syftet med arbetet har varit att erhålla en bättre förståelse av de omständigheter som hindrar en mer utbredd användning av LCA, och att undersöka vilka förenklingsstrategier som skulle kunna tillämpas på LCA för byggnader.

Projektet genomfördes som en del av doktorandarbetet av Sjouke Beemsterboer på Chalmers tekniska högskola. Projektet resulterades i en licentiatuppsats som kan laddas ner på:
https://research.chalmers.se/publication/512280/file/512280_Fulltext.pdf

Holger Wallbaum och Henrikke Baumann agerade som handledare i detta sammanhang. Samarbetet med FoU-väst organiserades genom en styrgrupp och en referensgrupp. Pär Åhman och Christina Claesson Jonsson agerade som koordinators för detta samarbete.

Projektkoordinator: Pär Åhman (Sveriges Byggindustrier)
Christina Claesson-Jonsson (NCC)

Industripartner: Jeanette Sveder-Lundin (Skanska)
Johan Alte (Veidekke)
Kristin Lundmark (Wästbygg)
Magnus Österbring (NCC)
Veronica Yverås (PEAB)

Referensgrupp: Cecilia Johannison (Framtiden)
Kristina Einarsson (Boverket)
Hanna Ljungstedt (Göteborgs lokalförvaltning)
Martin Erlandsson (IVL)
Mats Franzon (Akademiska hus)
Tove Malmqvist (KTH)

Vi tackar Pär och Christina, samtliga industripartner och övriga medlemmar i referensgruppen för deras insatser i projektet.

Innehållsförteckning

Förord.....	2
1 Inledning.....	4
2 Projektets genomförande	4
3 Svårigheter med att använda LCA för bostadshus	4
4 Komplexiteten i LCA för bostadshus	5
5 Förenklingsstrategier	6
6 Slutsatser	8
7 Referenser	9
Publikationslista	10

1 Inledning

Livscykelanalys (LCA) är en metodik som används för att bedöma förväntad miljöpåverkan hos produkter och tjänster. I fråga om byggnader kan en livscykelanalys användas för att identifiera var i miljöproblemen ligger med befintliga lösningar, men också för att räkna ut vilken potentiell förbättring av miljöprestandan som en användning av olika typer av byggnadsmaterial eller konstruktioner, till exempel grön betong, trästomme etc., skulle ge. Det är dessutom möjligt att identifiera vilka processer som har störst påverkan på miljön om man ser till hela livscykeln. En LCA kan användas för att redan under planeringsfasen identifiera processer som är möjliga att optimera, vilket kan bidra till att minska negativ miljöpåverkan och ofta även tillhörande kostnader. Trots att fördelarna bör vara uppenbara har LCA ännu inte fått så stor användning vid bostadsbyggnadsprojekt. En anledning till detta är att metodiken anses vara svår att tillämpa. SBUF har därför möjliggjort för Chalmers tekniska högskola att titta närmare på problemet och se vilka sätt det finns att förenkla LCA. Denna artikel är baserad på en licentiatuppsats [1] som har tagits fram i samband med SBUF projekt #13292 om förenklad LCA [2].

2 Projektets genomförande

Syftet med projektet var att erhålla en bättre förståelse av de omständigheter som hindrar en mer utbredd användning av LCA, och att undersöka vilka förenklingsstrategier som skulle kunna tillämpas på LCA för byggnader. De svårigheter byggföretagen upplever med LCA undersöktes genom intervjuer med 14 miljöchefer och LCA-analytiker, empirisk erfarenhet från LCA-studier av nio flerfamiljshus och en genomgång av den litteratur som finns om LCA för byggnader. Utöver detta genomfördes studie av litteratur som behandlar förenkling av LCA vilket resulterade i att elva förenklingsstrategier, utgående från fem olika förenklingsprinciper, kunde identifieras.

3 Svårigheter med att använda LCA för bostadshus

Det finns flera problem som hindrar en effektiv användning av LCA för bostadshus. Avsaknad av efterfrågan på LCA-studier uppfattades som det viktigaste problemet. Byggföretagen bygger på uppdrag av en kund och anser att kunderna borde ställa upp explicita krav eller på annat sätt begära LCA. Kostnaderna förknippade med att genomföra en LCA uppges som ytterligare en orsak till den begränsade efterfrågan. I nuläget saknas det resurser för att genomföra LCA. Brist på tid, pengar, kompetens och data uppges hindra användningen av LCA. LCA är en dataintensiv metodik och i många företag upplevs insamlandet av data för LCA som besvärligt. Icke oväsentligt är också att den begränsade efterfrågan på LCA-studier gör det svårare att behålla personer med kompetens inom LCA. De lagkrav på LCA-baserade klimatdeklarationer som förväntas bli verklighet inom kort är viktiga för att stimulera efterfrågan och för att få företagen att avsätta resurser.

LCA-analytiker är beroende av att kunna få fram information om material och resursanvändning från många olika aktörer under byggnadens livscykel. Det gör det viktigt att kunna dela data på ett strukturerat sätt. Många i branschen efterfrågar också en allmänt tillgänglig databas som kunde underlätta vid inventeringen. Som väntat, eftersom det är ett helt nytt område, finns det också en skepsis kring LCA-resultatens precision och jämförbarhet. Ett annat viktigt skäl till svårigheterna är dock valet av tidpunkt för LCA-studierna. Insamlingen av de data som ska ligga till grund för analysen sker oftast inte förrän byggnadens utformning är fastställd. Resultaten från LCA-analysen kommer därmed alltför sent i byggprocessen för att de ska kunna ha någon påverkan på projektet. Dessutom uppfattas LCA att vara en komplicerad metodik att använda, vilket i dagsläget faktiskt till viss del är sant.

4 Komplexiteten i LCA för bostadshus

En undersökning genomfördes för att utforska orsakerna till den komplexitet som upplevs hos LCA för byggnader. För varje orsak till komplexitet specificerades om den hänförde sig till själva byggobjektet eller till tillämpningen av LCA-metodiken. Orsakerna kategoriserades också enligt sex olika typer av komplexitet: systemvolym, systemvariabilitet, systeminteraktion, subjektiva intressen, tid eller geografi (jmf Tabell 1). *Systemvolym* refererar till systemets storlek och omfattning.

Byggnader består av ett stort antal material och processer vilket gör det komplicerat att genomföra en heltäckande analys. Byggnader består av olika delsystem som var och ett fungerar enligt olika principer. På liknande sätt karakteriseras LCA-metodiken av att man sammanställer utsläpp och resurser och kvantifierar dessa flöden i en mängd miljöpåverkanskategorier.

Systemvariabilitet tar fasta på den unika karaktären och olikheterna mellan de olika delarna i ett system. Vid LCA-analys av byggnader betonas ofta den unika karaktären hos varje byggnad. Olika aspekter som funktion, design och vilka material som används gör byggnader unika. Den upplevda skillnaderna mellan olika byggnadsprojekt kan göra att man i dagsläget genomför en ny LCA-studie för varje byggnad.

Tabell 1: Orsaker till komplexitet vid LCA för byggnader

<i>Kategori</i>	<i>Specifikt för byggnadsobjektet</i>	<i>Specifikt för LCA-metodiken</i>
<i>Systemvolym</i>	Många byggnadsprodukter, material	Utsläpp, resurser, påverkanskategorier
<i>Systemvariabilitet</i>	Unikt byggnadsprojekt, olika byggnadssystem	Olika metoder, databaser, standarder etc.
<i>Systeminteraktion</i>	Ackumulerade effekter	Sekundära effekter
<i>Subjektiva intressen</i>	Intressenter, olika yrkesgrupper	Subjektiva val av metodik, målberoende val
<i>Tid</i>	Designprocess, byggnadens livslängd, varierande livslängd hos komponenter, förändringar i form och funktion, teknisk utveckling	Användningsscenarier, potential för återvinning, det att lära sig metodiken, föråldrade data
<i>Geografi</i>	Byggplats, klimat, solinstrålning	Transportavstånd till byggplatsen, regionala skillnader i miljöpåverkan, förändring av markanvändningen

Källa [1]

Under *Systeminteraktion* finns komplexiteten i form av sekundära effekter. I byggnader kan sådana uppstå genom interaktion mellan olika delsystem, vilket påverkar hela byggnadens resultat. Interaktion mellan delsystem kan uppstå vid förändringar av designen, och har visat sig komplicera LCA av byggnader [3].

De olika intressenterna under byggnadens livscykel kan ha olika *subjektiva intressen* och preferenser. I ett byggprojekt är detta uppenbart med tanke på hur många intressenter som är inblandade. Var och en av dessa aktörer går in i projektet med sina egna prioriteringar. Inom LCA visar sig de subjektiva skillnaderna genom subjektiva val av olika metodiker och kan förklara något av skillnaderna i resultat mellan olika LCA-studier.

Tid bidrar till komplexiteten i en byggnads-LCA på många sätt. Byggnader har vanligtvis en livslängd på över 50 år. Ju längre livslängden är, desto osäkrare blir normalt analysen. Byggnadens form och funktion kan komma att ändras under dess livstid, till exempel genom underhåll och anpassningar. Olika byggnadskomponenter har olika livslängd. Tekniker kan förändras på sätt som i dag är okända. Vid LCA för byggnadsprojekt är detta en viktig faktor att ta hänsyn till eftersom den operativa fasen för en byggnad har en så stor påverkan sett till hela livscykeln. Ett annat problem relaterat till tid är att LCA kan ha störst påverkan i den tidigaste designfasen, när tillgången på information är som minst [4].

De *geografiska* förutsättningarna bidrar till komplexiteten vid LCA för byggnader. Byggplatsens förutsättningar bidrar till att man uppfattar byggnadens utformning som unik. Klimatförhållandena och solinstrålningen skiljer sig till exempel åt beroende på var byggnaden byggs. När man genomför en resurssammanställning kan det vara svårt att uppskatta transportavstånden mellan fabrikena och byggplatsen. Regionala skillnader i miljöpåverkan komplicerar bedömningen av påverkan under projektets livscykel. För närvarande bortser man vanligen från mer utrymmeskänsliga kategorier som förändringar av markanvändning vid LCA för byggnader.

Distinktionen mellan orsaker som är specifika för byggnadsobjektet och orsaker som är specifika för LCA-metodiken visar att dessa komplicerande faktorer inte är unika för någon av kategorierna. Detta är en viktig insikt eftersom den kan hjälpa byggaktörerna att inse att de komplicerande faktorerna vid LCA inte skiljer sig så mycket från de man lyckas hantera på andra områden i en byggprocess. LCA kan vara svårt att förstå, men det betyder inte att de är mer komplicerade än andra aktiviteter som hanteras i ett byggprojekt. LCA är en metodik som synliggörs den komplexitet som redan finns i byggprojektet.

5 Förenklingsstrategier

Genom åren har de som arbetar med LCA utvecklat olika sätt att förenkla tillämpningen av LCA. 11 olika förenklingsstrategier kan tillämpas på LCA för byggnader. Dessa strategier följer fem övergripande förenklingsprinciper (jmf. Tabell 2).

Förenklingsstrategier baserade på *Exkludering* är mycket vanliga vid bedömning av LCA för byggnader. Genom att utesluta delar av byggnadens livscykel behöver man inte samla in lika mycket data. Ett vanligt sätt är att begränsa inventeringen av data så att den endast täcker in produktskedet (A1-3) och driftsenergin under användningsskedet (B6) [5]. På liknande sätt kan man fokusera endast på de viktigaste byggnadskomponenterna såsom lastbärande system och klimatskal. Utöver detta kan LCA förenklas genom att man begränsar antalet miljöpåverkanskategorier. Det är vanligt att man inom LCA för byggnader begränsar bedömningen till att endast omfatta klimatpåverkan genom växthusgaser. En lite mer omfattande analys omfattar både utsläpp av CO_{2-eq} och kumulativt energibehov (Cumulative Energy Demand, CED).

Tabell 2: Tillämpning av förenklingsstrategier vid LCA för byggnader

<i>Förenklingsprincip</i>	<i>Förenklingsstrategier</i>	<i>Vanligt förfaringsätt vid LCA för byggnader</i>	<i>Referens till exempel</i>
Exkludering	Inventeringsmodell	Begränsa inventeringen av data så att den endast omfattar produktskede A1-3 och driftenergi, B6 Begränsa inventeringen av data till de viktigaste byggnadsdelarna	[5]
	Miljöpåverkanskategorier	Begränsa påverkanskategorierna till klimatpåverkan och kumulativt energibehov	[5]
Datasubstitution	Resurssammanställning	Gör uppskattningar av data som saknas i resurssammanställningen Använd resultat från energisimulering för att bedöma driftsenergin under användningsskedet	[6]
	Utsläppsdata	Använd generiska data från en databas, som helst ska vara anpassad för den elmix som gäller för regionen	[6]
Expertbedömning	LCA-matris	LCA-matris	[7]
Standardisering	Metodologiska standarder	Följ EN15978, EN15804 Följ EeBGuide, Boverkets guide	[8]
	Standardiserade LCA-verktyg	Använd förenklade kalkylverktyg liksom BM1.0	
Automatisering	Datorbaserad LCA	Använd parametrisk LCA för att räkna fram många alternativ Använd program avsedda för LCA av byggnader, till exempel BM1.0 eller OneClick LCA	[9]
	Automatisk integrering av data	Skapa resurssammanställningen utifrån en BIM-modell	[10]

Källa: [1]

Det är också vanligt att använda sig av *Datasubstitution* för att förenkla LCA av byggnader. Det är allmän praxis att man gör uppskattningar av de data som saknas i resurssammanställningen. Resultaten från de energisimuleringar som redan krävs för energideklarationer kan återanvändas för att göra effektiva uppskattningar av driftenergin. På liknande sätt kan det vara nödvändigt att uppskatta data för användningen av material som saknar beskrivning eller som är otillräckligt beskrivna. När man väljer utsläppsdata är det allmän praxis att använda generiska data från tillgängliga databaser [6]. Välkända databaser är till exempel Ecolinvent och GaBi i Europa och USLCI

och Athena i USA. I Sverige ger LCA-verktyget BM1.0 fri tillgång till generiska klimatdata för de vanligast förekommande byggnadsmaterialen[11].

I studier av LCA för byggnader är det vanligt förekommande att man använder en kombination av datasubstitutions- och exkluderingsstrategier. Användningen av sådana här förenklingsstrategier verkar ha blivit det nya normala. Det är dock viktigt att komma ihåg, att dessa förenklingsstrategier kan minska inventeringsmodellens fullständighet och tillförlitlighet. Att använda klimatpåverkan från växthusgaser som en proxyvariabel för miljöpåverkan kan leda till att belastningen i stället ökar på andra påverkanskategorier som inte analyseras.

Förenklingsstrategier baserade på *Expertbedömning* är mindre vanliga vid LCA för byggnader. Ett tidigt exempel är en studie av en tillverkningsanläggning [7]. Eftersom det krävs en sådan omfattande expertis för att bedöma varje kategori på ett meningsfullt sätt, och att det redan finns kända problem med sakkunskap inom LCA i byggföretagen, får man anse det lämpligt att lämna denna strategi därhän just nu.

Standardisering har bidragit till flera förenklingsstrategier inom LCA för byggnader. De välkända metodstandarderna EN15978 och EN15804 skapar en struktur för delar av LCA-metodiken för tillämpning inom byggbranschen och för miljövarudeklaration av byggprodukter[12, 13]. Ytterligare en vägledning om LCA för byggnader är EeB-guiden [8]. I Sverige har Boverket tagit fram en vägledning om LCA för byggnader [14]. När det gäller standardiserade LCA-verktyg har projektet ENSLIC utvecklat ett tidigt exempel i form av ett enkelt kalkylarkbaserat verktyg [4]. Idag erbjuder LCA-verktyget BM1.0 även en strukturerad miljö för att göra klimatkalkyler för byggnader.

Förenklingsstrategier baserade på *Automatisering* är bland annat datorbaserad LCA och automatiserad integrering av data. Att automatisera uträkningarna av resultaten från inventering och miljöpåverkansbedömning är en viktig uppgift hos alla kalkylark och programverktyg. Datorbaserade tillvägagångssätt med högre ambitionsnivå kan använda sig av parametriska modeller för att räkna på flera olika produktalternativ [9]. Även om detta kan vara värdefullt som beslutsunderlag är parametrisk LCA ingenting som rekommenderas för den som är nybörjare på analyser. Strategin med automatiserad integrering av data tillämpas huvudsakligen när man skapar resurssammanställningen i inventeringsfasen. Här kan man vid LCA utnyttja att det går att använda BIM-modeller för byggnadsdesign för att få fram relevant information om byggnaden [10].

6 Slutsatser

I sin strävan efter att åstadkomma en helhetsöversikt av alla relevanta utsläpp och resurser under en produkts hela livscykel ställs LCA-användarna ständigt inför problemet med att hantera komplexiteten i detta. Ställd inför en sådan enorm uppgift i praktiken måste LCA-analytikern nästan undantagslöst förenkla åtminstone några aspekter av LCA-analysen. Den litteratur om LCA som granskats lider heller ingen brist på förenklingsstrategier. Det saknas dock sammanställningar av den mångfald av tekniker och strategier som används i dag. Vår klassificering av tillvägagångssätten i fem huvudsakliga förenklingsprinciper kan användas för att förklara de flesta förenklingsstrategier som observerats i litteraturen. Exkludering, datasubstitution, expertbedömning, standardisering och automatisering framträder som huvudsakliga principer i den litteratur om förenklingsstrategier som granskats.

De olika förenklingsstrategierna kan användas för att göra det enklare och snabbare att tillämpa LCA. Vår förhoppning är att det system av förenklingar som här presenteras ska göra det enklare för dem som arbetar med LCA att förstå och välja bland förenklingsstrategierna. Dessutom kan kategoriseringen kanske bidra till en tydligare kommunikation kring dessa förenklingsstrategier.

7 Referenser

1. Beemsterboer, S., *Simplifying LCA use in the life cycle of residential buildings in Sweden*. Licentiate thesis. 2019, Chalmers University of Technology: Gothenburg.
2. SBUF #13292. *Förenklad livscykelanalys för flerbostadshus och kontorsbyggnader i Sverige* 2018.
3. Ylmén, P., *Environmental and Cost Assessments of Buildings. The importance of secondary effects*. Licentiate thesis. 2019, LTH: Lund.
4. Malmqvist, T., et al., *Life cycle assessment in buildings: The ENSLIC simplified method and guidelines*. Energy, 2011. **36**(4): p. 1900-1907.
5. Zabalza Bribián, I., A. Aranda Usón, and S. Scarpellini, *Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. Building and Environment, 2009. **44**(12): p. 2510-2520.
6. Soust-Verdaguer, B., C. Llatas, and A. Garcia-Martinez, *Simplification in life cycle assessment of single-family houses: A review of recent developments*. Building and Environment, 2016. **103**: p. 215-227.
7. Weinberg, L. *Development of a streamlined, environmental life-cycle analysis matrix for facilities*. in *IEEE International Symposium on Electronics; the Environment*. 1998.
8. Lasvaux, S., et al., *Achieving consistency in life cycle assessment practice within the European construction sector: the role of the EeBGuide InfoHub*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014. **19**(11): p. 1783-1793.
9. Hollberg, A. and J. Ruth, *LCA in architectural design—a parametric approach*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2016. **21**(7): p. 943-960.
10. Hollberg, A., et al., *Design-Integrated LCA Using Early BIM*, in *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies: From Science to Innovation*, E. Benetto, K. Gericke, and M. Guiton, Editors. 2018, Springer International Publishing: Cham. p. 269-279.
11. Erlandsson, M., *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM1.0. Ett branschgemensamt verktyg*. 2018, IVL Svenska Miljöinstitutet: Stockholm.
12. CEN, *EN 15978:2011 in Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method*. 2011, European Committee for Standardization (CEN): Brussels.
13. CEN, *15804:2012+A1:2013 in Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*. 2013, European Committee for Standardization (CEN): Brussels.
14. Boverket. *Vägledning om LCA för byggnader*. 2019 [cited 2019 August 28]; Available from: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/>.

Publikationslista

Beemsterboer, S. (2019). *Simplifying LCA use in the life cycle of residential buildings in Sweden*. Licentiate thesis: Chalmers University of Technology: Gothenburg.

https://research.chalmers.se/publication/512280/file/512280_Fulltext.pdf

Beemsterboer, S., Baumann, H. and Wallbaum, H. Ways to get work done: a categorisation of simplification practices in LCA. Submitted to *the International Journal of Life Cycle Assessment*.

Beemsterboer, S., Baumann, H. and Wallbaum, H. Flera sätt att förenkla LCA för flerbostadshus. Submitted to *Bygg och Teknik*.